ปีการศึกษา 2532

เตาเผาเพื่อใช้ความร้อนโดยตรง

โดย

นายพรเทพ ธนกิจลีลาเจริญ

นายสมชาย ศรีสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายยงยุทธ พืชกมุทร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เตาเผาเพื่อใช้ความร้อนโดยตรง

ผู้จัดทำ
1. นายพรเทพ ธนกิจลีลาเจริญ
2. นายสมชาย ศรีสุข

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(นายยงยุทธ พิธกมุทร)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาเผาเพื่อใช้ความร้อนโดยตรง

นายพรเทพ ธนกิจลีลาเจริญ

นายสมชาย ศรีสุข

อาจารย์ยงยุทธ พืชกมุทร

บทคัดย่อ

เตาเผาไหม้วัสดุชีวมวลซึ่งเหลือใช้ทางการเกษตรถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อนำความร้อนจากการเผาไหม้ไปใช้โดยตรง สำหรับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต การทำงานของเตาเผาระบบนี้เกิดจากการเผาซางข้าวโพดในห้องเผาไหม้ที่ออกแบบให้พอเหมาะ และใช้พัดลมเป่าอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ เพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ด้วยปริมาณอากาศที่เหมาะสม ทำให้ลมร้อนที่ได้มีความสะอาดค่อนข้างมากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย

จากการทดสอบปรับอัตราการป้อนอากาศ 3 ระดับ คือ 55 78.5 และ 93 cfm. ที่อัตราการป้อนซางข้าวโพดคงที่ 20 Kg/hr ผลที่ได้ที่ 55 cfm. ซึ่งเป็นค่าเมื่อไม่ได้เปิดพัดลมช่วย ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ตามทฤษฎีจะเพียงพอแล้ว การเปิดพัดลมช่วยจะทำให้ปริมาณอากาศส่วนเกินมากเกินความจำเป็น ในการทดลองนี้เมื่อไม่เปิดพัดลมช่วย การเผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์ การผสมกันระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเกิดขึ้นได้ดีพอสมควร ซึ่งถ้าเปิดพัดลมช่วยในการป้อนอากาศอีกเพียงเล็กน้อย จะช่วยให้การผสมกันระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงดีขึ้นทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ด้วยราคาในการสร้างที่ไม่สูงนัก ประกอบกับเชื้อเพลิงที่หาง่ายและมีราคาถูก เตาเผาไหม้ระบบนี้จะมีส่วนช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิตให้สูงขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIRRECT BURNER

Porntep Tanakijleelacharoen

Somchai Srisuk

Yongyuth Puechkamutr Advisor

1989

ABSTRACT

Biomass direct burner was designed and fabricated to produce hot air for drying of agriculturas product. Corn cob was used as a source of heating . It was burnt in a combustion chamber. A blower was installed to force air into the chamber for increase excess air.

Combustion tests were conducted at a constant feed rate of corn cob of 20 Kg/hr with various air flow rates of 55, 78.5 and 93 cfm. It was observed that almost complete combustion was existed at a natural convection air flow rate of 55 cfm. However, slightly increase in air flow resulted in complete combustion because of a better mixing among air and fuel in the chamber.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	
1.1	พลังงานกับมนุษย์	1
1.2	สถานการณ์ด้านพลังงาน	2
1.3	ทางออกที่เหมาะสม	3
บทที่ 2	หลักการ	
2.1	เชื้อเพลิงคืออะไร	5
2.2	องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิง	5
2.3	การเอาชีวมวลมาทำเป็นเชื้อเพลิง	6
2.4	แหล่งชีวมวล	6
2.5	แหล่งชีวมวลที่น่าสนใจ	7
2.6	การเผาไหม้	8
2.7	ส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ	10
2.8	อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่พอเหมาะ	10
2.9	องค์ประกอบในการเผาไหม้	11
2.10	อากาศพิษที่เกิดจากการเผาไหม้	11
บทที่ 3	การออกแบบและการสร้าง	
3.1	ห้องเผาไหม้	14
3.2	ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง	15
3.3	พัดลมช่วยเพิ่มอากาศในห้องเผาไหม้	16
3.4	ท่อลำหรับนำอากาศร้อนไปใช้	17
บทที่ 4	ผลการทดลอง	
4.1	การเตรียมการทดลอง	18
4.2	การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ก๊าซ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ Orsat	20
4.3	วิธีวัดความเร็วลมโดย Rotary Vane Flow Meter	21
4.4	วิธีการวัดอุณหภูมิก๊าซร้อน	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5	วิธีวัดอุณหภูมิสภาพอากาศโดยรอบ	22
4.6	วิธีการหาความชื้นของข้าวโพด	22
4.7	วิธีการหาอัตราการป้อนข้าวโพด	23
4.8	วิธีการทดลองเผา	24
4.9	วิธีการเก็บข้อมูล	25
4.10	สรุปผลการทดลอง	26

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 38
แบบที่ใช้สร้างในงานวิจัย 48
กิตติกรรมประกาศ 52
เอกสารอ้างอิง 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

1. รูปห้องเผาไหม้หุ้มด้วยฉนวนใยเหล็ก 40
2. รูประบบขับเคลื่อน 40
3. รูปพัดลมช่วยเพิ่มอากาศ 41
4. รูปการเก็บก๊าซตัวอย่าง 41
5. รูปการถ่ายก๊าซตัวอย่าง
   จากถังเก็บสู่หลอดทดลอง 42
6. รูปการวิเคราะห์ก๊าซตัวอย่าง 42
7. รูปท่อสำหรับใส่กระดาษกรองคาร์บอน 43
8. รูปการใส่กระดาษกรอง 43
9. รูปกระดาษกรองที่ใช้กรอง 43
10. รูปกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วจะถูกเก็บใน Plate 44
11. รูปเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิสภาพอากาศ 45
12. รูป Rotary Vane Flow Meter สำหรับวัดความเร็ว 45
13. รูปกระดาษกรองที่เก็บจากไม่มีอากาศช่วย 46
14. รูปกระดาษกรองที่เก็บจากการเผา
    โดยใช้อากาศช่วย 78.5 cfm 46
15. รูปกระดาษกรองที่เก็บจากการเผา
    โดยใช้อากาศช่วย 93 cfm 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 พลังงานกับมนุษย์

การดำรงอยู่ของสังคมมนุษย์นับตั้งแต่แรกเริ่มจนถึงปัจจุบันนั้น มีความเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานอย่างใกล้ชิดเสมอมา การใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย จนมีคำกล่าวว่ารูปแบบการใช้พลังงานจะเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงของสังคมมนุษย์ ซึ่งก็ทำให้อารยธรรมต่างๆ ของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน รูปแบบของการใช้พลังงานในสังคมมนุษย์นั้น ได้มีการพัฒนามาโดยตลอด จนมาถึงยุค *เทคโนโลยี* นี้ การใช้พลังงานก็เป็นไปอย่างกว้างขวาง มากที่สุดเท่าที่เคยมีมาในประวัติศาสตร์เลยทีเดียว

พัฒนาการด้านการใช้พลังงาน

เผ่าพันธุ์ของมนุษย์ได้เริ่มวิวัฒนาการมาบนโลกนี้มากกว่าล้านปีมาแล้ว ในยุคแรกๆมนุษย์ก็มีชีวิตอยู่เยี่ยงสัตว์ป่าทั่วไป และพลังงานที่มนุษย์ในยุคแรกๆ ใช้กันก็คือ *พลังงานกล้ามเนื้อ* ซึ่งได้มาจากการกินอาหารโดยตรง แต่ต่อมาไม่นานนักมนุษย์ก็เริ่มรู้จักใช้เครื่องทุ่นแรง แทนการออกแรงโดยตรงของตนเอง

พัฒนาการของมนุษย์มีมาเรื่อยๆ การค้นพบที่สำคัญของมนุษย์ยุคหินก็คือ การค้นพบ *"ไฟ"* และการค้นพบไฟนี่เอง ที่เป็นจุดเริ่มของการพัฒนา การใช้พลังงานจากภายนอกอย่างกว้างขวาง ในยุคแรกๆ มนุษย์ก็ใช้พลังงานความร้อนจากไฟ เพียงเพื่อให้ ความอบอุ่นกับร่างกาย ให้แสงสว่างและใช้ล่าสัตว์เท่านั้น

ต่อมาเมื่อมีการพัฒนามากขึ้น มนุษย์ก็สามารถใช้พลังงานจากแหล่งอื่นได้อีกนั่นคือ พลังน้ำ ซึ่งการใช้ประโยชน์อย่างจริงจังในเชิงของพลังงานนั้นเพิ่งจะมี ก็ราวๆ 2,100 ปีกว่ามานี่เอง โดยมีการผลิตกังหันน้ำชนิดแกนนอนขึ้นมาใช้ ต่อจากนั้นอีกราว 500 ปี จึงมีการประดิษฐ์กังหันรับน้ำชนิดแกนตั้งขึ้นมา ในช่วงต่อมานั้นมนุษย์ก็เริ่มรู้จักการใช้การใช้พลังงานจาก *ลม* เป็นแหล่งพลังงานอีกแหล่งหนึ่ง โดยในช่วงแรกได้ดัดแปลงมาใช้ ฉุดลาก. เครื่องสีข้าวและเครื่องวิดน้ำก่อน ต่อมาก็ตักแร่ออกจากหลุมและใช้ในกิจกรรมอื่นๆ

ช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 12 ในประเทศอังกฤษได้มีการตัดไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงอย่างมากมายเพื่อใช้ในการถลุงโลหะแต่ไม่นานนักก็ประสบปัญหาขาดแคลนเชื้อเพลิงทำให้กิจกรรมถลุงโลหะหยุดชงักไป ต่อมาจึงฟื้นตัวอีกครั้งเมื่อมีการค้นพบและใช้ประโยชน์จากถ่านหิน

ในช่วงต่อๆ มาก็ได้มีการคิดค้นการใช้พลังงานกันอย่างมากมายและด้วยวิธีการที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 สถานการด้านพลังงาน

ในขณะที่สังคมมนุษย์ได้วิวัฒนาการผ่านยุคสมัยต่างๆ มานั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน อาทิเช่น การประดิษฐ์เครื่องมือที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหลายชนิด การค้นพบแหล่งพลังงานใหม่ๆซึ่งถ้าพิจารณากันอย่างจริงจังแล้วจะเห็นว่ามูลเหตุแห่งการเปลี่ยนแปลง การใช้พลังงานนี้ก็คือ *"ความต้องการ"* ซึ่งเห็นได้จากข้อมูลคร่าวๆ ต่อไปนี้ คือ

ยุคแรกเริ่ม

มนุษย์ในยุคนี้ดำรงชีวิตอยู่ด้วยพลังงาน จากกล้ามเนื้อ เพียงอย่างเดียวยังไม่รู้จักการใช้ไฟ เฉลี่ยแล้วในยุคนี้มนุษย์จะใช้พลังงานคนละ 2,000 กิโลแคลลอรีต่อวัน

ยุคล่าสัตว์

มนุษย์ในช่วงนี้สามารถหาอาหารได้มากขึ้น รู้จักใช้ไฟ จึงได้อาศัยพลังงานจากการเผาไหม้มาให้ความอบอุ่นและใช้ทำอาหารให้สุก ในยุคนี้มนุษย์จะใช้พลังงานในการออกล่าสัตว์คนละ 300 กิโลแคลลอรีต่อวัน และใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีกประมาณ 200 กิโลแคลลอรี ซึ่งเมื่อรวมแล้วก็จะประมาณ 500 กิโลแคลลอรีต่อวัน

ยุคเกษตรแรกเริ่ม

ในยุคนี้มนุษย์รู้จักปลูกพืชและรู้จักใช้แรงงานสัตว์ เพื่อการเกษตรมีการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ คือ ใช้ในการผลิตอาหาร ใช้ในบ้านเรือน ใช้เพื่อการเกษตร รวมแล้วคนๆ หนึ่งจะใช้ประมาณ 12,000 กิโลแคลลอรี ต่อ วัน

ยุคเกษตรก้าวหน้า

ยุคนี้นับเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.1943 ในยุคนี้ได้มี การใช้พลังงานความร้อนจากถ่านหิน ใช้พลังน้ำ พลังลม และแรงงานจากสัตว์เพื่อการขนส่ง ซึ่งแยกประเภทได้ดังนี้ใช้ในการผลิตอาหาร 6,000 กิโลแคลลอรี ใช้ในบ้านและธุรกิจการค้า 12,000 กิโลแคลลอรี เพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรม อีกประมาณ 7,000 กิโลแคลลอรี ในการขนส่ง 1,000 กิโลแคลลอรี รวมแล้วจะใช้เฉลี่ยคนละ 26,000 กิโลแคลลอรีต่อวัน

ยุคอุตสาหกรรม

ในยุคนี้เริ่มมีการใช้เครื่องจักรแทนแรงกายมนุษย์ ในยุคนี้จะใช้พลังงานเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตอาหาร 700 กิโลแคลลอรี ใช้ในบ้านเรือนและธุรกิจการค้า 32,000 กิโลแคลลอรี ใช้ในการเกษตรและอุตสาหกรรม 24,000 กิโลแคลลอรี และเพื่อการขนส่ง 14,000 กิโลแคลลอรี รวมทั้งสิ้นจะประมาณคนละ 77,000 กิโลแคลลอรีต่อวัน

ยุคเทคโนโลยี

ยุคนี้นับเริ่มต้นตั้งแต่ พ.ศ.2513 คนในยุคนี้จะใช้พลังงานเพื่อการผลิตอาหาร 10,000 กิโลแคลลอรี ในบ้านเรือนและธุรกิจ 66,000 กิโลแคลลอรี ใช้ในเกษตรและอุตสาหกรรม 91,000 กิโลแคลลอรี ใช้ในการขนส่ง 63,000 กิโลแคลลอรี รวมทั้งสิ้นจะจะใช้พลังงานประมาณ 230,000 กิโลแคลลอรีต่อวัน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในรูปของพลังงานไฟฟ้า

เป็นที่น่าสังเกตว่า จากยุคแรกเริ่มถึงยุคเทคโนโลยี ความต้องการใช้พลังงานของคนๆ หนึ่งได้เพิ่มมากขึ้นมากกว่า 100 เท่า ทั้ง ๆ ที่ความต้องการพื้นฐานของร่างกายยังเท่าเดิม กล่าวคือร่างกายมนุษย์ต้องการพลังงานวันละประมาณ 2,500 กิโลแคลลอรี และสำหรับคนที่ไม่มีกิจกรรม ต้องเคลื่อนไหวไปไหนด้วยแล้ว อาจจะต้องการพลังงานเพียงวันละ 1,300 กิโลแคลลอรี ส่วนคนที่มีกิจกรรมที่ต้องใช้แรงกายพอสมควรก็อาจจะเพิ่มเป็น 2,400 กิโลแคลลอรี คนที่มีกิจกรรมมากก็ต้องเพิ่มขึ้นจากนี้เป็นสัดส่วน อย่างไรก็ตามทุกวันนี้ ถ้าจะเฉลี่ยกันทั้งโลกแล้ว ชาวโลกได้พลังงานจากอาหารคนละประมาณ 2,200 กิโลแคลลอรี ต่อวัน เพราะถึงแม้ว่าคนในสังคมเทคโนโลยีจะใช้พลังงานกันอย่างมากมายก็จริง แต่คนในสังคมล้าหลังของประเทศที่ล้าหลัง ที่ยังอดอยากกินไม่อิ่มท้อง

เมื่อความต้องการพื้นฐานของร่างกายไม่แตกต่างกันมาก ไม่ว่าในยุคนุรกหรือยุคเทคโนโลยี ฉะนั้นพลังงานที่ใช้แตกต่างกันถึง 100 เท่า ก็แสดงว่าเป็นส่วนที่ใช้ไปเพื่อความสะดวกสบาย และฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็น พื้นฐานของชีวิต ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่จะนำไปสู่การขาดแคลนพลังงานในอนาคต

1.3 ทางออกที่เหมาะสม

จากสภาพปัญหาด้านพลังงานที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้เห็นได้ว่าการขาดแคลนพลังงานมีโอกาสเกิดได้แน่ๆในอนาคต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่ายิ่งที่จะต้องมีแนวทางและนโยบายด้านพลังงานที่เหมาะสม ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ประการใหญ่ๆ คือ

