การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันดินจากเตาผลิตก๊าซแบบไหลขึ้นและไหลลง โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

A comparison of tar from corn cob of updraft and downdraft furnances

นายไกรวุฒิ สาน้อย

นายจักรพงษ์ ปองแก้ว

นายรฐภัทร์ ดาราทอง

ห้องสมุดคณะวิ...
วันที่รับ - 1 ก.ย. 2552
เลขทะเบียน 52000883
เลขเรียกหนังสือ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

i5094343 e.2
ปร.
ก97ๆก
2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : **การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันดินจากเตาผลิตก๊าซแบบไหลขึ้นและไหลลงโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง**
(A comparison of tar from corn cob of updraft and downdraft furnances)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายไกรวุฒิ สาน้อย รหัสนิสิต 48361318
นายจักรพงษ์ ปองแก้ว รหัสนิสิต 48363428
นายรฐภัทร ดาราทอง รหัสนิสิต 48363831

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วิไลพล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วิไลพล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

.....กรรมการ
(นายสุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

หัวข้อโครงงาน	: การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันดินจากเตาผลิตก๊าซแบบไหลขึ้นและไหลลงโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายไกรวุฒิ สาน้อย รหัสนิสิต 48361318
	นายจักรพงษ์ ปองแก้ว รหัสนิสิต 48363428
	นายรฐภัทร์ ดาราทอง รหัสนิสิต 48363831
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วิไลพล
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ทำการทดลองเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลเข้าจากด้านล่างสู่ด้านบนและไหลเข้าจากด้านบนสู่ด้านล่าง โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง และมีการปรับอัตราการไหลของอากาศต่างกัน 3 ระดับในการทดลองเตาแต่ละชนิด และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบว่าเตาแบบใด จะเกิดปริมาณน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) น้อยที่สุด โดยเตาผลิตก๊าซที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร สูง 65 เซนติเมตร มีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และสูง 35 เซนติเมตร ผนังทำด้วยซิเมนต์ทนไฟหนา 15 เซนติเมตร ผลของการทดลองในการเปลี่ยนตัวแปร คือปริมาณความเร็วลมในระบบ พบว่า เตาแบบ Updraft มีอัตราการเกิดปริมาณน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) เท่ากับ 2.174 กรัมต่อนาที ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s และเตาแบบ Downdraft มีอัตราการเกิดปริมาณน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) เท่ากับ 1.018 กรัมต่อนาที ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด โดยการเผาทั้งหมดที่ 1 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า เตาที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซ คือเตาแบบ Downdraft ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s

Project Title	: A comparison of tar from corn cob of updraft and downdraft furnances	
Name	: Mr. Graiwoot Sanoi	Code ID 48361318
	Mr. Jakkapong Pongkaew	Code ID 48363428
	Mr. Rattapat Daratong	Code ID 48363831
Project Advisor	: Asst. Prof. Dr. Patomsok Wilaipon	
Department	: Mechanical Engineering	
Academic	: Year: 2008	

ABSTRACT

The effects of fixed bed gasifier types namely, updraft and downdraft gasifiers, on maize cob tar were studied. Besides, the effects of the intake air velocities viz. 1, 1.5, and 2 m/s on the tar quantity had also been investigated. The gasifier utilized in experiments has a diameter of about 60 cm with a height of 65 cm.The cylindrical combustion chamber diameter and height are 30 and 35 cm, respectively. The refractory cement was used to construct this high temperature chamber.

The results showed that the highest quantity of maize cob tar, 2.174 g/min, was accounted for the updraft gasifier at 1 m/s air velocity. The lowest value, 1.018 g/min, was found to be that obtained from the downdraft gasifier at the same air velocity.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบคุณบุคลต่อไปนี้ที่ช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้จนสามารถทำให้โครงงานนี้ได้ผลเป็นที่สำเร็จ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล ที่ได้กรุณาชี้แนะและแนะนำข้อมูลตลอดจนการดูแลเอาใจใส่โครงงานนี้อย่างสม่ำเสมอ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคน ที่ช่วยระดมความคิดและทำให้โครงงานนี้ไม่เงียบเหงา

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงาน "การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันดินจากเตาผลิตก๊าซแบบไหลขึ้นและไหลลงโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง" ที่ได้ทำขึ้นมาจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ให้ความสนใจทางด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือการสร้างและหาพลังงานทดแทนในระดับหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต แต่ถ้าโครงงานนี้มีข้อบกพร่องประการใด ทางคณะผู้จัดทำขอน้อมรับนำไปพิจารณาแก้ไขในโอกาสต่อไป

สุดท้ายขอพรอันประเสริฐทั้งหลายจงเกิดกับผู้มีพระคุณทุกท่านดังกล่าว และขอมอบความดีของโครงงานนี้ให้แก่ บิดา มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา

นายไกรวุฒิ สาน้อย
นายจักรพงษ์ ปองแก้ว
นายรฐภัทร์ ดาราทอง

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	4
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	5
1.6 งบประมาณที่ใช้	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ชีวมวล (Biomass)	6
2.1.1ประเภทของชีวมวล	6
2.2 การนำชีวมวลมาใช้เพื่อเป็นพลังงาน	7
2.2.1 การแปรสภาพทางชีววิทยา (Biological conversion)	7
2.2.2 การแปรสภาพโดยการสกัด (Extraction conversion)	7
2.3 การแปรสภาพทางเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion)	8
2.3.1 การเผาไหม้โดยตรง (Direct combsstion)	8
2.3.2 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)	8
2.3.3 กระบวนก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification)	8

สารบัญ (ต่อ)

2.4 ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier 9

2.4.1 ชั้นเผาไหม้ 9

2.4.2 ชั้นรีดักชั่น 9

2.4.3 ชั้นกลั่นสลาย 11

2.4.4 ชั้นลดความชื้น 11

2.5 ชนิดของกระบวนการการผลิตก๊าซ (Types of gasification process) 12

2.5.1 Air Gasification 12

2.5.2 Oxygen Gasification 12

2.5.3 Pyrolysis Gasification 13

2.5.4 Hydrogen Gasification 13

2.5.5 Chemical and Electrochemical Gasification 14

2.6 ชนิดของเตาผลิตก๊าซ 14

2.6.1 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น 14

2.6.2 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลง 15

2.3.3 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลตามขวาง 16

2.6.4 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบฟลูอิดไดร์เบด 17

2.6.5 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศหมุนวนเตา 19

2.7 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง 22

3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา 27

3.3 วิธีการทดลอง 27

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลองของเตาผลิตก๊าซแบบ Up draft 29

4.2 ผลการทดลองของเตาผลิตก๊าซแบบ Down draft 33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 36

5.2 ข้อเสนอแนะ 37

เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก 39

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 42

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะของ Updraft Gasifier 14

รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Downdraft Gasifier 16

รูปที่ 2.3 ลักษณะของ Crossdraft Gasifier 17

รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Fluidzed bed Gasifier 18

รูปที่ 2.5 ลักษณะของ Suspended Gasification 19

รูปที่ 3.1 การเตรียมเตาเผา แบบ อากาศไหลเข้าจากด้านล่างสู่ด้านบน (Updraft Gasifiers) 22

รูปที่ 3.2 การเตรียมเตาเผา แบบ อากาศไหลเข้าจากด้านบนสู่ด้านล่าง (Downdraft Gasifiers) 23

รูปที่ 3.3 ลักษณะของเตาก๊าซซิไฟเออร์ที่สามารถปรับให้เป็นทั้ง 3 แบบภายในเตาเดียวกัน 23

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเร็วลม 24

รูปที่ 3.5 พัดลมดูดอากาศ 24

รูปที่ 3.6 Ball valve 24

รูปที่ 3.7 ซังข้าวโพด 25

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์เก็บน้ำมันดิน 25

รูปที่ 3.9 ตาชั่งสปริง 1 กิโลกรัม 26

รูปที่ 3.10 เครื่องชั่งมวลสารความเที่ยงตรงสูง 26

รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s แบบ Updraft 30

รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s แบบ Updraft 31

รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s แบบ Updraft 32

รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s แบบ Downdraft 33

รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s แบบ Downdraft 34

รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s แบบ Downdraft 35

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงาน 5

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในยุคปัจจุบันที่ประสบปัญหาวิกฤตินำ้มันแพงและภาวะโลกร้อนนั้น พลังงานทดแทน ถือเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ

ชีวมวล (Biomass) เป็นพลังงาน ที่มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรอยู่จำนวนมาก วัสดุเหล่านี้หากได้รับการพัฒนาผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ชีวมวลอย่างจริงจังและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว จะเป็นแหล่งพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งได้เป็นอย่างดี พืชผลทางการเกษตร ป่าไม้ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย เศษไม้ ฟางข้าว ชานอ้อย ซังข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ วัสดุชีวมวลสามารถผลิตพลังงานได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและกระบวนการที่ใช้ในการ แปรรูป

กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Biomass) โดยทั่วไปเชื้อเพลิงชนิดนี้จะอยู่ในรูปของของแข็ง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนรูปจากของแข็งเป็นก๊าซ โดยก๊าซที่ได้มานั้น สามารถนำไปใช้งานได้สะดวกมากกว่าเชื้อเพลิงในรูปแบบอื่น ๆ

กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถทำได้ทั้งในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือระดับครัวเรือน จนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้

1.1.1 ความเป็นมาของก๊าซชีวมวล

การนำเชื้อเพลิงแห้งมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้นั้นเริ่มมีมานานแล้ว จนกระทั่งปี ค.ศ. 1669 ได้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยี ด้วยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงของแข็งประเภทถ่าน (Carbonaceous fuel) ไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิง (Combustion gas) ปัจจุบันนี้กระบวนการการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปของก๊าซ เรียกว่า การผลิตก๊าซ (Gasification) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีปริมาณ ออกซิเจนจำกัด โดยจะเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้

จะไปเร่งปฏิกิริยาต่อให้กลายเป็น ก๊าซเชื้อเพลิง ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการการผลิตก๊าซเรียกว่า ก๊าซชีวมวล โดยเชื้อเพลิงแข็งต่าง ๆ เช่น ไม้, แกลบ, ซังข้าวโพด สามารถนำมาเผาไหม้ให้ความร้อนได้โดยตรง แต่เราไม่นิยมนำเชื้อเพลิงแข็งมาเผาไหม้โดยตรง "ต้องแปรรูปจากของแข็งเป็นก๊าซ" เพื่อให้อุณหภูมิและประสิทธิภาพในการเผาไหม้ได้สูงกว่า และก๊าซเชื้อเพลิงยังสามารถขนส่งไปยังที่ต่างๆได้สะดวก เช่น การส่งไปตามท่อก๊าซ เป็นต้น และก๊าซที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวมวลยังสามารถเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนโดยตรง

กระบวนการการผลิตก๊าซที่ง่ายและเก่าแก่ที่สุด คือ Air bowl gas-producer โดยวิธีการก็คือการป้อนอากาศเข้าสู่ชั้นของถ่านโค้ก ถ่านหิน หรือ ไม้ ใน fixed bed และก๊าซที่ได้ส่วนใหญ่เป็นก๊าซ CO และมีก๊าซ CO_2 , CH_4 และ H_2 ต่อมา Bischof ได้ออกแบบ Vertical-shaft gasifier สำหรับใช้กับถ่านหิน และ Siemens ได้นำเครื่องของ Bischof มาปรับปรุงและนำไปใช้ในทวีปยุโรปมากกว่าศตวรรษ โดยปัญหาส่วนใหญ่ของเตาผลิตแก๊สก๊าซ (Gasifier) ชนิดนี้คือ ก๊าซที่ผลิตได้จะมีน้ำมันดินออกมา และ ปัญหาในการนำเถ้าออกจากเตาผลิตก๊าซ (Gasifier)

ต่อมาได้คิดค้นวิธีการขจัดปัญหาเรื่องน้ำมันดิน โดยนำก๊าซที่ได้ผ่านเข้าไปในชั้นของถ่านโค้กที่กำลังลุกไหม้ โดยหลักการนี้โซนของเชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้จะมีอยู่หนึ่งหรือสองโซน โดยเฉพาะในประเทศเยอรมันได้มีการออกแบบ และ ปรับปรุงขบวนการผลิตก๊าซจากถ่านหินเกรดต่ำ เช่น ลิกไนต์ และยังมีการออกแบบเตาผลิตก๊าซเพื่อที่จะนำเถ้าออกจากเตาผลิตก๊าซ การออกแบบที่สำคัญคือ แบบ Rotating grid และต่อมาได้มีการทดลองเพื่อที่จะผลิตก๊าซจากพวกพืชและผัก ต่อมาได้มีการสร้าง Powdered coal gasifier ขึ้น ซึ่งเป็นต้นแบบของเทคนิคแบบใหม่ที่สามารถขจัดปัญหาในการนำเถ้าออก

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้นำเตาผลิตก๊าซขนาดเล็กมาติดตั้งบนรถยนต์และรถบรรทุก เพราะในระหว่างนั้นได้เกิดปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงขึ้นในยุโรป เชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่ แอนทราไซด์ และ ถ่านไม้ เตาผลิตก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในขณะนั้นเป็นแบบความดันบรรยากาศ

