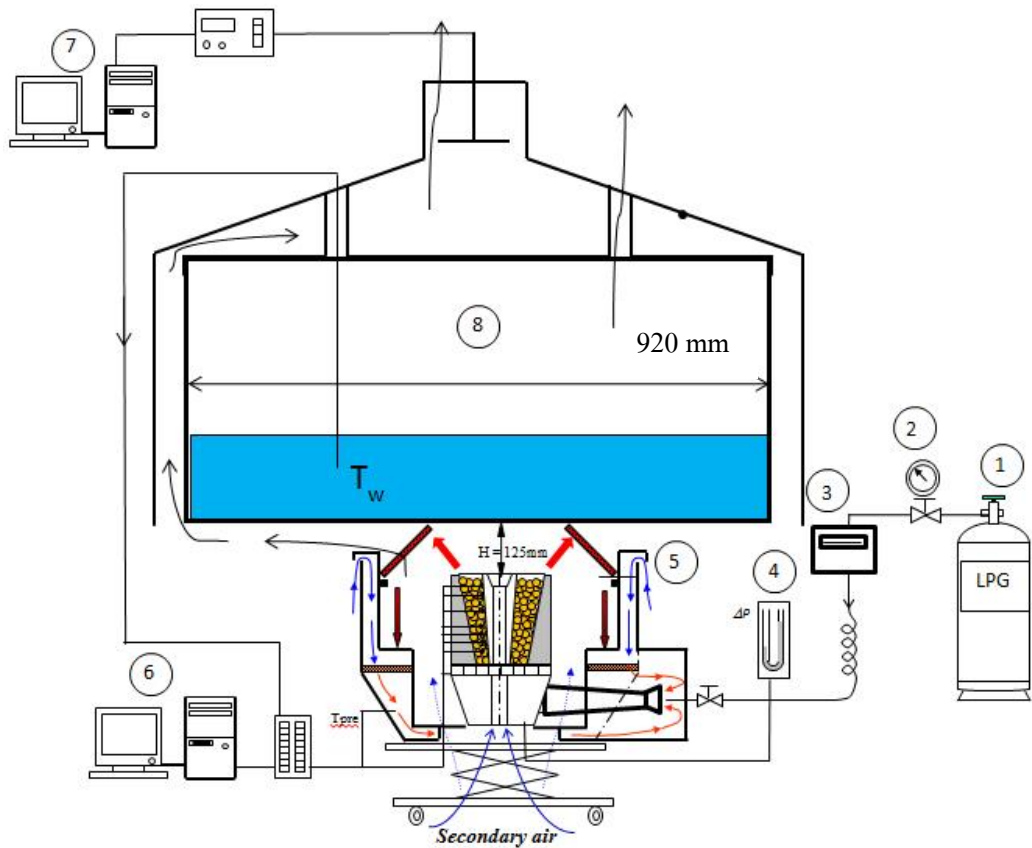


## บทที่ 7 การศึกษาเปลวไฟแบบพุ่งชนชนิดที่ทำงานร่วมกับระบบอุ่นอากาศ (Impinging flame with Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB)