1. การใช้พลังงานอย่างประหยัด
2. การแสวงหาพลังงานอย่างอื่นมาทดแทน

1.3.1 การประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานอาจจะทำได้หลายทาง ตั้งแต่การใช้พลังงานเท่าที่จำเป็นไปจนถึงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รณรงค์ให้ประชาชนใช้ชีวิตอย่างเรียบง่าย ลดความฟุ่มเฟือยลง สำหรับการรณรงค์ในด้านนี้ถ้าสามารถทำได้อย่างจริงจังแล้วละก็ จะสามารถแก้ไขปัญหาในระยะยาวได้ด้วย

1.3.2 การแสวงหาพลังงานทดแทน

การหาพลังงานทดแทนนั้นได้แก่การเปลี่ยนลักษณะการใช้พลังงานจากพลังงานที่ มีอยู่อย่างจำกัด คือถ้าใช้หมดแล้วก็หมดไปเลย เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ มาเป็นพลังงานอย่างอื่นที่มีให้ใช้ได้ตลอดไปเช่นพลังงานจากลม แสงแดด พลังน้ำ แรงคน และจากพืช เป็นต้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้มีให้เราใช้ได้อย่างยาวนาน และสามารถหามาใช้ได้ในท้องถิ่นทั่วไป

ถ้าหากเราสามารถที่จะพัฒนาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับแหล่งพลังงานที่ได้กล่าวมาแล้วได้ ปัญหาทางด้านพลังงานที่เรากำลังประสบอยู่นี้ ก็จะต้องบรรเทาเบาบางลงในวันหนึ่งข้างหน้าอย่างแน่นอน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการ

การขาดแคลนพลังงานเป็นปัญหาใหญ่สำหรับทุกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันและแกสธรรมชาติ ประเทศที่ผลิตได้เองย่อมตระหนักดีว่า พลังงานที่มีอยู่จะต้องหมดไปทุกวัน ส่วนประเทศที่ผลิตเองไม่ได้ก็ต้องซื้อหามาด้วยราคาที่แพง เช่นประเทศของเราเป็นต้น ด้วยเหตุนี้เองแทบจะทุกประเทศจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าพลังงานจากแหล่งอื่น เช่น พลังงานจากแสงแดด จากลม กระแสน้ำ ปรมณู วัสดุทางการเกษตร *องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO)* ได้รายงานว่าอีก 10 กว่าปีข้างหน้า ปริมาณการใช้ถ่านและฟืนในประเทศไทย จะมีปริมาณสูงขึ้นถึงปีละ 40 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจึงสมควรที่จะมีการศึกษาหาพลังงานทดแทนจากส่วนอื่น ซึ่งส่วนหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ *การใช้พลังงานที่ได้จากพืช (VEGETATION RESOURCE)* หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ *การใช้พลังงานจากชีวมวล (BIOMASS)* ซึ่งในปัจจุบันนั้นเราไม่ได้ให้ความสนใจต่อทรัพยากรที่เหลือใช้เหล่านี้เท่าใดนัก

2.1 เชื้อเพลิงคืออะไร

เชื้อเพลิงคือสารที่ เมื่อเผาไหม้กับออกซิเจนแล้วให้ความร้อนออกมา และสามารถหาได้ง่ายมีราคาไม่แพงจนเกินไปนัก โดยทั่วๆไปแล้วเชื้อเพลิงแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ถ่านโค๊ก ถ่านหิน ไม้ ฟืน ชานอ้อยแกลบ ซางข้าวโพด เป็นต้น
2. เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน น้ำมันเตา น้ำมันโซล่า เป็นต้น
3. เชื้อเพลิงแกส ได้แก่ แกสธรรมชาติ Town gas Producer gas เป็นต้น

2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบที่สำคัญ ของเชื้อเพลิงนั้น จะประกอบไปด้วย คาร์บอน(C) ไฮโดเจน(H_2) ออกซิเจน(O_2) ไนโตรเจน(N) กำมะถัน(S) และความชื้น และเนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับสัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้ ในการเลือกใช้เชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์(Ultimate analysis)เพื่อหาองค์ประกอบดังกล่าวเสียก่อน คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญต่อการออกแบบระบบการถ่ายเทความร้อน ก็คือ *ค่าแคลอริฟิค* หรือค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ซึ่งหมายถึง ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ต่อมวล 1 หน่วยการกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ การกำหนดขนาดของปริมาตรห้องเผาไหม้ ต่างก็ขึ้นอยู่กับค่า แคลอริฟิกทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเอาชีวมวลมาทำเป็นเชื้อเพลิง

แนวทางการนำพืชชนิดต่าง ๆ มาเป็นพลังงานทดแทน (alternative energy) นั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ

1. นำพืชมาใช้เผาไหม้ในรูปเชื้อเพลิงแข็ง
2. น้ำมันพืชพวก Vegetable and Oils มาใช้โดยตรงในรูปเชื้อเพลิงเหลว
3. นำพืชหรือน้ำมันพืชมาสลายโมเลกุลด้วยความร้อน (thermal conversion) มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงเหลว (distillates)
4. นำพืชมาสลายโมเลกุลทางชีว (biological canversion) มาใช้ในรูปเชื้อเพลิงแกส

2.4 แหล่งชีวมวล

ต้นกำเหนิดหรือบ่อเกิดแห่งพลังงานจากพืชนั้นสามารถแยกได้ 3 พวกใหญ่ ๆคือ

1. พืชที่มีอยู่แล้วหรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (natural egtation) เช่นไม้ไผ่ กกต่างๆ และหญ้าหลายชนิด รวมทั้งป่าไม้ต่างๆ นอกจากใช้ทำเชื้อเพลิงแล้วยังใช้ทำประโยชน์อย่างอื่นได้อีก เช่น ทำกระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นต้น
2. พืชที่ปลูกเป็นพลังงานหรือ Cultivated biomass ซึ่ง แบ่งออกเป็น 2 พวกคือ

2.1 woody crops (ไม้เนื้อแข็ง) เป็นพืชที่ให้ชีวมวลสูงจากเนื้อไม้เป็นไม้ยืนต้นหรือไม้ใหญ่ทั้งสิ้น ได้แก่ไม้โตเร็วต่างๆ

2.2 nonwoody crops (ไม้เนื้ออ่อน) เป็นพืชที่มีอายุสั้นและผลิตได้ตามฤดูกาล ไม่มีเนื้อไม้ ประโยชน์ส่วนใหญ่ได้จาก ผลเมล็ด ราก ใบ หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของลำต้น

3. วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร (agricultural restdues) และของเสียอื่นๆ ที่เกิดจากพืชและสัตว์ เช่นมลสัตว์ หรือส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์แล้วและเหลือทิ้งอยู่ เช่น แกลบ ตอซัง เปลือก เป็นต้น

ชีวมวล (BIOMASS) นั้นถ้าไม่คำนึงถึงแหล่งที่มาของมันแล้ว อาจจะแยกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ *ชีวมวลแห้ง (dry biomass) และ ชีวมวลเปียก (wet biomass)* สำหรับชีวมวลแห้งเป็นพวกที่มีความชื้น อยู่ราว 50 % หรือต่ำกว่า ซึ่งไม่ค่อยมีปัญหายุ่งยากในการสกัดเอาน้ำหรือความชื้นออกไม่เหมือนชีวมวลเปียกที่ข้อยุ่งยากในการกำจัดน้ำและความชื้นออก ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าและมีกรรมวิธีที่ซับซ้อนไปอีก สำหรับชีวมวลที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบน้ำมันธรรมชาติและถ่านหิน เพราะมีธาตุกำมะถันที่เป็นอันตราน้อยหรืออาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะไม่มีเลย และไม่มีมลภาวะหรือสารพิาอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว นอกจากนี้ยังมี ปริมาณขี้เถ้า (ash) ต่ำมากและยังใช้เป็นปุ๋ยได้อีกด้วย

2.5 แหล่งชีวมวลที่น่าสนใจ

พืชเกษตรนั้นมีมากมายหลายชนิด เมื่อใช้ประโยชน์จากส่วนสำคัญแล้วส่วนที่เหลือมักถูกทิ้งหรือได้รับความสนใจน้อยมาก ปัจจุบันในประเทศไทยมีพืชที่มีอัตราการผลิตในปริมาณสูง 2 ชนิดคือ

2.5.1 สับปะรด (Ananas comosus) ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรด สำหรับส่งอาหารประมาณ 8 แสนไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 2 ล้านตัน (ไม่รวมสับปะรดบริโภคสด) ก่อนการบรรจุกระป๋องต้องมีการปลอกเปลือกเอาเนื้อในออก ซึ่งแต่ละปีจะมีเปลือกเป็นปริมาณมากถึงล้านตัน ในบางปีปรากฏว่าต้องมีการขนสับปะรดไปทิ้งเนื่องจากมีการปลูกกันมากเกินไป โรงงานรับไม่ไหว หากมีการศึกษาและวิจัยอย่างจริงจังอาจมีโรงงานผลิตแอลกอฮอล์จากเปลือกสับปะรดหลายโรง

2.5.2 ข้าวโพด (Zea maos) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ ลำต้น ใบ เมล็ด เปลือกและ ชาง ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูก 9,800,000 ไร่ ให้ผลผลิต 3,500,000 ตัน มีมูลค่าราวๆ 7,500ล้านบาท (*สถิติการเกษตรปี 2524/25*) ข้าวโพดส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ในบรรดาส่วนต่างๆของข้าวโพด (ยกเว้นเมล็ด) *ชางข้าวโพด* ดูเหมือนจะมีบทบาทสำคัญที่สุด ในบรรดาเศษเหลือทั้งหลายและมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี นับเป็นล้านๆตันที่ *ชางข้าวโพด* ได้ถูกทอดทิ้งไปโดย เปล่าประโยชน์หรืออาจมีผู้นำไปใช้บ้างก็เป็นส่วนน้อย จากการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์พบว่าชางข้าวโพดมีส่วนประกอบเป็นพวกเซลลูโลส และสารเพนโตซาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแป้งและน้ำตาล ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ซึ่งในหนังสือ *"บรรษัทปริทัศน์"* เดือนพฤษภาคม 2526 กล่าวไว้ถึง 16 ประการ ในที่นี้จะจำแนกออกเป็น 3 ประเภท

1. ประโยชน์ทางการเกษตรและปศุสัตว์

1.1 ใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดซึ่งกองวิจัยโรคพืชและจุลินทรีย์ กรมวิชาการเกษตรได้ทำการทดลองมาแล้วหลายปีเพาะชางข้าวโพดมี เฮมิเซลลูโลสเป็นจำนวนมาก ซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเห็ด

1.2 ผสมเป็นอาหารสัตว์ประเภทเคี้ยวเอื้อง เพราะสัตว์ประเภทนี้ มีกระเพาะที่สามารถย่อยพวกเซลลูโลสได้ดี

2. ประโยชน์ทางเภสัชกรรม

2.1 ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไซลิทอล เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เป็นส่วนผสมในการผลิตยาหลายชนิด โดยเฉพาะยาที่เกี่ยวกับโรคผิวหนัง

3. ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมและพลังงาน

3.1 เป็นส่วนผสมในการทำไม้อัดใช้ในการก่อสร้าง

3.2 เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตเบา ช่วยป้องกันความร้อนและเสียง

3.3 ใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซึ่งมีความสำคัญในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ดูดสีและกลิ่น

3.4 นำมาบดให้ละเอียดผสมกับและอบแห้งทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแข็งซึ่งมีคุณภาพดี

ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วเป็นประโยชน์บางส่วนเท่านั้น จริงๆแล้วถ้ามีการค้นคว้าต่อไปก็จะสามารถก่อให้เกิดบระโยชน์ได้อีกหลายทางเช่นการใช้เชื้อเพลิงในการอบแห้งเมล็ดพืชและอื่นๆ

2.6 การเผาไหม้

การเผาไหม้ที่ดีหรือการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ การเผาไหม้ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้ว สามารถให้ค่าความร้อนออกมาเท่ากับค่า *แคลอริฟิค* ของเชื้อเพลิง และผลที่ได้จากการเผาไหม้จะอยู่ในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปริมาณของเชื้อเพลิง และออกซิเจนที่ใช้จะต้องได้อัตราส่วนที่พอเหมาะ ในการที่จะทราบว่า การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดหรือไม่นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้สมการเคมีเข้าช่วย เพื่อศึกษาลักษณะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและในสมการที่จะเขียนนั้นทางซ้ายมือจะเขียนเชื้อเพลิงและออกซิเจนรีแอคแตนส์(Reactants) ไว้ส่วนทางขวามือจะเป็นผล (products) ที่เกิดขึ้น จากการเผาไหม้

เนื่องจากส่วนประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงประกอบไปด้วย คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) หรือไฮโดรคาร์บอน (C_xH_y) ดังนั้นจึงจำเป็นมีการศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อสารดังกล่าวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

พิจารณาการเผาไหม้ระหว่าง C กับ O_2

$$C + O_2 \text{ -------> } CO_2$$

จะเห็นได้ว่า 1 โมเลกุลของ C ทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับ 1 โมเลกุลของ O_2 และให้ 1โมเลกุลของ CO_2

ดังนั้นถ้าทราบน้ำหนักโมเลกุลของรีแอคแตนส์ และของโปรดักส์ เช่น ของ C เท่ากับ 12 ของ O_2 เท่ากับ 32 และของ CO_2 เท่ากับ 44 ก็จะสามารถแสดงให้เห็นมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่เกิดเกี่ยวข้อง ในการเผาไหม้ได้ เช่น จากสมการข้างบน ถ้าใช้ C 12 Kg ทำปฏิกิริยากับ O_2 32 Kg ก็จะได้ CO_2 44 Kg เป็นต้น

โดยทั่วๆ ไปแล้ว อุปกรณ์การเผาไหม้ต่างๆ จะไม่ใช้ออกซิเจนล้วน ๆ ในการเผาไหม้ เพราะจะทำให้สิ้นเปลือง แต่จะใช้อากาศทั่วๆไป ซึ่งสามารถหาได้ง่ายและไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากนักในที่นี้ถ้าจะนำเอาอากาศไปใช้ในการเผาไหม้ก็จะต้องทราบส่วนประกอบของอากาศเสียก่อนว่า ในอากาศทั่วๆ ไปนั้น ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

โดยทั่วไปแล้ว อากาศจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ตัว คือ ออกซิเจน และ ไนโตรเจน

ถ้าคิดโดยปริมาตรแล้วอากาศจะประกอบไปด้วย O_2 21 % และ N 79 % แต่ถ้าคิดโดยน้ำหนักแล้วจะประกอบไปด้วย O_2 23 % และ N 77 % นอกจากจำเป็นที่จะต้องรู้ส่วนประกอบของอากาศแล้ว ยังมีความจำเป็นที่จะต้องรู้ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงที่สนใจด้วย ในที่นี้คือ ซางข้าวโพด จากการวิเคราะห์ของ กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน ,2530 ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Ponimate analysis ได้ผลออกมาดังนี้

ปริมาณเถ้า	2.48 %
สารละเหย	70.31 %
คาร์บอนคงตัว	9.94 %
ความชื้น	7.28 %
กำมะถัน	0.07 %
ค่าความร้อนสูง	17.30 MJ/Kg
ค่าความร้อนต่ำ	14.50 MJ/Kg
ค่าความร้อนสูงมาตรฐานแห้ง	18.70 MJ/Kg

และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยละเอียดของซางข้าวโพดโดยวิธี Ultimate analysis (Jemkin and ebiling,1985) ซึ่งคิดจากเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้ง ได้ส่วนประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026912

คาร์บอน	46.5
ไฮโดรเจน	5.87
ออกซิเจน	45.46
ไนโตรเจน	0.47
กำมะถัน	0.01
คลอรีน	0.01
เถ้า	1.40

จุดหลอมเหลวของเถ้าชางข้าวโพด ประมาณ 790 - 815 องศาเซนติเกรต (Marley .et.,al)

2.7 ส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ

ในการที่จะให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั้น จะต้องใช้มวล หรือปริมาตรของ Reactants ตามที่กำหนดไว้ในสมการการเผาไหม้ เราเรียกอัตราส่วนระหว่าง อากาศกับเชื้อเพลิงดังกล่าวว่า " *Stoichometric air-fuel ratio* " หรือ X_{stoich}

