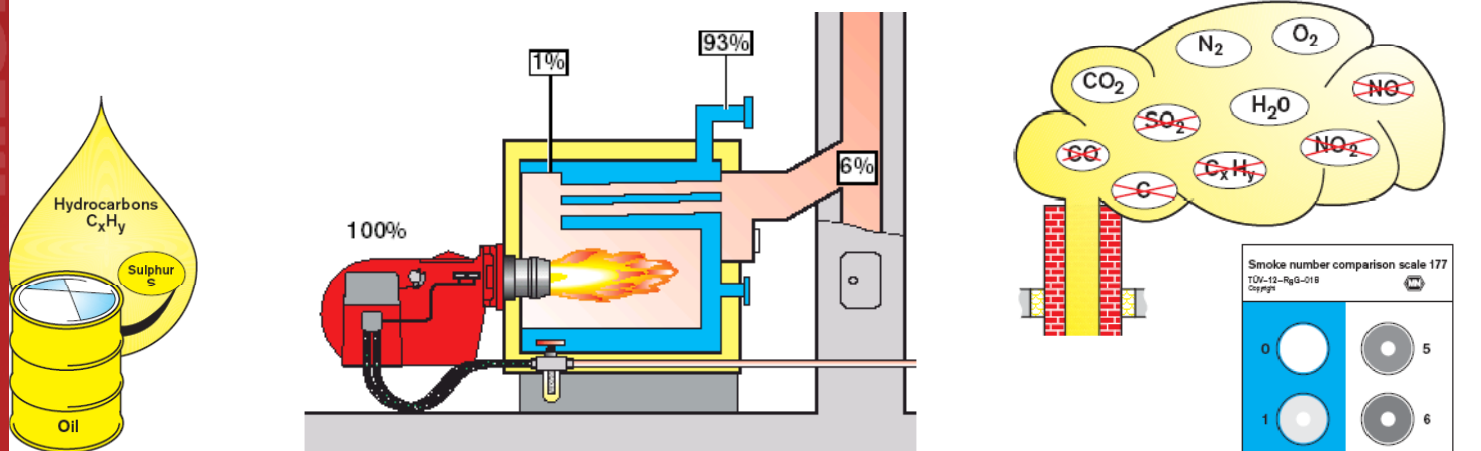


การเลือกใช้เชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำให้คุ้มค่า

ผศ.ดร. สุรัชย์ สนิทใจ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



เชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำ

เชื้อเพลิง คือ สารที่เมื่อเผาไหม้กับออกซิเจนแล้วให้ความร้อนออกมา

เชื้อเพลิงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ถ่านหิน ถ่านโค้ก ไม้ ฟืน ถ่าน ชานอ้อยแกลบ เป็นต้น
2. เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน น้ำมันโซล่า น้ำมันเตา
3. เชื้อเพลิงแก๊ส เช่น แก๊สธรรมชาติ แก๊ส LPG แก๊สชีวภาพ



การเลือกเชื้อเพลิง



2.เชื้อเพลิงเหลว



1.เชื้อเพลิงแข็ง



3.เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงก๊าซ

- เชื้อเพลิงก๊าซเป็นประเภทที่มีความสะดวกสบายมากที่สุด เนื่องจากต้องการการจัดการควบคุมน้อย ใช้งานที่ง่ายที่สุด และแทบจะไม่ต้องมีการบำรุงรักษาระบบของหัวเผาเลย
- ก๊าซจะถูกส่งมาตามท่อของโครงข่ายของการแจกจ่าย
- เชื้อเพลิงก๊าซที่มีใช้ตามปกติทั่วไปคือ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ก๊าซธรรมชาติ, ก๊าซโพรพิลเชอร์, ก๊าซจากเตาหลอมเหล็ก ก๊าซจากเตาเผาถ่านโค้ก เป็นต้น
- ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงก๊าซ จะมีหน่วยเป็น กิโลแคลอรีต่อลูกบาศก์เมตร ปกติ (kCal/Nm^3) คือที่อุณหภูมิปกติ (0 องศาเซลเซียส) และความดันปกติ (760 มิลลิเมตรปรอท).

เชื้อเพลิงก๊าซ

ประเภทของเชื้อเพลิงก๊าซ

- ☐ เชื้อเพลิงที่พบได้ตามธรรมชาติ
 - ก๊าซธรรมชาติ
 - ก๊าซมีเทนจากเหมืองถ่านหิน
- ☐ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ทำมาจากเชื้อเพลิงแข็ง
 - ก๊าซที่ได้มาจากถ่านหิน
 - ก๊าซที่ได้มาจากขยะ และชีวมวล
 - ก๊าซที่ได้มาจากระบวนการอุตสาหกรรม (ก๊าซจากเตาหลอมเหล็ก)
- ☐ ก๊าซที่ทำมาจากปิโตรเลียม
 - ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) หรือก๊าซหุงต้ม
 - ก๊าซจากการกลั่น
 - ก๊าซจากการแยกก๊าซจากน้ำมัน
- ☐ ก๊าซจากระบวนการหมักบางชนิด



เชื้อเพลิงก๊าซ

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงก๊าซ

ตารางที่ 9 แบบฉบับของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงก๊าซชนิดต่างๆ

ก๊าซเชื้อเพลิง	ความหนาแน่นสัมพัทธ์	ค่าความร้อนสูง (กิโลแคลอรี/ลบ.ม.)	อัตราส่วน อากาศ/เชื้อเพลิง - ลบ.ม. ของอากาศ ต่อ ลบ.ม. ของเชื้อเพลิง	อุณหภูมิของเปลวไฟ องศาเซลเซียส	ความเร็วของเปลวไฟ เมตร/วินาที
ก๊าซธรรมชาติ	0.6	9350	10	1954	0.290
โพรเพน	1.52	22200	25	1967	0.460
บิวเทน	1.96	28500	32	1973	0.870

ค่าความร้อน หรือ ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง

- ค่าความร้อน เป็นการวัดปริมาณความร้อนหรือ พลังงานที่ถูกผลิตขึ้นมา
- ค่าความร้อนมี 2 รูปแบบ คือ
 - (1) **ค่าความร้อนทางสูง** (GCV, HHV) คือความร้อนที่ได้ทั้งหมดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นค่าความร้อนรวมในการควบแน่นของไอน้ำ และ
 - (2) **ค่าความร้อนทางต่ำ** (NCV, LHV) คือความร้อนที่ได้ในการสันดาปสมบูรณ์ซึ่งเป็นค่าความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้
- เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ นั้นควรจะถูกเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าความร้อน NCV

