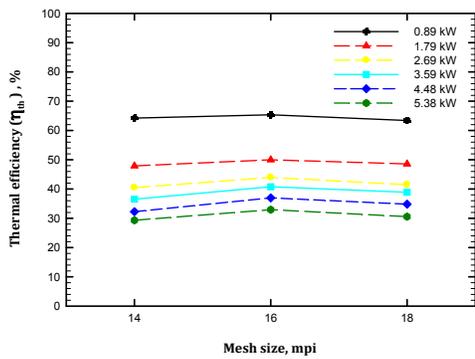
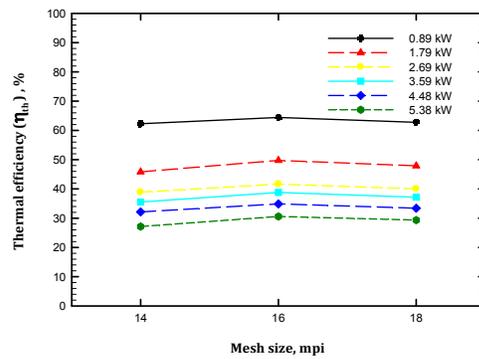


## บทที่ 4 ผลการทดลอง

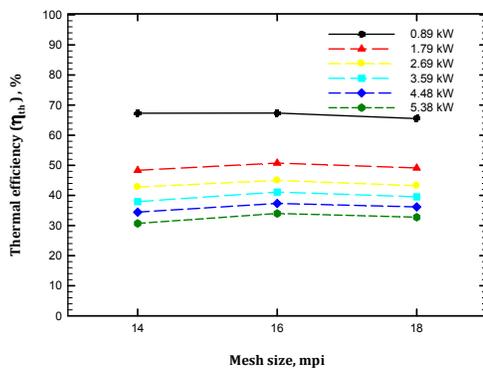
### 4.1 อิทธิพลของตาข่ายสแตนเลส



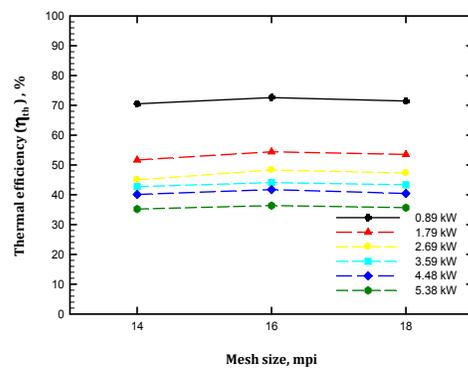
(a) หม้อเบอ์ 18 cm



(b) หม้อเบอ์ 20 cm

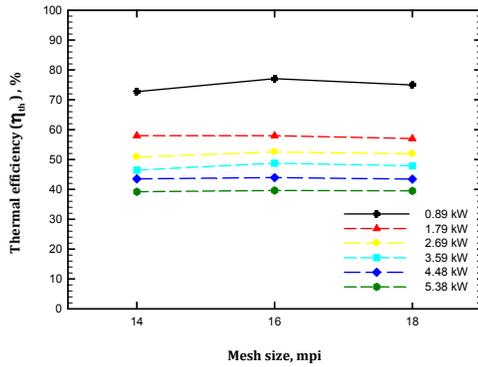


(c) หม้อเบอ์ 22 cm

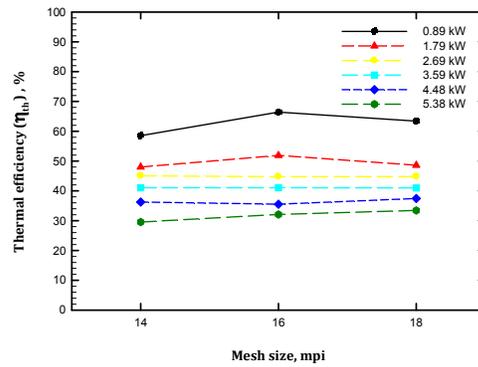


(d) หม้อเบอ์ 26 cm

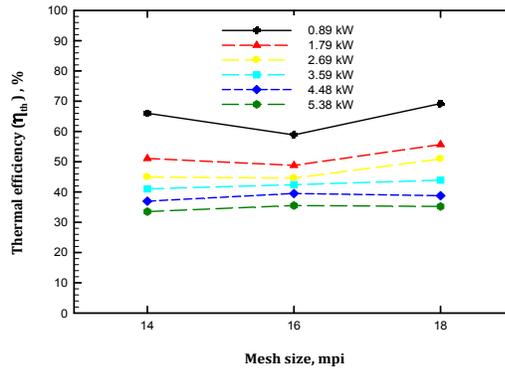
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอ์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm



(e) หม้อเบอรั 32 cm



(f) กระทะ 33 cm

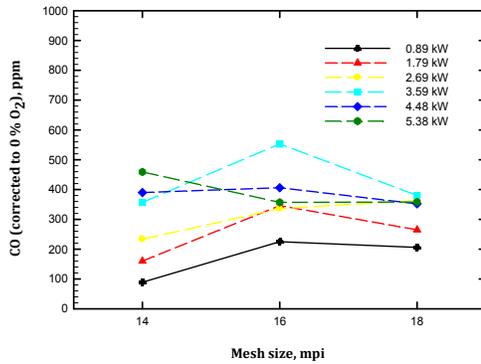


(g) กระทะ 35 cm

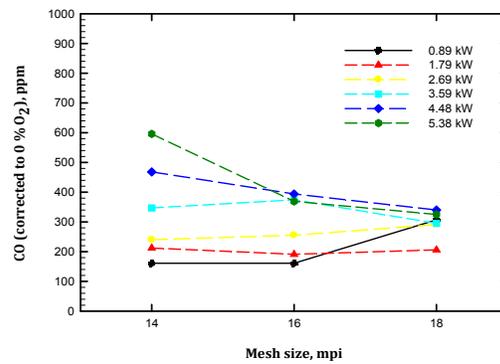
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอรั 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm (ต่อ)

