

การทำเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านไม้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล



นายมานพ ปิยะศิลป์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยุทรัพยากร

พ.ศ. 2528

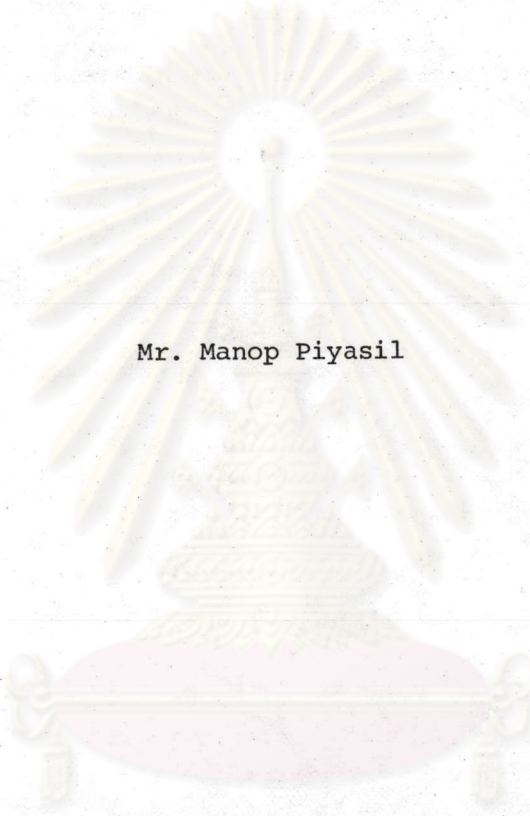
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ISBN 974-564-308-4

008976

i 1700 5358

CHARCOAL GASIFICATION FOR A DIESEL ENGINE



Mr. Manop Piyasil

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำ เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านไม้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

โดย นายมานพ ปิยะศิลป์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะसार ประเสริฐธรรม



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาโทบัณฑิต

[Handwritten signature]

.....คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

()

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

[Handwritten signature]

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชาญชัย ลิ้มปิยากร)

[Handwritten signature]กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วิทยา ยงเจริญ)

[Handwritten signature]กรรมการ

(อาจารย์ วิทยา รุ่งแสง)

[Handwritten signature]กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะसार ประเสริฐธรรม)

[Handwritten signature]กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา)



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านไม้ สำหรับ เครื่องยนต์ดีเซล
ชื่อนิสิต	นายมานพ ปิยะศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะसार ประเสริฐธรรม
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	พ.ศ. 2527

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการค้นคว้า เพื่อศึกษาทฤษฎีและผลงานที่ผ่านมาของการผลิตแก๊ส เชื้อเพลิง จากชีวมวลที่เป็นของแข็ง รวมทั้งออกแบบสร้างเตาผลิตแก๊สชนิดดาวน์ดราฟ เพื่อทดสอบหาแนวทางที่จะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลกับ เครื่องยนต์ดีเซล

ในขั้นตอนการศึกษาได้รวบรวมเอกสารเกี่ยวกับ แก๊สซิฟิเคชัน จากต่างประเทศหลายแห่ง นำมาศึกษาปฏิกิริยาการเกิดแก๊สเชื้อเพลิง, ชนิดของเตาผลิตแก๊สที่ใช้ได้ในอดีต รวมทั้งเตาผลิตแก๊ส ซึ่งได้สร้างและทดสอบของภาควิชาเครื่องกล จุฬาฯ และนำมาปรับปรุงพัฒนาออกแบบสร้างเตาผลิตแก๊สใหม่ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น นำเตาผลิตแก๊สที่ปรับปรุงนี้ทดสอบโดยใช้อัตราการไหลของแก๊สคงที่ ทาผลกระทบของฉนวนรอบห้องเผาไหม้ และความยาวของ ออกซิเดชันโซน ที่มีต่อส่วนประกอบของแก๊ส ปรับปรุงห้องเผาไหม้จากผลการทดสอบแล้วทดสอบหาผลกระทบของอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปต่อ ส่วนประกอบของแก๊ส