เชื้อเพลิงเหลว

ข้อดีของเชื้อเพลิงเหลว

- ค่าความร้อนสูง ราคาแพงมาก
- การขนถ่ายมีค่าใช้จ่ายต่ำ
- ใช้พื้นที่เก็บเชื้อเพลิงน้อย
- ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
- มีโอกาสเกิดมลภาวะ จากเขม่าควันต่ำ
- หม้อน้ำมีขนาดเล็กพื้นผิวรับความร้อนน้อย ลงทุนต่ำ
- อุปกรณ์และระบบควบคุมการเผาไหม้ มีหลายแบบ
 - แบบใช้เทคโนโลยีต่ำ ประสิทธิภาพต่ำ เกิดมลภาวะสูง ลงทุนต่ำ
 - แบบใช้เทคโนโลยีสูง ประสิทธิภาพสูง เกิดมลภาวะต่ำ ลงทุนสูง

เชื้อเพลิงเหลว

เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล มักจะถูกนำมาใช้มากในภาคอุตสาหกรรม
เชื้อเพลิงเหลวมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- ความหนาแน่น
- ความหนืด
- จุดไหลเท
- ค่าพลังงานความร้อน
- ปริมาณขี้เถ้า
- ความถ่วงจำเพาะ
- จุดวาบไฟ
- ค่าความร้อนจำเพาะ
- กำมะถัน
- ปริมาณน้ำ



ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเตา ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ.2547								
รายการ	ข้อกำหนด	อัตรา สูง/ต่ำ	น้ำมันเตา					วิธีทดสอบ
			ชนิดที่ 1 (A)	ชนิดที่ 2 (C)	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4 (D)	ชนิดที่ 5 กำมะถัน ต่ำ	
1	ปริมาณกำมะถัน ; ร้อยละโดยน้ำหนัก (sulphur content ; %wt)	ไม่สูงกว่า	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	ASTM D 4294
2	ความถ่วงจำเพาะ ที่อุณหภูมิ 15.6/16.6°C (specific gravity)	ไม่สูงกว่า	0.985	0.990	0.995	0.995	0.995	ASTM D 1298
3	ความหนืด ; เซนติสโตส (viscosity ; cSt) 3.1 ที่อุณหภูมิ 50°C 3.2 ที่อุณหภูมิ 100°C	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	7 80 - -	81 180 - -	181 230 - -	231 280 - -	- - 3 30	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ ; °C (flash point °C)	ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	60	ASTM D 93
5	จุดไหลเท ; °C (pour point ; °C)	ไม่สูงกว่า	24	24	30	30	57	ASTM D 97
6	ความร้อนสูง ; แคลอรี/กรัม (gross heat of combustion ; cal/g)	ไม่ต่ำกว่า	10,000	9,900	9,900	9,900	9,900	ASTM D 240
7	เถ้า ; ร้อยละโดยน้ำหนัก (ash content ; %wt)	ไม่สูงกว่า	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ASTM D 482
8	น้ำและตะกอน ; ร้อยละโดยปริมาตร (water and sediment ; %vol)	ไม่สูงกว่า	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	10 ASTM D 1796

เชื้อเพลิงแข็ง

- ค่าความร้อนต่ำ ราคาถูก
- การขนถ่ายมีค่าใช้จ่ายสูง
- ใช้พื้นที่เก็บเชื้อเพลิงมาก
- มีโอกาสเกิดมลภาวะสูง จากฝุ่น จี๊เส้า เขม่าควันฯ
- หม้อน้ำอาจมีการกัดกร่อนจากเชื้อเพลิงสูง ค่าซ่อมบำรุงสูง
- หม้อน้ำต้องมีขนาดใหญ่ พื้นผิวรับความร้อนมาก ลงทุนสูง
- ควบคุมความดันไอน้ำแบบอัตโนมัติยาก
- อุปกรณ์และระบบควบคุมการเผาไหม้มีหลายแบบ
 - แบบใช้เทคโนโลยีต่ำ ลงทุนต่ำ ประสิทธิภาพต่ำ เกิดมลภาวะสูง
 - แบบใช้เทคโนโลยีสูง ลงทุนสูง ประสิทธิภาพสูง เกิดมลภาวะต่ำ



คุณสมบัติของถ่านหินชนิดต่างๆ

ชนิด	กลุ่มย่อย	% คาร์บอน คงที่ (แห้ง)	% สาร ระเหย (แห้ง)	ค่าความร้อน	
				kcal/kg(ชื้น)	kJ/kg(ชื้น)
แอนทราไซต์	1. แอนทราไซต์เกรดสูง	>98	<2	-	-
	2. แอนทราไซต์	92-98	2-8	-	-
	3. เซมิแอนทราไซต์	86-92	8-14	-	-
บิทูมินัส	1. สารระเหยต่ำ	78-86	14-22	-	-
	2. สารระเหยปานกลาง	69-78	22-31	-	-
	3. สารระเหยสูง A	<69	>31	>7,778	>32,500
	4. สารระเหยต่ำ B	-	-	7,222-7,778	30,200-32,500
	5. สารระเหยต่ำ C	-	-	6,839-7,222	26,700-30,200
ซับบิทูมินัส	1. ซับบิทูมินัส A	-	-	5,833-6,389	24,400-26,700
	2. ซับบิทูมินัส B	-	-	5,278-5,833	22,050-24,400
	3. ซับบิทูมินัส C	-	-	4,611-5,278	19,300-22,050
ลิกไนต์	1. ลิกไนต์ A	-	-	3,500-4,611	14,600-19,300
	2. ลิกไนต์ B	-	-	<3,500	<14,600

ตัวอย่างคุณสมบัติของถ่านหินจากอินโดนีเซีย 2 แหล่งที่ใช้กันมาก

รายละเอียด	หน่วย	แหล่งที่ 1	แหล่งที่ 2
ความชื้น	%	21-24	6-12
สารระเหย	%	39-41	39-41
คาร์บอน	%	41-43	41-43
เถ้า	%	1	12
กำมะถัน	%	0.1	1.0
ค่าความร้อนสูง (HHV) (แ่ง)	kcal/kg kJ/kg	5,500-5,800 23,027-24,283	6,000 25,120

