

## ผลของอัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟจากหัวตัดแก๊สฟุ้งชน

### Effect of Oxygen and Fuel Mixing Ratio to Heat Transfer on Surface Impinged by Flame Jet from Cutting Torch

ณัฐภูมิ สุวรรณมาลา<sup>1</sup>, มัททาร์ แวะหะยี<sup>1</sup>, สมชาย แซ่อึ้ง<sup>1</sup> และ ชยุต นันทดุสิต<sup>1</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

E-mail: [chayut@me.psu.ac.th](mailto:chayut@me.psu.ac.th), เบอร์โทรศัพท์ 074-287035, แฟกซ์ 074-287035

Nattapoom Suwanmala 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](mailto:chayut@me.psu.ac.th), Tel. 074-287035, Fax. 074-287035

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลอัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟฟุ้งชนสำหรับการตัดแผ่นเหล็ก ในการทดลองได้ใช้หัวตัดแก๊ส LPG เบอร์ 2 ซึ่งเป็นหัวเผาแบบ Premixed โดยใช้แก๊ส LPG สำหรับใช้ในครัวเรือนเป็นเชื้อเพลิงและใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดเซอร์ ในการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวได้ใช้อุปกรณ์ Heat flux sensor ทำการเก็บข้อมูลที่สภาวะคงตัวโดยใช้น้ำหล่อเย็นด้านหลังของพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เปลวไฟฟุ้งชน นอกจากนี้ได้ทำการถ่ายภาพการฟุ้งชนของเปลวไฟที่อัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ต่าง ๆ จากผลการศึกษาทำให้ได้ข้อมูลส่วนผสมระหว่างออกซิเจนและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยที่ผิวขอบรอยตัดไม่ละลายหรือเกิดขี้เชื่อม

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

**Abstract** This research aims to study the ratio of oxygen to the fuel gas (LPG) at the rate of heat transfer on the surface of the flame jet impinging for cutting sheet metal. In experiments using gas LPG, cutting the number 2, which is a Premixed burner. Using LPG gas for household use as fuel and oxygen as the oxidizer. To measure the rate of heat transfer on the surface using Heat flux sensor device, the storage conditions constant by using the back of the cooling water heat exchanger surface. And Thermocouple measure temperature on the surface to flame jet impinged. In addition to photography, aiming to hit the flame from burning jet exit from the mouth to the surface by using various digital cameras. The results from a mixture of oxygen and fuel to get the information right at the edge of the cut surface did not melt or slag

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

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วโดยวิธีใช้เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนบนพื้นผิวโดยตรงเป็นวิธีการให้ความร้อนแก่พื้นผิวที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่นการผลิตโลหะ แก้ว และกระดาษ รวมถึงกระบวนการตัดเชื่อม หลอมเหลวโลหะ เป็นต้น การถ่ายเทความร้อนแบบเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีองค์ประกอบหลักในการถ่ายเทความร้อน คือ การพาความร้อน ซึ่งกว่า 80% ของการถ่ายเทความร้อนเป็นการพาความร้อนจากเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิวที่พุ่งชน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวสูงโดยเฉพาะบริเวณที่เปลวไฟพุ่งชน โดยวิธีดังกล่าวสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาของกระบวนการให้ความร้อนและช่วยประหยัดพลังงานได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีเดิมที่ใช้กลไกการแผ่รังสีความร้อน