ในทางปฏิบัติจริงๆ นั้น เพื่อให้แน่ใจว่าการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์จริงๆ (เพราะถ้าเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ อากาศเสียที่ได้จากการเผาไหม้จะมี คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความร้อนที่ได้จะน้อย ลงจากค่าที่ควรจะเป็น) เราจะใช้ปริมาณอากาศที่มากกว่า สมการเคมีระบุเอาไว้ และ อากาศที่มากกว่านี้เราเรียกว่า " *อากาศส่วนเกิน* " (EXcess air)

2.8 อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่พอเหมาะ

จากส่วนประกอบทางเคมีของชังข้าวโพด จะเห็นได้ว่าใน 1 Kg ของชาง ข้าวโพดจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักๆ คือ C = 0.465 Kg , H_2 = 0.059 Kg , O_2 = 0.455 Kg และ เถ้า = 0.014 Kg

พิจารณา

คาร์บอนทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจน

C (12 หน่วย) + O_2 (32 หน่วย) -----> CO_2 (44 หน่วย)

และไฮโดรเจนกับออกซิเจน

$2H_2$ (4 หน่วย) + O_2 (32หน่วย) -----> $2H_2O$ (36หน่วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***จะต้องใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้ทั้งหมดเท่ากับ

$$C\ (32/12) + H_2\ (32/4)$$

แทนค่าจากองค์ประกอบ

$$0.465*(32/12) + 0.059*(32/4) = 1.712\ Kg$$

แต่จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของ ชางข้าวโพดทำให้เรารู้ว่า ในชางข้าวโพดนั้นมี ออกซิเจนอยู่แล้ว 0.455 Kg เพราะฉนั้นเรายังต้องการใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้อีกเป็นจำนวนเท่ากับ 1.712 - 0.455 = 1.257 Kg

เนื่องจากในอากาศนั้นจะมีออกซิเจนอยู่ 23 % โดยน้ำหนัก ดังนั้นถ้าจะเผาชางข้าวโพด 1 Kg จะต้องใช้อากาศ. เท่ากับ

$$(100/23)*1.257 = 5.47\ Kg$$

นั่นคือ ค่า X_{stoich} จะมีค่าเท่ากับ 5.47/1 = 5.47

2.9 องค์ประกอบในการเผาไหม้

อุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการเผาไหม้นั้นจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้และปริมาณความร้อนที่ต้องการจากการเผาไหม้นั้น ในการออกแบบต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลัก ๆ ที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ ซึ่งมีดังนี้

1. การผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศต้องเป็นไปอย่างทั่วถึง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
2. เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ต้องเพียงพอ เพื่อป้องกันมิให้เชื้อเพลิงที่ยังมิได้ถูกเผาไหม้ เหลือออกไปจากห้องเผาไหม้ได้
3. ระหว่างการเผาไหม้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ต้องสูงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ต่อเนื่องกัน

ใน 3 หัวข้อที่กล่าวมานี้ ข้อ 3 สามารถทำให้บรรลผลได้ง่ายที่สุด โดยการปรับปริมาณและความเร็วในการป้อนเชื้อเพลิง และอากาศที่ใช้เพื่อให้ได้อุณหภูมิของแกส ที่ได้จากการเผาไหม้สูงกว่าจุดติดไฟของเชื้อเพลิง

2.10 อากาศพิษที่เกิดจากการเผาไหม้

ผลที่เกิดจากการเผาไหม้นั้นก่อให้เกิดปัญหาที่แก้ไม่ตกหลายประการในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาอากาศเป็นพิษที่เกิดมาจากสารมลพิษที่ติดออกมากับก๊าซเสียจากการเผาไหม้ อันได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถัน และฝุ่นละออง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนอนนอกไซด์

คาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์การเผาไหมม้ที่ไม่สมบูรณ์นั้นเกิดาจากสาเหตุหลายประการ เป็นต้นว่า ออกซิเจนไม่เพียงพอ อุปกรณ์การเผาไหม้ไม่เหมาะสม ซึ่งมีรูปสมการการเผาไหม้ดังนี้

$$2C + O_2 \text{ --------> } 2CO$$

$$2CO + O_2 \text{ --------> } 2CO_2$$

จากสมการจะเห็นว่าออกซิเจนจะถูกใช้ไปในการเผาไหม้ 2 ขั้นตอนเป็นอย่างน้อย และหากปฏิกริยาขาดออกซิเจนลงเมื่อใด จะเกิดเป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์ทันที

คาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นก๊าซที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะกับคนเรานั้น คาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้าไปกับระบบหายใจจะซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนของโลหิต และเข้าเกาะตัวกับฮีโมโกบินอย่างรวดเร็วทำให้ ฮีโมโกบินไม่สามารถทำหน้าที่ขนย้ายออกซิเจนไปเลี้ยงเซลต่างๆได้ โดยเฉพาะเซลสมองถ้าหากขาดออกซิเจนเพียงเล็กน้อยก็จะมีอาการวิงเวียนมึนงง และถ้าอากาศที่มนษย์หายใจเข้าไปนั้น มีคาร์บอนมอนนอกไซด์ในปริมาณ 800 ส่วนในหนึ่งล้านส่วนผู้ที่หายใจเข้าไปจะหมดสติภาย ในหนึ่งชั่วโมงและอาจตายได้ในเวลาไม่กี่ชั่วโมง

ออกไซด์ของกำมะถัน

ในเชื้อเพลิงชีวมมวลนั้นนอกจาก จะมีไนโตรเจนผสมอยู่แล้วก็ยังมีกำมะถันปนอยู่ด้วยราว 3 % ออกไซด์ของกำมะถันที่ทำให้อากาศเป็นพิษ ได้แก่ SO_2 และ SO_3

การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเจือปนอยู่ สิ่งที่ตามมาก็คือจะมี SO_2 และ SO_3 ปนออกมาด้วยเสมอ การเกิด SO_3 นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนหากแต่ขึ้อยู่กับอณหภมิในขณะเกิดการเผาไหม้ การหายใจเอากำมะถันเข้าไปนั้นจะทำให้เยื่อบุในระบบการหายใจเกิดการอักเสบ หลอดลมหดแคบลง โดยทั่วไปแล้ว SO_3 เมื่อรวมตัวกับไอน้ำในอากาศแล้ว จะมีอันตรายมากกว่า SO_3 เสียอีกซึ่งผลที่เกิดตามมากับสิ่งแวดล้อมก็คือ เกิดการกัดกร่อนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งก่อสร้าง หรือสิ่งของเครื่องใช้การป้องกันและลดอันตรายที่จะเกิดจากกรดกำมะถันนี้ ในการเผาไหม้สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

1. ปรับปรุงอุปกรณ์การเผาไหม้ให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมมบูรณ์เต็มที่
2. กำจัดออกไซด์ของกำมะถันก่อนปล่อยไอเสียออกสู่อากาศ
3. สกัดเอากำมะถันออกจากเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้
4. เลือกใช้แหล่งพลังงานอย่างอื่นที่ไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ออกไซด์ของไนโตรเจน</u>

ผลจากการเผาไหม้ชีวมวลที่มีไนโตรเจนผสมอยู่นั้น จะมีสารพิษจำพวกออกไซด์ของไนโตรเจนปะปนออกมาด้วยเสมอ ซึ่งที่สำคัญๆ มีอยู่ 5 ตัวอันได้แก่ NO , NO_2 , NO_3 , NO_4 , NO_5 ออกไซด์เหล่านี้มีความเป็นพิษที่รุนแรงมาก ได้มีการทดลองแล้วพบว่า สัตว์จำพวก หนู แมว หรือกระต่าย ถ้าหายใจเอาสารพิษนี้เข้าไปมากกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้สัตว์เหล่านั้นตายในทันทีเนื่องจากอาการปอดบวม สำหรับมนษย์นั้นจะเกิดอาการอักเสบของเยื่อบุหลอดลม เยื่อบุปอด ถ้ามีอาการรุนแรงมากก็อาจถึงตายได้ เช่นเดียวกัน

สารพิษต่างๆนี้ล้วนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งสิ้น ในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้นั้น ต้องมีการศึกษา พัฒนาระบบและอุปกรณ์เครื่องมือให้มีคุณภาพดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดสารพิษที่จะเกิดให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้นั้น สามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้อย่างมากมาย ประโยชน์ด้านหนึ่งก็คือ การนำเอาไปใช้ในขบวนการอบแห้งเมล็ดพืชต่างๆ โดยเฉพาะสังคมเกษตรกรรม ซึ่งมีแหล่งชีวมวลที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวเป็นจำนวนมากมายในแต่ละปี ถ้าได้มีการศึกษา พัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์การเผาไหม้ให้เหมาะสมแล้วละก็ การใช้ประโยชน์จากความร้อนที่ได้จากการเผาชีวมวล ก็จะมีมากขึ้นและกว้างขวางขึ้น อีกทั้งยังมีการพัฒนานำเอาสิ่งเหลือใช้มาทำประโยชน์ได้อีกด้วย

เตาเผาเพื่อใช้ความร้อนโดยตรงในการอบแห้งนั้น ได้มีการคิดค้นออกแบบปรับปรุงและพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในปี 1976 โดยนักศึกษาของหาวิทยาลัยไอโอวา และต่อมาในปี 1979 Miles ได้ค้นพบการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ซางข้าวโพด และแกลบจึงได้ทำการออกแบบเตาเผาไหม้ และได้ทำการทดลองและปรับปรุงอีกครั้งหนึ่งในปี 1981 ที่มหาวิทยาลัยไอโอวา โดยอากาศที่จะนำไปใช้นั้น จะได้รับการผสมกับอากาศจากภายนอกก่อนการนำเอาไปใช้ผ่านเมล็ดพืชเพื่อการอบแห้ง ซึ่งอัตราส่วนอากาศร้อนต่ออากาศจากภายนอกจะมีค่าประมาณ 2 ต่อ 1 และอากาศที่นำไปใช้ในการอบแห้งนั้นจะมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 15 %

การศึกษาและพัฒนาเตาเผาไหม้ในครั้งนี้ วัตถุประสงค์ที่จะนำเอาความร้อนที่ได้ไปใช้อบแห้งเมล็ดข้าวโพด ซึ่งในแหล่งผลิตนั้นสามารถหาเชื้อเพลิงได้อย่างง่ายดาย

ส่วนประกอบที่สำคัญ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาไหม้นี้ สามารถแยกออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ ได้คือ

1. ห้องเผาไหม้
2. ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง
3. พัดลมช่วยสำหรับเพิ่มอากาศในห้องเผาไหม้
4. ท่อสำหรับนำอากาศร้อนไปใช้

3.1 ห้องเผาไหม้

ส่วนของห้องเผาไหม้ที่สร้างขึ้นสำหรับวิจัยในครั้งนี้ เป็นเตาขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาด 1x1x1.2 เมตร สร้างจากเหล็กหนา 4 มิลลิเมตร ด้านล่างของเตาสร้างเป็นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอียงเข้าหาจุดกึ่งกลางของถัง และเว้นช่องสี่เหลี่ยมเอาไว้ให้ขี้เถ้าร่วงสู่เบื้องล่าง ในส่วนของพื้นที่ในการเผาไหม้นั้นจะติดตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 0.4x0.4 เมตร ด้านบนของเตาเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 0.15x0.15 เมตรเพื่อให้เป็นช่องสำหรับลมร้อนออกสู่ภายนอก และนำไปใช้ประโยชน์อีกทีหนึ่ง รอบๆเตาเผาหุ้มด้วยใยหิน ซึ่งมีความสามารถในการทนความร้อนได้ถึง 1000 องศาเซลเซียส

3.2 ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง

3.2.1 มอเตอร์ขับ

ใช้มอเตอร์ขนาด 1/2 Hp ซึ่งมีความเร็วรอบ 1440 rpm. ต่อเข้ากับชุดเฟืองทดขนาด 60 : 1 ความเร็วที่ผ่านชุดเฟืองทดนี้ จะลดลงเหลือเท่ากับ 24 rpm. ที่ชุดเฟืองทดติดเฟืองขับขนาด 10 ฟัน และใช้โซ่เป็นตัวถ่ายกำลังสู่เฟืองตามที่ติดอยู่กับ Screw conveyer ซึ่งเฟืองตามนี้มีขนาดเท่ากับ 38 ฟัน

จาก $D_1N_1 = D_2N_2$

เราก็จะหาความเร็วของเฟืองตามได้ โดยแทนค่าลงในสมการ

$$10 \times 24 = 38 \times N_2$$

$$N_2 = 240/38$$

$$= 6.3 \text{ rpm.}$$

3.2.2 สกรู สำหรับลำเลียงชางข้าวโพด

ชางข้าวโพดที่จะถูกป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บ(hopper) และมีสกรู เป็นตัวลำเลียงชางข้าวโพด สกรู ที่ใช้ มีขนาดดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลาง ของเกลียวหนอน (D) = 14 cm.

ระยะพิตของเกลียวหนอน (S) = 13 cm.

จากขนาดของ สกรู และความเร็วรอบ N_2 เราสามารถหาอัตราการขนถ่าย ได้จากสูตรดังนี้

$$Iv = 60\ D^2\ 0.785\ S.N.@.K.$$

โดยที่

@ = แฟคเตอร์ความเต็มราง

= 0.45 (วัสดุขนถ่ายเบาและไม่แข็ง)

K = สัมประสิทธิ์เนื่องจากความเอียง

= 1 (ขนถ่ายในแนวราบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$Iv = 60 \times (0.15)^2 \times 0.785 \times 6.32 \times 0.45 \times 1$$
$$= 3.01 \text{ Kg/hr}$$

3.3 พัดลมช่วยเพิ่มอากาศในห้องเผาไหม้

จำนวนอากาศที่จะใช้ในการเผาไหม้นั้น เราได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้เสนอไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งทำให้เรารู้ว่าถ้าจะเผาชางข้าวโพด 1 Kg จะต้องใช้อากาศจำนวน 5.47 Kg จาก Pcycrometric chart ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 db. และ 23 wb. อากาศจะมีปริมาตรจำเพาะ 0.88 m^3/Kg dry air ดังนั้น ถ้าจะเผาชางข้าวโพด 1 Kg จะต้องใช้อากาศในปริมาณ เท่ากับ

0.88 m^3/Kg dry air x 5.47 Kg dry air/Kg ชางข้าวโพด

= 4.8 m^3/Kg ชางข้าวโพด

เมื่อ 1 m^3 เท่ากับ 39.96 ft^3 เราจะได้ว่าจะต้องใช้อากาศในปริมาณเท่ากับ

4.8 m^3/Kg x 39.96 ft^3/m^3 = 177.4 ft^3/kg ชางข้าวโพด

ถ้าอัตราการขนถ่าย 20 Kg/hr เราจะต้องใช้อากาศในการเผาไหม้เป็นจำนวนเท่ากับ

20 Kg/hr x 177.4 ft^3/Kg = 3548 ft^3/hr

หรือ 59.14 ft^3/min.