จากรูปที่ 4.1 แสดงอิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลส (Mesh size) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอรั 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ เบอรั 33,35 cm เมื่อพิจารณาที่ Firing rate (Fr) เท่ากับ 0.89 kW (เมื่อ Fr มีค่าเท่ากับ  $V \times Q$ ) พบว่า  $\eta_{th}$  มีค่าสูงที่สุดจะเกิดขึ้นเมื่อใช้ลวดตาข่ายสแตนเลสเท่ากับ 16 mpi (mesh/inch) และเป็นในลักษณะเดียวกันที่ทุก Fr รวมถึงทุกภาชนะ ยกเว้นกรณีกระทะ 35 cm บาง Fr เท่านั้น ซึ่งแสดงว่า Wire mesh เท่ากับ 16 mpi เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ติดตั้งกับเตาแบบ Vertical port ซึ่งขนาดเดิมที่ติดตั้งมากับเตา Vertical port มาตรฐาน (Conventional burner, CB) จะใช้ขนาด 14 mpi ทั้งนี้ในการทดสอบได้ทดลองเปลี่ยนขนาด Wire mesh ลดลงเป็น 10 และ 12 mpi และทำการทดสอบพบว่า เกิดการเป่าดับ (Blow off) ที่ทุกเงื่อนไขการทดลอง จึงไม่สามารถทดลองได้

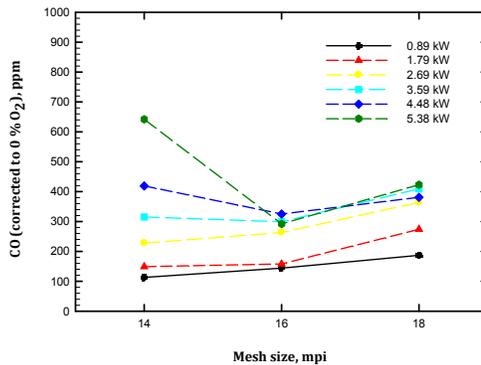
และเมื่อพิจารณาที่ทุก Wire mesh พบว่า เมื่อ Fr เพิ่มขึ้น  $\eta_{th}$  จะมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากปริมาณความร้อน (Firing rate) ที่มากขึ้นไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ แต่กลับเพิ่มปริมาณความร้อนสูญเสีย (Heat loss) ให้สูงขึ้น โดย  $\eta_{th}$  สูงสุดที่หม้อเบอร์ 32 cm มีค่าเท่ากับ 77.06% ที่ Mesh size เท่ากับ 16 mpi และ Fr เท่ากับ 0.89 kW



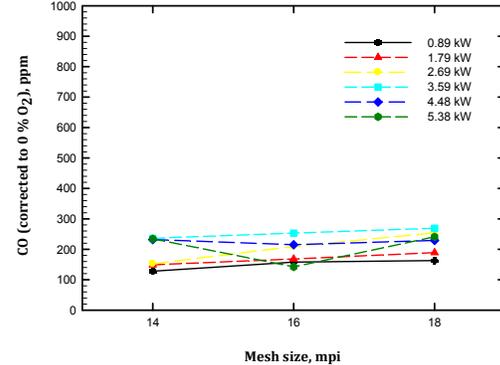
(a) หม้อเบอร์ 18 cm



(b) หม้อเบอร์ 20 cm

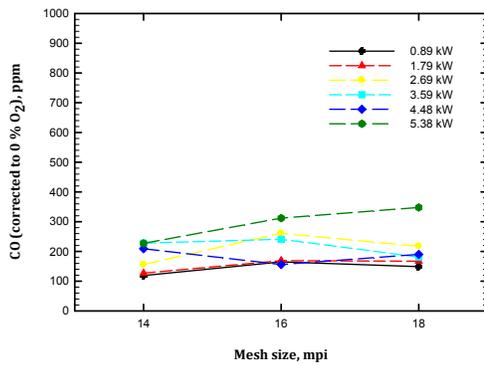


(c) หม้อเบอร์ 22 cm

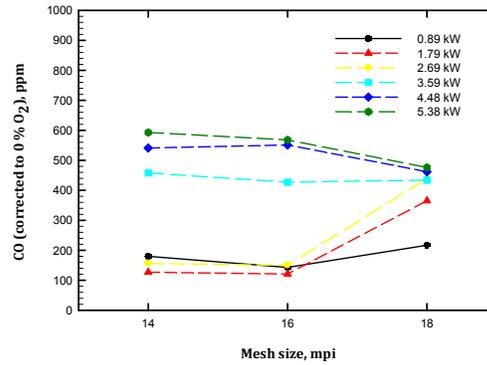


(d) หม้อเบอร์ 26 cm

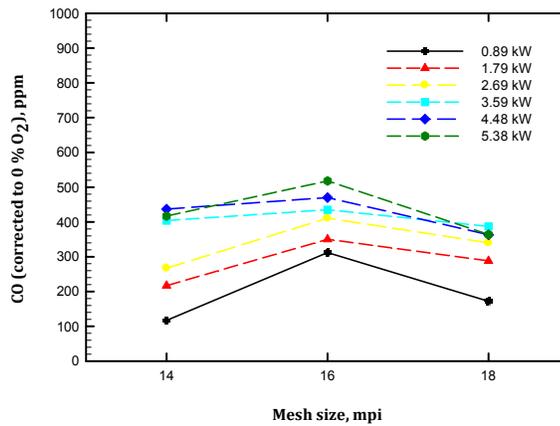
รูปที่ 4.2 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อปริมาณ CO ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm



(e) หม้อเบออร์ 32 cm



(f) กระทะ 33 cm

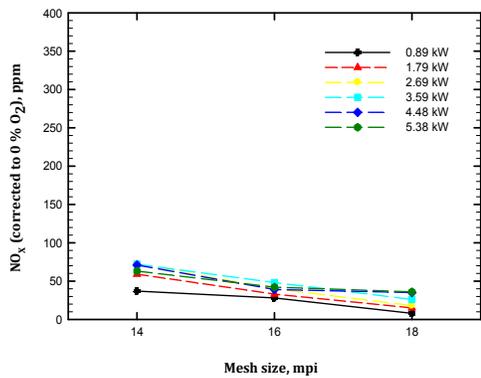


(g) กระทะ 35 cm

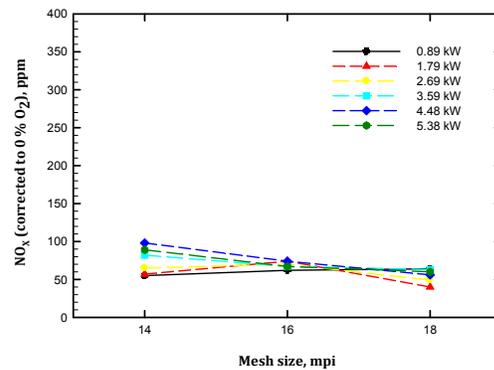
รูปที่ 4.2 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อปริมาณ CO ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับ หม้อเบออร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm (ต่อ)

