

การศึกษาโครงสร้างเปลวไฟและคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟ แบบผสมก่อนจากหัวฉีดที่มีห้องสร้างการไหลหมุนควง

Study of Heat Transfer Characteristic Premixed Flame Jet From Swirl Chamber

ณัฐมาศ อุปถัมภ์^{1*}, วงศธร บุญโญภาส¹ และ ชยุต นันทดุสิต¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

*ติดต่อ: E-mail: chayut.n@psu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 074-28-7035, เบอร์โทรสาร 074-55-8830

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเปลวไฟไอสรระและการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนผนังเรียบจากหัวฉีดแบบท่อและหัวฉีดที่เป็นห้องทรงกระบอกสร้างการไหลหมุนควงขนาด 20 mm และความสูงของห้อง 32 mm ในการทดลองใช้เปลวไฟแบบผสมก่อนระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ โดยกำหนดให้แก๊ส LPG มีอัตราการไหลคงที่ 0.3 ลิตรต่อนาที และเปลี่ยนอัตราส่วนสมมูล 0.8, 1.0 และ 1.2 สำหรับการศึกษาโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟใช้วิธีถ่ายภาพในกรณีของเจ็ทไอสรระและเจ็ทไหลปะทะ และศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟไหลปะทะโดยใช้เซนเซอร์ฟลักซ์ความร้อน จากผลการศึกษาพบว่าที่ทุกอัตราส่วนสมมูลของหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควงที่ระยะพุ่งชน $L=2D$, $4D$ และ $6D$ พบว่าให้ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่าหัวฉีดแบบท่อถึง 20% เมื่อระยะพุ่งชนมีความสูงขึ้นค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่ได้จะต่ำกว่าหัวฉีดแบบท่อ 50%

คำหลัก: เปลวไฟหมุนควง, หัวฉีดแบบ nozzle, เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน, โครงสร้างเปลวไฟ, การถ่ายเทความร้อน

Abstract

This research was to study the structure of swirling flame and pipe nozzle flame for ability heat transfer characteristics of flame impinging jet on flat plate. Diameter of swirl chamber 20 mm and high of swirl chamber 37 mm are used to obtain swirling flame jet. In the experiment, premixed LPG-Air in mixed chamber before to flame jet. The flow rate of LPG gas was fixed at 0.3 liters per minute and equivalent ratio varied 0.8, 1.0 and 1.2. The flame jet structure was visualized and recorded with digital camera and the heat transfer rate of impinging flame jet was measured with heat flux sensor mounted on the impingement surface. the result of study all equivalent ratio from swirling flame jet at distance $L=2D$, $4D$ and $6D$ gave highest heat flux more than pipe nozzle flame jet up to 20%. When distance increased, Heat flux lower than 50%

Keywords: Swirling flame jet, Nozzle flame jet, Flame structure, Impinging flame jet, Heat transfer

1. บทนำ

กระบวนการให้ความร้อนสามารถพบได้ทั่วไปในอุตสาหกรรม เช่น การผลิตโลหะ แก้ว และกระดาษ รวมถึงกระบวนการตัด เชื่อม หลอมเหลวโลหะ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการที่ให้ความร้อนที่สูง จะใช้เทคโนโลยีการให้ความร้อนโดยวิธีใช้เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนบนพื้นผิวโดยตรง เนื่องจากการใช้เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวโดยตรงเป็นวิธีการพาความร้อนแบบบังคับ ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวสูงโดยเฉพาะบริเวณที่เปลวไฟพุ่งชนโดยตรง โดยวิธีดังกล่าวสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนได้อย่างเร็ว ส่งผลทำให้สามารถลดระยะเวลาของกระบวนการให้ความร้อนและช่วยประหยัดพลังงานได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีเดิมที่ใช้กลไกการแผ่รังสีความร้อน

สำหรับอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวโดยตรงจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างการไหลของเปลวไฟ เช่น เปลวเพลิงประเภทผสมก่อน (Premixed flame) หรือ เปลวเพลิงผสมภายหลัง (Diffusion flame) ระยะห่างระหว่างหัวเผาและพื้นผิวให้ความร้อน ชนิดของเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดเซอร์ อัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio) และเรย์โนลด์นัมเบอร์ ซึ่งตัวแปรทั้งหมดมีผลต่อลักษณะและอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟที่พุ่งชนบนพื้นผิวเรียบเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของเปลวไฟ [1-3] การถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟบนพื้นผิวทั้งแบบเฉพาะจุดและแบบเฉลี่ย [4-7] และการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของเปลวไฟ [8 และ 9]