เนื่องจากความต้องการลมไม่สูงมากนักในการวิจัยในคราวนี้ เราเลือกใช้พัดลมมหอยโข่ง แบบใบพัดตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 cm. ท่อส่งขนาด 3 นิ้ว สามารถให้ปริมาณลมสูงสุด 130 cfm. ซึ่งปริมาณลมนี้สามารถปรับเปลี่ยนให้ลดลงได้ วัตถุประสงค์ก็เพื่อหาช่วงปริมาณอากาศที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ในการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริงนั้นจะต้องใช้ปริมาณอากาศที่มากกว่าที่คำนวนได้ในสมการเคมีเพราะว่าจะต้องมีอากาศส่วนเกินบางส่วนด้วย เพื่อ (1) ไล่ความชื้นออกจากชางข้าวโพด (2) เพื่อให้แน่ใจว่าเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จริงๆ แต่อากาศส่วนเกินนี้ก็จะต้องไม่มีมากจนเกินไปเพราะถ้าหากมีอากาศส่วนเกินนี้มากจนเกินไป ก็จะการพาความร้อนออกไปจากเตาทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ช้าเกินไป ในขณะเดียวกันก็จะมีการพาเอาเขม่าออกมาด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ นอกจากนี้การพาเอาเขม่าร้อนออกมานี้ ก็อาจจะก่อให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาออกซิเจนในอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดการกัดกร่อนในระบบอากาศร้อนขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ท่อสำหรับนำอากาศร้อนไปใช้

อากาศร้อนที่ได้จากการเผาไหม้นั้น ในการนำไปใช้นั้นจะต้องมีการผสมกับอากาศจากภายนอกเสียก่อนเพื่อทำให้อุณหภูมิลดลง จนถึงระดับที่เหาะสมกับการนำไปใช้งาน ในการสร้างนั้นเราใช้เหล็กแผ่น หนา 4 mm. สร้างเป็นท่อสี่เหลี่ยม ขนาด 15 x 15 cm. โดยที่ปลายด้านหนึ่งทำเป็นช่องเปิดสำหรับให้อากาศจากภายนอกเข้ามา ถัดมาอีกระยะหนึ่งจะเจาะเป็นช่องสำหรับให้ลมร้อนเข้า ท่อนี้จะวางติดกับห้องเผาไหม้ เพื่อให้ประหยัดเนื้อที่และสะดวกในขณะใช้งาน ปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นส่วนที่จะดูดอากาศที่ได้ผสมแล้วเอาไปใช้

ส่วนประกอบต่างๆ นี้ จะประกอบเข้าด้วยกัน และประกอบติดกับโครงเหล็ก ติดล้อเพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย รายละเอียดของแบบที่ได้สร้างขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ดูได้จากแบบที่เขียนและแนบมากับวิทยานิพนธ์นี้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

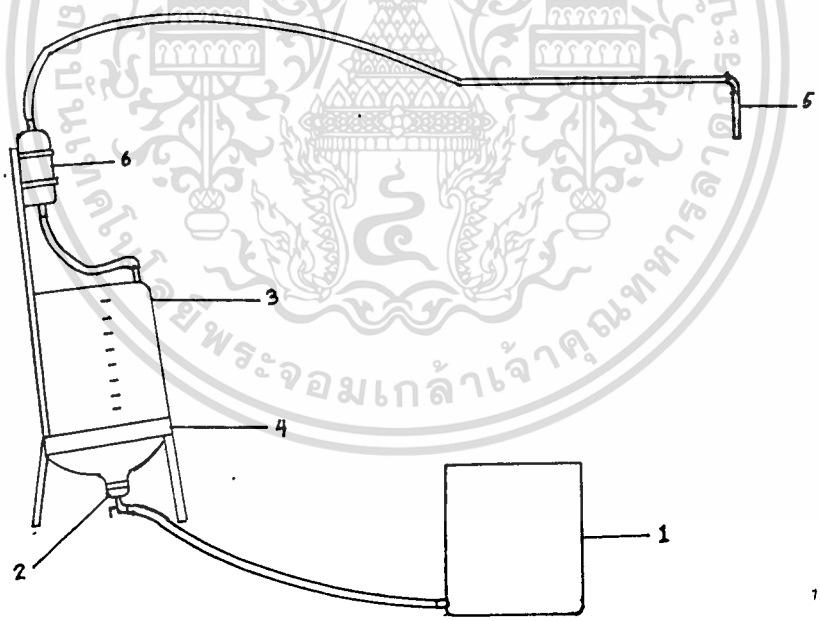
4.1 การเตรียมการทดลอง

4.1.1 การเตรียมกระดาษกรองคาร์บอน

กระดาษกรองเป็นชนิด Microfiber สามารถกรองดักวัสดุที่มีขนาดโตกว่า 1.6 Mm ได้นำกระดาษกรองใส่จานแก้วแล้วนำไปอบในตู้อบ(Oven)ที่อุณหภูมิ 110 c จนน้ำหนักคงที่ นำมาเก็บไว้ใน Desiccator เตรียมไว้ใช้กรองคาร์บอนในขณะทำการเก็บgas

4.1.2 การเตรียมถังเก็บ gas และ วิธีการเก็บ gas

รูป แสดงส่วนประกอบของถังเก็บก๊าซ



การทำถังเก็บก๊าซ

1. นำถังน้ำรูปขวด 1ใบ มาตัดเป็นถังทรงกระบอก (หมายเลข 1) จากนั้นเจาะรูข้างถังโดยเจาะให้อยู่ระดับต่ำที่สุดที่จะเจาะได้และติดท่อพลาสติกที่มีขนาดพอที่จะต่อสายยางพลาสติก ขนาด 1 นิ้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำฝาถังนำรูปขวดมาเจาะรูเพื่อติดวาล์วเปิด-ปิดน้ำ (หมายเลข 2) จากนั้นนำถังรูปขวดมาเจาะรูที่ก้นถัง (หมายเลข 3) และติดท่อที่สามารถต่อสายยางขนาด 5.0 มม. นำถังมาวางคว่ำลงในขาตั้งที่เตรียมไว้ (หมายเลข 4) นำฝาถังน้ำที่ติดวาล์วเปิด-ปิดนำแล้วมาปิดฝาถังให้แน่นสนิทแล้วทำสเกลบอกปริมาตรที่ข้างถัง

3. นำท่อทองแดง (หมายเลข 5) มาดัดโค้ง 90 องศา โดยให้โค้งที่ห่างจากปลายประมาณ 20 ซม. ทำเพียงด้านเดียว

4. นำสายยางขนาด 1 นิ้วต่อระหว่างถังหมายเลข 1 และหมายเลข 3 โดยผ่านวาล์วเปิด-ปิดน้ำและนำสายยาง 0.5 มม.1 เส้นต่อจาก ถังหมายเลข 3 ต่อกับท่อทางออกของก๊าซ ของกระบอกกรองคาร์บอน (หมายเลข 6) และอีกเส้นหนึ่งต่อจากทางเข้าของก๊าซ ของกระดาษกรองคาร์บอนไปยังท่อทองแดงที่ปลายด้านยาว

5. เติมน้ำเข้าให้เต็มถังหมายเลข 3 โดยใส่น้ำในถังหมายเลข 1 แล้วยกให้อยู่ในระดับที่อยู่สูงกว่าถังหมายเลข 3 แล้วเปิดวาล์วน้ำจากถังหมายเลข 1 จะไหลตามสายยางเข้าไปในถังเมื่อน้ำเต็มก็ปิดวาล์ว และยกถังหมายเลข 1 ลงต่ำกว่าถังหมายเลข 3

6. นำกระดาษกรองคาร์บอนที่เตรียมไว้ มาใส่ในกระบอกใส่กระดาษกรองคาร์บอน ก็พร้อมที่จะใช้ได้

4.1.3 วิธีการเก็บก๊าซ

เริ่มจากการกำหนดเวลาที่จะทำการเก็บก๊าซเมื่อถึงเวลาที่จะทำการเก็บก๊าซก็นำท่อทองแดงใส่เข้าไปในปล่องทางออกของก๊าซ ซึ่งปลายท่อทองแดงจะลงไปในปล่องประมาณ 20 ซม. (ตามที่ทำโค้งไว้) จากนั้นเปิดวาล์วให้น้ำในถังเก็บก๊าซไหลไปยังถังทรงกระบอกจะทำให้เกิดแรงดูดในถังเก็บก๊าซ ดูดก๊าซเข้ามาในถังโดยเข้าทางท่อทองแดง มาตามสายยางผ่านกระบอกกรองคาร์บอนและเข้าไปในถังเก็บก๊าซจนน้ำลดลงเรื่อยๆ ถึงระดับบอกปริมาตรก๊าซ 10 ลิตรก็ปิดวาล์วจากนั้นถอดสายยางที่ทางออกของกระบอกกรองคาร์บอนออกและอุดไว้จากนั้นยกถังทรงกระบอกวางไว้ในระดับสูงกว่าถังเก็บก๊าซ นำหลอดแก้วที่มีจุกยางอุดได้มาใส่น้ำให้เต็ม แล้วคว่ำลงในถังน้ำเอาปลายสายยางจุ่มลงในถังน้ำใส่เข้าไปในหลอดแก้ว แล้วทำการเปิดวาล์วน้ำจะไหลจากถังทรงกระบอกเข้าถังเก็บก๊าซ ไล่ก๊าซมาตามสายยางเข้าไป แทนที่น้ำในหลอดแก้ว เมื่อก๊าซเต็มหลอดแก้วก็เอาจุกยางอุดหลอดแก้วขณะอยู่ในน้ำเพื่อกันก๊าซออก จะได้ก๊าซที่จะนำไปวิเคราะห์ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ก๊าซโดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ Orsat

4.2.1 สารเคมีที่ใช้

1. โปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ (KOH)
2. ไพโรแกลอ ($C_6H_3(OH_3)$)
3. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
4. คอปเปอร์คลอไรด์ (CuCl)
5. Liquid Ammonia
6. น้ำกลั่น

4.2.2 วิธีผสมสารเคมี

1. สารละลาย A (สารละลายโปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์)

ชั่งโปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม นำไปผสมกับน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.จะได้สารละลาย A (สารละลาย A 1 ลบ.ซม. สามารถดูดซับ (Absorp) CO_2 ได้ 30 ลบ.ซม. นอกจากนั้นสารละลาย A ยังสามารถดูดซับ HCN NO_2 SO_2 ได้อีกด้วย)

2. สารละลาย B (สารละลายด่างไพโรแกลลอน)

ชั่งไพโรแกลลอน 6 กรัมและโปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม นำสารทั้งสองไปผสมกับน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.แล้วเติม Liquid Ammonia 33 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรของสารละลายที่ผสมได้ (ประมาณ 42 ลบ.ซม.)จะได้สารละลาย C (สารละลาย C 1 ลบ.ซม.สามารถดูดซึม CO ได้ 10 ลบ.ซม. นอกจากสารละลาย C ยังสามารถดูดซึม O_2 ได้ด้วย)

4.2.3 วิธีการวิเคราะห์ก๊าซ

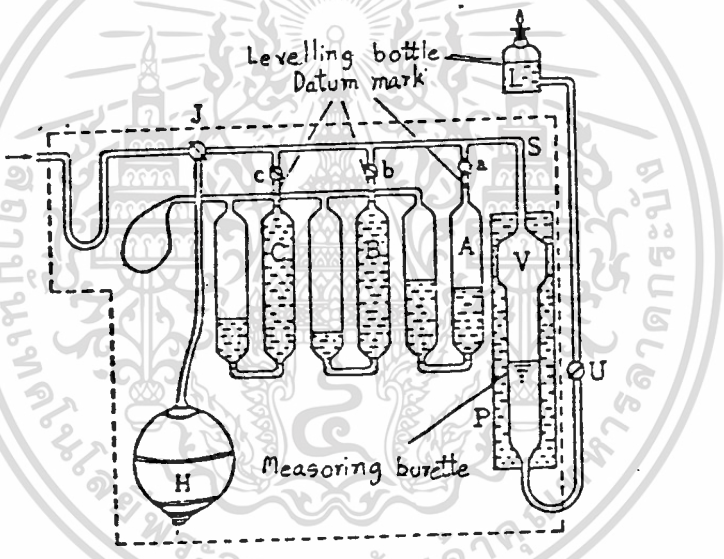
1. เติมสารละลาย A,B,C ลงในหลอดแก้ว A,B,C ตามลำดับ
2. เติมน้ำใน Levelling Bottle (L)จากนั้นปรับระดับ Levelling Bottle เพื่อปรับระดับสารละลาย A,B,C ในหลอดแก้วให้อยู่ที่ขีด Datum mark
3. ปรับระดับ Leveling Bottle ให้น้ำใน Measoring burette อยู่ที่ขีด Datume mark
4. ปรับระดับ Leveling Bottle ให้ gas เข้ามาใน Measoring burette ปริมาตร 100 ลบ.ซม.
5. เปิดวาล์ว a ปรับระดับ Leveling Bottle ขึ้นลงหลายๆ ครั้ง เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ gas สัมผัสกับสารละลาย A จากนั้นปรับระดับ Leveling Bottle ให้สารละลาย A ในหลอดแก้วอยู่ที่ขีด Datume mark แล้วอ่านค่าระดับน้ำบนสเกลของ Measoring burette เปิดวาล์ว a ทำซ้ำอีกจนอ่านค่าได้คงที่ ค่าที่อ่านได้คือปริมาณ CO_2 ใน gas

6. เปิดวาล์ว b ทำเหมือนเดิม ค่าที่อ่านได้ลบด้วยค่า CO_2 คือปริมาณ O_2 ใน gas

7. เปิดวาล์ว c ทำเหมือนเดิม ค่าที่อ่านได้ลบด้วยค่า $CO_2 + O_2$ คือปริมาณ CO ใน gas



รูปเครื่องวิเคราะห์ Gas Osart

4.3 วิธีการวัดความเร็วลมโดย Rotary Vane Flow Meter

เนื่องจากใต้เตาอุณหภูมิสูงมากในพัดของ Rotary vane flow meter ทนไม่ได้ จึงต้องต่อท่อออกมา แล้ววางใบพัดไว้ที่หน้าท่อ ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดคือ ความเร็งลมเข้าใต้เตา จากนั้นก็ถอด Blower ออกมา วางใบพัดไว้ตรงท่อทางลมออก เปิด Blower ที่ระดับ 1 และ 2 ตามลำดับ วัดความเร็วที่อ่านได้ จดบันทึกไว้

4.4 วิธีการวัดอุณหภูมิ gas ร้อน

ใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดดิจิตอลซึ่ง สามารถวัดอุณหภูมิได้ -50 C ถึง 750 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตรวจจับอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัพเปิ้ล ชนิดก้านตรงวัดอากาศชนิด JB ทนอุณหภูมิได้ 800 C โดยวัดที่ช่องทางออกของอากาศร้อนจากเตาเผาและทำการจดบันทึก

4.5 วิธีวัดอุณหภูมิสภาพอากาศโดยรอบ

ใช้เทอร์โมมิเตอร์แท่งแก้ว กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง อ่านค่าและจดบันทึกไว้ ค่าทั้งสองนี้นำไป Plot บน Psychromatic chart จะอ่านค่าสภาพอากาศโดยรอบได้

4.6 วิธีการหาความชื้นของชางข้าวโพด

1. นำตัวอย่างไปบดให้ละเอียดแล้วใช้ตะแกรงขนาด 60 mesh ร่อนนำส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 60 mesh ไปใช้เป็นตัวอย่าง

2. อบ Crucible ที่อุณหภูมิ 110 C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาใส่ไว้ใน Desiccator จนเย็นชั่งน้ำหนักและบันทึกไว้

3. ชั่งตัวอย่างชางข้าวโพดละเอียด 1 กรัม ใส่ใน Crucible ปิดฝานำไปอบที่อุณหภูมิ 110 C เป็นเวลา 1 ชม. เอาออกจากต้อบใส่ไว้ใน Desicator จนเย็นชั่งน้ำหนักบันทึกไว้ นำไปอบต่ออีก 30 นาที เอาออกมาใส่ Desiccator เมื่อเย็นแล้วก็ชั่งน้ำหนัก ทำจนน้ำหนักคงที่ บันทึกผลเอาไว้

4. นำผลที่บันทึกไว้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

ปริมาณความชื้น(%) = (A - B) / A * 100

เมื่อ

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนนำไปอบ (กรัม)
B = น้ำหนักต้อย่างหลังจากการอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดสอบหาความชื้นชางข้าวโพด

ตัวอย่างที่	น.น Crucible (กรัม)	น.นตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น.นตัวอย่างและ น.น Crucible หลังอบ (กรัม)	น.นตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	ปริมาณความชื้น
1	7.863	1.0	8.778	0.915	8.500
2	8.066	1.0	8.980	0.914	8.600
3	7.933	1.0	8.842	0.909	9.160
4	7.866	1.0	8.789	0.923	7.700
5	8.142	1.0	9.066	0.924	7.600
6	8.087	1.0	9.000	0.913	8.700
7	44.906	1.0	45.816	0.910	9.000
				เฉลี่ย	8.600

4.7 วิธีการหาอัตราการป้อนชางข้าวโพด

1. ชั่งข้าวโพดหนัก 10 กิโลกรัม ใส่ลงใน Hopper
2. เดินเครื่องสกรูลำเลียงเมื่อชางข้าวโพดมาถึงปลายท่อเริ่มจับเวลา
3. เมื่อชางข้าวโพดหมดจดบันทึกเวลาที่จับได้เอาไว้
4. ทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
5. นำค่าเฉลี่ยไปหาอัตราการป้อนชางข้าวโพดต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงเวลาที่ใช้ในการลำเลียงชางข้าวโพด

ครั้งที่	ปริมาณชางข้าวโพด (กก.)	เวลาที่ใช้ในการลำเลียง (นาที)
1	10.00	28.25
2	10.00	33.45
3	10.00	30.41
4	10.00	29.55
5	10.00	31.03
เฉลี่ย	10.00	30.538

หาอัตราการป้อนชางข้าวโพดต่อชั่วโมง

ในเวลา 30.538 นาที สามารถป้อนชางข้าวโพดได้ 10 กิโลกรัม
ในเวลา 60 นาที สามารถป้อนชางข้าวโพดได้ = (10 x 60)/30.538
= 19.648 กิโลกรัม/ชม.