เปรียบเทียบค่าความร้อน
ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสูง
เชื้อเพลิงแข็ง	(kJ/kg)
ถ่านหินซับบิทูมินัส	25,120
ถ่านหินลิกไนต์	12,500-21,000
ถ่านโค้ก	25,000-29,500
ถ่านไม้	28,000-31,500
ไม้แห้ง	12,500-17,000
ขาน้อย	10,900
แกลบ	12,393
เชื้อเพลิงเหลว	(kJ/l)
น้ำมันก๊าด (kerosine)	38,976
น้ำมันดีเซล	38,744
น้ำมันเตา A	41,240
น้ำมันเตา C	41,035
เชื้อเพลิงก๊าซ	(kJ/kg)
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	50,041
ก๊าซธรรมชาติ (NG)	36,975

เปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีกับก๊าซธรรมชาติ

รายการ (items) ผลิตภัณฑ์	ความหนาแน่น (density at 15°C)	ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG)	ปรับค่าปริมาตร (correction factor at 60/86°F)	ค่าความร้อน (calorific value gross)			พลังงานเทียบเท่า (energy equivalent)	
				บีทียู/ปอนด์ (BTU/lb)	บีทียู/กิโลกรัม (BTU/kg)	บีทียู/ลิตร (BTU/l)	ก๊าซธรรมชาติ ลบ.ฟุต/กก. (SCF of NG/kg)	ก๊าซธรรมชาติ ลบ.ฟุต/ลิตร (SCF of NG/l)
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) (ค่าโพรเพน : บิวเทน ; 30 : 70 %vol)	0.5573	0.5570	0.9658	21,377	47,136	26,270	49.36	27.51
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) (ค่าโพรเพน : บิวเทน ; 40 : 60 %vol)	0.5353	0.5350	0.9619	21,510	47,430	25,389	49.66	26.59
ก๊าซธรรมชาติ	-	-		15,897	35,045	33.73	-	-
ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติ (HHV) = 955 BTU/SCF, SG = 0.785, at 14.73 PSIA, 60°F								15

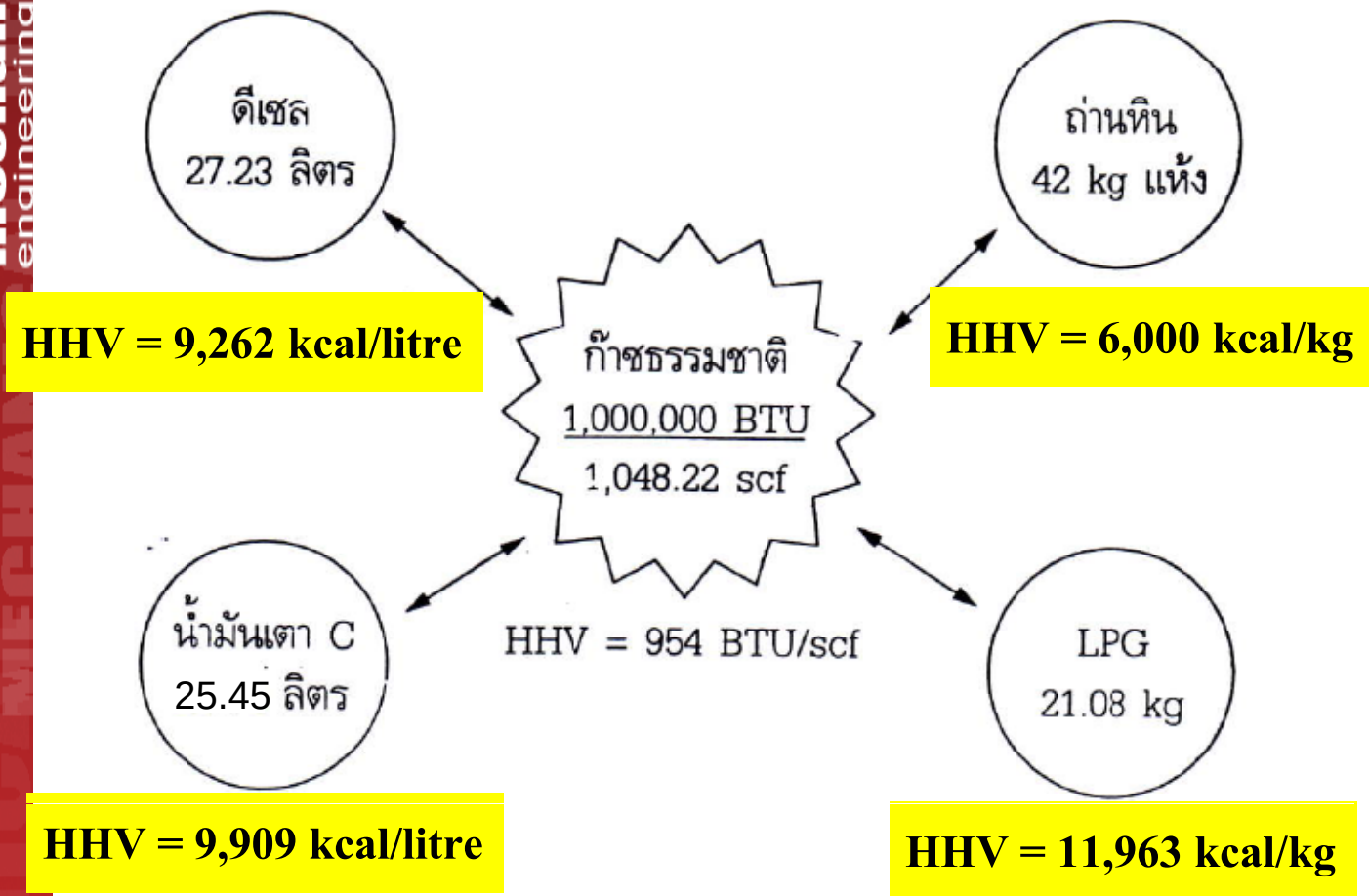
เปรียบเทียบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงแข็ง และก๊าซ

สมบัติทั่วไป	เชื้อเพลิงเหลว	เชื้อเพลิงแข็ง	ก๊าซ
การเผาไหม้และ	ค่าความร้อนต่อน้ำหนักสูง	ค่าความร้อนต่อน้ำหนักปานกลาง-ต่ำ	ค่าความร้อนต่อน้ำหนักขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง
	คุณภาพสม่ำเสมอ	คุณภาพผันแปรมาก โดยเฉพาะความชื้นและสิ่งเจือปน	คุณภาพคงที่
	ปริมาณเล็กน้อยมาก	ปริมาณต่ำ-สูง	ไม่มีเถ้า
	ต้องใช้อากาศเกินน้อย-ปานกลาง	ต้องใช้อากาศเกินปานกลาง-สูง	ใช้อากาศเกินน้อย

เปรียบเทียบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงแข็ง และก๊าซ

สมบัติทั่วไป	เชื้อเพลิงเหลว	เชื้อเพลิงแข็ง	ก๊าซ
ไอเสียและมลพิษ	ค่อนข้างสะอาด แต่น้ำมันเตาจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา	มีเขม่าควัน และอาจมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	สะอาด
	อาจต้องใช้อุปกรณ์กำจัด/ป้องกันมลพิษ	ต้องใช้อุปกรณ์จำกัด/ป้องกันมลพิษ	ไม่ต้องใช้อุปกรณ์กำจัด/ป้องกันมลพิษ
ขนาดของอุปกรณ์ เผาไหม้	ขนาดเล็ก-ปานกลาง	ปานกลาง-ใหญ่มาก	ขนาดเล็ก-ปานกลาง
ความเหมาะสม	ใช้กับอุตสาหกรรมทั่วไป	ใช้กับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โรงไฟฟ้า	ใช้กับอุตสาหกรรมทุกประเภท
การขนส่งและการเก็บ	ขนส่งง่าย เก็บง่าย แต่ต้องใช้ถัง	เปลืองเนื้อที่ในการเก็บ และขนส่ง แต่เก็บในที่เปิดได้	การขนส่งยุ่งยากการเก็บต้องใช้ภาชนะพิเศษ
อันตราย	ไม่อันตรายมาก	อาจลุกไหม้ได้เองขณะกองเก็บ	อาจเกิดระเบิดได้
ราคาเชื้อเพลิง	ค่อนข้างแพง	ถูกที่สุด	ถูก

เปรียบเทียบค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น



เปรียบเทียบปริมาณค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

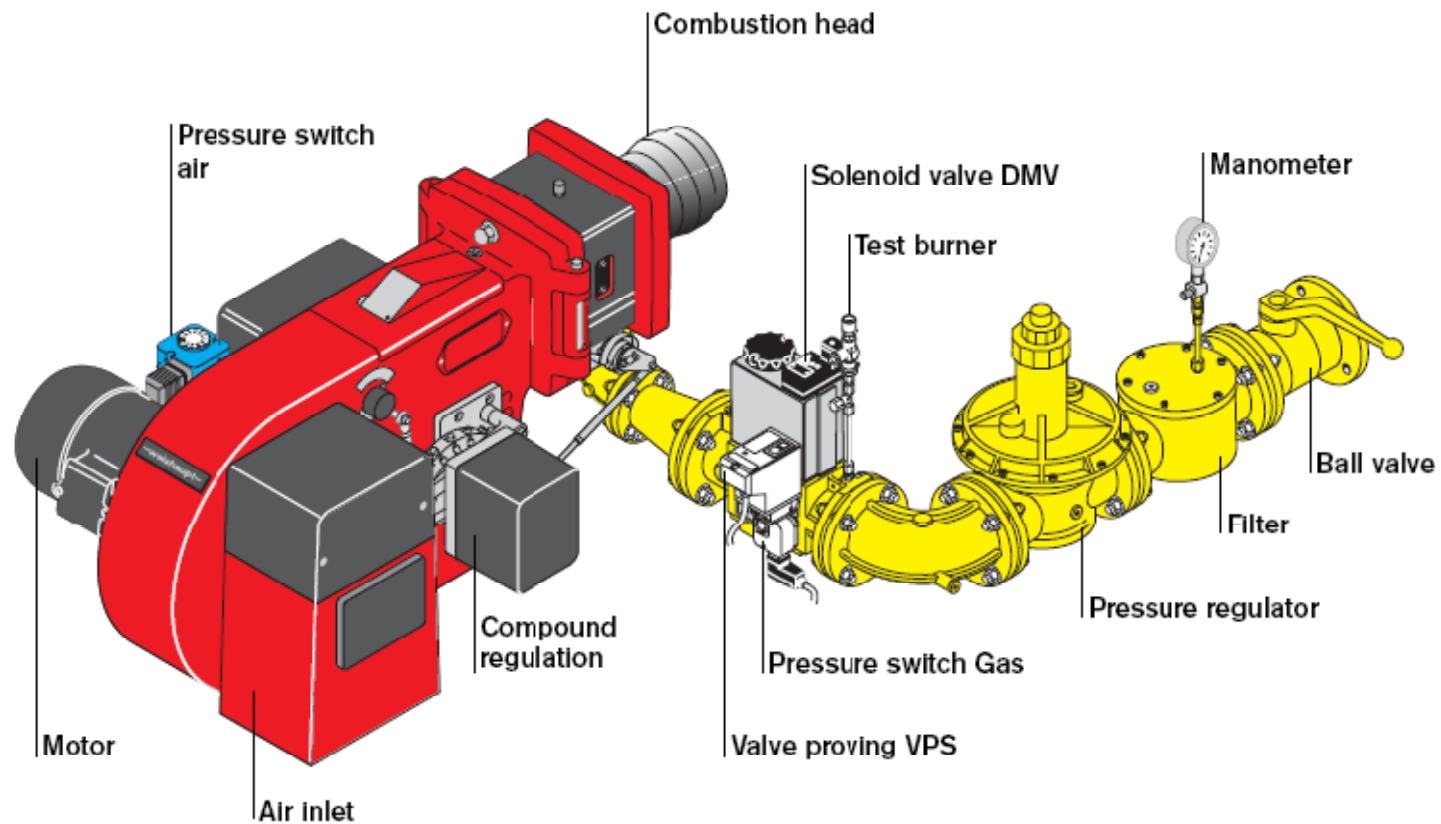
เชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซชีวภาพ	1	ลูกบาศก์เมตร
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเตา	0.55	ลิตร

การเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ

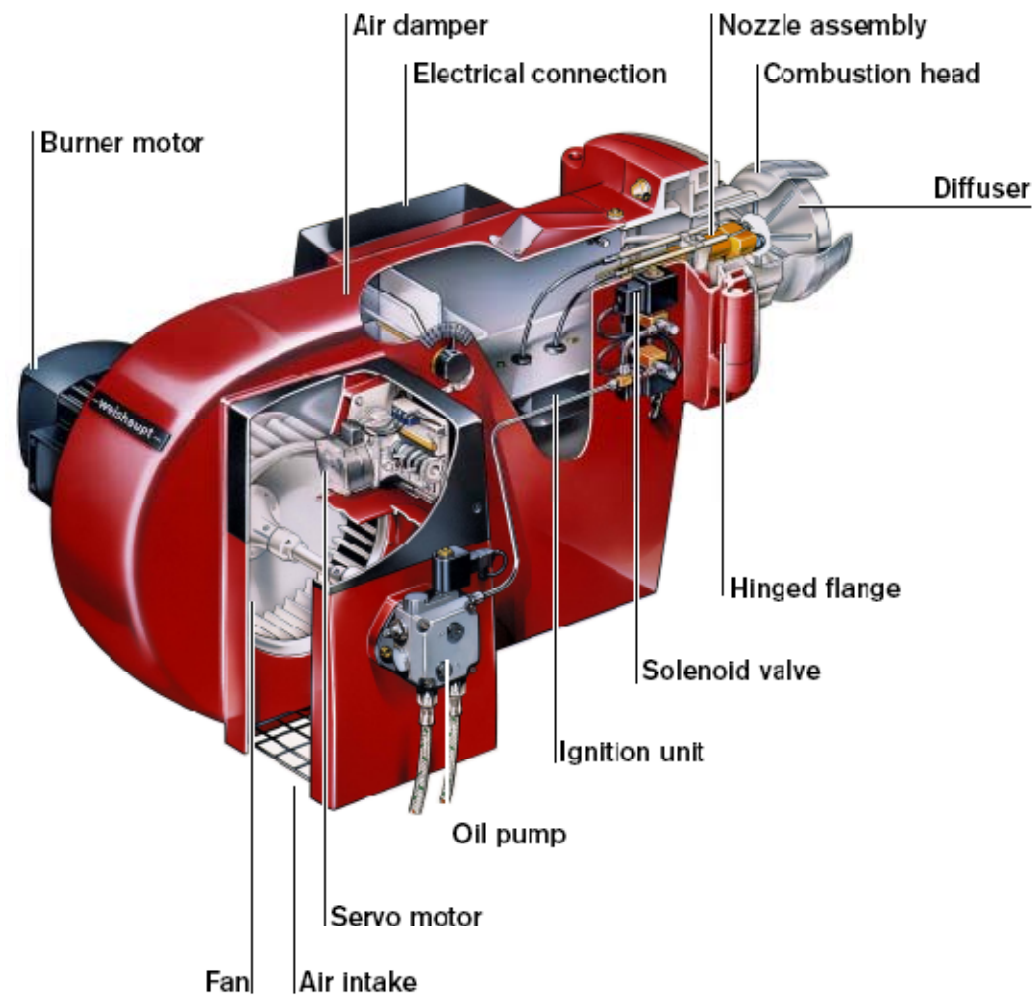
เชื้อเพลิง	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ (kg) ต่อหนึ่งหน่วยเชื้อเพลิง	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ในการผลิตไอน้ำ 1000 kg
น้ำมัน (litre)	14	71
ถ่านหิน (kg)	8	125
ก๊าซหุงต้ม LPG (kg)	17	59
ก๊าซธรรมชาติ (therm)	345	2.9
ไฟฟ้า (kW)	1.6	625