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ใช้เปลวไฟมีอยู่เป็นจำนวนมาก รวมไปถึงอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารที่เริ่มใช้เปลวไฟเป็นหลัก ซึ่งส่งผลก่อให้เกิดปัญหาการขาดทุนเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยมีแนวคิดการนำเทคโนโลยีของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมาใช้

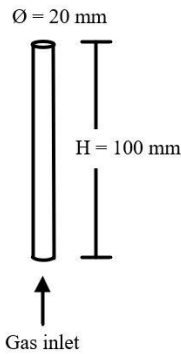
โดยการปรับปรุงความสม่ำเสมอของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยการใช้เจ็ทเปลวไฟหมุนควง เนื่องจากการหมุนควงของเจ็ทได้เพิ่มการผสมระหว่างเจ็ทกับของไหลรอบๆ ทำให้เจ็ทมีอัตราการขยายตัวที่เร็วและมีระดับความแปรปรวนในเจ็ทเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเจ็ทแบบธรรมดาและอาจจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนในบริเวณที่เจ็ทพุ่งชนรวมถึงบริเวณรอบๆ เจ็ทเพิ่มสูงขึ้นหรือในกรณีของการใช้กลุ่มเจ็ทพุ่งชนพื้นผิว กลุ่มเจ็ทหมุนควงอาจจะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวสม่ำเสมอขึ้นเนื่องจากการมีผลกระทบระหว่างเจ็ทหมุนควงก่อนพุ่งชนพื้นผิวและมีการไหลแบบหมุนควงบน พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน และอาจทำให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทหมุนควง รวมถึงพฤติกรรมการไหลของเจ็ทหมุนควงก่อน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาค้นคว้าผลของความสูงห้องทรงกระบอกสร้างเปลวไฟหมุนควงที่มีผลต่อโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระและเจ็ทเปลวไฟขณะปะทะแผ่นพุ่งชน รวมถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟที่เสื่อนไชระยะจากปากทางออกของหัวฉีดถึงพื้นผิวที่เจ็ทไหลปะทะ

2. โมเดลและชุดทดลอง

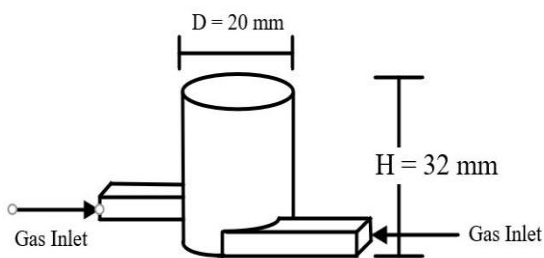
2.1 โมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

โมเดลที่ใช้ศึกษาเปลวไฟอิสระ เปลวไฟขณะปะทะแผ่นพุ่งชน รวมไปถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนมีสองแบบคือ 1. หัวฉีดแบบท่อ 2. หัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควง โดยรูปที่ 1 แสดงโมเดลหัวฉีดแบบท่อที่ใช้ในการสร้างเปลวไฟ ลักษณะหัวฉีดจะเป็นท่อเหล็กทรงกระบอกกลวงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D=8$ mm และยาว $H=100$ mm ซึ่งส่วนผสมระหว่างแก๊ส LPG และอากาศที่ได้จากห้องถังผสมจะเข้าสู่หัวฉีดแบบท่อโดยตรง



รูปที่ 1 โมเดลหัวฉีดแบบ nozzle
ใช้ในการสร้างเปลวไฟ

รูปที่ 2 โมเดลหัวฉีดสร้างเปลวไฟหมุนควง โดยห้องสร้างการไหลหมุนควงเป็นห้องทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D = 20$ mm ที่ระยะความสูงของห้องเท่ากับ $H = 32$ mm ท่อทางเข้าของแก๊ส LPG ผสมกับอากาศจำนวน 2 ท่อขนาด 5×5 mm ที่ได้จากการผสมก่อนหน้านี้จากถังผสม ต่อเข้ากับห้องทรงกระบอกในแนวสัมผัสดังแสดงในรูปที่ 1 โดยด้านท้ายของท่อเป็นทรงกระบอกปิด และปล่อยให้เปลวไฟหมุนควงที่เกิดจากของไหล ไหลชนกันในแนวสัมผัสเพื่อออกอีกด้านหนึ่งของปากท่อทรงกระบอก