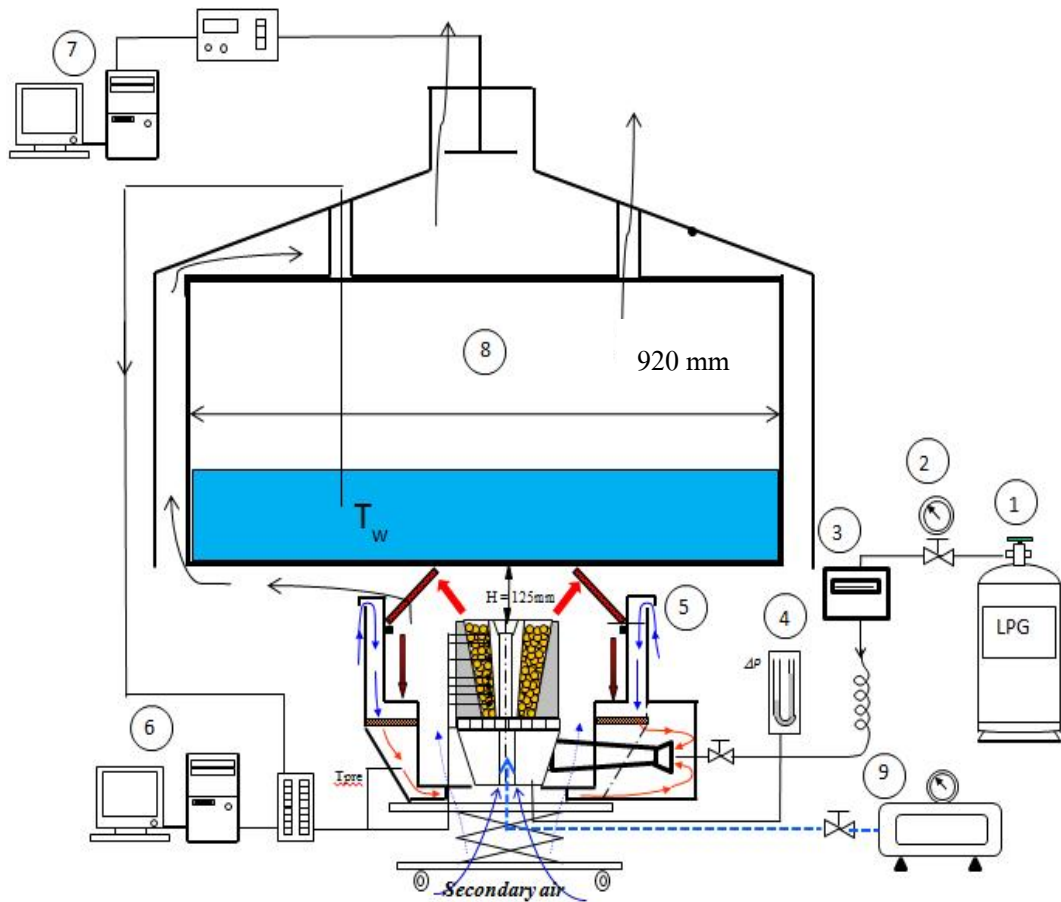


รูปที่ 7.1 Schematic Diagram ของอุปกรณ์ทดลองเปลวไฟแบบพุ่งชนชนิดที่ทำงานร่วมกับระบบอุ่นอากาศ

1. Fuel (LPG)
2. Pressure regulator
3. Gas flowmeter
4. Water manometer
5. APMB & PRRB
6. Temperature measurement unit
7. Emission measurement unit
8. Loading vessel

ในส่วนของการทดลองนี้จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา APMB โดยทำงานร่วมกับระบบอุ่นอากาศส่วนแรก (PRRB) โดยใช้วิธีการต้มน้ำเพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและพฤติกรรมการเผาไหม้และจะศึกษาอิทธิของการเพิ่มปริมาณ secondary air เนื่องจากในบทที่ 6 ได้แสดงให้เห็นแล้วว่ากรณี secondary air ช่วยลดมลพิษในส่วน CO และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้โดยในการเพิ่มปริมาณอากาศ secondary air จะใช้เครื่องอัดอากาศขนาดเล็กเพิ่มปริมาณ

secondary air โดยปริมาณอากาศที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้ประมาณ 15-20 L/m ซึ่งการต่ออุปกรณ์การทดลองเป็นไปตามรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 Schematic Diagram ของอุปกรณ์ทดลองเปลวไฟแบบพุงชนชนิดที่ทำงานร่วมกับระบบอุ่นอากาศและเครื่องอัดอากาศ

1. Fuel (LPG) 2. Pressure regulator 3. Gas flow meter 4. Water manometer 5. APMB & PRRB
6. Temperature measurement unit 7. Emission measurement unit 8. Loading vessel 9. Air – compressor