หมายเหตุ คำนวณที่ประสิทธิภาพหม้อน้ำ 85% น้ำป้อน 80 °C ความดันไอน้ำ 7 bar_g

ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซ

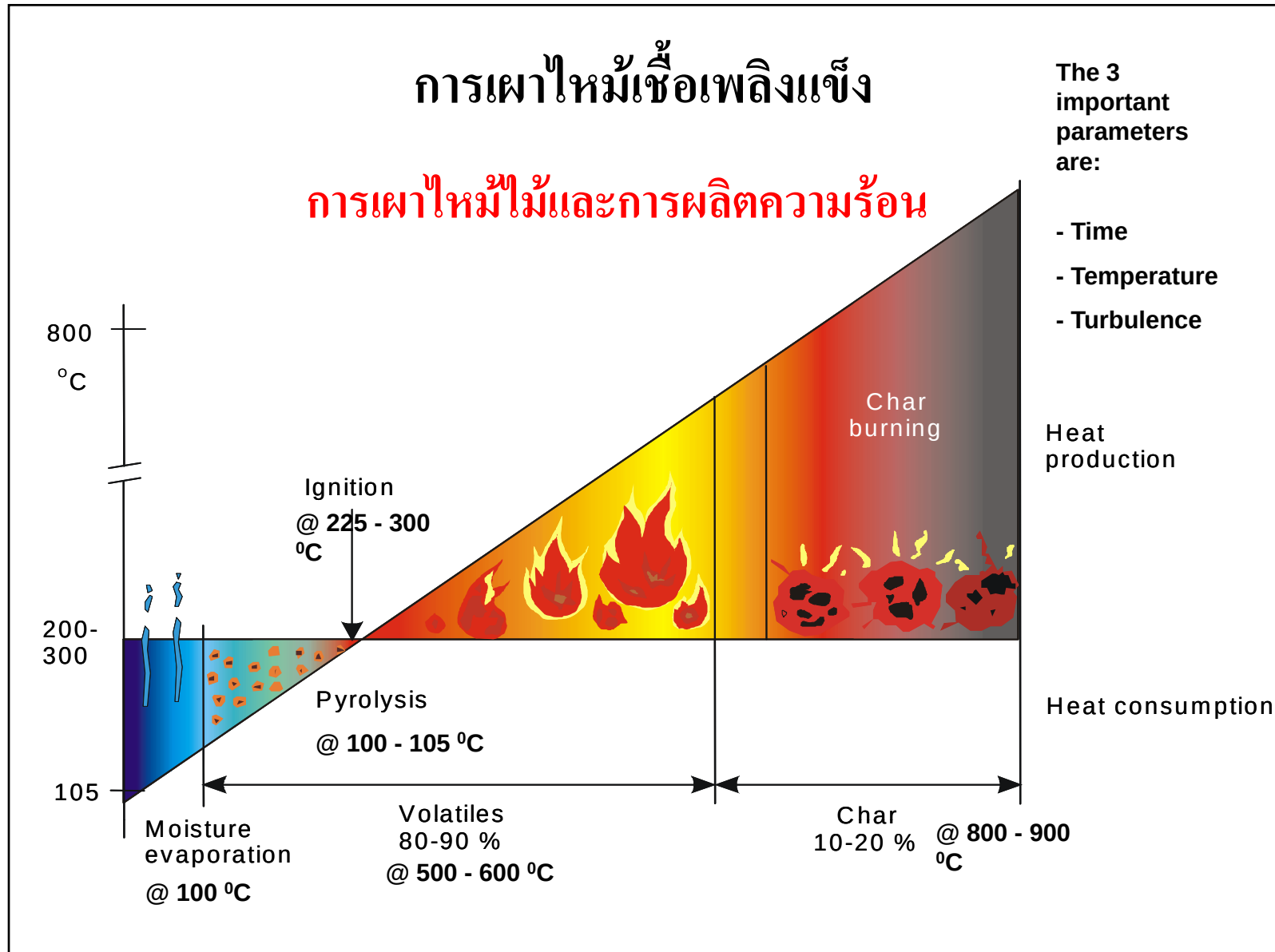


ระบบหัวเผาเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม



การเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง

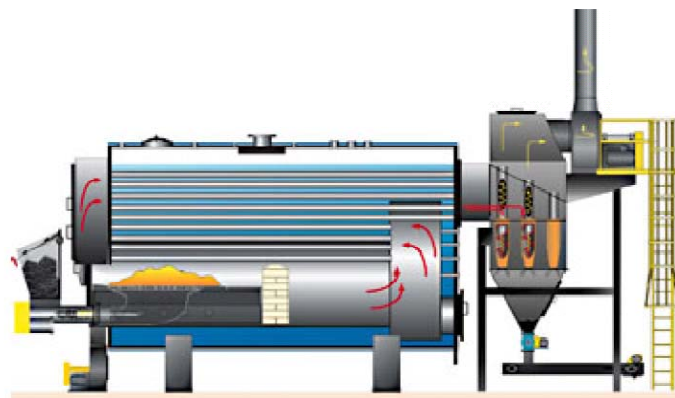
การเผาไหม้ไม้และการผลิตความร้อน



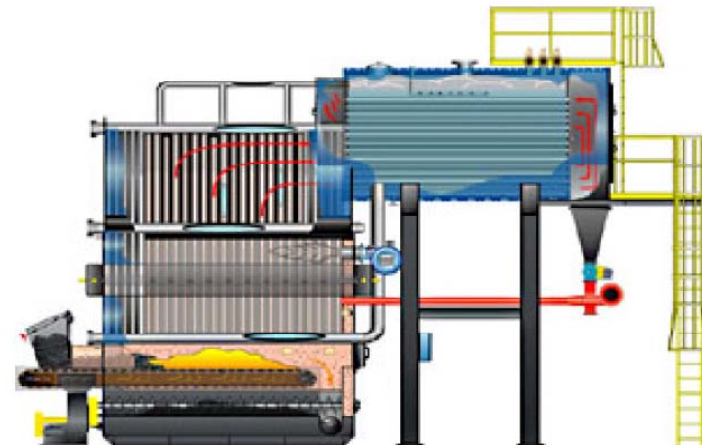


Wood Fired Steam Boiler Model 3000-1000 (Pneumatic) Produced in Sweden.

Modified Boiler



Hybrid Boiler



การตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้

หลักการของเครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย

เครื่องมือวิเคราะห์แก๊สไอเสียได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปแล้วเครื่องมือวิเคราะห์ไอเสียจะมีคุณลักษณะ

- สามารถวัด O_2 , CO_2 และ NO_x
- สามารถวัดกระแสลมแรงในปล่องไอเสีย
- สามารถวัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสีย
- สามารถวัด CO ได้ระหว่าง 0-4000 ppm
- ใช้แบตเตอรี่
- สามารถแสดงผลบนจอ LCD และ print ได้



การตรวจวัดความร้อนทางแก๊สไอเสีย (Stack Loss)

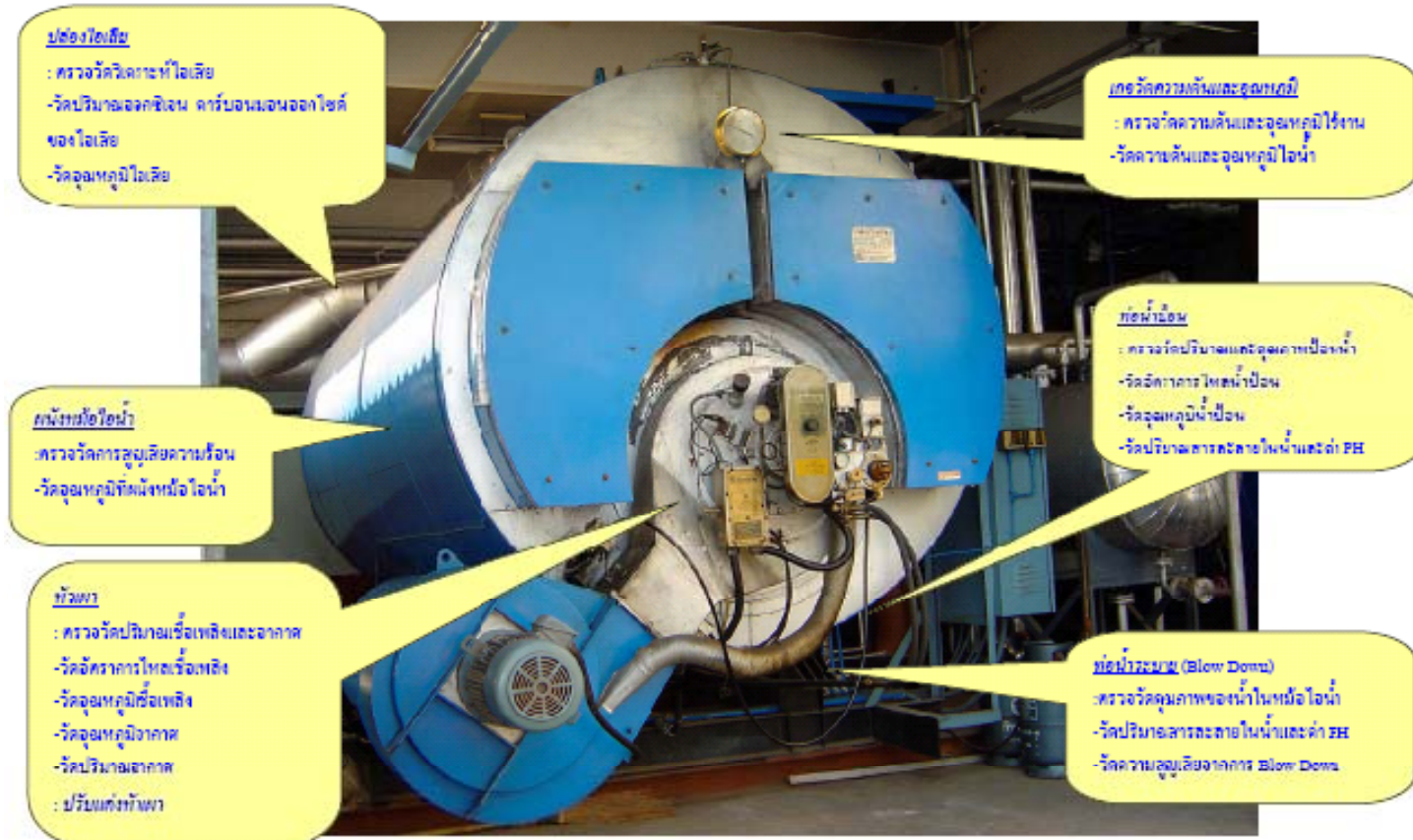
วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายพอสมควร และเป็นวิธีที่ยอมรับกันอยู่โดยทั่วไป

อุปกรณ์ที่ต้องการใช้มีดังนี้

- เครื่องวัด CO_2 และ O_2
- เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ปล่องไอเสีย
- เครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

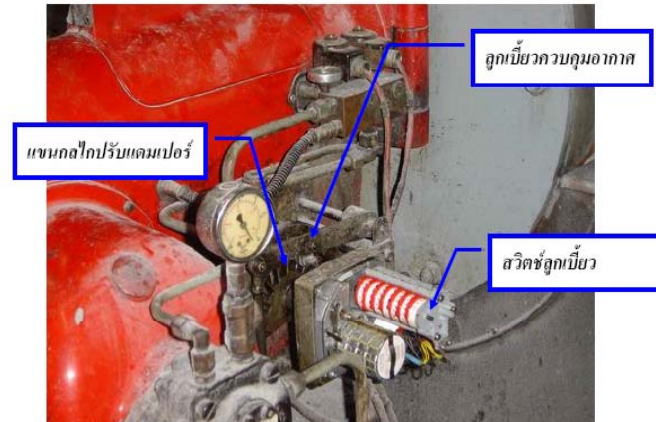
วิธีปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ให้หม้อไอน้ำทำงานอยู่ปกติ 2-3 ชั่วโมง จนอุณหภูมิที่ปล่องไอเสียไม่ขึ้นลง
2. วัด CO_2 และต้องแน่ใจว่ามี O_2 เหลืออยู่น้อยที่สุด คือต้องเผาไหม้อย่างไม่มีควันออกจากปล่อง
3. อ่านอุณหภูมิที่ปล่อง และเอาตัวเลขนี้ลบด้วยอุณหภูมิในห้องหม้อไอน้ำ (ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่อากาศร้อนขึ้นและสูญเสียไปทางปล่อง)
4. คำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

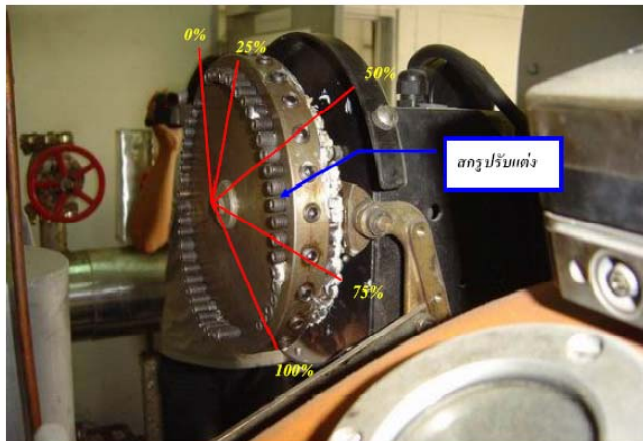


รูปที่ 3.1 การวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ของหม้อไอน้ำ

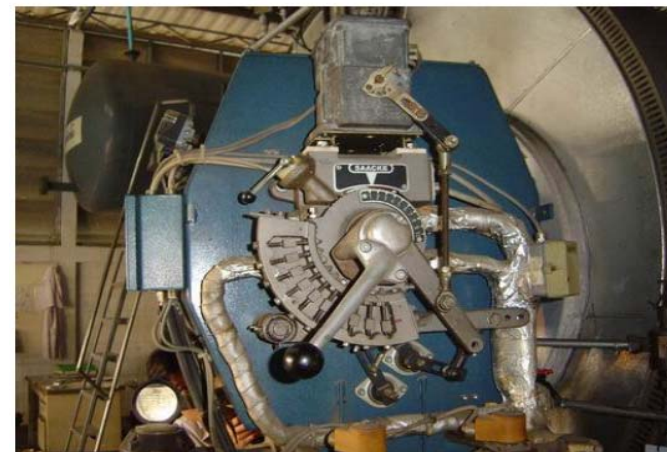
การวิเคราะห์โอเลียมและปรับแต่งการเผาไหม้ให้สมบูรณ์



รูปที่ 4.18 หัวเผาชนิดที่ปล่อยด้วยแรงดันน้ำมัน ความดันแบบต่อเนื่อง 2 ระดับ (Module 2 Stage)



รูปที่ 4.21 แสดงการแบ่งช่วงตำแหน่งที่ทำการปรับแต่ง



รูปที่ 4.27 ชุดควบคุมน้ำมันและอากาศ

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์แนะนำการกำหนดระดับค่าอากาศส่วนเกินและเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในก๊าซไอเสีย

เชื้อเพลิง	อากาศส่วนเกิน (%)		ออกซิเจนในแก๊สไอเสีย (%)	
	ต่ำสุด (min)	สูงสุด (max)	ต่ำสุด (min)	สูงสุด (max)
แก๊สธรรมชาติ	10.0	15.0	2.0	2.7
น้ำมันเชื้อเพลิง :				
น้ำมันชนิดเบา	12.5	20.0	2.3	3.5
น้ำมันเตา	20.0	25.0	3.3	4.2