รูปที่ 2 โมเดลหัวฉีดสร้างเปลวไฟหมุนควง

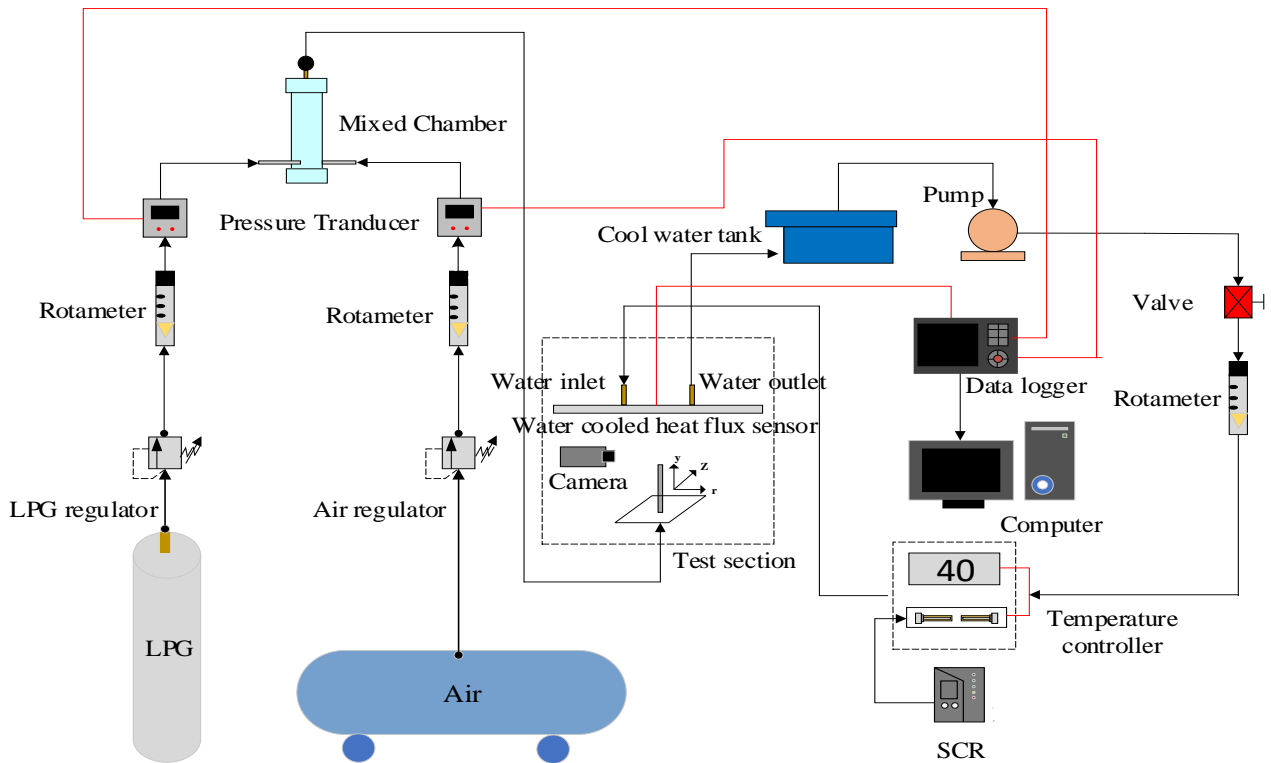
ในการทดลองใช้เปลวไฟแบบผสมมาก่อน โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดให้อัตราการไหลของแก๊ส LPG ที่ 0.3 ลิตรต่อนาที ที่อัตราส่วนสมมูล 0.8, 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ ในการทดลองค่าความดันของแก๊ส LPG อยู่ที่ 1 mbar และค่าความดันอากาศอยู่

ที่ 2 mbar วัดโดย PT-100 ค่าความถูกต้อง ± 0.1 องศาเซลเซียส

2.2 ชุดทดลอง

รูปที่ 3 แสดงแผนภาพชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองวัดการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟที่ไหลปะทะพื้นผิวเรียบ อากาศจากปั๊มลมจะไหลผ่านชุดดักความชื้นและวาล์วปรับความดัน ก่อนที่จะไหลเข้าสู่โรตารีเมเตอร์เพื่อวัดอัตราการไหลของอากาศ ในขณะที่แก๊ส LPG ไหลผ่านชุดป้องกันไฟไหลย้อน ชุดดักจับความชื้น วาล์วปรับความดัน และโรตารีเมเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบสำหรับวัดอัตราการไหลแก๊ส LPG ทั้งอากาศและแก๊ส LPG ผ่านเข้าสู่ Pressure Transducer ซึ่งอ่านค่าความดันโดย Data Logger ก่อนไหลเข้าสู่ถังผสม (Mixed Chamber) ซึ่งในถังผสมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทางเข้าที่แก๊ส LPG กับอากาศฉีดเข้าห้องผสมในแนวสัมผัส ส่วนไหลผ่านชั้นของลูกแก้วเพื่อให้แก๊ส LPG และอากาศผสมกันเป็นเนื้อเดียวและส่วนที่สามเป็นช่องว่างเพื่อส่งแก๊ส LPG กับอากาศที่ผสมกันแล้วจ่ายออกนอกถังผสม และต่อท่อสายยางไปยังหัวฉีดสำหรับสร้างเจ็ทเปลวไฟ

สำหรับการวัดการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟ จะใช้ผนังที่ทำจากแผ่นสแตนเลส โดยตรงกลางของผนังติดตั้งหัววัด Thermo gage Circular Foil Heat Flux Transducer ซึ่งต่อเข้ากับ Data logger เพื่อวัดค่าพลักซ์ความร้อนในหน่วยของ mV ซึ่งในระบบมีการไหลเวียนของน้ำผ่านวาล์วก่อนเข้าสู่โรตารีเมเตอร์เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 40 องศาผ่านการควบคุมด้วย Temperature Controller ที่ค่าความถูกต้อง ± 0.1 องศาเซลเซียส โดยมีฮีตเตอร์ให้ความร้อนภายในระบบและมี SCR ควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ตามลำดับ น้ำที่หมุนเวียนภายในระบบออกจากเซ็นเซอร์พลักซ์ความร้อน ผ่านถึงน้ำหมุนเวียนและเข้าสู่ระบบอีกครั้ง



รูปที่ 3 แผนภาพชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองวัดการถ่ายเทความร้อน

3. วิธีการทดลอง

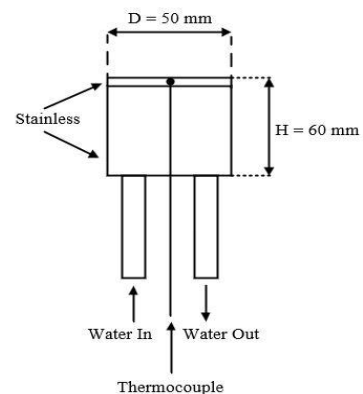
3.1 การศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟ

ในการศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟได้ใช้กล้องดิจิทัลทำการบันทึกภาพในกรณีที่เป็นเจ็ทเปลวไฟอิสระและเจ็ทเปลวไฟไหลปะทะพื้นผิว ในการทดลองได้ทำการบันทึกภาพสเกลเพื่อที่จะนำมาเทียบกับกรณีที่เป็นภาพเจ็ทเปลวไฟ โดยทำการติดตั้งกล้องดิจิทัลที่ตำแหน่งเดิมที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ จากเปลวไฟที่ได้จากหัวฉีดแบบท่อและหัวฉีดแบบมีห้องทรงกระบอกสร้างการไหลหมุนวน

3.2 การวัดการกระจายอุณหภูมิและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยบนพื้นผิว

ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน โดยทำการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวโดยใช้อุปกรณ์ในรูปที่ 4 คือ Thermo gage Circular Foil Heat Flux Transducer โดยมีควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการไหลเวียนภายในระบบ Heat Flux Sensor

ที่ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งควบคุมโดยระบบ SCR เปิด-ปิดการทำงานของฮีตเตอร์ในขณะที่น้ำผ่านก่อนเข้าสู่พื้นผิวของ Heat Flux Sensor บริเวณที่เปลวไฟพุ่งชน ในการบันทึกอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยใช้ Data logger ทำการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำการบันทึกข้อมูลหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ซึ่งในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง จะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งเก็บผลเป็นระยะเวลา 3 นาที

