การปรับปรุงสมรรถนะเตาก๊าซหุงต้มแอลพีจีชนิดความดันสูง

Improvement on the Performances of the High-pressure Gas Stove

เสนอโดย

ศ.ดร. สำเริง จักรใจ ร่วมด้วย ดร.อุษา มากมูล และ ทนงค์ ฉายาวัฒนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Contents

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาของโครงการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3 แผนงานวิจัยและระเบียบวิธีวิจัย

บทที่ 2 เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัยฯ (Material & Method)

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 3 ข้อวิจารณ์ (Discussion)

3.1 สมรรถนะเตาก่อนการปรับปรุง

3.2 สรรถนะเตาหลังการปรับปรุง

บทที่ 4 สรุปผลการประหยัดพลังงาน

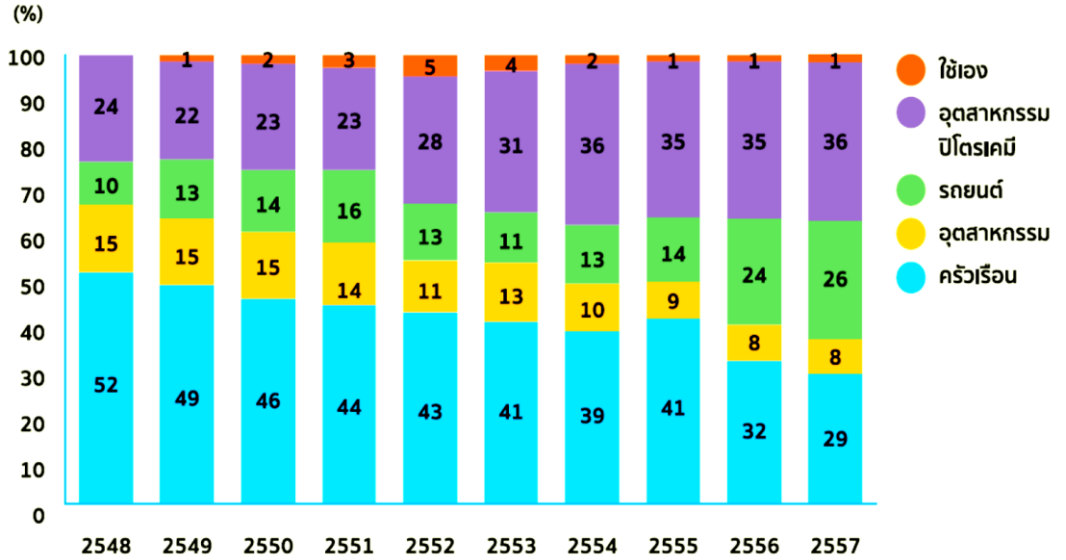
1.1 ปัญหาและที่มาของโครงการฯ

สถานการณ์ปัจจุบันของเตาก๊าซชนิดความดันสูง ใช้ความดันป้อนเชื้อเพลิงก๊าซมากกว่า 5 ถึง 200 กิโลปาสคาล (ความดันต่ำ มอก. 805-2540 ไม่เกิน 5 กิโลปาสคาล)

- **อัตราสิ้นเปลืองก๊าซต่อเตาสูง** 5 -75 กิโลวัตต์ (สูงกว่าเตาชนิดความดันต่ำ 3-8 เท่า)

- **สมรรถนะต่ำ** (ประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ < 50 % และปลดปล่อยก๊าซมลพิษสูง CO > 1,000 ppm)

- **ใช้กันอย่างแพร่หลาย** (ทั้งในภาคครัวเรือน ร้านอาหาร และอุตสาหกรรมขนาดเล็ก **ผลิต > 800,000 เตา/ปี**)



ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพทางความร้อนและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ของเตาชนิดความดันสูง (2553)

ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เตา)	พลังงานป้อน (กิโลวัตต์)		ประสิทธิภาพทางความร้อน (%)			CO (ppm)	
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
KB 5	87	3.8	17.0	42.3	56.8	**49.0**	12.4	2,282
KB 7	9	9.5	20.3	41.8	46.9	45.0	23.2	735
KB 8	13	12.4	30.4	45.2	51.4	**50.0**	802.0	5,580
KB 10	12	20.0	57.6	33.2	37.8	36.0	30.8	4,341
KB 15	1	34.4	77.4	-	-	36.5	-	1,336
รวม	122	3.8	77.4	33.2	56.8	47.4	12.1	5,580