หมายเหตุ : ค่าที่กำหนดไว้ในตารางเป็นค่าต่ำสุดของปริมาณอากาศส่วนเกินสำหรับหม้อไอน้ำที่
ไม่มีอุปกรณ์การรับแปลี่ยนค่าอากาศส่วนเกิน

เครื่องวัดแก๊สเสียแบบดิจิทัล

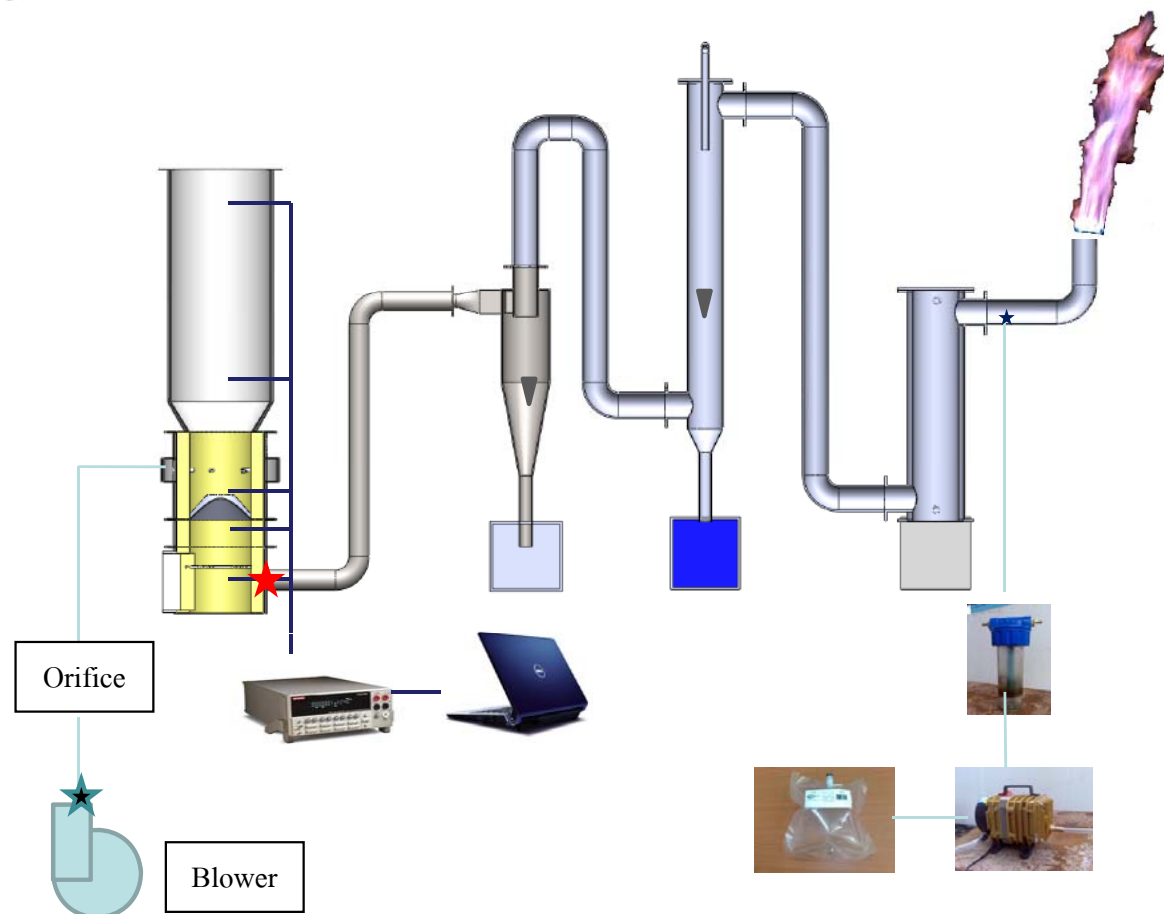


ต้นทุนเชื้อเพลิงต่อหน่วยความร้อน

- แพง
- 
- ถูก
- น้ำมันโซล่า
 - น้ำมันเตา
 - ก๊าซหุงต้ม
 - ก๊าซธรรมชาติ
 - ถ่านหิน
 - ก๊าซชีวภาพ
 - เศษวัสดุการเกษตร



อุปกรณ์สำหรับระบบ gasifier



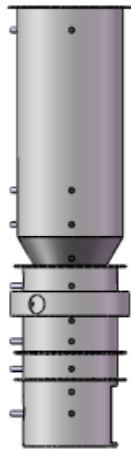


รูปภาพขณะทำการทดลอง

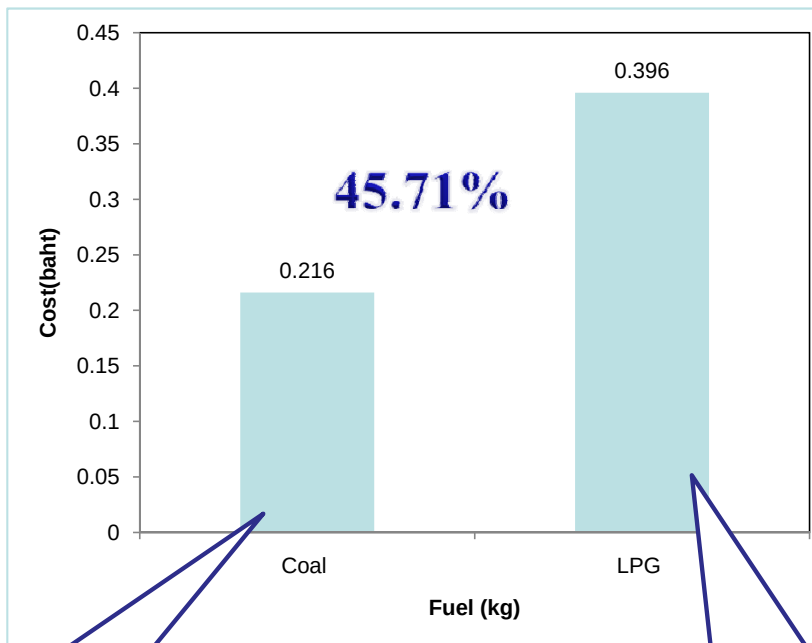




การเปรียบเทียบราคาต่อหน่วยพลังงานความร้อน



Syn gas จากสภาวะทดลอง
ที่อัตราการป้อนอากาศ 800 L/min



ราคา LPG ต่อ kg สำหรับถังขนาด 48 kg



ขอบคุณครับ