จากรูปที่ 4.2 แสดงอิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลส (Mesh size) ต่อปริมาณ CO ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบออร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm เมื่อพิจารณาพบว่าหม้อเบออร์ 20, 22 cm และกระทะ 33 cm มีปริมาณ CO มีลักษณะเดียวกันคือ มีค่าสูงสุดที่ Mesh size เท่ากับ 14 mpi สำหรับทุก Fr และเมื่อพิจารณาที่หม้อเบออร์ 18 cm พบว่า ปริมาณ CO มีลักษณะเดียวกันคือ มีค่าสูงสุดที่ Wire mesh เท่ากับ 16 mpi สำหรับทุก Fr (ยกเว้น Fr เท่ากับ 5.38 kW) ถึงแม้ว่าที่ Mesh size นี้จะให้  $\eta_{th}$  สูงที่สุดก็ตาม อาจเนื่องมาจากที่ Wire mesh เท่ากับ 16 mpi ได้ถ่ายเทความร้อนไปยังกันภาชนะสูง จึงทำให้  $\eta_{th}$  สูง แต่มีผลทำให้ Quenching effect สูงที่สุด ส่งผลให้ปริมาณ CO มีค่าสูง ในขณะที่ Fr เท่ากับ 5.38 kW ปริมาณ CO มีค่าต่ำสุดเกิดขึ้น Mesh size เท่ากับ 16 mpi อาจเนื่องมาจากที่ Fr นี้ เปลวไฟมีลักษณะยาวและสั้น

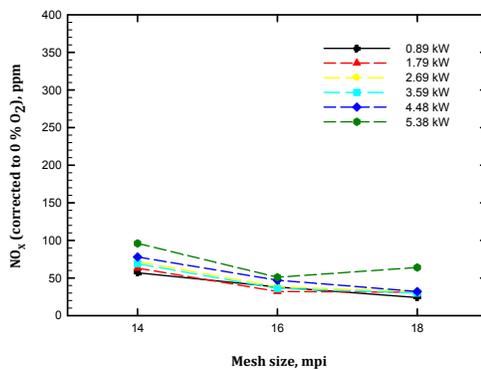
หม้อเบออร์ 18 cm มาก จึงทำให้พฤติกรรมการเผาไหม้แตกต่างจาก Fr อื่น ซึ่งเปลวไฟไม่ลั่นกันหม้อจนเกินไป เมื่อพิจารณาหม้อเบออร์ 26 cm พบว่าปริมาณ CO เกิดขึ้นมากที่สุดที่ Mesh size เท่ากับ 18 mpi สำหรับทุก Fr และ Fr ที่ 3.59 kW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 269 ppm และเมื่อพิจารณาที่กระทะ 35 cm พบว่า ปริมาณ CO มีลักษณะเดียวกันคือ มีค่าสูงสุดที่ Wire mesh เท่ากับ 16 mpi สำหรับทุก Fr และ Fr ที่ 5.38 kW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 518 ppm แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ CO ก็ไม่ได้มีค่าสูงเกิน 700 ppm สำหรับทุกกรณี



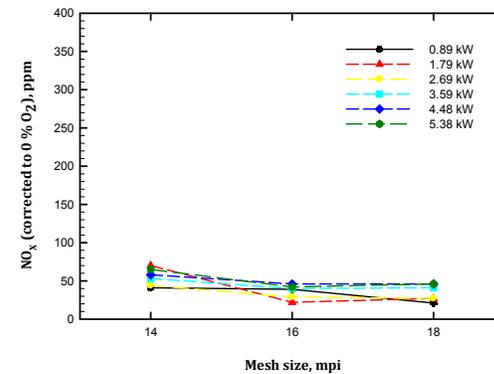
(a) หม้อเบออร์ 18 cm



(b) หม้อเบออร์ 20 cm



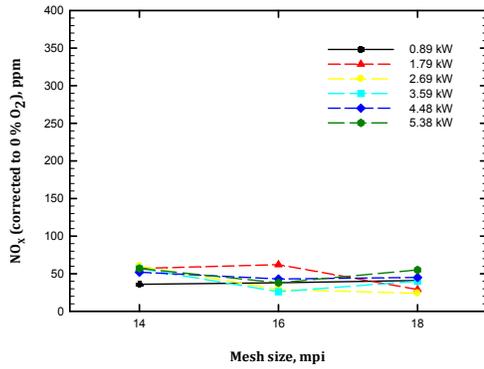
(c) หม้อเบออร์ 22 cm



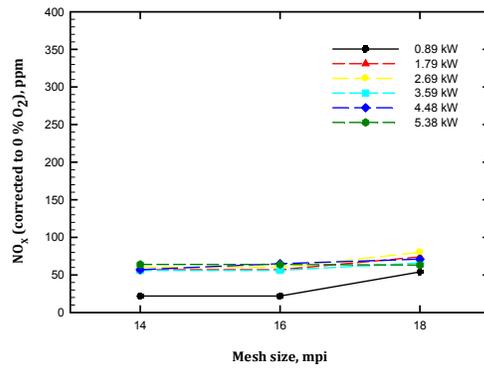
(d) หม้อเบออร์ 26 cm

รูปที่ 4.3 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อปริมาณ  $\text{NO}_x$  ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบออร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm

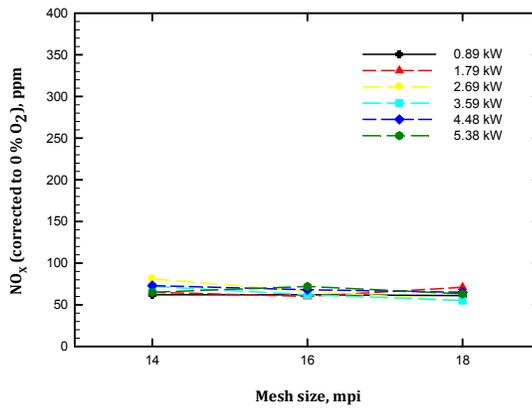
จากรูปที่ 4.3 แสดงอิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลส (Mesh size) ต่อปริมาณ  $\text{NO}_x$  ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบออร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm พบว่า  $\text{NO}_x$  มีค่าต่ำมาก โดยมีค่าไม่เกิน 80 ppm ที่ทุกสภาวะและมีค่าใกล้เคียงกันทุกกรณี



