



Seminar on Renewable Energy Technology implementation in Thailand Experience transfer from Europe

*Co-organised by
the Delegation of the European Union to Thailand and
the Department of Alternative Energy Development and
Efficiency, Ministry of Energy*

Gasification Technology for Ceramic Industry

Assoc.Professor.Dr. Kulachate Pianthong
(Research and Service on Energy Center, Ubon Ratchathani University)

4 October 2012 @ Dusitthani, Bangkok



Presentation Outline

- * Introduction
 - * Gasification technology
 - * Ceramic industry
- * Requirement and Improvement
- * Gasification technology @ Imperial Pottery Ltd.
- * Applications
- * Recommendation & Concluding Remarks

โครงการนำร่องเพื่อผลิตพลังงานทดแทน จากชีวมวลในระดับชุมชน

ผู้ประกอบการ
บริษัท อิมพีเรียลพอทเทอร์ จำกัด



ได้รับการสนับสนุนจาก
กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

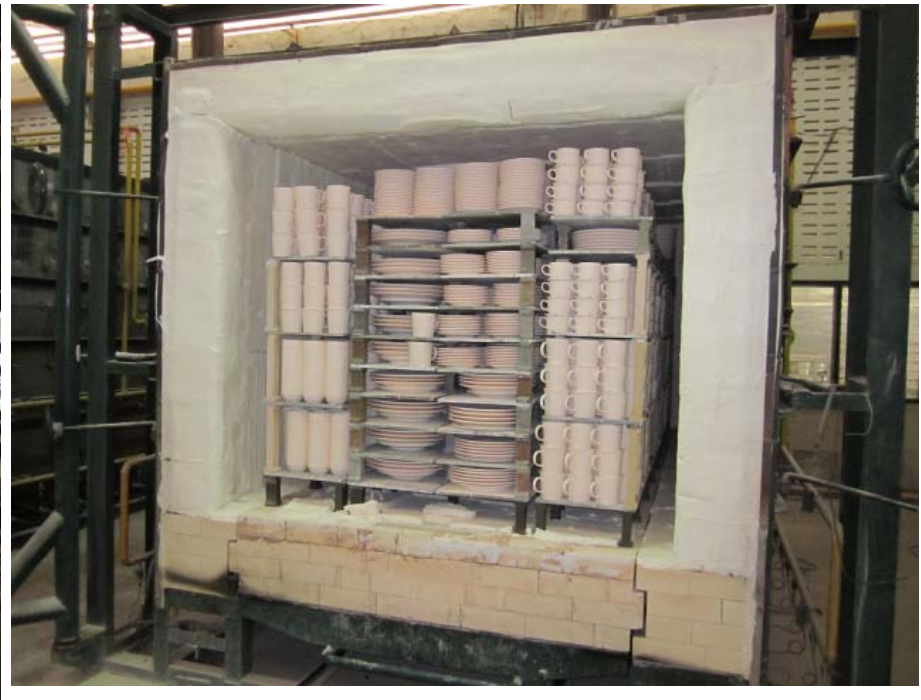


สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ดำเนินการโดย
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)



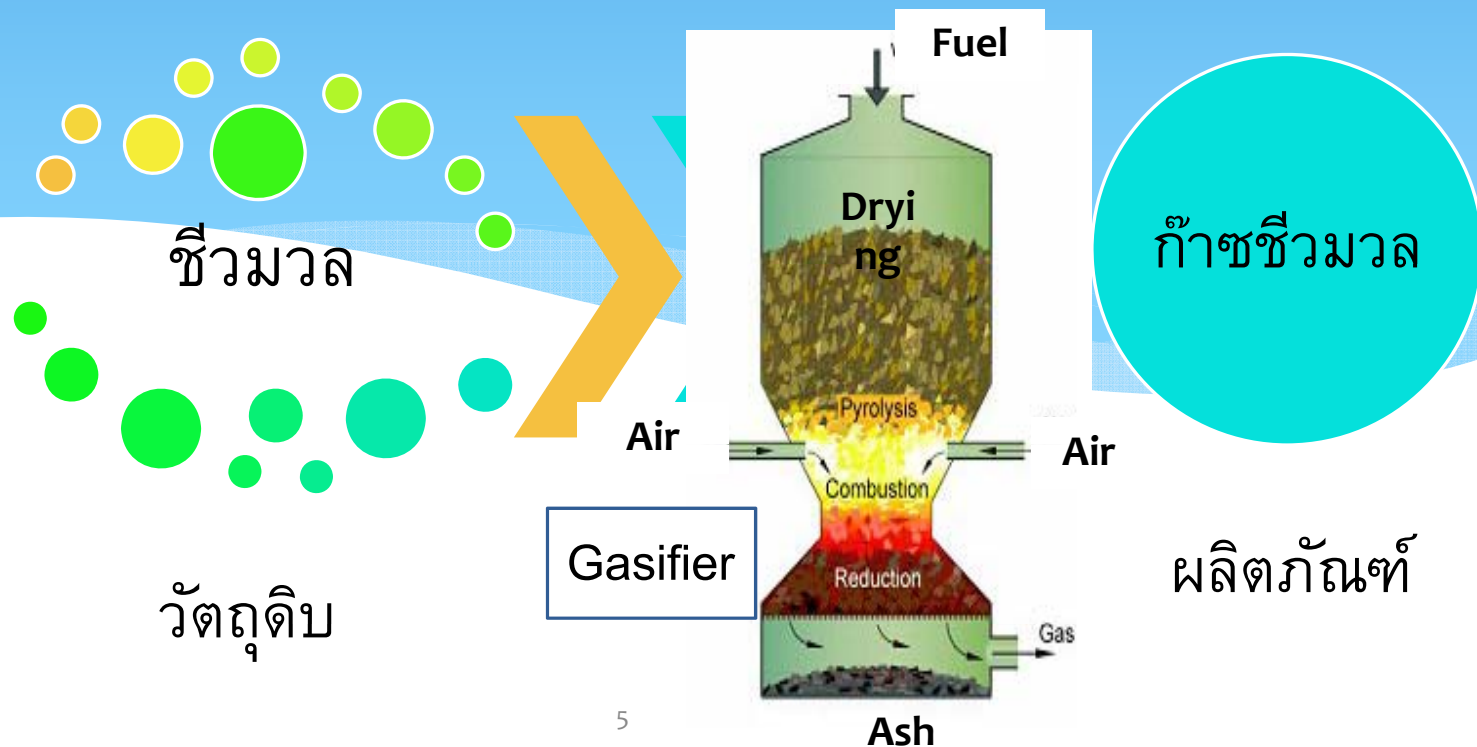
Ceramic Industry @ Imperial Pottery Ltd, Lumpang, Thailand





ก๊าซชีวมวล คือ อะไร

ก๊าซชีวมวล (Biomass gas) คือ ก๊าซที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) โดยมีชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง (บางครั้ง เรียก producer gas หรือ syngas)