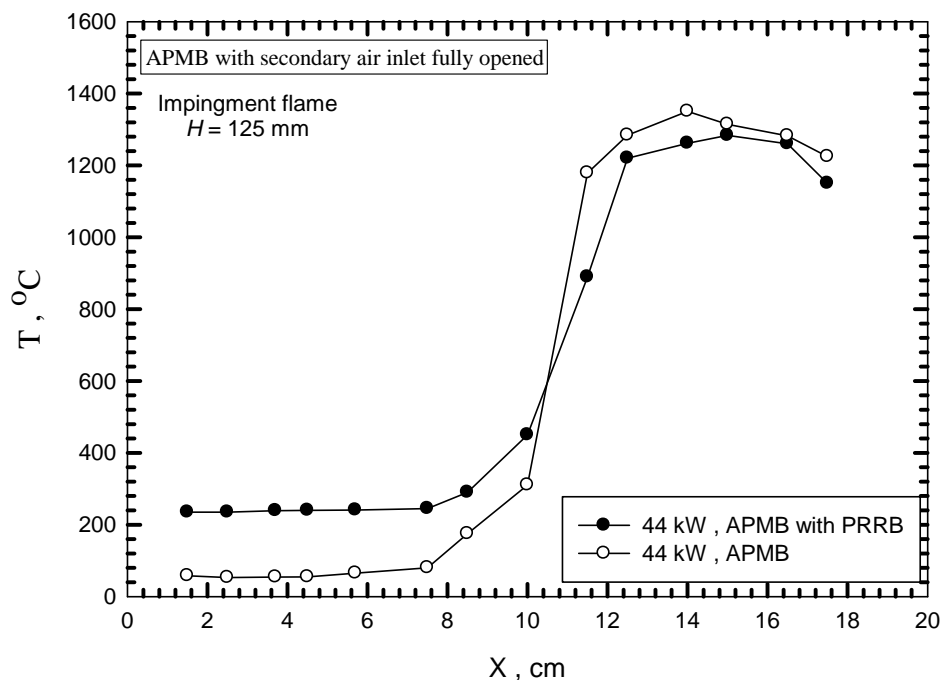
วิธีการต่ออุปกรณ์การทดลองจะเหมือนกันทั้ง 2 การทดลองเพียง ๒ การทดลองตามรูปที่ 7.2 จะเพิ่มเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กมาเพิ่มปริมาณอากาศ secondary air สำหรับเตา APMB จะถูกวางอยู่ภายในกล่อง PRRB ซึ่งทำหน้าที่อุ่นอากาศส่วนแรกและตัว PRRB จะติดตั้งวัสดุพอรุนไว้ 2 ชุด โดยวัสดุพอรุนชุดแรกเรียกว่า Emitting Porous Medium ทำมาจากตะแกรงสแตนเลสจะทำหน้าที่สะสมความร้อนจากไอเสียและเปลวไฟ แล้วแผ่รังสีให้กับวัสดุพอรุนชุดที่สอง Absorbing Porous Medium ซึ่งทำจากตาข่ายสแตนเลสและจะเก็บความร้อนไว้เมื่ออากาศเย็นที่ผ่านเข้ามาด้านข้างของ PRRB ไหลผ่านจะทำ

การแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวถ่ายสแตนเลสทำให้อากาศร้อนขึ้นก่อนที่จะถูกดูดผ่านทาง Mixing tube เพื่อนำไปผสมกับเชื้อเพลิงก่อนเข้าไปเผาไหม้ในชั้นวัสดุพอร์นต่อไป