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อช่วยเหลือและให้คำปรึกษาทางวิชาการแก่บริษัทผู้ผลิตเตาก๊าซหุงต้มแอลพีจีชนิดความดันสูงในการออกแบบและปรับปรุงเตาก๊าซฯให้มีสมรรถนะสูงยิ่งขึ้น
- เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้บริษัทผู้ผลิตเตาก๊าซฯได้ผลิต และจำหน่ายเตาก๊าซฯที่มีสมรรถนะสูงสู่ท้องตลาดโดยเข้าร่วมโครงการและทดลองสร้างเตาก๊าซฯต้นแบบที่มีสมรรถนะสูง
- เพื่อจูงใจให้บริษัทผู้ผลิตเตาก๊าซฯปรับปรุงกระบวนการผลิตเตาก๊าซฯสมรรถนะสูงก่อนจำหน่ายสู่ตลาด
- เพื่อเพิ่มค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาก๊าซฯที่ผลิต และจำหน่ายภายในประเทศให้สูงขึ้นเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ (จากเดิม 47 เปอร์เซ็นต์)

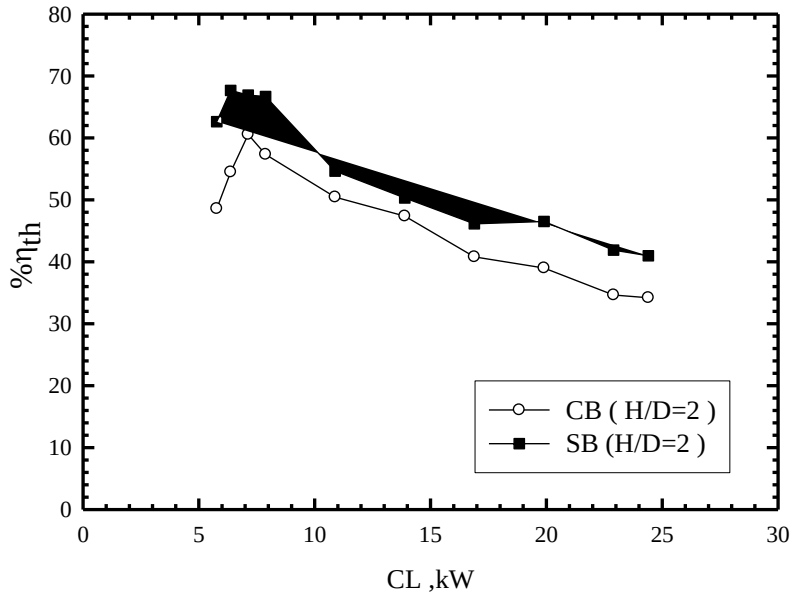
1.3 แผนงานวิจัยและระเบียบวิธีวิจัย

- คัดเลือกเตาจากบริษัทผู้ผลิตเตาก๊าซหุงต้มแอลพีจี จำนวน 3 บริษัท (1 รุ่นต่อ 1 บริษัท)
- ทดสอบสมรรถนะและวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ดั้งเดิมของเตา (ก่อนการปรับปรุง)
- ถ่ายทอดความรู้และให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดกับบริษัทผู้ผลิตเตาฯ ให้ทราบถึงองค์ประกอบหรือโครงสร้างของเตาที่มีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเตาและควรจะปรับปรุง
- บริษัทฯ เป็นผู้ออกแบบการปรับปรุง ตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญในโครงการ ให้เป็นรูปแบบเตาใหม่ของบริษัทเอง ตามวิถีทางศาสตร์และศิลป์อันเป็นอัตลักษณ์ของบริษัท
- สร้างชิ้นส่วนของเตาต้นแบบที่ปรับปรุงใหม่ ผู้ประกอบการจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปรับปรุงเตาและค่าสร้างเตาต้นแบบนั้น (ไม่รวมค่าจ้างหรือค่าแรงของทีมวิจัย)
- ทีมนักวิจัยฯเป็นผู้รับผิดชอบการทดสอบประสิทธิภาพของเตาทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง และรายงานแก่ผู้ประกอบการเพื่อให้ปรับปรุงรายละเอียดของเตาตามคำแนะนำ พร้อมสรุปรูปแบบการปรับปรุงอันเป็นที่น่าพอใจแล้วและทำการสร้างเตาต้นแบบโดยผู้ประกอบการ

การพัฒนาเทคโนโลยี

1. รูปแบบการไหลที่ส่งเสริมการถ่ายโอนความร้อน

รูปที่ 1 ภาพถ่ายเปลวไฟของเตาก๊าซชนิดความดันสูง a) เตา CB และ b) เตา SB



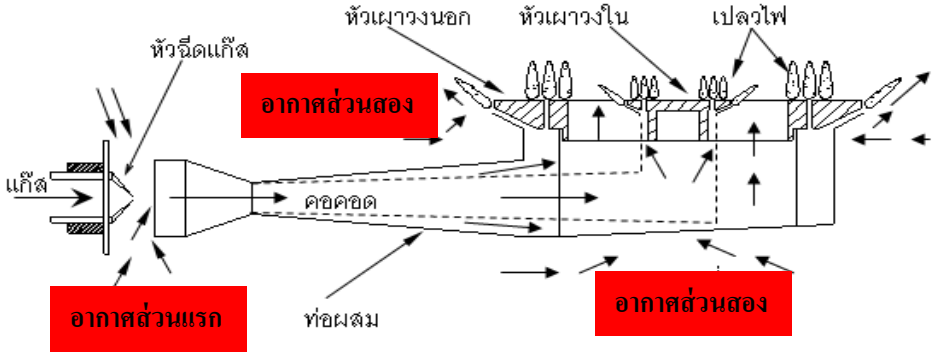
รูปที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนระหว่างเตาแบบ CB และ เตาแบบ SB ชนิด KB5 [4]