4.8 วิธีการทดลองเตา

วัตถุประสงค์ เพื่อหาปริมาณลมที่ทำให้การเผาไหม้ของชางข้าวโพดสมบูรณ์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใส่ชางข้าวโพดลงใน Hopper จนเต็ม
2. ป้อนชางข้าวโพดเข้าในเตาเป็นเวลา 5 นาที แล้วจุดไฟโดยใช้ทินเนอร์เล็กน้อยราดบนชางข้าวโพดในเตาแล้วจุดไฟ เริ่มทำการจับเวลาหลังจุดไฟ
3. ในการทดลองครั้งที่ 1,2 และ 3 ไม่เปิด Blower
ในการทดลองครั้งที่ 4,5 และ 6 เปิด Blower ระดับ 1
ในการทดลองครั้งที่ 7,8 และ 9 เปิด Blower ระดับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อครบ 20 นาที ปฏิบัติดังนี้
   4.1 ทำการเก็บ gas ตามวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น
   4.2 วัดอุณหภูมิ gas ร้อน ขณะเก็บ gas บันทึกผลในตาราง
   4.3 อ่านค่าอุณหภูมิสภาพอากาศจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง จดบันทึกผลไว้ในตาราง
   4.4 ทำการวัดความเร็วลมเข้าใต้เตา บันทึกผลลงตาราง
5. ทำการนำ gas ไปวิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์ gas Orsat โดย 1 ตัวอย่าง จะทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ผลที่ได้จะบันทึกลงตารางแล้วหาค่าเฉลี่ยโดยนำค่า gas ชนิดเดียวกันบวกกันแล้วหารด้วย 2
6. นำกระดาษกรองคาร์บอนออกจากกระบอก นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 C จนน้ำหนักคงที่ นำน้ำหนักหลังใช้ลบด้วยน้ำหนักก่อนใช้ จะได้น้ำหนักคาร์บอนที่เกาะที่กระดาษกรองไว้ได้
7. เมื่อครบ 40 นาทีและ 60 นาที ทำเหมือนกับตอน 20 นาที บันทึกผลที่ได้ลงในตาราง
8. เมื่อทดลองเสร็จแล้วถอด Blower ออกมาวัดความเร็วลมที่ระดับ 1 และ 2 และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมด้วย
9. นำค่าความเร็วลมที่ได้จาก Blower และใต้เตาไปบวกกัน คำนวณหาปริมาณอากาศที่ใช้ในการทดลอง บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง

4.9 วิธีการเก็บข้อมูล

จัดทำตารางบันทึกข้อมูลต่างๆ แล้วบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้ลงในตาราง บันทึกผลการทดลอง และนำข้อมูลที่หาได้มาคำนวนค่าปริมาณลมที่ใช้จริง

จากทฤษฎีบทที่ 2 หัวข้อ 2.8 จะได้ว่าการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะต้องใช้อากาศ 5 Kg ต่อชางข้าวโพด 1 Kg ซึ่งจะให้ค่าความร้อนสูงถึง 17.30 MJ/Kg ค่าที่ได้จากการทดลองจะบันทึกลงในตารางผลการทดลองแล้ว

ตัวอย่างการคำนวนปริมาณอากาศใช้จริง

ปริมาณอากาศใช้จริงจากการทดลองครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลมเฉลี่ย 1.1 m/s

พื้นที่ช่องลมเข้า = 0.15 * 0.15 = 0.0225 m^2

เพราะฉะนั้น Flowrate = 1.1 * 0.0225 = 0.02475 m^2/s

จากอุณหภูมิอากาศ T_{db} = 31 c T_{wb} = 24 c

ใช้ Psychromatic chart หา Specific volume = 0.884 m^3/kg

เพราะฉะนั้น mass flowrate = Flowrate / S.V

= 0.02475 / 0.884

= 0.0280 Kg/s

เพราะฉะนั้น ปริมาณอากาศที่ใช้ = 0.028 * 3600

= 100.8 Kg/hr

เพราะฉะนั้น ชางข้าวโพด 1 Kg จะใช้อากาศ = 100.8 / 20

= 5.040 Kg

เพราะฉะนั้น ปริมาณอากาศส่วนเกิน = 100 * 0.04 / 5

= 0.8 %

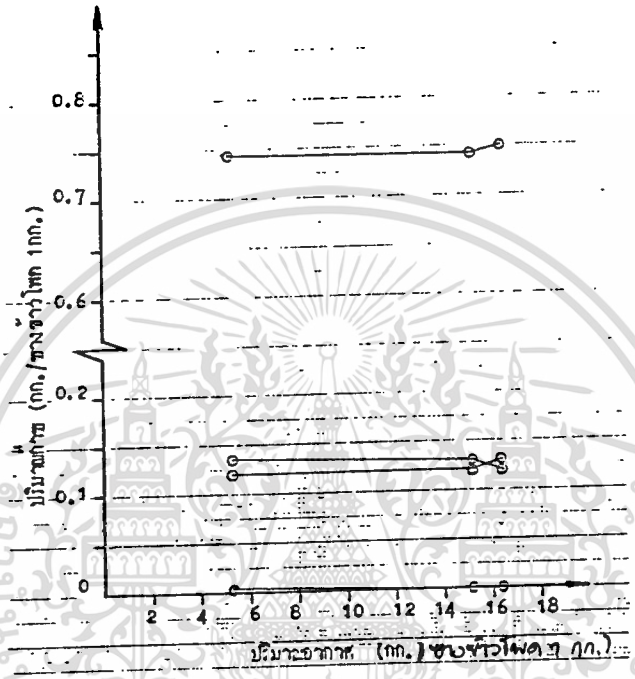
4.10 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการหาปริมาณอากาศที่ทำให้เตาเผาชีวมวลนี้มีการเผาไหม้อย่างสมบรณ์ โดยใช้ชางข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงและมีปริมาณอากาศคงที่ โดยมีการปรับปริมาณการป้อนอากาศ 3 ระดับคือ

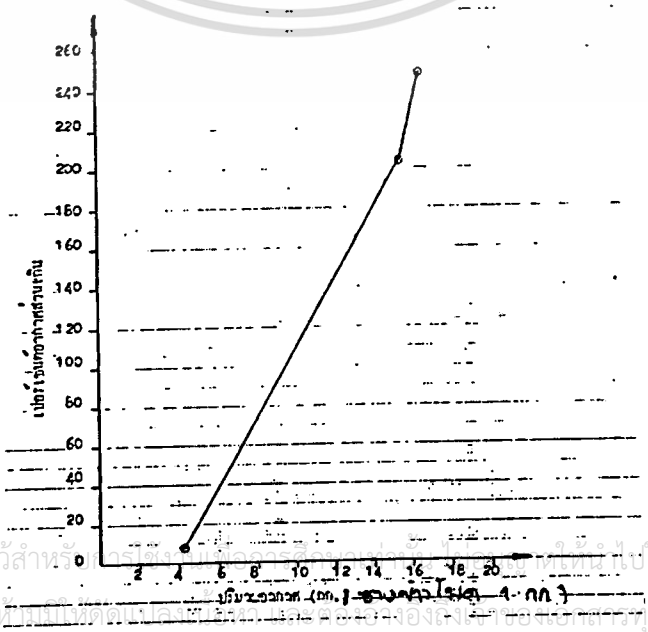
1. ไม่เปิดพัดลมช่วย
2. เปิดพัดลมช่วยปริมาณอากาศ 78.5 cfm
3. เปิดพัดลมช่วยปริมาณอากาศ 93 cfm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปต่อไปนี้

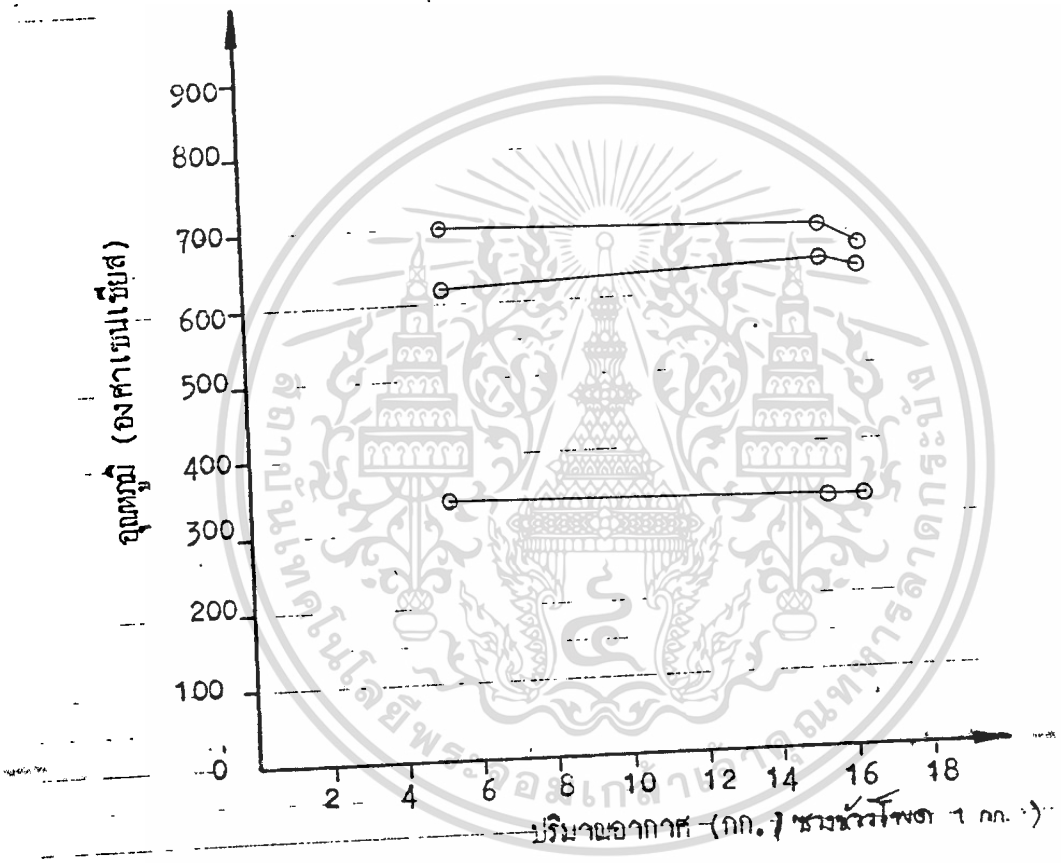


รูปจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ gas คือ CO_2 , O_2 , CO และ N เมื่อมีการเผาไหม้ CO จะรวมตัวกับ O_2 ได้ CO_2 ตัวสมการที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ดังนั้นการเผาไหม้ที่ดีคือมีปริมาณ CO_2 สูง และ CO ต่ำหรือไม่มีเลย และในทางปฏิบัติควรมีปริมาณอากาศส่วนเกิน 5-20 % สำหรับปริมาณอากาศส่วนเกินจากการทดลองแสดงในรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีบทที่ 2 หัวข้อ 2.8 การหาปริมาณอากาศที่ใช้จริงเท่ากับ 5 Kg ต่อชางข้าวโพด 1 Kg แต่ในการปฏิบัติจริงควรมีอากาศส่วนเกิน 5-20 % จึงสามารถใช้กราฟนี้เลือกปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ได้จากการทดลองนี้ ซึ่งสามารถให้ปริมาณอากาศประมาณ 5-6 Kg ต่อชางข้าวโพด 1 Kg ได้



สำหรับรูปนี้ จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณอากาศเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของ gas ร้อนจะลดต่ำลงเพราะต้องถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ ให้แต่อากาศส่วนเกินและอากาศจะนำ gas เชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ออกไปจากห้องไหม้

จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่เปิดพัดลมช่วยปริมาณอากาศที่ใช้เผาไหม้เพียงพอแล้วแต่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดการผสมกันที่ดีของอากาศและ gas เชื้อเพลิง เพราะฉะนั้นจึงควรเปิดพัดลมช่วยโดยปรับปริมาณลมที่ให้ เพียงเล็กน้อยเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศและช่วยกวนผสมอากาศและ gas เชื้อเพลิงให้ผสมกันได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1
วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 14.50 น. ถึง 15.50 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	31	31	31
	T_{wb}	24	24	24
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		330	600	>700
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		5.040		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		0.8		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	7.5	7.9	7.8
	O_2	12.5	12.6	7.5
	CO	0.3	0.25	0.2
	N	78.7	79.95	82.5

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.005	0.002	0.004
สีของกระดาษกรอง	เทาเข้ม	เทา	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2
วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30	30	30
	T_{wb}	25	25	25
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		350	600	> 700
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		5.504		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		10.079		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	7.9	9.9	9.1
	O_2	12	10.5	10.4
	CO	0.4	0.2	0.3
	N	79.8	79.4	80.2

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.002	0.001	0.002
สีของกระดาษกรอง	เทา	เทา	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3
วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 22.10 น. ถึง 23.10 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	28	28	28
	T_{wb}	25	25	24
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		350	650	>700
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		5.538		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		10.70		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	10.4	8.3	9.9
	O_2	11.1	13	11.45
	CO	0.3	0.3	0.2
	N	78.2	78.4	78.4

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.006	0.001	0.003
สีของกระดาษกรอง	เทา	เทา	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 12.20 น. ถึง 13.20 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30	30	30
	T_{wb}	26	26	26
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		340	650	690
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		14.8		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		196.0		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	9.8	8.2	14.2
	O_2	10.8	12.6	4.8
	CO	0.1	0.2	-
	N	80.00	79.00	81.00

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.006	0.003	0.006
สีของกระดาษกรอง	เทาเข้ม	เทา	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 16.50 น. ถึง 17.50 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30	30	30
	T_{wb}	25	25	25
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		320	630	678
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		15.187		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		203.668		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	10.6	9.4	15.4
	O_2	9.6	11.1	4.6
	CO	0.2	-	-
	N	79.6	79.5	80.0

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.003	0.001	0.002
สีของกระดาษกรอง	เทา	เทาจาง	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6
วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 12.40 น. ถึง 13.40 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30.5	30.5	31.5
	T_{wb}	25.4	25.2	26
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		330	648	688
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		15.727		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		214.543		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	12.0	8.5	14.7
	O_2	7.7	12.3	5.0
	CO	0.2	0.2	-
	N	80.1	79.0	80.6

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.003	0.001	0.002
สีของกระดาษกรอง	เทา	เทา	เทาจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 7
วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 15.40 น. ถึง 16.40 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30	30	30
	T_{wb}	24	24.6	24.2
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		350	640	660
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		15.765		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		215.306		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	6.9	8.2	8.2
	O_2	12.3	12.2	11.0
	CO	-	-	-
	N	80.8	79.6	80.8

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.001	-	-
สีของกระดาษกรอง	เทาจาง	เหลืองชีด	เหลืองชีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 8
วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 17.30 น. ถึง 18.30 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	30	30	30
	T_{wb}	24.2	24.2	24.2
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		320	635	660
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		16.703		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		234.052		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	7.1	8.7	9.2
	O_2	11.9	12.4	11.7
	CO	-	-	-
	N	81.00	78.90	79.10

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.002	0.001	-
สีของกระดาษกรอง	เทา	เหลืองชีด	เหลืองชีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 9
วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2533
เวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.

เวลาที่เก็บ GAS ตัวอย่าง (นาที)		20	40	60
อุณหภูมิสภาพอากาศ (องศา)	T_{db}	29	28.8	28.8
	T_{wb}	24	24	24
อุณหภูมิของ GAS ขณะเก็บตัวอย่าง (องศา)		340	650	665
ปริมาณอากาศที่ใช้ต่อชางข้างโพด 1Kg (Kg)		17.028		
เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน		240.568		
ปริมาณ GAS ที่นำมาวิเคราะห์ (CC.)		100		
ปริมาณ GAS (CC.)	CO_2	7.4	8.9	9.9
	O_2	12.1	12.5	11.6
	CO	-	-	-
	N	80.50	78.60	78.50

น้ำหนักคาร์บอน (g)	0.002	-	-
สีของกระดาษกรอง	เหลืองชีด	เหลืองชีด	เทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

เตาเผาชางข้าวโพดเพื่อใช้ความร้อน ในการอบแห้งที่สร้างขึ้นเพื่อวิจัยในครั้งนี้ สามารถให้ความมร้อน และการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เป็นที่น่าพอใจ เราสามารถปรับปริมาณอากาศเพื่อช่วยให้สมบูรณ์ได้ ถึงแม้จะมีปัญหาบ้างในบางช่วงก็ตาม ในการใช้งานเราต้องทราบองค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการเผาไหม้อย่างคร่าวๆ เสียก่อนและทำการวิเคราะห์ด้วยสมการเคมีเพื่อให้รู้ปริมาณลมอย่างคร่าว ๆ จะทำให้สะดวกในการปรับช่วงอากาศที่เหมาะสม นอกจากองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแล้ว ความร้อนที่เราต้องการก็มีความจำเป็นเช่นกัน เตาเผาที่สร้างขึ้นนี้เมื่อระบบอยู่ในสดลย์จะให้อากาศร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมากกว่า 700 องศาเซนติเกรต ในการนำไปใช้งานจริงๆ นั้นจะต้องมีการผสมกับอากาศจากภายนอกเป็นจำนวนมากเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการนำไปอบแห้ง อย่างไรก็ตามเครื่องนี้สามารถนำไปใช้ในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์จำนวนมากได้ เนื่องจากเมื่ออากาศร้อนเมื่อผสมกับอากาศจากภายนอกแล้วจะได้ปริมาณอากาศต่อหน่วยเวลาเป็นจำนวนมาก

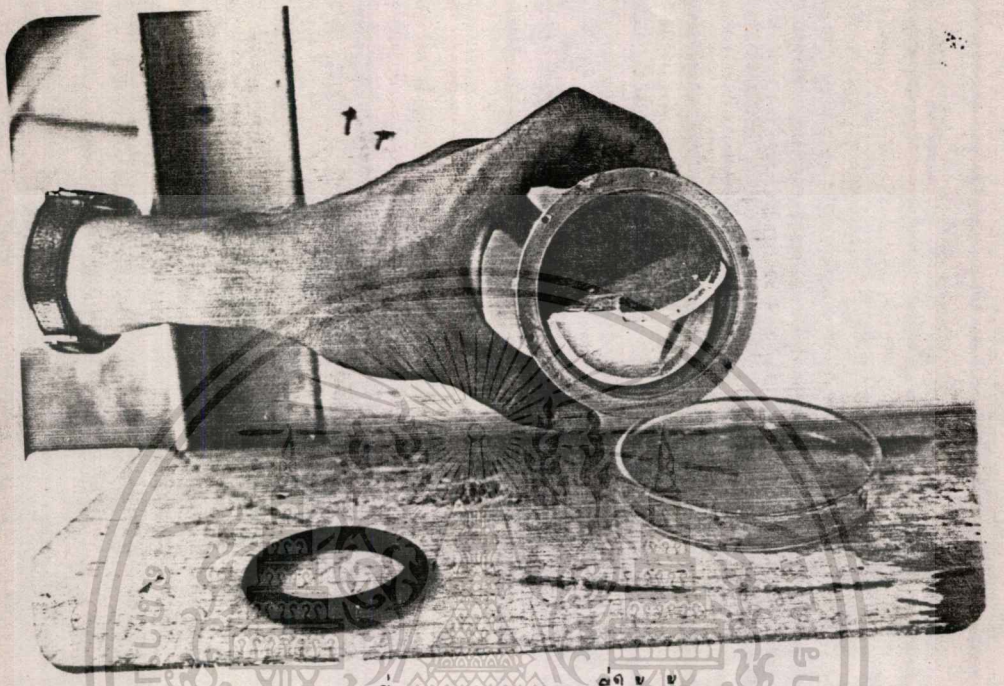
สำหรับการอบแห้งขนาดเล็กและปริมาณไม่มากนัก สามารถปรับความร้อนจากเตาเผาได้ โดยการลดอัตราการป้อนเชื่อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ลง ก็จะทำให้ความร้อนที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง ขณะเดียวกันก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการสร้างลงได้อีกเนื่องจากการลดขนาดของพัดลมและมอเตอร์ขับ

การพัฒนาและปรับปรุงเตาเผานี้ให้มีขนาดเล็กลง จะทำให้ลดต้นทุนในการสร้างลงได้ ทำให้ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก ในการนำไปใช้งานถ้าได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรในเขตที่มีการปลูกข้าวโพดได้นำเอาไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพของผลผลิต ก็จะทำให้ราคาของผลผลิตสูงขึ้น ด้วยหลักการทำงานที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนจนเกินไปนัก เกษตรกรสามารถใช้งานได้เอง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหลือใช้อีกด้วย

อย่างไรก็ดี เตาเผาที่สร้างขึ้นนี้ก็ยังมีการพัฒนาให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นดังนี้

1. เนื่องจากการป้อนชางข้าวโพดเข้ามา ทำมีชางข้าวโพดไปปิดช่องลมของพัดลมช่วย ทำให้การไหลของอากาศไม่สะดวกจึงควรเพิ่มความลาดเอียงของพื้นเตาเผาเพื่อให้ชางข้าวโพดตกลงมาบนตะแกรง และป้องกันไม่ให้ชางข้าวโพดค้างอยู่ที่พื้นเอียงอีกด้วยซึ่งจะทำให้ลดการเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้

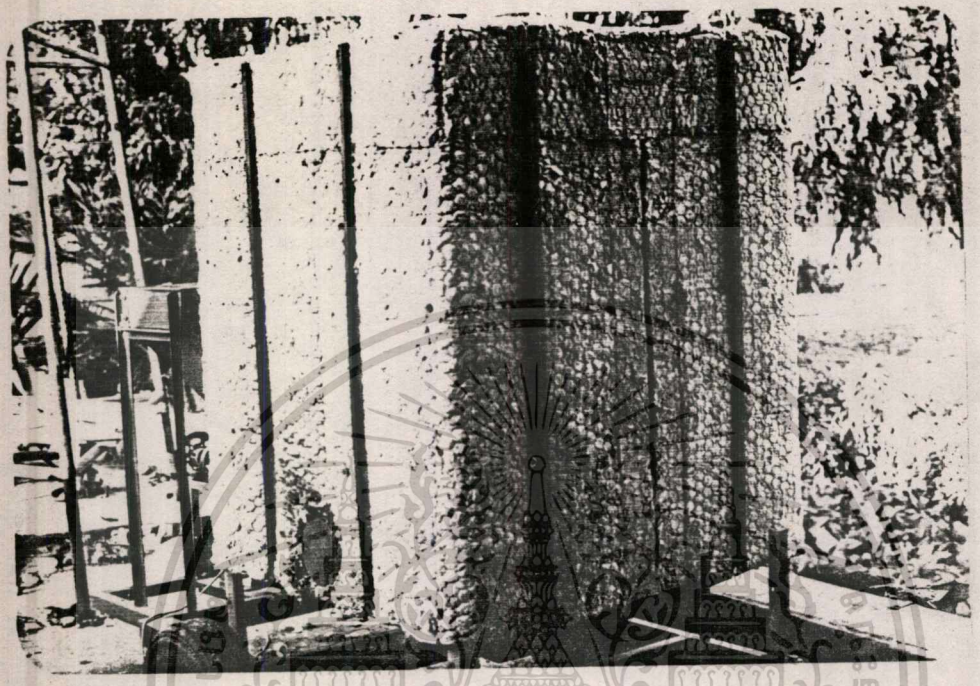
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



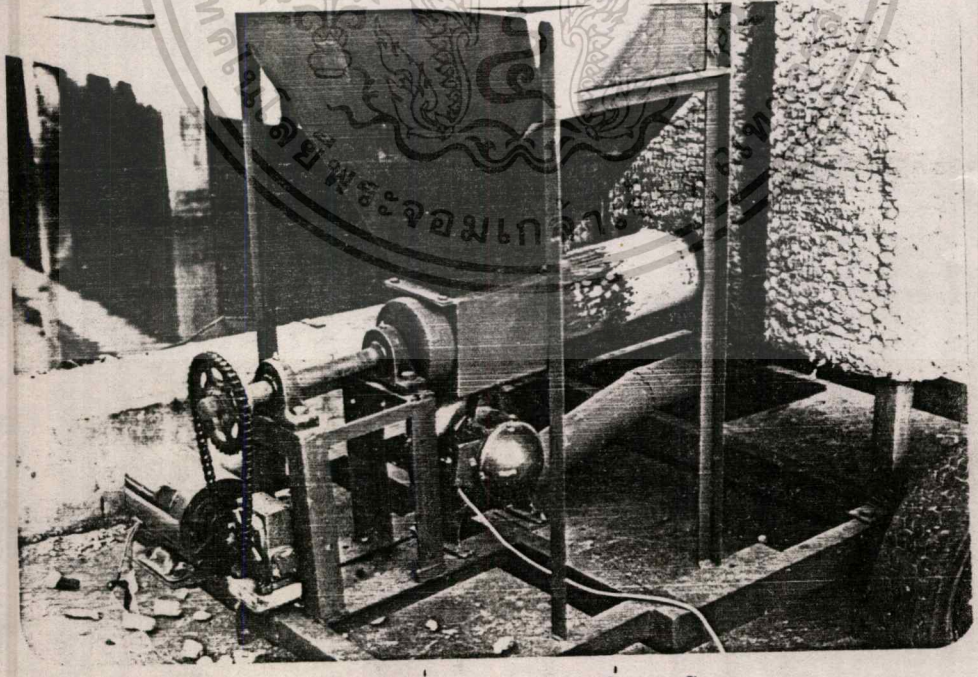
รูปที่ 9 กระดาษกรองที่ใช้แล้ว

รูปที่ 10 กระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วจะถูกเก็บใน plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

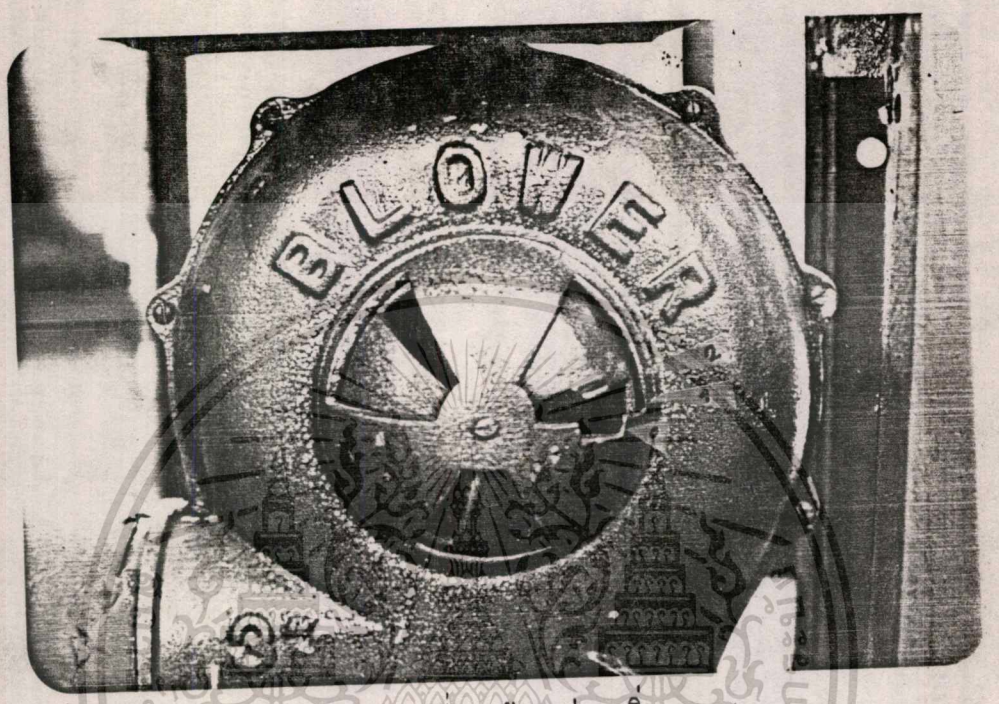


รูปที่ 1 ห้องเผาไหม้หุ้มด้วยฉนวนใยหิน

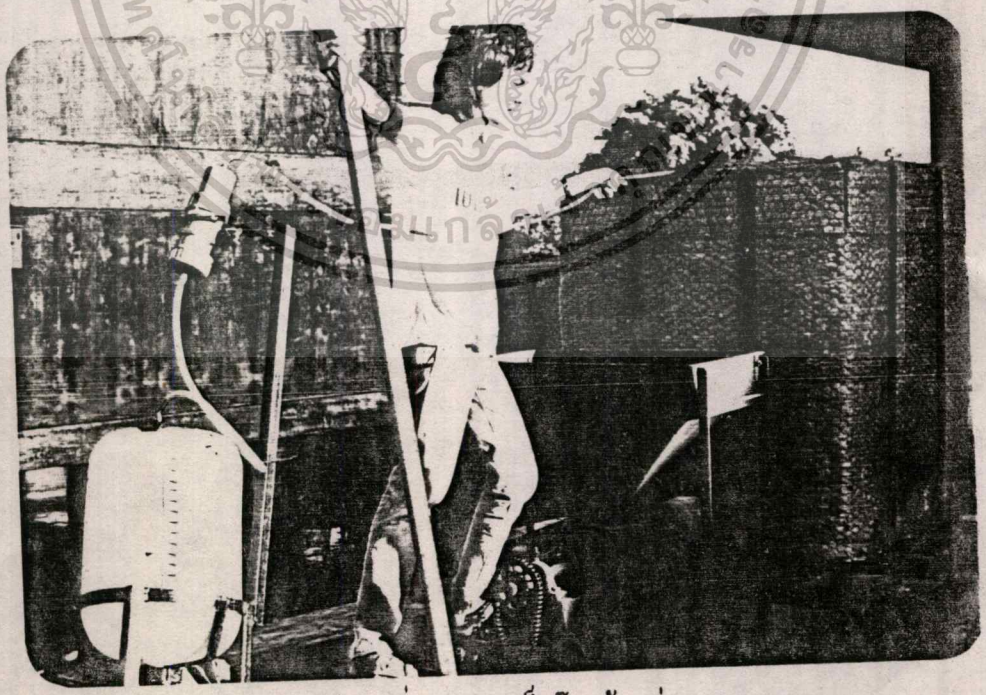


รูปที่ 2 ระบบขับเคลื่อนเกลียวสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