## 7.1 Temperature distribution

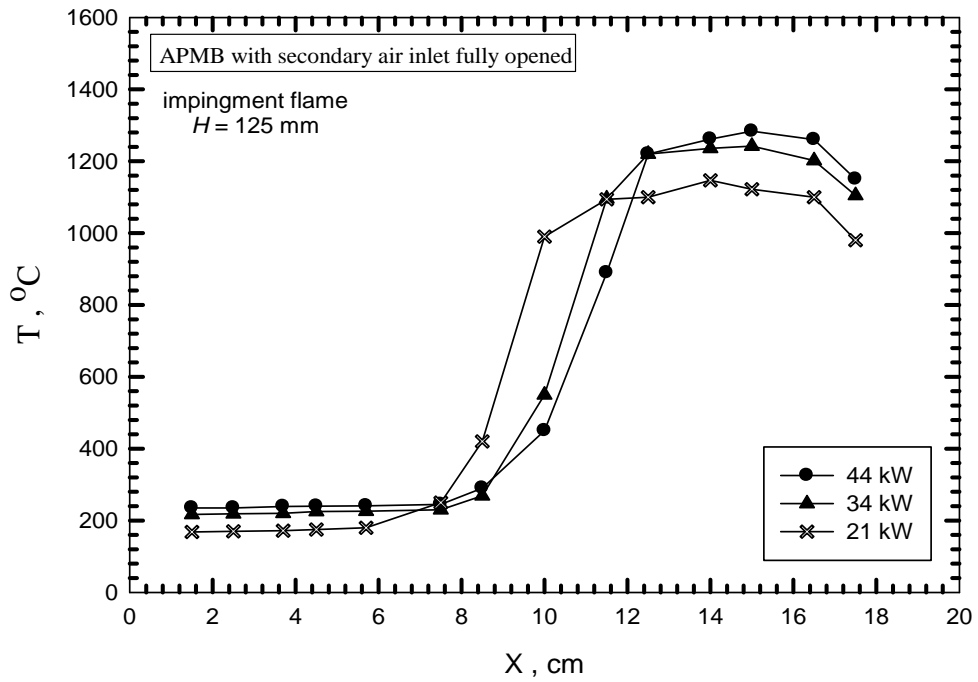
## Impinging Flame with PRRB

ในส่วนของการวัดอุณหภูมิภายในชั้นวัสดุพอร์นของการทดลอง ชุดนี้จะไม่ศึกษาอิทธิพลของการเปิดและปิดอากาศ secondary air เนื่องจากในบทที่ 6 ในส่วนของการวัดอุณหภูมิได้แสดงให้เห็นแล้วว่าอากาศ secondary air ไม่ส่งผลใดๆต่ออุณหภูมิในชั้นวัสดุพอร์น ดังนั้นในการแสดงการกระจายตัวอุณหภูมิจะขอแสดงแค่การเปรียบเทียบอุณหภูมิในชั้นวัสดุพอร์นระหว่างกรณีมี PRRB และไม่มี PRRB

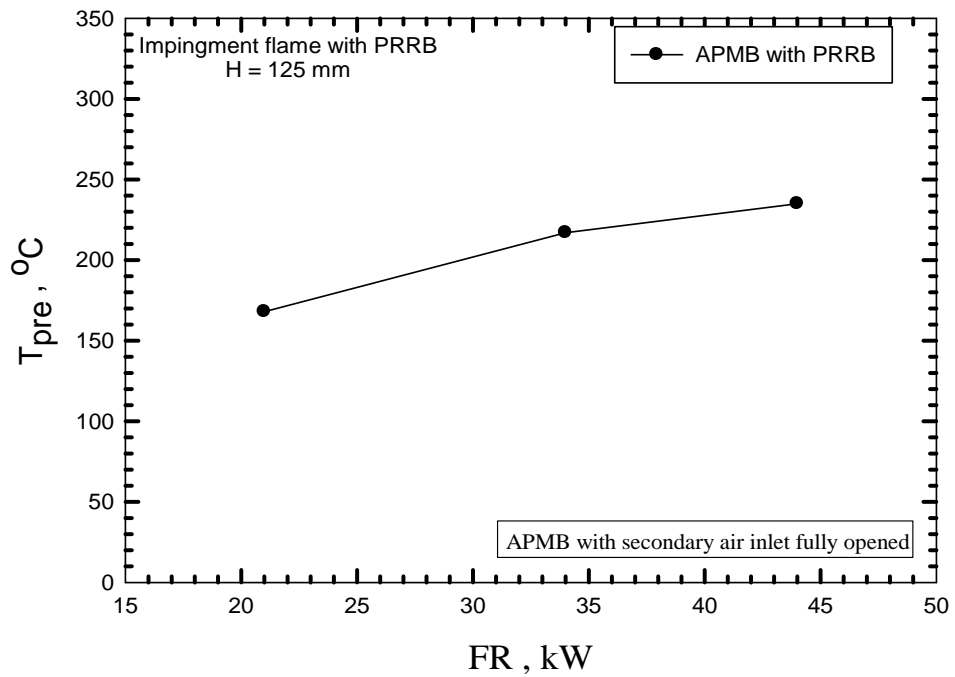


รูปที่ 7.3 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในชั้นวัสดุพอร์นของอิทธิพลการมีและไม่มีการอุ่นอากาศ