หลังจากทดสอบและปรับปรุงเตาผลิตแก๊สจนได้คุณภาพของแก๊ส เป็นที่น่าพอใจแล้ว ได้นำเตาผลิตแก๊สและอุปกรณ์ควบคุมต่อประกอบเข้ากับ เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 7.5 กิโลวัตต์ เพื่อทดสอบหาแนวทางที่จะนำแก๊สมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล โดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงเป็นระบบเชื้อเพลิงสองระบบ ที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 1350, 1550, 1750 รอบต่อนาที

ผลการทดสอบโดยใช้ถ่านไม้ เป็นเชื้อเพลิงได้คุณภาพของแก๊สจากเตาผลิตแก๊ส
เป็นที่น่าพอใจ คือได้ประสิทธิภาพทางความร้อนในการเปลี่ยนจากถ่านไม้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงประมาณ
70-80% ส่วนกำลังม้าขาออกของเครื่องยนต์ไม่ได้ตกลงเลย และการควบคุมก็ไม่ยุ่งยากมากนัก
สามารถจะใช้แก๊สทดแทนน้ำมันดีเซลได้สูงถึง 80% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์

จากผลของการวิจัยครั้งนี้ผู้เขียนได้พบว่าสามารถจะปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาให้ดีขึ้น
ได้อีก จึงได้เสนอแบบเตาผลิตแก๊สแบบดาวนัรธาฟ เพื่อผู้ที่มีความสนใจจะได้นำไปสร้าง และทดสอบ
เพื่อใช้งานต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒

Thesis Title Charcoal Gasification for a diesel engine

Name Mr. Manop Piyasil

Thesis Advisor Dep. Prof. Phulporn Saengbangpla
 Asst. Prof. Piyasan Prasertthdam

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1984

ABSTRACT


Successful gasification were studied including the designed and developed a downdraft gas producer to produce gas for the substitution of diesel fuel in an engine.

The developed downdraft gas producer was constructed and tested were carried on by keeping the gas flow rate constant. The effects of combustion zone insulation, and the length of oxidation zone, relation to gas compositions were also studied. The best combustion zone was then fixed and the effects of gas flow rate on gas compositions were obtained.

The downdraft gas producer then connected to a 7.5 KW diesel engine using a dual fuel system. The possibility of gas substitutional to diesel fuel were experimented at a constant speed of 1350, 1550, 1750 rpm.

The results showed that the gas producer gave a heat conversion efficiency of 70-80%. The gas could be substituted for diesel fuel as high as 80% of the total fuel oil depending on the speed and load of the engine. The output from the engine were satisfied and no controlling problems occurred.

From the test result a more efficient gas producer were suggested. Those who interested in gasification can study and constructed for their further application.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิติกรรมประกาศ

การวิจัยและการทดสอบครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากหน่วยงาน และบุคคลากรต่าง ๆ จึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้คือ

- บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ทุนสนับสนุน
- ฝ่ายวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ทุนสนับสนุน
- ร.ศ. พูลพร แสงบางปลา และ ผ.ศ. ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้คำปรึกษาและแนะนำ
- ผ.ศ. ชายุชัย ลิมปิยากร , ร.ศ. ดร.วิทยา ยงเจริญ, อาจารย์ วิทยา รุ่งแสง ได้ให้ข้อเสนอแนะในการเขียน
- กองวิศวกรรม กรมการขนส่งทางบก และเจ้าหน้าที่ ให้ใช้อุปกรณ์ทดสอบ
- กองควบคุมคุณภาพ การบีโอดีเยี่ยม แห่งประเทศไทยและเจ้าหน้าที่ ให้ความช่วยเหลือทดสอบแก๊ส
- อาจารย์, เจ้าหน้าที่, ช่างเทคนิค ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ให้ความร่วมมือ และสถานที่ในการทดสอบเป็นอย่างดี