การพัฒนาเทคโนโลยี (ต่อ)

2.การเหนี่ยวนำอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้

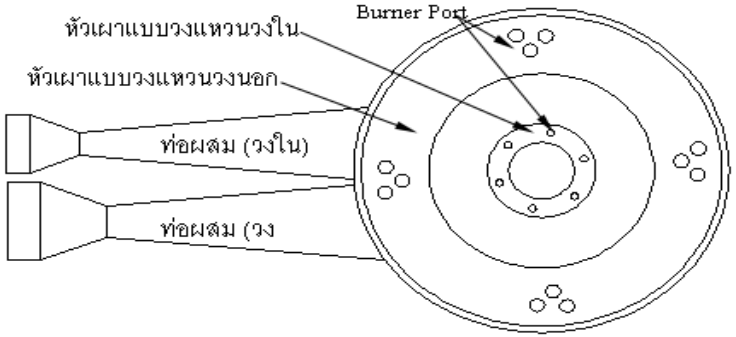
➔อากาศส่วนแรก (Primary air)

➔อากาศส่วนที่สอง (Secondary air)



3. การจับคู่องค์ประกอบที่เหมาะสมต่อโครงสร้างเตา

➔ ขนาดของท่อผสมและนมหนู



➔ ระยะความสูงของขาตั้งภาชนะต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเผา

➔ ระยะห่างระหว่างรูหัวเผาข้างเคียงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเผา

ผู้ได้รับผลประโยชน์

ผู้ประกอบการ/บริษัทผู้ผลิตเตาก๊าซหุงต้ม: มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการออกแบบและผลิตเตาก๊าซที่มีสมรรถนะสูงออกจำหน่าย

ประชาชน: มีโอกาสในการเลือกซื้อ และใช้เตาก๊าซที่มีสมรรถนะสูงมากขึ้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการประกอบอาหารต่อครั้ง และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพมากขึ้น

รัฐบาล: การใช้ก๊าซแอลพีจีในภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรมขนาดเล็กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซแอลพีจีของประเทศและการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมในส่วนของภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรมขนาดย่อม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศ

บทที่ 2 เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัยฯ
(Material & Method)

การคัดเลือก/ที่มาของตัวอย่าง

รายชื่อผู้ประกอบการผลิตเตาก๊าซชนิดความดันสูง	รุ่นที่ผลิต	จำนวนเตา (เตา/รุ่น/เดือน)	จำนวน (ครั้งต่อปี)	จำนวน (เตา/รุ่น/ปี)
1. บริษัท เอมมี่ โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด	- KB 5 1 รุ่น	200	12	2,400
	- KB 7 1 รุ่น	100	12	1,200
	- KB 8 รุ่นที่ 1	100	12	1,200
	- KB 8 รุ่นที่ 2	100	12	1,200
	- KB 10 1 รุ่น	100	12	1,200
2. บริษัท ไทยเบอร์นเนอร์ จำกัด	- KB 5 1 รุ่น (เฟส 1)	4,500	12	54,000
	- KB 10 1 รุ่น	200	12	2,400
3. หจก.เทพเนรมิตร	- KB 5 1 รุ่น	2,500	12	30,000
	- KB 7 1 รุ่น	12,500	12	150,000
	- KB 8 1 รุ่น	12,500	12	150,000
	- KB 10 1 รุ่น	1,600	12	19,200
4. บริษัท ขนอม ไฮแก๊ส จำกัด	- KB 5 1 รุ่น	300	12	3,600
	- KB 7 1 รุ่น	100	12	1,200
	- KB 10 1 รุ่น	100	12	1,200
5. หจก. S.V.C ไธรวิ่ง	- KB 5 รุ่นที่ 1	500	12	6,000
	- KB 5 รุ่นที่ 2	500	12	6,000
	- KB 8 1 รุ่น (เฟส 1)	300	12	3,600
	- KB 10 1 รุ่น	300	12	3,600
6. บริษัท พงศ์บัญชาอินดัสทรี จำกัด	- KB 5 1 รุ่น	2,000	12	24,000
7. บริษัท เอเชีย แม็ชชีนพาร์ท จำกัด	- KB 5 1 รุ่น	1,000	12	12,000
	- KB 8 1 รุ่น	500	12	6,000
8. บริษัท ชูเจริญ แมนชีนเนอรี่ จำกัด	- KB 5 รุ่นที่ 1	1,600	12	19,200
	- KB 5 รุ่นที่ 2	1,600	12	19,200
	- KB 5 รุ่นที่ 3	1,600	12	19,200
	- KB 5 รุ่นที่ 4	1,600	12	19,200
	- KB 7 1 รุ่น	200	12	2,400
	- KB 8 รุ่นที่ 1	200	12	2,400
	- KB 8 รุ่นที่ 2	200	12	2,400
	- KB 10 1 รุ่น	120	12	1,440
	- KB 15 1 รุ่น	20	12	240
9. หจก. เค. พี. คาสติ้ง	- KB 5 1 รุ่น (เฟส 1)	3,000	12	36,000
			รวมทั้งสิ้น (สำรวจปี 2553)	601,680