จากรูปข้างต้นเป็นผลการทดลองที่ FR เท่ากับ 44 kW ซึ่งเป็น FR สูงสุดโดยทำการเปิดรูทางเข้า secondary air แล้วศึกษาเพียงแค่อิทธิพลของการอุ่นอากาศเท่านั้น พบว่าเตา APMB ที่มีระบบอุ่นอากาศ หรือ PRRB จะทำให้อุณหภูมิที่ด้าน upstream สูงกว่าแบบที่ไม่มีการอุ่นอากาศแต่เมื่อเข้ามาเผาไหม้ในชั้นวัสดุพอร์นแล้วจะมีแนวโน้มให้อุณหภูมิสูงสุดมีค่าต่ำกว่าระบบที่ไม่มีการอุ่นอากาศ เนื่องจาก เมื่ออากาศร้อนขึ้นจะทำให้อากาศมีความหนืดมากขึ้นทำให้อากาศเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงได้น้อยแล้วทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรจึงทำให้อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 7.4 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในชั้นวัสดุพอรุนของเตา APMB ชนิดที่มีระบบอุ่นอากาศที่ FR ต่างๆ



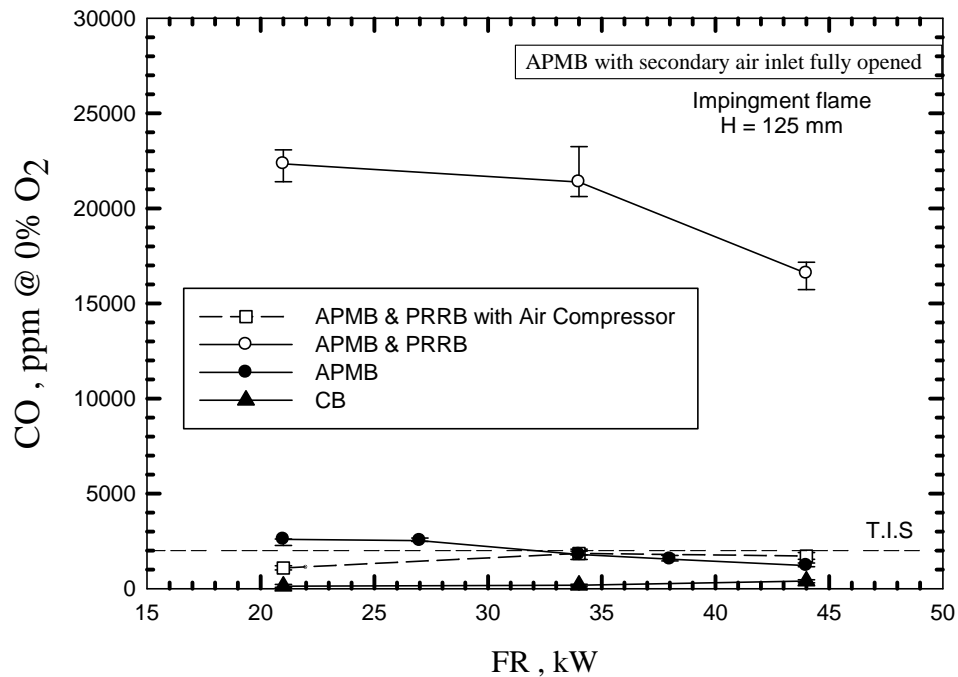
รูปที่ 7.5 กราฟแสดงอุณหภูมิการอุ่นอากาศส่วนแรกของเตา APMB ที่ค่า FR ต่างๆ

จากรูปที่ 7.4 แสดงอุณหภูมิภายในชั้นวัสดุพอร์ซเลนของเตา APMB แบบที่มีระบบอุ่นอากาศจะเห็นว่า เปลวไฟสามารถติดเสถียรได้ดีในชั้นวัสดุพอร์ซเลนทุกค่า FR และเมื่อ FR มีค่ามากขึ้น reaction zone เคลื่อนที่ไปทางด้าน downstream เนื่องจาก flow velocity มากขึ้น โดยค่า FR สูงสุดที่ทำการทดลองคือ 44 kW แต่ในทางปฏิบัติเตา APMB สามารถทำงานที่ค่า FR สูงกว่านี้ได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของ Gas flow meter ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ในค่า FR ที่สูงกว่า 44 kW และในรูปที่ 7.5 แสดงอุณหภูมิการอุ่นอากาศส่วนแรกของเตา APMB ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง  $168^{\circ}\text{C} - 235^{\circ}\text{C}$  จะเห็นว่าเมื่อ FR สูงขึ้นจะเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากการหมุนเวียนความร้อนจากไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น