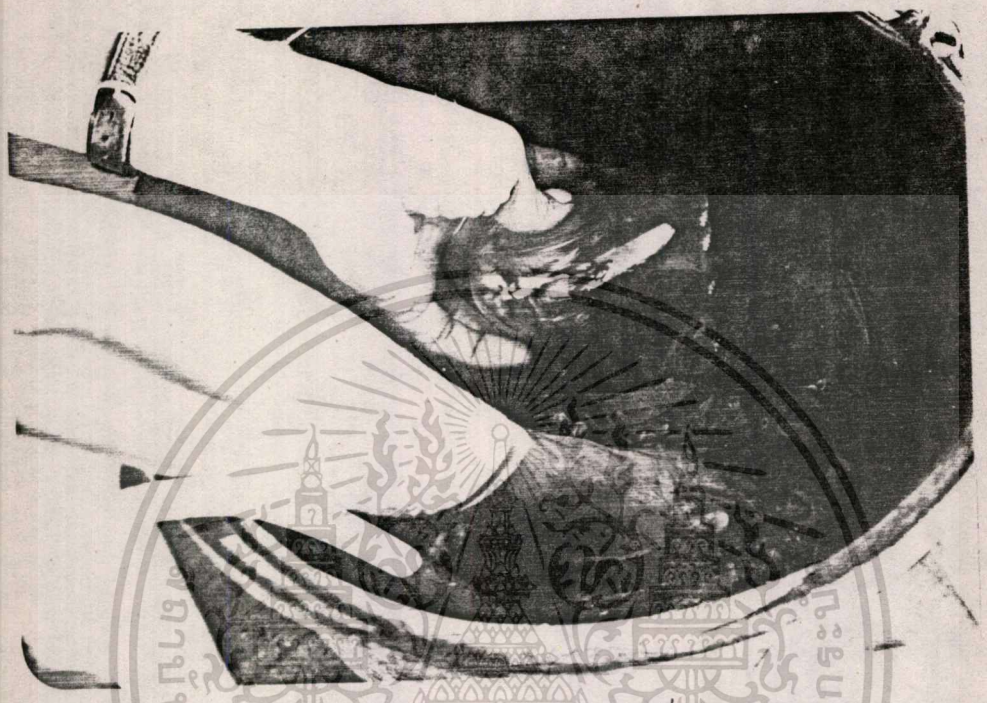


รูปที่ 3 พัดลมช่วยเพิ่มอากาศ



รูปที่ 4 การเก็บก๊าซตัวอย่าง

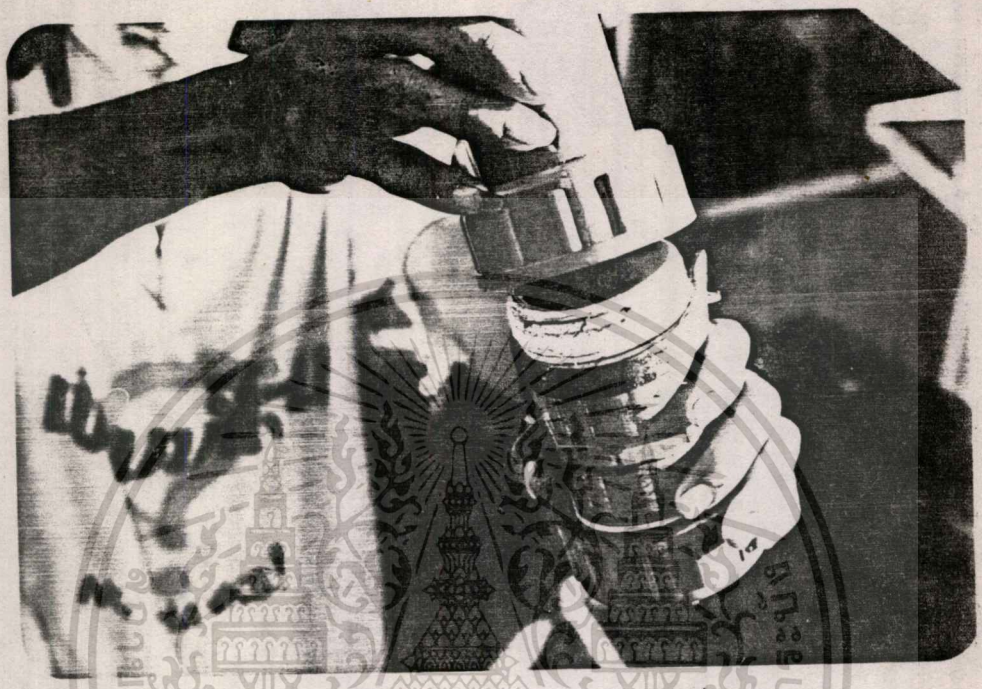
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การถ่ายก๊าซตัวอย่างจากถังเก็บสู่หลอดทดลอง

รูปที่ 6 การวิเคราะห์ก๊าซตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ท่อสำหรับใส่กระดาษกรองคาร์บอน

รูปที่ 8 การใส่กระดาษกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรลดอัตราการป้อนชางข้าวโพดลงอีก เพราะการป้อนมากๆจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่ทัน จึงทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้มาก เป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงมากเกินไป จึงจำเป็นต้องใช้อากาศเป็นจำนวนมากเข้ามาผสม ซึ่งจะทำให้เกิดการสิ้นเปลือง

3. การนำอากาศร้อนไปใช้โดยใช้พัดลมดูดอากาศ อาจจะทำให้ไม่ต้องใช้พัดลมช่วย เพราะพัดลมดูดอากาศจะทำให้อากาศผ่านเชื้อเพลิงมาจากได้เตา ทำให้มีการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศดีขึ้น

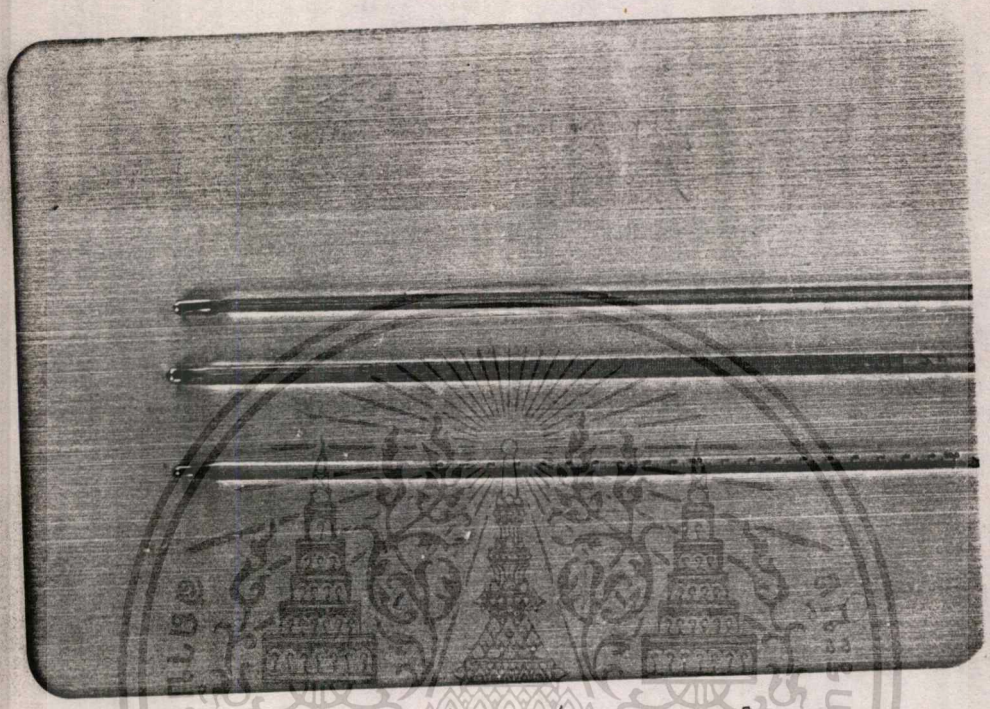
4. ถ้ามีการติดพัดลมดูดอากาศควรมีการทดสอบหาช่วงการดูดอากาศที่เหมาะสม เพื่อการนำอากาศร้อนไปผสมกับอากาศจากภายนอกให้ได้ในปริมาณและอุณหภูมิตามที่เราต้องการ

5. การสร้างเตาเผาไหม้ควรสร้างจากอิฐทนไฟที่มีน้ำหนักเบา เพราะในขณะเผาไหม้นั้นจะเกิดอุณหภูมิที่สูงมาก การใช้เหล็กสร้างเป็นเตาจะทำให้เกิดการโก่งตัวและบิดงอ ซึ่งถ้าใช้เป็นเวลานาน ๆ และต่อเนื่องจะทำให้เกิดการเสียหายได้

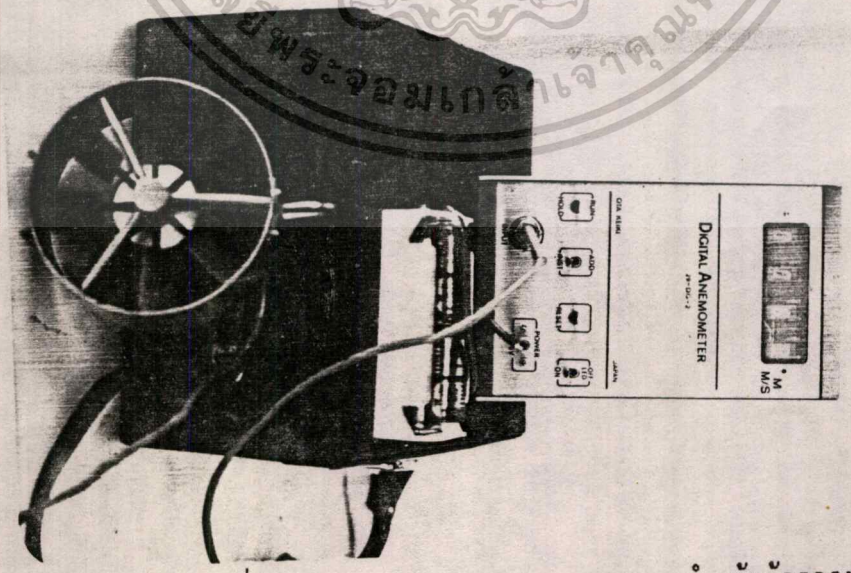
6. ช่องลมที่จะนำอากาศร้อนไปใช้ควรมีลักษณะกลมและมีข้อต่อน้อยที่สุดเพื่อลดการสูญเสียความดัน

7. ห้องเผาไหม้ควรมีลักษณะกลม จะช่วยให้การผสมกันระหว่างอากาศและแกสของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

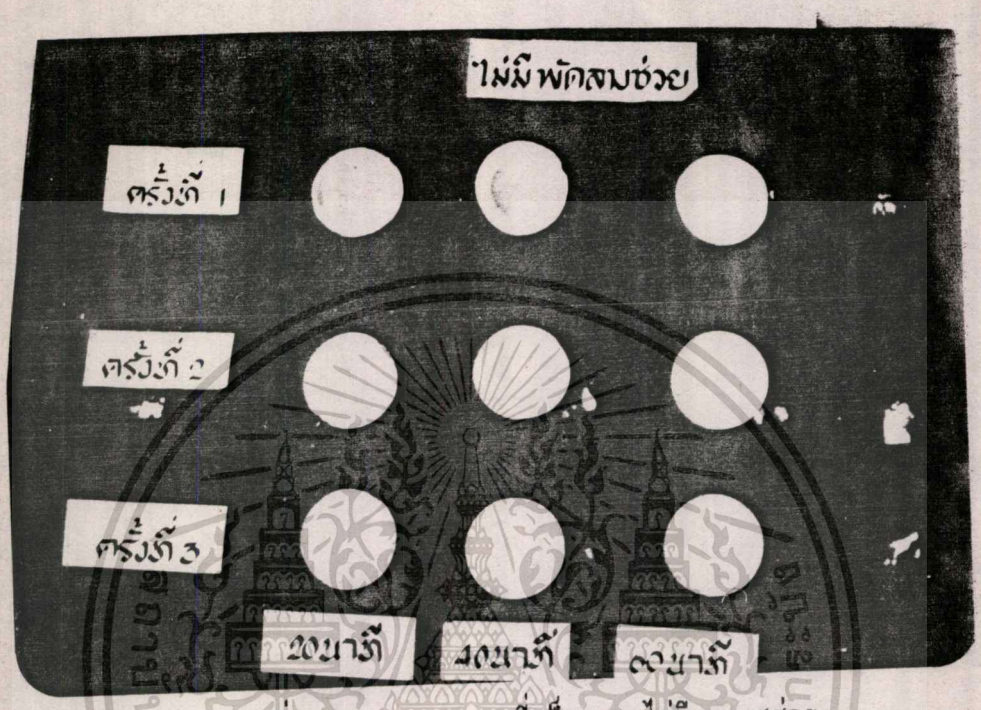


รูปที่ 11 เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิสภาพอากาศ

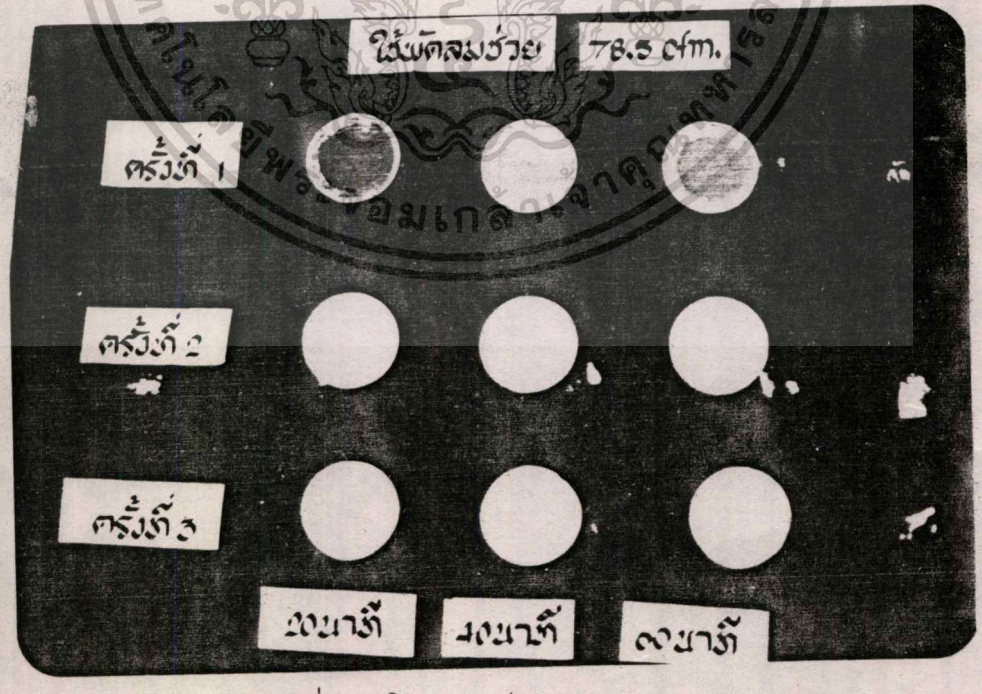


รูปที่ 12 Rotary vane flow meter สำหรับวัดความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