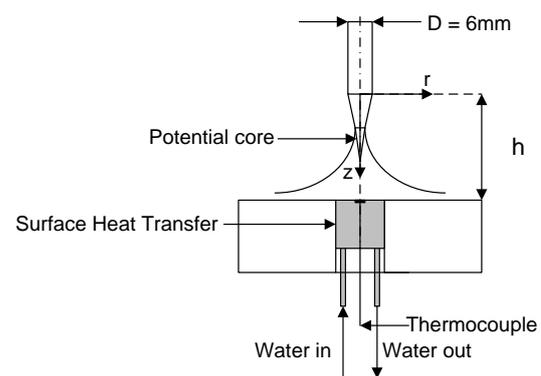
สำหรับอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวโดยตรงจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างการไหลของเปลวไฟซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ เปลวไฟแบบผสมมาก่อน (Premixed flame) และ เปลวไฟแบบผสมภายหลัง (Non-Premixed flame or Diffusion flame) เป็นต้น เปลวไฟแบบผสมมาก่อนอากาศและเชื้อเพลิงจะมีการผสมกันก่อนที่จะมีการเผาไหม้ ส่วนเปลวไฟแบบผสมภายหลังอากาศจะไหลเข้าชานกับการไหลของเชื้อเพลิงซึ่งอากาศจะกระจายผสมกับเชื้อเพลิงที่ปากทางออกของห้องเผาไหม้และเกิดการเผาไหม้ขึ้นที่ปากทางออก ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวมีตัวแปรที่สำคัญในการศึกษาได้แก่ ระยะห่างระหว่างหัวเผาและพื้นผิวให้ความร้อน ชนิดของเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดเซอร์ อัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio) และเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) ซึ่งตัวแปรทั้งหมดมีผลต่อลักษณะและอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟที่พุ่งชนบนพื้นผิวเรียบเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของเปลวไฟ [1-3] การถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟบนพื้นผิวทั้งแบบเฉพาะจุดและแบบเฉลี่ย [4-

7] และการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของเปลวไฟ [8 และ 9]

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนสำหรับใช้ในการตัดแผ่นเหล็ก โดยพิจารณาผลของระยะห่างจากปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟยังพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในช่วง  $h = 4 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 6 \text{ mm}, 7 \text{ mm}$  และ  $8 \text{ mm}$  โดยเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหัวตัดแก๊สมีค่าเท่ากับ  $6 \text{ mm}$  ในการทดลองได้ใช้ระบบหัวเผาแบบ Premixed โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงและใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดเซอร์ โดยกำหนดให้อัตราการไหลของแก๊ส LPG เท่ากับ  $0.8 \text{ LPM}, 0.9 \text{ LPM}$  และ  $1.0 \text{ LPM}$  และกำหนดอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ  $4 \text{ LPM}, 5 \text{ LPM}$  และ  $6 \text{ LPM}$  นอกจากนี้ได้ใช้กล้องดิจิทัลทำการบันทึกภาพลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ และศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว ซึ่งผลการศึกษาทำให้ได้ข้อมูลอัตราส่วนผสมระหว่างออกซิเจนและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยที่ผิวขอบรอยตัดไม่ละลายหรือเกิดขี้เชื่อม

## 2. โมเดลและชุดทดลอง

### 2.1 โมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 1 แสดงโมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

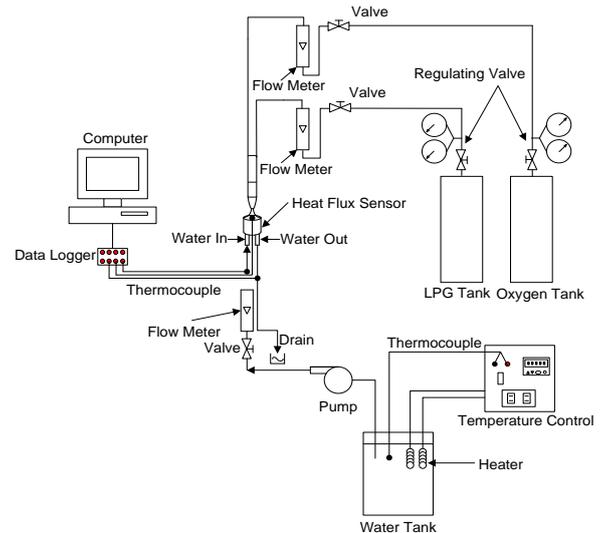
รูปที่ 1 แสดงโมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลองจากโมเดลเจ็ทเปลวไฟจะไหลพุ่งชนในลักษณะที่ตั้งฉากกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วทำการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างเปลวไฟกับ

พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ในการทดลองจะทำการเปลี่ยนระยะจากปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในช่วง 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm และ 8 mm โดยที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหัวตัดแก๊สมีค่าเท่ากับ 6 mm