ในช่วงแรกของการผลิตก๊าซชีวมวล การผลิตก๊าซเติบโตและมีการพัฒนาขึ้นในช่วงที่มีการแข่งขันกับน้ำมัน และ LPG อย่างมากทั้งในด้านของพลังงาน และ อุตสาหกรรมเคมี ถึงแม้ว่าในช่วงนี้จะได้รับการสนับสนุนอย่างมาก แต่ก็ไม่มีกรรมวิธีใดที่สามารถนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ และกรรมวิธีเหล่านี้ก็ได้ถูกละทิ้งหลังจากที่ทำการวิจัยในระยะสั้นๆ เพราะว่า การที่เชื้อเพลิงเหลว และก๊าซที่ได้จากปิโตรเลียมราคาถูกกว่าและ ยังใช้ได้อย่างกว้างขวางทั้งในด้านเชื้อเพลิง และ วัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี ในช่วงปี ค.ศ. 1950 และ 1960 ปิโตรเลียมมีบทบาทมากในโลก มีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่ยังทำการวิจัย และ พัฒนาการผลิตก๊าซต่อ แต่เป็นเพียงจุดหมายในด้านการเตรียมพร้อมสำหรับการทหาร และ เศรษฐกิจ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1973 เป็นต้นมา กลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมันเป็นสินค้าออกหรือกลุ่มโอเปค (OPEC) ได้ขึ้นราคาน้ำมันอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว อีกทั้งยังลดปริมาณการผลิตลง ทำให้เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขาดแคลนขึ้น ทุกประเทศจึงหันมาหาพลังงานรูปอื่นแทนน้ำมัน ดังนั้น กระบวนการผลิตก๊าซ จึงได้รับการฟื้นฟูขึ้นใหม่ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และ ในชนบทของประเทศกำลังพัฒนาเกือบทั้งหมดที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเดินเครื่องจักร สูบน้ำ และ ผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อน้ำมันเริ่มมีราคาสูงขึ้น อุตสาหกรรมดังกล่าวไม่สามารถแบกรับภาระค่าเชื้อเพลิงได้ และ ถ้าจะเปลี่ยนไปใช้พลังงานชนิดอื่น ก็ต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรชุดใหม่ ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูง หรือ แม้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและอุตสาหกรรมใหญ่ที่ใช้น้ำมันเตา หรือ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อน ก็ได้รับความกระทบกระเทือนจากการขึ้นราคาน้ำมันด้วย

วิธีการหลีกเลี่ยงการลงทุนสูงได้แก่ การใช้ระบบการผลิตก๊าซ เพื่อผลิตก๊าซเชื้อเพลิงป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ โดยแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อย เท่านั้น

1.1.2 ประโยชน์ของก๊าซชีวมวล

ก๊าซชีวมวล สามารถนำไปใช้งานแทน ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซโซลีน หรือ น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในด้านต่างๆ ดังนี้

1.1.2.1 เชื้อเพลิงที่ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เราสามารถนำก๊าซชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้พลังงานกลที่ได้จากเครื่องยนต์สันดาปภายใน สามารถนำไปใช้ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและ เป็นต้นกำลังสำหรับเครื่องจักรกลต่าง ๆ ได้ เช่น

ก.ในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า

เมื่อต้นศตวรรษนี้ มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวนมาก บางเครื่องมีขนาดถึง 1500 แรงม้า โดยใช้ต้นกำลังที่เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวมวลที่ผลิตจาก ถ่านหิน ถ่านโค๊ก ต่อมาเมื่อปิโตรเลียมมีราคาถูกลง ทำให้วิธีการเหล่านี้ถูกเลิกใช้ไป แต่แนวความคิดต่าง ๆ ยังมิได้เลิกตามไปด้วย เมื่อปิโตรเลียมมีราคาสูงขึ้นจึงทำให้มีการนำระบบการผลิตก๊าซชีวมวล มาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าอีก

ข. ในด้านต้นกำลังสำหรับเครื่องจักรกล

เป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญสำหรับการนำก๊าซชีวมวลไปประยุกต์ใช้ในประเทศกำลังพัฒนา สามารถนำไปเป็นต้นกำลังสำหรับ

-เครื่องสูบน้ำเพื่อใช้ในการชลประทาน

-เครื่องสีข้าว

-โรงงานอุตสาหกรรม หรือ โรงงานผลิตอาหารขนาดเล็ก ที่มีของเหลือใช้สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาผลิตก๊าซได้

1.1.2.2 พลังงานความร้อน

ก๊าซชีวมวลสามารถที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนได้ทั้งปริมาณน้อยและปริมาณมาก อุปกรณ์ที่ออกแบบมาสำหรับใช้เชื้อเพลิงประเภท Fossil fuels ที่เป็นของเหลว หรือก๊าซ สามารถนำมาดัดแปลงใช้เชื้อเพลิงแข็งได้ โดยการติดตั้งเตาผลิตก๊าซ โดย ทั่ว ๆ ไปแล้ว Gas burner ที่ใช้อยู่ก็สามารถนำมาใช้ได้ วิธีการการผลิตก๊าซนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการนำพลังงานในชีวมวลมาใช้ ทุก ๆ 100 kcal ที่มีอยู่ในชีวมวลแข็ง ระบบการผลิตก๊าซสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้มากกว่า 90 kcal ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการนำชีวมวลแข็งมาเผาไหม้โดยตรงเสียอีก ก๊าซชีวมวลสามารถขนส่งผ่านระบบท่อภายในระยะทางสั้นๆและใช้ในขบวนการให้ความร้อนในอุตสาหกรรมได้ก๊าซชีวมวลสามารถเป็นเชื้อเพลิงสำหรับ

- เตาเผาอิฐ เซรามิกส์ ซีเมนต์ และ เตาหลอมแก้ว
- หม้อไอน้ำในโรงสีข้าว โรงเลื่อย และ โรงน้ำตาล
- อบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และ อบไม้

เชื้อเพลิงที่จะนำมาป้อนให้เตาผลิตก๊าซส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตนั้น ๆ ทั้งสิ้น เช่น ในโรงสีข้าวเรานำแกลบมาเป็นเชื้อเพลิง ในโรงเลื่อยนำเศษไม้มาเป็นเชื้อเพลิง ในโรงงานน้ำตาลใช้ชานอ้อยมาเป็นเชื้อเพลิง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาการทำงานของเตาผลิตก๊าซ (Gasifier) และศึกษาผลกระทบของปริมาณอัตราการไหลของอากาศที่มีต่อปริมาณน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่เกิดขึ้น จากข้อมูลการทดลอง

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาผลจากการวิเคราะห์ก๊าซที่ได้จากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นโดยศึกษาตัวแปร คือ น้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar)

1.3.2 ทำการทดลองโดยใช้ เตาแก๊สซิไฟเออร์ชนิดไหลขึ้นและไหลลงขนาดกำลังการผลิตระดับห้องปฏิบัติการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ความรู้ความเข้าใจในระบบการผลิตก๊าซจากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น

1.4.1 ความรู้ในเรื่องค่าของผลิตภัณฑ์ก๊าซจากวัสดุชีวมวล ที่มีความแตกต่างกันออกไป

1.4.2 การนำค่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้จากการทดลองของวัสดุชีวมวล ไปใช้ในทางที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

1.4.3 เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งได้พลังงานจากวัสดุชีวมวล

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	2551							2552		
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย.	ธ.ค	ม.ค.	ก.พ	มี.ค
1. วางแผนงาน										
2. กำหนดขอบเขตงาน										
3. เขียนหัวข้อโครงร่างงาน										
4. ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อเป็นหัวข้อโครงงาน										
5. ศึกษาปัญหาร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา										
6. ปรับปรุงเตาก๊าซซิไฟเออร์										
7. ลงมือปฏิบัติงาน										
8. สรุปโครงงาน										

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงาน

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าจ้างเอกสารและเข้าเล่ม	3,000 บาท
1.6.2 ค่าวัสดุและอุปกรณ์	500 บาท
รวมเป็นเงิน	3,500 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล หมายถึง วัสดุอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ หรือกล่าวได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงเก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์นำมาใช้ทำอาหารและให้ความร้อน ชีวมวลสามารถพบได้รอบๆตัวเรา เช่น ต้นไม้ หญ้า นอกจากนี้ยังรวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ชีวมวลเกิดขึ้นจากพืชหรือสิ่งมีชีวิตที่เติบโตผ่านการสังเคราะห์แสง โดยที่พืชสังเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) เคมีที่ก่อเกิดจะกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์และทำให้เกิดบล็อคโครงสร้างของชีวมวล

2.1.1 ประเภทของชีวมวล

ชีวมวลซึ่งสามารถ นำมาใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิง การแปรเป็นพลังงาน สามรถจัดแบ่งได้ 5 ประเภท ตามลักษณะของแหล่งที่มาได้ดังนี้

2.1.1.1 เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Agricultural wastes) เช่น แกลบ ฟางข้าว ซังข้าวโพด กากมันสำปะหลัง กากถั่วลิสง เปลือกมะพร้าว เมล็ดฝ้าย เมล็ดนุ่น เป็นต้น

2.1.1.2 เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากอุตสาหกรรม (Industrial wastes) เช่น ชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล กากสับปะรด จากโรงงานสับปะรดกระป๋อง น้ำเสียที่ได้จากโรงงานทำแป้งมัน และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

2.1.1.3 เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากสิ่งเหลือใช้จากคนและสัตว์ (Domestric wastes) เช่นเชื้อเพลิงที่ได้จากขยะเทศบาล และมูลสัตว์ เป็นต้น

2.1.1.4 เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากน้ำ (Aquatic biomass) ซึ่งจัดเป็นประเภทเชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูง ได้แก่ สาหร่าย และผักตบชวา เป็นต้น

2.1.1.5 เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากส่วนเหลือของไม้ (Forest residues) เช่น เศษไม้ เปลือกไม้ กิ่งไม้ และขี้เลื่อย เป็นต้น

2.2 การนำชีวมวลมาใช้เพื่อเป็นพลังงาน

การนำชีวมวลมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในรูปของพลังงานนั้นมีหลายวิธีซึ่งสามารถที่จะจัดแบ่งเป็นหมวดหมู่ ตามลักษณะวิธีที่ใช้ในการแปรสภาพชีวมวลเป็นพลังงานได้เป็น 3 ประเภท อันได้แก่ การแปรสภาพทางชีววิทยา การแปรสภาพโดยการสกัด และการแปรสภาพทางเคมีความร้อน ซึ่งอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

2.2.1 การแปรสภาพทางชีววิทยา (Biological conversion)

แบ่งออกเป็น 2 กระบวนการดังนี้

2.2.1.1 กระบวนการย่อยสบายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anarobic digestion) หลักการของกระบวนการย่อยสบายแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ การใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ภายใต้เงื่อนไขแอนแอโรบิค (แบบไร้ออกซิเจน) เพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งปกติจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50 - 60% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 40 - 50% ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซอื่นๆ อีก ประมาณ 0 - 1 % โดยปริมาตรซึ่งก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบแอนแอโรบิคนี้จะให้ความร้อนประมาณ 19-22 MJ/m^3

2.2.1.2 กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอล (Ethanal fermentation)

กระบวนการพื้นฐานของการผลิตเอทานอล โดยวิธีการหมักนั้นประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลโดยใช้ความร้อนด้วยวิธีสเตอร์ริไลเซชั่น (Sterilization) จากนั้นในขั้นตอนที่สองจะเป็นการหมัก โดยใช้ยีสต์ทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นเอทานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเอทานอล จะสกัดได้จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก สำหรับในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ จะเป็นการหมักผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก ขั้นตอนที่สองเพื่อให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ (Alcohol) ซึ่งจะผลิตได้ประมาณ 8 -12 % โดยปริมาตร วัตถุดิบที่ใช้กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอล คือ จำพวกพืชที่มีองค์ประกอบของแป้ง และน้ำตาล เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลีและมันสำปะหลัง

2.2.2 การแปรสภาพโดยการสกัด (Extraction conversion)

การแปรสภาพโดยการสกัด เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปชีวมวลประเภทพืชน้ำมันเพื่อสกัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเดินเครื่องยนต์หรือการเผาไหม้ มี 2 วิธีคือ การสกัดโดยแรงอัดทางกล (Pressing Extraction) และการสกัดโดยสารละลาย (Solvent Extraction)

2.3 การแปรสภาพทางเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion)

โดยทั่วไปที่ใช้การแปรสภาพทางเคมีความร้อนมีดังนี้

2.3.1 การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในที่ที่มีอากาศเพื่อให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ สารอินทรีย์ของชีวมวลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การใช้ไม้ฟืนเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ผลิตไอน้ำหรือกระแสไฟฟ้า แต่การสูญเสียความร้อนเนื่องจากเตาที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้นี้ต่ำ

2.3.2 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)