ตารางที่ 2 รายชื่อบริษัทและประเภทของเตาก๊าซที่เข้าร่วมโครงการฯ

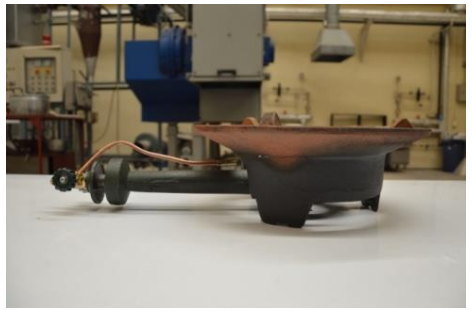
รหัสเรียก	ชนิด/รุ่น ของเตา	จำนวนสุ่มตัวอย่าง
บริษัท A	KB 5	10 เตา
บริษัท B	KB 5	10 เตา
บริษัท C	KB 8	4 เตา

(10% ของ lot size)

ภาพถ่ายโครงสร้างดั้งเดิมเตาก๊าซ

บริษัท A

บริษัท B



บริษัท C

ค่าการออกแบบเตาก๊าซ		บริษัท A (KB 5)		บริษัท B (KB 5)		บริษัท C (KB 8)	
1. มิติของรูที่วงแหวนหัวเผา		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
รูวงนอก	จำนวนรู, N_O	32	-	38	-	42	-
	เส้นผ่านศูนย์กลางรู, $D_{p,o}$ (mm)	2	-	2	-	1.9	-
	ระยะห่างระว่างรู, S_O (mm)	3.20	0.04	3.03	0.16	3.20	0.02
	$S_O / D_{p,O}$	1.60	-	1.52	-	1.68	-
	มุมเงยของรู, θ_O (degree)	50.5	2.46	50.9	4.3	36.5	2.4
	มุม swirl ของรู, α_O (degree)	-	-	-	-	–30	-
	พื้นที่รู, $A_{P,O}$ (mm^2)	100.48	-	119.32	-	119.02	-
	สัดส่วนของพื้นที่รู, $100\times(A_{P,O} / A_P)$	71.1	-	73.1	-	63.4	-
รูวงใน	จำนวนรู, N_i	13	-	14	-	27	-
	เส้นผ่านศูนย์กลางรู, $D_{p,i}$ (mm)	2	-	2	-	1.8	-
	ระยะห่างระหว่างรู, S_i (mm)	3.54	0.08	3.35	0.20	3.13	0.03
	$S_i / D_{p,i}$	1.77	-	1.68	-	1.74	-
	มุมเงยของรู, θ_i (degree)	51.4	2.41	40.5	2.3	34.25	1.5
	มุม swirl ของรู, α_i (degree)	+11.75	2.12	–48.4	10.4	+23.75	1.5
	พื้นที่รู, $A_{P,i}$ (mm^2)	48.82	-	43.96	-	68.67	-
	สัดส่วนของพื้นที่รู, $100\times(A_{P,i} / A_P)$	28.9	-	26.9	-	36.6	-
พื้นที่รูรวม, $A_P = A_{P,O} + A_{P,i}$ (mm^2)		141.3	-	163.3	-	187.7	-
Equivalent diameter ของรู, $D_e = 4\sqrt{A_P/\pi}$,(mm)		13.42	-	14.42	-	15.46	-

ค่าการออกแบบเตาก๊าซ	บริษัท A (KB 5)		บริษัท B (KB 5)		บริษัท C (KB 8)	
2. มิติของท่อผสม	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a. ความยาวท่อผสม, L (mm)	170	-	160	-	240	-
b. เส้นผ่านศูนย์กลางคอคอด, D_t (mm)	16.3	0.3	19.4	0.3	22.1	0.7
c. เส้นผ่านศูนย์กลางทางออก, D_d (mm)	22.7	0.4	24.5	0.7	25.7	1.5
d. ความชันของท่อขยาย, β (degree)	0.99	1.0	0.85	0.12	-	-
3. ปริมาตรของหัวเผา, V_b (liter)	0.18	0.01	0.11	0.01	0.36	0.01
4. ขนาดเส้นผ่านศูนย์ของหัวฉีด, D_j (mm)	0.6	-	0.5	-	0.8	-
5. ระยะห่างของหัวเผาถึงก้นภาชนะ, H (mm)	53.4	0.9	55.0	0.5	77.0	-
H/D_e	3.98	-	3.81	-	4.98	-
6. วัสดุที่ใช้ทำหัวเผา	เหล็กหล่อ		เหล็กหล่อ		เหล็กหล่อ	
7. วัสดุที่ใช้ทำท่อผสม	เหล็กหล่อ		เหล็กหล่อ		ท่อทรงกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม	

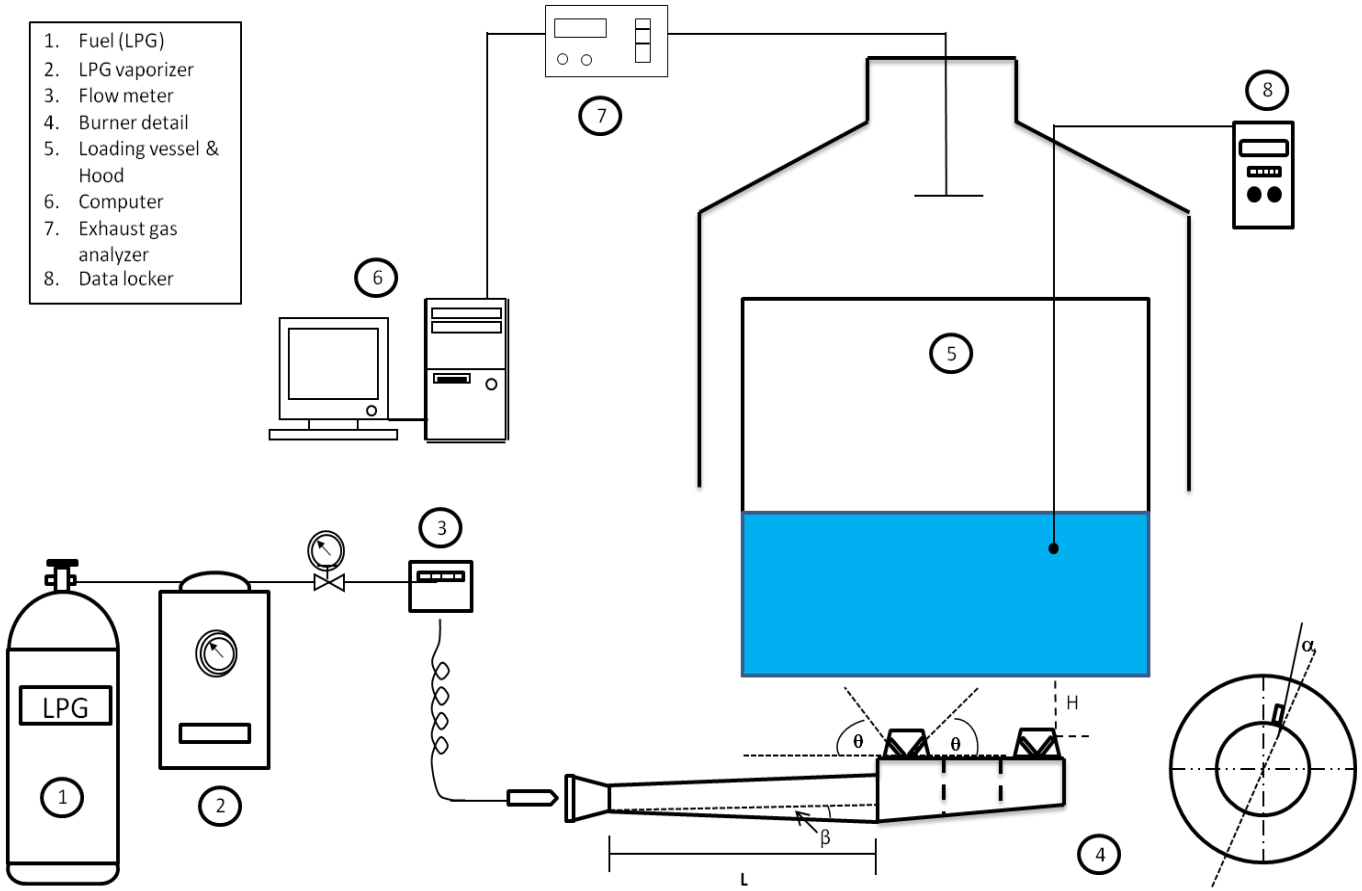
ตารางที่ 3 ค่าสมรรถนะของเตาตัวอย่างเฉลี่ยตลอดช่วงอัตราป้อนความร้อนที่ทดสอบ (ก่อนการปรับปรุง)

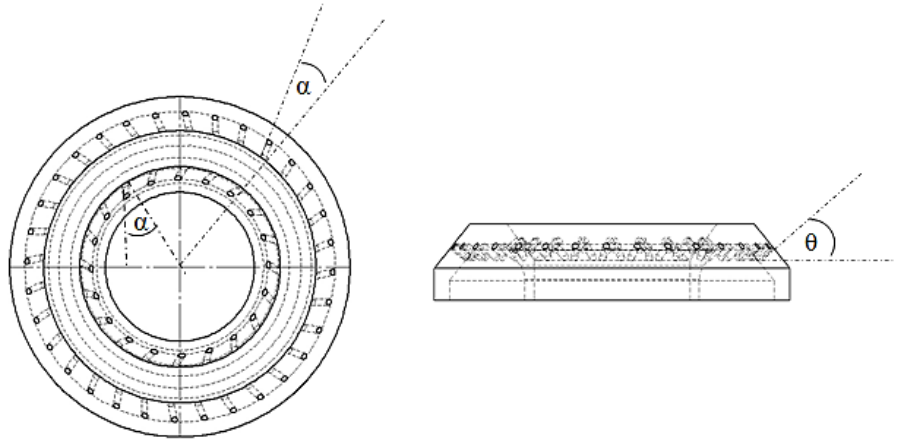
ค่าสมรรถนะของเตา	บริษัท A*	บริษัท B*	บริษัท C**
Thermal efficiency (%)	50.40	54.10	58.25
CO (ppm@0%O_2)	146	211	75
NO_x (ppm@0%O_2)	207	185	199

หมายเหตุ *เตาชนิด KB5 ทดสอบที่ความดัน 0.3 บาร์ ถึง 1.3 บาร์

** เตาชนิด KB8 ทดสอบที่ความดัน 0.5 บาร์ ถึง 1.3 บาร์

แผนภาพชุดอุปกรณ์ทดสอบสมรรถนะเตาก๊าซหุงต้มชนิดความดันสูง





รูปที่ 3.2 ภาพร่างแสดงค่าการวัดมุมของรูหัวเผาของเตาก๊าซหุงต้มชนิดความดันสูง

ชุดเครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกในการติดตั้งชุด
ทดสอบการเผาไหม้สำหรับการเผาเชื้อเพลิงก๊าซ

บทที่ 3 ข้อวิจารณ์ (Discussion)