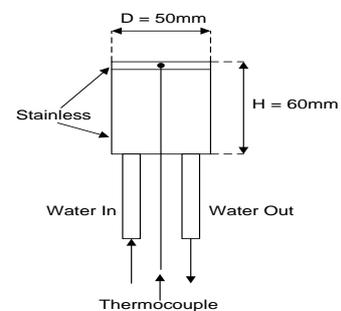
## 2.2 ชุดทดลอง

รูปที่ 2 แสดงชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน จากรูปพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนทำมาจากท่อสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm มีความยาว 60 mm สำหรับด้านในของท่อสแตนเลส (ด้านตรงข้ามที่เจ็ทพุ่งชน) มีช่องว่างสำหรับให้น้ำไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3 ในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้ใช้โรตาริเตอร์ติดตั้งก่อนเข้าสู่ Test section และมีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเข้าให้มีอุณหภูมิคงที่ที่ 36 องศาเซลเซียส สำหรับหัวตัดแก๊สที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 mm ยาว 90 mm ซึ่งเป็นหัวตัดแก๊ส LPG หัว Torch G03-2# ซึ่งเป็นหัวตัดแบบ Premixed

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองเป็น LPG และออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดเซอร์ โดยเชื้อเพลิงและออกซิเจนจะถูกส่งมาจากถังบรรจุก๊าซผ่านวาล์วควบคุมความดันแล้วทำการวัดอัตราการไหลโดยใช้โรตาริเตอร์ จากนั้นเชื้อเพลิงและออกซิเจนจะไหลเข้าเข้าสู่ห้องผสมก่อนที่จะไหลออกที่ปากทางออกหัวตัดแก๊ส ในการทดลองแต่ละครั้งได้กำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.8 LPM, 0.9 LPM และ 1.0 LPM และกำหนดอัตราการไหลของออกซิเจนเท่ากับ 4 LPM, 5 LPM และ 6 LPM และทำการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ ในการบันทึกข้อมูลในแต่ละการทดลองจะทำการบันทึกข้อมูลเมื่อการทดลองเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ Heat Flux Sensor

## 3 วิธีการทดลอง

### 3.1 การศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟ

ในการศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟได้ใช้กล้องดิจิทัลทำการบันทึกภาพในกรณีที่เป็นเจ็ทเปลวไฟอิสระ ในการทดลองได้ทำการบันทึกภาพสเกลเพื่อที่จะนำมาเทียบกับกรณีที่เป็นภาพเจ็ทเปลวไฟ โดยทำการติดตั้งกล้องดิจิทัลที่ตำแหน่งเดิมของทุกๆตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2 การศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว

ในการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวได้ใช้เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งในแผ่นสแตนเลสจำนวน 1 จุด จะทำการติดตั้งไว้บริเวณกึ่งกลางของอุปกรณ์ Heat Flux Sensor ที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน โดยระยะจากพื้นผิวแผ่นสแตนเลส (ด้านที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน) ถึงหัววัดเทอร์โมคัปเปิลมีค่า 1 mm ในการทดลองได้ควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้ไหลคงที่ผ่านชุด Heat Flux

Sensor ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนพื้นผิว อุณหภูมิน้ำเข้า และอุณหภูมิน้ำออก ได้ใช้ Data logger แล้วทำการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่ง จะทำการบันทึกข้อมูลหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคง ตัว

สำหรับการวิเคราะห์อัตราส่วนสมมูลหาได้จาก สมการ

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

โดยที่  $(F/A)$  คือ อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่อ อากาศที่ใช้จริง และ  $(F/A)_{stoi}$  คือ อัตราส่วนระหว่าง เชื้อเพลิงต่ออากาศทางทฤษฎี

สำหรับการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนบน พื้นผิวหาได้จากสมการ

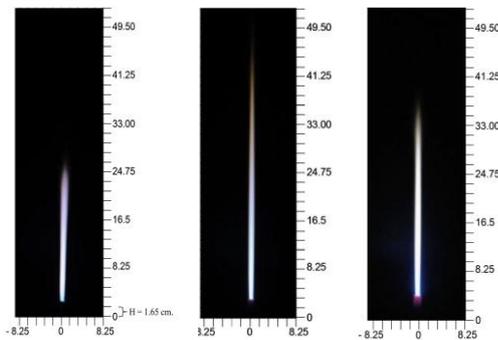
$$\dot{q} = \dot{m}c_p\Delta T \quad (2)$$

โดยที่  $c_p$  คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ,  $\dot{m}$  และ  $\Delta T$  คือ อัตราการไหลและผลต่างของอุณหภูมิ ของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออก

#### 4. ผลการทดลอง

##### 4.1 โครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟ

###### 4.1.1 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงคงที่ที่ 0.8 LPM



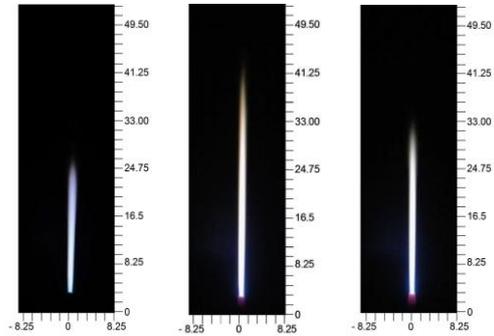
(a)  $\phi = 1.21$  (b)  $\phi = 0.97$  (c)  $\phi = 0.81$

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ

จากรูปที่ 4 (a), 4 (b), และ 4 (c) พบว่าที่ ระยะ  $H=0-16.5$  cm ลักษณะของเจ็ทเปลวไฟมีรูปทรง คงที่และมีลักษณะเป็นกรวยทรงกระบอก โดยขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของเจ็ทเปลวไฟที่ปากทางออกหัว ตัดแก๊สมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวตัด แก๊สเล็กน้อย จากนั้นรูปทรงของเปลวไฟจะเกิดการ เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของก๊าซ

ออกซิเจน ดังรูปที่ 4 (b) ที่ระยะ  $H>16.5$  cm ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของเปลวไฟจะลดลง บริเวณส่วน ปลายของเปลวไฟจะมีลักษณะเป็นสีส้มเนื่องจากเกิด การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น

###### 4.1.2 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงคงที่ที่ 0.9 LPM

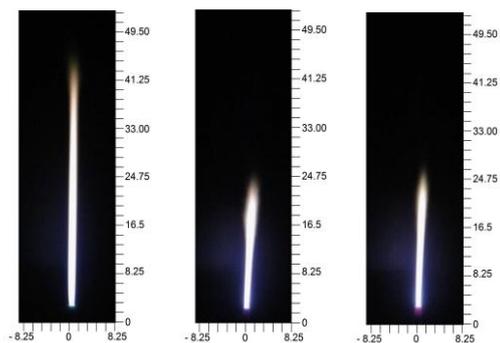


(a)  $\phi = 1.36$  (b)  $\phi = 1.09$  (c)  $\phi = 0.91$

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 แสดงโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ

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

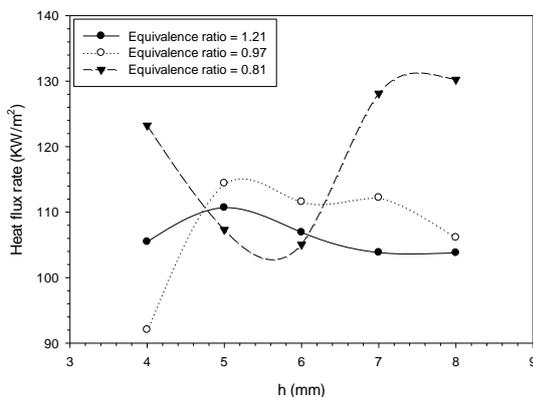
ออกซิเจนเปลวไฟจะมีลักษณะที่สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 6 (b) และ 6 (c) และที่ระยะ  $H > 11.55$  cm รูปทรงของเปลวไฟจะมีลักษณะไม่คงที่



รูปที่ 7 แสดงลักษณะของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว

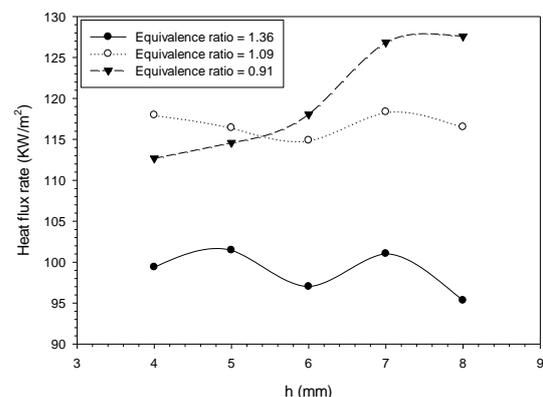
จากรูปที่ 7 แสดงลักษณะของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวแลกละเปลี่ยนความร้อนซึ่งลักษณะของเปลวไฟจะแบ่งได้เป็น 3 ส่วน (1) เจ็ทเปลวไฟที่ไหลออกบริเวณปากทางออกซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเจ็ทเปลวไฟอิสระ (2) บริเวณที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวซึ่งเป็นบริเวณที่เจ็ทเปลี่ยนแปลงทิศทางการจากแนวแกนเป็นแนวรัศมี (3) บริเวณที่เจ็ทเปลวไฟไหลตามบนพื้นผิวซึ่งจะมีลักษณะขยายออกตามแนวรัศมี ลักษณะโครงสร้างของเปลวไฟยังขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG, อัตราการไหลของออกซิเจน, และระยะห่างระหว่างปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน

#### 4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว



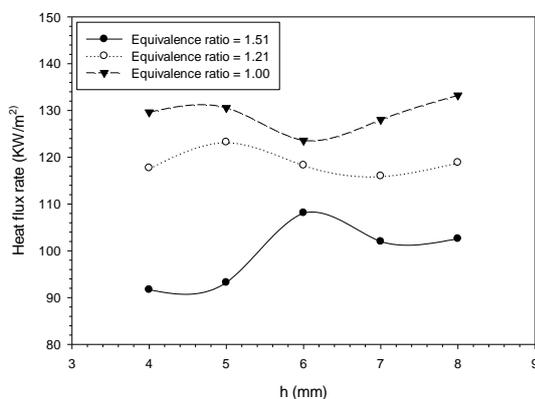
รูปที่ 8 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.8 LPM

จากรูปที่ 8 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว โดยกำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG คงที่ที่ 0.8 LPM โดยแต่ละการทดลองได้ทำการเปลี่ยนแปลงระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน (h) อยู่ในช่วง 4 – 8 mm แล้วทำการบันทึกข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อมีอัตราส่วนผสม ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.81 ที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน (h) เท่ากับ 8 mm เมื่อพิจารณาผลการทดลองทั้ง 3 กรณี เมื่อกำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 0.8 LPM และอัตราส่วนผสม ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.21 พบว่าจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างของปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่พุ่งชนเท่ากับ 5 mm สำหรับระยะห่างที่ปากทางออก 6 mm, 7 mm และ 8 mm จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใกล้เคียงกัน และที่ระยะห่างปากทางออก 4 mm จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่น้อยที่สุด การทดลองที่กำหนดให้อัตราส่วนผสม ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.97 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด เมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 5 mm และที่ระยะ 6 mm, 7 mm และ 8 mm อัตราการถ่ายเทความร้อนจะลดลง สำหรับการทดลองที่กำหนดให้อัตราส่วนผสม ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.81 พบว่าที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ h อื่นๆ



รูปที่ 9 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.9 LPM

จากรูปที่ 9 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.9 LPM จากผลการทดลองพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 0.9 LPM มีอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.91 และระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm เมื่อพิจารณาผลการทดลองทั้ง 3 กรณี ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 0.9 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.36 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 5 mm เมื่อเทียบกับระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนระยะอื่นๆ สำหรับกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.09 ที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนที่ระยะ 7 mm มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่นๆ และกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.91 ที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุด



รูปที่ 10 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 1.0 LPM

จากรูปที่ 10 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว โดยกำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG คงที่ที่ 1.0 LPM จากผลการทดลองพบว่า มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่ออัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.00 ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm เมื่อพิจารณาผลการทดลองทั้ง 3 กรณี ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.51 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 6 mm ในกรณีที่และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.21 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 5 mm และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.00 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 8 mm

จากผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน พบว่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG, อัตราส่วนผสมของออกซิเจน, และระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน มีผลอย่างมากต่อการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อน

## 5. สรุป

(1) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงจะส่งผลให้อัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) ลดลง และทำให้ความยาวในแนวแกนและความกว้างในแนวรัศมีของเจ็ทเปลวไฟอิสระมีการเปลี่ยนแปลง

(2) ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน (h) มีผลอย่างมากต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิบนพื้นผิว โดยบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจะตรงกับบริเวณที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวและบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลบนพื้นผิวจากแนวแกนเป็นแนวรัศมี

(3) การวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว 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.