ท้ายนี้บุคคลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ก็คือ บิดา มารดา ของผู้เขียนเองซึ่งท่านได้เลี้ยงดู และอุปการะตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เขียนได้รับการศึกษาจนถึงขั้นนี้ แม้เนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พอมิประโยชน์อยู่บ้าง ผู้เขียนขออุทิศกุศลเหล่านั้น แต่ท่านทั้งสองไว้ ณ ที่นี้ด้วย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ประวัติและผลงานการค้นคว้า Gasification.....	3
2.1 ประวัติความเป็นมาของ Gasification.....	3
2.2 ปฏิกิริยาเคมีการผลิตแก๊สจากชีวมวลที่เป็นของแข็ง.....	6
2.3 เตาผลิตแก๊ส (Gas Producer).....	20
2.4 เชื้อเพลิงที่ใช้กับ เตาผลิตแก๊ส.....	40
2.5 ระบบปรับปรุงคุณภาพแก๊สทางฟิสิกส์ก่อนใช้กับเครื่องยนต์สันดาป ภายใน.....	46
3. เตาผลิตแก๊สที่ใช้ทำการทดสอบและการปรับปรุง.....	57
3.1 เตาผลิตแก๊สก่อนการปรับปรุง (ME/CU I).....	57
3.2 เตาผลิตแก๊สที่ปรับปรุงแล้ว (ME/CU II).....	59
4. อุปกรณ์ในการทดสอบ.....	62
4.1 เครื่องยนต์และอุปกรณ์ควบ.....	63
4.2 เตาผลิตแก๊สและอุปกรณ์ควบ.....	65
4.3 อุปกรณ์ในการทดสอบแก๊ส.....	68
4.4 เครื่องมือวัดควันดำจากไอเสีย.....	68
5. วิธีการทดสอบ.....	71

5.1 การเตรียมการทดสอบ.....	71
5.2 การทดสอบผลของฉนวนและรูปร่างของห้องเผาไหม้ต่อปริมาณ ของ CO.....	72
5.3 การทดสอบเตาผลิตแก๊สกับเครื่องยนต์ดีเซล 7.5 KW.....	73
6. ผลการทดสอบและการวิจารณ์	75
6.1 ผลของฉนวนและรูปร่างของห้องเผาไหม้ต่อปริมาณของ CO ที่เกิดขึ้น.....	75
6.2 ผลการทดสอบเตาผลิตแก๊สเมื่อค่า Gas flow rate เปลี่ยนแปลง โดยใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล 7.5 KW	78
6.3 สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้แก๊สจากเตาผลิตแก๊สเป็น ระบบ Dual Fuel เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลอย่างเดียว.....	82
7. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	88
เอกสารอ้างอิง.....	92
ภาคผนวก.....	97
ก. ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล 7.5 KW	98
ข. ตัวอย่างการคำนวณ.....	102
ค. Orifice Gas Flow Meter Caribration.....	104
ง. การออกแบบ Cyclone Filter.....	107
จ. การหาปริมาตร ของ H ₂ ใน Producer Gas โดยใช้ Orsat Apparatus.....	108
ประวัติ.....	111

สารบัญตาราง

บทที่ 2

หน้า

Table 2.1	Higher Heating Values of The Constituents of Producer Gas. (20).....	17
Table 2.2	Gas Composition Versus Air Blast Velocity at Tuyere (24).....	35
Table 2.3	Tuyere Diameter Versus Useful Range of Air Rate, Gas Rate and Engine Power (24)	35
Table 2.4	Recommended Minimum Air Velocities Gas and Air Rates, for Various Tuyere Diameters (24).....	35
Table 2.5	Dimensions for Swedish Downdraft Gas Producers (29).....	38
Table 2.6	Gas Quality Versus Downdraft and Updraft Gas Producer for Charcoal and Anthracite Fuel (14).....	39
Table 2.7	Gas Quality Versus Updraft and Crossdraft Gas Producers for Four Different Coal Fuel (27)	39
Table 2.8	Moisture Content and Heating Values of Fossil Fuel (1)	41

Table 2.9	Moisture Content and Heating Values of Non Fossil Fuel (1).....	41
Table 2.10	Recommended Fuel Size for small Gas Producers (20-100 hp.).....	42
Table 2.11	Bulk Density of Various Fuels.....	43
Table 2.12	Volatile Matter of Fuels for fuel Gasification.....	44
Table 2.13	Ash Content of Major Fuels (19, 22, 26).....	44
Table 2.14	Flow and Boiling Point Temperatures of Common Ash Constituents (1)	45
Table 2.15	Mineral Oxide in Coal and Biomass Ash (19, 22).....	46
Table 2.16	Gas Temperature at Outlet for various Gas Producers.....	49
Table 2.17	Efficiency Range of Medium and High Efficiency Cyclone (37).....	50