3.1 สมรรถนะเตาก่อนการปรับปรุง

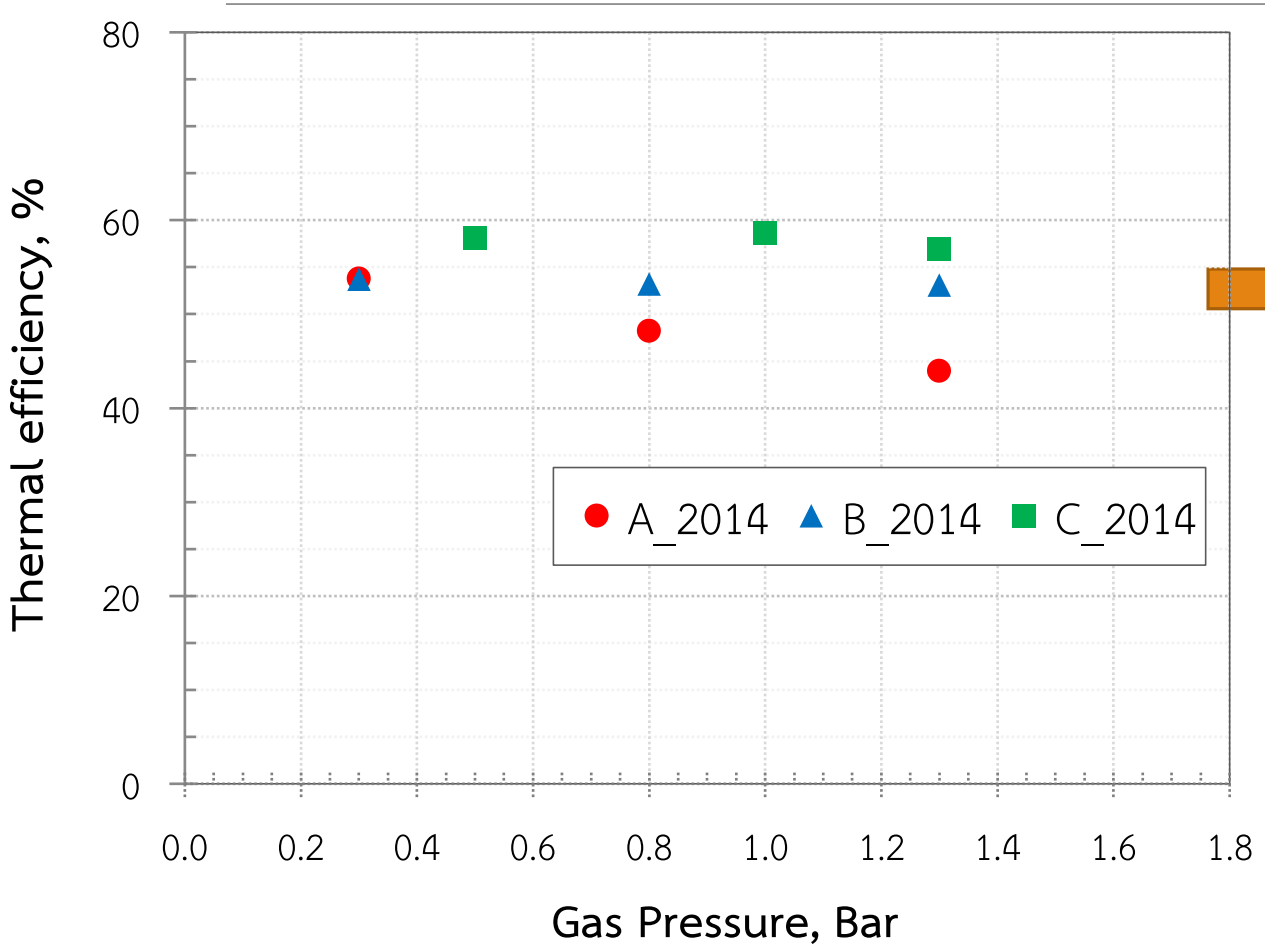
3.2 สรรถนะเตาหลังการปรับปรุง

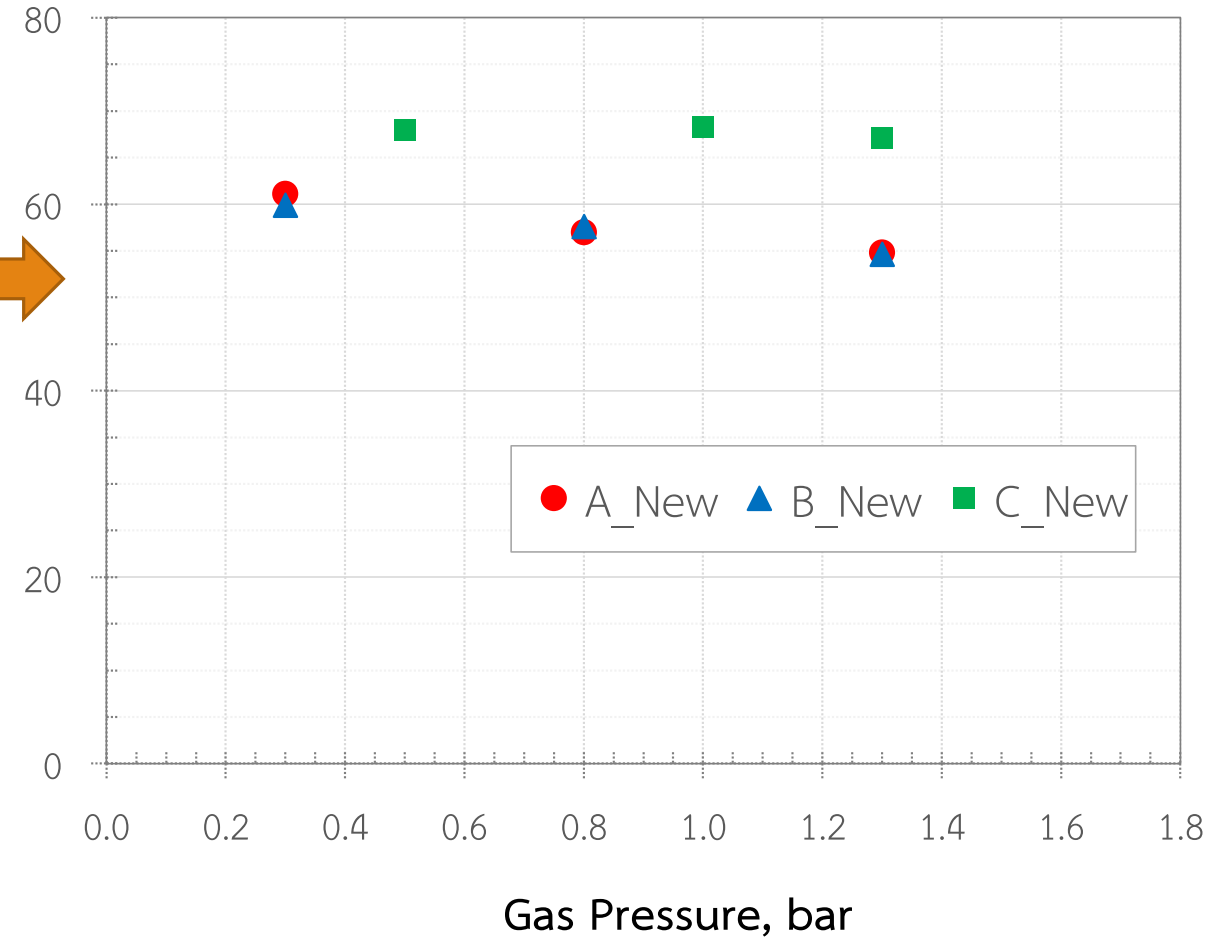
บริษัท A

บริษัท C

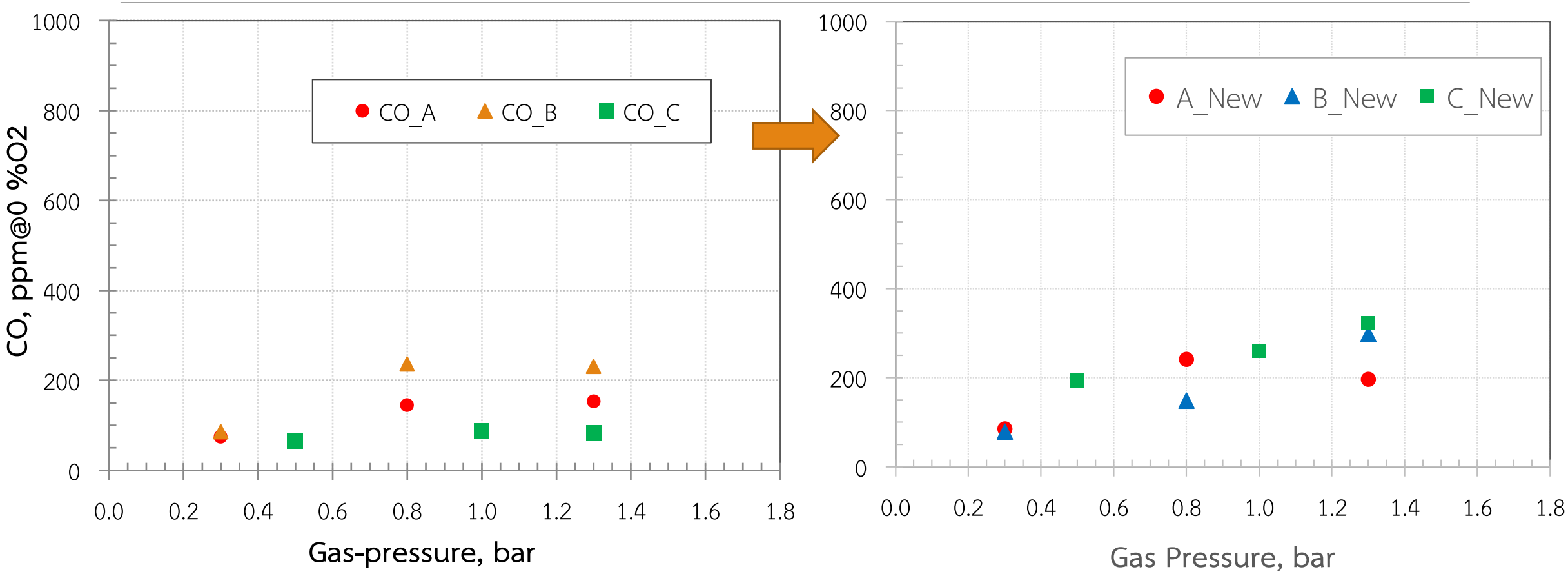
บริษัท B

เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาระหว่างผู้ผลิต (ก่อนและหลังการปรับปรุง)





เปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซ CO ของเตาระหว่างผู้ผลิต (ก่อนและหลังการปรับปรุง)



Saving

การประหยัดพลังงาน

(อ้างอิงข้อมูลการผลิตจาก ปี 2553)

เตา 3 รุ่น ที่ได้รับการปรับปรุงสมรรถนะมียอดการผลิตรวม 93,600 เตา คิดเป็น 15% ของเตาที่มีจำหน่ายทั้งหมดในท้องตลาด คือ 601,680 เตา

ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยเดิม = 47.40% ของ (601,680 เตา)

ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยใหม่ = 59.24% ของ (93,600 เตา หรือ 15%)

ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยใหม่ = (47.4x85%)+(59.24x15%) = 48.8 % (ของเตา 100%)

การประหยัดพลังงาน = (48.8 % - 47.4%)/ 48.8 % = 3.76%

2015	LPG price		25	B/kg
	Saving 3.76%		0.94	B/kg
2012	LPG consumption (100%)		7,386	10^3ton/year
	Household+industrail (50%)		3,693	10^3ton/year
	Money saving		3,470	10^6 Baht/year
	LPG saving		139	10^3 ton/year

ผลกระทบที่ประเมินจากโครงการฯ ด้านการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยต่อการประหยัดก๊าซแอลพีจีของประเทศ