เป็นกระบวนการย่อยสลายชีวมวลโดยใช้ความร้อนในที่ที่มีอากาศจำนวนจำกัด (Destructibe Distillation) อุณหภูมิที่ใช้ในการ Pyrolysis จะต่ำกว่าที่ใช้ใน Gasification ผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน ปริมาณความชื้นและส่วนประกอบของชีวมวล โดยทั่วไปผลผลิตหลักที่ได้คือถ่าน (charcoal) ผลผลิตรองที่ได้คือ Pylolysis oil เมทานอล กรดน้ำส้ม และผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ซึ่งก๊าซที่ได้สามารถนำไปใช้ในการอบชีวมวลที่จะใช้ในกระบวนการ หรือใช้เผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน โดยปกติการเผาถ่านที่ทำกันอยู่ในประเทศก็คือ กระบวนการ Pyrolysis นั่นเอง

2.2.3 กระบวนก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification)

กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่มีอยู่ในชีวมวลที่สำคัญอย่างหนึ่งทางความร้อน ก๊าซที่ได้จากเตาผลิตก๊าซหรือ Gasifier เรียกว่า Producer Gas ซึ่งมีก๊าซที่เผาไหม้หลักที่สำคัญคือ CO, H_2 และ CH_4 พลังงานจาก Producer Gas สามารถนำไปใช้ในการเผาไหม้ในกระบวนการให้ความร้อนโดยตรง (Direct combustion) หรือ สามารถใช้โดยทางอ้อม (Indirect combustion) โดยนำไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายในได้อีกด้วย

2.4 ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier

กระบวนการในการเกิดก๊าซชีวมวลในเตาผลิตก๊าซ สามารถแบ่งแยกออกได้เป็นโซน ต่างๆ ได้ 4 โซน คือ

- Combustion หรือ Hearth Zone
- Reduction Zone
- Pyrolysis หรือ Distillation Zone
- Drying Zone

ถึงแม้ว่าแต่ละโซนจะอยู่ติดกัน เราก็ยังสามารถแยกโซนต่างๆ ออกจากกันตามปฏิกิริยาเคมี และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

2.4.1 ชั้นเผาไหม้ (Combustion Zone)

หรือบางที่อาจจะเรียกว่า Oxidation Zone หรือ Hearth Zone อากาศจะถูกส่งผ่านเข้ามาในบริเวณนี้ เป็นตำแหน่งที่เชื้อเพลิงกับอากาศสัมผัสกันเป็นจุดแรก ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอน และ ไฮโดรเจน ในเชื้อเพลิง ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ จากสมการ

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad (1)$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad (2)$$

ปฏิกิริยา (1) และ (2) เป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน และ ความร้อนที่เกิดขึ้นในโซนนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนใน Reduction Zone และ Pyrolysis Zone อุณหภูมิใน Combustion Zone จะอยู่ระหว่าง 1100 – 1500 องศาเซลเซียส

2.4.2 ชั้นรีดักชั่น (Reduction Zone)

เมื่ออากาศผ่านเข้าสู่ Combustion Zone และทำปฏิกิริยากับคาร์บอน และ ไฮโดรเจน ได้คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ แล้วก็จะไหลผ่านเข้าสู่ Reduction Zone ดังนั้นปฏิกิริยาหลักในโซนนี้จะเป็นปฏิกิริยาแบบ Reduction reaction อุณหภูมิโซนนี้อยู่ระหว่าง 500 – 900 องศาเซลเซียส โซนนี้จะเปลี่ยนบางส่วนของก๊าซที่เผาไหม้ไม่ได้ (คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ) ที่เกิดใน Combustion

Zone ให้มาเป็นก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยที่คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไอน้ำที่เกิดขึ้นไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ จะได้คาร์บอนมอนอกไซด์ และ ไฮโดรเจน ดังสมการ

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO \quad (3)$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \quad (4)$$

$$C + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 2H_2 \quad (5)$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \quad (6)$$

$$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4 \quad (7)$$

ปฏิกิริยา (3) เรียกว่า Boudouard reaction และ ปฏิกิริยา (4) เรียกว่า Watergas reaction เป็นปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และก๊าซที่ได้จาก 2 สมการนี้ เป็นก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในก๊าซผสมที่ได้จากเตาผลิตก๊าซ ซึ่งก๊าซหลักนี้ก็คือก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ในหลักการแล้วควรทำให้มีมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ในก๊าซชีวมวลนี้ ขึ้นอยู่กับว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากแค่ไหนใน Reduction Zone การเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วระหว่างก๊าซกับเชื้อเพลิงแข็ง และ พื้นที่ที่ก๊าซสัมผัสกับผิวของของเชื้อเพลิงแข็งใน Reduction Zone และอุณหภูมิใน Reduction Zone

ดังนั้น ขนาดของเชื้อเพลิงที่ใส่ในเตาผลิตก๊าซ จึงมีผลต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ เมื่อจะทำการจุดเตาจึงยากกว่าปกติ และช่องว่างระหว่างชิ้นเชื้อเพลิงขนาดใหญ่มากเกินไป ทำให้เกิดช่องว่างมาก ก๊าซออกซิเจนบางส่วนไหลผ่านบริเวณช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงนี้โดยไม่สัมผัสกับเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาเคมีเกิดน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซต่ำ แต่ถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กไป จะเกิดความดันสูญเสียในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการขับพัดลมมาก เนื่องจากความต้านทานต่อการไหลของก๊าซสูง และก๊าซที่ผลิตได้มีฝุ่นมากกว่าปกติในบางครั้ง การใช้เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กมากไป จะทำให้เกิดช่องว่างเล็ก ๆ ขึ้นในตัวเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง อากาศจะพยายามแทรกตัวขึ้นตามช่องว่างเหล่านี้ และมีความเร็วมาก ดังนั้นอากาศที่ไหลขึ้นตามช่องว่างเหล่านี้ และมีความเร็วมาก จึงไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง เป็นเหตุให้ก๊าซที่ได้มีคุณภาพต่ำลง ขนาดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับถ่านไม้ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาน 10 - 30 มม. และในกรณีของไม้ควรมีขนาด 20 - 100 มม. จากปฏิกิริยาในสมการ (3) ถ้าอุณหภูมิใน Reduction Zone สูงกว่า 900 องศาเซลเซียส แล้วคาร์บอนมอนนอกไซด์ 90% จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้า

อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส แล้วคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์หมด ดังนั้นประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของ Reduction Zone ในเตาผลิตก๊าซ

เมื่อก๊าซอุณหภูมิสูงจาก Combustion Zone ไหลเข้าสู่โซนนี้ อุณหภูมิจะลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนในปฏิกิริยา (3) และ (4) ปฏิกิริยาไอน้ำกับคาร์บอนเพื่อที่จะผลิตก๊าซไฮโดรเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในปฏิกิริยา (5) เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำคือประมาณ 500 - 600 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญ เพราะทำให้ส่วนผสมของไฮโดรเจนในก๊าซมีมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ก๊าซมีค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้น แต่ถ้ามีไอน้ำมากเกินไป ไอน้ำอาจทำปฏิกิริยากับคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนตามปฏิกิริยา (6) (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า water Shift Reaction) ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้ลดลง ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องระมัดระวังเกี่ยวกับความชื้นของเชื้อเพลิงที่จะเข้าสู่เตาผลิตก๊าซ ส่วนใหญ่ ไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นใน Reduction Zone นี้จะยังคงเป็นรูปไฮโดรเจน แต่อย่างไรก็ตาม บางส่วนของไฮโดรเจนก็สามารถที่จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดก๊าซมีเทนได้เล็กน้อยดังในปฏิกิริยาที่ (7) เรียกว่า Methane Production

2.4.3 ชั้นกลั่นสลาย (Pyrolysis Zone)

ในโซนนี้จะได้รับความร้อนจาก Reduction Zone เพื่อที่จะสลายสารพวก Organic ในเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้สารระเหย Vollatiel Matter ต่าง ๆ ออกมาซึ่งประกอบไปด้วย เมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิน ก๊าซที่เผาไหม้ได้และไม่ได้ อุณหภูมิในชั้นนี้จะประมาณ 135 - 600 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลือจากขบวนการนี้คือ คาร์บอนในรูปถ่าน Fix Carbon ดังสมการที่ (8) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาต่อใน Reduction Zone และ Combustion Zone

$$\text{Dry wood} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Charcoal} + CO + CO_2 + H_2O + C_2H_6 + \text{Pyroligneous Acid} + \text{Tars} \qquad (8)$$

2.4.4 ชั้นลดความชื้น (Drying Zone)

ในบริเวณโซนนี้ อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารพวกสารระเหย แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะถูกความร้อนทำให้ระเหยออกมาในรูปของไอน้ำ โซนนี้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 100 - 200 องศาเซลเซียส

$$\text{Wetwood} + \text{heat} \longrightarrow \text{Drywood} + \text{steam}$$

2.5 ชนิดของกระบวนการการผลิตก๊าซ (Types of gasification process)

ในการออกแบบ หรือ สร้างเตาผลิตก๊าซจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของ Oxidant อุณหภูมิ และ อัตราความเร็วของการเผาไหม้ (Heating rate) กระบวนการผลิตก๊าซแบ่งออกได้เป็น

2.5.1 Air Gasification

วิธีที่ง่ายที่สุดในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงก็คือ ขบวนการ Air Gasification สมการอย่างง่ายของปฏิกิริยานี้ได้แก่

$$CH_{1.4}O_{0.6} + 0.2O_2 + 0.8\,N_2 \longrightarrow CO + 0.7\,H_2 + 0.8\,N_2 \qquad (9)$$

ซึ่ง $CH_{1.4}O_{0.6}$ แทนสูตรของชีวมวล

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการดูดความร้อน และอากาศที่ใช้มีปริมาณน้อยกว่า Stoichiometric ratio ในการทำปฏิกิริยาเผาไหม้ ดังนั้นก๊าซที่ผลิตได้ควรมีแต่ CO และ H_2 แต่ในทางปฏิบัติอากาศมีมากเกินความต้องการ ดังนั้นจึงจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำออกมาพร้อมกับก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ นอกจากนี้ไนโตรเจนที่เป็นก๊าซเฉื่อยจะทำให้ก๊าซที่ได้เป็นก๊าซที่มีพลังงานต่ำ (Low Energy Gas) คือมีพลังงานประมาณ 120 – 200 Btu/SCF กระบวนการนี้ต้องการอากาศ 1.6 กรัมต่อชีวมวล 1 กรัม หรือมีค่า Equivalence Ratio ประมาณ 0.25 (Equivalence Ratio คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ต่อปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้พอดี)

2.5.2 Oxygen Gasification

ถ้าใช้ออกซิเจนในการสันดาปเพื่อผลิตก๊าซจากชีวมวลโดยตรง ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะเป็นพวกที่มีพลังงานปานกลาง (Medium Energy Gas) ซึ่งมีพลังงานในช่วง 300 – 400 Btu/SCF ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการส่งก๊าซไปตามท่อ หรือ ใช้ในการสังเคราะห์ทางเคมี เพื่อที่จะผลิต เมทานอล แอมโมเนีย, Gasoline หรือมีเทน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงกว่าและความเร็วของก๊าซที่ผลิตได้ต่ำกว่าการใช้อากาศ ดังนั้นปริมาณฝุ่นที่ปะปนมากับก๊าซเชื้อเพลิงจึงมีน้อยทำให้ง่ายต่อการทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง ในการผลิตก๊าซจากชีวมวล 1 ตัน จะต้องใช้ปริมาณออกซิเจน 1/3 ตัน ถ้าราคาของออกซิเจนอยู่ระหว่าง 540 – 1,620 บาทต่อตันแล้ว เราจะต้องเพิ่มราคาของการผลิตก๊าซขึ้นอีก 10 – 30 บาทต่อ MBtu ของชีวมวล

2.5.3 Pyrolysis Gasification

Air gasification มีข้อเสีย ตรงที่เชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีพลังงานต่ำ ส่วน Oxygen Gasification ใช้ออกซิเจนซึ่งมีราคาแพงในการผลิตก๊าซที่มีพลังงานปานกลาง โดยชีวมวลมีองค์ประกอบที่เป็นสารระเหยสูงเมื่อเทียบกับถ่านหิน และ สามารถกลั่นสลายไปเป็นก๊าซที่มีพลังงานปานกลาง ซึ่งประกอบด้วยมีเทน และ Light Hydrocarbon ในขณะเดียวกันก็ยังได้ถ่าน และน้ำมันเป็นผลพลอยได้ ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปต่อด้วยวิธีการ Pyrolysis Gasification วิธีการนี้อาจแบ่งได้เป็นสองชนิด

2.5.3.1 Slow Pyrosis Gasification

Pyrosis Gasification เป็นขบวนการที่จะแปรรูปพลังงานที่สะสมอยู่ในถ่านและน้ำมันดิน ให้อยู่ในรูปของก๊าซเชื้อเพลิง การแปรรูปพลังงานนี้ ประกอบด้วยขบวนการที่สลับซับซ้อน ก๊าซที่ได้จากขบวนการนี้มีพลังงานปานกลางและไม่มีผลิตภัณฑ์อื่นรวมอยู่ด้วย