บทที่ ๖

Table 6.1	Gas Composition of Combustion Zone Without Insulation and With Insulation at Gas Flow Rate 2.7 L/sec. (From Orsat Apparatus)	76
Table 6.2	Gas Compositon Versus Position of Chock Plate at Gas Flow rate 2.7 L/sec (From Orsat Apparatus).....	77
Table 6.3	Gas Composition Versus Gas Flow Rate...	79

Table 6.4	Gas Composition Versus Gas Flow Rate.....	79
Table 6.5	Gas Flow Rate Versus Charcoal Consumption.....	79



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

บทที่ 2

หน้า

Figure 2.1	Chemical Constituents that may be present in a Solid Fuel (23).....	7
Figure 2.2	Combustion of a Solid (23).....	8
Figure 2.3	Combustion of a bed of Solid Fuel, Overfeed Arrangement (23).....	11
Figure 2.4	Updraft Gas Producer (7).....	12
Figure 2.5	Downdraft Gas Producer (7).....	12
Figure 2.6	Crossdraft Gas Producer (7).....	12
Figure 2.7	Influence of Temperature on the Conversion of CO_2 to CO (11).....	13
Figure 2.8	Conversion of CO_2 to CO With Wood Charcoal and Coke (11).....	14
Figure 2.9	Air - Gas Composition of Gasification of Carbon at 1 atm. (17).....	15
Figure 2.10	Schematic Concentration and Temperature Profiles in the Double Film Model (17)...	15
Figure 2.11	Temperature of Solid and Gas Phase in a Gas Producer (17).....	16
Figure 2.12	Equilibrium Curve for Methane at 1 atm. (17).....	16
Figure 2.13	Gas Composition and Energy Content of Producer Gas as a Function of Time (1)...	18

Figure 2.14	Composition of Water Gas from Carbon 1 atm. (17).....	18
Figure 2.15	Equilibrium Composition and Energy Content of Producer Gas at 1 atm. (6).....	19
Figure 2.16	Diagram of Updraft Gasification. (44).....	20
Figure 2.17	Temperature Profile in an Updraft Gas Producer. (39).....	21
Figure 2.18	Hearth Zone of C.G.B. Producer. (14)..	23
Figure 2.19	Hearth Zone of Malbay Producer. (14)..	23
Figure 2.20	Koela Updraft Gas Producer. (14).....	23
Figure 2.21	Hansa Gas Producer. (14).....	23
Figure 2.22	Pilot Gas Producer, Mie University. (39) (40).....	24
Figure 2.23	Downdraft Gasification. (35).....	25
Figure 2.24	Wall Tuyeres Central Air Feed. (34)..	25
Figure 2.25	Wall Tuyeres Individual Air Feed. (35).....	25
Figure 2.26	Central Air Inlet From Below. (34)..	26
Figure 2.27	Central Air Inlet From Below and Refractory Lining. (34).....	26
Figure 2.28	Central Air Inlet From Above and Below. (34)	26

Figure 2.29	Central Air Inlet From Above and Refractory Lining. (1).....	26
Figure 2.30	Wall Tuyere and Conventional Throat. (16).....	27
Figure 2.31	Middle Tuyere Pointed Downward and Conventional Throat. (16).....	27
Figure 2.32	Middle Tuyere Pointed Upward and Conventional Throat. (16).....	28
Figure 2.33	Wall Tuyere and Choke Plate. (1)....	28
Figure 2.34	Fire Zone in Front of Wall Tuyeres (17).....	28
Figure 2.35	Crossdraft Gas Producer. (35).....	30
Figure 2.36	Watercooled Rectangular Tuyere for Crossdraft Gas Producer. (35).....	30
Figure 2.37	Tuyere of H.S.G. Plant. (4).....	31
Figure 2.38	Sabatier Air Cooled Tuyere. (44)....	31
Figure 2.39	Diagram of Fire, Reduction and Distillation Zone in a Crossdraft Gasifier. (18).....	31
Figure 2.40	Wishart Crossdraft with Adjustable Grate. (2).....	32
Figure 2.41	Lower Heating Value of the Gas Versus Fire Length. (2).....	32
Figure 2.42	Heating Value of the Gas Versus Transit Time in a Crossdraft Gas Producer. (2).....	33

Figure 2.43 Gas Composition Versus Water Injected
in a Cross draft Gas Producer. (2).... 33

Figure 2.44 Fire Zone Temperature Versus Air Blast
Velocity at Tuyere. (24)..... 34