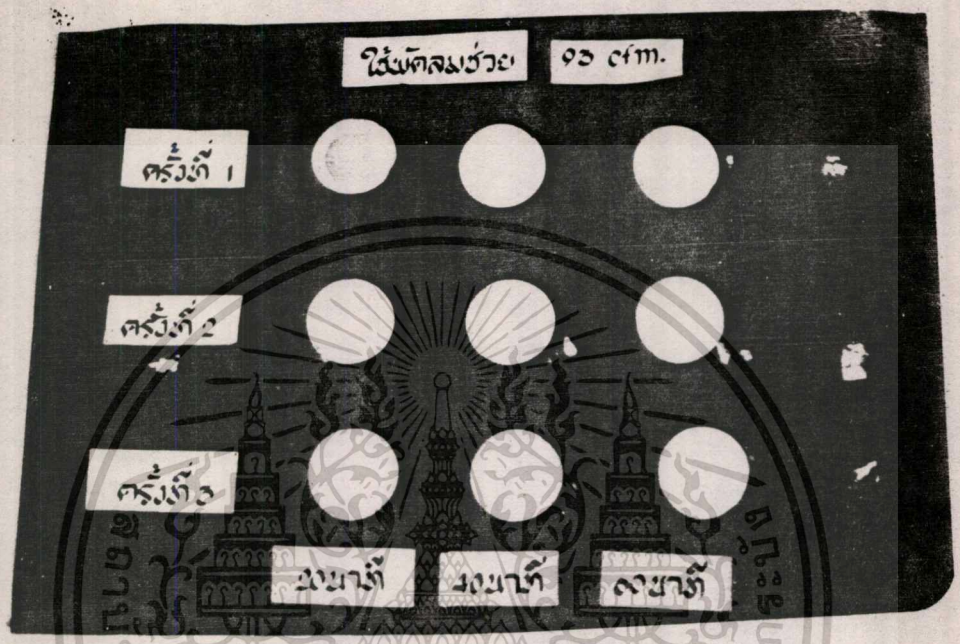


รูปที่ 13 กระดาษกรองที่เก็บจาก ไม่มีอากาศช่วย



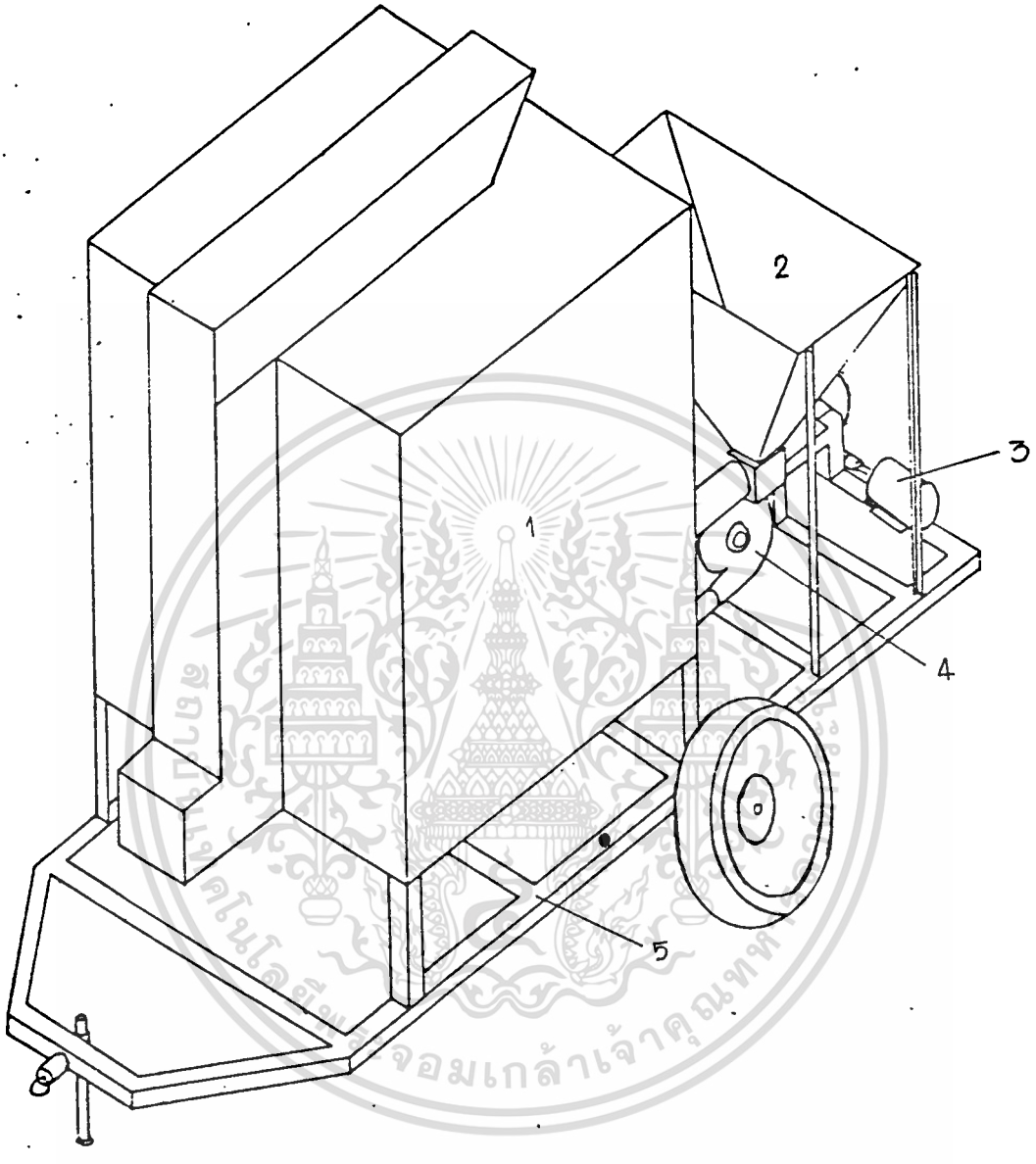
รูปที่ 14 ใช้อากาศช่วย 78.5 cfm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 ใช้อากาศช่วย 93 cfm.

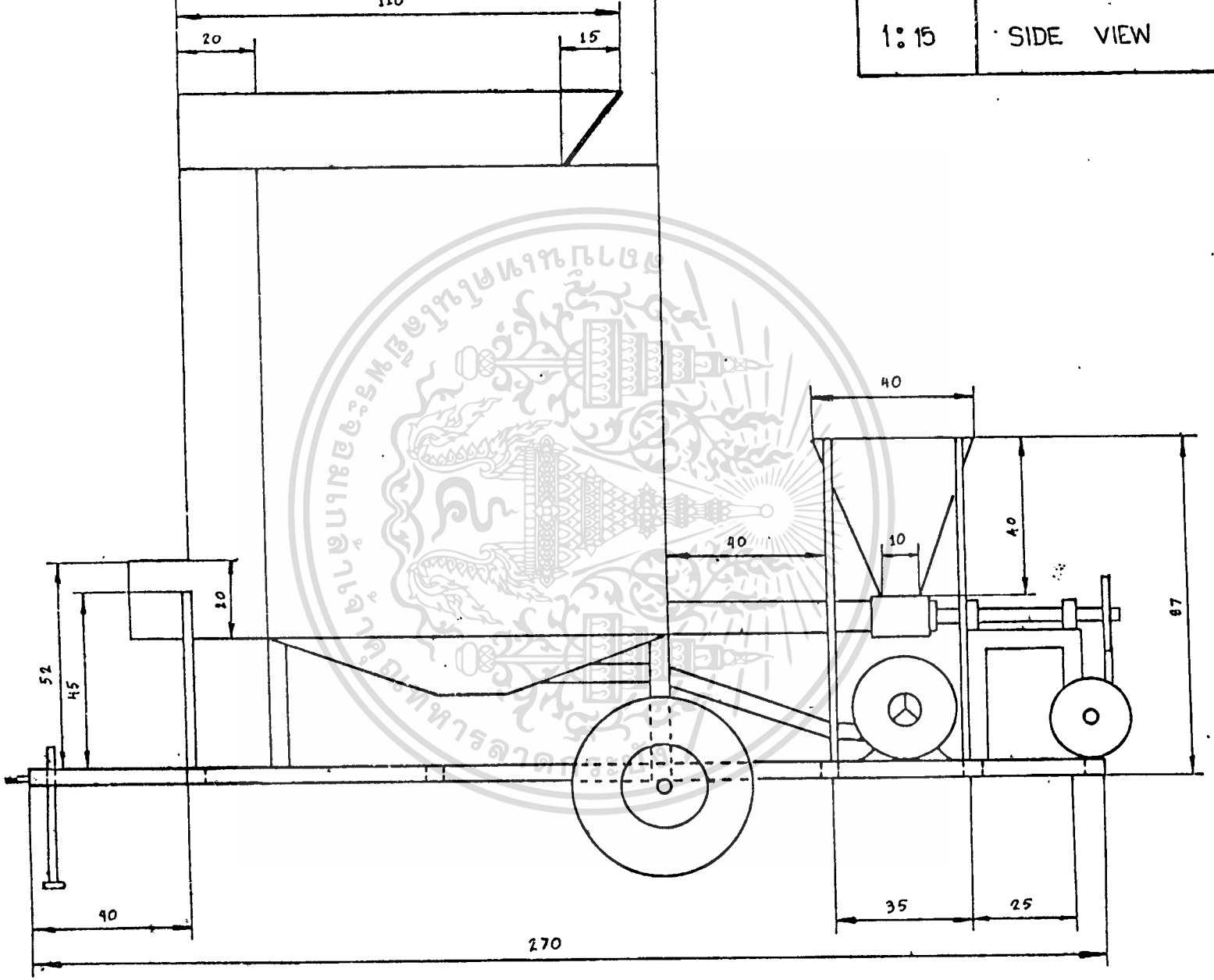
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

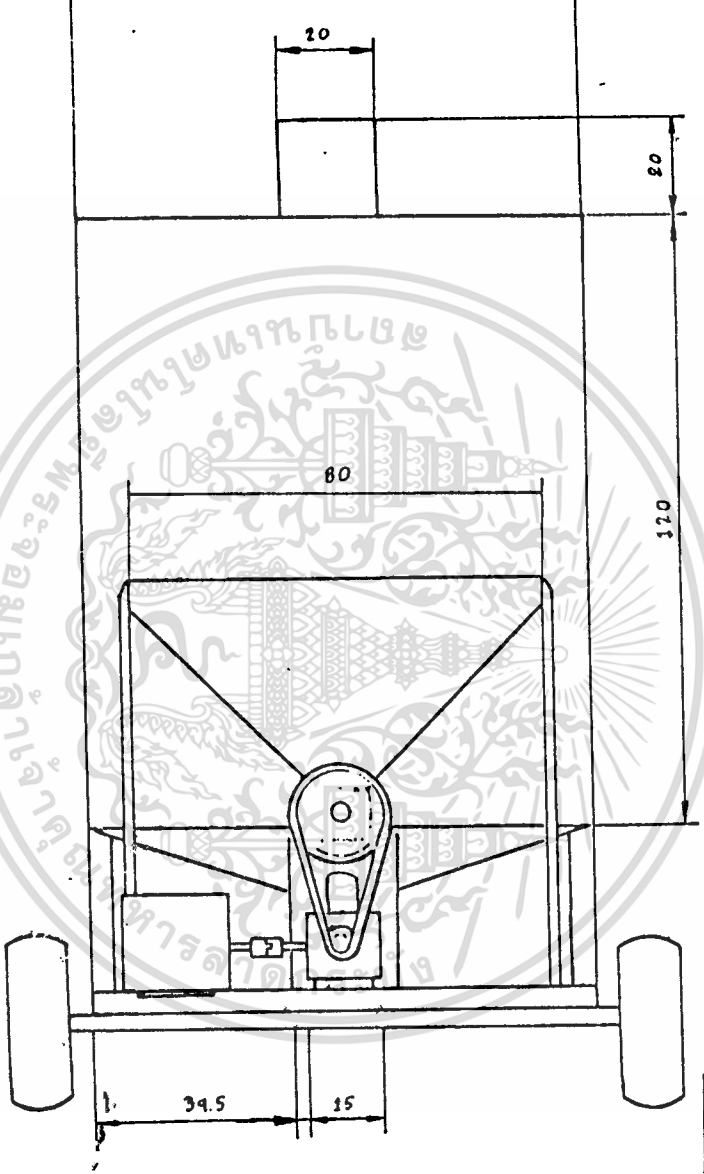


No	DIRECT BURNER.
1	COMBUSTION CHAMBER
2	HOPPER
3	MOTOR
4	BLOWER
5	FRAME

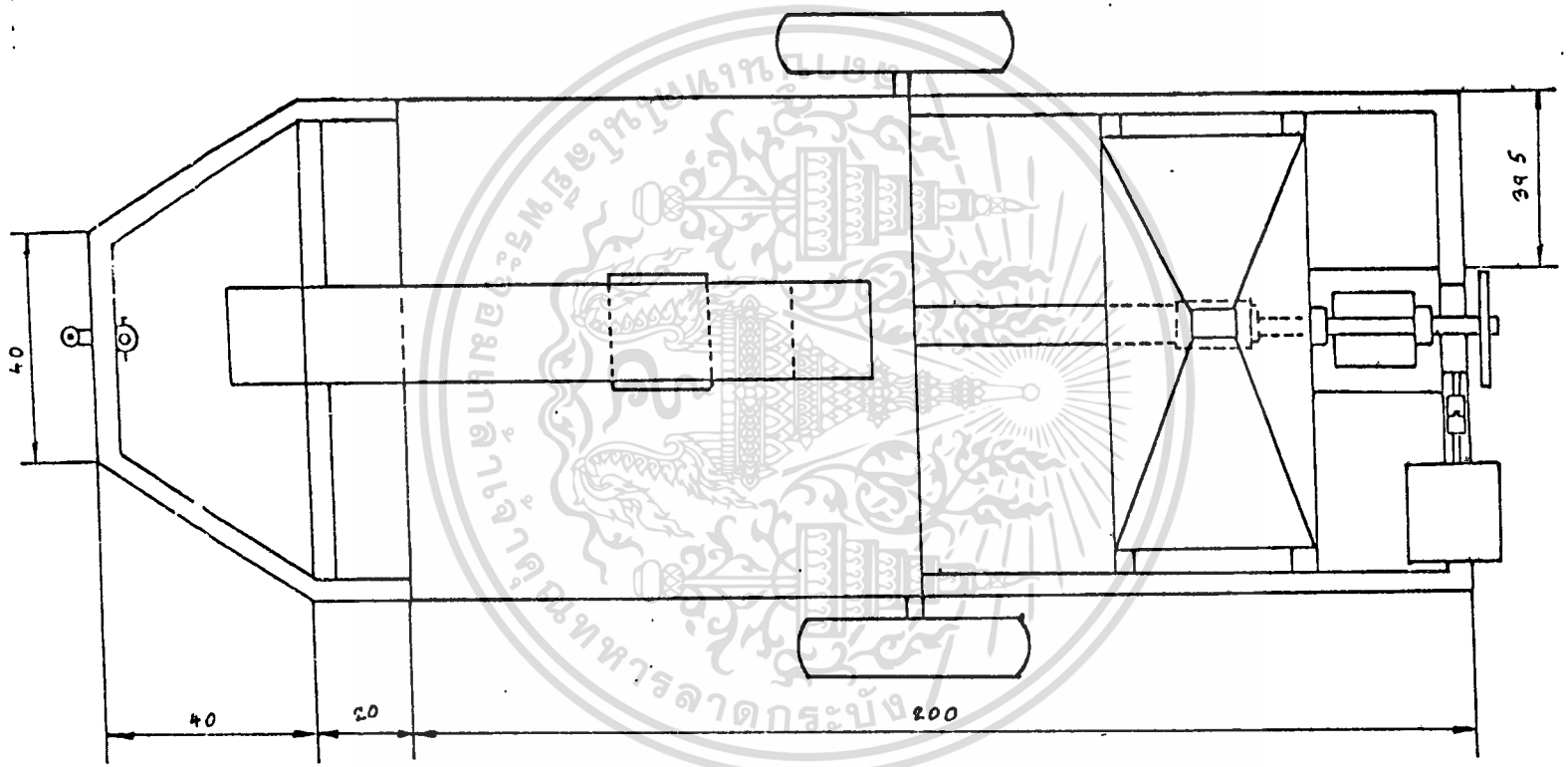
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 : 15	SIDE VIEW





SCALE	DIRECT BURNER
1 8 15	FRONT VIEW



SCALE	DIRECT BURNER
1 8 15	TOP VIEW

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอาจารย์ยงยุทธ นิชกมุทธ อาจารย์ปานมนัส ศิริสมบรูณ์ และอาจารย์พิชิตกิตินนท์ ผู้ให้คำปรึกษาในการทำงานและการทดลองและขอขอบคุณเพื่อนๆ ผู้ให้ความช่วยเหลือในการทำงานในครั้งนี้ จนงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและจะได้รับการปรับปรุงให้มีคุณภาพสูงขึ้น

17 มีนาคม 2533

นาย พรเทพ ธนกิจลีลาเจริญ

นาย สมชาย ศรีสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. จเร สดากร พืชพลังงานและแนวทางการผลิต หน้า 132-139 2525

2. บริษัท เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย บรรษัทปริทรรศน์ เดือนพฤษภาคม 2526

3. วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ - วิทวัส ยังจันทร์ พืชและพืชน้ำมัน หน้า 141-142 2527

4. วิจิตร คงพล พลังงานกับชีวิต หน้า 86-93 2529

5. ศจ.บุญศักดิ์ ใจจงกิจ เครื่องกลชนถ่าย หน้า 82-84 2528

6. สุชัย ศศิวิมลพันธุ์ เทคโนโลยีไอน้ำ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) หน้า 50-71 2526

7. ASME. 1965. Steam generating units,power test codes. PTC 3.1-1964. American Society of Mechanical Engineers, New York.

8. Claar, P. W., II, W. F. Buchele, and S.J. Marley. 1981a. Crop-residue fired furnace. American Society of Agricultural Engineers Paper No. 81-1032.

9. Junge, D. C. 1979a. Operator's guide for spreader stoker combination systems using agri-wastes (wood residue fuels). Prepared for U.S. Department of Energy: Contract EY-76-C-06-227. Task Agreement No. 22. RLO-2227-T22-27.

10. Miles, Thomas R. 1979. Concentric vortex corntalk burner design for Iowa State University, Ames, Iowa. Unpublished multilithed paper.Beaverton, Orego

11. Sumner, R. R., P. E. Sumner, C.W. Hammond, and G. E. Monroe. available from biomass for grain drying. American Society of Agricultural Engineers Paper No. 81-3014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้