พลังงานในถ่านสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานในก๊าซเชื้อเพลิง ในระบบได้หลายวิธี เช่น นำถ่านไปเผาใน Fluidized bed ของทรายเพื่อทำให้ทรายร้อน ส่งทรายร้อนนี้ไปยัง bed ที่สอง ซึ่งจะทำให้เกิดการกลั่นสลายของถ่านใน bed นี้อีกทางหนึ่ง ถ่านส่วนหนึ่งใน bed ที่สองจะถูกเผาเพื่อที่ให้ความร้อนกับ Pyrosis Gas เพื่อที่จะนำไปให้ความร้อนใน Fluidized beds แรก หรือ ให้ความร้อนภายนอกโดยการป้อนเข้าไปพร้อมกับชีวมวลเปียกที่ความดันสูง

2.5.3.2 Fast Pyrosis Gasification

มีการทดลองอยู่หลายการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการเกิดถ่าน และ น้ำมันในระหว่างการกลั่นสลายจะขึ้นอยู่กับขนาดของเชื้อเพลิง และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา โดยในปัจจุบันได้มีการค้นพบว่า ไอของโมเลกุลที่เกิดขึ้นระหว่างการกลั่นสลายนั้นสามารถที่จะแยกตัวที่อุณหภูมิสูงให้เป็นพวก Olefins และผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถที่จะคงอยู่ได้ถ้าได้รับความร้อนก่อนที่ปฏิกิริยาต่อไปจะเกิดขึ้น สารพวก Olefins เป็นสารพื้นฐานที่เราสามารถนำไปสังเคราะห์เป็นสารเคมีอื่น ตัวอย่างเช่น สามารถนำมาแปรสภาพอย่างง่ายให้เป็น Gasoline สารพวกไฮโดรคาร์บอน หรือ Alcohols ซึ่งในระยะหลังนี้ได้มีผู้สนใจหันมาสนใจด้าน Fast Pyrosis มาก

2.5.4 Hydrogen Gasification

เราสามารถที่จะนำไฮโดรเจนไปใช้ในที่ที่มีความดันสูง เพื่อจะเปลี่ยนองค์ประกอบภายในของชีวมวลได้ ผลลัพธ์นี้สามารถที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะในการเกิดปฏิกิริยา วิธีการนี้จะเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับที่ที่มีไฮโดรเจนอย่างพร้อมมูล

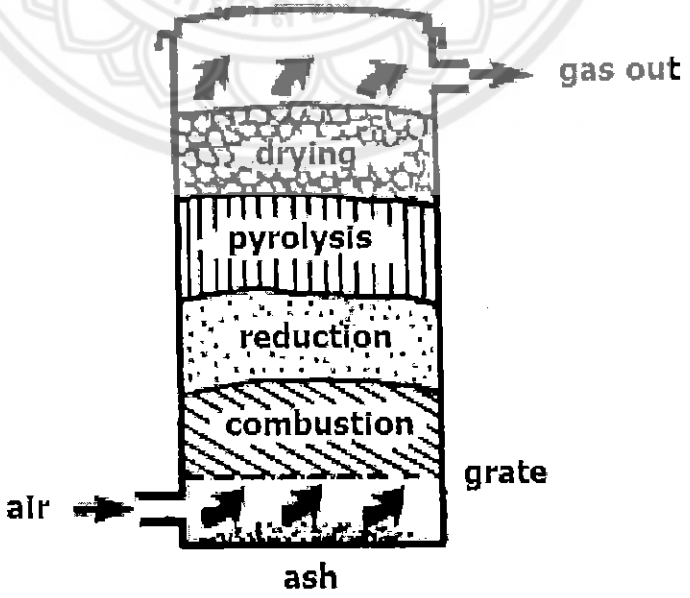
2.5.5 Chemical and Electrochemical Gasification

มีการเปลี่ยนแปลงใหม่ๆของกระบวนการ Gasification ที่จะนำเข้าไปสู่การสำรวจปฏิกิริยาเคมีเฉพาะที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เฉพาะขึ้น เช่น ปฏิกิริยารวมตัวของชีวมวลกับ ก๊าซ Br_2 เพื่อที่จะให้ได้ HBr และ CO แล้วนำ HBr ไป electrolyzed เพื่อจะให้ได้ไฮโดรเจน

2.6 ชนิดของเตาผลิตก๊าซ

2.6.1 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น Updraft Gasifier (Counter Flow)

เป็นเตาผลิตก๊าซที่เริ่มใช้ตั้งแต่แรก และ เป็นแบบที่ง่ายที่สุด มีลักษณะดังรูป 2.1 โดยเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนของเตา และ อากาศที่ถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปจะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น บริเวณนี้เรียกว่า Combustion Zone อากาศเมื่อผ่านเข้าไปใน Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ก๊าซที่ผ่านออกมาจาก Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะเข้าไปสู่ Reduction Zone เป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนอย่างเหลือเฟือ ณ บริเวณนี้ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์ และ ไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้ก็จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของชีวมวลที่ชื้น เนื่องจากก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในชีวมวลเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเตาผลิตก๊าซมีอุณหภูมิต่ำลง

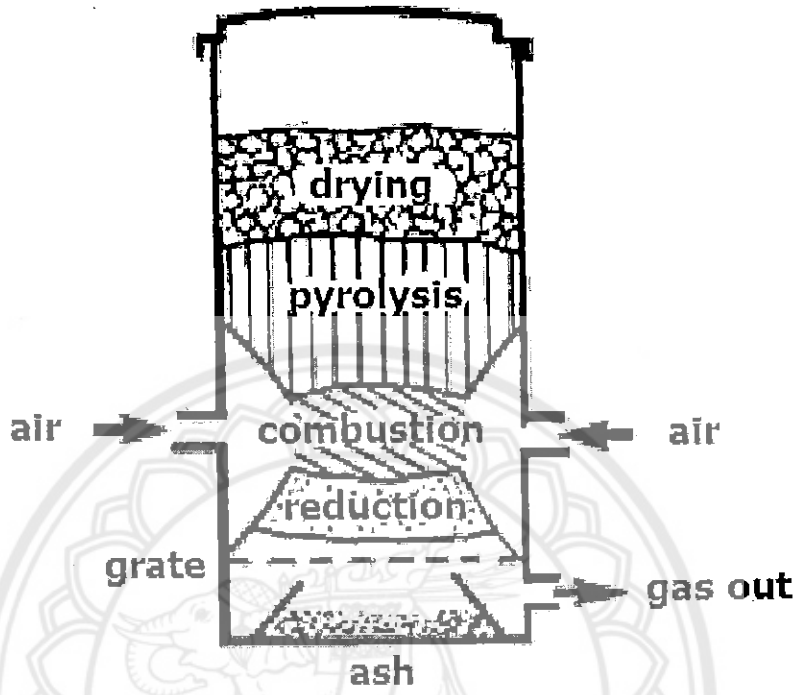


รูปที่ 2.1 ลักษณะของ Updraft Gasifier

ข้อดีของ Updraft Gasifier คือ เตาไม่สลับซับซ้อนเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้มาก และก๊าซที่ออกจากเตาอุณหภูมิไม่สูงมาก ข้อเสียที่สำคัญคือ ก๊าซที่ผลิตได้จะมีสารเคมีน้ำมันและน้ำมันดินจำนวนมากเกิดขึ้น Pyrolysis Zone และจะกลั่นตัวเมื่ออยู่ในบริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่า ด้วยเหตุนี้ก๊าซที่ได้เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำหรือในการอบแห้ง ซึ่งก๊าซที่ได้จะถูกนำไปผสมกับอากาศ และ ทำการเผาไหม้โดยตรงในห้องเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนในกระบวนการที่ใช้ความร้อน เพราะน้ำมันดินที่เข้าไปกับก๊าซจะเกิดการเผาไหม้ให้ค่าความร้อนออกมาได้เช่นกัน

2.6.2 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลง Downdraft Gasifier (Co-flow)

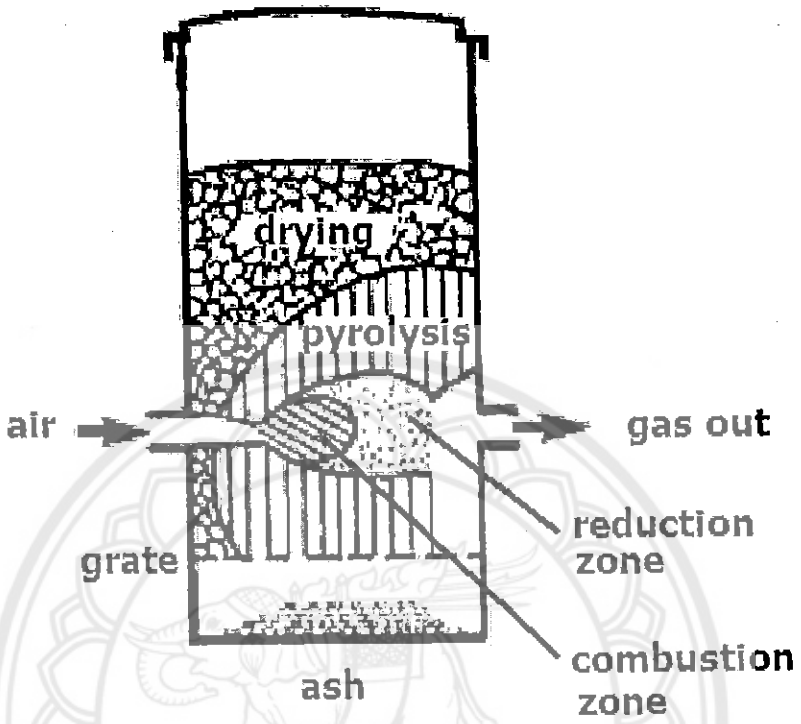
Downdraft Gasifier ดังแสดงในรูป 2.2 ออกแบบขึ้นมา เพื่อที่จะขจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยผ่านกลุ่มของหัวฉีด (Nozzle) ที่เรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณ Combustion Zone ก๊าซที่ได้จาก Combustion Zone จะถูก Reduce ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนที่อยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ในขณะเดียวกันชั้นของชีวมวลที่อยู่ทางด้านบนของ Combustion Zone เนื่องจากมีปริมาณของออกซิเจนน้อยมากจะเกิดกลั่นสลาย แต่ไอของน้ำมันดินที่เกิดจากการกลั่นสลาย ก็จะไหลลงชั้นของคาร์บอนที่ร้อน จึงทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ สิ่งที่ควรสังเกต คือ การแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800 -1000 เซลเซียส ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 1000 เซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงนี้ ปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่าน Combustion Zone ใน Downdraft Gasifier จะมีส่วนประกอบของน้ำมันดินและน้ำมันลดลงจนเหลือน้อยกว่า 10% ของน้ำมันดิน และน้ำมันที่ได้จาก Updraft Gasifier และก๊าซที่ได้สะอาดกว่า ทำให้ใช้จำนวนผ้ากรองน้อยลงเพื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งเป็นการนำ Downdraft Gasifier ไปใช้ที่สำคัญ เนื่องจากความเร็วก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากทั้ง Updraft Gasifier และ Downdraft Gasifier มีความเร็วต่ำ และ เถ้าอยู่บริเวณตะแกรง ดังนั้น จึงมีปริมาณน้อยมากที่ติดออกมาพร้อมกับเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Downdraft Gasifier

2.6.3 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลตามขวาง Crossdraft Gasifier

Crossdraft Gasifier มีลักษณะดังรูป 2.3 อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดซึ่งอยู่ในแนบราบ Combustion Zone จะอยู่ถัดไปจากหัวฉีดออกไป และ ถัดออกไปอีกจะเป็น Reduction Zone ก๊าซที่ออกจาก Reduction Zone แล้วจะออกสู่ภายนอกโดยผ่านตะแกรงซึ่งอยู่ในแนวตั้ง รอบๆ Combustion Zone และ Reduction Zone จะเป็นบริเวณ Pyrolysis Zone น้ำมันดินที่ได้จาก Pyrolysis Zone นี้จะผ่าน Reduction Zone ก่อนที่จะออกสู่ภายนอก ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซก่อนที่จะออกสู่ภายนอกทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันน้ำมันและน้ำมันดินต่ำ อุณหภูมิเฉลี่ยของเตาของผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ออกมาจากเตาจะไม่สูงมากเหมือนเตาแบบไหลลง ข้อดีของเตาแบบ Crossdraft Gasifier นี้คือ เป็นแบบที่เล็กและเบา สามารถผลิต ผลิตภัณฑ์ก๊าซได้เร็วกว่าเตาอีกสองแบบที่กล่าวมา และอุณหภูมิในเตาจะไม่สูงมากหนัก ได้รับการออกแบบให้ใช้กับยานพาหนะโดยเฉพาะ และ มีผลตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระ (Load) ที่ใช้อยู่ เชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับเตาผลิตก๊าซแบบนี้ควรเป็นถ่านไม้ที่มีคุณภาพสูง