FR ที่ป้อนเข้าระบบ

## 7.2

## Impinging Flame with PRRB

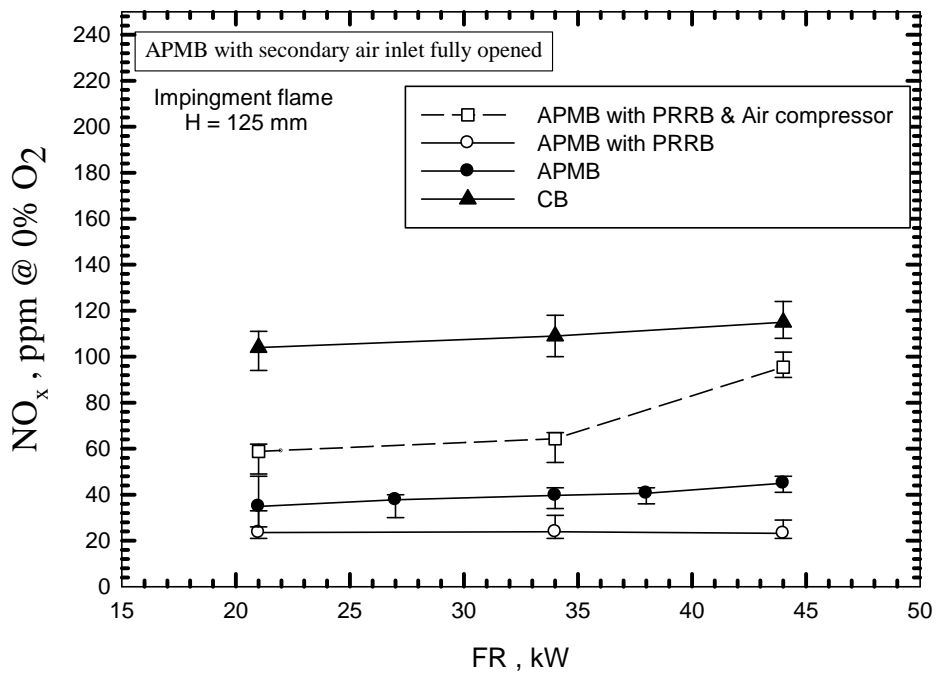


รูปที่ 7.6

CO APMB แบบที่มีระบบอุ่นอากาศที่ค่า FR

นี้จะทำการวัดการปลดปล่อยมลพิษในส่วนขง CO NO<sub>x</sub> อิทธิพลการเพิ่มอากาศ secondary air compressor แบบที่ 1 ซึ่ง และจากรูปที่ 7.6 ผลที่ได้คือเมื่อ FR มีค่ามากขึ้นปริมาณการปลดปล่อย CO มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากพฤติกรรมของ mixing tube ที่ entrainment อากาศเข้าได้มากขึ้นจากความเร็วของเจ็ทเชื้อเพลิงที่มากขึ้นทำ CO น้อยลง และเมื่อนำ APMB & PRRB APMB อยู่มาทั้งนี้เพราะอิทธิพลการอุ่น

อากาศที่ทำให้อากาศเข้าได้ยากและรูปร่างโครงสร้างของ PRRB ที่ไม่เอื้อต่อการเข้าของอากาศส่วนที่  
 CO APMB & PRRB T.I.S. อย่างมากดังนั้นจึงทำ  
 เพื่อลด CO CO มีค่าสูงกว่า 2000 ppm  
 ให้ใช้อากาศอยู่ในช่วง 1: -20 L/m CO  
 T.I.S. CB แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณอากาศเข้าไปอีก CO



รูปที่ 7.7

NO<sub>x</sub> APMB แบบที่มีระบบอุ่นอากาศที่ค่า FR

NO<sub>x</sub> APMB with PRRB

APMB ที่ condition

APMB with PRRB

NO<sub>x</sub>

ต่ำกว่า CB

FR ทั้งนี้คาดว่าน่าจะมาจากอิทธิ

Non Premixed มากขึ้น

อุณหภูมิเปลวไฟต่ำลงทำให้

NO<sub>x</sub> ต่ำ

NO<sub>x</sub> ก่อนข้างลงที่ไม่ขึ้นกับค่า FR

condition การทดลองอื่นๆพบว่าแนวโน้มการ

NO<sub>x</sub> มีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า FR แต่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อนำเอา compressor

secondary air

APMB

NO<sub>x</sub> มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เนื่องจากมีอากาศเพียงพอต่อการเผาไหม้ใน