(e) หม้อเบอริ์ 32 cm



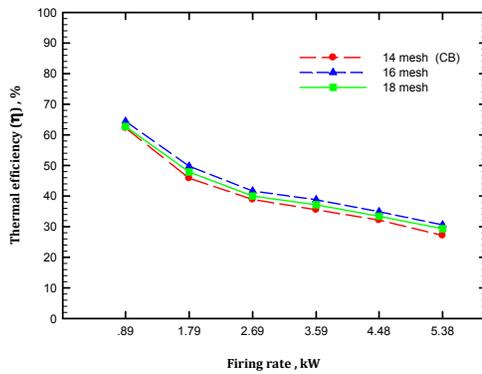
(f) กระทะ 33 cm



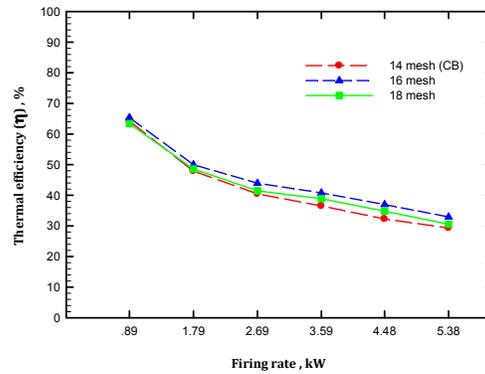
(g) กระทะ 35 cm

รูปที่ 4.3 อิทธิพลของขนาดลวดตาข่ายสแตนเลสต่อปริมาณ  $NO_x$  ที่ Firing rate ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอริ์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm (ต่อ)

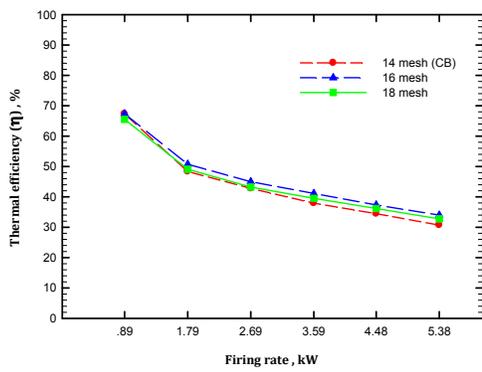
## 4.2 อิทธิพลของ Firing rate (Fr)



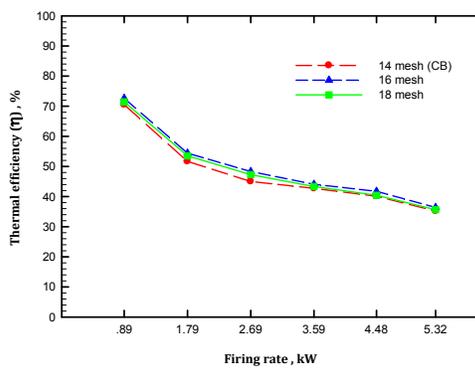
(a) หม้อเบออร์ 18 cm



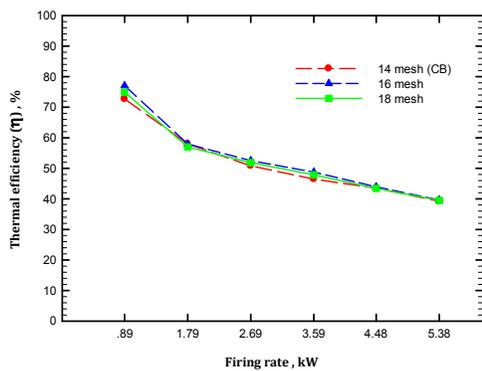
(b) หม้อเบออร์ 20 cm



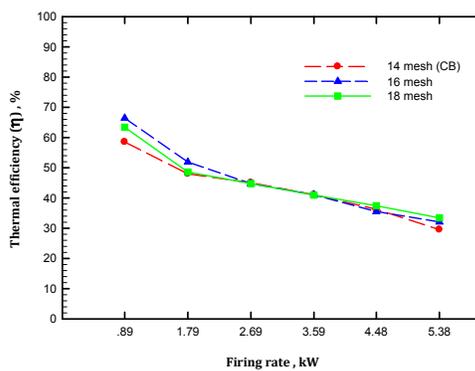
(c) หม้อเบออร์ 22 cm



(d) หม้อเบออร์ 26 cm

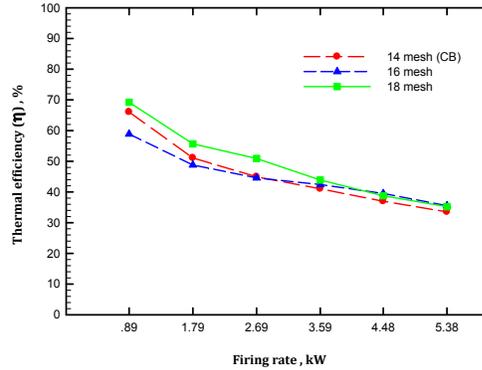


(e) หม้อเบออร์ 32 cm



(f) กระทะ 33 cm

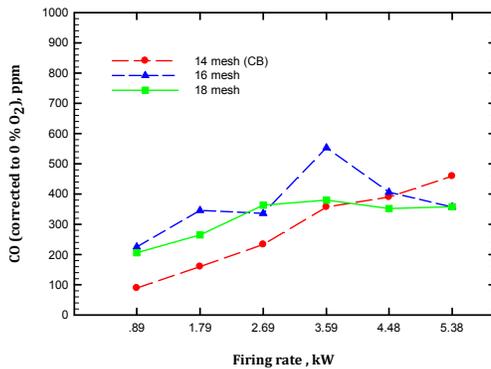
รูปที่ 4.4 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบออร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm



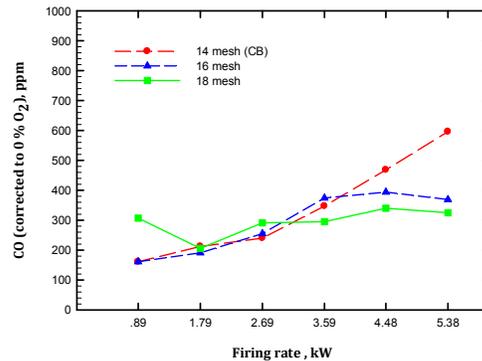
(g) กระจก 35 cm

รูปที่ 4.4 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระจก 33, 35 cm (ต่อ)

จากรูปที่ 4.4 แสดงอิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระจก 33, 35 cm เมื่อพิจารณาที่ตาข่ายสแตนเลส (Mesh size) เท่ากับ 16 mpi พบว่า  $\eta_{th}$  มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ Firing rate เท่ากับ 0.89 kW และในลักษณะเดียวกันทุก Wire mesh เมื่อเพิ่ม Fr มากขึ้น  $\eta_{th}$  มีค่าลดลง เนื่องจาก เปลวไฟที่ยาวขึ้นและล้นหม้อ ทำให้ความร้อนที่มากขึ้นไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร แต่กลับไปเพิ่มการสูญเสียความร้อนที่มากขึ้น ทำให้  $\eta_{th}$  ลดลง

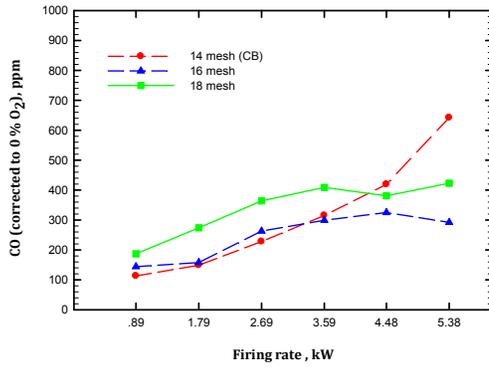


(a) หม้อเบอร์ 18 cm

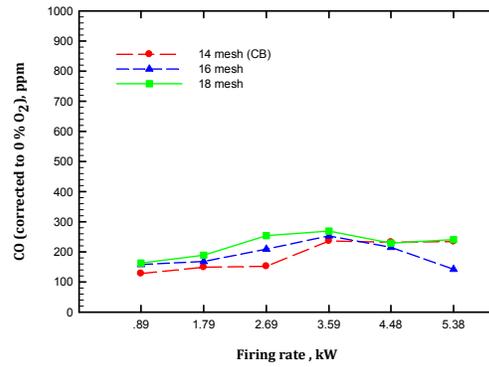


(b) หม้อเบอร์ 20 cm

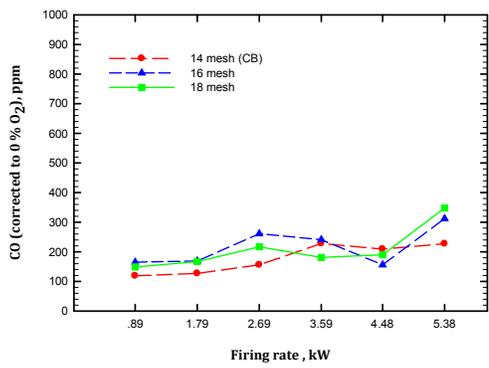
รูปที่ 4.5 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ CO ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระจก 33, 35 cm



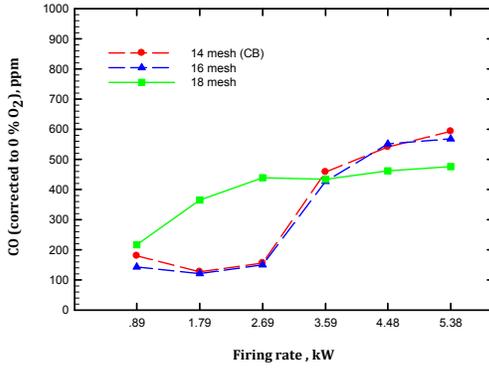
(c) หม้อเบอ์ 22 cm



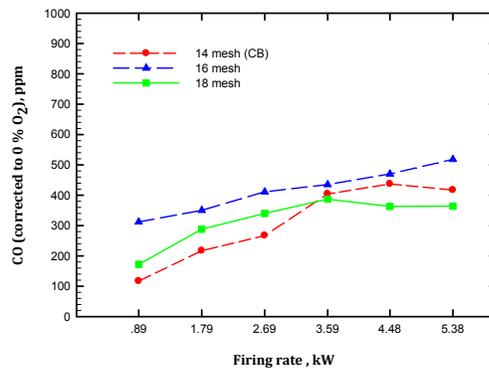
(d) หม้อเบอ์ 26 cm



(e) หม้อเบอ์ 32 cm



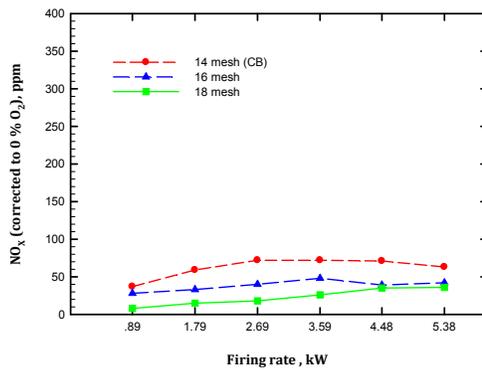
(f) กระทะ 33 cm



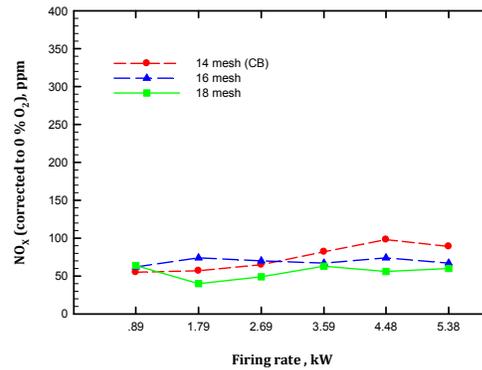
(g) กระทะ 35 cm

รูปที่ 4.5 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ CO ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอ์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm (ต่อ)

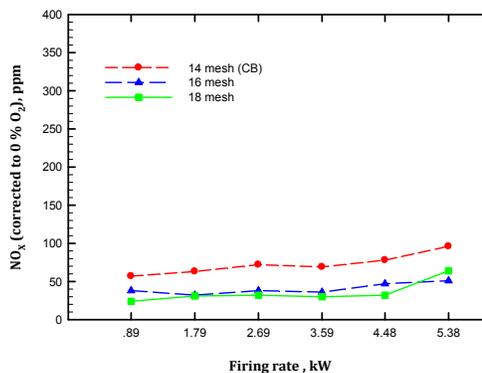
จากรูปที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ CO ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm เมื่อพิจารณาหม้อเบอร์ 18 cm พบว่า ปริมาณ CO จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม Fr มากขึ้น อาจเนื่องมาจาก เมื่อ Fr สูงขึ้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ CO มากที่สุดซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับ  $\eta_{th}$  ในรูปที่ 4.4 และมีลักษณะแนวโน้มคล้ายกันสำหรับทุกภาชนะและทุก Mesh size โดยปริมาณ CO จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 700 ppm ทุกกรณี