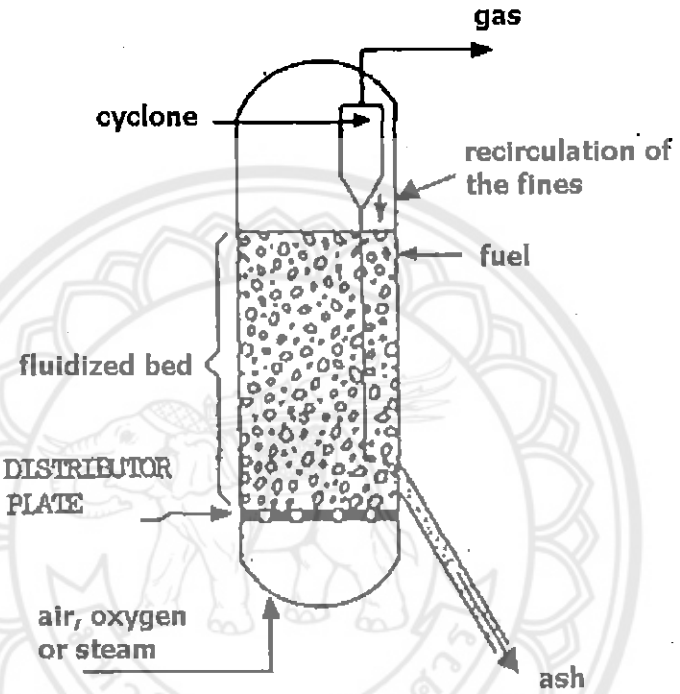


รูปที่ 2.3 ลักษณะของ Crossdraft Gasifier

2.6.4 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบฟลูอิดไดร์เบด (Fluidzed bed Gasifier)

จากเตาทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมานั้น การทำงานจะขึ้นอยู่กับคุณภาพที่เคมีและทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก ปัญหาที่พบบ่อย ๆ คือ เถ้าหลอม (slag) ที่เกิดขึ้นมากเกินไปทำเกิดการอุดตันในเตาผลิตก๊าซ เตาผลิตก๊าซแบบ Fluidzed bed นี้จึงได้พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการอุดตันของเถ้าหลอม (slag) ในเตาผลิตก๊าซแบบนี้อากาศจะไหลผ่านของเชื้อเพลิงแข็ง เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งชั้นเชื้อเพลิงที่ว่างอยู่จะเริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหลดังรูปที่ 2.4 ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่วบริเวณเตา โดยปกติภายในเบดจะใช้วัสดุเฉื่อย (Inert material) เช่น ทราย หรือวัสดุเร่งปฏิกิริยา (reaction material) เพื่อช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยทำความสะอาดก๊าซ

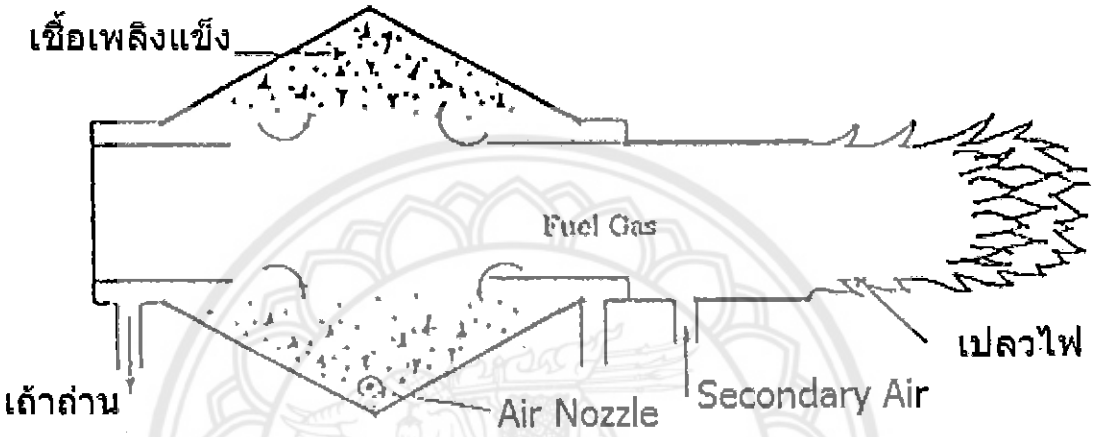
ข้อดีของเตาแบบนี้ คือ ง่ายต่อการควบคุมอุณหภูมิในเตาผลิตก๊าซให้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของขี้เถ้า จึงสามารถใช้วัสดุที่มีเถ้ามากได้ ซึ่งถ้านำมาใช้กับเตาแบบอื่นก่อให้เกิดปัญหามาก ส่วนข้อเสียของเตาแบบนี้ คือ ก๊าซที่ได้จะมีเถ้าและฝุ่นถ่านออกมาด้วยเนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเบดสูง จึงต้องมีตัวดักฝุ่นออกก่อนนำไปใช้งาน



รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Fluidzed bed Gasifier

2.6.5 เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศหมุนวนเตา (Suspended Gasification)

ใช้หลักการหมุนวนของอากาศเพื่อที่จะให้ก๊าซและของแข็งเกิดการสัมผัสกันอย่างทั่วถึง เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ในทุกส่วนดังรูปที่ 2.5 เชื้อเพลิงที่ใช้ปกติจะใช้ถ่านหินและเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กเช่น ขี้เลื่อย



รูปที่ 2.5 ลักษณะของ Suspended Gasification

2.7 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 การทดลองของ วิรัช อรุณลักษคำรง

วิทยานิพนธ์นี้ทำการทดลองเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น เพื่อที่จะนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปใช้ในการเผาไหม้โดยตรงเพื่อให้ความร้อน โดยการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซระดับต่างๆ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของเชื้อเพลิงและการเปลี่ยนแปลงปริมารอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เตาผลิตก๊าซ เตาผลิตก๊าซที่ใช้มีความสูง 175 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 65 ซม. ภายในเตาก่อด้วยอิฐทนไฟหนา 10 ซม. โดยรอบและตลอดทั้งเตา

ผลของการทดลองในด้านการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดจากขนาดของเชื้อเพลิงและปริมาณอัตราการไหลของอากาศ พบว่าเชื้อเพลิงที่มีขนาดยาวและปริมาณอัตราการไหลของอากาศสูง จะทำให้อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซที่ระยะความสูงต่างๆสูงกว่า และเกิดกระบวนการต่างๆ ภายในเตาผลิตก๊าซเป็นบริเวณกว้างกว่าเชื้อเพลิงที่มีขนาดสั้นและปริมาณอัตราการไหลของอากาศต่ำ ผลทางด้านองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นั้น เชื้อเพลิงที่มีขนาดสั้นจะให้เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงกว่าเชื้อเพลิงที่มีขนาดยาว แต่ผลทางด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัตราการไหลของอากาศนั้นในการทดลองนี้มีผลต่อการผลิตก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์อยู่บ้าง ซึ่งผลนี้เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของเชื้อเพลิง

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า จุดที่เหมาะสมในด้านขนาดของเชื้อเพลิงและปริมาณอัตราการไหลของอากาศที่น่าสนใจสำหรับเตาผลิตก๊าซนี้อยู่ในช่วงขนาดความยาวของเชื้อเพลิง 2 - 3 ซม. และปริมาณอัตราการไหลของอากาศ 0.44 - 0.51 กิโลกรัมต่อนาที ในช่วงนี้เปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ไม่ต่ำกว่า 28.7 เปอร์เซ็นต์

2.7.2 การทดลองของ วิภาวรรณ แสงสง่า

การเปรียบเทียบการผลิตเซรามิกส์โดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาผลิตก๊าซซิไฟเออร์แบบ Updraft และ Downdraft

เป็นวิทยานิพนธ์ที่ศึกษาการผลิต Producer Gas จากเตาผลิตก๊าซชนิดไหลขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงในการเผาให้ความร้อนแก่เซรามิกส์ และผลการทดลองที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้จากเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลงโดยใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง เตาผลิตก๊าซที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาดความจุ 0.309 m^3 ผลการทดลองผลิต Producer Gas ที่อัตราการไหลของอากาศต่างระดับกัน 3 ระดับ คือ 3.0×10^{-3}, 4.0×10^{-3}, 5.0×10^{-3} m^3/s (ที่ 30 $^{\circ}C$, 1 atm) พบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 9, 10.79, 18 kg/hr ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแปรผันตรงกับอัตราการไหลของอากาศ ปริมาณของ CO ใน Producer Gas ที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ย 26.79, 31.78, 29.55 % คำนวณค่าความร้อนสูงเฉลี่ยของก๊าซได้เท่ากับ 4072.32, 4391.87, 3857.35 kJ/Nm^3 ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 4 x 10^{-3} m^3/s เหมาะที่จะนำเอา Producer Gas ไปใช้ประโยชน์เนื่องจากมีค่าความร้อนสูง

2.7.3 การทดลองของ วิฑูรย์ อบรม, ธันติ หวังนิพพานโต และวัชระ เกาะแก้ว

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเตาผลิตก๊าซแบบชีวมวลแบบอากาศไหลเข้าจากด้านล่างสู่ด้านบน ไหลเข้าจากด้านบนสู่ด้านล่าง และไหลเข้าตรงกลางและออกตรงกลาง เพื่อที่จะนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปใช้กับการเผาไหม้ เพื่อให้ความร้อนโดยตรง การศึกษาจะพิจารณาถึงปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) และ คาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) ที่เกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ผ่านในระบบ ปริมาณความชื้นของแกลบ และ ลักษณะการเผาไหม้ในเตาแต่ละรูปแบบ เตาที่สร้างขึ้นมีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 เซนติเมตร สูง 78 เซนติเมตร มีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร ผนังทำด้วยซีเมนต์ทนไฟ ผลของการทดลองในการเปลี่ยนตัวแปรปริมาณความเร็วลมในระบบ และปริมาณความชื้นของแกลบ พบว่า เตาแบบ Updraft Gasifiers ให้ปริมาณมีเทน(CH_4) ที่ปริมาณสูง และเตาแบบ Crossdraft Gasifier ให้ปริมาณมีเทน (CH_4) น้อยที่สุด ปริมาณอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาประมาณ 710 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทดลองนี้ใช้แกลบที่มีความชื้น 50% และ 25% เป็นวัสดุในการเผาไหม้ จากการทดลองพบว่า เตาที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สคือเตาแบบ Updraft Gasifiers ที่มีความเร็วอากาศ 1.8 m/s ความชื้นแกลบ 50% โดยการเผาที่ 3 ชั่วโมง มีมีเทน (CH_4) อยู่ในช่วง 1-25%

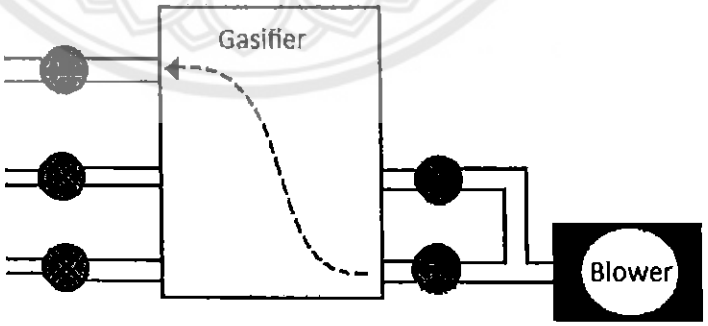
บทที่ 3
อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

ในการศึกษาโครงงานนี้ได้ทำการศึกษาค่าของปริมาณของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) สำหรับเตาก๊าซซิไฟเออร์ที่ถูกใช้ในโครงงานของ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเตาก๊าซซิไฟเออร์ เครื่องนี้ใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง วิธีดำเนินการทดลอง การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ต่างๆ จะแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

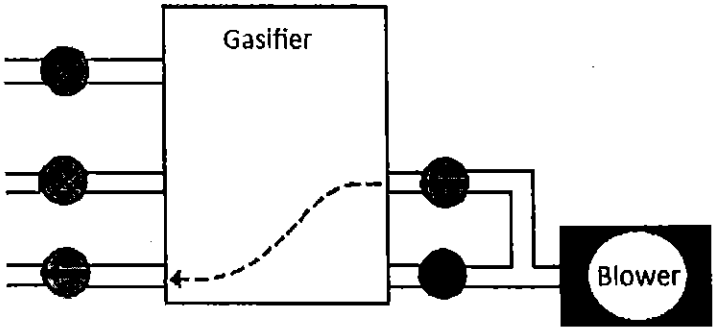
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 เตาก๊าซซิไฟเออร์