ส่วนประกอบของก๊าซชีววมวล

โดยประมาณ สัดส่วนของก๊าซต่าง ๆ ในก๊าซชีววมวล ประกอบด้วย

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ประมาณ 22.0%

มีเทน (CH₄) ประมาณ 2.5%

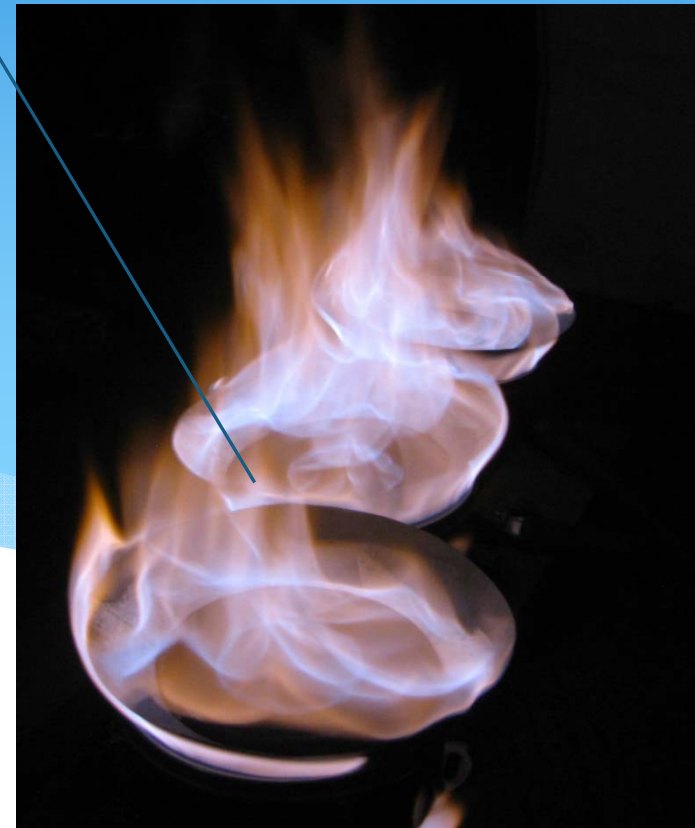
ไฮโดรเจน (H₂) ประมาณ 11%

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ประมาณ 12.0%

ไนโตรเจน (N₂) ประมาณ 50%

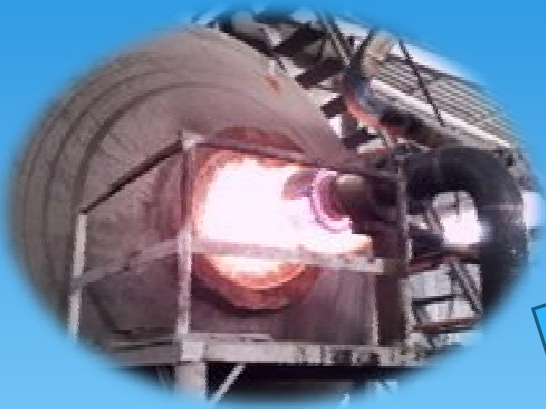
ออกซิเจน (O₂) ประมาณ 2%

มีค่าความร้อน ประมาณ 5.0- 6.0 MJ/Nm³





Applications of producer gas

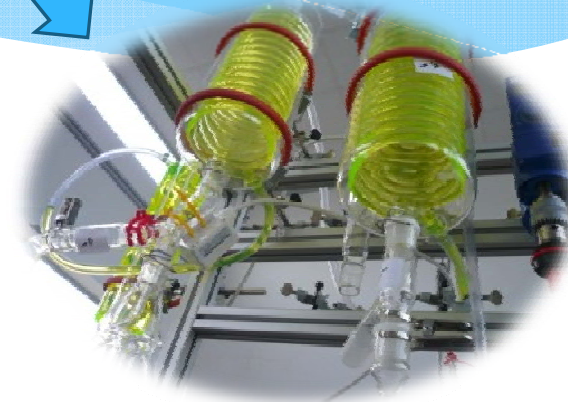


Heat source



Fuel in Engine

**Synthesis gas for
biomass to liquid (BTL)**





Current requirement

ในกระบวนการผลิตเซรามิก ของ อิมพีเรียลพอทเทอร์รี่ สามารถนำก๊าซชีววมวลมาใช้ได้หลายจุด เช่น

- * เครื่องจักรขึ้นรูปอัตโนมัติ ใช้แก๊ส 6.4 กก./เครื่อง จำนวน 4 เครื่อง = 25.6 กก.
- * ตู้อบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบ L ใช้แก๊ส 48 กก./ตู้ จำนวน 2 ตู้ เครื่อง = 96 กก.
- * ตู้อบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบ กระเช้า ใช้แก๊ส 8 กก./ตู้ จำนวน 4 ตู้ เครื่อง = 32 กก.
- * ตู้อบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบสายพาน ใช้แก๊ส 80 กก./ตู้ จำนวน 1 ตู้ เครื่อง = 80 กก.
- * ตู้อบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ใช้แก๊ส 56 กก./ตู้ จำนวน 1 ตู้ เครื่อง = 56 กก.
- * เตา Shuttle ขนาด 6 ลบ.ม. ใช้แก๊ส 83 กก./เตา จำนวน 4 เตา = 249 กก.

โดยเมื่อรวมกันแล้วเทียบเท่ากำลังความร้อน 1.0 MW หรือเทียบเท่า
ก๊าซชีววมวลปริมาณ 900 Nm³/hr.

The Design

Conditions and requirements

- * ระบบผลิตก๊าซต้องสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ที่เทียบเท่ากำลังความร้อน 1.0 MW
- * มีระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (Waste heat recovery)
- * มีระบบดักฝุ่น และ tar ที่มีประสิทธิภาพ
- * การเผาไหม้สะอาด เสมือนการใช้ LPG (ไม่กระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์)
- * สามารถผลิตก๊าซที่มีแรงดันสูงพร้อมจ่ายให้กับหัวเผาแบบ Automatic burner และ หัวเผาแบบ Ventury burner ได้
- * ทำอุณหภูมิในเตาเผา ได้ > 900 °C และ เร่งกำลังความร้อนได้เหมือน LPG
- * มีระบบดึงซีเถ้าออกและระบบต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