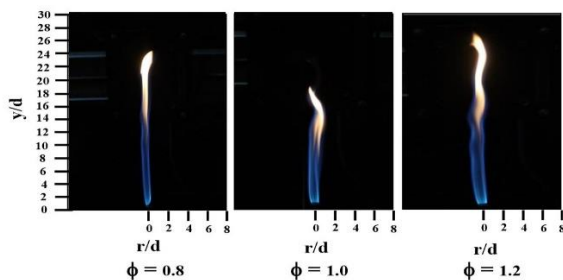


รูปที่ 4 อุปกรณ์ Heat flux sensor

4. ผลการทดลอง

4.1 โครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟ

โครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟที่ได้ทำการศึกษาแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ หัวฉีดแบบท่อ และหัวฉีดสร้างเปลวไฟหมุนควง ซึ่งโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระจากหัวฉีดแบบท่อในรูปที่ 5 ที่อัตราส่วนสมมูล 0.8, 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ พบว่า อัตราส่วนสมมูลที่ 0.8 เปลวไฟจะมีลักษณะส่วนใหญ่เป็นสีน้ำเงิน โดยเริ่มแยกตัวเป็นสีส้มที่ความยาว $Y=12D$ และมีความยาวสูงสุดที่ $Y=24D$ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลไปที่ 1.0 แสดงให้เห็นถึงเปลวไฟสีน้ำเงินที่ปากทางออกได้อย่างชัดเจนที่สุดจากกรณีศึกษา และเปลวไฟจะเริ่มแยกตัวเป็นสีส้มที่ $Y=6D$ และลักษณะของเปลวไฟที่เกิดขึ้นมีส่วนใหญ่เป็นสีน้ำเงินอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเผาไหม้สมบูรณ์

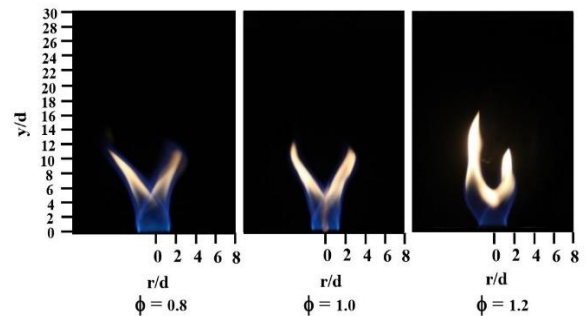


รูปที่ 5 ผลของลักษณะโครงสร้างของเปลวไฟอิสระจากหัวฉีดแบบท่อ

ในส่วนของคุณลักษณะโครงสร้างเปลวไฟจากหัวฉีดที่มีห้องสร้างการไหลหมุนควงแสดงในรูปที่ 6 ที่เกิดการใช้เทคนิคในการสร้างเปลวไฟโดยการสร้างแกนไหลให้ส่วนผสมเข้ามาสองทาง และชนกันในแนวสัมผัส ที่ความสูงของห้อง $H=32$ mm จากผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนสมมูลที่ 0.8 แสดงให้เห็นลักษณะของเปลวไฟสีน้ำเงินจากปากทางออก ก่อนจะแยกตัวเป็นเปลวไฟสีส้มที่ $Y=4D$ เมื่อเทียบกับอัตราส่วนสมมูลที่ 1.0 พบว่าเปลวไฟสีน้ำเงินเป็นสัดส่วนระหว่างสีของเปลวไฟได้อย่างชัดเจนที่สุด และให้ความยาวเปลวไฟที่เล็กที่สุดเท่ากับ $Y=12D$ และที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 เปลวไฟที่

เกิดขึ้นมีความยาวสูงสุดที่ $Y=18D$ ซึ่งเกิดจากการแยกตัวระหว่างเปลวไฟที่ $Y=2D$ เปลวไฟส่วนปลายมีลักษณะบานออกเป็นวงกว้างและมีสีส้มเป็นส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับอัตราส่วนสมมูลที่ 0.8 และ 1.0