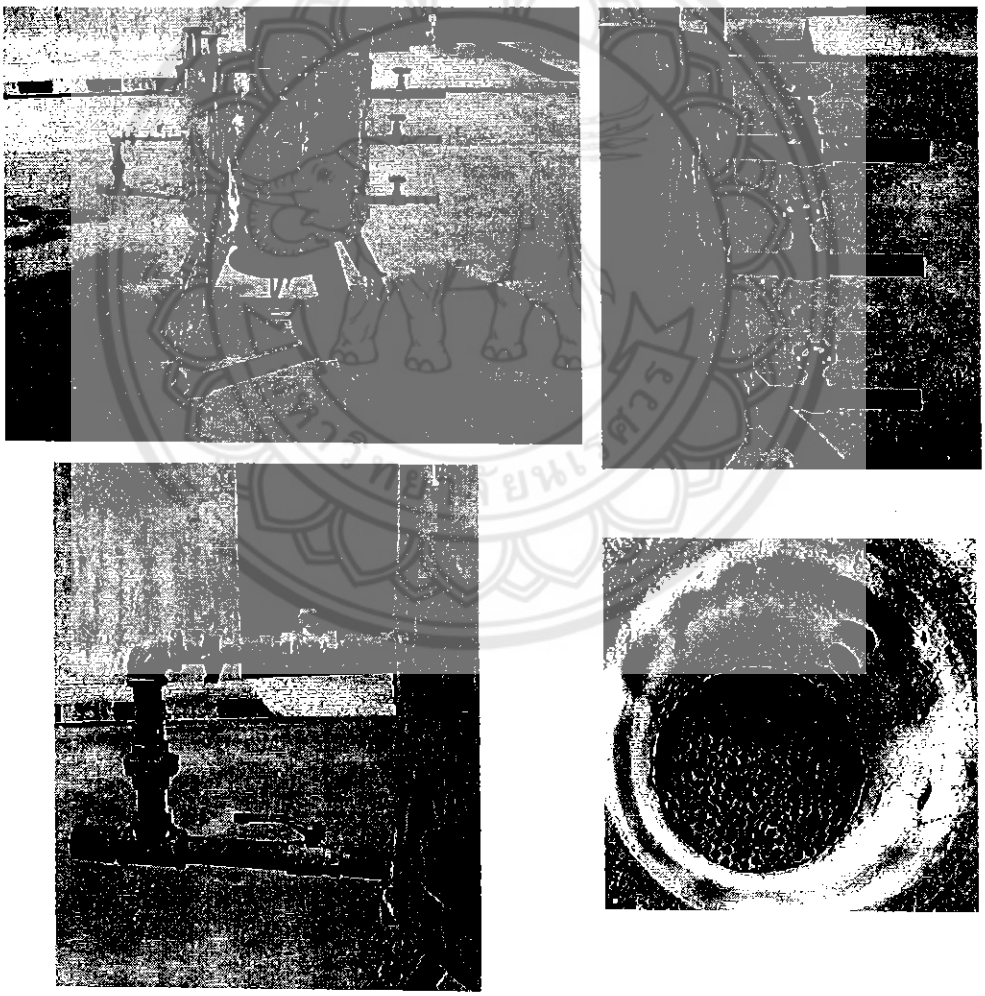
เตาก๊าซซิไฟเออร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเตาที่มีลักษณะการเผาไหม้ภายในเตาที่แตกต่างกัน โดยเตาก๊าซซิไฟเออร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร สูง 65 เซนติเมตร มีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และสูง 35 เซนติเมตร ผนังทำด้วยซิเมนต์ทนไฟหนา 15 เซนติเมตร โดยเตาสามารถปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศเข้าได้ภายในเตาเดียวกัน ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.1 การเตรียมเตาเผา แบบ อากาศไหลเข้าจากด้านล่างสู่ด้านบน (Updraft Gasifier)



รูปที่ 3.2 การเตรียมเตาเผา แบบ อากาศไหลเข้าจากด้านบนสู่ด้านล่าง (Downdraft Gasifier)

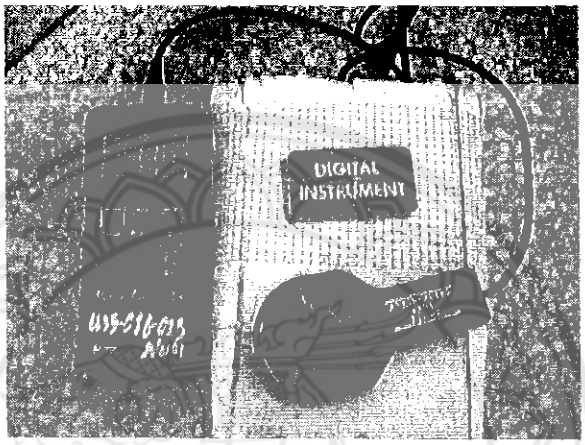


รูปที่ 3.3 ลักษณะของเตาก๊าซซิไฟเออร์ที่สามารถปรับให้เป็นทั้ง 3 แบบภายในเตาเดียวกัน

3.1.2 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter)

ใช้เครื่องวัดความเร็วลม รุ่น Extech 407112 Heavy Duty Vane Thermo-Anemometer

- Accuracy: 2% FS; 1.5°F/0.8°C
- Ranges: 80 to 4930ft/min. (also readings in m/s, km/h, MPH, Knots, Temp & Windchill)



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเร็วลม

3.1.3 พัดลมป้อนอากาศ (Blower)

ในการติดตั้งเตาจะใช้พัดลมแบบดูดอากาศ (Blower) เป็นแบบ**พัดลมแบบเหวี่ยง** (Centrifugal fan) ที่ป้อนอากาศเข้าสู่เตา ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า**ชนิด 3 เฟส ขนาด** 1/4 แรงม้า สามารถควบคุมปริมาณอากาศเข้าด้วยการใช้ Ball valve ดังแส**ดงในรูปที่** 3.4

รูปที่ 3.5 พัดลมดูดอากาศ

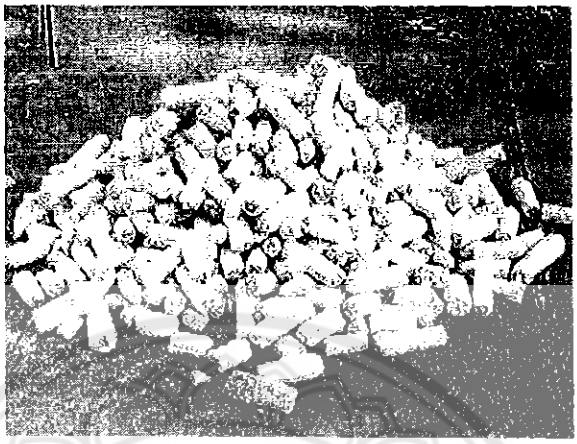
รูปที่ 3.6 Ball valve

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปร.
กจจก
2551.
5200089
i 5094343 e.2

3.1.4 เชื้อเพลิง (Fuel)

ใช้ซังข้าวโพดที่ได้จากการเกษตร แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ซังข้าวโพด

3.1.5 อุปกรณ์เก็บน้ำมันดิน (Tar sampling)

ใช้กล่องนมจำนวน 6 กล่องต่อครั้งการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์เก็บน้ำมันดิน

3.1.6 เครื่องชั่งน้ำมันดินและซังข้าวโพด

ใช้ตาชั่งสปริงสเกล 1 กิโลกรัม ในการชั่งน้ำหนักซังข้าวโพดแสดงดังรูปที่ 3.9 และใช้เครื่องชั่งมวลสารความเที่ยงตรงสูง มีค่าความละเอียด 0.0001 – 100.0 กรัม ในการชั่งน้ำหนักของน้ำมันดินแสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.9 ตาชั่งสปริง 1 กิโลกรัม

รูปที่ 3.10 เครื่องชั่งมวลสารความเที่ยงตรงสูง

3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

วิธีการศึกษาโครงงานนี้เป็นการศึกษาจากการทดลองโดยมีตัวแปรอิสระคือตัวแปรทางด้านปริมาณน้ำมันดินหรือ ทาร์ (Tar) ของเตาก๊าซซิไฟเออร์ชนิด updraft และ downdraft โดยมีตัวแปรควมคุมคืออัตราการไหลของอากาศเข้า ซึ่งค่าของปริมาณน้ำมันดินหรือ ทาร์ (Tar) จะสนใจปริมาณน้ำมันดินที่ออกมาทางท่อที่ก๊าซออกเท่านั้น

3.3 วิธีการทดลอง

หลังจากประกอบและติดตั้งระบบผลิตก๊าซชีวมวลซึ่งประกอบไปด้วย เตาผลิตก๊าซ (Gasifier), พัดลมดูดอากาศ และอุปกรณ์เก็บน้ำมันดิน เพื่อดำเนินการทดลอง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.3.1 การทดลองแบบ Updraft

1. ทำการปรับรูปแบบเตาให้เป็นแบบ Updraft และวัดอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1 m/s ซึ่งวัดจากตำแหน่งกึ่งกลางเตา โดยการปรับ ball valve โดยดูได้จากหน้าปัดที่เครื่องวัดความเร็วลม

2. ใส่ถ่านไม้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ลงเตาผลิตก๊าซและติดไฟที่ถ่านไม้โดยใช้ผ้าชุบน้ำมันดีเซลใส่เข้าเตาผลิตก๊าซ

3. เปิดพัดลมดูดอากาศ (Blower) เพื่อให้อากาศไหลเข้าชั้นเผาไหม้ (Combustion Zone)

4. เมื่อถ่านไม้ติดไฟดีแล้ว ใส่ซังข้าวโพดน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ลงในเตาผลิตก๊าซและทำการปิดฝาทางด้านบนของเตาให้แน่น

5. ทำการเก็บน้ำมันดินที่ท่อทางออกของก๊าซ ทุก ๆ 10 นาที โดยใช้เวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมง

6. หยุดการเดินเครื่องทำโดยการปิด Blower

7. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

8. ทำการทดลองซ้ำในลักษณะเดียวกันที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1.5 m/s, 2 m/s ตามลำดับ โดยปรับอัตราการไหลของอากาศที่ Ball valve

3.3.2 การทดลองแบบ Downdraft

1. ทำการปรับรูปแบบเตาให้เป็นแบบ Downdraft และวัดอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1 m/s ซึ่งวัดจากตำแหน่งกึ่งกลางเตาโดยการปรับ ball valve โดยดูได้จากหน้าปัดที่เครื่องวัดความเร็วลม

2. ใส่ซังข้าวโพดลงไปในเตาผลิตก๊าซก่อน 2 กิโลกรัม และใส่ถ่านไม้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ลงเตาผลิตก๊าซและติดไฟที่ถ่านไม้โดยใช้ผ้าชุบน้ำมันดีเซลใส่เข้าเตาผลิตก๊าซ

3. เปิดพัดลมดูดอากาศ (Blower) เพื่อให้อากาศไหลเข้าชั้นเผาไหม้ (Combustion Zone)

4. เมื่อถ่านไม้ติดไฟดีแล้ว ใส่ซังข้าวโพดน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ลงในเตาผลิตก๊าซและทำการปิดฝาทางด้านบนของเตาให้แน่น

5. ทำการเก็บน้ำมันดินที่ท่อทางออกของก๊าซ ทุก ๆ 10 นาที โดยใช้เวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมง

6. หยุดการเดินเครื่องทำโดยการปิด Blower

7. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

8. ทำการทดลองซ้ำในลักษณะเดียวกันที่มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1.5 m/s, 2 m/s ตามลำดับ โดยปรับอัตราการไหลของอากาศที่ Ball valve

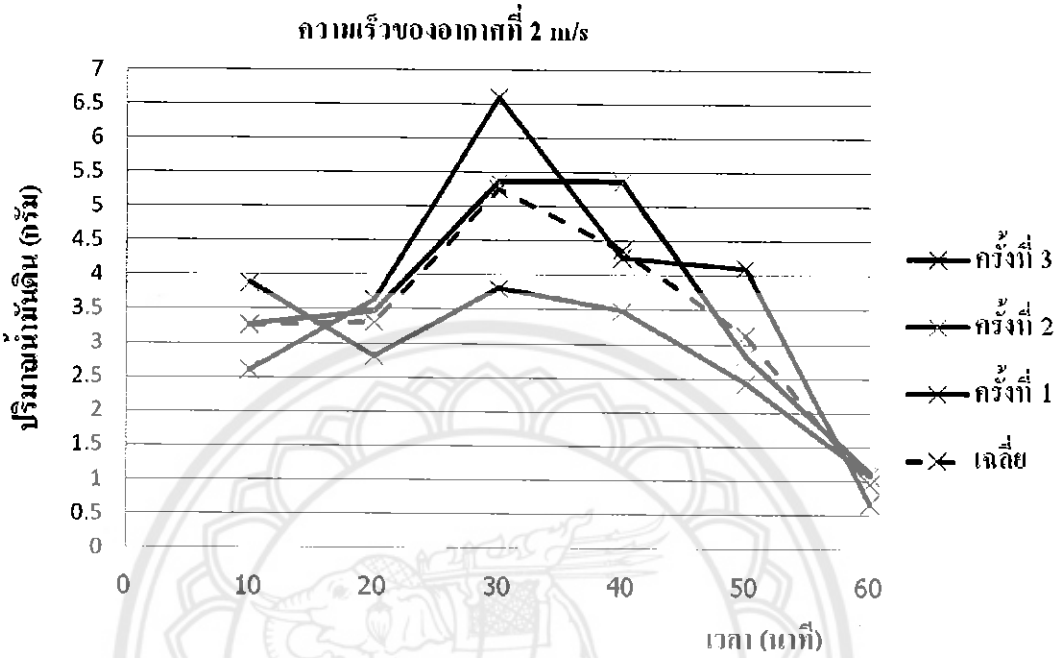
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