Conceptual design and flow process

ระบบเตรียมและป้อนเชื้อเพลิง

ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์

ระบบทำความสะอาดก๊าซ และนำความร้อนทิ้งมากลับมาใช้

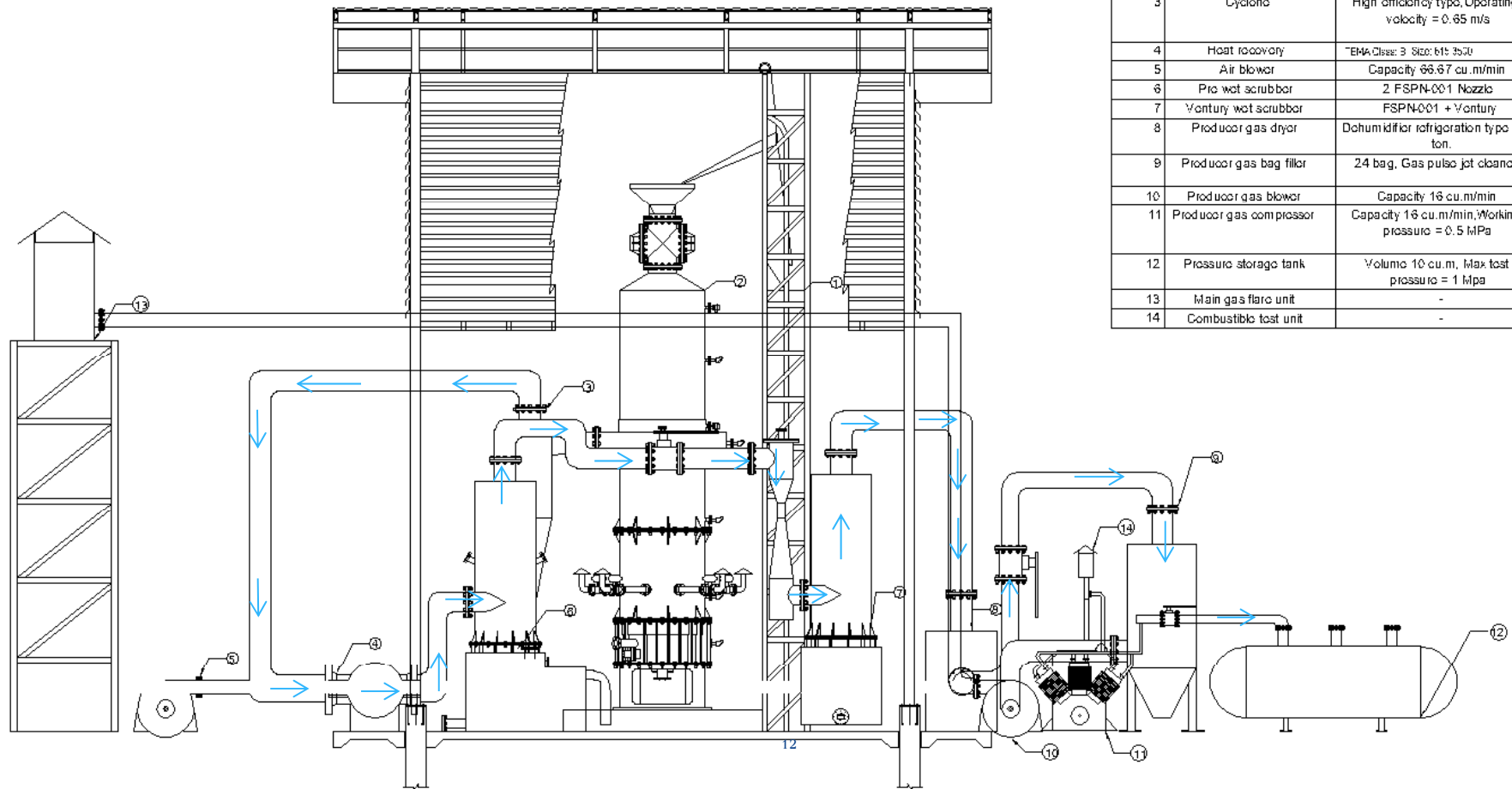
ระบบอัดและเก็บก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์

ชุดปรับแรงดันก๊าซ

Some specifications

- * แนวคิดในการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีววมวล
 - * เลือกใช้ระบบผลิตก๊าซชีววมวลแบบ Downdraft gasification เนื่องจากมีปริมาณ tar ต่ำ และเตาต้องมีระบบดึงเถ้าออกอย่างต่อเนื่องด้วยน้ำ
 - * ใช้ Cyclone ในการดักฝุ่นและนำฝุ่นออกด้วยน้ำ
 - * ใช้ Shell and tube heat exchanger ในการนำความร้อนทิ้งกลับมาอบแห้งเชื้อเพลิง
 - * ใช้ Tower wet scrubber และ Ventury wet scrubber ในการดักอนุภาคและทาร์
 - * ใช้ Gas dryer ในการลดความชื้นก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ก่อนอัดเข้าสู่ถังเก็บก๊าซ