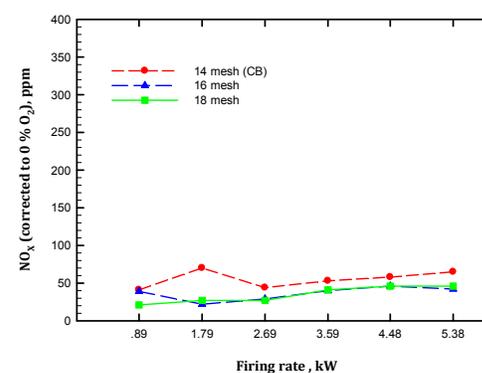
(a) หม้อเบอร์ 18 cm



(b) หม้อเบอร์ 20 cm

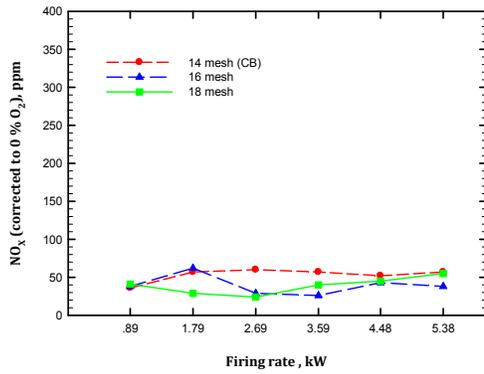


(c) หม้อเบอร์ 22 cm

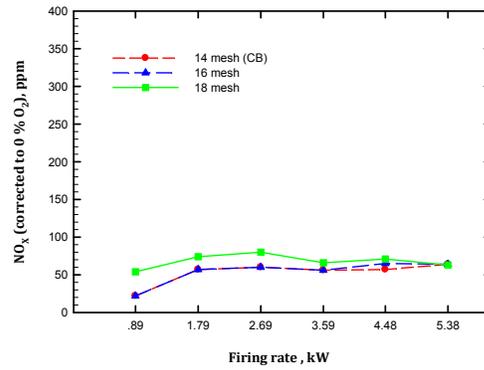


(d) หม้อเบอร์ 26 cm

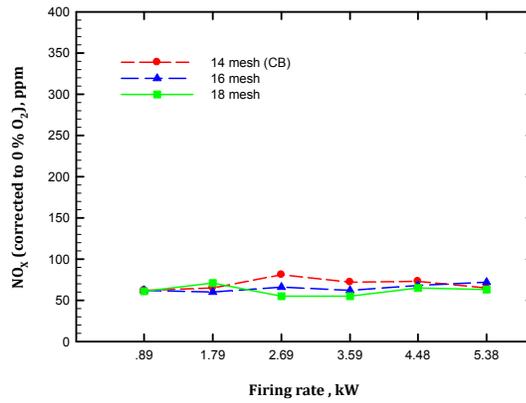
รูปที่ 4.6 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอร์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm



(e) หม้อเบอ์ 32 cm



(f) กระทะ 33 cm

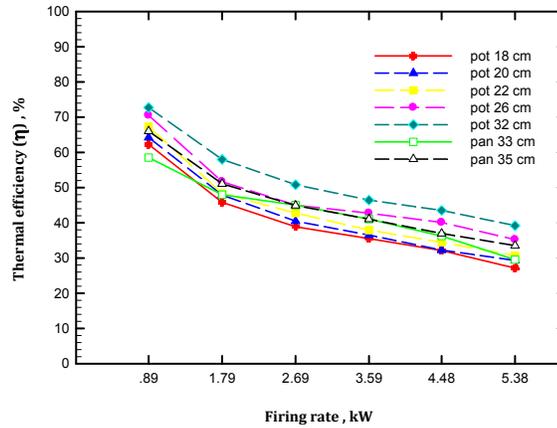


(g) กระทะ 35 cm

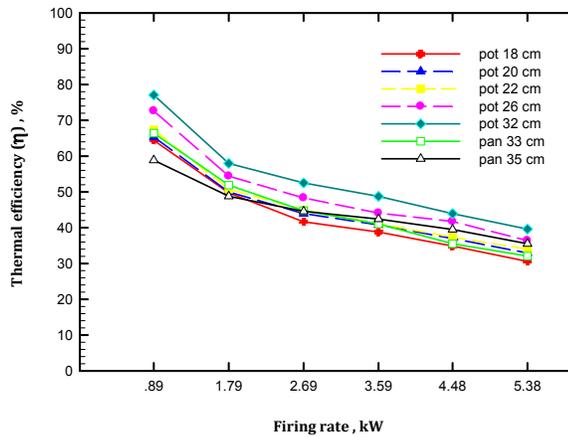
รูปที่ 4.6 อิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอ์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm (ต่อ)

จากรูปที่ 4.6 แสดงอิทธิพลของ Firing rate (Fr) ต่อปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่ Mesh size ต่างๆ โดยทดสอบกับหม้อเบอ์ 18, 20, 22, 26, 32 cm และกระทะ 33, 35 cm พบว่า ปริมาณ NO<sub>x</sub> มีค่าใกล้เคียงกันในทุกกรณีโดยมีค่าไม่เกิน 100 ppm

### 4.3 อิทธิพลของภาชนะ



(a) Mesh size เท่า 14 mpi (CB)

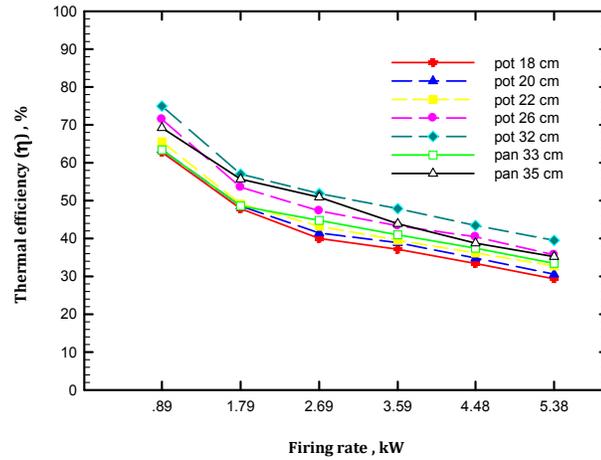


(b) Mesh size เท่า 16 mpi

รูปที่ 4.7 อิทธิพลของภาชนะต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบที่ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW

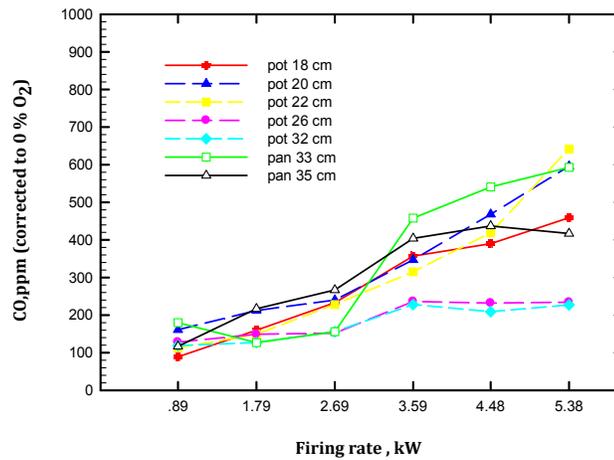
จากรูปที่ 4.7 แสดงอิทธิพลของภาชนะต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW พบว่า เมื่อเพิ่ม Fr มากขึ้น  $\eta_{th}$  จะลดลง เนื่องมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร และเมื่อพิจารณาที่ Fr ใดๆ ของภาชนะที่เป็นหม้อ พบว่า เมื่อขนาดของภาชนะใหญ่ขึ้น  $\eta_{th}$  ก็มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากพื้นที่รับความร้อนมากขึ้น ซึ่งเป็นในลักษณะเดียวกันทุก Mesh size ส่วนที่เป็นกระทะจะ

มี  $\eta_{th}$  ที่ใกล้เคียงกันสำหรับกระทะทั้งสองขนาด ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันทุก Mesh size โดยหม้อ 32 cm ที่ Mesh size 16 mpi และ Fr เท่ากับ 0.89 kW ให้  $\eta_{th}$  สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 77.06%



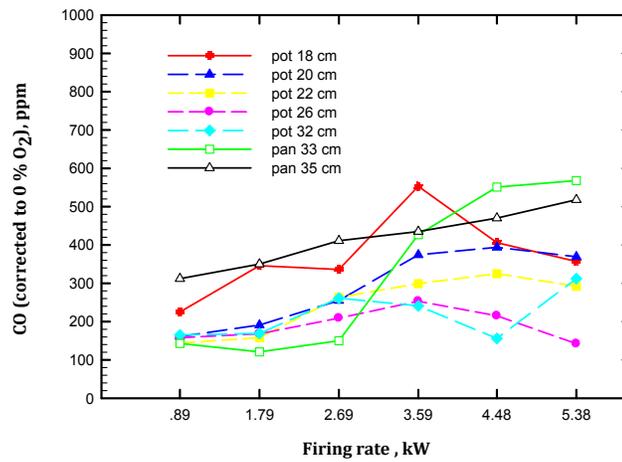
(c) Mesh size เท่า 18 mpi

รูปที่ 4.7 อิทธิพลของภาชนะต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบที่ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW (ต่อ)

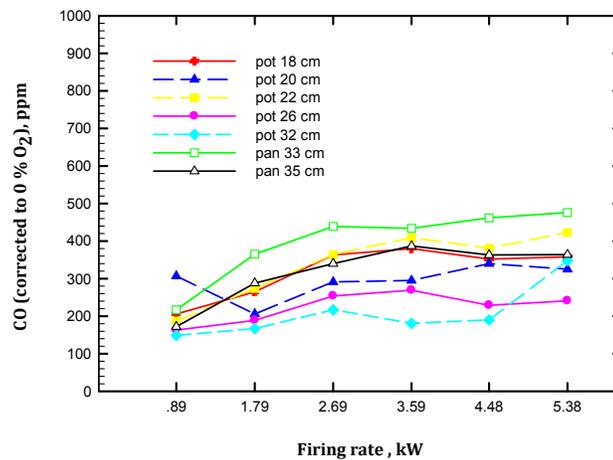


(a) Mesh size เท่า 14 mpi (CB)

รูปที่ 4.8 อิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ CO ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW



(b) Mesh size เท่า 16 mpi

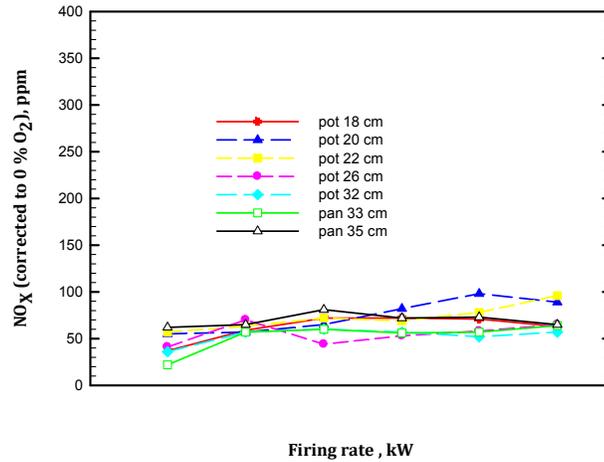


(c) Mesh size เท่า 18 mpi

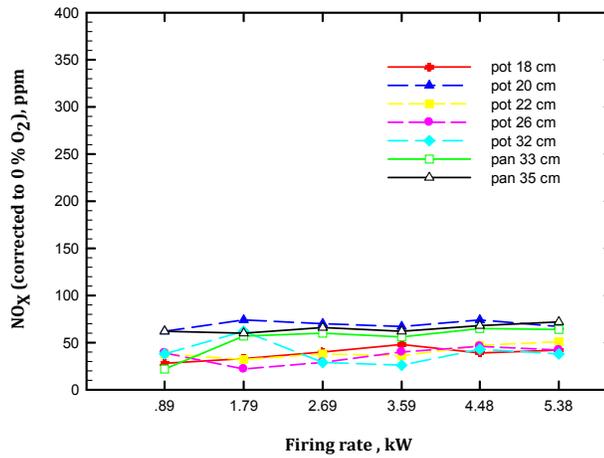
รูปที่ 4.8 อิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ CO ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW (ต่อ)

จากรูปที่ 4.8 แสดงอิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ CO ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW เมื่อพิจารณาที่ภาชนะ พบว่า เมื่อเพิ่ม Fr มากขึ้น CO จะมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ  $\eta_{th}$  ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ด้วยเหตุผลที่กล่าวไว้แล้ว อย่างไรก็ตามปริมาณ CO จะมีค่าไม่เกิน 700 ppm สำหรับทุกกรณี

จากรูปที่ 4.9 แสดงอิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ  $\text{NO}_x$  ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48, และ 5.38 kW เมื่อพิจารณาภาชนะ พบว่า  $\text{NO}_x$  มีค่าใกล้เคียงกันทุกกรณี โดยมีค่าไม่เกิน 100 ppm

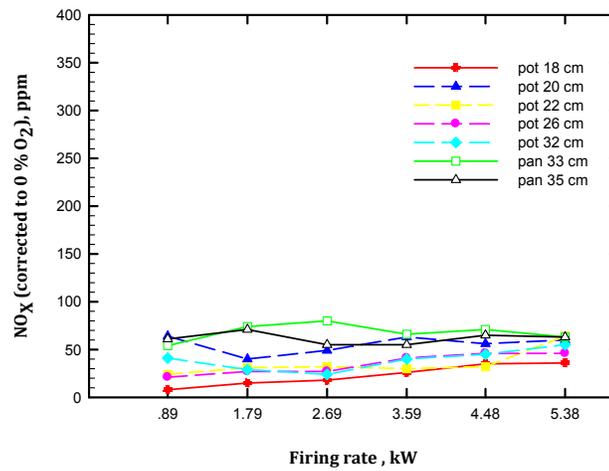


(a) Mesh size เท่า 14 mpi (CB)



(b) Mesh size เท่า 16 mpi

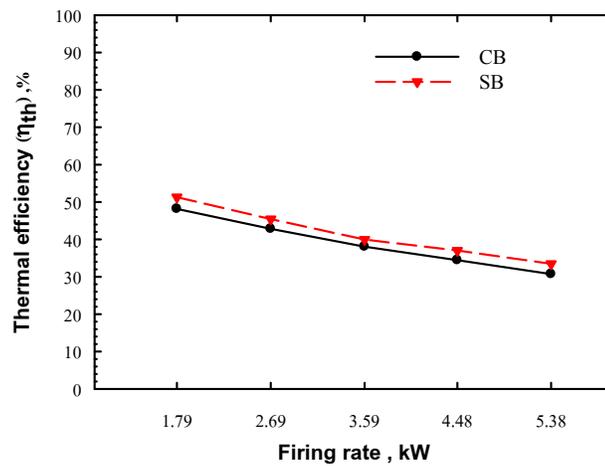
รูปที่ 4.9 อิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ  $\text{NO}_x$  ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW



(c) Mesh size เท่า 18 mpi

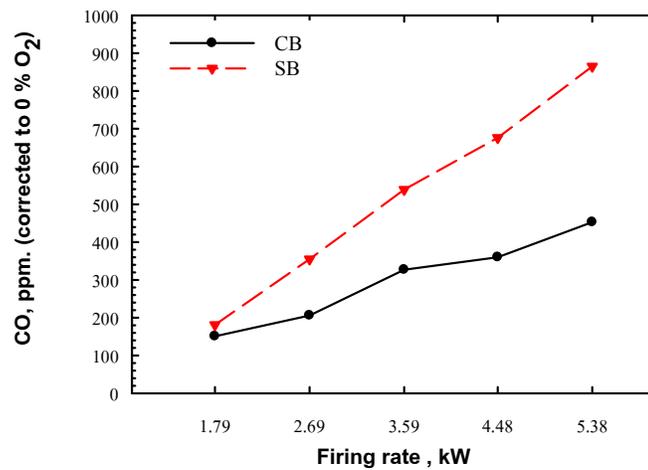
รูปที่ 4.9 อิทธิพลของภาชนะต่อปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่ขนาดภาชนะต่างๆ โดยทดสอบกับ Firing rate เท่ากับ 0.89, 1.79, 2.69, 3.59, 4.48 และ 5.38 kW (ต่อ)

#### 4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างเตาแก๊สแบบ Vertical Ports (Conventional Burner, CB) และเตาแก๊สแบบหมุนวน (Swirl Burner, SB)

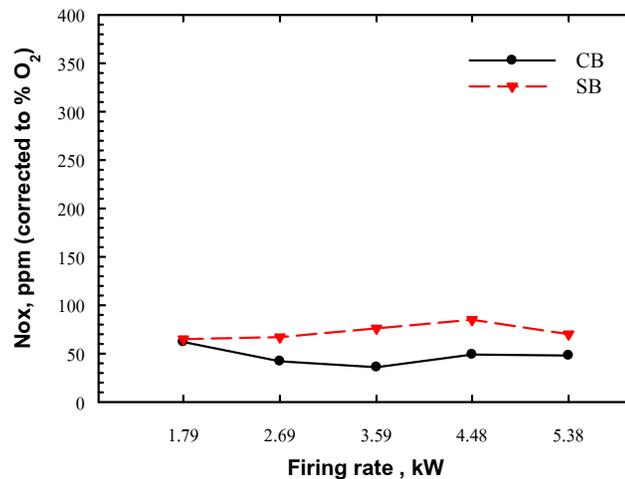


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างเตาแก๊สแบบ CB และเตาแก๊ส SB ของหม้อ 22 cm ที่ Firing rate ต่าง ๆ

รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่ Firing rate ต่างๆ ของเตาแก๊สแบบ Vertical Ports (Conventional Burner, CB) และเตาแก๊สแบบหมุนวน (Swirl Burner, SB) ของหม้อ 22 cm พบว่าเมื่อ Firing rate เพิ่มสูงขึ้น  $\eta_{th}$  มีค่าลดลงโดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันสำหรับเตาทั้ง 2 ชนิด ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้ว และเมื่อพิจารณาที่ทุกๆ Firing rate พบว่าเตา SB จะมี  $\eta_{th}$  สูงกว่าเตา CB ประมาณ 2% เนื่องจากเปลวไฟแบบหมุนวนจะมีเวลาและพื้นที่ในการสัมผัสกันมากขึ้นที่มากกว่า โดย  $\eta_{th}$  ของ SB สูงสุดเท่ากับ 51% ที่ Firing rate 1.79 kW



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณ CO ระหว่างเตาแบบ CB และเตาแบบ SB ของหม้อ 22 cm ที่ Firing rate ต่าง ๆ



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณ NO<sub>x</sub> ระหว่างเตาแบบ CB และเตาแบบ SB ของหม้อ 22 cm ที่ Firing rate ต่าง ๆ

รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ CO ระหว่างเตาแบบ CB และเตาแบบ SB ของหม้อ 22 cm พบว่าปริมาณ CO มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ Firing rate มีค่าเพิ่มซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันทั้ง 2 เตา โดยเตาแบบ SB มีปริมาณ CO สูงกว่าเตาแบบ CB ทุก Firing rate เนื่องจากเปลวไฟแบบหมุนวนจะได้รับผลจาก quenching effect สูงกว่าเตาแบบ CB โดยปริมาณ CO มีค่าสูงสุดเท่ากับ 865 ppm และ 453 ppm สำหรับเตา SB และ CB ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.12 แสดงปริมาณ  $\text{NO}_x$  ระหว่างเตาแบบ CB และ SB ของหม้อ 22 cm ที่ Firing rate ต่างๆ เมื่อพิจารณาพบว่า  $\text{NO}_x$  มีค่าต่ำที่ทุกสภาวะและมีค่าใกล้เคียงกันทุก Firing rate โดยมีค่าไม่เกิน 85 ppm ซึ่งมีค่าต่ำมาก