โครงงานนี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่ได้จากการผลิต Producer Gas ที่อัตราการไหลของอากาศต่างระดับกันโดยใช้เตาก๊าซซิไฟเออร์ที่มีลักษณะการเผาไหม้ภายในเตาที่แตกต่างกัน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใช้การผลิต Producer Gas เป็นแบบ Updraft และส่วนที่ 2 ใช้การผลิต Producer Gas เป็นแบบ Downdraft หาสภาวะของการเกิดน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่เหมาะสมในอัตราการไหลต่าง ๆ แสดงผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองของเตาผลิตก๊าซแบบ Updraft

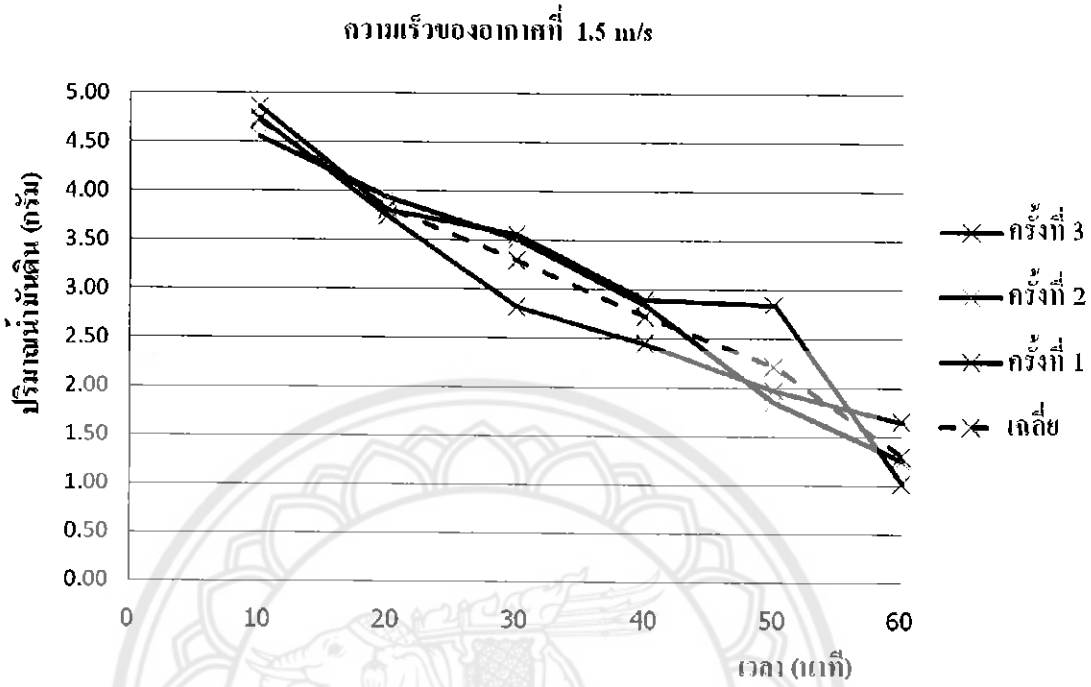
ในการผลิต Producer Gas ที่อัตราการไหลของอากาศป้อนเข้าสู่เตาผลิตก๊าซแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 2 m/s, 1.5 m/s และ 1 m/s ในแต่ละอัตราการไหลของอากาศจะทำการทดลอง 3 ครั้ง ซึ่งการทดลองแต่ละครั้งใช้ซังข้าวโพดน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ใช้ระยะการทดลอง 60 นาทีต่อครั้งการทดลอง ทำการเก็บค่าของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) เฉพาะที่ท่อทางออกของก๊าซ ทุก ๆ 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงอัตราการเกิดน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ของแต่ระรูปแบบของเตาผลิตก๊าซแสดงผลดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันดินกับเวลา ที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 2 m/s, 1.5 m/s และ 1 m/s ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s แบบ Updraf

จากรูปที่ 4.1 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Updraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s จะมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่ในช่วงนาทีที่ 10 จนถึงนาทีที่ 30 ซึ่งในช่วงนาทีที่ 30 เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำมันดินเพิ่มขึ้นจนถึงมากที่สุด และตั้งแต่นาทีที่ 30 จนถึงนาทีที่ 60 เป็นช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงนาทีที่ 50 จนถึงนาทีที่ 60

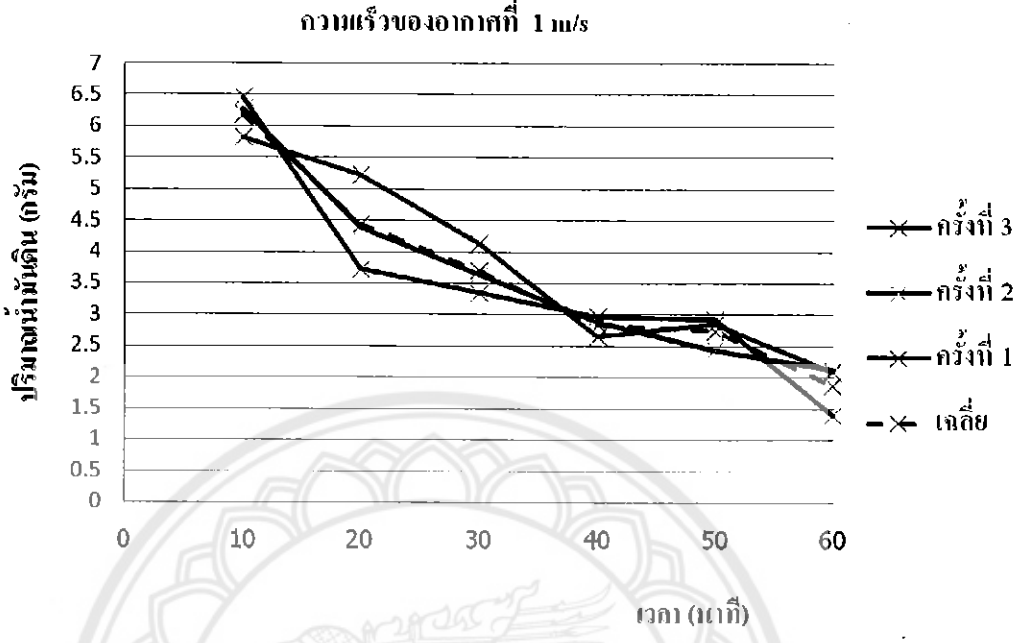
จากการทดลองครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เวลาและอัตราการไหลของอากาศมีผลต่อปริมาณน้ำมันดิน กล่าวคือ ปริมาณน้ำมันดินโดยเฉลี่ย ถึงจุดที่มากสุดเท่ากับ 5.26 กรัม ในช่วงนาทีที่ 30 และเวลาผ่านไปปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว สังเกตจากความชันของกราฟที่มีความชันมาก เกิดจากเชื้อเพลิงภายในเตาลดน้อยลง เพราะอัตราการไหลของอากาศมาก ทำให้เกิดชั้นการเผาไหม้มาก ทำให้เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้จนหมด



รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s แบบ Updraft

จากรูปที่ 4.2 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Updraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s จะมีค่าสูงสุดตั้งแต่ในช่วงนาทีที่ 10 และปริมาณน้ำมันดินจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 60 ซึ่งในนาทีที่ 60 ยังมีปริมาณน้ำมันดินเหลืออยู่

จากการทดลองครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เวลาและอัตราการไหลของอากาศมีผลต่อปริมาณน้ำมันดิน กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำมันดินโดยเฉลี่ย ถึงจุดที่มากที่สุดเท่ากับ 4.73 กรัมในช่วงนาทีที่ 10 และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ลดลงน้อยกว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s สังเกตได้จากความชันของกราฟในช่วงที่มีการลดลงมีความชันน้อยกว่า เนื่องจากเชื้อเพลิงภายในเตาลดน้อยลง ประกอบอัตราการไหลของอากาศที่น้อยลงด้วย



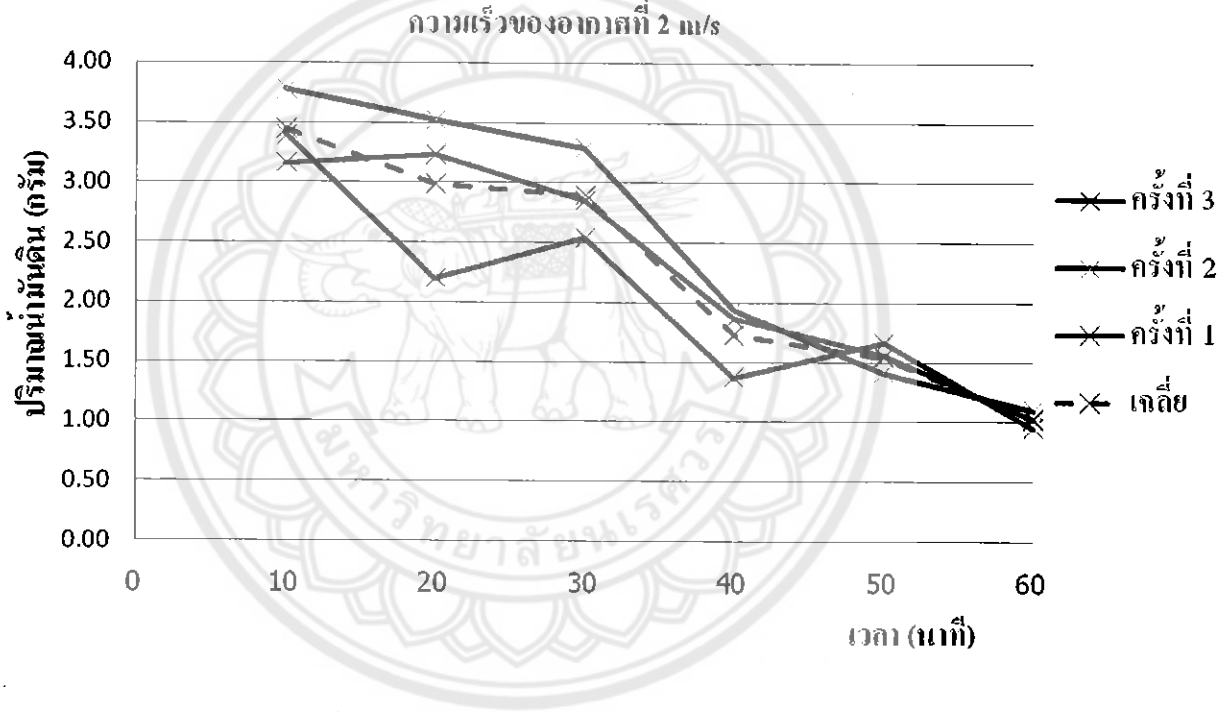
รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s แบบ Updraft

จากรูปที่ 4.3 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Updraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s จะมีค่าสูงสุดในช่วงนาทีที่ 10 เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของอากาศที่ 1.5 m/s และ 2 m/s และปริมาณน้ำมันดินจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 60 ซึ่งยังมีปริมาณน้ำมันดินเหลืออยู่มาก เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของอากาศที่ 1.5 m/s และ 2 m/s

จากการทดลองครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เวลาและอัตราการไหลของอากาศมีผลต่อปริมาณน้ำมันดิน กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำมันดินโดยเฉลี่ย ถึงจุดที่มากที่สุดเท่ากับ 6.19 กรัม ในช่วงนาทีที่ 10 และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ลดลงน้อยกว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s และ 2 m/s สังเกตได้จากความชันของกราฟในช่วงที่มีการลดลงแต่ความชันน้อยกว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s และ 2 m/s เนื่องจากเชื้อเพลิงภายในเตามีอัตราการลดลงต่ำ เพราะอัตราการไหลของอากาศต่ำ ทำเกิดชันการเผาไหม้เล็กลง ทำให้เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ในปริมาณน้อย ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดินในนาทีที่ 60 ยังคงเหลือมากกว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s และ 2 m/s