Flow diagram ของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์

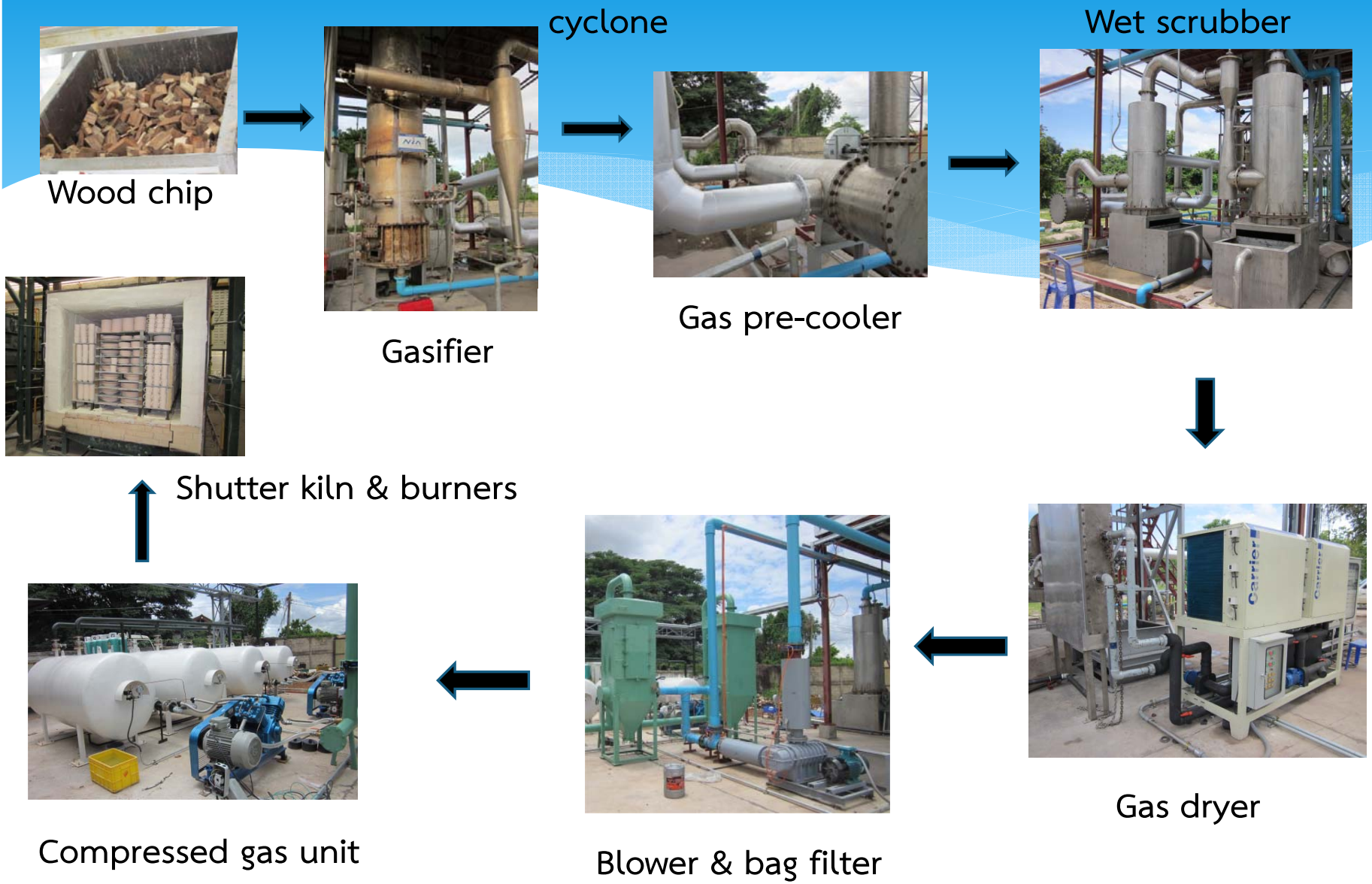


Symbol table		
NO.	Description	Specification
1	Bucket elevator	Capacity 0.12 cu.m Dimension 1.0x1.0x8.0 m
2	Downdraft gasifier	Capacity 1.0 MW
3	Cyclone	High efficiency type, Operating velocity = 0.65 m/s
4	Heat recovery	EMA Class: 3 Size: 6ft 3x30
5	Air blower	Capacity 66.67 cu.m/min
6	Pre wet scrubber	2 FSPN-001 Nozzle
7	Ventury wet scrubber	FSPN-001 + Ventury
8	Producer gas dryer	Dehumidifier refrigeration type 15 ton.
9	Producer gas bag filler	24 bag, Gas pulse jet cleaner
10	Producer gas blower	Capacity 16 cu.m/min
11	Producer gas compressor	Capacity 16 cu.m/min, Working pressure = 0.5 MPa
12	Pressure storage tank	Volume 10 cu.m, Max test pressure = 1 MPa
13	Main gas flare unit	-
14	Combustible test unit	-

ระบบผลิตก๊าซสังเคราะห์ สำหรับ
อุตสาหกรรมเซรามิก
ที่ อิมพีเรียล พอทเทอร์รี่ ลำปาง



Flow diagram of the system



ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specifications)

รุ่น	UBU-DDTG-002
กำลังการผลิตพลังงานความร้อน	1.0 MW _{th}
ชนิดของระบบผลิตก๊าซชีวมวล	Downdraft gasifier
อัตราการไหลของก๊าซชีวมวล	900 Nm ³ /hr.
ค่าความร้อนเฉลี่ยของก๊าซชีวมวล	5.0 MJ/Nm ³
ความดันใช้งาน	0.5 MPa
อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาในเตา	900 – 1,300 C
ปริมาณความจุของเชื้อเพลิง	4.75 m ³
การกำจัดขี้เถ้า	ใบกวาด และ ระบบน้ำหมุนเวียน
ชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง	ไม้สับขนาดไม่เกิน 3"x3"x3"
ความชื้นของเชื้อเพลิง	ไม่เกิน 15 %

Specification of component

1. ตู้อบแห้งเชื้อเพลิง

- * ทำหน้าที่ในการอบไล่ความชื้นของเชื้อเพลิงก่อนป้อนเข้าเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยใช้ความร้อนจากก๊าซร้อนที่ออกจากเตา
- * มีปริมาตรประมาณ 2.0 m^3
- * สามารถรองรับลมร้อนที่มีอัตราการไหล $66.67 \text{ m}^3/\text{min.}$



Specification of component

2. Bucket elevator

- * ทำหน้าที่ในการลำเลียงเชื้อเพลิงขึ้นสู่ Hopper ด้านบนสุด
- * มีความสูงรวม 8.6 เมตร
- * ทำงานรอกไฟฟ้าขนาด 500 kg.
- * ควบคุมตำแหน่งด้วย Limit switch
- * ปริมาตรประมาณ 150 ลิตร



Specification of component

3. เตาผลิตก๊าซชีวมวล หรือ ก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์

- * ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthesis -gas)
- * ชนิดเตาเป็นแบบ Downdraft double throat gasifier (Imbert type) + Hot gas pyrolysis system
- * Max test capacity = 1.2 MW
- * Working capacity = 900 kW - 1.0 MW
- * Turndown ratio = 13:1
- * Operating pressure = -20 mbar – -50 mbar
- * ควบคุมอากาศด้วย Pneumatic actuator powered valve
- * วัสดุ ส่วน Shell ทำจาก Stainless SUS-304 ส่วน Combustion Zone เป็นปูนทนไฟ C40A หล่อ
- * หัวฉีดทำจาก Stainless SUS-304 หุ้มด้วย Tungsten carbide + Fiber glass



Specification of component

4.Cyclone separator

- * ทำหน้าที่ในการดักฝุ่น เถ้าที่ปนมากับก๊าซที่ออกจากเตา
- * ชนิด High efficiency type
- * รองรับก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง
- * ดึงเถ้าออกด้วยน้ำ ทาง Collecting hopper



Specification of component



5. Waste heat recovery unit

- * ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจากก๊าซที่ร้อนที่ออกจาก Cyclone separator กับอากาศเพื่อสร้างลมร้อนในการอบเชื้อเพลิง
- * ออกแบบตามมาตรฐาน Tema Class B (ASME VIII-1 2010)
- * ขนาดภายนอก \varnothing 615 mm. x L 3,530 mm.
- * จำนวนท่อแลกเปลี่ยนความร้อนท่อ SUS 304 – 25A x Sch20s จำนวน 101 ท่อ
- * ใช้อากาศในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่อัตราการไหล 4,000 Nm³/hr.

Specification of component

6. Tower wet scrubber

- * ทำหน้าที่ในการดักฝุ่น และ tar ที่ปนมากับก๊าซที่ออกจากเตา
- * ใช้หัวฉีด FSPN-001 จำนวน 2 ฉีด
- * ประสิทธิภาพการดักที่ 60 %
- * ใช้น้ำที่อัตราการไหล 250 l/min.
- * น้ำความดัน 0.2 MPa



Specification of component

7.Ventury wet scrubber

- * ทำหน้าที่ในการดักฝุ่น และ tar ที่ปนมากับก๊าซที่ออกจากเตา
- * ใช้หัวฉีด FSPN-001 จำนวน 1 ฉีด
- * ใช้หลักการเร่งความเร็วของก๊าซขณะเกิดการสัมผัสกับหยดน้ำ
- * ใช้ค่า $\beta = 0.44$
- * ประสิทธิภาพการดักที่ 95 % Up
- * ใช้น้ำที่อัตราการไหล 120 l/min.
- * ความดัน 0.2 MPa



Specification of component

8. Gas dryer

- * หน้าที่ในการแลกเปลี่ยนลดความชื้นของก๊าซที่ผ่านการทำความสะอาดด้วย Wet scrubber
- * ใช้ Coil น้ำเย็นขนาด 180,000 Btu/hr.
- * ออกแบบ ให้ก๊าซขาออก $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Humidity = 40 % RH
- * หุ้มฉนวนกันความร้อนหนา 25 mm.
- * ทำงานร่วมกับ Air cooled water chiller ขนาด Capacity 15 ton



Specification of component

9. Gas blower

- * หน้าที่ใช้ในการดูดอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยาในเตา และดึงก๊าซผ่านอุปกรณ์ต่างๆในระบบ
- * ขนาดอัตราการไหลสูงสุด 1,500 Nm³/hr.
- * ควบคุม Capacity ด้วย Invertor
- * เป็นชนิด Three lob blower