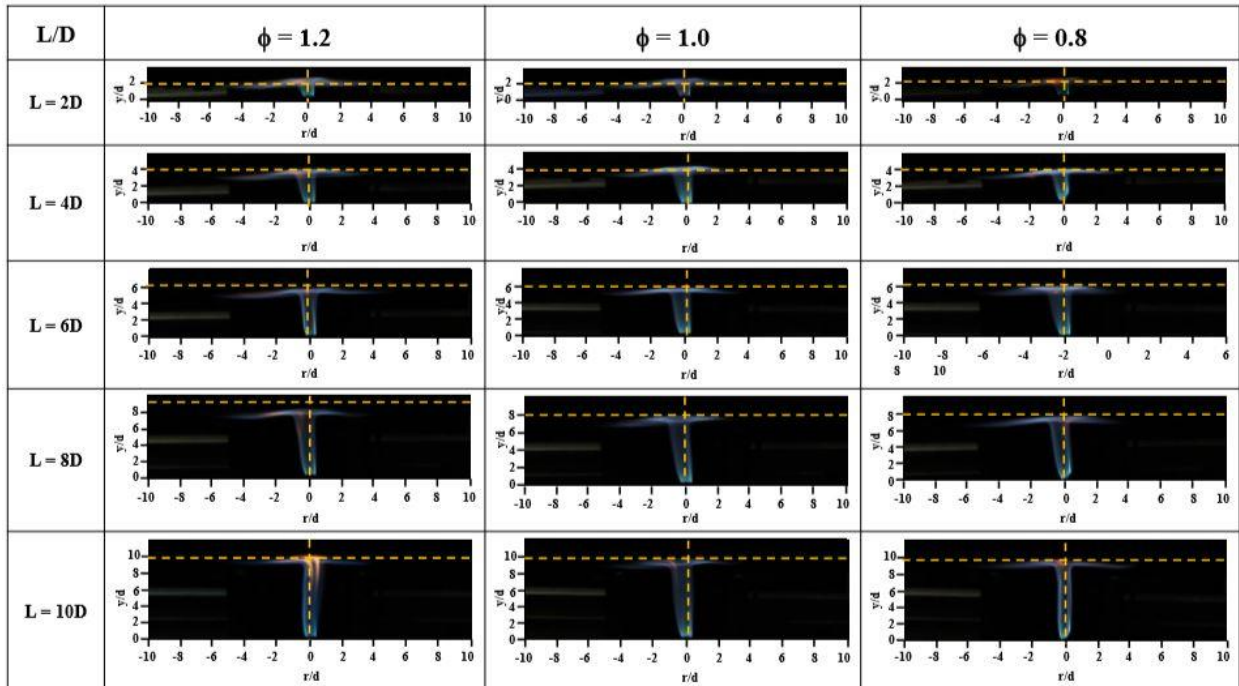
ทั้งนี้ผลของความสูงเปลวไฟอิสระที่ได้จากหัวฉีดแบบท่อมีความสูงมากกว่าเปลวไฟอิสระที่ได้จากหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควงที่เป็นผลมาจากการความสูงในส่วนของปากทางออกจากห้องเผาไหม้ส่งผลให้เปลวไฟอิสระที่ได้มีความยาวที่แตกต่างกัน



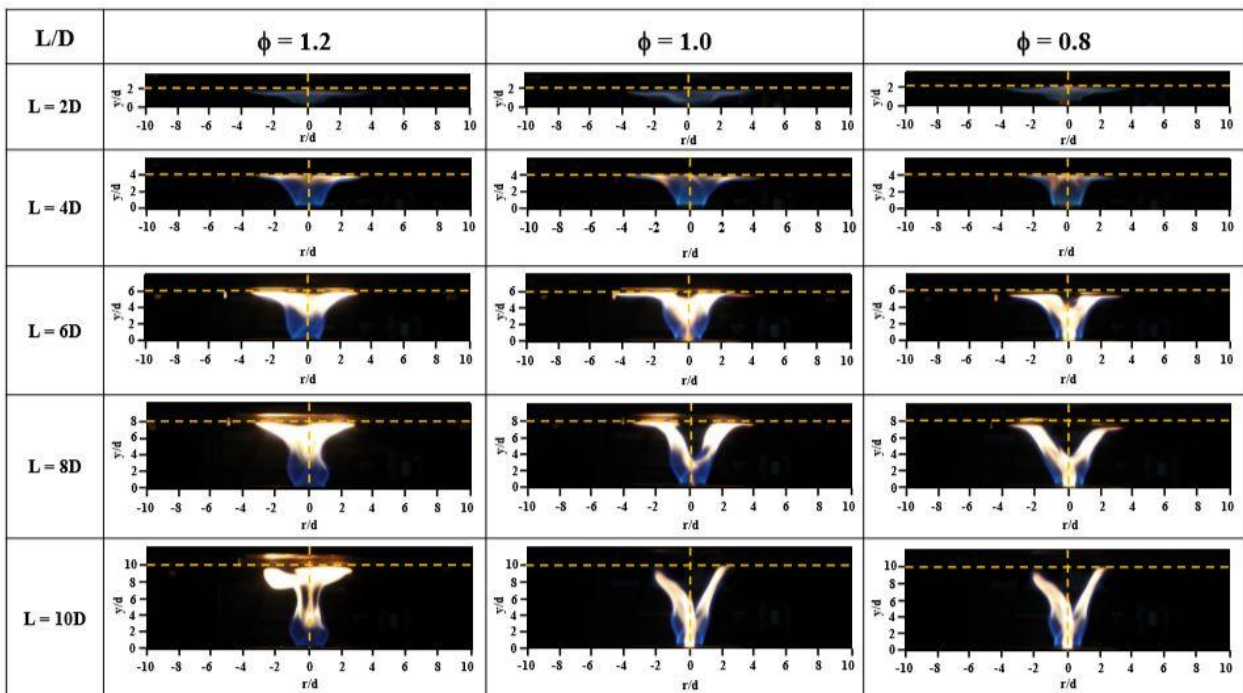
รูปที่ 6 ผลของลักษณะโครงสร้างของเปลวไฟอิสระจากหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควง

จากรูปที่ 7 แสดงผลของเปลวไฟที่มีต่อโครงสร้างเปลวไฟที่ระยะพุ่งชนที่ $L=2D, 4D, 6D, 8D$ และ $10D$ ตามลำดับ โดยรูปที่ 7 ก) แสดงลักษณะของเปลวไฟพุ่งชนที่ได้จากหัวฉีดแบบท่อ พบว่าที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 ทุกระยะ L/D ลำเปลวไฟที่ออกมาในตอนต้นมีลักษณะเป็นสีน้ำเงิน และมีสีส้มติดอยู่ที่ปลายเปลวไฟปะปนอยู่ โดยเปลวไฟจะมีสีส้มอย่างเห็นได้ชัดตามระยะ L/D ที่เพิ่มขึ้น และเห็นได้ชัดเจนที่สุดในระยะ $L=10D$

เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 พบว่าที่ลำของเปลวไฟจะมีสีน้ำเงินและมีบางส่วนที่เปลวไฟมีสีส้ม นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.0 เปลวไฟที่กระทบกับแผ่นพุ่งชนในส่วนใกล้กับหัวฉีดเป็นลำสีฟ้าชัดเจนที่สุด เมื่อเพิ่มระยะของแผ่นพุ่งชนเปลวไฟยังคงเป็นสีน้ำเงิน และที่ระยะ $L=10D$ ในส่วนปลายของเปลวไฟที่มีสีส้มเพียงเล็กน้อย



ก) โครงสร้างลักษณะการไหลของเปลวไฟจากหัวฉีดแบบท่อ



ข) โครงสร้างลักษณะการไหลของเปลวไฟจากหัวฉีดที่มีห้องสร้างการไหลหมุนควง

รูปที่ 7 แสดงผลของระยะฟุ้งชนที่มีต่อโครงสร้างเปลวไฟจากหัวฉีด ก) โครงสร้างลักษณะการไหลของเปลวไฟจากหัวฉีดแบบท่อ ข) โครงสร้างลักษณะการไหลของเปลวไฟจากหัวฉีดที่มีห้องสร้างการไหลหมุนควง

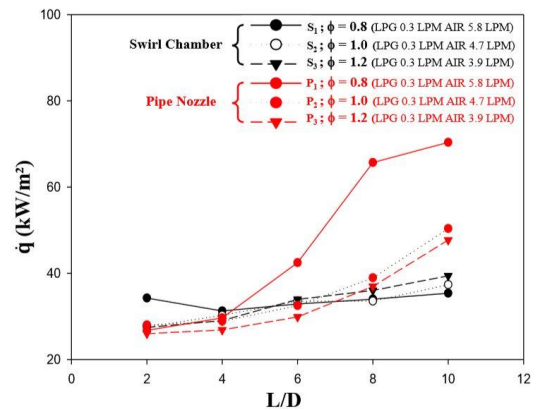
รูปที่ 7 ข) แสดงลักษณะการเปลวไฟที่ได้จากห้องสร้างการไหลหมุนควง พบว่าที่ทุกๆ อัตราส่วนสมมูล ที่ระยะ L/D ส่งผลต่อลักษณะเปลวไฟอย่างเห็นได้ชัด โดยที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 เปลวไฟที่ได้ออกมาในตอนต้นจะมีลักษณะเป็นสีน้ำเงิน โดยที่ระยะ $L=4D$ เปลวไฟจะเริ่มบานออกเป็นวงกว้าง และที่ปลายของเปลวไฟจะมีลักษณะเป็นสีส้มใหญ่ขึ้นแปรผันตรงระยะ L/D ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะของเปลวไฟที่อัตราส่วนสมมูลระหว่าง 1.0 และ 0.8 โดยเปลวไฟที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกัน จะเริ่มแยกออกเป็นสองที่ระยะ $L=6D$ และจะเริ่มบานออกเป็นสองทางกว้างขึ้นตามระยะ L/D ที่เพิ่มขึ้น แต่หากเปรียบเทียบในเรื่องของสีเปลวไฟ ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.0 พบว่าเปลวไฟใกล้หัวฉีดมีลักษณะเป็นสีน้ำเงินเข้มในทุกระยะ L/D เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศไปที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 เกิดเปลวไฟสีส้มอยู่ตรงกลางหัวฉีด และจะมีลักษณะกว้างขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะ L/D ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว

รูปที่ 9 แสดงผลของความสูงของระยะพุ่งชนที่มีต่อค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่เงื่อนไขอัตราส่วนสมมูลที่ 0.8, 1.0 และ 1.2 จากหัวฉีดสองแบบ เส้น P_1 , P_2 และ P_3 แสดงค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟที่ได้จากหัวฉีดแบบท่อ จากรูปพบว่าที่ระยะ $L=2D$ และ $4D$ ค่า ฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามระยะ L/D ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 ที่ระยะ $L=6D$ ซึ่งพบว่าค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ และที่เงื่อนไขของอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 พบว่าให้ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดในกรณีของเปลวไฟที่สร้างจากหัวฉีดแบบท่อ

เส้น S_1 , S_2 และ S_3 แสดงผลความสูงของระยะพุ่งชนที่มีต่อค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อน โดยที่ระยะ $L=4D$ และ $6D$ ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระยะ L/D เมื่อสังเกตที่ระยะ $L=2D$ พบว่าค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 มีค่ามากที่สุดในตอนต้น และเมื่อเพิ่มระยะ L/D พบว่าที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 ให้ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดในทุกกรณี

จากผลค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจากหัวฉีดทั้งสองชนิดเปรียบเทียบกันตามรูปที่ 9 เมื่อนำผลค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่ได้จากหัวฉีดทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบในทุกอัตราส่วนสมมูลและทุกระยะ L/D ที่ใช้ในการศึกษาพบว่า ในช่วงระยะแรกค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่ได้จากหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควงให้ค่าสูงกว่ากรณีหัวฉีดแบบท่อ เมื่อระยะ L/D เพิ่มขึ้นที่ $L=8D$ ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจากหัวฉีดแบบห้องสร้างการไหลหมุนควงที่ได้มีค่าน้อยกว่ากรณีหัวฉีดแบบท่อ 50%



รูปที่ 9 ผลค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนเปรียบเทียบหัวฉีดสองชนิด

5. สรุป

จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1) จากหัวฉีดทั้งสองชนิดลักษณะของเปลวไฟที่เกิดขึ้นจะมีสีฟ้ามากที่สุดที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.0 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 พบว่า เปลวไฟที่ออกมาจากหัวฉีดทั้งสองชนิดมีความยาวมากที่สุด ในส่วนบริเวณปลายของเปลวไฟจะมีลักษณะบานออกเป็นวงกว้าง และมีสีส้มอย่างชัดเจน
- 2) ผลของระยะพุ่งชนส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างเปลวไฟและลักษณะการกระจายตัวของเปลวไฟได้อย่างชัดเจน โดยที่ระยะเริ่มต้นทุกอัตราส่วนที่ได้จากบริเวณปากหัวฉีดทั้งสองชนิดพบว่าเปลวไฟมีลักษณะเป็นสีฟ้าเมื่อเพิ่มระยะ L/D ส่วนปลายของเปลวไฟจะมีสีส้มแปรผันตามระยะความสูงที่เพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 พบว่าจากหัวฉีดทั้งสองแบบเปลวไฟที่บานออกปะทะเข้ากับแผ่นพุ่งชนมีลักษณะเป็นสีส้มปะปน และจะเห็นชัดมากที่สุดที่ระยะ $L=10D$
- 3) เมื่อเปรียบเทียบค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนของหัวฉีดสร้างเปลวไฟทั้งสองชนิดแล้ว พบว่าที่ระยะ $L=2D, 4D$ และ $6D$ ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่ได้เปลวไฟจากหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควงบานออกเป็นวงกว้างและให้ฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอส่งผลให้ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีจากหัวฉีดแบบท่อถึง 20% แต่เมื่อระยะความสูงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ $L=8D$ ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนจากหัวฉีดแบบท่อมีค่าสูงกว่าหัวฉีดแบบมีห้องสร้างการไหลหมุนควงอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากการแยกตัวของเปลวไฟหมุนควงเป็นสองทางตามระยะ L/D ที่สูงขึ้นและความสูงของเปลวไฟที่แปรผันตรงตามระยะปากทางออกของหัวฉีด ทำให้ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟหมุนควงที่ได้มีค่าน้อยกว่าในกรณีหัวฉีดแบบท่อต่ำสุดที่ 50%

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

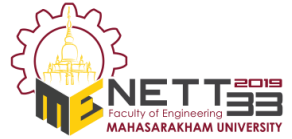
7. เอกสารอ้างอิง

- [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 International 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



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33
วันที่ 2-5 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 จังหวัดอุดรธานี

HTE – 010



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.