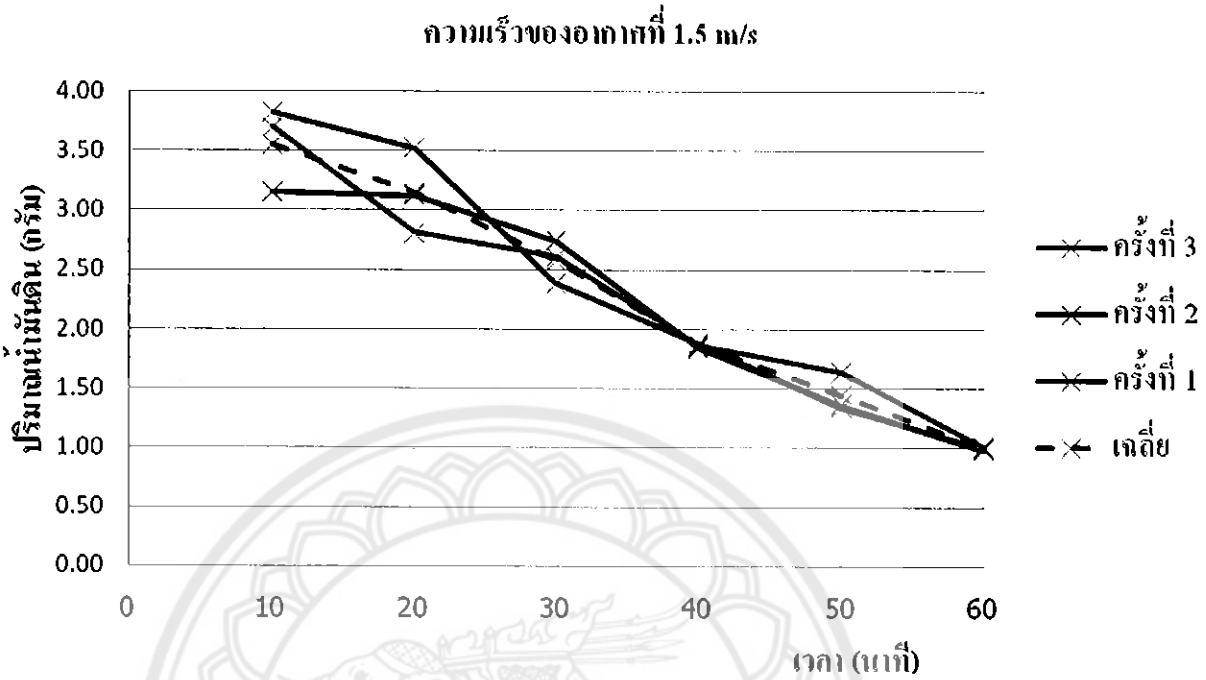
4.2 ผลการทดลองของเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft

ในการผลิต Producer Gas ที่อัตราการไหลของอากาศป้อนเข้าสู่เตาผลิตก๊าซแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 1 m/s, 1.5 m/s และ 2 m/s ในแต่ละอัตราการไหลของอากาศจะทำการทดลอง 3 ครั้ง ซึ่งการทดลองแต่ละครั้งใช้ซังข้าวโพดน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ใช้ระยะการทดลอง 60 นาทีต่อครั้งการทดลอง ทำการเก็บค่าของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) เฉพาะที่ท่อทางออกของก๊าซ ทุก ๆ 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงอัตราการเกิดน้ำมันดิน (Tar) ของแต่ระรูปแบบของเตาผลิตก๊าซ



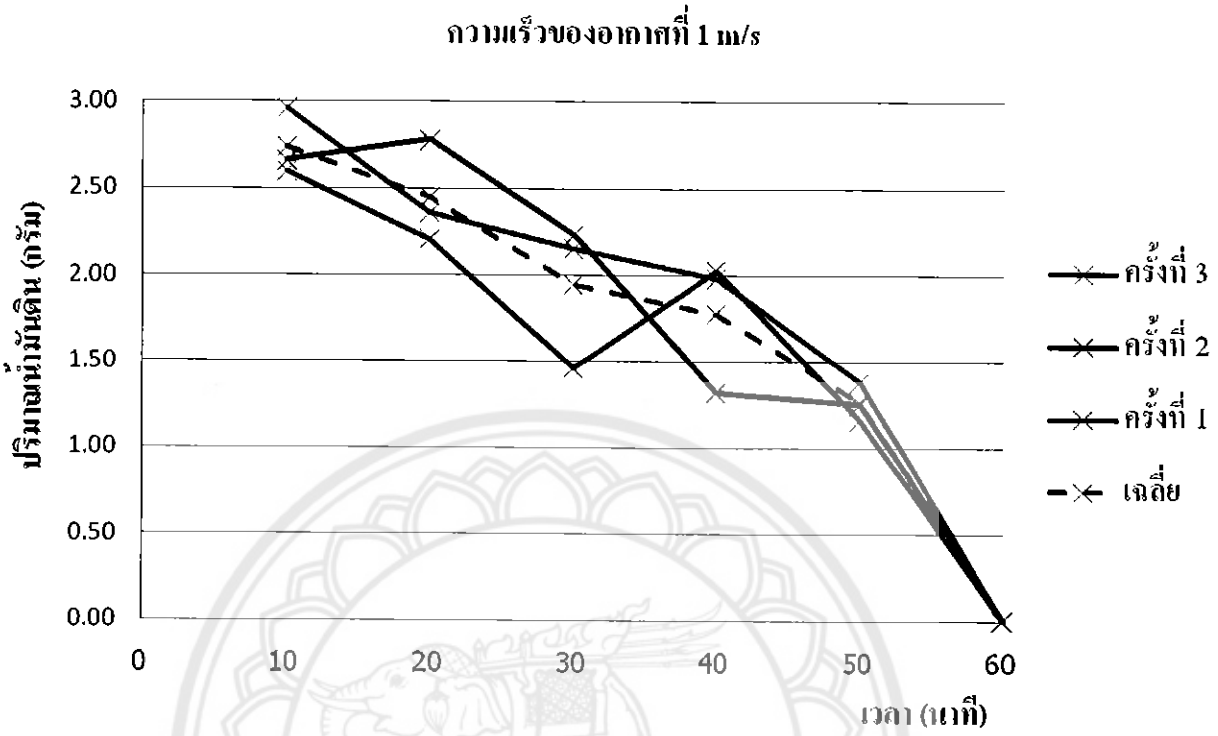
รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s แบบ Downdraft

จากรูปที่ 4.4 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Downdraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 2 m/s จะมีค่าสูงสุดในช่วงนาทีที่ 10 และในช่วงนาทีที่ 30 จนถึงนาทีที่ 40 เป็นช่วงเวลาที่ ปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และปริมาณน้ำมันดินจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 60 แต่ยังมีปริมาณน้ำมันดินเหลืออยู่มาก เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของอากาศที่ 1.5 m/s และ 2 m/s



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s แบบ Downdraft

จากรูปที่ 4.5 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Downdraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 m/s จะมีค่าสูงสุดในช่วงนาทีที่ 10 และปริมาณน้ำมันดินจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 60 แต่เป็นการลดลงช้า ๆ ของปริมาณน้ำมันดินที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันดินที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s แบบ Downdraft

จากรูปที่ 4.6 จะพบว่า ปริมาณน้ำมันดินของปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชั่นของเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Downdraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s จะมีค่าสูงสุดในช่วงนาทีที่ 10 และปริมาณน้ำมันดินจะลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ในช่วงนาทีที่ 50 จนถึงนาทีที่ 60 เป็นช่วงเวลาที่ ปริมาณน้ำมันดินมีค่าลดลงมากที่สุด จนไม่มีปริมาณของน้ำมันดินเกิดขึ้น เนื่องจากปริมาณอากาศน้อยทำให้ชั้นของ Pyrolysis เล็กลง ประกอบกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในโครงงานนี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่ได้จากการผลิต Producer Gas ที่อัตราการไหลของอากาศต่างระดับกันโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้เตาก๊าซซิไฟเออร์ที่มีลักษณะการเผาไหม้ภายในเตาแบบ Updraft และ Downdraft

5.1 สรุปผลการทดลองที่อัตราการไหลของอากาศที่ 2 m/s, 1.5 m/s และ 1 m/s

จากผลการทดลองหาค่าปริมาณของน้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่อัตราการไหลของอากาศ 3 ระดับ คือ 2 m/s, 1.5 m/s, และ 1 m/s ในระยะเวลาการทดลอง 60 นาที ใช้ซังข้าวโพด 6 กิโลกรัม ในการใช้รูปแบบเตาผลิตก๊าซเป็นแบบ Updraft ผลการวิเคราะห์พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1 m/s ให้ปริมาณน้ำมันดินรวม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองเท่ากับ 21.74 กรัม คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำมันดินเท่ากับ 2.174 กรัมต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด และ ที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1.5 m/s ให้ปริมาณน้ำมันดินรวม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองเท่ากับ 18.11 กรัม คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำมันดินเท่ากับ 1.811 กรัมต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด ดังนั้นที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1.5 m/s เหมาะสำหรับการป้อนอากาศให้กับเตาเผาแบบ Updraft

สำหรับเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft ผลการวิเคราะห์พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 2 m/s ให้ปริมาณน้ำมันดินรวม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองเท่ากับ 13.61 กรัม คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำมันดินเท่ากับ 1.361 กรัมต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด และที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1 m/s ให้ปริมาณน้ำมันดินรวม โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองเท่ากับ 10.18 กรัม คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำมันดินเท่ากับ 1.018 กรัมต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด ดังนั้นที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1 m/s เหมาะสำหรับการป้อนอากาศให้กับเตาเผาแบบ Downdraft ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้เตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft ที่อัตราการไหลของอากาศ 1 m/s เหมาะสมกว่าเตาที่เป็นแบบ Updraft ที่จะนำก๊าซที่ได้จากเตาผลิตก๊าซไปใช้ เพราะเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft ให้เชื้อเพลิงที่ออกมามีการปนเปื้อนน้ำมันดินต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อที่จะได้ประสิทธิภาพ Gasifier สูงขึ้นควรจะมีการดำเนินการดังต่อไปนี้

1) วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ชนิดอื่นๆ เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์ก๊าซ (Producer Gas) จากวัสดุชีวมวล แบบอื่น

2) น้ำมันดิน หรือ ทาร์ (Tar) ที่ได้จากกระบวนการ Pyrolysis นั้นควรมีการนำมาศึกษาถึงคุณสมบัติ และ ความเป็นไปได้ในแง่ของการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเช่น นำไปทดสอบหาค่าความร้อน จุดติดไฟ ส่วนประกอบทางเคมี นอกจากนั้นยังควรจะศึกษาผลกระทบของความชื้นที่มีกับปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) ด้วย

3) การศึกษาเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft ที่อัตราการไหลของอากาศที่ 1 m/s เพื่อเก็บตัวอย่างของ Producer Gas เช่น ค่าความร้อน ปริมาณของมีเทน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และความเป็นไปได้ในแง่ของการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

4) การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ควรจะคำนึงถึงด้วยว่าจะมีความเป็นไปได้สำหรับ ชนบทไทยมากน้อยแค่ไหน

เอกสารอ้างอิง

วิภาวรรณ แสงสง่า. การเปรียบเทียบการผลิตเซรามิกส์โดยใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากเตาก๊าซซิไฟเออร์แบบ Updraft และ Downdraft. วิทยานิพนธ์วิทยาสตรศามหาบัณฑิต. สายวิชาเทคโนโลยีพลังงงาน. คณะพลังงงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี

มาโนชญ์ ใจบุญ และ ศุภษร พาชิยานุกูล. การหาค่าพารามิเตอร์สำหรับการแปรขนาดของเตาก๊าซซิไฟเออร์ชนิดไหลลงแบบกลับทางที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยข่อนแก่น, 2550

วิฑูรย์ อบรม และคนอื่น ๆ การวัดปริมาณแก๊สชีวมวลในระบบแก๊สซิไฟเออร์ กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ภาคผนวก

ภาคผนวก

การดูแลรักษาเตาผลิตก๊าซหลังการทดลอง

1. การดูแลรักษาเตาผลิตก๊าซหลังการทดลองแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft)

หลังจากการทดลองในแต่ละครั้งเสร็จสิ้นจะต้องทำความสะอาดท่อที่ทางออกของก๊าซและวาล์ว ให้สะอาดก่อนจะทำการทดลองครั้งต่อไป เนื่องจาก เตาผลิตก๊าซแบบ Updraft จะมีปริมาณน้ำมันดินเกิดขึ้นมาก ส่งผลทำให้ วาล์วที่ทางออกของก๊าซเกิดการอุดตันได้

2. การดูแลรักษาเตาผลิตก๊าซหลังการทดลองแบบอากาศไหลลง (Downdraft)

หลังจากการทดลองในแต่ละครั้งเสร็จสิ้นจะต้องทำความสะอาดตะแกรงของเตาผลิตก๊าซ เนื่องจาก เตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft จะมีเถ้าออกมามากจะทำให้ตะแกรงอุดตันได้ พร้อมกับทำความสะอาดวาล์วที่ท่อทางออกด้วย ก่อนที่จะทำการทดลองครั้งต่อไป

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายไกรวุฒิ สาน้อย

เกิดเมื่อ วันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 137 หมู่ 2 ต.ห้วยเฮี้ย อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 65120

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนต้น จากโรงเรียนนครบางยางพิทยาคม ต.บ้านแยง อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนปลาย จากโรงเรียนนครบางยางพิทยาคม ต.บ้านแยง อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

นายจักรพงษ์ ปองแก้ว

เกิดเมื่อ วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 204/1 หมู่ 4 ต. บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนต้น จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนปลาย จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

นายรฐภัทร์ ดาราทอง

เกิดเมื่อ วันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 8/1 หมู่ 9 ต. เชิงกลัด อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี 16130

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนต้น จากโรงเรียนสิงห์บุรี ต.บางมัญ อ.เมืองสิงห์บุรี จ.สิงห์บุรี

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้อนปลาย จากโรงเรียนสิงห์บุรี ต.บางมัญ อ.เมืองสิงห์บุรี จ.สิงห์บุรี