Specification of component

10. Gas compressor

- * หน้าที่ในการอัดก๊าซที่ผ่านการทำความสะอาดลดอุณหภูมิแล้ว เข้าสู่ถังเก็บก๊าซเพื่อจ่ายเข้าสู่จุดใช้งาน
- * เป็นแบบลูกสูบ V 4 สูบ จำนวน 2 เครื่อง
- * ขนาดอัตราการไหลทางดูดสูงสุด 530 Nm³/hr.
- * ความดันทางส่งใช้งาน 0.5 Mpa (5 bar)
- * ทำงานตามการสั่งงานของ Pressure switch



2.Specification of component

11. Pressurized producer gas storage tank

- * หน้าทีในการเก็บกักก๊าซเพื่อจ่ายเข้าสู่จุดใช้งาน
- * เป็นถังปริมาตร 2.5 m³ จำนวน 4 ถัง
- * Max. Test pressure = 1.0 MPa
- * Working pressure = 0.5 Mpa
- * Pressure relief = 0.6 Mpa
- * ติดตั้ง Pressure switch และ ระบบ Auto drain



ระบบควบคุม

- * สามารถควบคุมได้ 2 แบบ คือ
 - * สั่งการทำงานด้วยมือ (Manual control)
 - * สั่งการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic control) โดยสั่งงานผ่าน PLC ให้อุปกรณ์ในระบบทำงานได้โดย ไม่ต้องมี Operator คอยสั่งการ
- * มีระบบตรวจสอบคุณภาพก๊าซก่อนใช้



ระบบความปลอดภัย (Safety)

- * วาล์วทุกตัวในระบบฯ เป็นชนิด NC (Normally close) เมื่อกรณีเกิดเหตุขัดข้องหรือกระแสไฟฟ้าดับ ระบบจะหยุดและปิดทางก๊าซและอากาศทั้งหมดทันที
- * เครื่องจักรที่ใช้กระแสไฟฟ้าทุกชิ้น ใช้มอเตอร์ที่มีระดับการป้องกัน IP 44 ขึ้นไป
- * ถังเก็บก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีการติดตั้ง Pressure relief valve ในกรณีที่ถังเกิด Over pressure

การนำไปใช้งาน

- * เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ติดและสามารถผลิตก๊าซจุดเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้ภายใน 10 นาทีนับตั้งแต่จุดเตา
- * และสามารถจ่ายก๊าซเข้าสู่ระบบอัดก๊าซได้ภายใน 15 นาที นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา
- * สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- * มี Turndown ratio สูงถึง 13:1

ผลการทำงาน



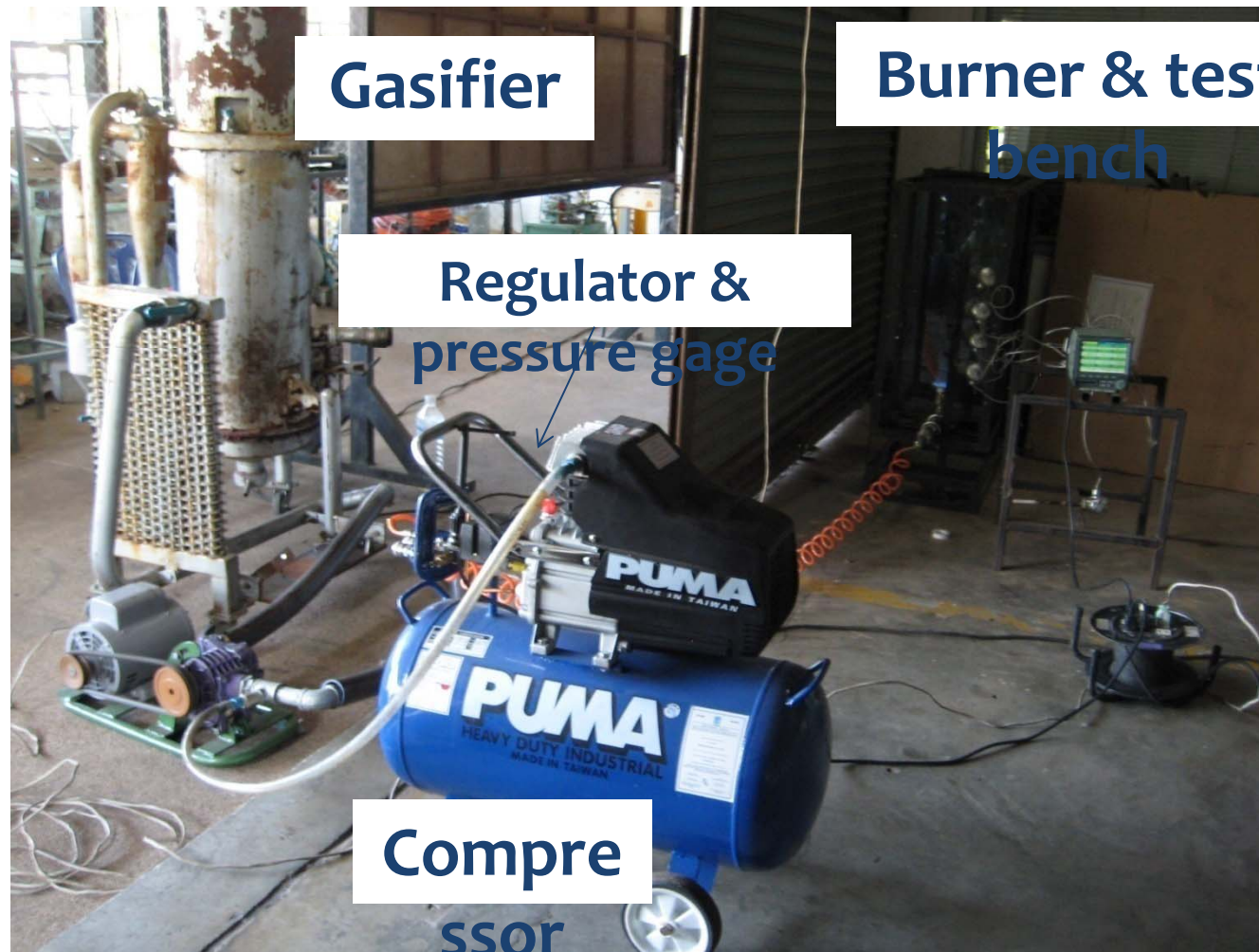
วิดีโอแสดงการจุดติดของก๊าซเชื้อเพลิง



Application: ผลการใช้งานก๊าซชีววมวลสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

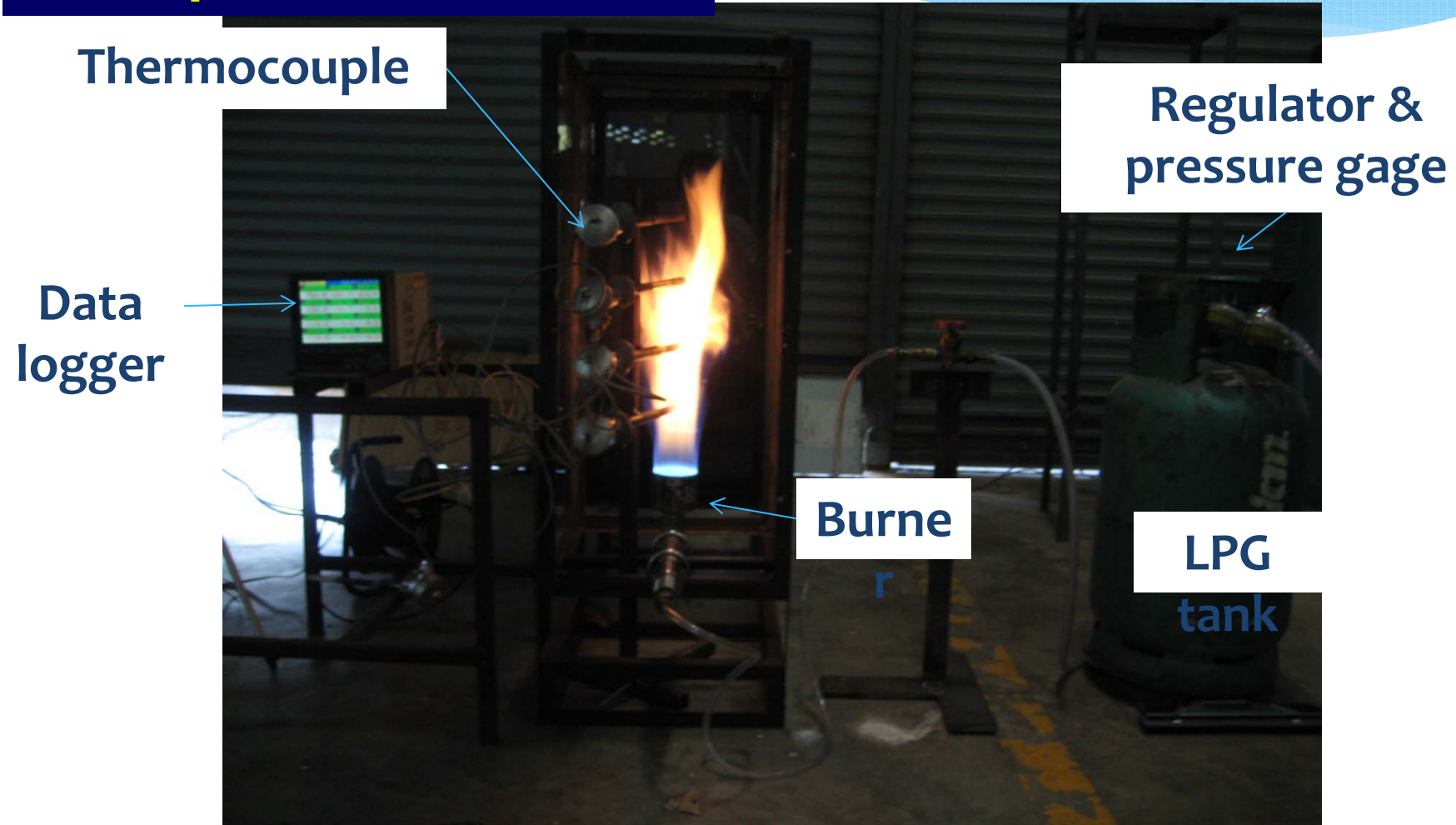
Burner Test in Laboratory

เพื่อหา Temp Profile ของ Producer gas เทียบกับ LPG



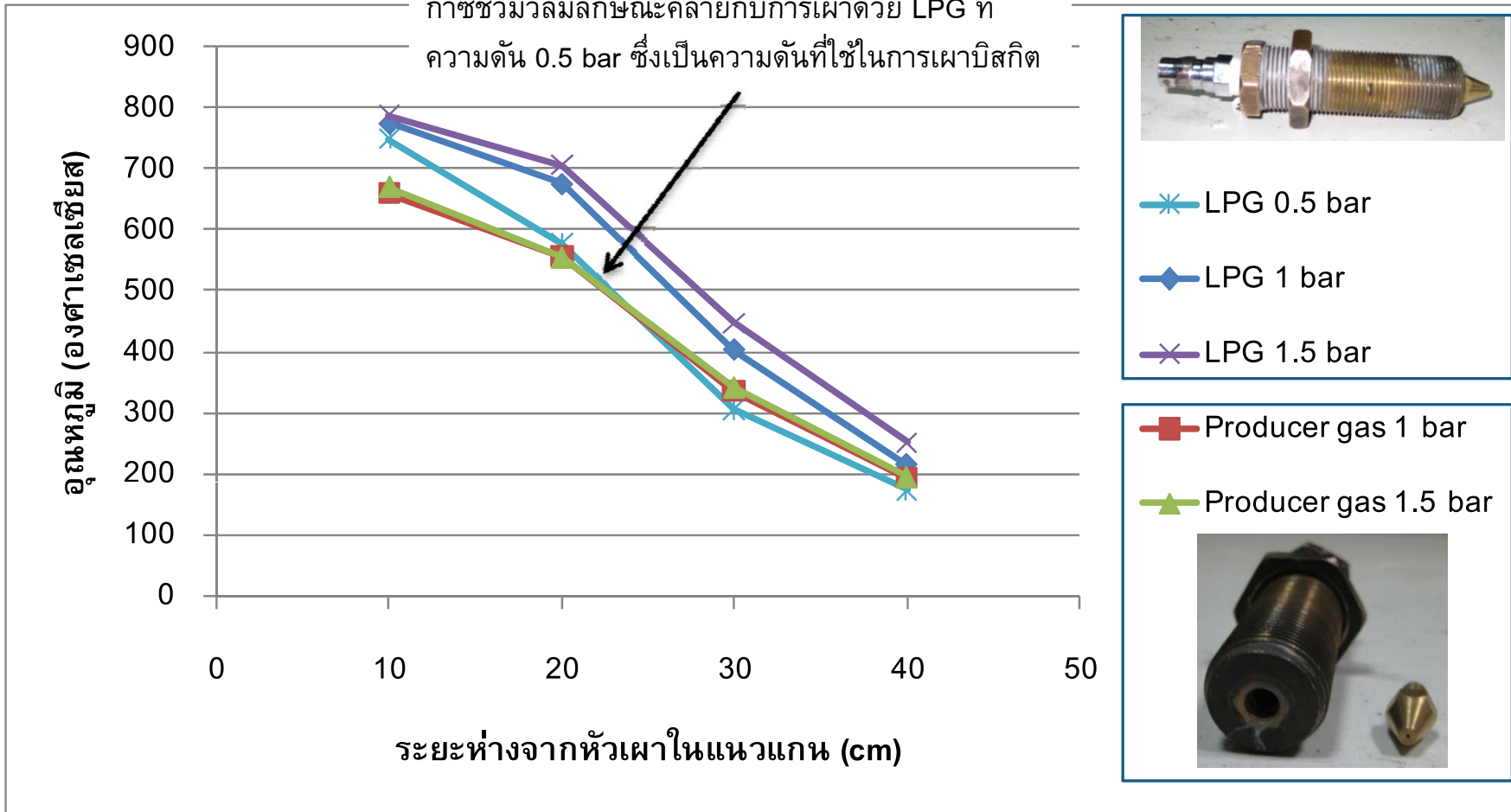
Burner Test in Laboratory

Temp Profile ของ LPG

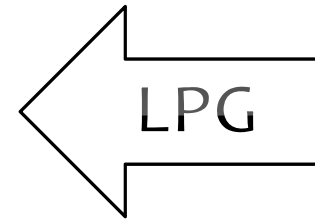


Comparison of Temp Profile between LPG and Producer gas

ผลการทดสอบพบว่า Profile ของอุณหภูมิจากการใช้
ก๊าซชีววมวลมีลักษณะคล้ายกับการเผาด้วย LPG ที่
ความดัน 0.5 bar ซึ่งเป็นความดันที่ใช้ในการเผาบิสกิต



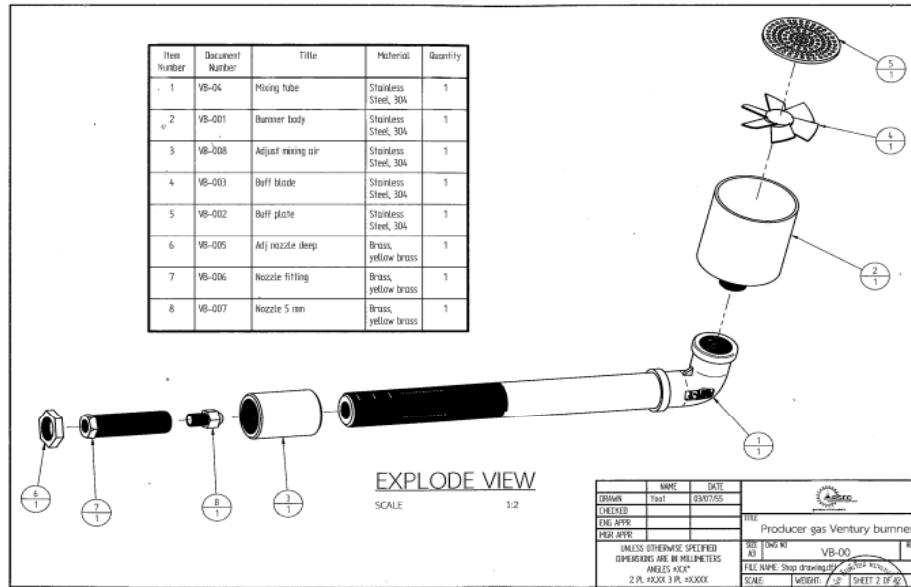
เปรียบเทียบลักษณะเปลวไฟ ของ LPG กับ Producer gas



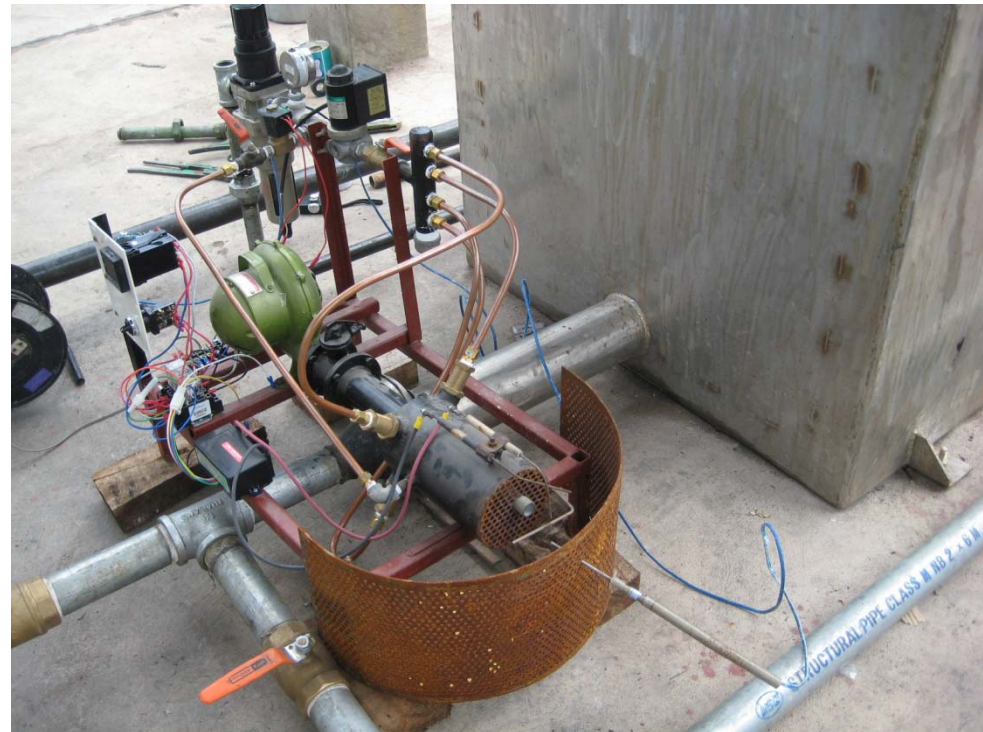
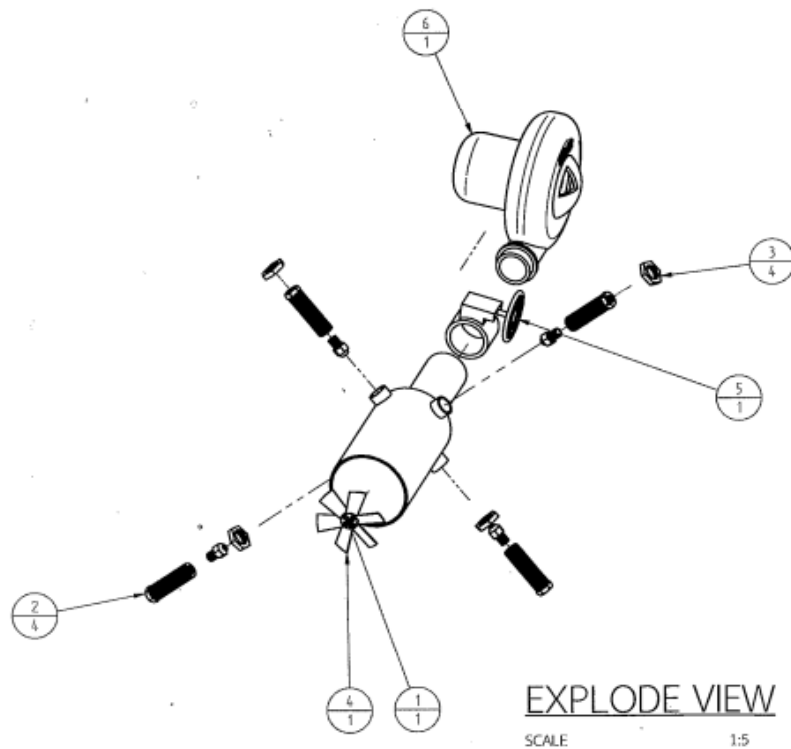
1 bar

1.5 bar

Modified Ventury Burner



Modified Automatic burner



Installation in the actual process



ติดตั้งหัวเผา Ventury ในเตาเผาบิสกิต



ติดตั้งหัวพ่นไฟอัตโนมัติ เตาเผาอบพิมพ์

**การใช้งานก๊าซชีววมวล
ในการกระบวนการผลิตเซรามิก**

ขั้นตอนการดำเนินงาน

คัดเลือกเชื้อเพลิง



ผลิตก๊าซคุณภาพ



เผาผลิตภัณฑ์



ตรวจสอบผลิตภัณฑ์



การใช้งานก๊าซชีววมวลในเตาเผาบิสกิต

นำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา



เผาด้วยก๊าซชีววมวล



ควบคุมอุณหภูมิ



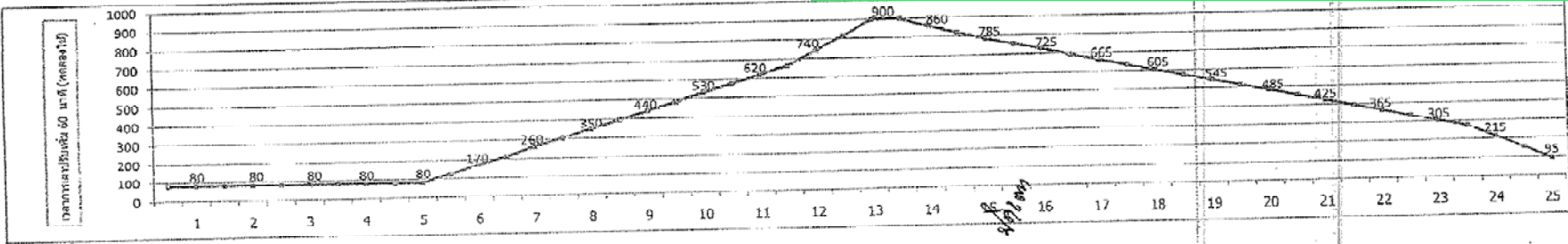
Visual check



Kiln temperature profile in biscuit firing

กราฟอุณหภูมิควบคุมการเผาผลิตภัณฑ์

กราฟเผาเบเกอรี่ Shuttle (ทดลองใช้) เตา.....1..... ประจำวันที่ 18-6-55



เวลาเผา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
อุณหภูมิ (ทดลองใช้)	80	80	80	80	80	170	250	350	440	530	620	740	900	860	785	725	665	605	545	485	425	365	305	215	95
Rate องศา/นาที						1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
อุณหภูมิ เฝ้าจริง																									
แรงดัน psi																									
ระยะปรับ เตาเปอร์	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ระยะปรับ เตาเปอร์จริง																									

หมายเหตุ
 ปรับเพิ่มเวลา 30 วินาทีโดยควบคุม Rate การขึ้นอุณหภูมิ ดังนี้
 80 - 650 องศา Rate 1.5 องศา/นาที
 651 - 900 องศา Rate 2.5 - 3 องศา/นาที

199) 03.20 ความผิดปกติที่ 10 นาที 1200 องศา ที่ 1200 องศา
 199) 20.00 เริ่มปรับลดอุณหภูมิที่ 1200 องศา
 60 A.

เวลา	รายละเอียด	อุณหภูมิจริง	อุณหภูมิตั้ง
07.30	ความกดอากาศแปรปรวน	380	544
10.30	เปิดประตูเตา 1 นาที		534
	เปิดประตูเตา 2 นาที		501
	เปิดประตูเตา 3 นาที		
	เปิดประตูเตา 4 นาที		
	เปิดประตูเตา 5 นาที		
	เปิดประตูเตาทั้งหมด	200	
	ควบคุมเตาอุณหภูมิคงที่	155	
	ควบคุมเตาอุณหภูมิคงที่	95	

03.30 ชม. ปิดประตูเตา V2 ปรับอุณหภูมิ + 100 องศา
 จุดเตาเวลา 14.30 ชม. 3 ชม.

บันทึก
 มีเตอร์อุณหภูมิ.....ม.
 มีเตอร์พลังเตา.....ม.
 ปริมาณเบเกอรี่.....ม.
 ปริมาณเบเกอรี่.....ม.

เขียนที่..... วันที่ 18.6.55
 ผู้ตรวจสอบ.....

31/05/55

การใช้งานก๊าซชีววมวลในเตาเผาเบสิกิต

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่เผาด้วยก๊าซชีววมวลและ LPG



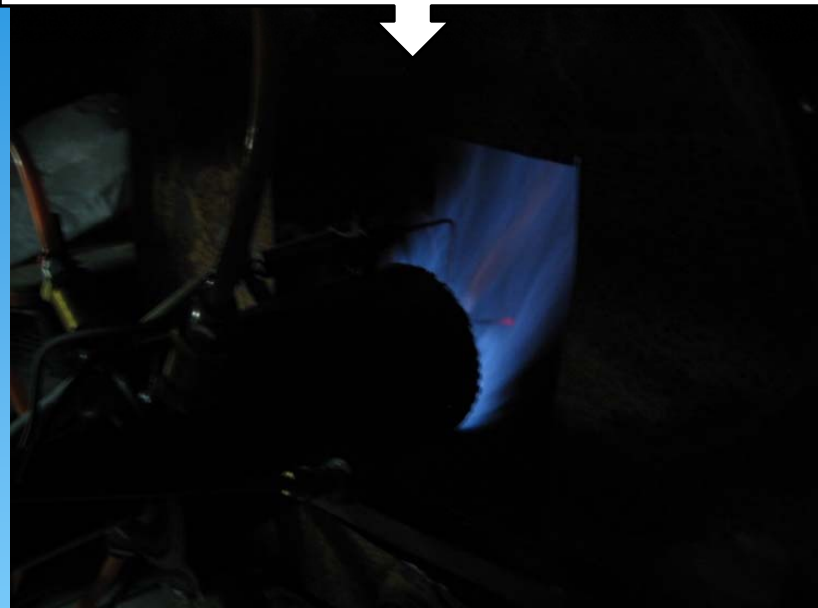
การทดสอบพบว่า สีของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกัน
และความหนาของชั้นเคลือบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การใช้งานก๊าซชีววมวลในเตาเผาอบพิมพ์

ตำแหน่งติดตั้งหัวพ่นไฟ



ลักษณะการทำงาน



- เริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C และตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 68 °C
- จากการทดสอบมากกว่า 100 รอบ พบว่าหัวเผาสามารถจุดติดตามเงื่อนไขทุกครั้ง
- หัวเผาอัตโนมัติ สามารถตัดการจ่ายก๊าซเมื่อจุดเปลวไฟไม่ติดภายใน 3 วินาที



Recommendation & further improvement

- * Future challenge => single fire (1200°C)
- * Tar contamination
 - * High efficiency Tar reduction system
 - * Optimum operating condition (High Temp & high Load)
- * High efficiency PG gas burners
- * Need good load management to maximize plant efficiency
- * Require regular maintenances
- * Feed stock (biomass) quality control is important.

Thank you for your kind attentions



- * For more info. Contact Assoc.Prof.Dr. Kulachate Pianthong
- * Mechanical Engineering, Ubon Ratchathani University
- * Email: K.Pianthong@gmail.com
- * Tel: 081 876 2506 หรือ 045 353 309