post flame

เผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

NO<sub>x</sub> สูงขึ้น

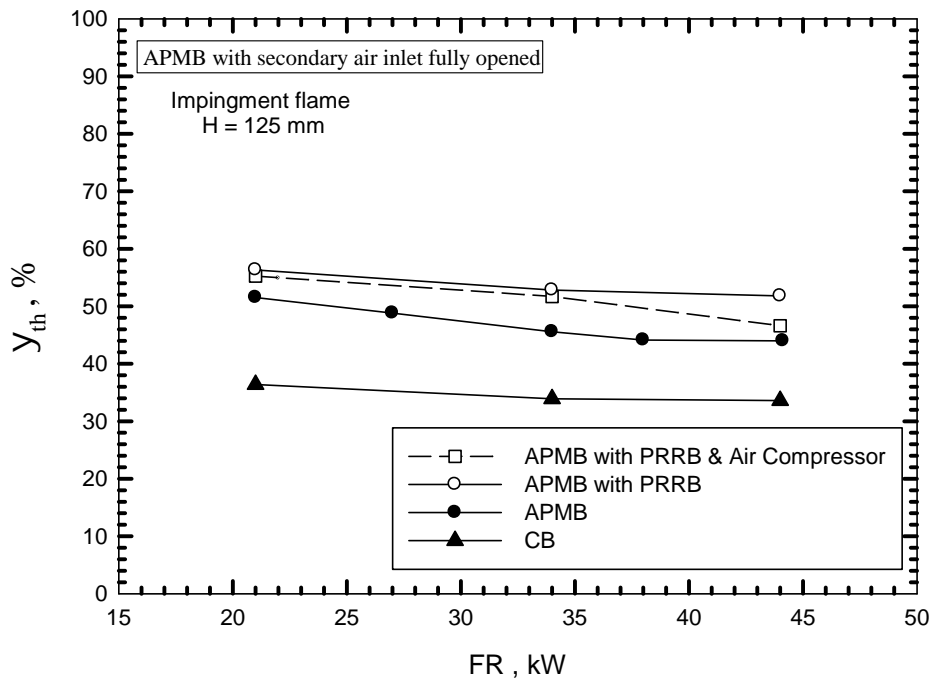
NO<sub>x</sub>

APMB ทั้งแบบที่มีการอุ่น

สำหรับแบบมีเครื่องอัดอากาศเมื่อเปรียบ CB NO<sub>x</sub> APMB มีค่าต่ำกว่า  
 CB condition เนื่องจากข้อดีของวัสดุพอรนตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 6

7.3

Impinging Flame with PRRB



รูปที่ 7.8

Thermal Efficiency ที่ค่า FR

APMB แบบที่มี

จากรูปที่ 7.8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเต APMB แบบที่มีระบบอุ่น (PRRB) กับเตชนิดอื่น ๆ :

เมื่อ FR มากขึ้นอันเนื่องมาจากการสูญเสียความร้อนไปกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากข้อดีของตัว PRRB ที่มีการหมุนเวียนความร้อนสูงช่วยส่งเสริมการถ่ายเท PRRB

เองยังช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีไปกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ PRRB

APMB

PRRB ยิ่ง

ที่วัดได้คือ 56.61 %

APMB CB

ให้สูงขึ้นไปอีก

APMB with PRRB

CO

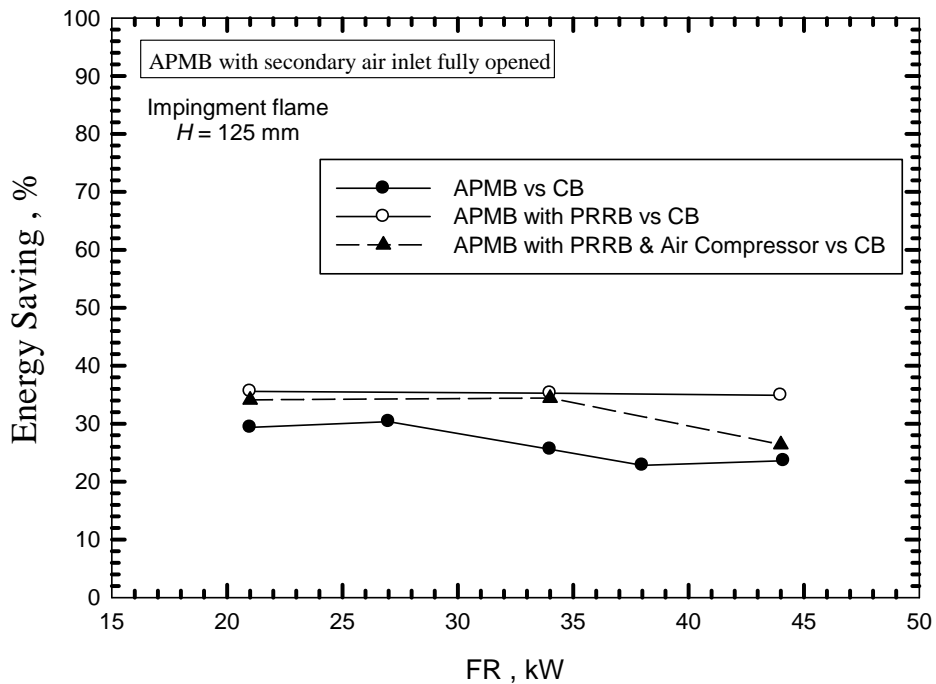
มาตรฐานที่ยอมรับ

ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 7.6 ทั้งนี้เนื่องจากร

PRRB ซึ่งทำหน้าที่

ทำให้อากาศร้อนขึ้นแ  
 เชื้อเพลิงอีกก็  
 secondary air เข้าไปโดยใช้เครื่องอัดอากาศอัด  
 CO ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน T.I.S.  
 APMB with PRRB เล็กน้อยเนื่องจากอากาศเย็นที่เพิ่มเข้าไปเพื่อช่วยลด CO  
 ก้นหม้อซึ่งส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนจากเตาไปสู่ก้นหม้อลดน้อยลง มีผลให้ปร  
 APMB with PRRB & Air compressor และที่ค่า FR  
 เท่ากับ 44 kW ากเนื่องจากที่ FR เท่ากับ 44 kW นี้มีการป้อนเนื้อ  
 แก๊สมากขึ้นจึงต้องเพิ่มอากาศ secondary air มากขึ้นเพื่อลด CO จึงทำให้อากาศที่เพิ่มเข้ามามากขึ้น  
 เหล่านี้ไปเคลือบผิวก้นหม้อมากขึ้นการถ่ายเทความร้อนลด ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ FR  
 เท่ากับ 44 kW APMB with PRRB & Air compressor

7.4



รูปที่ 7.9

Energy saving ที่ค่า FR

แบบ

Impinging Flame with PRRB

จากรูปที่ 7.9 แสดงอัตราการประหยัดของเตา APMB ที่ condition

CB APMB with PRRB ให้การประหยัดพลังงานสูงที่สุดเนื่องจากข้อดีของตัว PRRB ที่มี  
 รถ่ายเทความจากตัววัสดุพอรุน โดยอัตราประหยัดสูงสุดที่ไป

APMB with PRRB คือ 35.57 % ซึ่งตัว FRRB สามารถเพิ่มอัตราการประหยัดจาก APMB ที่ให้  
 อัตราประหยัดสูงสุดเดิมไว้ที่ 30.3 % ได้มากขึ้นถึง 5.2 % ซึ่งแสดงให้เห็นข้อดีของ PRRB

APMB with PRRB & Air compressor อัตราการประหยัดพลังงานลดลงเล็กน้อยเมื่อ  
 APMB with PRRB เนื่องจากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และกราฟทุกเส้นให้แนวโน้มคล้ายกันคือ  
 เมื่อ FR มีค่ามากขึ้นอัตราการประหยัดพลังงานมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการสูญเสียความร้อนไปกับ  
 สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ในการเพิ่มขึ้นของอัตราการประหยัดพลังงานส่งผลดีต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและ  
 สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างเช่น สมมุติว่าในหนึ่งวันถ้าเราใช้เตา CB - KB 10  
 ในการทำงานและใช้จ่ายค่าเชื้อเพลิงเป็นเงิน 1000 บาท แต่ถ้าเราสามารถประหยัดพลังงานไป  
 35.57 % ก็จะทำให้ประหยัดเงินค่าเชื้อเพลิงลดไปอีก 355.7 บาทซึ่งจะทำให้จ่ายค่าเชื้อเพลิงแค่เพียง  
 644.3 บาท ต่อวันเท่านั้น