Figure 2.45 Conversion Ratio Versus Air Rate for
Vanous Tuyere Diameters. (24)..... 34

Figure 2.46 Exit Grate Temperature Versus Air Rate
for Various Lire Lengths. (24)..... 36

Figure 2.47 combination of Downdraft and Crossdraft
Gas Producer. (35)..... 37

Figure 2.48 Brandt Double Zone Gas Producer..... 37

Figure 2.49 UCD Laboratory Gas Producer. (15)..... 37

Figure 2.50 Swedish Downdraft Gas Producer. (29).. 38

Figure 2.51 Dimensions for Downdraft Gas Producer
with Wall Tuyeres. (29)..... 38

Figure 2.52 Desired Grading of Gas Producer Fuel.
(3)..... 42

Figure 2.53 Ultimate Analysis of Wood and Coal.
(35)..... 47

Figure 2.54 Ultimate Analysis of Biomas Fuel Tested
at the University of California, Davis 47

Figure 2.55 Dust Concentration as a Function of
the Fuel. (3)..... 48

Figure 2.56 Exit Gas Temperature Versus Specific
Gasification Rate. (29)..... 48

Figure 2.57	Potential Tar Versus Volatile Matter. (21).....	48
Figure 2.58	High (A) and Medium (B) Efficiency Cyclone. (36, 38).....	58
Figure 2.59	Recommended Dimensions for a High Efficiency Cyclone. (10).....	51
Figure 2.60	Air Cooler.....	52
Figure 2.61	Self Induced Spray Scrubber. (8).....	53
Figure 2.62	Plate Column. (42).....	53
Figure 2.63	Packed Bed Scrubber. (42).....	54
Figure 2.64	Turbulaire Type D Gas Scrubber (Joy Manufacturing Co.,) (8).....	54
Figure 2.65	Louver Impingement Separator (A.I.H.A 1968) (8).....	54
Figure 2.66	Configuration of Fabric Filters. (28).	55
Figure 2.67	Oil and Fabric Safety Filter. (13)...	55
Figure 2.68	Arrangement of the Gas Producer and Clearing System on a Truck. (29).....	56
Figure 2.69	Purification System For Tractors. (29).....	56
Figure 3.1	The ME/CU I Gas Producer.....	58
Figure 3.2	The Modified ME/CU II Gas Producer...	60
Figure 3.3	Combustion Zone of the Modified ME/CU II Gas Producer.....	61

บทที่ 4

Figure 4.1	Photograph of ME/CU II Gas Producer Engine Test Bed.....	62
Figure 4.2	Diagram for Producer Gas Diesel Engine Test Bed.....	63
Figure 4.3	Cyclone Filter.....	65
Figure 4.4	Air Cooler.....	66
Figure 4.5	Oil Fine Ash Collector.....	66
Figure 4.6	Orifice Gas Flow Meter.....	67
Figure 4.7	Mixer.....	67
Figure 4.8	Sampling Gas Method.....	68
Figure 4.9	Orsat Apparatus.....	69
Figure 4.10	Gas Chromatography.....	70
Figure 4.11	Smoke Meter.....	70

บทที่ 5

Figure 5.1	Diagram of ME/CU II Gas Producer.....	72
Figure 5.2	Method of Gas Producer Ignition.....	73

บทที่ 6

Figure 6.1	Combustion Zone.....	75
Figure 6.2	Gas Composition Versus Position of Chock Plate.....	77
Figure 6.3	Prediction of Combustion zone from Experiment.....	78

Figure 6.4	Gas Composition, LHV, Charcoal Consumption, Exit Temperature Versus Gas Flow Rate from Gas Producer.....	80
Figure 6.5	Prediction of Temperature in Gas Producer.....	80
Figure 6.6	7.5 KW Diesel Engine Performance of 1,350 rpm.....	84
Figure 6.7	7.5 KW Diesel Engine Performance of 1,550 rpm.....	85
Figure 6.8	7.5 KW Diesel Engine Performance of 1,750 rpm.....	86
Figure 6.9	Horse - Power, Thermal Efficiency Versus Engine Revolution.....	87

บทที่ 7

Figure 7.1	Drawing for Recommended ME/CU III Downdraft Gas Producer.....	90
Figure 7.2	Recommended ME/CU III Downdraft Gas Producer Details.....	91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย