สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

DEVELOPMENT AND CONSTRUCT OF BRIQUTTE MACHINE SCREW PRESS

TO59444

ชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช

CHUMSIT ROTSAKUNPHANIT

สาระนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

QW.
563417
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....59444
วัน,เดือน,ปี.....5 ส.ค. 2549

b 11519526
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT AND CONSTRUCT OF BRIQUTTE MACHINE SCREW PRESS

CHUMSIT ROTSAKUNPHANIT

A THEMATIC PAPER SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION PROGRAM
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสาระนิพนธ์	**การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู** DEVELOPMENT AND CONSTRUCT OF BRIQUTTE MACHINE SCREW PRESS
ชื่อนักศึกษา	**นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช**
รหัสประจำตัว	46065617
ปริญญา	**ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์	**รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ**

บทคัดย่อ

การทำสาระนิพนธ์ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู , เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งที่พัฒนาขึ้น ทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา , เพื่อหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า (เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู) จำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสัมภาษณ์ วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ จำนวน 15 ท่าน เครื่องมือที่ใช้คือแบบประเมินปัญหาการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู วิเคราะห์โดยการใช้สถิติหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบระดับปัญหาระหว่างเครื่องแบบเก่ากับเครื่องแบบใหม่ วิเคราะห์โดยการใช้สถิติ ค่าทีกรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระแก่กัน (T – test - dependent samples) วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 กิโลกรัม โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพของถ่านอัดแท่ง คุณสมบัติทั้งหมด 4 ข้อ วิเคราะห์โดยการสรุปข้อมูลเชิงสังเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะบรรยาย

จากผลการวิจัยพบว่า วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับปัญหาในการใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ซึ่งมีทั้งหมด 4 ข้อ โดยสรุปเป็นข้อได้ดังนี้ 1. ด้านหน้าที่การใช้งาน แบ่งเป็น เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ , ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง , การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง , ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง , บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน 2 . ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง แบ่งเป็น โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี และโครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน 3 . ด้านความปลอดภัย แบ่งเป็น บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ และส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า 4 . ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา แบ่งเป็น กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย และ ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ เปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง ซึ่งผลประเมินตามด้านมีดังต่อไปนี้ 1. ด้านหน้าที่การใช้งาน อยู่ในระดับปัญหาน้อย ($\overline{X}$ = 2.2) 2. ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง อยู่ในระดับปัญหาน้อยมาก ($\overline{X}$ = 1.5) 3 . ด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับปัญหาน้อย ($\overline{X}$ = 2.0) 4 . ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา อยู่ในระดับปัญหาน้อยมาก ($\overline{X}$ = 1.6)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง S&W อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบ คือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซค์ไปตรวจเพื่อหาคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตามใบรายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ (ที่ ฝวพ. / พง. 160-07/48) โดยวิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ASTM D 3172 and D 2015 ซึ่งมีผลดังนี้ 1 . มีปริมาณเถ้า(Ash) มีปริมาณ 7.9 % ของน้ำหนักรวม 2 . มีความชื้น (Moisture) มีปริมาณ 6.1% ของน้ำหนักรวม 3 . มีค่าความร้อน (Heating Value) มีปริมาณ 6,040 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม 4 . มีค่าความหนาแน่น (Density) มีปริมาณ 0.800 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thematic paper	Development and Construct of Briquette Machine Screw Press
Student	Mr. Chumsit Rotsakunphanit
Student ID.	46065617
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Industrial Design Technology
Year	2005
Thematic paper Advisor	Associate Professor. Satapon D.Na-Chumphae

ABSTRACT

Thematic paper is development and constructs a Briquette Machine Screw Press. Purposes for research have 3 sections, as follow. 1. Develop and constructs a Briquette Machine Screw Press. 2. Compare a satisfaction in function of Briquette Machine, which was upgrade in Strength, Safety and Convenience in maintain. 3.Verify a quality in briquette that is produce from new machine. Samplings for this research have 3 groups, divided by purpose. For section 1, sampling is three professional in Mechanical Engineering and Electrical Engineering (Briquette Machine Screw Press). Instrument for research is questionnaires. Section 2, sampling is fifteen worker who always use Briquette Machine Screw Press. Instrument for research is Inquiry Sheet a problem in using Briquette Machine Screw Press. Analyze from Mean of Statistic ($\overline{X}$) and Standard Deviation (S.D.) and contrast problem in level between an old model and new model. Analyze from T-test dependent samples in Statistic. Section 3, sampling is three Expertness in Briquette for compare quality of Briquette from old machine and new one. 4 of characteristic were criticizing by conclusion data at the instance of causation and result, in lecture.

Result from research found that section 1, Professionals suggest about problem in using Briquette Machine Screw Press by reference theory that have four part which can summary as follow. 1. Function, the machine can well briquette, density as they need, quantity of briquette that machine produce within 1 hours, working continuous more than 4 hours, heat calorific at the end of tube within 1 hours, space for put a material of machine that suitable for need, and control part is convenience to apply. 2. Construction, is divide by construct can support motor and not shake when machine working. 3. Safety, is divide by space for put and motor and control part which is electric. 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Convenience in maintain, is divide by tube for briquette easy to take off and position of motor easy to adapt spare part.

Section 2. Workers who always use Briquette Machine Screw Press compare level problem in using Briquette Machine that effect as follow, 1. Problem in function is a little level ($\overline{X}$ = 2.2) 2. Problem in construction is slightly level ($\overline{X}$ = 1.5) 3. Problem in safety is a little level ($\overline{X}$ = 2.0) 4. Problem for convenience in maintain is slightly level ($\overline{X}$ = 1.6)

Section 3. Expertness in Briquette, researcher takes briquette to expertness to check figure and take briquette which produce from new model to check for verify a standard quality of Thailand Institute of Scientific and Technological Research Testing Report and Analyze by testing/analyze ASTM D 3172 and D 2015, Result : 1.Quantity of Ashes 7.9% of total weight 2.Quantity of Moisture 6.1% of total weight 3. Heating Value: 6,040 kilocalories per kilogram 4. Density: 0.800 g. per cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำสาระนิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ อาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์ รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สุดสังข์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ให้กำลังใจและติดตามผลการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแบบสอบถาม ดร. สายจิตร จะวะนะ คุณน้อย เรียงวงศ์ คุณสมบุญ ศรียา ผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า ด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ที่ให้คำปรึกษาพร้อมแนวคิดดีๆเกี่ยวกับการทำวิจัย คุณสิทธิชัย โพธิ์เวชกุลและกลุ่มพนักงานฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A และ เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชา การค้นพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี ที่ช่วยสละเวลาในการทดสอบเครื่องอัดถ่านแท่ง อาจารย์สุรพล ภูมิพระบุ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและคุณวรนนท์ ประทุมมานนท์ เจ้าหน้าที่ประจำโรงบดเกลือบ โครงการในพระราชดำริสวนจิตรลดา ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแก้ปัญหาของเครื่องอัดถ่านแท่งจนประสบผลสำเร็จ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เกี่ยวกับระบบเครื่องจักรกล และกำลังใจในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ บิดา - มารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ ผู้ที่เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมถึงพี่ๆน้องๆและเพื่อนทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยทำการวิจัยในครั้งนี้ สำหรับความรัก ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน

คุณประโยชน์อันพึงเกิดขึ้นในภายภาคหน้าจากการทำสาระนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้ทำสาระนิพนธ์ขออุทิศคุณงามความดีทั้งหลายให้แก่ บิดา - มารดา ครู - อาจารย์ ผู้ประสิทธิประสาทวิชาตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ผู้ทำสาระนิพนธ์มิได้กล่าวไว้ข้างต้น

ชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 สมมุติฐานการวิจัย..... 3

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย..... 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 ถ่านและเชื้อเพลิงอัดแท่ง..... 8

2.2 เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู..... 22

2.3 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม..... 38

2.4 ขนาดสัดส่วนที่ใช้ในการผลิต..... 45

2.5 หลักการออกแบบ..... 52

2.6 จิตวิทยาการใช้สี..... 53

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 55

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 58

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 58

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 62
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....63
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....64

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....66
4.1 ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรู.....66
4.2 ผลการหาความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรูทางด้านหน้าที่การใช้งาน,ด้านความแข็งแรงของเครื่อง,ด้านความปลอดภัยและด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา.....73
4.3 ผลการหาคุณภาพของฉ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่.....77

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....80
5.1 สรุปผลการวิจัย.....80
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....86
5.3 ข้อเสนอแนะ.....88

บรรณานุกรม.....90

ภาคผนวก 92
ภาคผนวก ก.....93
ภาคผนวก ข.....107
ภาคผนวก ค.....117
ภาคผนวก ง.....131

ประวัติผู้เขียน.....139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง.....10

2.2 อุณหภูมิและขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นถ่านในเตา..... .19

2.3 คุณสมบัติที่ดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 21

2.4 แสดงชนิดและขนาดของพุกที่ฝังในกำแพง.....45

2.5 แสดงสัดส่วนต่างๆของน๊อต.....45

2.6 ตัวเลข มิติ ส่วนต่างๆของร่างกาย.....46

2.7 แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆของร่างกายต่อความสูงยืนและมิติวิกฤติ (Critical Body Dimension)..... 47

2.8 แสดงค่ามิติต่างๆของร่างกายคนไทยทั้งชายและหญิง.....49

2.9 แสดงขนาดสัดส่วนของคนไทยช่วงอายุ 20 – 29 ปี 50

2.10 แสดงขนาดสัดส่วนของคนไทยช่วงอายุ 30 – 99 ปี 51

4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ใช้งานประเมินปัญหาทางด้านการใช้งาน, ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง,ด้านความปลอดภัยและด้านความสะดวกสบาย ในการบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเก่า.....69

4.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ใช้งานประเมินปัญหาทางด้านการใช้งาน, ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง,ด้านความปลอดภัยและด้านความสะดวกสบาย ในการบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่..... ..71

4.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าทีกรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระแก่กัน (T – test dependent samples) เปรียบเทียบความพึงพอใจในด้านการใช้งานโดยเปรียบเทียบจากระดับปัญหาของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเดิมกับเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่.....73

4.4 คุณภาพมาตรฐานของถ่านอัดแท่ง..... 77

4.5 คุณภาพมาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่..... 77

5.1 เปรียบเทียบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่กับคุณภาพมาตรฐานของถ่านอัดแท่ง.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะเตาเผาถ่านที่ใช้ในงานวิจัย	17
2.2	ผืนไม้ก่อนทำการเผา	17
2.3	การตากถ่านเพื่อไล่ความชื้น	21
2.4	เครื่องอัดแบบลูกสูบ	22
2.5	เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย	23
2.6	เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด	24
2.7	เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง	24
2.8	ลักษณะการอัดของเครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งแบบแม่พิมพ์กลม	25
2.9	ลักษณะการอัดของเครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งแบบแม่พิมพ์วงแหวน	25
2.10	มอเตอร์กระแสสลับ	26
ข 1	อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม	116
ข 2	คุณสิทธิชัย โพธิ์เวชกุล หัวหน้าฝ่ายการผลิตและพนักงานฝ่ายการผลิต โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา ตอบแบบสอบถาม	116
ค 1	เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบเดิมที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน	118
ค 2	เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนา	118
ค 3	กระบอกอัดมีปัญหาความร้อนอย่างมากกับเครื่องอัดถ่านแท่ง	119
ค 4	เครื่องที่ได้พัฒนาจึงนำระบบหล่อเย็นด้วยน้ำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาความร้อน	119
ค 5	บริเวณใส่วัตถุดิบมีขนาดเล็กไม่เหมาะกับการผลิตระบบอุตสาหกรรม	120
ค 6	เครื่องที่ได้พัฒนาจึงได้เพิ่มขนาดของถาดที่ใส่วัตถุดิบ	120
ค 7	ตำแหน่งการวางมอเตอร์และสายไฟไม่มีความปลอดภัย	121
ค 8	เครื่องที่ได้พัฒนามีการวางตำแหน่งมอเตอร์ให้ปลอดภัยขึ้นสายไฟหุ้มฉนวนกันไฟรั่ว	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค 9	ส่วนควบคุมที่เป็นระบบไฟฟ้าไม่มีความปลอดภัย	122
ค 10	เครื่องที่ได้พัฒนาจึงมีการใส่สวิทซ์ควบคุมให้ปลอดภัยขึ้น	122
ค 11	เพิ่มสวิทซ์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ Reward – Forward	123
ค 12	คุณสมบุญ ศรียา ผู้จัดการ หจก. ศรียา เอ็นจิเนียริ่ง ผู้ดูแลระควบคุมไฟฟ้า	123
ค 13	ลักษณะของสกรู (เกลียว) ของเครื่องอัดถ่านแท่ง	124
ค 14	ชุดเกียร์พร้อมข้อต่อชุดส่งกำลังอัด	124
ค 15	ตำแหน่งการวางมอเตอร์และพู่เลย์	125
ค 16	ระบบหล่อเย็นระบายความร้อนกระบอกอัด	125
ค 17	คุณน้อย เรียงวงศ์ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชาการ ด้านพลังงานธรรมชาติ และเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี ผู้เชี่ยวชาญกำลังทดลองใช้เครื่อง	126
ง 1	สถานที่ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการทดลองเครื่อง	132
ง 2	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง	132
ง 3	เตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดลอง	133
ง 4	ลักษณะภายในเตาและถ่านไม้ที่ผ่านการเผา	133
ง 5	ขั้นตอนการบดถ่านไม้ก่อนที่จะอัดแท่ง	134
ง 6	ถ่านที่ผ่านการบดแล้วรอผสม	134
ง 7	ขั้นตอนการชั่งถ่านผงเพื่อทำการผสมกับแป้งมัน	135
ง 8	ผสมแป้งมันกับถ่านผงในอัตราส่วน 10 % และน้ำ	135
ง 9	นำถ่านที่ผสมแล้วใส่ในบริเวณถาดรองรับ	136
ง 10	ผู้เชี่ยวชาญกำลังทดลองการใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่ (ขั้นตอนการใส่วัตถุดิบ)	136
ง 11	ถ่านกำลังถูกอัดออกมาทางปลายกระบอกอัด	137
ง 12	นำถ่านที่ผ่านการตัดแล้วไปตากแดดเพื่อไล่ความชื้น	137
ง 13	การวัดขนาดชั่งน้ำหนักก่อนส่งถ่านเข้าตรวจสอบคุณภาพ	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันราคาน้ำมันดิบในตลาดกลางของโลกมีราคาสูงขึ้นแต่ความต้องการในการใช้น้ำมันกลับสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการในทางด้านงานอุตสาหกรรมด้านการคมนาคมรัฐบาลของประเทศต่างๆมีความพยายามที่จะรณรงค์ในการประหยัดน้ำมันเพื่อลดค่าใช้จ่ายของประเทศ นอกจากนี้การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงมาใช้ชีวมวลแทนยังเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่น่าสนใจเพราะคุ้มค่ากว่า ยกตัวอย่างเช่นเมื่อคิดค่าความร้อน ค่าขนส่งแล้วราคาของชีวมวลมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าน้ำมันเตาประมาณ 5 เท่า ถูกกว่าถ่านหินลิกไนต์ประมาณ 2 เท่า ดังนั้นการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาและถ่านหิน ส่วนใหญ่จะคุ้มทุนภายใน 1 ปี นอกจากนั้นยังมีผลดีอื่นๆอีก เช่น การเผาน้ำมันเตาและถ่านหินจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์ บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศซึ่งถือว่าเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก แต่การเผาชีวมวลไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืช เพื่อการเจริญเติบโตครั้งต่อไปหากไม่นำชีวมวลมาใช้โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติจะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งและมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า (นพดล พรรชนัน. 2546 : 28-30)

ธุรกิจร้านอาหารที่ต้องหุงต้มด้วยถ่านอัดแท่งซึ่งถือว่าเป็นชีงมวลหรือประเภทปิ้งย่างและต้มอุ่น ขยายตัวขึ้นอย่างมาก เช่น ร้านหมูกะทะ ร้านบาบีคิว เนื้อย่างหมูย่าง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ถ่านซึ่งถือว่าเป็นชีวมวลที่ให้ความร้อนสูงระยะเวลาติดไฟนานและไร้ควันเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นเมื่อความต้องการบริโภคมากขึ้น จึงจำเป็นต้องนำเข้าถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพสูงเพื่อมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านไม้ จากสถิติปริมาณการนำเข้าถ่านอัดแท่งในปี พ.ศ.2544 คิดเป็นมูลค่า27.41ล้านบาท โดยมีการนำเข้าจากประเทศพม่ามากที่สุด ถึงร้อยละ 73.02 (สมเจตน์ คุ้งโพธิ์. 2546) อย่างไรก็ตามการส่งออกถ่านอัดแท่งของประเทศไทยที่มีตลาดส่งออกอยู่ในประเทศที่นิยมใช้ถ่านในการประกอบอาหาร เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวันยังมีปริมาณน้อย คิดเป็นร้อยละ 10.45, 6.50 และ 5.81 ตามลำดับ (กรมเศรษฐกิจการพานิชย์. 2545) ถึงแม้ว่ามูลค่าการส่งออกถ่านอัดแท่งในปัจจุบันไม่สูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ของประเทศ แต่เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งแบ่งเป็น เศษวัสดุทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทางการเกษตร ซึ่งมีปริมาณมากในประเทศไทยจึงควรสนับสนุนให้มีการพัฒนาการผลิตถ่านอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการจะจัดหาไม้ฟืนปริมาณดังกล่าวจะต้องปลูกไม้ที่โตเร็วถึงหลายล้านต้น ซึ่งเป็นไปได้ยากที่จะจัดหาไม้ให้พอเพียงต่อความต้องการภายในประเทศ ดังนั้นการใช้พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญโดยเฉพาะการนำทรัพยากรที่มีมูลค่าทางพลังงานมาใช้ เช่นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด ขุยมะพร้าว ผักตบชวา ชานอ้อย ขยะมูลฝอยต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นการนำเอาเศษวัชพืชซึ่งถือเป็นชีวมวลมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งในรูปถ่านอัดแท่งจึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นการนำเอาเศษวัสดุที่เหลือใช้ทางภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีลักษณะการใช้งานและคุณภาพดีขึ้น สะดวกในการขนย้าย และการเก็บรักษา เหมาะที่จะใช้ในครัวเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร มีข้อได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงไม้ 5 ประการ (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2535) เป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนของวัสดุต่อหน่วยปริมาตร , แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ สะดวกต่อการเก็บ การนำมาใช้งาน และการขนส่ง, แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีขนาด และคุณภาพเหมือนกัน ,ช่วยแก้ปัญหาในการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้ง, ช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่า โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่านไม้

การอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่นอัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็ก (Pelleting)ลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นแท่งฝืน (Extruded log) การอัดฝืนแท่งสังเคราะห์ในงานอุตสาหกรรมนิยมใช้การอัดเกลียวหรือสกรู (Screw extrusion) ซึ่งมีความสะดวกสบายหลายประการ การอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดเกลียวหรือสกรู สามารถอัดได้ 2 แบบ คือการอัดด้วยความร้อนเข้าช่วย ซึ่งในกรณีนี้จะใช้วัตถุดิบได้แก่ พวกขี้เลื่อย แกลบ เศษไม้ โดยความร้อนจะไปทำให้สารพวกลิกโน-เซลลูโลสเยิ้มและเชื่อมประสานกัน อีกวิธีหนึ่งคือการอัดแบบไม่ใช้ความร้อน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบใช้ตัวประสาน (Binder) เข้าช่วยให้เชื้อเพลิงเกาะติดกัน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน (Binderless) ซึ่งแบบนี้จะใช้กับวัสดุที่มียางเหนียวอยู่ในตัว เช่น การอัดพืชสด เป็นต้น (มงคล ไข่มุก . 2523) หลักการอัดแท่ง คือ การใช้แรงกดต่ออนุภาคเล็กๆทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อน สรุปหลักการได้ว่า สสารทั้งหมดถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด (Attactive force) ความแข็งแรง (Strength) เป็นสัดส่วนกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างอนุภาค ของสนามแรงนี้ล้อมรอบด้วยอะตอม โมเลกุล และสารแขวนลอยเป็นการเชื่อมต่อกันที่สำคัญเป็นพิเศษกับการเชื่อมติดกันอย่างหนาแน่นของอนุภาคที่ถูกกดอัดเข้าด้วยกัน จากหลักการนี้สามารถแบ่งแบบของการเชื่อมติด (Cohesion) ออกเป็น 2 แบบคือ การเชื่อมติดจริง และการเชื่อมติดกันแบบปรากฏ เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) , เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู (Screw Press) , เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) , เครื่องอัดเม็ดหรืออัดแบบเป็นแท่งเล็กๆ (Pelletizing Press) (Karchesy. Et al. 1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู (Screw Press) เป็นเครื่องอัดที่อุตสาหกรรมถ่านอัดแท่งนิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจากการทำงานที่สามารถทำได้ต่อเนื่อง ความหนาแน่นของถ่านสูง ตัวเครื่องอัดมีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่เทอะทะจนเกินไป แต่เครื่องอัดแบบเกลียงหรือสกรูก็ยังมีข้อบกพร่องที่ยังเป็นปัญหาอีกหลายประการ เช่น เมื่อเครื่องอัดทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานกระบอกอัดจะสะสมความร้อนจนทำให้กระบอกอัดแตกจึงต้องใช้น้ำราดกระบอกเพื่อระบายความร้อนทำให้ไม่ปลอดภัยเนื่องจากกระแสไฟฟ้าอาจลัดวงจรก่อให้เกิดความเสียหายและอันตรายต่อผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง การวางระบบสายไฟและส่วนสวิตซ์ควบคุมยังไม่มีความปลอดภัย

ดังนั้นการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูจึงเป็นการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องเนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนพลังงานจากน้ำมันเตา ก๊าซ และจากป่าไม้ธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปได้อย่างสมบูรณ์ และเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นการนำเศษวัสดุที่เหลือใช้นำกลับมาทำให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1 . เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

2 . เพื่อเปรียบเทียบปัญหาในการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งที่พัฒนาขึ้น ทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

3 . เพื่อหาคุณภาพทางด้านปริมาณขี้เถ้า ค่าความชื้น ค่าความร้อน และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ดีกว่ารูปแบบเดิมและถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่งได้ศึกษาถึงกรอบแนวความคิดและหลักทฤษฎีต่างๆมาประกอบการทำวิจัยดังนี้

1.4.1 เพื่อสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู และหาปัญหาในการใช้งานตามกรอบแนวคิดของ (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2535) ซึ่งได้กล่าวไว้ทั้งหมด 4 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในกรอบแนวความคิดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1.1 ด้านหน้าที่การใช้งาน

1.4.1.2 ด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง

1.4.1.3 ด้านความปลอดภัย

1.4.1.4 ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

1.4.2 เพื่อหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ การหาคุณภาพในครั้งนี้ใช้กรอบแนวคิดของ (สมเจตน์ คุ้มโพธิ์. 2546) ซึ่งได้กล่าวไว้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดีต้องมีคุณสมบัติทั้งหมด 4 ข้อดังนี้

1.4.2.1 ปริมาณขี้เถ้า (Ash) ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม

1.4.2.2 มีความชื้น (Moisture) ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักรวม

1.4.2.3 มีค่าความร้อน (Heating Value) ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

1.4.2.4 มีค่าความหนาแน่น (Density) ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูแบบ สำหรับอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่ง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย มีตัวแปร ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษาดังนี้

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษา คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า (เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู) จำนวน 3 ท่าน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย การทำวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอากลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ศึกษาและมีความชำนาญในเรื่องเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู มาเป็นแนวทางในการพัฒนาดังนี้

1. อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีพลังงานธรรมชาติและพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันนานาชาติศิรินทร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
2. เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี
3. ผู้จัดการ หจก. ศรีชา เอ็นจีเนียริ่ง ต.คลองหลวง อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 . เพื่อเปรียบเทียบปัญหาในการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งระหว่างเครื่องเดิมกับเครื่องรูปแบบใหม่ ทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้าน ความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ พนักงานฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 35 ท่านและเจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี จำนวน 15 ท่าน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย การทำวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอากลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานเครื่องอัด-ถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ มาเป็นแนวทางในการพัฒนาดังนี้

1 . เจ้าหน้าที่ฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 ท่าน

2 . เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี จำนวน 5 ท่าน

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 50 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบคือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซต์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 กิโลกรัม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยนี้ได้นำกลุ่มตัวอย่างอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sempling) โดยการพิจารณาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรแบบเดียวกัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536 : 82) ข้อมูลที่ได้นั้นจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อสรุปในขั้นตอนการออกแบบ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 เครื่องอัดถ่านแท่ง หมายถึง เครื่องจักรที่ใช้ในการอัดเศษขี้เถ้าให้เป็นแท่งถ่านโดยใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์

1.6.2 สกรู หมายถึง รูปแบบของการอัดถ่านแท่งอย่างหนึ่ง โดยอาศัย เหล็กแท่งลักษณะเป็นเกลียวคอยดันถ่านแท่ง

1.6.3 ชีวมวล หมายถึง พลังงานธรรมชาติที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ

1.6.4 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ถ่านไม้เนื้อแข็งที่ผ่านการบดย่อยผสมกับตัวประสานแล้วทำการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.5 การพัฒนา หมายถึง กระบวนการตามขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องคำนึงถึงหน้าที่การใช้สอย ความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการใช้งาน และกรรมวิธีในการผลิต ซึ่งได้มาในเรื่องของรูปแบบเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยคำนึงความเหมาะสมทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

1.6.5.1 หน้าที่การใช้งาน หมายถึง ลักษณะของเครื่องอัดถ่านแท่งที่สามารถใช้งานตรงกับความต้องการในการอัดถ่านแท่ง

1.6.5.2 ความแข็งแรงของโครงสร้าง หมายถึง ลักษณะของวัสดุที่นำมาผลิตเครื่องอัดถ่านแท่งมีความแข็งแรงทนทานและมีความเหมาะสมกับการผลิตระบบอุตสาหกรรม

1.6.5.3 ความปลอดภัย หมายถึง ในขณะการใช้งานเครื่องนั้นผู้ใช้งานต้องมีความปลอดภัยและจะไม่เกิดอันตรายใดๆ ขณะปฏิบัติงาน

1.6.5.4 ความสะดวกสบายในการดูแลรักษา หมายถึง การดูแลรักษาที่ง่ายต่อการทำความสะอาด รวมถึงง่ายต่อการซ่อมแซมในกรณีที่เครื่องอัดถ่านแท่งเกิดการชำรุดเสียหาย

1.6.6 การสร้าง หมายถึง การนำกระบวนการพัฒนามาประดิษฐ์เป็นต้นแบบของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับงานอุตสาหกรรมการอัดถ่านแท่ง

1.6.7 วิศวกรรม หมายถึง การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยคำนึงถึงหลักการทางด้านเครื่องจักร ความแข็งแรง (Strength) ซึ่งจัดเป็นองค์ประกอบหลักในการกำหนดรูปร่างขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องจักร และสิ่งอื่นๆ อีก เช่น ระบบต่างๆ ของเครื่องจักรกล อุปกรณ์ โครงสร้าง ความปลอดภัย ที่ประกอบเข้าด้วยกันจะต้องพิจารณา ให้ใช้มาตรฐานภายในประเทศ (มอก.) เพื่อให้ใช้งานได้ถึงขีดความสามารถตามที่ออกแบบไว้ โดยการออกแบบคำนึงถึง 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านวิศวกรรมเครื่องกล
2. ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

1.6.7.1 วิศวกรรมเครื่องกล หมายถึง การเลือกใช้อุปกรณ์ และระบบกลไกต่าง ๆ ที่นำมาประกอบตัวเครื่องอัดถ่านแท่ง เช่น มอเตอร์ พู่เลย์ สายพาน รวมถึงการใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างของเครื่องอัดถ่านแท่ง

1.6.7.2 วิศวกรรมไฟฟ้า หมายถึง การเลือกใช้อุปกรณ์เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า ที่นำมาใช้ในการประกอบตัวเครื่องอัดถ่านแท่ง ความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า การเดินสายไฟ ปุ่มสวิสซ์ไฟฟ้า ต้องออกแบบให้ปลอดภัยกับผู้ใช้งาน

1.6.8 การประเมินเครื่องอัดถ่านแท่ง หมายถึง การให้ผู้ที่มีความรู้ทางด้านวิศวกรรมด้านเครื่องจักรกล และรวมถึงผู้ใช้งานเป็นผู้ให้คำตอบว่าเครื่องอัดถ่านแท่งสามารถใช้งานได้สอดคล้องกับความต้องการ

1.6.9 ปัญหาในการใช้งาน หมายถึง ข้อบกพร่อง อุปสรรค์ในด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ให้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูสามารถใช้งานได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.10 ความพึงพอใจในการใช้งาน หมายถึง การประเมินเพื่อหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี ได้ทดลองใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูแบบเดิมกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่พัฒนาขึ้นใหม่ เพื่อเปรียบเทียบหาความพึงพอใจด้านการใช้งานของเครื่อง โดยใช้กรอบแนวคิดของ (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2535)

1.6.11 คุณภาพ หมายถึง การอัดถ่านแท่งด้วยเครื่องอัดที่พัฒนาขึ้นใหม่ ได้ผลผลิตออกมาดี เป็นไปตามกรอบแนวคิดของ (สมเจตน์ คุ้มโพธิ์. 2546)

1.6.12 ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ หมายถึง ผู้ที่มีตำแหน่งเป็นอาจารย์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิในเฉพาะด้านวิศวกรรมเครื่องกล , วิศวกรรมไฟฟ้า และด้านถ่านอัดแท่ง

1.6.13 ผู้ใช้งาน หมายถึง พนักงานหรือหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง และได้ใช้งานอย่างเป็นประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู จะต้องคำนึงถึงลำดับขั้นตอนและพฤติ-กรรมการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ โดยทำการเรียบเรียงข้อมูลไว้เป็นลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ถ่านและเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.2 เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

2.3 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

2.4 ขนาดสัดส่วนที่ใช้ในการผลิต

2.5 หลักการออกแบบ

2.6 จิตวิทยาการใช้สี

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านและเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและไม้ได้ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นเวลานานแล้วก็ตาม แต่ประสิทธิภาพการใช้งานนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก และมีข้อจำกัดหลายประการ คือ

1. วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มีความหนาแน่นต่ำ ต้องใช้เนื้อที่มากในการเก็บและเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาก ทำให้การใช้ถูกกำจัดอยู่ในบริเวณใกล้เคียงแหล่งผลิตเท่านั้น การขนส่งไปบริเวณห่างไกล จะให้ผลไม่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับค่าความร้อนที่ได้รับ

2. การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว เพราะมีความหนาแน่นต่ำ และมีค่าความร้อนต่อหน่วยต่ำ ทำให้ต้องใช้ปริมาณที่มาก จึงเสียค่าขนส่งและใช้แรงงานมากกว่า ดังนั้นจึงมีผลทำให้การใช้วัสดุเหลือใช้หรือฟืนถูกจำกัดอยู่ในวงแคบ เช่น ในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการค่าความร้อนสูงมาก ๆ และไม่จำเป็นต้องควบคุมระดับอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา

3. ความชื้นในวัสดุ ค่าความร้อนที่ได้จากวัสดุสดจะให้ค่าความร้อนน้อยกว่าวัสดุที่ผ่านการอบแห้งหรือตากให้แห้ง นอกจากนี้วัสดุที่เปียกยังเกิดการผุ เน่าเปื่อย เนื่องจากการทำลายของเห็ดรา และการกัดกินของแมลง

เนื่องจากวัสดุทางการเกษตรต่าง ๆ ก่อนอัดแท่งมีความหนาแน่นต่ำ มีปริมาตรมาก ไม่สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา วัสดุทางการเกษตรก่อนอัดแท่งจะมีค่าความร้อนเท่ากับ 1/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของถ่านหินโดยน้ำหนัก แต่เมื่อมีการอัดแท่งแล้วสามารถเพิ่มค่าความร้อนเป็น 2/3 ของถ่านหินโดยน้ำหนัก (Reet and Bryant. 1978) ดังนั้นการอัดแท่งจะทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นและสะดวกในการขนส่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมามีประโยชน์ โดยนำมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืช ไม้ หรือ ของเหลือทิ้งจากเกษตรกรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่ง (Densification) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนวัสุดที่มีความหนาแน่นต่ำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง การลดค่าความชื้นในเศษวัสดุให้น้อยลง เป็นวิธีการเปลี่ยนจากการใช้ตามสภาพธรรมชาติ และเพื่อขจัดข้อเสียในการใช้งานให้หมดไป

2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็น เศษไม้ ใบไม้ ขยะของเหลือใช้ หรือของเสียต่าง ๆ จากภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรือชุมชน ได้แก่ ต้นมันสำปะหลัง กากอ้อย ซังข้าวโพด แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว และผักตบชวา เป็นต้น หากมีองค์ประกอบเป็นพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ก็สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ โดยที่วัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ผนังเซลล์ของไม้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและลิกนิน ส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตแบ่งเป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส จากการวิเคราะห์เนื้อไม้จำนวน 18 ชนิด พบว่า (Karchesy and Koch. 1979) ประกอบด้วย เซลลูโลสร้อยละ 33.8-48.7 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 23.2-37.7 ลิกนินร้อยละ 19.1-30.3 สารแทรกร้อยละ 1.1-9.6 และเถ้าร้อยละ 0.1-1.3

เนื้อไม้เหล่านี้ประกอบด้วยองค์ประกอบเบื้องต้น คือ คาร์บอนร้อยละ 50 - 55 ออกซิเจนร้อยละ 40 - 45 ไฮโดรเจนร้อยละ 6 - 7 ไนโตรเจนและเถ้าประมาณร้อยละ 1 ธาตุที่ให้ความร้อน คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน เมื่อธาตุทั้งสองชนิดนี้เกิดการเผาไหม้จะให้ค่าความร้อนออกมา เนื่องจากปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความร้อนของไม้ชนิดต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง	สารระเหย %	ถ่านคงตัว %	เถ้า %	ค่าความร้อน กิโลแคลอรี่/กก.
1.ขี้เลื่อย	71.3	27.2	1.5	4990
2.ชานอ้อย	71.8	23.4	4.8	4510
3.แกลบ	62.7	17.4	20.0	3860
4.ฟางข้าว	74.4	18.9	7.3	4300
5.ต้นมันสำปะหลัง	76.2	19.1	4.7	4300
6.เหง้ามันสำปะหลัง	75.0	17.0	8.0	4050
7.ซังข้าวโพด	76.1	21.8	2.1	4540
8.ขุยมะพร้าว	63.3	29.4	7.1	4380
9.กะลามะพร้าว	73.7	25.5	0.7	4830
10.ถ่านกะลามะพร้าว	15.2	82.4	2.4	7760
11.ต้นถั่วเหลือง	72.5	19.1	8.4	4150
12.ผักตบชวา	58.9	15.3	25.8	3010
13.เปลือกหวาย	70.5	23.7	5.7	4480
14.ไมยราบยักษ์	71.2	25.1	3.7	4460
15.ทะลายปาล์ม	73.9	22.3	3.8	4500
16.เส้นใยปาล์ม	71.5	23.1	5.4	4820
17.ไม้ยางพารา	74.9	23.0	2.1	4560
18.ถ่านไม้ยางพารา	17.5	79.1	3.4	7650
19.ถ่านหิน	42.8	49.5	7.7	5860
20.ถ่านโค้ก	1.2	90.6	8.2	7150

ที่มา: ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลังงาน ฝ่ายวิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลักการอัดแท่ง

หลักการอัดแท่ง คือ การใช้แรงกดต่ออนุภาคเล็ก ๆ ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อน สรุปหลักการได้ว่า สสารทั้งหมดถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด (attractive force) ความแข็งแรง (strength) เป็นสัดส่วนกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างอนุภาคของสนามของแรงนี้ล้อมรอบด้วยอะตอม โมเลกุล และสารแขวนลอย เป็นการเชื่อมต่อกันที่สำคัญเป็นพิเศษกับการเชื่อมติดกันแน่นของอนุภาคที่ถูกกดอัดเข้าด้วยกัน

ขั้นตอนการอัดแท่ง

เชื้อเพลิงที่นำมาอัดแท่งโดยทั่ว ๆ ไป ไม่ว่าจะใช้ตัวประสานหรือไม่ใช้ตัวประสานจะประกอบด้วยขั้นการหลักในการอัดเชื้อเพลิงแท่ง ดังนี้

- การบด (Grinding) เพื่อให้เชื้อเพลิงมีขนาดเล็กลง ทำให้การอัดติดเป็นก้อนทำได้ง่ายขึ้น
- การอบ (Drying) เชื้อเพลิงที่ผ่านการบดแล้วจะถูกอบให้มีความชื้นในเชื้อเพลิงที่พอเหมาะในการอัดก้อน ถ้าความชื้นมากเกินไป ก้อนเชื้อเพลิงจะแตกเมื่อสูญเสียความชื้น
- การผสม (Mixing) เชื้อเพลิงจะผสมกับตัวประสานและสารเคมีต่าง ๆ การผสมจะพิจารณาเวลาในการผสม จะต้องมากพอที่จะผสมสารต่าง ๆ เข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับเชื้อเพลิง ในขั้นนี้อาจมีการผสมน้ำด้วยถ้าความชื้นของส่วนผสมน้อยเกินไป ชีวมวลต่าง ๆ มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน
- การอัดขึ้นรูป (Pressing) ส่วนผสมจะถูกใส่เข้าไปในเครื่องอัด แรงในการอัดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดและกระบวนการในการอัด คุณภาพของเชื้อเพลิงที่ได้ขึ้นกับแรงอัดและระยะเวลาที่อัด

2.1.3 วิธีการอัดแท่ง

การอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็ก ๆ (pelleting) ลูกบาศก์ (cubing) อัดเป็นแท่งฟืน (extruded log) การอัดแท่งฟืนสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมนิยมใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู (screw extrusion) ซึ่งมีความสะดวกหลายประการ การอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดเกลียวหรือสกรู สามารถอัดได้ 2 แบบ คือ การอัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย ซึ่งในกรณีนี้ได้แก่ วัสดุพวกขี้เลื่อย แกลบ เศษไม้ โดยความร้อนจะไปทำให้สารพวกลิกโนเซลลูโลสเยิ้มและเชื่อมประสานกัน อีกวิธีหนึ่ง คือ การอัดโดยไม่ใช้ความร้อน ซึ่งก็แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบใช้ตัวประสาน (binder) เข้าช่วยให้เชื้อเพลิงเกาะติดกัน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน (binderless) ซึ่งใช้กับพวกวัสดุที่มียางเหนียวอยู่ในตัว เช่น อัดพวกพืชสด เป็นต้น (มงคล ไข่มุก. 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดร้อน

การอัดแท่งแบบนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันอยู่ทั่วไป สามารถใช้กับวัสดุทั่วไปได้อย่างกว้างขวาง เป็นการอัดที่ ได้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่มีเขม่าควัน เถ้าและกลิ่นเหม็น มีข้อดีคือ ให้เปลวไฟสะอาด สามารถทำสีเปลวไฟได้ตามต้องการ (Fitzgerald. 1980 : No.24, 4P) ซึ่งวิธีการอัดแท่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ตามชนิดของเครื่องอัด คือ

- การอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Palletizing)
- การอัดแท่งด้วยเกลียว (Screw Press Densification)
- การอัดแท่งด้วยลูกสูบ (Piston Press Densification)
- การอัดแท่งด้วยลูกกลิ้ง (Roll Press Densification)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ความร้อนนั้น ได้แก่ ปริมาณความชื้น ขนาดของชิ้นส่วนวัตถุดิบ แรงดัน และอุณหภูมิ

1. ปริมาณความชื้น (Moisture content) ชีวมวลที่มีความชื้นสูงจะสูญเสียพลังงานมากในการทำให้วัสดุแห้ง มีข้อยุ่งในการจับตัวเป็นก้อนและการอัดแท่ง ทำให้มีรอยแตกบนผิวของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบมีส่วนช่วยกระจายความร้อนในมวลวัตถุ ถ้าวัตถุดิบมีน้ำไม่เพียงพอทำให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี แรงดันที่ต้องการใช้ในการอัดแท่งจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าวัสดุมีน้ำมากเกินไป ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกกระจายไป ส่งผลให้น้ำกลายเป็นไอ และบ่อยครั้งทำให้เกิดการระเบิดออกมาจากกระบอกอัด โดยทั่วไปพบว่าปริมาณความชื้นของวัสดุที่เหมาะสมควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งนี้เพื่อให้วัสดุดังกล่าวเกาะกันเป็นแท่งได้ง่าย ไม่มีรอยแตกร้าว และมีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถขนส่งได้โดยไม่แตกหัก

2. ขนาดของชิ้นส่วนวัตถุดิบ (Particle size) เศษวัสดุแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เศษเหลือจากการทำไม้ จะได้เศษไม้ที่มีทั้งปลายไม้ ส่วนที่ผุ หรือมีตำหนิ ได้แก่ ขี้เลื่อย ขี้กบ เพื่อให้วัสดุเหลือใช้ที่มีขนาดยาว และใหญ่ มีขนาดเล็กลงได้โดยการนำไปย่อยและบด เพื่อให้เหมาะสมกับการป้อนเข้าเครื่องอัดแท่ง Intermediate Technology Development Grop รายงานว่าขนาดชิ้นส่วนของวัสดุโดยเฉลี่ยควรจะมีขนาด 3 มิลลิเมตร โดยที่ร้อยละ 20 ของวัสดุควรมีขนาดเล็กว่า 2 มิลลิเมตร และส่วนที่เหลือควรมีขนาด 2-4 มิลลิเมตร (ITDG. 1984: 3-5) ในวัสดุที่มีขนาดเล็กอยู่แล้วอาจไม่ต้องย่อยหรือบด แต่ต้องผ่านทำการร่อนด้วยตะแกรงเสียก่อน มิฉะนั้นวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ปะปนอยู่ จะทำให้ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้ดี ทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ

3. แรงดัน (Pressure) แรงดันในกระบอกอัดเกิดจากการที่สกรูอัดหมุนดันให้วัสดุที่ป้อนเข้าเครื่องอัดติดกับผนังกระบอกอัด โดยแรงดันขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเกลียวอัด ความสูงของเกลียว ความเร็วของสกรู ตลอดจนระยะห่างระหว่างผนังกระบอกอัดกับสกรู เมื่อวัสดุถูกสกรูหมุนดันให้ติดกับกระบอกอัดที่ได้รับความร้อนจากแผ่นให้ความร้อน จะทำให้เกิดการเกาะตัวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแรงเสียดทานระหว่างกระบอกกับแท่งเชื้อเพลิงที่กำลังเคลื่อนตัวออก จะช่วยทำให้เกิดแรงดันที่เหมาะสม ทำให้วัสดุเกิดการอัดตัวแน่นยิ่งขึ้น ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ใช้ ณ อุณหภูมิเฉพาะ (Reed. et.al. 1980: 169-177) นอกจากนี้Intermediate Technology Development Grop รายงานว่า การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยการให้ความร้อน ควรทำภายใต้แรงดัน ณ ที่อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปใช้ความดันในช่วง 0.5-1,200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการอัด และอุณหภูมิ (ITDG. 1984: 3-5) การอัดวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ โดยใช้ความดันในกระบอกอัดประมาณ 600 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีการอัดตัวแน่นดี (นารา พิทักษ์อรรณพ. 2529) นอกจากนี้ ขี้เลื่อยและชานอ้อย สามารถอัดเป็นก้อนได้ ภายใต้ความดันตั้งแต่ 453 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ขึ้นไป (กัญจนา บุณยเกียรติ และเพียรพรรค ทัศดร. 2535)

4. อุณหภูมิ (Temperature) Rougerie (1980) ได้คิดหาวิธีการอัดแท่งกับวัสดุประเภทลิกนิน-เซลลูโลส (ขี้เลื่อย) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 120-160 °C เพื่อที่จะให้ลิกนินอ่อนตัวยึดเกาะกันได้แน่นขึ้น ทำให้ได้แท่งที่มีความแข็ง ขณะที่ Crepean. et.al. (1983) ได้ทดลองการทนแรงอัด (Compressive strength) ของชิ้นมวลอัดแท่ง การทนแรงอัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการอัด พบว่าการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อุณหภูมิ 220 °C ทำให้ได้แท่งอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูงสุด นอกจากนี้ Intermediate Technology Development Grop รายงานว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ควรจะน้อยกว่า 150 องศาเซลเซียส และพบว่าช่วงเวลาการอัดแท่งที่เหมาะสมนั้นควรจะน้อยที่สุดไม่เกิน 2 วินาที (ITDG. 1984 : 3-5)

อุณหภูมิของเครื่องอัดร้อนที่เหมาะสม ควรอยู่ในช่วง 260-300 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้วัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย กากอ้อย เกาะกันเป็นแท่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด (นารา พิทักษ์อรรณพ. 2529) จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่า อุณหภูมิเหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงควรอยู่ระหว่าง 200 - 300 องศาเซลเซียส

การอัดเย็น

วิธีการอัดแท่งแบบนี้จะใช้อุณหภูมิในระหว่างการอัดต่ำ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นการอัดแบบใช้ตัวประสาน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน (Bhattachary. et.al. 1988) ตัวประสานทำหน้าที่ยึดเกาะวัสดุของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดด้วยแรงอัดปานกลาง

การอัดเย็นหรือไม่ใช้ความร้อน ที่มีการวิจัยในประเทศไทยนั้นหลายมีวิธี ได้แก่ (ITDG. 1984: 3-5)

- การอัดสดโดยใช้พืชสดชนิดเดียวกันเป็นตัวประสาน ได้แก่ เพกติน เยลลาตินกัม ฯลฯ
- การอัดโดยใช้พืชสดชนิดอื่น ๆ เป็นตัวประสาน เพราะตัวมันเองไม่มียางเหนียวเพียงพอหรือมีน้อยมาก เช่น การอัดผักตบชวาผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอัดสดโดยใช้ตัวเชื่อมประสานจากภายนอกเป็นตัวผสม เพื่อให้การจับตัวเป็นก้อนดีขึ้น เช่น การอัดไมยราบยักษ์ผสมกับลิกไนท์ผง

- การอัดพืชที่หมักจน เหม็นบูด (ferment) พืชบางชนิดใช้เวลาเพียง 3-4 วัน บางชนิดใช้เวลานานกว่านี้ พืชบางชนิดไม่จำเป็นต้องหมักถึงขั้นเหม็นบูด แต่หมักพอให้ชุ่มน้ำก็พอจะทำให้การอัดง่ายขึ้น

- การอัดพืชที่หมัก ในระยะที่เกิดการเน่าเปื่อยระยะต้น ๆ (partially decay) จนถึงเน่าเปื่อยดี (well decay) ในพืชบางชนิด ใช้เวลาหมัก 3-4 อาทิตย์ ทำให้การอัดง่ายขึ้น ซึ่งปุ๋ยหมักก็อาจนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้

- การอัดพืชที่หมัก โดยผสมตัวประสานจากภายนอก ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง โมลาสและแอลฟัลท์

- การอัดเปียกโดยใช้ตัวเชื่อมประสาน สามารถใช้อัดเศษอาหารที่ยังไม่เน่าบูด หรือเศษอาหารที่เน่าบูดแล้ว เศษใบตองที่ห่ออาหาร เปลือกข้าวโพด ฝักอ่อนที่ยังสด ๆ เศษกระดาษที่แช่น้ำ ฯลฯ

- การอัดแห้ง วัสดุแห้งที่เป็นชีวมวลทุกชนิดผสมตัวประสาน ได้แก่ เศษพืช ฟางข้าว เศษกระดาษ หรือขยะมูลฝอยเมื่อผสมกับตัวเชื่อมประสานที่เหมาะสม ก็สามารถนำมาอัดเป็นแท่งได้

การอัดเย็นแบบไม่ใช้ตัวประสาน สามารถทำได้กับวัสดุชีวมวลที่มีคุณสมบัติการเป็นตัวประสาน คือ มีน้ำยางเหนียว เช่น พืชสด และวัสดุชีวมวลที่เน่าเปื่อยหรือผ่านการหมัก เนื่องจากการหมักชีวมวลทำให้เส้นใยหรือเนื้อเยื่ออ่อนตัว และสร้างสารที่เป็นยางเหนียว ทำให้ใช้พลังงานที่ใช้ในการอัดลดลง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าการอัดโดยวิธีอื่น การอัดวิธีนี้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นพืชที่ไม่มีวัสดุเหนียว ได้แก่ Gelatin, Pectin, Lignin ฯลฯ หรือมีปริมาณน้อย จะต้องผสมกับวัสดุเหนียวเพื่อที่จะให้การอัดแท่งนั้นได้ผล

2.1.4 ตัวประสาน

2.1.4.1 ชนิดของตัวประสาน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (Bryand. 1985) คือ

1. ตัวประสานที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ น้ำมันดิบ มูลสัตว์ ขยะเน่าเปื่อย สาหร่าย และแป้ง เป็นต้น

2. ตัวประสานที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ได้แก่ โคลน เลน ดินเหนียว และซีเมนต์ เป็นต้น

2.1.4.2 คุณสมบัติที่ดีของตัวประสาน

1. มีความสามารถในการประสานดี

2. สามารถเผาไหม้ได้หรือลุกติดไฟได้ดี และไม่ทำให้เกิดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อถูกอากาศภายนอกจะต้องไม่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอัดแตกร่วน หรืออ่อนตัวเกินไป

4.เสียค่าใช้จ่ายน้อย

แป้งมันสำปะหลัง คือแป้งที่ได้จากหัวมันสำปะหลัง ประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดรวมตัวกัน แต่ละเม็ดมีความยาวตั้งแต่ 5-35 ไมครอน เม็ดแป้งมีลักษณะเป็นรูปไข่ซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตัดออกและผิวตรงส่วนที่ตัดออกมีลักษณะเว้าเข้าข้างในบางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้งอีกด้านแบนไม่สม่ำเสมอกัน เม็ดแป้งเหล่านี้จะแสดงให้เห็นรอยปุ่มอย่างชัดเจน แลในบางครั้งอาจเห็นชั้นของแป้ง (โสภิตา บุญเอนกทรัพย์ และคณะ. 2542)

- โครงสร้างของแป้ง

แป้ง(Starch) เป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่สำคัญที่สุดในธรรมชาติ เกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharide) หลาย ๆ หน่วย มาต่อกัน สูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ โดยปกติแป้งจะมีอยู่ในเมล็ด ราก และลำต้นของพืช ลักษณะของแป้งจะเป็นเม็ดเล็ก มีรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แป้งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1.อัลฟา-อะไมเลส (Alfa-Amylose) ประกอบไปด้วยหน่วยของกลูโคส D(+) ประมาณ 500-2,000 มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ 1-4 glycosidic linkage น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไปตั้งแต่ 2,000-500,000 โดยทั่วไปอะไมเลสจะไม่ละลายน้ำ แต่สามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำเป็นไมเซลล์ และเมื่อรวมกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน มีอยู่ประมาณ 20-25% ของแป้งทั้งหมด

2 .อะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนง โดยแต่ละแขนงจะประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วย แกนของอะไมโลเพคตินจะยึดกันด้วยพันธะ , 1-4 - glycosidic linkage แต่ละจุดที่มีการแตกแขนงจะยึดกันด้วยพันธะ Alpha, 1-6 glycosidic linkage โดยทั่วไปอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 1,000,000 เมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีม่วงแดง มีอยู่ประมาณ 75-80% ของแป้งทั้งหมด

- คุณสมบัติของแป้ง

โดยปกติเมื่อแป้งผสมอยู่ในน้ำ แป้งจะแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำ แต่จะไม่ละลายน้ำเนื่องจากอนุภาคของแป้งจะมีขนาดใหญ่เกินที่จะละลายน้ำได้ แป้งจะมีความหนาแน่นสูงประมาณ 1.45-1.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) ดังนั้นแป้งจึงพร้อมที่จะตกตะกอนหลังจากแขวนลอยอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยสูงขึ้นประมาณ 60-70 °C (ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) น้ำจะเข้าไปใน amorphous region และพลังงานความร้อนจะทำลายพันธะไฮโดรเจน ใน crystalline region ทำให้สามารถเข้าไปในเม็ดแป้งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดบวมอย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นจะลดลงความหนืดจะสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นผิวของเม็ดแป้งจะเปิดมากขึ้น จนเม็ดแป้งเกิดการแตกตัวอย่างฉับพลัน ทำให้อะไมโลสออกจากเม็ดแป้งเกิดเป็นเจลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเกิดเจล (Gelatinization) (โสภิตา บุญเอนกทรัพย์ และคณะ . 2542)

จากการศึกษาการอัดเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ด หรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ ด้วยเครื่องจักรที่ทางโครงการวิจัยพืชเพื่อพลังงานทดแทนและอุตสาหกรรมประดิษฐ์ขึ้นเอง พบว่าผักยาง โสน สนปฏิพัทธ์ (ใบ) และยูคาลิปตัส (ใบ) ให้ค่าความร้อน 3,546.35, 4,150.16, 4,562.69 และ 4,563.50 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งฟืนและถ่านไม้นนทรีให้ค่าความร้อน 4,314.74 และ 7,003.22 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเตาหุงต้มสำหรับเชื้อเพลิงเขียว (เตาโลหะ) โดยใช้เชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้มะขามเทศ พบว่าประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเพเลทมีค่าสูงกว่าฟืนและถ่านไม้นนทรี (เริงศักดิ์ ฤทธิ์ประเสริฐ. 2528)

2.1.5 การตาก หรืออบแห้งเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการอัดแท่งเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการอัดเย็นและไม่ใช้ความร้อน จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความชื้นสูง ดังนั้นการตากจึงมีความจำเป็น การตากทำได้หลายวิธี เช่น

1) การตากแดดโดยตรง อาจจะตากบนพื้นซีเมนต์ บนสังกะสีลูกฟูก ฯลฯ
2) การตากในตู้อบแสงอาทิตย์
3) การอบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ
4) การอบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
5) การอบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน หรือตู้อบไฟฟ้า

การเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง ควรเก็บในที่แห้ง ไม่ให้ถูกน้ำ ถ้าเปียกชื้นอาจทำให้แท่งเชื้อเพลิงขึ้นราได้ และถ้าเปียกมาก ๆ จะสลายตัวและไม่เป็นแท่ง

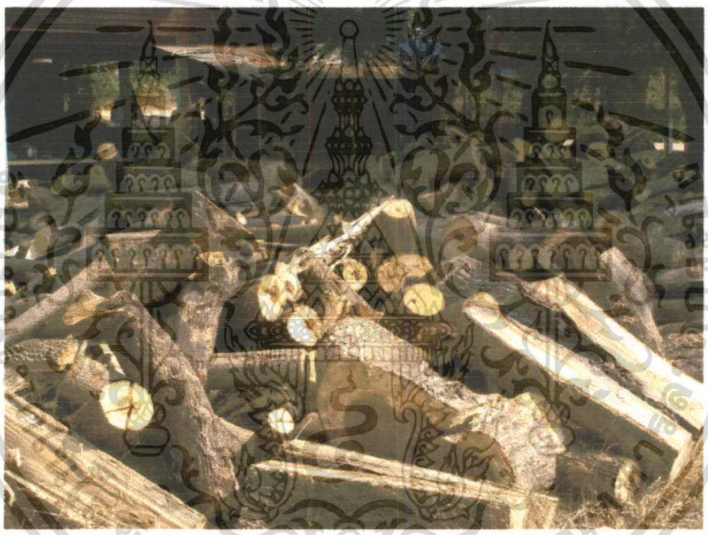
2.1.6 ถ่าน (Charcoal)

2.1.6.1 การเผาถ่าน (ชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้. 2546: 3-6)

เมื่อไม้ได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C จะลุกไหม้จนเกิดก๊าซเกิดถ่าน ซึ่งถ้าเป็นการเผาไหม้ในอากาศเปิด การเผาไหม้จะดำเนินไปจนถึงที่สุด กล่าวคือ จนกระทั่งเหลือแต่ขี้เถ้า แต่ถ้าถูกเผาในสภาพอากาศปิดหรือจำกัดอากาศ วัตถุดิบจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 ลักษณะเตาเผาถ่านที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 2.2 ฝืนไม้ก่อนทำการเผา

กระบวนการผลิตถ่านไม้ แบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 การไล่ความชื้น

อุณหภูมิ 20 °C – 270 °C ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ความร้อนจากภายนอก เพื่อให้ไม้ฟืนเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic reaction) สะสมไว้ให้ได้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) ในขั้นตอนต่อไป แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 20 °C – 180 °C โดยธรรมชาติอากาศร้อนจะลอยขึ้นสูง และถูกบังคับให้ไหลลงต่อเพราะจะต้องไหลออกทางปล่องควันที่อยู่ด้านล่างเสมอ อากาศร้อนที่มีไอน้ำซึ่งเกิดจากการคายตัวของไม้ จะกระทบกับความเย็นที่พื้นเตาแล้วควบแน่นจากไอน้ำเป็นหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

59444

น้ำที่พื้นเตา ดังนั้นจึงต้องมีท่อระบายน้ำออกจากเตา และควรรองพื้นเตาได้ไม้ฟืนขนาดเล็ก เพื่อไม่ให้ไม้ฟืนที่จะทำถ่านสัมผัสโดยตรงกับพื้นเตาที่เปียกชื้น เพราะจะทำให้ไม้ฟืนเปลี่ยนเป็นถ่านได้ไม่หมด

เมื่อเริ่มจุดฟืนหน้าเตา อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 180 °C ช่วงนี้ไม้จะคายน้ำที่ดูดซับอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (Free water) และน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ (Bond water) เท่านั้น จะไม่มีน้ำที่เกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างเจือปนออกมาเลย ควันที่ออกมามีสีขาวปนน้ำเงินอ่อน และมีแต่ไอน้ำเท่านั้น

ช่วงที่ 2 ที่อุณหภูมิระหว่าง 180 °C-270 °C ช่วงนี้เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) จะเริ่มสลายตัวออกมา และจะสลายตัวจนหมดที่อุณหภูมิ 260 °C ควรรักษาอุณหภูมินี้ไว้นานพอสมควร เพื่อให้ไม้ฟืนได้สะสมความร้อนได้ใกล้เคียงกันทั่วทุกจุดของเตา ควันที่ออกมาจะเริ่มมีสีเหลืองจาง ๆ เจือปนอยู่ด้วย และจะมีแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กรดน้ำส้ม (Acetic acid) และเมทธานอล (Methanol) เจือปนออกมากับควันด้วย แต่มีปริมาณต่ำมาก ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน

อุณหภูมิ 270 °C-400 °C ช่วงนี้ไม้ในเตาสะสมความร้อนไว้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน โดยไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาอีก ไม้ฟืนจะลุกไหม้และสลายตัวโดยความร้อนที่สะสมไว้ในตัวเอง เซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 275 °C การสลายตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ควันที่ออกมาจากปล่องจะมีสีขาวปนเหลือง มีกลิ่นฉุนจัด และเมื่ออุณหภูมิถึง 310 °C ลิกนินจะเริ่มสลายตัว ซึ่งการสลายตัวจะเสร็จสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 400 °C ควันที่ออกมาจะประกอบด้วยสารประกอบต่าง ๆ ที่เกิดใหม่มากมายหลายชนิดจากการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อน (Pyrolysis) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้ถ่านบริสุทธิ์

ถึงแม้ว่าขั้นตอนการเปลี่ยนไม้เป็นถ่าน จะเสร็จสมบูรณ์แล้วที่อุณหภูมิ 400 °C แต่ยังมีปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) ต่ำ และยังคงมีน้ำมันดิน (Tar) เป็นส่วนประกอบในปริมาณที่สูงมาก หากนำไปใช้ประโยชน์จะได้ถ่านคุณภาพต่ำ และถ้านำไปประกอบอาหารปิ้ง ย่าง น้ำมันดินที่ยังคงค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 425 °C จะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 500 °C ควันที่ออกมาในขั้นตอนนี้จะมีสารก่อมะเร็งปนออกมาด้วยเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 425 °C จึงไม่ควรเก็บควันในช่วงนี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ

ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็น

หลังจากปิดปล่องเตาแล้ว ต้องปล่อยไว้ให้เตาเย็นจึงจะนำถ่านออกมาใช้งานได้ ก่อนจะปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในเตาต่ำกว่า 50 °C เพราะถ่านไม้ที่อุณหภูมิ 60 °C –70 °C สามารถลุกติดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เอง (Spontaneous combustion) ถ้าได้รับออกซิเจนจากอากาศ ดังนั้นการเปิดเตาต้องเริ่มที่ปล่องควันก่อน เพื่อระบายความร้อนและแก๊สที่ยังคงค้างอยู่ในเตาให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตา

กระบวนการผลิตถ่านทุกขั้นตอน จะใช้เวลามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความชื้นของไม้ฟืน การควบคุมอุณหภูมิและขนาดของเตา หากเตามีขนาดใหญ่มากกระบวนการทุกขั้นตอนก็จะใช้เวลามาก

การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพียงอย่างเดียวอาจผิดพลาดได้ ดังนั้น การดูสีควัน และนำกระเบื้องเคลือบสีขาวมาอังที่ปล่องควัน เพื่อดูสีควันที่กลั่นตัวติดกระเบื้องเคลือบ จึงเป็นการตรวจสอบซ้ำการวัดอุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 2.2

2.1.6.2 การเก็บรักษาถ่านอัดแท่ง

การเก็บรักษาถ่านอัดแท่ง ควรเก็บในที่แห้ง ไม่ให้ถูกน้ำ ถ้าเปียกชื้นจะทำให้มีผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง คือ ถ้าถ่านอัดแท่งมีความชื้นสูง จะส่งผลให้มีค่าความร้อนต่ำ

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิและขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นถ่านในเตาเผา

สีของควัน	สีของควันที่กลั่นตัวติดกระเบื้องเคลือบ	อุณหภูมิที่ปล่องควัน	อุณหภูมิภายในเตา (10 ซม. ต่ำจากเพดานเตา)	หมายเหตุ
ขาวปนเหลืองอ่อน (ควันบ้า)	หยดน้ำใส	80 °C – 82 °C	320 °C – 350 °C	เริ่มขั้นตอนเปลี่ยนเป็นถ่าน
น้ำตาลปนเทา	ของเหลวสีน้ำตาล	82 °C – 85 °C	350 °C – 380 °C	-
น้ำตาลปนเทา	ของเหลวสีชา	90 °C – 100 °C	380 °C – 400 °C	-
น้ำตาลปนขาว	ของเหลวสีน้ำตาลเป็นเส้นใหญ่	100 °C – 150 °C	400 °C – 430 °C	
น้ำตาลปนขาว	ของเหลวสีน้ำตาลเป็นเส้นใหญ่	150 °C - 170 °C	430 °C – 450 °C	-
น้ำตาลปนขาว	ของเหลวสีน้ำตาลเป็นจุด	150 °C – 230 °C	450 °C – 500 °C	ขั้นตอนเปลี่ยนเป็นถ่านเสร็จสิ้นสมบูรณ์
น้ำเงินอ่อนปนขาว		230 °C – 250 °C	500 °C – 530 °C	
น้ำเงินปนขาว		260 °C – 300 °C	530 °C – 570 °C	
ม่วงน้ำเงิน	จุดสีเทาไม่มีความชื้น	330 °C – 350 °C	600 °C – 650 °C	เริ่มขั้นตอนทำให้ถ่านบริสุทธิ์
ควันใส	สีเทาไม่มีจุด	-	700 °C – 800 °C	ปิดเตา

ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 การตากถ่านเพื่อไล่ความชื้น

2.1.6.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล จะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลัก (Fitzgerald. 1980 : No.24, 4P) คือ

1) ความชื้น (Moisture content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงเพราะสูญเสียความร้อนในการทำให้แห้ง และทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย โดยที่ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่ง จะต้องไม่เกินร้อยละ 10 (Reed and Bryant. 1978 ; Grover and Mishra . 1996)

2) ปริมาณเถ้า (Ash content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบแร่ธาตุพวกอัลคาไลน์ (Alkaline mineral) เช่น SiO_2 Na_2O และ K_2O เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ชีวมวลจะมีปริมาณถ้าต่ำ ยกเว้นแกลบมีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 20 (Grover and Mishra . 1996)

3) สารระเหย (Volatile matters) คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

4) คาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่ระเหยสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950 °C

5) ค่าความร้อน (Calorific value or Heating value) ค่าความร้อนในการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติที่ดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

คุณสมบัติ	ปริมาณ
คาร์บอนเสถียร (fixed carbon)	ไม่น้อยกว่า 75%
สารระเหยง่าย (Volatile)	ไม่เกิน 25%
ขี้เถ้า (Ash)	ไม่เกิน 9%
ความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน 10%
ค่าความร้อน (Heating value)	ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
ค่าความแข็ง (Hardness)	ไม่น้อยกว่า 5%
ความพรุน (Porosity)	สูง
พื้นที่ผิว	ไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตรต่อกรัม

ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้. 2546

โดยทั่วไปเชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันมาก ถ้าใช้กับเตาปล่องจะช่วยลดควัน เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความหนาแน่น (Density) ใกล้เคียง 1 ดังนั้นสามารถนำไปเผาเป็นถ่านได้ (Carbonization) โดยจากการทดลองเผาแบบแกลบกลบ ใช้เวลาประมาณ 20-24 ชั่วโมง (1 วัน) และถ่านที่ได้สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ และให้ความร้อนได้สูง เชื้อเพลิงเขียวที่ใช้วัชพืช (ไมยราบยักษ์) สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกับลิกไนท์ผง 20-30% จะเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะกับโรงบ่มยาสูบ หากใช้ลิกไนท์ผงล้วน ๆ อัดแท่ง เถ้าจะจับตัวเป็นก้อนแตกยาก หากผสมชีวมวลจะช่วยให้เถ้าแตกง่าย (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2529)

ข้อดีของเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถสรุปได้ ดังนี้ (Aqa. 1990)

1) มีขนาดและรูปร่างเป็นแบบเดียวกัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 - 60 มิลลิเมตร สามารถใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

2) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สมบูรณ์

3) ปราศจากมลภาวะ เนื่องจากมีปริมาณกำมะถัน ฟอสฟอรัส และขี้เถ้าลอย ปล่อยออกมา น้อยมากหรืออาจไม่มีเลย จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง ในขณะที่ในถ่านหินและน้ำมันหินจะมีกำมะถันเจือปนอยู่ราวร้อยละ 3 และอาจสูงถึงร้อยละ 7สะดวกต่อการเก็บ ขนส่ง และการนำมาใช้งาน

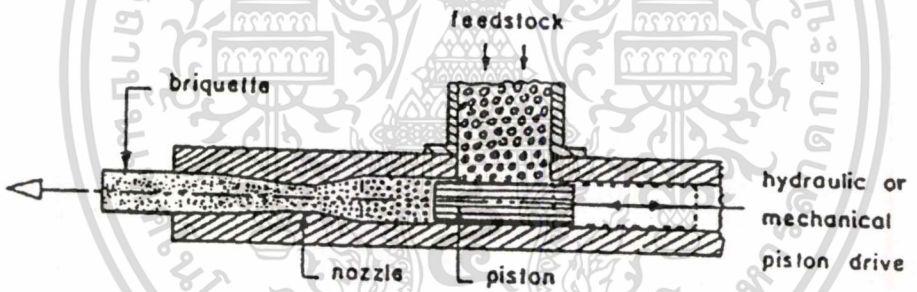
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

2.2.1 เครื่องอัดถ่านแท่ง

เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่ง เป็น 4 กลุ่มใหญ่ (Karchesy and Koch. 1979) คือ

2.2.1.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) ประกอบด้วยลูกสูบชัก (Reciprecation Piston) เพื่อดันวัตถุดิบ เข้าไปในกระบอกรูปเรียว (Tapered Die) (รูปที่ 2.4) หลักการทำงานคือ ลูกสูบอัดวัสดุเข้าไปในกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (Conical Choke) หรือเป็นรูปเรียว ทำหน้าที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการต้านนี้รวมทั้งการขัดสีของวัสดุกับผนังท่อนี้ ทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 150-300 °C ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50-100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไปของเครื่องอัดแบบลูกสูบนี้คือ การขัดสีของกระบอกอัด และการแตกของลูกสูบ (Bhattacharya. et.al. 1988; Lequeux. et.al. 1988)



ภาพที่ 2.4 เครื่องอัดแบบลูกสูบ

2.2.1.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Comical Screw Press) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 มีหลักการทำงานคือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร การไหลของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 100-200 °C กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่วง 500-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์อยู่ระหว่าง 35-75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นร้อยละ 8-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.5 เครื่องอัดแบบเกลียว

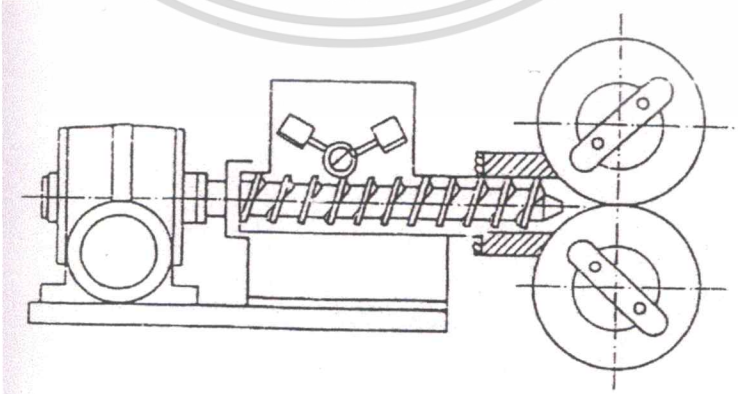
2. เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press with a Heated) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 มีหลักการทำงาน คือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวเข้าไปในท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนประมาณ 200-350 °C ความร้อนทำให้วัสดุพวกลิกนินเซลลูโลสหลอมละลาย แล้วทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดยึดเกาะตัวกันดี ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อนทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร มีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตอยู่ในช่วง 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Karchesy and Koch. 1979) วัสดุที่ใช้ควรมีลักษณะเม็ดละเอียด และมีความชื้นในช่วงร้อยละ 8-12 ปัญหาของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของกระบอกอัดและเกลียว

3. เครื่องอัดแบบเกลียวคู่ (Twin-Screw Press) ประกอบด้วยเกลียวอัด 2 อัน ต่อกับเพลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียว (Screw part) ที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัดและแรงเสียดสีสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250 °C จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด วัตถุดิบที่ใช้ควรมีปริมาณความชื้นร้อยละ 25 ขึ้นไป สามารถทำการอัดได้โดยไม่ต้องทำให้แห้งก่อน กำลังการผลิตของเครื่องอัดนี้อยู่ในช่วง 2,800-3,600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.6 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด

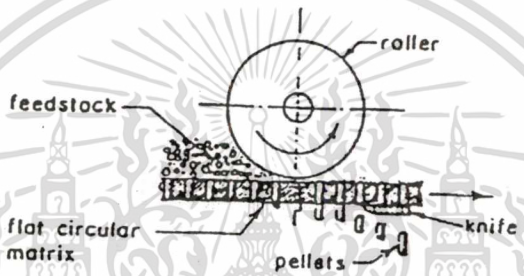
2.2.1.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 หลักการทำงานคือ กระบวนการอัดจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุดิบตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในร่องไว้ แล้วหมุนมาประกบกันได้เชื้อเพลิงอัดก้อนเป็นรูปหมอน (Pillow-shaped briquettes) การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น โดยที่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จะมีความทนทานน้อยกว่าการอัดแบบอื่น เนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้แรงอัดต่ำ และ อุณหภูมิในกระบอกอัดไม่สูงพอที่จะหลอมละลายลิกนินเพื่อช่วยในการอัดตัวกันเป็นแท่ง



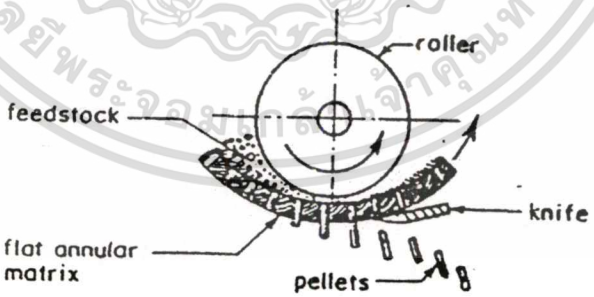
ภาพที่ 2.7 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizing Press) ประกอบด้วยแม่พิมพ์โดยที่แรงอัดระหว่างลูกกลิ้ง (Roller) และแม่พิมพ์ (Matrix) โดยที่แรงอัดระหว่างลูกกลิ้งกับแม่พิมพ์ทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสี และทำการอัดวัตถุดิบผ่านแผ่นแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรู ซึ่งมี 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม (Disk Matrix Press) และเครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน (Ring Matrix Press) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมา จะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดไว้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้จะใช้การอัดแบบเป็นลูกบาศก์ (Cubing) แทนการอัดเป็นเม็ด (Pelletizing)



ภาพที่ 2.8 ลักษณะการอัดของเครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ แบบแม่พิมพ์แผ่นกลม



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการอัดของเครื่องอัดเม็ด หรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆแบบแม่พิมพ์วงแหวน

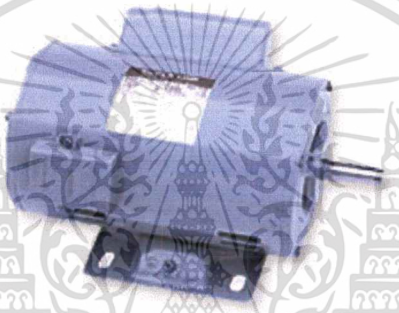
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดและหลักการทำงานของมอเตอร์

เครื่องกลไฟฟ้าและเครื่องจักรกลนั้นถูกนำมาใช้ในงานเครื่องจักรกลมาก ซึ่งในการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูนั้น จำเป็นต้องทราบหลักการและการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆเพื่อจะทำให้การสร้างเครื่องเกิดความถูกต้องตามหลักการทางทฤษฎี โดยจะไม่ทำให้เกิดมีปัญหาในการใช้งาน เครื่องกลไฟฟ้าที่สำคัญได้แก่ มอเตอร์ สำหรับเครื่องจักรกล จากที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้วิจัยแยกหัวข้อออกเป็นดังนี้

2.2.2.1 ระบบต้นกำลังมอเตอร์

มอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส



ภาพที่ 2.10 มอเตอร์กระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ชนิดที่ใช้กันแพร่หลาย ในโรงงานต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรม ข้อที่นับว่าดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือส่วนหมุน ซึ่งเรียกกันว่าโร-เตอร์ (Rotor) นั้นส่วนมากเป็นโรเตอร์แบบทรงกระรอก (Squirrel Cage Roter) ซึ่งไม่มีอันตรายอัดเกิดจากประกายของกระแสไฟฟ้า เพราะเนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้ส่วนมากไม่มีคอมพิวเตอร์ ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงสามารถนำไปใช้ในงานบางแห่งที่มีแก๊สหรือน้ำมันที่ไวไฟ ซึ่งมอเตอร์ชนิดอื่นไม่สามารถจะนำไปใช้ได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส (A.C. Single Phase Motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส (A.C. Two Phase Motor) ไม่มีใช้
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส (A.C. Three Phase Motor)

การสร้าง Frame ของมอเตอร์เข้า แยกสร้างเป็น 2 แบบคือ แบบหนึ่งทำไว้โปร่งอากาศภายนอกสามารถพัดผ่านเข้าไปถ่ายเทภายในมอเตอร์ได้โดยสะดวก เพื่อลดระดับความร้อนขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์กำลังใช้งาน อีกแบบหนึ่ง Frame ปิดหมดเกือบจะพูดได้ว่าแทบไม่มีอากาศผ่านเข้าออกได้ ส่วนรูปร่างของมอเตอร์แล้วแต่บริษัทผู้สร้างจะสร้างเป็นรูปทรงแปลก

ส่วนประกอบภายใน

ส่วนที่อยู่ภายในติดกับ Frame มีหลักแผ่นบางๆ อัดไว้เป็นปีกมีร่อง (Slot) สำหรับพันขดลวดเรียกรวมส่วนประกอบภายในด้านติดกับ Frame พร้อมทั้งขดลวดว่า สเตเตอร์ (Statot) ส่วนตัวหมุนมีแกนเลายาวรองรับด้วยแบริ่งที่ฝากทั้ง 2 ข้างและเป็นส่วนที่สวมติดพูลเล่ (Pulley) เพื่อไปหมุนขับกับของที่จะใช้งาน ส่วนที่กล่าวนี้เรียกว่า โรเตอร์(Roter)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส แบ่งออกเป็น 5 แบบดังนี้

1. สปลิทเพสมอเตอร์ (Split – phase Motor)
2. คาแพซซิเมอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)
3. รีพั้ลชั่นไท้ฟ์มอเตอร์ (Repulsion – type Motor)
4. ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor)
5. เชดเดดโปลมอเตอร์ (Shaded – pole Motor)
6. สปลิทเพสมอเตอร์ (Split – phase Motor)
7. สปลิทเพสมอเตอร์ (Split – phase Motor)

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดใหญ่และมักจะนำไปใช้กับงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น ปั๊มน้ำขนาดใหญ่ เป็นต้น

ส่วนประกอบที่สำคัญสปลิทเฟสมอเตอร์มีดังนี้

1. โรเตอร์ (Roter)
2. สเตเตอร์ (Roter)
3. ฝาครอบ (End Plate)
4. สวิชแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (Centrifugal Switch)

การทำงานของสปลิทเฟสมอเตอร์

สปลิทเฟสมอเตอร์ประกอบด้วยขดลวดที่สำคัญ 3 ชุด ดังนี้ คือ ทางด้านโรเตอร์ ประกอบด้วย ขดลวด 1 ชุด คือ ลวดทองแดงหรืออลูมิเนียมเส้นโตๆ ฝังอยู่ในร่อง เรียกว่า สเควอเรลเดจไวนด์ติ้ง (Squirrel Cage Winding) ทางด้านสเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวดอีก 2 ชุด คือ ลวดเส้นใหญ่พันจำนวนรอบมากเรียกว่า รันนิ้งไวนด์ติ้ง (Running Winding) บางทีก็เรียกว่า เมนไวนด์ดิ้ง(Main Winding) และส่วนมากพันไว้ตอนล่างของร่อง (Slot) ส่วนอีกชุดหนึ่งเป็นลวดเส้นเล็กพันจำนวนน้อยรอบกว่ารันนิ่งไวนด์ดิ้ง (Auxiliary Winding) และส่วนมากพันไว้ตอนบนของร่อง (Slot)คือทับอยู่บนรันนิ่งไวนด์ดิ้งนั่นเอง ขดลวดทั้ง 2 ชุด นี้ต่อขนานกันและต่อไปยังสายเมนไฟห้ากระแสสลับ ในตอนแรกกระแสจะไหลผ่านขดลวดทั้ง 2 ชุด คือขดลวดรันนิ่งไวนด์ดิ้งและขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งก็จะเกิดสนานแม่เหล็ก (Magnetic Field) ขึ้นที่สเตเตอร์ ซึ่งในขณะนี้เองก็จะชักนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เส้นลวดทองแดง หรืออลูมิเนียมที่ฝังอยู่ในร่องของโรเตอร์เกิดมีกระแสไหลจึงทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่เส้นลวดเหล่านี้ จึงไปผลักกับทางสเตเตอร์โรเตอร์ จึงเคลื่อนตัวหมุนไปได้ และเมื่อโรเตอร์หมุนมีความเร็วประมาณ 75% ของความหมุนเร็วของมันสวิชท์แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (Centrifugal Switch) ก็จะตัดขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งจากวงจรได้เองโดยแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง จึงมีข้อควรสังเกตว่า ขดลวดสตาร์ทดิ้งไวน์ดิ้ง มีความจำเป็นในตอนเริ่มหมุนตอนแรกเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเราจะนำมอเตอร์แบบนี้ไปใช้งาน จึงต้องให้โรเตอร์หมุนตัวเปล่า (Free-Load) เสียก่อน คือให้หมุนให้รอบเต็มอัตราความเร็วของมันจึงจะ Load ได้เมื่อโรเตอร์ยังไม่หมุนและเมื่อโรเตอร์หมุน 75% แล้ว

คาแพซซิเมอร์มอเตอร์

เป็นมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟสชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 8 กำลังม้าถึง 25 กำลังม้า มอเตอร์แบบนี้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมหนัก ปั๊มลมขนาดใหญ่ เป็นต้น

การสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ หากแต่เพิ่ม Capacitor หรือ Condenser ขึ้นเท่านั้น และต่อเป็นอันดับกับขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งโดยปกติ Capacitor นี้จะติดอยู่ทางด้านบนของมอเตอร์ ซึ่งเขามักจะสร้างเป็นกระป๋องกลมยาวใส่สูง ซึ่งแบบสปลิทเฟสมอเตอร์นั้นจะกินกระแสในตอนเริ่มหมุนสูง ซึ่งแบบสปลิทเฟสมอเตอร์นั้นจะกินกระแสในตอนเริ่มหมุนมาก แต่มีแรงเริ่มหมุนต่ำ

ส่วนประกอบที่สำคัญของคาแพซซิเตอร์มอเตอร์ มีดังนี้

1. โรเตอร์ (Rotor) เป็นแบบกรงกระรอก (Squirrel Cage – Rotor)

2. สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วยขดลวดรันนิ้งไวนด์ดิ้ง (Running Winding) และสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้ง (Starting Winding)

3. ฝาครอบ (End Plate) ประกอบด้วยปลอกทองเหลือง (Bush) หรือ ตลับลูกปืน (Ball Bearing) สำหรับรองรับเพลา เช่น สปลิทเฟสมอเตอร์

4. คาแพซซินเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ (Capacitor or Condenser)

การทำงานของคาแพซซิเตอร์มอเตอร์

การทำงานของมอเตอร์แบบนี้เหมือนกันแบบสปลิทเฟสมอเตอร์แต่เนื่องด้วยขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้ง ต่ออันดับคาแพลซิตเตอร์ จึงทำให้กระแสที่ไหลเข้าไปในขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งถึงจุดสูงสุด (Maximum) ก่อนขดลวดรันดิ้งไวนด์ดิ้ง จึงทำให้กระแสในขดลวดสตาร์ทไวนด์ดิ้งนำหน้าขดลวดรันนิ้งไวนด์กิ้ง ซึ่งนำมากกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ มอเตอร์แบบนี้จึงมีแรงเริ่มขับหมุน (Starting Torque) ดีกว่าแบบ สปลิทเฟสมอเตอร์ มอเตอร์ตัวใดถ้าคาแพซซิตเตอร์ ถูกตัดออกจากวงจรด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุน (Starting Torque) ดีกว่าแบบ สปลิทเฟสมอเตอร์ มอเตอร์ตัวใดถ้าคาแพซซิตเตอร์ ถูกตัดออกจากวงจรด้วย

สวิชแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง มีชื่อเรียกว่าคาแพซซิตเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor Start Motor) ถ้าคาแพซซิตเตอร์ติดต่ออยู่ในวงจรตลอดไปมีชื่อเรียกว่า คาพอซซิตเตอร์ สตาร์ทแอนด์รันมอเตอร์ (Capacitor Start-and Run Motor)

รีพัลชั่นไท้ฟ์มอเตอร์

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 8 กำลังม้าถึง 25 กำลังม้า คุณลักษณะพิเศษของมอเตอร์แบบนี้ก็คือมีแรงหมุนสูงและรอบคงที่ (High Starting Torque Constant Speed) และส่วนมากนำไปใช้กับงานที่ต้องการแรงขับหมุนสูง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมหนัก ปั๊ม-ลมขนาดใหญ่ เป็นต้น

การทำงานของรีพัลชั่นมอเตอร์

มอเตอร์แบบนี้ลักษณะที่แตกต่างกับรีพัลชั่นสตาร์ทอินดัคชั่นรันมอเตอร์ตรงที่ไม่มีเซนติฟูกัลเมกาคานิซึม (Centrifugal Mechanism) และเนคเลส (Necklace) ดังนั้นมอเตอร์แบบนี้ จึงมีการทำงานอยู่ในระบบเดียวตั้งแต่เริ่มหมุนจนกระทั่งหมุนเต็มอัตราความเร็วซึ่งคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเซียรี่ส์มอเตอร์ คุณลักษณะของมอเตอร์แบบนี้มีแรงหมุนปิดในตอนเริ่มหมุนดีและสามารถลดความเร็วได้โดยการเลื่อนมอเตอร์ (Inductive series Motor)

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ยูนิเวอร์แซลเมอร์เตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ (ชนิด 3 เฟส) ฉะนั้นบางแห่งก็เรียกว่ามอเตอร์กระแสพันธุ์ทางมอเตอร์ชนิดนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 8/100 กำลังม้าถึง 25/100 กำลังม้า คุณสมบัติพิเศษของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือแรงเริ่มหมุนสูง (หมุนได้ตั้งแต่ 3,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป) และยังสามารถลดความเร็วได้ ดังนั้นจึงมักนำไปสร้างเป็นอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมขนาดหนัก

การทำงานของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

มอเตอร์แบบนี้อามะเจอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ต่ออันดับกัน ดังนั้นเมื่อเราสับสวิชกระแสก็จะไหลผ่านทั้งทรงอามะเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็ก จึงทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นทั้ง 2 ส่วน คือ ทางอามะเจอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็กมาผลักซึ่งกันและกันอามะเจอร์จึงเคลื่อนตัวหมุนไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเชดเดดโปลมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสทั่วๆไป จะต้องมีขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งไว้เพื่อช่วยในตอนเริ่มหมุนมอเตอร์ครั้งแรกสปลิทเฟสมอเตอร์และคาแพซซิเตอร์มอเตอร์ ขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งจะต้องวางอยู่ในลักษณะที่ทำมุม 90 องศา Electrical Degrees กับขดลวดรันนิ้งไวนด์ดิ้ง ด้วยเหตุนี้เองเชดเดดโปลมอเตอร์ จึงต้องมีขดลวดสตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้งช่วยในตอนเริ่มหมุนด้วย แต่เป็นวงแหวนทองแดงหรือเป็นขดลวด (Coil) เส้นโตพันคร่อมเอาไว้แทนขดลวด สตาร์ทดิ้งไวนด์ดิ้ง ซึ่งมีชื่อเรียกว่าเชดดิ้งคอยส์ (Shading Coil)

เมื่อสับสวิชให้ไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่านเมนคอยส์ (Main Coil) ก็จะชักนำให้กระแสเกิดขึ้นเชดดิ้งคอยส์ (Shaded – Pole) คือในส่วนที่มีวงแหวนทองแดงคร่อมอยู่นั้น ซึ่งเป็นขั้วที่ตรงกันข้ามกับเมนโปล (Main Pole) จึงทำให้มอเตอร์เกิดมีเฟสเพิ่มขึ้นอีกเฟสหนึ่ง โรเตอร์จึงเคลื่อนตัวหมุนไปได้ และจะค่อยๆ หมุนเร็วขึ้นจนกระทั่งถึงเต็มอัตราความเร็ว จึงมีข้อสังเกตว่าฟลั๊ก (Flux) จะเกิดที่เมนโปล (Main-Pole) ก่อนแล้วกลับมาเกิดที่เชดเดดโปล (Shaded Pole) ที่หลังต่อเนื่องกันไปโรเตอร์จึงหมุนจากเมน (Main Pole) มาทางเชดเดดโปล (Shaded Pole) คือหมุนได้ทางเดียว

2.2.3 สายไฟฟ้า (พงศักดิ์ ศิวภัทรกำพล และคณะ. 2534:72-95)

2.2.3.1 ลักษณะทั่วไปของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ สายแข็งและสายตีเกลียววัสดุที่นำมาทำสายไฟทั้งอลูมิเนียมและทองแดง สายไฟที่ทำด้วยอลูมิเนียมมักจะเป็นสายไฟแรงสูง ในระบบสานส่งและเป็นสายเปลือยมากกว่าที่จะทำเป็นสายไฟแรงต่ำ สายไฟที่ทำด้วยทองแดงมีการใช้งานไฟฟ้าทั่วไป และสายไฟแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ด้วยกันคือ สายเปลือย และสายหุ้มฉนวน สายไฟฟ้าที่ทำด้วยทองแดงจะต้องมีทองแดงไม่น้อยกว่า 98 % และสายไฟที่ทำด้วยอลูมิเนียมไม่น้อยกว่า 99.3 %

- สายเปลือย แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่เกี่ยวข้องกับงานเครื่องจักรไฟฟ้าในการพันขดลวดสนามแม่เหล็กต่างๆ สายเปลือยเหล่านี้มีผิวด้าน นอกจะอาบด้วยน้ำยาที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น นำยาวานิช สายเปลือยอีกชนิดหนึ่ง คือ สายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบสายส่งไฟแรงสูงสายไฟชนิดนี้ อาจทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม

- สายหุ้มฉนวน หมายถึง สายไฟที่ทำด้วยอลูมิเนียมหรือทองแดงแล้วหุ้มผิวด้านนอกด้วยวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า

2.2.3.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน

สายไฟหุ้มฉนวนมีหลายชนิดด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการที่จะนำไปใช้งาน ฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟในแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน บางชนิดเหมาะกับติดตั้งในบ้านพัก บางชนิดเหมาะกับติดตั้งนอกอาคาร บางชนิดเหมาะกับติดตั้งในที่อุณหภูมิสูงๆหรือในที่มีสภาพเปียกชื้น ดังนั้นสายไฟแต่ละชนิดจึงแบ่งตามชนิดที่นำมาหุ้ม เพื่อให้เหมาะสมในแต่ละสภาพที่นำไปติดตั้ง ฉนวนที่ใช้หุ้มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน

สายไฟหุ้มฉนวนมีหลายชนิดด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการที่จะนำไปใช้งาน ฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟในแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน บางชนิดเหมาะกับติดตั้งในบ้านพัก บางชนิดเหมาะกับติดตั้งนอกอาคาร บางชนิดเหมาะกับติดตั้งในที่อุณหภูมิสูงๆหรือในที่มีสภาพเปียกชื้น ดังนั้นสายไฟแต่ละชนิดจึงแบ่งตามชนิดที่นำมาหุ้ม เพื่อให้เหมาะสมในแต่ละสภาพที่นำไปติดตั้ง ฉนวนที่ใช้หุ้มได้แก่ เทอร์โมพลาสติก ได้แก่ พีวีซี โพลีทีน นีโอพรีน เป็นต้น สายหุ้มฉนวนบางชนิดอาจจะมีฉนวนหุ้มหนึ่งชั้นหรือสองชั้น หรือสามชั้นก็มี ทั้งนี้อยู่กับสถานที่ที่จะนำไปติดตั้ง ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายหุ้มฉนวนที่มักต้องใช้งานติดตั้งไฟฟ้าในบ้านพัก-ในโรงงานเท่านั้น

ชนิด IV สายไฟชนิดนี้ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลท์ และเป็นสายเมนจากวัตต์อาวร์มิเตอร์เข้าบ้านได้

ชนิด PVC ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในงานเครื่องจักรกลต่างๆ ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลท์

ชนิด VAF ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มฉนวน PVC ใช้ติดตังในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลท์

ชนิด TW ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มฉนวน PVC ใช้ติดตังในบ้านพักอาศัย สำนักงานและงานอุตสาหกรรมทั่วไป ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลท์

ชนิด THW ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้งานได้เช่นเดียวกับกรณีของชนิด TW ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลท์

ชนิด NYY ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งใต้พื้นดิน ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลท์

ชนิด VFF NYY ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงชนิดงอหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลท์

ชนิด AV ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดกับงานไฟฟ้ารถยนต์ ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60 °C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าต่ำๆ (แรงดันที่ใช้ในรถยนต์)

2.2.6.3 สีของฉนวนหุ้มสายไฟ

เพื่อเกิดความสะดวกในการที่จะต้องเอาสายไฟต่อเข้าด้วยกันหรือในการตรวจวงจรไฟฟ้าที่เดินด้วยสายไฟหลายๆเส้น บริษัทผู้ผลิตจึงให้สีกับฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟ ซึ่งการกำหนดสีนั้นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสากล ดังนี้

- สายหุ้มฉนวนชนิด 2 แกนและจะต้องมีสีเทาอ่อนกับดำหรือสีขาวกับสีดำ
- ส่ายหุ้มฉนวนชนิด 3 แกน ต้องประกอบด้วยสีเทาอ่อน (ขาว) สีดำและแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ระบบสวิตทซ์ (พงศักดิ์ ศิวภัทรกำพล และคณะ. 2534 :72-95)

สวิทซ์ ได้แก่ปุ่มและ สวิทซ์ต่างๆ เป็นส่วนที่จะควบคุมบังคับการทำงานของเครื่องการจัดระเบียบวางตำแหน่งของเครื่อง เลือกใช้ปุ่มสวิทซ์ให้เหมาะสมกับเครื่อง จะมีผลต่อการใช้งานที่คล่องตัว สะดวกสบายถูกต้อง

สวิทซ์ไฟฟ้าทำหน้าที่ตัดวงจร หรือต่อเข้าด้วยกัน คือ การสัมผัสของตัวนำไฟฟ้าให้ครบวงจรการทำงานของสวิทซ์ควบคุมโดยระบบแมคคานิค สวิทซ์จะเป็นตัวกำหนดการปิด เปิดวงจรสวิทซ์อาจประกอบด้วยขั้วๆ เดียว หรือหลายขั้วก็ได้ เช่นอาจมีขั้วเดียว สองขั้วหรือมากกว่านั้นโดยทั่วไปสวิทซ์มักใช้เป็นตัวเปิด – ปิด ให้วงจรทำงานหรือไม่ให้ทำงาน

ลักษณะของสวิทซ์เลือกมีมากมายหลายชนิด แล้วแต่หน้าที่การทำงานหรือลักษณะการเปิด – ปิดวงจรแบ่งออกเป็น

1. แบบกด (Push Button Switch) ทำงานโดยการใช้มือกดแบ่งเป็น

1.1 สวิทซ์กดติดปล่อยดับ (Momentary Switch) เป็นสวิทซ์ที่มีขั้วเดียวหรือหลายขั้ว เมื่อกดจะทำให้วงจรปิด เมื่อปล่อยจะทำให้วงจรปิด เช่น สวิทซ์กดออดเป็นต้น สวิทซ์แบบนี้เหมาะแก่งานจำพวกปิดวงจรชั่วขณะ

1.2 สวิทซ์กดติดกดดัง (Lock Switch) เมื่อกดจะทำให้วงจรปิด ถ้าต้องการให้วงจรเปิดก็กดอีกครั้ง วงจรก็จะเปิดบางสวิทซ์มีไฟอยู่ในตัว เมื่อกดวงจรปิดไฟจะติดทำให้รู้ว่าเครื่องกำลังทำงานและกดอีกครั้งวงจรจะเปิด ไฟจะดับเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

สวิทซ์โยก (Toggle Switch) ลักษณะการใช้งานเป็นการโยกก้านสวิทซ์ให้ทำงาน จำนวนขายของสวิทซ์แล้วแต่การทำงานโดยมากจะมีตั้งแต่ 2 ขาขึ้นไป

สวิทซ์เลื่อน (Slide Switch) คล้ายสวิทซ์โยก แต่ใช้งานโดยการเปลี่ยนปุ่มสวิทซ์ซึ่งอาจจะมีจังหวะในการเลื่อนหลายๆช่วง

สวิทซ์หมุน (Rotary or Selector Switch) มีหลายสาขา ส่วนมากจะเป็นการใช้ในหน้าที่เลือกทางเดินไฟฟ้าหลายตำแหน่ง เช่น การเลือกแบนด์ในวิทยุเป็นต้น

สวิทซ์จิ๋ว (Micro Switch) เป็น สวิทซ์ที่มีความเชื่อถือได้สูง สามารถทนแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าได้หลายๆแอมแปร์ ส่วนสัมผัสที่เป็นตัวนำเคลือบด้วยทอง ทำให้เป็นทางเดินไฟฟ้าได้ดี ลักษณะสวิทซ์จะทำงาน โดยการกดเบาๆ ที่คานหรือปุ่มเล็กๆ โดยปกติแล้วจะต้องมีกลไกเข้ามาประกอบ เพื่อทำหน้าที่กดสวิทซ์ เพราะปุ่มกดเล็กเกินไปกว่าที่จะใช้นิ้วกดได้ โดยสะดวกไมโครสวิทซ์นี้มีหลายขนาดจำนวนขาที่ใช้งานจะมี 2 หรือ 3 ขาขึ้นไป สวิทซ์นี้ได้รับการออกแบบให้ใช้งานเฉพาะอย่างต่างๆ รูปร่างของไมโครสวิทซ์มีแตกต่างกันไปตามสภานะการใช้การติดตั้งจะต้องระมัดระวัง เพราะส่วนของแรงกดอาจทำให้สวิทซ์แตกได้

สวิทซ์แม่เหล็ก (Reed Switch) หน้าสัมผัสของ สวิทซ์จะบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้วเล็กๆ ที่ข้างในเป็นสูญญากาศ โดยจะวางอยู่ใกล้ชิดกันมาก เมื่อได้รับอำนาจแม่เหล็กจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามาประกอบ เพื่อทำหน้าที่กดสวิทช์ เพราะปุ่มกดเล็กเกินไปกว่าที่จะใช้นิ้วกดได้ โดยสะดวกไมโครสวิทช์นี้มีหลายขนาดจำนวนขาที่ใช้งานจะมี 2 หรือ 3 ขาขึ้นไป สวิทช์นี้ได้รับการออกแบบให้ใช้งานเฉพาะอย่างต่างๆ รูปร่างของไมโครสวิทช์มีแตกต่างกันไปตามสภานะการใช้การติดตั้งจะต้องระมัดระวัง เพราะส่วนของแรงกดอาจทำให้สวิทช์แตกได้

สวิทช์แม่เหล็ก (Reed Switch) หน้าสัมผัสของ สวิทช์จะบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้วเล็กๆ ที่ข้างในเป็นสูญญากาศ โดยจะวางอยู่ใกล้ชิดกันมาก เมื่อได้รับอำนาจแม่เหล็กจากภายนอกหน้าสัมผัสจะแตะเข้าหากันเป็นการต่อวงจร การที่หน้าสัมผัสอยู่ในหลอดแก้วที่ปิดสนิทจึงช่วยลดการสปาร์คของหน้าสัมผัสลงไปอีกมาก

2.2.5 ระบบส่งกำลัง (ชาญ ถนัดงาน. 2535: 52-87)

2.2.5.1 เพลา

เพลาเป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของเครื่องจักรกลทุกชนิด เครื่องจักรกลเกือบทุกประเภทมีส่วนหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอดการหมุน หรือทั้งการหมุนและกำลัง โดยอาศัยซ้อนส่วนที่สำคัญคือเพลา

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของเพลาที่ใช้ถ่ายทอดกำลังและลิ่มที่ถ่ายทอดโมเมนท์ปิดจากเพลาเป็นส่วนใหญ่

ชนิดของเพลา

เพลาถ่ายทอดกำลังอาจจะแบ่งตามชนิดของโหลด Load ได้ดังนี้

1. เพลาถ่ายทอดกำลัง Transmission Shafts ชนิดนี้ใช้รับเฉพาะการปิดอย่างเดียวหรือ อาจจะรับทั้งการปิดและการดัดผสมกัน กำลังจะถ่ายทอดผ่านเพลา โดยอาศัยแผ่นประทับต่อเพลา Coulping เฟือง มู่เล่และสายพาน หรือจานโซ่และโซ่ ฯลฯ

2. เพลาสั้น Spindle ในการใช้งานทั่วไปใช้รับเฉพาะการปิดเพียงอย่างเดียวต้องการรูปร่างและขนาดที่ถูกต้องจริงๆ แม้ในขณะที่ใช้งาน

3. เพลาดาน Axles เพลาชนิดนี้ใช้ต่ออยู่ระหว่างล้อของรถยนต์ รถบรรทุกรถพ่วง ฯลฯ (บางครั้งเรียกว่า ดาน) โดยปกติแล้วเพลาแบบนี้ไม่ได้ออกแบบไว้ให้หมุน แต่จะให้รับการดัดเพียงอย่างเดียว นอกจากในกรณีที่ถูกออกแบบให้ใช้เป็นเพลาขับเท่านั้น

นอกจากจะแบ่งเพลาตามชนิดของโหลดแล้ว อาจจะแบ่งออกตามชนิดของรูปร่างได้อีกคือ เพลาตรง เพลาข้อเหวี่ยง ใช้เป็นเพลาประธานของเครื่องยนต์ลูกสูบ เพลาอ่อน Flexible Shafts ที่ใช้ถ่ายทอดกำลังน้อยๆ และในทิศทางใดๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสำคัญในการออกแบบเพลา ในการออกแบบเพลามีจุดที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ความแข็งแรงของเพลา ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเพลาที่ถ่ายทอดกำลังจะต้องรับการบิดและการตัด หรือทั้ง Water Wheel หรือเพลาขับของเรือ นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาเรื่องการล้า การกระแทก หรืออิทธิพลของการรวมจุดความเค้น Stress Concentration เนื่องมาจากการเปลี่ยนขนาดเพื่อทำบ่า หรือเมื่อมีการเซาะร่องลิ่ม ดังนั้น เพลาที่จะออกแบบต้องแข็งแรงพอที่จะรับโหลด ดังกล่าวทั้งหมดได้

2. ความแข็งแกร่งของเพลา นอกจากจะต้องแข็งแรงพอแล้ว ในขณะที่ใช้งานเพลาอาจจะโก่ง หรือบิดเบี้ยวมากอันอาจจะทำให้ผลิตผลที่ผลิต โดยเครื่องจักรนั้นๆ ผิดพลาดไป หรือทำให้การขบกันของฟันเฟืองไม่สนิททำให้เกิดเสียงดัง และสั่นสะเทือน ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบเพลาจึงต้องนำเอาความแข็งแกร่งเข้ามาพิจารณาร่วมกับความแข็งแรงด้วย แต่ทั้งนี้ ก็ต้องพิจารณาประกอบด้วยว่าเพลานั้นๆ ออกแบบขึ้นเพื่อใช้กับงานหรือเครื่องจักรกลชนิดใดด้วย

3. ความเร็ววิกฤติ ถ้าความเร็วของเพลาถูกเพิ่มขึ้นมากๆ จะพบว่าที่ความเร็วหนึ่งเพลามีความสั่นสะเทือนมากขึ้นอย่างผิดปกติในทันทีทันใด ความเร็วที่เกิดการสั่นสะเทือนมากนี้เรียกว่า "ความเร็ววิกฤติ" อาการเช่นนี้มักจะเกิดกับกังหันที่หมุนด้วยความเร็วสูงเครื่องยนต์สันดาปภายในมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้น หากเราทิ้งไว้ที่ความเร็วนี้เป็นเวลานานพอเพลาอาจเสียหาย ดังนั้น สำหรับชิ้นส่วนที่หมุนด้วยความเร็วสูง จึงต้องระมัดระวังให้ความเร็วใช้งานต่ำกว่าความเร็ววิกฤติเสมอ

4. การกัดกร่อน เพลาของเครื่องจักรกลบางชนิด เช่น เพลาขับของเรือ เพลาของปั๊มที่สัมผัสกับของเหลวที่มีการกัดกร่อนหรือเพลาของเครื่องจักรที่มีช่วงที่หยุดใช้เป็นเวลานาน จะต้องเลือกทำด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติต่อต้านกับการกัดกร่อนได้ (รวมทั้งเพลาสติกด้วย) การเลือกวัสดุที่ถูกต้องและเหมาะสมจะช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร และลดเวลาที่ต้องหยุดซ่อมแซมก่อนถึงเวลาอันสมควร

2.2.5.2 แบริ่ง เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลรองรับการหมุนรอบ Rotating การแกว่งไปมา Oscillating ของชิ้นส่วนอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งทำให้การเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองชิ้นนี้ลดลงไปอย่างมาก เนื่องจากว่าได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับการส่งถ่ายกำลัง และพบว่าประมาณ 30% ของกำลังทั้งหมด ได้สูญเสียไปเนื่องจากการเสียดทาน ดังนั้นความรู้เรื่องการเสียด

แบริ่ง มีหน้าที่จับเพลาโรเตอร์ให้หมุนได้เที่ยง คล่อง และกินกำลังให้น้อยที่สุดแบริ่งที่ใช้มี 2 ประเภท คือ แบริ่งธรรมดาที่ไม่ฝืดและบอลแบริ่งแต่ละประเภทมีข้อเสียในลักษณะต่างๆกัน ข้อสำคัญที่ช่างเทคนิคจะต้องระลึกเสมอ คือ แบริ่งเหล่านี้เมื่อใช้งานจะต้องสึกหรอ ฉะนั้นสภาพการใช้งานก็ดี การติดตั้งมอเตอร์ใช้งานก็ดี และวิธีการบำรุงรักษาแบริ่งจะช่วยให้ใช้งานออกแบบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2.1 แบริ่งธรรมดา Plain Bearing เป็นแบบริ่งที่รองรับการเลื่อน Sliding Support และแรงเสียดทานจะลดลงมาก โดยการใช้ของเหลว หรือของแข็ง หรือก๊าซ เพื่อการหล่อลื่น แบริ่งชนิดนี้ที่ยังใช้งานอยู่ก็มี

-เจอร์นัลแบริ่ง (Journal Bearings หรือ Sleeve Bearings) จะรองรับเพลากลมเพื่อการหมุนหรือแกว่ง โดยที่แบริ่งจะมีรูปร่างคล้ายทรงกระบอก และเจอร์นัลก็คือส่วนหนึ่งของเพลา เมื่อแบริ่งล้อมรอบเจอร์นัล เราเรียกว่า แบริ่งเต็ม (Full Bearing) แต่ถ้ามีเพียงบางส่วนของแบริ่งเท่านั้นที่ล้อมรอบเจอร์นัล เรียกว่า แบริ่งส่วน (Partial Bearings)

-แบริ่งแกน (Thrust Bearings) จะรองรับเพลา ซึ่งกำลังหมุนและแกว่งตามแนวของแกนเพลา

-แบริ่งนำ (Line หรือ Cuide Bearings) ใช้นำและรองรับชิ้นส่วนที่จะต้องเคลื่อนที่ไปทุกส่วนด้วย (Translating Motion)

วัสดุที่ใช้ทำแบริ่งมาก คือ โลหะผสมบรอนซ์ คือ พวกทองแดง , ดีบุก ,ตะกั่ว , ทองแดง , ดีบุก ,ทองแดง และ อลูมีเนียม เป็นต้น ในเครื่องยนต์ของเครื่องบิน ผิวของเจอร์นับแบริ่งฉาบและเคลือบด้วยเงิน ตัวแบริ่งเองทำด้วยเหล็กหล่อและเหล็กกล้า แบริ่งเหล็กหล่อมีราคาต่ำกว่าวัสดุอย่างอื่น บางครั้งทำสำเร็จติดตั้งบนโครงสร้างได้เลย มีประสิทธิภาพดีมากพอสมควรเมื่อใช้กับเพลาที่ทำด้วยเหล็กกล้าชุบแข็ง อย่างไรก็ดีผิวของแบริ่งจะแข็งมากเกินไป และเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีนัก

2.2.5.2.2 แบริ่งยางจะนำไปใช้ใต้น้ำลึก เช่น กังหันน้ำ ปั๊มหรือเพลาขับ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ น้ำจะทำหน้าที่เป็นสิ่งหล่อลื่น และหล่อเย็นระบายความร้อน เพลาจะใช้โลหะ ซึ่งไม่สึกกร่อนในน้ำ เช่น เหล็กกล้าหรือบรอนซ์ เป็นต้น

2.2.5.2.3 แบริ่งไนลอน มีการเสียดทานน้อยมาก อาจใช้เป็นวัสดุทำแบริ่งได้บางครั้ง ใช้น้ำเป็นส่วนผสมหนึ่งของไนลอน

2.2.5.2.4 แบริ่งเทฟลอนเป็นวัสดุที่มีแรงต้านทานต่ำเช่นกัน แต่มีราคาแพงกว่าแบริ่งชั้นดี อาจจะใช้เทฟลอนเป็นผิวสัมผัสกับผิวเจอร์นัล และรองรับผิวด้วยโลหะบรอนซ์ เพื่อช่วยในการนำและพาความร้อนให้ออกไปโดยเร็วยิ่งขึ้น

2.2.5.2.5 แบริ่งปลอกเป็นแบริ่งที่เหมาะสมสำหรับงานที่มีการเคลื่อนไหวไม่มากนัก ที่คุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานนั้นๆ แบริ่งปลอกมีทั้งที่ทำจากพลาสติกและโลหะผสม

การเลือกใช้แบริ่ง

การเลือกใช้แบริ่งให้เหมาะสมกับงาน จะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆดังนี้

1. ขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเร็วหมุนของแหวนวงใน และแหวนวงนอก

3. อายุการใช้งานของแบริ่งที่ต้องการ

4. ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหวนวงใน – แหวนวงนอก กับอุณหภูมิภายนอก

5. ความเที่ยงของแกนของแบริ่งที่ต้องการ

6.ขนาดของแรงบิดที่เกิดจากการเสียดทานและความดังของเสียงที่เกิดขึ้น

7.ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการจะใช้

8.จำนวนแบริ่งที่ใช้รับแรง

9.โลหะที่ใช้ทำเพลาและเปลือกตุ๊กตา จะต้องเรียบและได้แนวเส้นตรง

10.เนื้อที่สำหรับแบริ่งจำกัดหรือไม่

2.2.6 เฟือง

การส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่ง โดยใช้เฟือง (Gear) นั้น ใช้สำหรับงานที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงเพราะเฟืองเป็นระบบส่งกำลังที่ทำงานได้ดีในกรณีเช่นนั้น อีกทั้งเฟืองมีความแข็งแรงเหมาะที่ทำงานรับน้ำหนักได้มากกว่าระบบอื่น อีกทั้งทำให้เกิดระบบอิสระได้ง่ายกว่าการ ทำงานของเฟืองนั้น โดยการใช้ฟันเฟืองหมุนสวนทางกัน เป็นตัวผลักดันให้ตัวเฟืองหมุนไปในทิศทางที่ต้องการ เฟืองที่ใช้งานนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เฟืองตรง เฟืองสะพาน เฟืองหนอน เฟืองดอกจอก เฟืองบายศรี เป็นต้น ดังนั้นรูปร่างลักษณะเฉพาะกันด้วย ลักษณะการทำงานของฟริคชั่นวีล (Friction Wheel) เหมือนกันจะต่างกันไปทิศทางที่ต้องการ ซึ่งเฟืองมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่า เช่น ทนในอุณหภูมิสูง กว่าฟริคชั่นวีล ใช้งานได้หนักกว่า

การแบ่งตามลักษณะการใช้งาน

การที่จะเลือกใช้เฟืองชนิดใด จะต้องมีการเลือกให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ ดังนั้นจึงมีการใช้เฟือง โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานเป็น 4 ชนิดคือ

2.2.6.1 เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่ใช้ทดสอบความเร็วจากแกนเพลาหนึ่งไปแกนเพลาอื่น โดยที่จะวางแกนเพลาให้ขนานกัน ลักษณะของฟันจะวางแบบ Involute , Cycloi Dal Teeth โดยที่แนวฟันจะขนานกันกับเพลา เฟืองตรงจัดเป็นเฟืองแบบง่ายๆ และสามารถดัดแปลงให้เป็นเฟืองชนิดอื่นต่อไปหลายแบบ

2.2.6.2 เฟืองสะพาน (Race Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะแท่นตรง โดยจะเคลื่อนที่ในแนวตรง ทั้งนี้เพราะการใช้เฟืองสะพานนั้นจะต้องมีเฟืองต่างชนิดประกอบกัน ส่วนที่เป็นแท่นหรือสะพานฟันแบบ Straight Teeth ส่วนเฟืองที่ใช้ประกอบกัน โดยเป็นตัวหมุนเฟืองสะพานเป็นเฟืองตรง (Spur Gear)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.3 เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นรูปกรวย ซึ่งเป็นเฟืองที่ใช้สำหรับทดสอบความเร็วและเปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลา ซึ่งโดยทั่วไป แกนเพลาของเฟืองจะตั้งฉากกัน ลักษณะของฟันจะเป็นชนิด Involute or Cycloidal แต่ไม่ขนานกันกับเพลา เพราะฟันจะลู่เรียวลงไปตามรูปกรวยเฟืองชนิดนี้มี 2 แบบ

- กรวยทั้ง 2 เท่ากันจะเรียก Mitre Gear
- กรวยไม่เท่ากัน จะเรียก Bevel Gear

2.2.6.4 เฟืองหนอน (Worm Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นเกลียวชนิด Ache Thread จะเป็นตัวทำหน้าที่หมุนเฟืองตรง โดยที่แกนเพลาจะตั้งฉากกันแต่ไม่มีโอกาสพบกันเฟืองหนอนจะมีลักษณะพิเศษ คือ เฟืองหนอนทำหน้าที่หมุน Spur Gear จะไม่สามารถหมุน Worm Gear ได้เพราะ Spur Gear จะหมุนได้ช้ามาก คือ จะหมุนครบรอบเมื่อ Worm Gear หมุนหลายๆรอบแล้ว

หน้าที่สำคัญของเฟืองมี 4 ประการคือ

1.รับงานได้มากกว่า

2.ใช้ทดสอบความเร็วของเพลา

3.ใช้เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลา

ตลับลูกปืนชนิดต่างๆ ตลับลูกปืนก็คล้าย กับเพลา คือ จัดออกแบบต่างๆ หลายแบบ ประโยชน์ ของตลับลูกปืน คือ จะให้ความฝืดหมุนต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความฝืดเลื่อนไถลทำให้ความร้อนที่เกิดจากการเสียดทานต่ำ ตลับลูกปืนอาจแบ่งออกได้เป็นลูกปืนที่รางนอกหรือรางในสามารถถอดออกแยกจากกันได้ เรียกว่า แบบถอดแยกได้ ส่วนที่แบบถอดไม่ได้ เรียกว่า แบบถอดแยกไม่ได้

ความเป็นมาของตลับลูกปืน เนื่องจากลูกปืน เป็นชิ้นส่วนที่มีความละเอียดอ่อนในทางวิศวกรรม ด้านจักรกลในทศวรรษที่ 20 บริษัทได้พยายามผลักดันให้ตลับลูกปืนสัมฤทธิ์ผล ความจริงแล้วความลำบากในการเคลื่อนย้ายสิ่งของน้ำหนักมากๆ เป็นเหตุผลที่ทำให้มนุษย์ชาติได้คิดค้นวิธีคิดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น 60 ปีก่อนที่เมืองนิเนเวช ประเทศอียิปต์ มีรูแกะสลักซึ่งแสดงถึงความพยายามของคนที่กำลังเคลื่อนย้ายเสาหิน มีคนผ่อนแรงในการดูงถึงแม้ยุคนั้นจะเป็นยุคก่อนอารยธรรมเหล็ก แต่มีการใช้ล้อกันเป็นแล้ว การถูกค้นพบของลูกปืน เพราะการใช้ลูกปืนเหมือนสมัยปัจจุบันเพราะเห็นว่าได้พบร่องรอยการทำร่องใส่ลูกปืนโดยใช้เดือยเป็นสลักยึดติดกันแสดงว่าการทำลูกปืนได้มีมานานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

2.3.1 เหล็ก

เหล็กบริสุทธิ์มีความเหนียว อ่อนตัวสูง มีความแน่นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส = 7.6 กรัม/ลบ.ซม ไอหลอมเหลวที่ 1539 องศาเซลเซียส และจุดเดือดเป็นไอที่ 2450 องศาเซลเซียส ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 65 แคลอรี่/กรัม ถ้าอุณหภูมิเหล็กสูง 768 องศาเซลเซียส แม่เหล็กจะดูดไม่ติด

2.3.1.1 ชนิดของเหล็กที่ผลิตออกสู่ตลาด

1. เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาว สีเทา คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กหล่อ คือ มีความแข็งแรงสูงจนเปราะได้ง่าย และมีความเหนียวมาก เหล็กหล่อพิเศษจะมีความเหนียวสามารถรับแรงกดได้สูง ส่วนมากใช้กับเครื่องกลของอุตสาหกรรมหนัก

2. เหล็กอ่อน เป็นเหล็กที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป สามารถดีขึ้นรูปได้ง่าย เช่น เหล็กแผ่น แต่จะมีความหนาบางแตกต่างกัน

3. เหล็กกล้า แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- เหล็กกล้าชนิดอ่อน ได้แก่ เหล็กเส้นก่อสร้าง ตะปู วายเมส ตัวถังรถยนต์
- เหล็กกล้าปกติ ได้แก่ เหล็กที่ใช้ในการผลิตเครื่องมือช่าง มีความแข็งแรงกว่าเหล็กกล้าชนิดอ่อนอยู่มากพอสมควร
- เหล็กกล้าแข็ง ส่วนใหญ่นิยมนำมาผลิตเป็นตะไบเหล็ก เหล็กสกัด เนื่องจากมีความแข็งตัวสูง
- เหล็กคาร์บอนและเหล็กผสม มีเนื้อที่แข็งมากน้อยแล้วแต่ส่วนผสมในเนื้อเหล็ก เช่น คาร์บอน ทำให้แข็งแรง , นิเกิล ทำให้เหนียว แข็ง ทนทานต่อความร้อน , โครเมียม ช่วยในการป้องกันสนิม , แมงกานิส ช่วยทำให้แข็งแรง ทนทานต่อแรงกระแทก , ทังสเตน ช่วยให้แข็งในอุณหภูมิที่ต่ำ ส่วนมากแล้วเหล็กคาร์บอนและเหล็กผสมจะเป็นเหล็กที่ผลิตตามความต้องการของลูกค้าจึงเป็นเหล็กที่ตรงต่อความต้องการในการใช้งานแต่มีราคาที่แพง

2.3.1.2 รูปแบบของเหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด

- เหล็กเส้นกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/16-9 นิ้ว ยาว 8 เมตร
- เหล็กแผ่นหนา 1/32-4 นิ้ว ยาว 1.2–2.4 เมตร
- เหล็กกลวง รูปสี่เหลี่ยมกว้าง 1/45-4.5 นิ้ว ยาว 6 เมตร
- ท่อเหล็กกลมกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง ½ - 6 นิ้ว กว้าง 6 เมตร
- เหล็กหนา ½ - ¼ นิ้ว กว้าง 0.75 – 4 นิ้ว ยาว 6 เมตร
- เหล็กรูปตัวยูและตัวซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ประเภทของเหล็กชนิดต่างๆ

- เหล็กท่อกลม
- เหล็กท่อกลมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- เหล็กท่อกลวงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- เหล็กฉาก
- เหล็กรูปตัวซีและตัวยู
- เหล็กพืด
- เหล็กรางฮ่องกง
- เหล็กรูปตัวไอ
- เหล็กเส้นกลมตัว
- เหล็กรูปสี่เหลี่ยมตัน

จากรูปแบบของเหล็กหลายชนิด สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

ก) เหล็กเส้นตันเป็นลักษณะท่อกลาง มีทั้งท่อกลม ท่อเหลี่ยม เหล็กที่เป็นท่อกลวงจะรับแรงอัดได้ดีกว่า เพราะเหล็กตันเกิดการคุ้งได้ง่ายกว่า เหล็กที่เป็นท่อกลวงมีข้อเสีย คือ ถ้าอากาศเข้าไปข้างในจะมีสนิมได้ง่า

ข) เหล็กฉาก เหล็กรางต่าง ๆ เหล็กประเภทนี้ จะมีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กหล่อ เนื่องจากรูปทรงในการรับแรงน้อยกว่าเหล็กท่อกลวง เนื่องจากเหล็กชนิดนี้มีความหนามากกว่าแบบแรก จึงทำให้มีน้ำหนักมากกว่าเหล็กท่อกลวง

ค) เหล็กเส้นตัน เหมาะสำหรับแรงดึงมากกว่าแรงอัด เหล็กประเภทนี้เหมาะสำหรับงานโครงสร้าง ค.ส.ล. มากกว่าเป็นงานโครงสร้าง เหล็กเส้นตันมีน้ำหนักมากกว่าเหล็ก 2

2.3.1.4 โลหะแผ่น Sheet metal หมายถึง โลหะแผ่นทุกชนิดที่มีความหนาไม่เกิน 3/16 นิ้ว โลหะแผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวแตกต่างกันไป ดังนั้นการทำงานแต่ละประเภทจำเป็นจะต้องศึกษา และเลือกใช้วัสดุหรือโลหะให้เหมาะสมกับคุณภาพของงาน และคุณสมบัติของโลหะ จึงทำให้ผลของงานที่ได้เป็นที่น่าพอใจ และมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

โลหะแผ่นที่นำมาใช้งานส่วน ได้แก่ เหล็ก ซึ่งรีดออกมาเป็นแผ่น ๆ มีขนาดความหนาหลายขนาดต่าง ๆ กัน และยังมีการเคลือบผิวด้วยโลหะต่าง ๆ อาทิ เช่น เคลือบผิวด้วยตะกั่ว สังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังมีการเอาโลหะผสมมาใช้อีกหลายชนิด เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

โลหะแผ่นโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ คือ

- โลหะแผ่นเปลือย ส่วนมาจะเป็นโลหะไม่ใช่เหล็ก เช่น แผ่นทองแดง แผ่นอลูมิเนียม แผ่นทองเหลือง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โลหะเคลือบผิว จะเป็นโลหะประเภทเหล็ก แล้วจึงนำไปเคลือบผิวด้วยโลหะตามที่ต้องการ เช่น เหล็กอาบสังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกัดกร่อน ซึ่งทำให้โลหะนั้นมีอายุใช้งานนานขึ้น

ดังนั้นการใช้งานโลหะแผ่นเคลือบกับโลหะเปลือยจึงแตกต่างกัน การนำโลหะแผ่นเปลือยไปใช้งานอื่น ๆ เช่น นำไปเชื่อม ขัดผิว ตะไบ หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่ต้องเสียผิวหน้าของงานก็จะไม่ทำให้เกิดผลเสียหายในการกัดกร่อนแต่อย่างใด แต่สำหรับโลหะที่เคลือบผิวหลุดออกไป จะเป็นเหตุให้โลหะนั้นเสียคุณสมบัติในด้านการคงทนต่อการกัดกร่อนได้ง่ายขึ้น (วัฒนะ ชูวิทยา. 2530 : 64-78)

2.3.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ แบ่งเป็น

2.3.2.1 การตัด เป็นการตัดโลหะออกเป็นชิ้นส่วนตามที่ต้องการ มีอยู่ 8 วิธี คือ

- การเลื่อย คือ การตัดที่มีเครื่องมือฟันตามขอบ
- ตัด คือ การตัดโดยใช้เครื่องมือที่มีของแข็งและคมเฉือนชิ้นงาน
- เจาะรู คือ การตัดทะลุเป็นรู โดยใช้ดอกสว่าน
- การขัด คือ การทำให้ส่วนที่ไม่ต้องการหลุดออกไปด้วยการใช้วัสดุที่แข็งกว่าถูออกไป
- ตัดด้วยความร้อน คือ ตัดด้วยความร้อนเป็นตัวหลอมโลหะให้ขาดจากกัน
- การไส คือ การเอาเครื่องจักรตัดชิ้นงานให้เรียบ
- การกัด คือ การตัดโดยเครื่องจักรที่มีลักษณะคลายใบมีดใช้กับโลหะบาง
- การกลึง คือ การแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยขณะที่โลหะชิ้นงานหมุนอยู่บนเครื่องกลึง

2.3.2.2 การขึ้นรูป เป็นการนำเอาวัสดุไปเปลี่ยนรูปร่าง โดยไม่มีการนำวัสดุมาเพิ่มเข้าหรือตัดออกไป การขึ้นรูปที่นิยมใช้ในระบบอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 8 วิธี คือ

- การหล่อ
- การพับ
- การใช้แรงอัด
- การใช้แรงดัน
- การดึงโลหะโดยใช้ความร้อน
- การรีด
- การปั๊มขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การยึดโลหะ

กรรมวิธีการยึดติดโลหะ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันจำเป็นที่จะต้องทราบถึงคุณสมบัติของโลหะก่อนว่าวิธีใดเหมาะสมจะใช้กับวัสดุใด โดยสามารถแบ่งกรรมวิธีได้ 6 วิธี คือ

- Riveting เป็นวิธี Machanical โดยที่มีด้านหนึ่งเป็นหัวส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นขาแหลมเพื่อสอดเข้าไปในรูของเครื่องมือจะมีแรงอัดด้านข้างจะติดกับโลหะ

- Threading คล้ายวิธี Riveting แต่กลับใช้น็อตและวงแหวนแทน จึงเป็นแบบกึ่งถาวร เพราะถอดออกได้ก่อนจะทำงานเจาะรูที่ชิ้นงานก่อนเหมือนกับแบบแรก

- Seaming เป็นการพับตะเข็บ เป็นวิธีใช้ตัวของมันยึดอยู่ด้วยกัน บางครั้งใช้เชื่อมพับรอยตะเข็บอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้แข็งแรงยิ่งขึ้น

- Cermeting เป็นการเชื่อมโดยทางเคมีเข้าช่วย คล้ายกับงานไม้ที่ใช้กาวยาง แต่งานพวกนี้ต้องใช้แรงจับเป็นพิเศษ ตัวอย่างเป็น Expert ซึ่งใช้กับโลหะแผ่น

- Soldering เป็นการเชื่อมอย่างวิธี Welding โดยการใส่โลหะอื่นเข้าไปขณะเชื่อม เรียกว่า บัดกรี

- Welding เป็นการเชื่อมโลหะแบบที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยการหลอมละลายโลหะให้ติดกัน โดยวิธี Meiten metal ซึ่งละลายโลหะ เช่น ลวดเชื่อม หรือเชื่อมโดยใช้แรงกด เช่น การเชื่อมแบบ Spot Welding

2.3.2.4 กรรมวิธีการตกแต่งผิววัสดุชิ้นงาน

กรรมวิธีในขั้นนี้เพื่อต้องการทำให้ผิวชิ้นงานเรียบ มีขนาดที่แน่นอน มีความเที่ยงตรง และให้เกิดความสวยงาม รวมทั้งให้ทนต่อการกัดกร่อน กรรมวิธีในขั้นนี้แยกประเภทออกได้ดังนี้

1. การขัดผิวชิ้นงานทั่วไป
2. การขัดด้วยเครื่องขัดสายพาน
3. การขัดโดยใส่ในถังหมุน
4. การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า
5. การขัดพวกลิ้นไอดี ไอเสีย
6. การใช้ชิ้นงานสองชิ้นขัดด้วยกัน
7. การขัดแบบพิเศษ
8. การพ่นเม็ดโลหะ
9. การเคลือบด้วยสารอนินทรีย์
10. การเคลือบผิวด้วยวิธีทางเคมีล
11. การเคลือบผิวงานประเภทอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.5 กรรมวิธีการประกอบชิ้นงาน การต่อหรือประสานวัสดุชิ้นงานเข้าด้วยกัน

1. การเชื่อม (Welding) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานจนหลอมละลายติดกันหรือเติมลวดเชื่อม นอกจากนี้อาจใช้แรงดันเข้าช่วยก็ได้

2. การบัดกรีอ่อน (Soldering) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานที่ต่ำกว่า 700 องศาฟาเรนไฮต์ และวัสดุที่เติมจะมีจุดหลอมต่ำกว่าวัสดุชิ้นงาน เช่น การบัดกรีตะกั่ว การบัดกรีเงิน เป็นต้น

3. การบัดกรีแข็ง (Brazing) เป็นกรรมวิธีต่อชิ้นงาน ให้ติดกันโดยให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานสูงกว่า 800 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ไม่ถึงกับวัสดุชิ้นงานนั้นหลอมละลาย แล้วเติมลวดเชื่อมลงไป วัสดุที่เติมลงไปนี้จะไหลเข้าช่องของรอยต่อ เพื่อยึดชิ้นงานให้ติดกันบางครั้งเราเรียกวิธีนี้ว่า การเป่าแล่น

4. การใช้แรงอัดผงยึดติดกัน (Sintering) เป็นกรรมวิธีการยึดติดต่อกันโดยทำให้วัสดุเป็นผงก่อนแล้วนำมาอัดยึดติดกัน อาจใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ก็ได้ หากใช้ความร้อนอุณหภูมิจะต้องต่ำกว่าจุดหลอมของวัสดุนั้น ๆ

5. การอัดยึด (Pressing) เป็นกรรมวิธีการอัดชิ้นงานให้ยึดติดกัน เช่น การอัดสวมเพลาแกน เป็นต้น การอัดนี้สามารถอัดให้ติดกันอย่างถาวรหรืออัดแล้วสามารถถอดออกจากกันได้

6. การย้ำหมุด (Riveting) เป็นกรรมวิธีในการทำให้วัสดุชิ้นงานติดกันโดยการใช้หมุดยึดติดระหว่างกัน

7. การใช้สลักเกลียวยึด (Screw fastening)) เป็นกรรมวิธีในการทำให้วัสดุชิ้นงานติดกันโดยการใช้สลักเกลียวยึดระหว่างกัน

8. การใช้กาวยึดเหนี่ยว (Adhesive joining) เป็นกรรมวิธีการยึดหรือต่อวัสดุชิ้นงานให้ติดกันโดยการใช้กาว เช่น กาวสังเคราะห์ที่ใช้ภายในและภายนอก การต่อลักษณะนี้จะไม่นิยมใช้กับจุดที่ต้องรับน้ำหนักหรือมีการเสียดสีกันอย่างรุนแรง

2.3.2.6 กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติวัสดุชิ้นงานทางกายภาพ

ในกรรมวิธีขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุชิ้นงาน โดยการใช้ความร้อนที่สูงหรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วกะทันหัน หรือการกระทำซ้ำๆ ให้เกิดความเค้นในเนื้อวัสดุชิ้นงาน กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ มีดังนี้

2.3.2.6.1 การชุบ (Heat treatment) เช่น การชุบแข็ง , ชุบโครเมียม , การอบเหนียว เป็นต้น

2.3.2.6.2 การแปรรูปขึ้นรูป (Hot working) เช่นการตีเหล็ก , หล่อเหล็ก

2.3.2.6.3 การพ่น หรือการยิงผิววัสดุชิ้นงาน (Shot peening) เพื่อเพิ่มความเค้นบริเวณผิวหน้าวัสดุให้สูงขึ้น ทำให้แข็งสามารถต้านทานการสึกหลอได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สลักเกลียวและน๊อต

ลักษณะของสลักเกลียวและน๊อตที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป

สลักเกลียวและน๊อตที่มีใช้งานและผลิตเพื่อจำหน่ายทั่วไปมีหลายลักษณะแตกต่างกันตามประโยชน์การใช้งาน ลักษณะของหัวเกลียว,น๊อต และลักษณะของเกลียวชนิดนั้นๆ

2.3.3.1 สลักเกลียวสำหรับสอดร้อยยึดรูทะลุของชิ้นงาน ประกอบด้วยตัวสลักเกลียวและน๊อตใช้สำหรับยึดชิ้นงานที่เจาะรูทะลุ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องถอดเข้า-ออกบ่อยๆ

2.3.3.2 สลักเกลียวสำหรับยึดรูตัน สลักเกลียวชนิดนี้จะมีหัวหกเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ทรงกระบอกผ่าและทรงกระบอกหกเหลี่ยมใน เกลียวในซึ่งทำหน้าแทนน๊อตจะเป็นรูทำเกลียวตัน ไม่จำเป็นต้องเจาะทะลุชิ้นงาน เหมาะสำหรับที่ต้องการประหยัดเนื้อที่ ประหยัดวัสดุ ไม่ต้องถอดเข้า-ออกบ่อย ส่วนมากจะใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก

2.3.3.3 สลักเกลียวฝังเป็นเกลียวชนิดไม่มีหัว มีลักษณะเป็นเกลียว 2 ข้าง ใช้เป็นสลักเกลียวยึดติด โดยใช้การขันปลายเกลียวข้างหนึ่งติดกับเรือนสูบหรือตัวเครื่องใช้ฝาสูบครอบปิดและขันยึดตัวน๊อตเมื่อต้องการแต่งเรือนสูงก็สามารถถอดสลักออกได้

2.3.3.4 สลักล็อค มีลักษณะเป็นสลักเกลียวไม่มีหัว มีแต่เกลียวตลอดความยาวใช้สำหรับล็อคตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่กับตำแหน่งที่ต้องการ เช่น พู่เล่ย์ แบริ่ง และชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องอัดถ่านแท่ง

2.3.3.5 สลักเกลียวอุด ใช้สำหรับอุดรูของเครื่องบริเวณที่ต้องการถ่ายหรือเติมน้ำมันหล่อลื่น เช่น บริเวณกล่องเกียร์ของเครื่องอัดถ่านแท่ง

เนื่องจากสลักเกลียวมีลักษณะลำตัว หัว เกลียวและปลายที่แตกต่างกัน เพื่อวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน ฉะนั้นในการผลิตจำเป็นต้องผลิตให้มีคุณภาพแตกต่างกันด้วย นอกจากสลักเกียวที่มีได้กล่าวไปแล้วนั้น ยังมีสลักเกลียวชนิดทนแรงดึงสูงเป็นสลักที่มีอัตรายึดตัวดีที่สุด และสลักเกลียวหัวฝังทรงกระบอกหัวหกเหลี่ยมใน เป็นสลักเกลียวที่มีความแข็งแรงคุณภาพเกรด 10 หัวสลักเกลียวสำหรับยึดชิ้นงานวัสดุโลหะเบาที่หัวทรงกระบอกหกเหลี่ยมในมีแบบภายนอกมีผิวกันลื่น และไม่มีกันลื่น

น๊อตหรือแป้นเกลียวที่ใช้ขันยึดมีหลายลักษณะเช่นเดียวกับตัวสลักเกลียว ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน มีทั้งน๊อตหกเหลี่ยมและลักษณะอื่นๆ สามารถขันเข้า-ออกได้ด้วยมือ น๊อตนิรภัยใช้ขันป้องกันอุบัติเหตุ บางชนิดหลังจากยึดแล้วให้หมุนย้ำยึดติดไว้ป้องกันการคลายออก เช่น น๊อตในงานโลหะแผ่น น๊อตชนิดนี้มีบ่าช่วยยึดให้แนวแรงยึดมีกำลังดีขึ้น น๊อตทุกชนิดทุกขนาดมีมาตรฐานกำหนดเช่นเดียวกันกับสลักเกลียว เครื่องจักรใหญ่ๆที่ต้องการจะใช้น๊อตขนาดและชนิดพิเศษ รวมถึงน๊อตที่ผลิตใช้งานโดยทั่วไปจะผลิตขึ้นมามีวัตถุประสงค์ดังนี้ (เกษม บุญเพ็ญ : 2533)

ก. ผลิตได้ง่ายจากโลหะ กลม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ผลิตด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ

ข. มีน้ำหนักเบา เพื่อใช้งานโครงเบาๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. หมุนเข้า-ออกด้วยมือได้ง่าย

ง. ป้องกันอุบัติเหตุได้ เช่น เป็นน็อตนิรภัยกันการคลายออก มีความปลอดภัยเพียงพอ

2.3.4 น็อตเกลียวปล่อย

น็อตเกลียว (LAG BOLTS) ลักษณะคล้ายกับตะปูควงแต่ขนาดใหญ่กว่าและหัวเป็นหกเหลี่ยม ไม่มีผ่าหัวหกเหลี่ยมสำหรับใช้กุญแจเลื่อนหรือกุญแจปากตายไขเข้าไปในเนื้อไม้ นอตเกลียวปล่อยใช้ในกรณีที่ต้องการความยึดเหนี่ยวสูงกว่าที่จะใช้ตะปูควง และบางครั้งในไม้เนื้อแข็งถ้าใช้ตะปูควงขนาดใหญ่จะไขด้วยไขควงเข้าไปได้โดยยาก หากใช้นอตเกลียวปล่อยและขันด้วยกุญแจปากตายจะง่ายกว่า

2.3.4.1 การใช้นอตเกลียวปล่อย บางครั้งต้องใช้วงแหวนรองที่หัวตะปูเพื่อความเรียบร้อยและเพื่อป้องกันไม่ถูกหัวตะปูขูดเป็นรอย วงแหวนที่ใช้ มีลักษณะต่างๆ กัน เช่น วงแหวนเรียบปกติ วงแหวนที่มีส่วนนูนรับตัวนอต วงแหวนที่ตัดขาดจากกัน (เรียกว่า วงแหวนสปริง) วงแหวนที่เป็นรูปหยักๆ ที่ส่วนรอบนอกของวงแหวนเพื่อขันให้แน่นเป็นพิเศษ

นอกจากตะปูและนอตชนิดต่างๆ ดังกล่าวแล้วยังมีพุก (PLUG) ซึ่งอาจทำด้วยทองเหลือง หรือพลาสติกหรืออลูมิเนียม ซึ่งทำให้ส่วนที่รับเกลียว (NUT) ขยายตัวได้เพื่อให้ฝังแน่น เรียกว่า พุกขยายตัว (EXPANSION PLUG) ใช้สำหรับฝังในกำแพงคนกรีต หรือกำแพงอิฐ เพื่อติดตั้งเครื่องสุขภัณฑ์ให้แน่น เช่น การติดอ่างล่างหน้าในห้องน้ำหรือการติดตั้งหิ้งกระจกก็ตาม พุกชนิดนี้มีขนาดต่างๆ กัน เรียกตามความยาว ชนิดที่เป็นทองเหลืองกำลังในการยึดเหนี่ยวแข็งแรงดี

การเรียกขนาดนั้นเรียกตามความโตและความยาวของส่วนที่ทำด้วยเหล็ก เช่น ตะปูขนาด 2 นิ้ว และ หัวโต 3/16 นิ้ว ประเทศที่ผลิตออกจำหน่าย คือ สวิตเซอร์แลนด์ กล่องหนึ่งบรรจุ 3 โหล

ในการฝังวัสดุติดกำแพงซึ่งต้องการแรงยึดเหนี่ยวมากๆ เช่น การติดเสากำแพงในงานที่ต่อเติม หรือการติดตู้ในห้องครัวที่กำแพงนั้นมีพุกขยายตัวชนิดที่ทำด้วยตะกั่ว หรือเหล็ก ขนาดโตกว่าพุกขยายตัวทองเหลืองดังได้กล่าวมาแล้ว พุกขยายตัวอย่างใหญ่นี้มีจำหน่ายตามร้านขายเครื่องอุปกรณ์ก่อสร้าง เช่น ขายบานพับ ตะปู นอกจากนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมที่สำคัญ คือ สลักเกลียวและแป้นเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงชนิดและขนาดของพุกที่ฝังในกำแพง

ขนาด		1/8"	5/32"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"
ขนาดเป็นทศนิยม		0.138	0.164	0.190	0.250	0.313	0.375	0.500
แบบปีกสปริง	A	1.438	1.875	1.875	2.063	2.750	2.875	4.625
	B	0.375	0.500	0.500	0.688	0.875	1.000	1.250
	L	2"-4"	2.5"-4"	2"-6"	2.5"-6"	3"-6"	3"-6"	4"-6"
แบบทัมเบิล	A	1.250	2.000	2.000	2.250	2.750	2.750	-
	B	0.750	0.500	0.500	0.688	0.875	0.875	-
	L	2"-4"	2.5"-4"	3"-6"	3"-6"	3"-6"	3"-6"	-
แบบหมุดทัมเบิล	A	-	2.000	2.000	2.250	2.750	2.750	3.375
	B	-	0.375	0.375	0.500	0.625	6.683	0.873

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงสัดส่วนต่างๆ ของน็อต

หัวและแป้น		มาตรฐานอเมริกัน ชนิดธรรมดา	มาตรฐานอเมริกัน ใช้งานหนัก
หัว	ความสูง, H	2/3D	3/4D +1/16"
	เส้นผ่าศูนย์กลางสั้น,F	1 1/2D	1 1/2D+1/8"
แป้น	ความสูง, H	7/8D	
	เส้นผ่าศูนย์กลางสั้น,F	1 1/2D (Dมากกว่า 5/8")	1 1/2D+1/8"

2.4 ขนาดสัดส่วนที่ใช้ในการผลิต

ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนมนุษย์ (กฤษฎา บานชื่น, 2533) การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อ 600 หน่วย อันแปลกประหลาดในร่างกายของเรานั้นเปรียบเสมือนสายเคเบิ้ลที่ไปดึงกระดูกทำให้เกิดการเคลื่อนไหวอีกต่อหนึ่ง ที่น่าสังเกตก็คือ กล้ามเนื้อจะทำงานกันเป็นคู่ๆ หน้าที่ของกล้ามเนื้อพิจารณากันจริงๆ แล้วเห็นได้ว่าหน้าที่ประการเดียวคือ การ "เกร็งตัว"

เพราะเหตุที่ทำงานกันเป็นคู่นี้เอง กล้ามเนื้อ ชิ้นหนึ่งจะเกร็งตัวผลักกระดูกไปข้างหลัง ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้ออีกชิ้นหนึ่งซึ่งร่วมทำงานอยู่ด้วย จะเกร็งตัวผลักกระดูกไปข้างหน้า ทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ขึ้นมา เป็นเรื่องที่น่างงอย่างยิ่งที่ระบบกล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์มีความสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนไหวนานาสารพัดตั้งแต่กระดูกปลายลิ้นเวลาพูดจาไปจนกระทั่งการเคลื่อนไหวอย่างรุนแรง เช่น วิ่ง หรือกระโดด เป็นต้น

การทำงานของกล้ามเนื้อที่ไปบังคับกระดูกนั้นเห็นได้ชัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนแขนและขา ซึ่งกระดูกท่อนแขนหรือขาถูกกล้ามเนื้อดึงรั้นจนสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ และแม้กระนั้นกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ทำงานอยู่ แต่การเคลื่อนไหวของกระดูกไม่ค่อยปรากฏชัดเจน ก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันเลย เช่น ในกรณีของกล้ามเนื้อทรวงอก ที่ทำหน้าที่ขยับกระดูกซี่โครงในขณะที่คนเราหายใจเข้าและออก การทำงานกล้ามเนื้อบริเวณนี้ประกอบด้วยการเกร็งตัวและการคลายตัวเช่นเดียวกัน

การเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นหน้าที่โดยตรงของกล้ามเนื้อที่หุ้มกระดูกอยู่ กล้ามเนื้อนี้แตกต่างไปกว่ากล้ามเนื้ออีกประการหนึ่ง ซึ่งทำงานร่วมกับอวัยวะภายใน เช่น กล้ามเนื้อในกระเพาะอาหาร ซึ่งทำหน้าที่ย่อยอาหาร หรือกล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่สูบฉีดโลหิต กล้ามเนื้อภายในนี้ทำงานไปโดยอิสระแบบอัตโนมัติ สมองควบคุมไม่ได้ ถึงแม้สมองไม่สั่งงานให้ทำ กล้ามเนื้อพวกนี้ก็จะทำงานไปตามลำพังของมันเอง โดยไม่ต้องรับคำสั่งให้ทำหรือให้หยุด โดยกล้ามเนื้อภายนอกไม่มีส่วนสัมพันธ์ กับกล้ามเนื้อภายในเลย และเนื่องจากกล้ามเนื้อภายนอกอยู่ใกล้ชิดกับกระดูก

กล้ามเนื้อภายนอกนี้เองที่ผู้รับการบริหารหรือพวกนักเพาะกายสามารถบริหารให้เจริญเติบโตใหญ่ขึ้นได้ โดยอาศัยแรงต้านทานจากน้ำหนักและการบริการอื่นๆ ตามกรรมวิธีการฝึกนั้นๆ แรงงานที่เกิดจากการเคลื่อนไหวในการประกอบกิจและในการบริหาร สามารถคิดออกมาเป็นหน่วย เป็นแคลลอรี่ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมด้วย

ตารางที่ 2.6 ตัวเลข มิติ ส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ลำดับ	มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	138.36	149.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.61	143.29
4	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.07
5	ความกว้างของแขน	151.56	164.13	177.08
6	ความกว้างของไหล่	37.51	40.63	43.83

ที่มา : ข้อมูลสัดส่วนของคนไทย ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อความสูงยืน และมิติวิกฤติ (Critical Body Dimension)

ลำดับ	มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย	อัตราส่วน	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	1.000	148.30	160.60	173.20
2	ความสูงระดับสายตา	0.933	138.36	146.60	7
3	ความสูงระดับไหล่	0.827	122.64	132.81	161.60
4	ความสูงระดับมือ	0.437	64.80	70.18	6
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน	1.255	186.11	201.55	143.20
6	ความสูงนั่ง	0.523	77.56	83.99	9
7	ความสูงระดับตา	0.460	68.21	73.87	75.71
8	ความสูงระดับที่นั่งถึงระดับไหล่	0.354	52.49	56.85	217.40
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	0.143	21.20	22.96	5
10	ความสูงจากที่นั่งถึงตอนบนของขา	0.082	12.16	13.16	90.62
11	อ่อน	0.303	44.93	48.66	97.70
12	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า	0.223	33.07	35.81	61.33
13	ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า	0.254	37.66	40.79	24.77
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนล่าง	0.218	32.32	65.01	14.20
15	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.329	48.79	52.83	52.50
16	ระยะก้นถึงเข่า	0.626	92.83	100.53	38.63
17	ความยาวของขาที่นั่ง	0.226	33.51	36.29	44.01
18	ความกว้างของที่นั่ง	0.491	72.81	78.85	37.77
19	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	1.022	151.56	164.13	57.00
20	ความกว้างกางแขน	0.262	38.85	42.13	108.40
21	ความกว้างระหว่างศอก	0.253	37.51	40.63	6

ที่มา : ข้อมูลสัดส่วนของคนไทย ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ

มือของมนุษย์มีวิวัฒนาการมาก เพื่อให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมและการใช้งาน ทำให้มือมีหน้าที่ที่สำคัญ เช่นการการหยิบจับ การคลายมือหลังจากการหยิบจับ สำหรับการหยิบจับทำโดยการนำนิ้วหัวแม่มือและนิ้วอื่นๆอีก 4 นิ้วเข้ามาหากัน และนำเข้าสู่ผ่ามือเพื่อจับวัตถุ ส่วนการคลายมือจากกาหยิบจับจะกระทำโดยการแยกนิ้วทั้งหมดออกจากกัน จากหน้าที่หลักที่สำคัญเหล่านี้เมื่อนำไปศึกษาและวิจัยจะได้ท่าต่างๆของมือประมาณ 1,000 ท่า ลักษณะของมือในท่าต่างๆเหล่านี้เกิดจากการเคลื่อนไหวของข้อต่อของข้อมือและข้อต่อของนิ้วมือ ซึ่งมีทั้งหมด 17 ข้อต่อ และทำหน้าที่โดยกล้ามเนื้อของข้อมือและนิ้วมือ ซึ่งมีจำนวน 40 มัด ในชีวิตประจำวันการทำงานของมือจะสะดวกมากขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวของข้อต่อเรดิโออัลน่าร์ ข้อศอกและข้อไหล่ร่วมด้วย

การทำงานของมือนั้นค่อนข้างที่จะละเอียด ซึ่งต้องอาศัยประสาทยนต์มาควบคุมและมีเส้นประสาทรับความรู้สึกจากมือเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่วนของเนื้อสมองที่ส่งใยประสาทมาเลี้ยงกล้ามเนื้อมือและรับความรู้สึกไปจากมือมีบริเวณที่กว้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของเนื้อสมองที่สัมพันธ์กับส่วนอื่นๆ ของแขนและขา

2.4.2 รูปร่างของมือในสภาวะต่างๆ

2.4.2.1 ขณะที่มือวางตามสบาย นิ้วมือจะงออยู่ในท่าพร้อมที่จะหยิบจับวัตถุต่างๆ เมื่อพิจารณาให้ดีจะพบว่ามีลักษณะรูปโค้งเกิดขึ้นบนมือเป็นจำนวนมาก และจะเห็นได้ชัดขณะจับลูกบอลโค้งต่างๆที่เกิดขึ้นมีดังนี้

(1) โค้งในแนวขวาง

(2) โค้งตามแนวยาวของมือ

(3) โค้งทอดแนวเฉียง

2.4.2.2 ขณะที่นิ้วมือกางเต็มที่ แกนตามยาวของนิ้วทุกนิ้วจะมาบรรจบกันที่ฐานของเนินทางด้านนิ้วหัวแม่มือ

2.4.2.3 เมื่อกำมือโดยใช้ข้อต่อเหยียดตรง พบว่าแกนของนิ้วส่วนปลายทั้งหมดจะรวมกัน และจะเห็นว่าข้อต่อของนิ้วนางและนิ้วก้อยจะงอได้มากกว่านิ้วกลางและนิ้วชี้

2.4.3 ข้อต่อของมือและนิ้วมือ

2.4.3.1 ข้อต่อระหว่างปลายล่างของกระดูก กระดูกอ่อน ที่ยึดระหว่างกระดูกเรเดียสและกระดูกอัลน่าร์ ซึ่งจัดเป็นรูปไข่ที่มีลักษณะเว้ากับกระดูกข้อมือต่อไปนี้ เคลื่อนไหวได้รอบแกน 2 แกน ได้ 4 ทิศทางการเคลื่อนไหว คือ การงอมือ การกระดกข้อมือ การเบนข้อมือเข้าด้านในและการเบนข้อมือออกด้านนอก

2.4.3.2 ข้อต่อระหว่างแถวบนและแถวล่างของกระดูกข้อมือ การเคลื่อนไหวของข้อจะช่วยส่งเสริมข้อต่อให้ได้ระยะการเคลื่อนไหวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงค่ามิติส่วนต่างๆของร่างกายคนไทยทั้งชายและหญิง

รหัส	ตำแหน่ง
1	ความสูงยืน
2	ความสูงระดับสายตา
3	ความสูงปลายไหล่
4	ความสูงกึ่งกลางกำปั้น
5	ความสูงข้อศอก
6	ความสูงใต้เป้า
7	ความสูงกลางหัวเข่า
8	ความหนาอก
9	ระหว่างจุดปลายไหล่
10	ระยะข้อศอก (ขณะงอ) – จุดกึ่งกลางกำปั้น
11	ระยะห่างระหว่างไหล่ – จุดกึ่งกลางกำปั้น
12	ความกว้างระดับข้อศอก
13	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ศีรษะ
14	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ตา
15	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ปุ่มไหล่
16	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ข้อศอกขณะงอ
17	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ต้นขา
18	ความสูงระดับพื้นที่นั่ง – ตอนบนของเข่า
19	ความสูงของหน้าแข้ง
20	ความสูงของพื้นที่นั่ง
21	ความกว้างของไหล่ (ขณะนั่ง)
22	ความกว้างสะโพก (ขณะนั่ง)
23	ความกว้างข้อศอก (กางออกในแนวระดับ)
24	ระยะห่างเส้นสัมผัสก้น – ข้อพับที่หัวเข่า
25	ระยะห่างหน้าท้อง – หัวเข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงขนาดสัดส่วนของคนไทยช่วงอายุ 20 – 29 ปี

รหัส	ชายไทย					หญิงไทย				
	MEAN	MIN	MAX	P5	P95	MEAN	MIN	MAX	P5	P95
1	167.0	148.0	189.0	158.0	177.0	155.4	139.3	176.9	147.2	164.0
2	156.0	137.0	178.0	147.0	165.0	143.6	124.7	165.5	135.9	152.0
3	138.0	118.0	155.0	129.0	146.0	126.2	111.7	145.2	119.0	134.1
4	73.1	63.3	86.4	67.5	78.8	69.1	53.0	86.5	64.0	74.6
5	104.0	89.2	119.0	97.7	111.0	96.1	65.9	113.7	90.1	102.5
6	76.3	61.4	91.8	70.0	83.0	71.3	55.5	90.0	65.5	77.3
7	44.7	33.3	54.5	40.6	49.0	42.1	35.5	55.0	38.7	45.5
8	19.8	15.0	28.0	17.4	22.7	20.9	13.0	32.8	18.0	24.7
9	37.7	26.3	50.2	34.1	41.0	33.8	22.5	39.8	31.2	36.4
10	31.9	25.9	38.0	29.3	34.7	29.3	20.0	39.2	26.8	32.0
11	64.4	50.0	74.8	59.0	69.8	57.3	46.2	63.9	55.0	59.5
12	42.2	30.2	58.4	38.0	47.3	38.3	26.0	59.0	34.2	43.1
13	87.8	78.4	101.0	82.3	93.4	81.8	64.7	95.1	77.1	86.9
14	76.0	63.7	89.2	70.5	81.8	70.4	54.0	81.2	65.5	75.7
15	58.2	45.6	69.8	53.5	63.0	53.3	40.0	68.8	49.5	57.6
16	23.1	15.3	31.0	19.2	27.4	22.5	13.0	40.0	19.0	26.2
17	14.7	11.0	21.7	12.8	17.0	13.4	9.0	20.0	12.0	15.3
18	53.0	43.1	62.2	49.1	57.3	48.7	35.0	59.0	45.4	52.2
19	42.1	31.0	49.7	39.0	45.6	38.7	30.0	48.9	36.1	41.7
20	41.1	34.0	49.7	38.1	45.0	38.9	28.3	48.8	36.8	42.0
21	42.5	35.0	51.1	39.3	46.2	38.5	29.0	50.5	35.0	42.3
22	32.4	27.1	45.8	29.4	36.5	33.4	22.5	44.2	30.0	37.7
23	88.3	72.0	103.0	82.0	94.7	81.7	69.0	98.0	76.0	87.4
24	49.0	40.0	29.5	44.2	54.5	46.2	37.3	59.5	42.2	50.3
25	37.5	27.7	46.9	33.2	42.0	33.3	22.0	47.6	29.0	37.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงขนาดสัดส่วนของคนไทยช่วงอายุ 30 – 99 ปี

รหัส	ชายไทย					หญิงไทย				
	MEAN	MIN	MAX	P5	P95	MEAN	MIN	MAX	P5	P95
1	166.0	149.0	183.0	157.0	176.0	154.9	139.1	174.5	147.0	163.0
2	155.0	139.0	171.0	146.0	164.0	143.4	126.0	164.8	135.5	151.0
3	137.0	122.0	154.0	128.0	146.0	126.2	110.6	144.0	118.9	134.0
4	73.0	62.0	85.7	67.5	78.7	69.4	56.8	87.8	64.2	74.9
5	104.0	91.3	118.0	97.3	111.0	96.36	65.0	110.0	90.1	102.2
6	75.3	63.5	86.3	69.2	81.4	70.7	57.3	85.5	64.8	76.8
7	44.2	34.7	57.0	40.2	48.5	42.0	32.3	49.3	38.7	45.4
8	20.7	15.7	29.7	18.0	24.0	21.9	13.6	34.4	18.5	26.4
9	37.6	30.2	45.8	34.0	41.0	38.8	20.0	43.0	31.2	36.5
10	31.7	25.7	39.5	69.4	34.4	29.3	20.0	39.0	26.8	32.0
11	64.2	51.7	77.7	49.0	69.4	57.0	46.1	63.7	54.5	59.0
12	43.6	34.7	62.6	93.1	49.0	39.8	21.0	52.5	35.5	45.4
13	87.6	78.0	98.6	81.7	93.1	81.7	70.9	93.2	76.8	86.5
14	76.0	63.0	89.0	70.3	81.7	70.6	55.4	81.8	65.5	75.5
15	58.7	50.1	68.8	54.0	63.7	53.7	41.0	69.0	49.6	58.0
16	23.5	17.0	31.6	19.5	27.7	22.7	12.5	30.3	19.0	26.6
17	14.8	11.5	20.8	12.9	17.2	13.7	11.0	20.0	12.0	15.7
18	52.7	42.2	59.8	48.8	56.9	48.7	37.7	58.4	45.4	52.0
19	41.7	30.8	48.8	38.5	45.0	38.6	30.0	48.8	36.0	41.4
20	41.0	30.8	46.7	38.0	44.6	38.7	29.0	49.9	36.6	41.8
21	42.9	32.3	53.8	39.5	46.8	39.4	29.3	50.0	35.9	44.0
22	32.9	21.5	43.3	29.9	36.8	34.5	20.7	43.4	30.8	38.9
23	87.5	74.5	99.5	81.3	94.3	81.2	70.7	96.0	75.8	87.2
24	48.8	40.5	59.9	44.0	54.3	46.6	36.1	56.4	42.5	51.0
25	36.2	23.7	47.0	31.8	40.7	31.8	21.4	43.6	27.0	36.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการออกแบบ

เครื่องอัดถ่านแท่งที่ดีย่อมเกิดมาจากการออกแบบที่ดีในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบต้องคำนึงถึงหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ดีเอาไว้ว่า ควรจะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง แล้วใช้ความคิดสร้างสรรค์ วิธีการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาเสนอแนวความคิดให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมตามหลัก โดยหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งที่ดีนั้น สิ่งที่นักออกแบบควรคำนึงนั้นมีอยู่ 4 ประการคือ (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2535)

1 หน้าที่การใช้งาน

2 ความแข็งแรงของโครงสร้าง

3 ความปลอดภัย

4 ความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

2.5.1 หน้าที่การใช้งาน

หน้าที่การใช้งานถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรก ที่ต้องคำนึง ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องมีหน้าที่การใช้งานถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์นั้นก็จะถือได้ว่ามีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

สำหรับคำว่าประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) นั้น ได้กล่าวไว้ว่า เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจขอให้ดูตัวอย่างการออกแบบมีดหั่นผัก แม้ว่ามีดหั่นผักจะมีประสิทธิภาพในการหั่นผักให้ขาดได้ตามความต้องการ

2 .5.2 ความแข็งแรงของโครงสร้าง

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์ หรือโครงสร้าง เป็นความเหมาะสมในการที่นักออกแบบรู้จักใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของโครงสร้าง ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก

ความแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปร่าง และการเลือกใช้วัสดุ และประกอบกับการศึกษาข้อมูลมากใช้ผลิตภัณฑ์ว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องรับน้ำหนัก หรือกระทบกระแทกอะไรหรือไม่ในขณะใช้งาน ก็คงต้องทดลองประกอบการออกแบบไปด้วย อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของโครงสร้างหรือตัวผลิตภัณฑ์ นอกจากเลือกใช้ประเภทของวัสดุ โครงสร้างที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ความปลอดภัย

สิ่งที่อำนวยความสะดวกได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่าง ๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเหลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจน หรือมีคำอธิบายไว้

นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสำคัญ มีการออกแบบอยางอย่างต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่า แบบธรรมดา แต่คาดไม่ถึงช่วยในการให้ความปลอดภัย เช่น การออกแบบหัวเกลียววาล์ว มอเตอร์ หรือปุ่มเกลียวล็อก พู่เลย์ จะมีการทำเกลียวเปิดให้ย้อนศรตรงกันข้ามกับเกลียวทั่วๆ ไป เพื่อความปลอดภัยสำหรับคนที่ไม่ทราบหรือเคยมือไปหมุนเล่น คือยิ่งหมุนก็ยิ่งขันแน่น เป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

2.5.4 ความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งานในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้นตลอดจนน็อตสกรู เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝาครอบบริเวณต่าง ๆ ให้สะดวก ในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ง่าย

2.6 จิตวิทยาการใช้สี

2.6.1 จิตวิทยาการใช้สี

ทองเจือ เขียดทอง (2542 : 194-200) กล่าวว่า สีมีความสำคัญและจำเป็นต่อการออกแบบอย่างยิ่ง สีมีผลต่อประสาทสัมผัสทางตาสีบางสีทำให้เกิดระยะใกล้ไกล ให้ความรู้สึกลวงตาดูเล็กหรือใหญ่ สีมีผลต่อความรู้สึกและจิตใจ

ในงานศิลปะทุกแขนงสีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญทำให้เรามองได้อย่างชัดเจนเข้าใจและพึงพอใจ ทั้งนี้ผู้ใช้จะต้องศึกษาทฤษฎีสีหลายทฤษฎีด้วยกัน คือ

การใช้สีตามทฤษฎีทางจิตวิทยา ศึกษาถึงสีที่พบเห็นและก่อให้เกิดความรู้สึกนึกคิดมีประโยชน์ในการสือสารความหมายของสัญลักษณ์ การใช้สีให้กับสัญลักษณ์นั้นสวยงามสร้างความสนใจ ความประทับใจและเตือนความจำได้ดีนั้นต้องใช้ให้สัมพันธ์กับรูปแบบของสัญลักษณ์ ประเภทของสินค้าหรือหน่วยงาน ผู้บริโภคและเจ้าของเครื่องหมายการค้า ดังนั้นจะขออธิบายการใช้สีของสัญลักษณ์เป็น 2 แนวทาง คือ (โกสุม สายใจ และ บำรุง อิศรกุล. 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1.1 การใช้สีตามหลักออกแบบ

การออกแบบสัญลักษณ์ นอกจากการใช้สีให้เกิดเอกลักษณ์ของสินค้าและบริการนั้นๆ แล้วการใช้สียังต้องคำนึงถึงความประหยัดในการจัดพิมพ์ของหน่วยงาน จึงควรออกแบบสีของสัญลักษณ์ 1 – 2 สี แต่ในปัจจุบันพบว่ามีการใช้สีของสัญลักษณ์เกิน 3 สี กันมาก เนื่องจากสามารถพิมพ์เอกสารสีได้โดยคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะทั่วไปแต่ต้องพึงระลึกไว้เสมอว่า การใช้สีมากเกินไปจะก่อให้เกิดความสวยงามได้ยากและยังทำให้สัญลักษณ์ขาดความเป็นเอกลักษณ์จดจำได้ยาก

2.6.1.1.2 การใช้กลมกลืน (Harmony) เป็นการใช้สีที่คล้ายๆกัน มีความสัมพันธ์กันไม่มีสีใดสีหนึ่งโดดเด่น ใช้ได้หลายวิธี เช่น

- ใช้สีสีเดียวเพิ่มน้ำหนักอ่อนแก่ เช่น สีน้ำเงิน สีฟ้าเข้ม และสีฟ้าอ่อน

- ใช้สีสีเดียวผสมในทุกสีที่มาร่วม ใช้เฉพาะสีร้อนหรือสีเย็นและใช้สีที่อยู่ลำดับติดกันในวงจรสี เช่น แสด ส้ม เหลือง

สัญลักษณ์ที่ใช้สีลักษณะกลมกลืนกันไม่มีมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากสีกลมกลืนจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แต่สัญลักษณ์ส่วนใหญ่ต้องการความชัดเจนจึงต้องใช้สีที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน เพื่อแก้ปัญหานี้ ถ้าใช้สีกลมกลืนมักจะพิมพ์อยู่บนพื้นขาวซึ่งเป็นสีกระดาษ สัญลักษณ์ที่ใช้สีกลมกลืนมักเป็นสัญลักษณ์ที่ต้องการให้เกิดภาพลักษณ์ ที่มีความสุขุม ความนุ่มนวลและความมีรสนิยมสูง เช่น สัญลักษณ์ของสถานีบริการน้ำมันบางจากใช้เขียวกับน้ำเงิน โรงแรมเพชรงามใช้สีม่วง เขียว ฟ้า บริษัทแมกซี่แคร์ คอยท์ จำกัด ใช้แสด ส้มเหลือง โรงแรมวิสต้า ใช้สีน้ำตาล เหลืองทอง องค์การเภสัชกรรมใช้สีเขียวอื่น เขียวแก่ น้ำตาล

2.6.1.2 การใช้สีที่ตัดกัน (Contast) เป็นการใช้สีที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน นิยมใช้ในการออกแบบสัญลักษณ์มาก มีการใช้ 2 ลักษณะ คือ

- ใช้สีตัดกันอย่างแท้จริง คือสีตรงข้ามในวงจรสี คือ – แดง ส้ม – น้ำเงิน ม่วง – เหลือง การใช้ไม่ควรให้เด่นพอๆ กัน ควรให้มีปริมาณสีใกล้หนึ่ง มากกว่าหรือเบรกสีใดสีหนึ่งหรือทั้งสองสี

- ใช้สีตัดกันไม่แท้จริง เป็นสีที่มีน้ำหนักแตกต่างกันแต่ไม่ถึง 100 % หรืออยู่ในวรรณะต่างกัน เช่น เขียวกับส้ม น้ำเงินกับแดง ดำ – แ ดง ขาว – ดำ เป็นต้น

ภาพลักษณ์ของสัญลักษณ์ที่ใช้ในสัญลักษณะตัดกันจะให้ความรู้สึกตื่นเต้น น่าสนใจ ถ้าเป็นอาหารก็น่ารับประทาน ถ้าเป็นเสื้อผ้า รองเท้า ก็ร้อนแรงสะใจวัยรุ่น ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้สีสัญลักษณ์ตัดกัน คือ การบินไทย ใช้สีม่วงและสีชมพูอมม่วงกับเหลืองแดง รองเท้ารีบอกใช้สีน้ำเงิน ขาว แดง ธนาคารกสิกรไทยใช้สีเขียว แดง เหลือง ดำ เป็นต้น

การกำหนดสีของสัญลักษณ์ตามหลักการออกแบบหรือทฤษฎีสีคงไม่แตกต่างจากการใช้สีในงานศิลปะอื่น ๆ หลักที่สำคัญที่จะเสนอแนะอีกประการคือ หลักการใช้สี 80% ต่อ 20% ไม่ว่าจะใช้สีกลมกลืนหรือสีตัดกันควรกำหนดสีที่มีบดบาทมากกว่าอีกสีหนึ่งในลักษณะประมาณพื้นที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดมุ่งหมายของการใช้สีในการออกแบบสัญลักษณ์ก็คือ สะดุดความสนใจมองเป็นชัดเจน จดจำได้นาน มีความสวยงาม และสัมพันธ์กับสัญลักษณ์

2.6.1.1.2 การใช้สีสัญลักษณ์ตามหลักจิตวิทยา

การออกแบบสัญลักษณ์นอกจากจะคำนึงถึงความต้องการของตนตามหลักการออกแบบแล้ว ยังต้องนึกถึงกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย และลูกค้าด้วย ซึ่งมีความรู้สึกนึกคิดรสนิยมวัฒนธรรม และความเชื่อเรื่องสีต่างกัน ดังนั้นถ้านำหลักการทางจิตวิทยา (ดังตารางต่อไปนี้) ไปผสมผสานกับการใช้สีตามทฤษฎีแล้วไปในทิศทางเดียวกันได้จะดียิ่ง

การใช้สีของสัญลักษณ์บางครั้งมีคู่สีที่ใช้ร่วมกัน อาจทำให้ความหมายเปลี่ยนไป ดังตัวอย่างที่ Dreyfuss (1972) เสนอตัวอย่างคู่สีในศิลปะจีน มีความหมายดังนี้

ดำบนแดง	หมายถึง	ความสุข
ทองบนแดง	หมายถึง	ความสุขยิ่ง ๆ
แดงบนเขียว	หมายถึง	ความสุข
แดงบนเหลือง	หมายถึง	โชคดี
แดงบนเหลือง	หมายถึง	เกี่ยวกับกษัตริย์
ฟ้าบนเหลือง	หมายถึง	ความโศกเศร้า
ทองบนเหลือง	หมายถึง	ความสุขยิ่ง ๆ
ขาวบนเหลือง	หมายถึง	เกี่ยวกับศาสนา
เหลืองบนดำ	หมายถึง	การตายของผู้สูงอายุ
เหลืองบนเขียว	หมายถึง	ชั้นสูง ชั้นหนึ่ง

และสีที่นุ่มนวลอ่อนหวานหรือสีที่ผสมสีขาว (Tint) วัยผู้ใหญ่ชอบสีที่ให้ความรู้สึกสุขุม โทนสีที่หม่นในลักษณะการใช้สีที่ผสมสีดำ (Shade)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุชิต กิจสวัสดิ์ (2524) นำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย ใบไม้แห้ง ฯลฯ มาบดด้วยเครื่องสีข้าวให้ละเอียดขนาดเท่าขี้เลื่อย นำไปตากให้แห้งแล้วนำมาผสมกับกาวแป้งเปียก (แป้งมันสำปะหลัง) ในอัตราส่วน 1 : 1 คลุกเคล้าผสมกันให้ดี แล้วอัดลงในแบบซึ่งใช้กระป๋องสีหรือกระป๋องโอลวัลตินขนาด 1 แกลลอน โดยตัดหัวและท้ายของกระป๋องออก ใช้กรรไกรตัดแนวตะเข็บตามยาวให้ขาดออกจากกัน ใช้ลวดสองเส้นรัดให้ตะเข็บซ้อนกัน 0.5 เซนติเมตร ในขณะอัดใช้ไม้กลมยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เป็นแกนกลางอัดให้แน่นพอสมควร สูงประมาณสองในสามส่วนของแบบ เสร็จแล้วหมุนไม้แกนกลางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำก้อนเชื้อเพลิงอัดแข็งไปตากแดดให้แห้ง เชื้อเพลิงชนิดนี้ต้องใช้กับเตานายหล้า ซึ่งมีการลุกไหม้จากส่วนล่างขึ้นสู่ส่วนบนของแท่งเชื้อเพลิง

ทองม้วน นาเสงี่ยม (2524) ได้ทำการศึกษาและวิจัยการทำถ่านจากใบฉำฉา โดยนำใบฉำฉาแห้งไปเผาให้เป็นถ่าน แล้วจึงนำถ่านใบฉำฉาไปคลุกกับน้ำแป้งมันสำปะหลังประมาณ 6 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก คลุกให้ทั่ว นำไปอัดในกระบอกโลหะด้วยความดัน 115.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติกับถ่านไม้พบว่า ถ่านไปฉำฉามีคุณภาพต่ำอยู่ความร้อนโดยประมาณได้เป็นครึ่งหนึ่งของถ่านไม้ ส่วนการติดไฟพบว่า ถ่านใบฉำฉาจะใช้ได้นานกว่าถ่านไม้

จารุวรรณ แสงสุวรรณวาว (2530) ได้ทำการศึกษาการทำเชื้อเพลิงเขียวจากเศษวัสดุเกษตร 3 ชนิดคือ กากอ้อย แกลบ และซังข้าวโพดโดยผสมกับกากส่าเหล้าและกากน้ำตาลเป็นตัวประสานแล้วอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้มะขามเทศ ปรากฏว่า เชื้อเพลิงเขียวมีองค์ประกอบและคุณสมบัติคล้ายกับฟืน คือให้ค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 4,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แต่ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านไม้มะขามเทศ ซึ่งให้ค่าความร้อน 7,390 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2538) ได้ผลิตเชื้อเพลิงเขียว โดยวัสดุต่าง ๆ เช่น หญ้าขจรจบ หญ้ายาง หญ้าคา ผักตบชวา ไมยราบ (ธรรมดา) โคกกระสุน และใบยูคาลิปตัส เป็นต้น นำเอาส่วนของพืชสดเหล่านี้ทั้งใบ ต้น กิ่ง มาสับให้เป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ แล้วนำไปใส่ลงในกระบอก (ท่อ พีวีซี) แล้วตำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กจนเกิดยางเหนียว และนำมาผึ่งแดดให้แห้งจะได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเศษพืชสด

นพดล พรชนนัน และคณะ (2546) ได้นำถ่านหินลิกไนต์มาผสมกับแกลบและชานอ้อยในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและยังได้มีการผลิตถ่านโดยผสมเปลือกหอยแครงซึ่งพบว่าเปลือกหอยสามารถยับยั้งปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาระหว่างการเผาไหม้ได้

ทองทิพย์ พูลเกษม (2542) ได้ทำการนำเอาเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยอัดแบบร้อนและเย็น พบว่า เปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบเย็นโดยใช้ตัวประสานและแบบไม่ใช้ตัวประสาน (แป้งเปียกและโมลาส) จะให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน สำหรับการอัดแบบร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าการอัดแบบเย็นแต่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดเย็น และยังพบว่าเปลือกทุเรียนอัดแท่งจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานของความร้อนสูงกว่าฟืนไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 6

ชัดชนก โชคชัยเจริญ และคณะ (2545) ได้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนต่าง ๆ แล้วนำมาเผาให้เป็นถ่าน เริ่มจากเชื้อเพลิงแกลบ 100% ซึ่งให้การเผาไหม้ได้นาน แต่มีปริมาณเถ้ามาก และเถ้าที่ได้เกาะกันเป็นก้อน ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เพราะจะทำให้เตาเต็มเร็ว ต่อมาได้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมชานอ้อยเข้าไปในสัดส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย 30% กับ แกลบ 70% , ชานอ้อย 50% กับ แกลบ 50% และ ชานอ้อย 70% กับ แกลบ 30% พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือใช้ชานอ้อย 70% กับ แกลบ 30% ซึ่งจะให้เถ้าที่ไม่เกาะกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับงานอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่ง เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องของเครื่องอัดถ่านแท่งที่มีอยู่เดิมให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพการทำงานในรูปแบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยมีรายละเอียดตามลำดับดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3 . 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งที่จะศึกษา ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูนำมาวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลและปัญหาเบื้องต้นมารวบรวมสรุป เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบแก้ไขปัญหาและสร้างแบบสอบถามพร้อมประเมินปัญหาในการใช้งาน โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ สุดท้ายนำแบบสอบถามและประเมินปัญหา ที่ออกแบบไว้ไปสอบถามประชากรและกลุ่มตัวอย่าง โดยมีกลุ่มประชากรและตัวอย่าง 3 กลุ่ม

3.1.1.1 ประชากร ได้แก่

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมเครื่องกลด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ

กลุ่มที่ 3 คือ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 50 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบ คือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า ด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

1. ดร. สายจิตร จะวะนะ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีพลังงานธรรมชาติ และพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันนานาชาติศิรินทร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

2. คุณน้อย เรียงวงศ์ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชาการ ด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี

3. คุณสมบุญ ศรียา ผู้จัดการ หจก. ศรียา เอ็นจิเนียริ่ง ต. คลองหลวง อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ

1. คุณสิทธิชัย โพธิ์เวชกุล หัวหน้าฝ่ายการผลิตและพนักงานฝ่ายการผลิต โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 ท่าน

2. เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี จำนวน 5 ท่าน

กลุ่มที่ 3 คือ ได้แก่ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 กิโลกรัม

ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการพิจารณาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรแบบเดียวกัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536) ข้อมูลที่ได้นั้นจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อสรุปในขั้นตอนการออกแบบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น

3.2.1 เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

แบบสัมภาษณ์ ทางด้านหน้าที่ใช้การงาน ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษาโดยผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปพัฒนารูปแบบของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

แบบสอบถามความคิดเห็น ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่ได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งเป็นทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบสอบถามโดยใช้กับผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านจำนวน โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็นดังนี้

1.1 แบบสอบถามทางด้านผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู จะสอบถามในเรื่องของระบบการทำงาน การจัดวางระบบควบคุมของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

1.2 แบบสอบถามทางด้านผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ จะสอบถามในเรื่องของ ปัญหาที่เกิดระหว่างการใช้งาน ของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็นดังนี้

1. ทางด้านหน้าที่ใช้การงาน
   - เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ
   - ปริมาณของถ่านที่เครื่องสามารถอัดได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง
   - การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง
   - ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง
   - บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ
   - ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน
2. ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง
   - โครงสร้างสามารถรองรับน้ำหนักของมอเตอร์ได้ดี
   - โครงสร้างไม่สั่นคลอนเมื่อมีการเดินเครื่อง
3. ด้านความปลอดภัย
   - บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์
   - ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า
4. ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา
   - กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย
   - ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อการปรับแต่งและเปลี่ยนอะไหล่

โดยมีระดับและเกณฑ์ในการพิจารณาค่าเฉลี่ยระดับปัญหาระหว่างการใช้งาน แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

1	หมายถึง	มีปัญหาน้อยที่สุด
2	หมายถึง	มีปัญหาน้อย
3	หมายถึง	มีปัญหาปานกลาง
4	หมายถึง	มีปัญหามาก
5	หมายถึง	มีปัญหามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินปัญหาการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่ได้มาจากการแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญมาประเมินใช้กับเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ โดยแบ่งเป็นทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

3.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูซึ่งผ่านการออกแบบ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 ท่าน โดยประเมินจากหลักเกณฑ์ดังนี้

3.2.2.1 หาปริมาณเถ้า ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM. 3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผา ที่อุณหภูมิระหว่าง 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และค่อย ๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟ รวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือ พร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้าสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาแล้ว

3.2.2.2 มีความชื้น ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักรวมทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 โดยนำตัวอย่างอบในตู้ที่มีความร้อนคงที่ใน Drying Oven ที่อุณหภูมิประมาณ 104-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

3.2.2.3 มีค่าความร้อน ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมเปรียบเทียบกับฟืนถ่านไม้ และถ่านอัดแท่งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยใช้เชื้อเพลิงกับเตาประสิทธิภาพสูง โดยวิธีทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน.)

3.2.2.4 มีค่าความหนาแน่น ไม่น้อยกว่า 0.600กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การหาความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และขนาด (Dimension)

3.2.3 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม

3.2.3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.2.3.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการข้อมูลทั่วไป การใช้งาน ปัญหา จากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบเดิม เพื่อที่จะสามารถเข้าใจและแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของตัวเครื่องได้

3.2.3.3 สร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อทราบถึงปัญหาและความต้องการเบื้องต้นของผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.2.3.4 สร้างแบบสอบถาม โดยนำข้อมูลปัญหาและความต้องการเบื้องต้น จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.5 นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จแล้วนำเสนอ ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและรับคำแนะนำเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง

3.2.4 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.2.4.1 พิจารณาความเที่ยงตรง เพื่อให้แบบสอบถามนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบสอบถาม แบบ Index of Item Objective Congruence : I.O.C โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจในคำตอบนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
1	หมายถึง	ไม่แน่ใจในคำตอบนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 1	หมายถึง	แน่ใจในคำตอบนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ข้อคำถาม IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปเป็นคำถามที่ใช้ได้ ถ้าไม่ถึง 0.5 ต้องปรับปรุงแก้ไขหรือตัดทิ้ง โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ หัวหน้าสาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์-สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามแบ่งเป็น คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเฉพาะของผู้ตอบแบบสอบถาม และตอนที่ 2 ข้อมูลสำรวจปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยสรุปเป็นเกณฑ์คะแนนดังนี้

1. ข้อมูลเฉพาะของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้ค่า ความเที่ยงตรงที่ระดับ 1.00
2. ปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ได้ค่า ความเที่ยงตรงที่ระดับ 1.00

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

3.3.1 ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย กฎเกณฑ์และข้อบังคับเบื้องต้นของการออกแบบ การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับงานอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่ง

3.3.2 สอบถามปัญหา ความต้องการของผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.3.3 ทำการศึกษาทางด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติมารวมกันเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.3.4 ทำการออกแบบลักษณะของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ทำการศึกษาวัสดุต่างๆที่จะนำมาผลิตเป็นโครงสร้างของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งาน

3.3.6 นำหลักการทั้งหมดมาพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยผ่านการตรวจแบบรวมถึงขั้นตอนในการออกแบบจะมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูและผู้ใช้งานอย่างเป็นประจำ

3.3.7 นำผลที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญมาทำการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติเพื่อหาข้อเท็จจริงในการออกแบบ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.4.1 ทำการเลื่อยไม้เนื้อแข็งที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตถ่านอัดแท่งให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับเตาเผา

3.4.2 นำไม้ที่ทำการเลื่อยแล้วเข้าเตาเผา โดยการเผาใช้อุณหภูมิประมาณ 380-430 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาประมาณ 5 ชั่วโมง รอจนอุณหภูมิเย็นจึงนำออกจากเตาเผา

3.4.3 ถ่านไม้ที่ได้จากการเผานำไปเข้าสู่กระบวนการบดย่อย โดยกระบวนการนี้ต้องอาศัยเครื่องบดย่อยช่วยเพราะเนื่องจากปริมาณถ่านที่ต้องใช้มากและประหยัดแรงงาน ซึ่งเครื่องบดย่อยที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องบดย่อยที่ใช้กับเศษพืช

3.4.4 นำถ่านไม้ที่ทำการบดแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อผสมกับตัวประสานซึ่งมีหลายชนิด แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แป้งมันสำปะหลังเนื่องจากเป็นตัวประสานที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูกและใช้งานได้ดี โดยอัตราส่วนในการผสมอยู่ที่ ถ่านบด 10 กิโลกรัม แป้งมัน 2 กิโลกรัม และน้ำประมาณ 1 – 2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากันซึ่งในโรงงานถ่านอัดแท่งจะมีเครื่องผสมโดยไม่ต้องใช้แรงคน

3.4.5 เมื่อทำการผสมถ่านบดเสร็จแล้ว นำไปใส่ที่ถาดรองรับที่บริเวณด้านบนของเครื่องอัดถ่านแท่ง ทำการเปิดเครื่องแล้วค่อยๆใส่ถ่านบดลงในช่องอัด พยายามใส่ถ่านบดอย่างต่อเนื่องและสังเกตการหมุนของเกลียวว่ามีการติดขัดหรือไม่

3.4.6 การใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งจะมีความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดเมื่อใช้งานประมาณ 30 นาที ควรเปิดระบบหล่อเย็นที่ตัวปลายกระบอกซึ่งทำงานด้วยน้ำไหลเวียนระบายความร้อนรอบๆกระบอกอัด เพื่อการทำงานต่อเนื่องในเวลานานๆ

3.4.7 ถ่านที่อัดออกมาแล้ว ทำการคัดและตัดให้ได้ตามขนาดที่ต้องการเพื่อทำการตากแดดหรือเข้าเตาอบเพื่อการไล่ความชื้นในตัวถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 ถ่านที่ผ่านกระบวนการไล่ความชื้นแล้ว ผู้วิจัยได้นำมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนักรวมถึงตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนนำถ่านอัดแท่งส่งเข้าตรวจคุณภาพที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ข้อมูลจากการพิจารณาสภาพปัญหาและความต้องการ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าความสอดคล้อง IOC จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง และสอบถามความต้องการของผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง

3.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามในเรื่องของ ปัญหาที่เกิดระหว่างการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยผู้ใช้งาน

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามในเรื่องของ ปัญหาที่เกิดระหว่างการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู โดยผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมเครื่องกลด้านเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

การตอบแบบสอบถามได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ที่แสดงถึงปัญหาในด้านต่างๆ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

5.00 – 4.50	หมายถึง	มีปัญหาในระดับมากที่สุด
4.49 - 3.50	หมายถึง	มีปัญหาในระดับมาก
3.49 – 2.50	หมายถึง	มีปัญหาในระดับปานกลาง
2.49 – 1.50	หมายถึง	มีปัญหาในระดับน้อย
1.49 – 1.00	หมายถึง	มีปัญหาในระดับน้อยที่สุด

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ เป็นประโยชน์อย่างยิ่งเพื่อแสดงให้เห็นปัญหาในด้านต่างๆ อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.5.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบปัญหาระหว่างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูแบบเดิมและเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยใช้ค่าสถิติ T- test dependent Samples โดยมีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.00 – 4.50 หมายถึง มีปัญหาในระดับมากที่สุด

4.49 - 3.50 หมายถึง มีปัญหาในระดับมาก

3.49 – 2.50 หมายถึง มีปัญหาในระดับปานกลาง

2.49 – 1.50 หมายถึง มีปัญหาในระดับน้อย

1.49 – 1.00 หมายถึง มีปัญหาในระดับน้อยที่สุด

3.5.6 การวิเคราะห์คุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตโดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ วิเคราะห์โดยการสรุปข้อมูลเชิงสังเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผลในลักษณะบรรยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ดังนี้

4.1 . ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

4.2 . ผลการหาความพึงพอใจของระดับปัญหาการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่ง ทางด้านหน้าที่การใช้งานด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

4.3 . ผลการหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่

4.1 ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาสภาพปัญหาการใช้งานของเครื่องแบบเดิม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

4.1.1 ระบบส่งกำลัง และชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า

4.1.1.1 มอเตอร์ เลือกใช้ขนาด 7.5KW / 10 HP(กำลังม้า) 9,000 RPM(รอบต่อนาที) ใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลล์ การวางตำแหน่งของมอเตอร์อยู่บริเวณท้ายเครื่องเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน (สมบุญ ศรียา)

4.1.1.2 ชุดพู่เลย์ เลือกใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร

4.1.1.3 ชุดเกียร์ ประกอบไปด้วยกล่อง มีขนาด 30 X 35 เซนติเมตร หนา 16 เซนติเมตร และชุดเฟืองเกียร์ ซึ่งมีน้ำมันเกียร์เบอร์ 40 ปริมาณ 3 ลิตร เพื่อหล่อลื่น อัตราการทดของเกียร์อยู่ที่ 4 : 1

4.1.1.4 เพลาขับ ใช้เหล็กตันกลึงเป็นแท่งกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร พร้อมยอยค์ (ข้อต่อ)

4.1.1.5 ชุดสกรู (เกลียวเดือยหมู) สกรูหรือเกลียวเดือยหมูผลิตจากเหล็กหล่อ มีขนาดความยาว 90 เซนติเมตร ความห่างของเกลียวอยู่ที่ 6.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.6 กระบอกอัด แบ่งออกเป็นสามส่วน คือ

ส่วนที่ 1 กระบอกอัดติดตัวเครื่อง มีขนาด ยาว 9 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง กระบอกทางเข้า 9.7 เซนติเมตร ทางออก 7.7 พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน

ส่วนที่ 2 กระบอกอัดตัวกลาง มีขนาด ยาว 23 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง กระบอกทางเข้า 7.7 เซนติเมตร ทางออก 6.7 เซนติเมตร พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน

ส่วนที่ 3 กระบอกอัดตัวปลาย มีขนาด ยาว 13 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง กระบอกทางเข้าและทางออก 4.5 เซนติเมตร

4.1.1.7 ชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า สวิทซ์ควบคุม เปิด-ปิด ในการออกแบบจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่างๆในการควบคุมการทำงาน โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้สวิทซ์แบบสปริง ตั้ง Off และ On ขนาด16.5X25 หนา 16 เซนติเมตร มีการจัดวางตำแหน่งให้ใกล้มือผู้ควบคุมเครื่อง และมีสวิทซ์ Reward - Forward ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ลักษณะของสวิทซ์เป็นแบบโยกซ้าย-ขวา

4.1.1.8 สายไฟ เป็นแบบ PVC INSULATED AND SHEATHED TABLE 9 SIDE 4 X 6 มิลลิเมตร 70 C 750 V

4.1.2 โครงสร้างเครื่องอัดถ่านแท่ง แบ่งออกเป็นส่วนสำคัญดังนี้

โครงสร้างตัวเครื่อง โครงสร้างทั้งหมดเลือกใช้วัสดุเหล็กตัวไอ หนา 5 มิลลิเมตรขนาด 1 X 1 เมตร ซึ่งใช้การต่อโดยการเชื่อมประกอบ และส่วนประกอบภายในโครงสร้างประกอบไปด้วย

4.1.2.1 กล่องเกียร์ ลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 30 X 35 เซนติเมตร หนา 16 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยชุดเฟืองเกียร์ อัตราการทด 4 : 1 และน้ำมันเกียร์เบอร์ 40 ปริมาณ 3 ลิตร เพื่อการหล่อลื่น

4.1.2.2 อุโมงค์สกรู อุโมงค์สกรูผลิตจากเหล็กเหนียว มีขนาด กว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร พื้นที่หน้ากว้าง 23.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง วงนอก 13 เซนติเมตร วงใน 10 เซนติเมตร

4.1.2.3 บริเวณถาดใส่วัตถุดิบ ผลิตจากเหล็กแผ่น ติดขอบด้วยเหล็กเส้น หนา 8 มิลลิเมตร อยู่บริเวณส่วนบนสุดของเครื่อง มีขนาด 1 เมตร X 1 เมตร

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ด้านการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

การวิเคราะห์แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างตอนที่ 1 มีความเห็นสอดคล้องกัน โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้สถิติ ความถี่ และค่าร้อยละ เป็นเกณฑ์ในการสรุปข้อมูลเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ให้ตอบสนองความต้องการในการใช้งานมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 . อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม แบ่งเป็นดังนี้

15 – 25 ปี	จำนวน 2 คน	คิดเป็นร้อยละ	13
26 – 35 ปี	จำนวน 8 คน	คิดเป็นร้อยละ	53
36 – 45 ปี	จำนวน 4 คน	คิดเป็นร้อยละ	26.6
46 ปีขึ้นไป	จำนวน 1 คน	คิดเป็นร้อยละ	7.4

2 . ประสบการณ์ในการใช้งานหรือศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู แบ่งเป็นดังนี้

1 - 5 ปี	จำนวน 10 คน	คิดเป็นร้อยละ	66.6
6 – 10ปี	จำนวน 3 คน	คิดเป็นร้อยละ	20
11– ขึ้นไป	จำนวน 2 คน	คิดเป็นร้อยละ	13.4

3 . แนวความคิดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

คิดที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3

ไม่คิดที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม จำนวน0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

เคยมีผู้แนะนำรูปแบบที่แตกต่างจากเดิมและมีความสนใจ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.7

4. ท่านจะคำนึงถึงความสำคัญด้านใดเมื่อมีโอกาสได้ใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

หน้าที่การใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่ง	จำนวน 8 คน	คิดเป็นร้อยละ	53.3
ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง	จำนวน 1 คน	คิดเป็นร้อยละ	6.6
ความปลอดภัยในการใช้งาน	จำนวน 4 คน	คิดเป็นร้อยละ	26.6
ความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา	จำนวน 2 คน	คิดเป็นร้อยละ	13.5

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ด้านการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโดยยึดหลักและกรอบแนวความคิดของ วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ (2535 : 75-76) ซึ่งสัมพันธ์กับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังต่อไปนี้

1 . หน้าที่การใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่ง (Function)

2 . ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องอัดถ่านแท่ง (Construction)

3 . ความปลอดภัย (Safety)

4 . ความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา (Ease of Maintenance)

ผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเก่า โดยผู้ใช้งานที่ประเมินจากแบบสอบถามตอนที่ 1 ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ใช้งานประเมินปัญหาทางด้านการใช้งาน, ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ,ด้านความปลอดภัยและด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา เครื่องอัดถ่านแท่งแบบเก่า

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD	ระดับปัญหา
1	**ด้านหน้าที่การใช้งาน** 1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ	2.4	0.632	มีปัญหาน้อย
	1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง	2.5	0.516	มีปัญหาน้อย
	1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง	4.6	0.507	มีปัญหามากที่สุด
	1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง	4.1	0.516	มีปัญหามาก
	1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ	4.1	0.507	มีปัญหามาก
	1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน	3.8	0.351	มีปัญหามาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.6	0.505	
2	**ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง** 2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี	2.6	0.516	มีปัญหาปานกลาง
	2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน	2.3	0.487	มีปัญหาน้อย
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.4	0.501	
3	**ด้านความปลอดภัย** 3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์	1.6	0.487	มีปัญหาน้อย
	3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า	3.8	0.743	มีปัญหามาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.7	0.615	
4	**ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา** 4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย	3.7	0.457	มีปัญหามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD	ระดับปัญหา
	4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่	2.6	0.507	มีปัญหาปานกลาง
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.1	0.482	
	รวมค่าเฉลี่ย	3.2	0.518	

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเก่าพบปัญหา โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 2.8 แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายได้พบว่า ด้านหน้าที่การใช้งานข้อที่ 1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง มีปัญหาสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.6 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.507 ในด้านที่ 3 ด้านความปลอดภัย ข้อที่ 3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า มีระดับปัญหาที่ 3.8 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.743 ซึ่งจัดว่ามีปัญหามาก ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ข้อที่ 4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย มีระดับปัญหาที่ 2.6 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.507 ซึ่งจัดว่ามีปัญหาน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามลำดับด้านที่มีปัญหาค่าเฉลี่ยสูงสุดดังนี้

1. ด้านหน้าที่การใช้งาน ($\bar{X}$ = 3.6)
    - 1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ ($\bar{X}$ = 2.4)
    - 1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ($\bar{X}$ = 2.5)
    - 1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง ($\bar{X}$ = 4.6)
    - 1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง ($\bar{X}$ = 4.1)
    - 1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ ($\bar{X}$ = 4.1)
    - 1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ($\bar{X}$ = 3.8)
2. ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ($\bar{X}$ = 2.4)
    - 2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี ($\bar{X}$ = 2.5)
    - 2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน ($\bar{X}$ = 2.3)
3. ด้านความปลอดภัย ($\bar{X}$ = 2.7)
    - 3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ ($\bar{X}$ = 1.6)
    - 3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ($\bar{X}$ = 3.8)
4. ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ($\bar{X}$ = 3.1)
    - 4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย ($\bar{X}$ = 3.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่ ($\overline{X} = 2.6$)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ใช้งานประเมินระดับปัญหาด้านการใช้งาน, ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ,ด้านความปลอดภัยและด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา เครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่

ข้อ	รายการ	$\overline{X}$	SD	ระดับปัญหา
1	**ด้านหน้าที่การใช้งาน**			
	1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ	2.1	0.516	มีปัญหาน้อย
	1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง	2.0	0.593	มีปัญหาน้อย
	1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง	2.8	0.351	มีปัญหาปานกลาง
	1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง	2.5	0.516	มีปัญหาน้อย
	1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ	2.2	0.414	มีปัญหาน้อย
	1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน	2.1	0.639	มีปัญหาน้อย
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.2	0.504	
2	**ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง**			
	2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี	1.5	0.516	มีปัญหาน้อย
	2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน	1.6	0.487	มีปัญหาน้อย
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	1.5	0.501	
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์	1.4	0.516	มีปัญหาน้อย
	3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า	2.0	0.377	มีปัญหาน้อย
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	1.7	0.446	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\overline{X}$	SD	ระดับปัญหา
4	ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา 4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย	2.1	0.414	มีปัญหาน้อย
	4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่	1.2	0.414	มีปัญหาน้อย
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	1.6	0.414	
	รวมค่าเฉลี่ย	1.9	0.479	

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่พบปัญหา โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 1.9 แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายได้พบว่า ด้านหน้าที่การใช้งานข้อที่ 1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง มีปัญหาสูงสุดในเครื่องแบบเก่า โดยเครื่องแบบใหม่มีค่าเฉลี่ยที่ 2.8 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.351 ในด้านที่ 3 ด้านความปลอดภัย ข้อที่ 3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องเก่ามีระดับปัญหาที่ 3.4 เครื่องใหม่มีระดับปัญหาที่ 2.0 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.377 ซึ่งจัดว่ามีปัญหาน้อย ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ข้อที่ 4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย มีระดับปัญหาที่ 2.1 และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.414 ซึ่งจัดว่ามีปัญหาน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามลำดับด้านที่มีปัญหาค่าเฉลี่ยสูงสุดดังนี้

1. ด้านหน้าที่การใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.2)
   - 1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ ($\overline{X}$ = 2.1)
   - 1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ($\overline{X}$ = 2.0)
   - 1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง ($\overline{X}$ = 2.8)
   - 1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง ($\overline{X}$ = 2.5)
   - 1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ ($\overline{X}$ = 2.2)
   - 1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.1)
2. ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง ($\overline{X}$ = 1.5)
   - 2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี ($\overline{X}$ = 1.5)
   - 2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน ($\overline{X}$ = 1.6)
3. ด้านความปลอดภัย ($\overline{X}$ = 1.7)
   - 3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ ($\overline{X}$ = 1.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ($\overline{X}$ = 2.0)

4 . ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ($\overline{X}$ = 1.6)

4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย ($\overline{X}$ = 2.1)

4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่ง เปลี่ยนอะไหล่ ($\overline{X}$ = 1.2)

4.2 . ผลการหาระดับปัญหาในการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งทางด้านหน้าที่การใช้งานด้านความแข็งแรงของเครื่อง,ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา (N=15)

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าทีกรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระแก่กัน (T – test dependent samples) เปรียบเทียบปัญหาในด้านการใช้งานโดยเปรียบเทียบจากระดับปัญหาของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเดิมกับเครื่องรูปแบบใหม่

ข้อ	รายการ	เครื่องเดิม		เครื่องใหม่		t	Sig
		$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD		
1.	ด้านหน้าที่การใช้งาน 1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ	2.4	0.632	2.1	0.516	1.74	10.0
	1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง	2.5	0.516	2.0	0.593	3.50	.004*
	1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง	4.6	0.507	2.8	0.351	14.66	.000*
	1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง	4.1	0.516	2.5	0.516	8.41	.000*
	1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ	4.1	0.507	2.2	0.414	11.22	.000*
	1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน	3.8	0.351	2.1	0.639	9.53	.000*
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.6	0.050	2.2	0.504	8.17	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	เครื่องเดิม		เครื่องใหม่		t	Sig
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
2.	**ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง**						
	2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี	2.5	0.516	1.5	0.516	5.12	.000*
	2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน	2.3	0.487	1.6	0.487	3.56	.003*
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.4	0.501	1.5	0.501	4.34	.000*
3.	**ด้านความปลอดภัย**						
	3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์	1.6	0.487	1.4	0.516	1.87	.082
	3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า	3.8	0.743	2.0	0.377	9.72	.000*
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.7	0.615	1.7	0.446	5.76	.004*
4.	**ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา**						
	4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย	3.7	0.457	2.1	0.414	11.50	.000*
	4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่	2.6	0.507	1.2	0.414	10.69	.000*
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.1	0.482	1.6	0.414	11.09	.000*
	รวมค่าเฉลี่ย	3.2	0.518	1.9	0.479	7.62	.005*

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบปัญหาทางด้านหน้าที่การใช้งานด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา ของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูแบบเก่ากับรูปแบบใหม่ โดยเปรียบเทียบจากระดับปัญหาจากผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งอย่างเป็นประจำจำนวน 15 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจากตาราง Sig (2 – Tailed) ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมุติฐานเท่ากับ 0.005 มีค่าไม่มากกว่าค่านัยสำคัญที่ตั้งไว้ในระดับ 0.05 แสดงว่าเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่มีความพึงพอใจมากกว่าเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แบ่งสรุปผลเป็นรายด้านดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ด้านหน้าที่การใช้งาน พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ 0.50 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่มีความพึงพอใจในระดับปัญหาด้านหน้าที่การใช้งานภาพรวมระดับปัญหาน้อย ($\overline{X} = 2.2$) และผู้ใช้งานเครื่องเดิมมีความพึงพอใจในระดับปัญหามาก ($\overline{X} = 3.6$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงตามลำดับสรุปได้ดังนี้

ข้อที่

1.1 เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ 10.0 ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.1$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 2.4$)

1.2 ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .004* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.0$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 2.5$)

1.3 การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.8$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 4.6$)

1.4 ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.5$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 4.1$)

1.5 บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.2$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 4.1$)

1.6 ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X} = 2.1$) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X} = 3.8$)

2. ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาด้านหน้าที่การใช้งานภาพรวมระดับปัญหาน้อย ($\overline{X} = 1.5$) และผู้ใช้งามมีความพึงพอใจระดับปัญหาของเครื่องเดิมในระดับปัญหาปานกลาง ($\overline{X} = 2.4$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงตามลำดับสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่

2.1 โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับน้ำหนักของมอเตอร์ได้ดี พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X}$ = 1.5) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 2.5)

2.2 โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .003* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ในระดับ ($\overline{X}$ = 1.6) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 2.3)

3. ด้านความปลอดภัย พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .004* กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่มีความพึงพอใจระดับปัญหา ด้านหน้าที่การใช้งานภาพรวมระดับปัญหาน้อย ($\overline{X}$ = 1.7) และผู้ใช้งามมีความพึงพอใจเครื่องเดิมในระดับปัญหาปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.7) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงตามลำดับสรุปได้ดังนี้

ข้อที่

3.1 บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .082 ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ในระดับ ($\overline{X}$ = 1.4) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 1.6)

3.2 ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X}$ = 2.0) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 3.8)

4. ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่มีความพึงพอใจระดับปัญหาด้านหน้าที่การใช้งานภาพรวมระดับปัญหาน้อย ($\overline{X}$ = 1.6) และผู้ใช้งามมีความพึงพอใจเครื่องเดิมในระดับปัญหาปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.1) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงตามลำดับสรุปได้ดังนี้

ข้อที่

4.1 กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X}$ = 2.1) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 3.7)

4.2 ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่ พบว่าการยอมรับสมมุตติฐานเท่ากับ .000* ผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องรูปแบบใหม่ที่ระดับ ($\overline{X}$ = 1.2) และผู้ใช้มีความพึงพอใจกับระดับปัญหาของเครื่องแบบเดิมที่ระดับ ($\overline{X}$ = 2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่

ผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง S&W อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบ คือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซค์ส่งถ่านอัดแท่งไปตรวจสอบหาคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.4 คุณภาพมาตรฐานของถ่านอัดแท่ง ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดีต้องมีคุณสมบัติทั้งหมด 4 ข้อดังนี้ (สมเจตน์ คุ้มโพธิ์ :2546)

คุณสมบัติ	ปริมาณ
1 . มีปริมาณเถ้า(Ash)	ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม
2 . มีความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักรวม
3 . มีค่าความร้อน (Heating Value)	ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
4 . มีค่าความหนาแน่น (Density)	ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงคุณภาพมาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ส่งถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ไปตรวจเพื่อหาคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งผลออกมาเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.5 คุณภาพมาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ที่ ฝวพ. / พง. 160-07/48) โดยวิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ASTM D 3172 and D 2015

คุณสมบัติ	ปริมาณ
1 . มีปริมาณเถ้า(Ash)	7.9 % ของน้ำหนักรวม
2 . มีความชื้น (Moisture)	6.1% ของน้ำหนักรวม
3 . มีค่าความร้อน (Heating Value)	6,040 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
4 . มีค่าความหนาแน่น (Density)	0.800 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ผลการตรวจสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ โดยรวมแล้วมีคุณภาพดีกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สามารถแยกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1 . ปริมาณเถ้า มาตรฐานกำหนดที่ ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณเถ้า 7.9 % ของน้ำหนักรวม น้อยกว่ามาตรฐาน 1.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . ความชื้น มาตรฐานกำหนดที่ 10 % ของน้ำหนักรวม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณความชื้น 6.1% ของน้ำหนักรวม น้อยกว่ามาตรฐาน 3.9 %

3 . ค่าความร้อน มาตรฐานกำหนดที่ ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณค่าความร้อน 6,040 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มากกว่ามาตรฐาน 1,040

4 . ค่าความหนาแน่น มาตรฐานกำหนดที่ ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณค่าความหนาแน่น 0.800 กรัมต่อลูก-บาศก์เซนติเมตร มากกว่ามาตรฐาน 0.200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วว.

คำขอบริการที่ ท.145/48 ที่ ฝวพ./พง. 160-07/48

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านไม้อัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 3172 and D 2015

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C **ความชื้นสัมพัทธ์** - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

คุณสมบัติ	สภาพนำส่ง	สภาพน้ำหนักแห้ง
ความชื้น ,%	6.1	-
เถ้า ,%	7.9	8.4
ค่าความร้อน ,กิโลแคลอรี/กก.	6,040	6,430
ความหนาแน่น ,กรัม/ลบ.ซม.	0.800	

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

1. นายชันษา จิรสุวรรณ
2. นายศรัทธา วัฒนธรรม

ผู้รับรอง

(นางสาวพิมลพรรณ ชาญปัญจกุล)
ผู้ช่วยรองผู้อำนวยการ
และรักษาการในตำแหน่งผู้อำนวยการ
ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และพลังงาน
วันที่ 14 กรกฎาคม 2548

ผู้ตรวจสอบ

(ดร.วิรชัย สุนทรรังสรรค์)

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู สำหรับอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่ง ในบทนี้เนื้อหาสรุปผลการวิจัย วัตถุประสงค์ของการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในครั้งต่อไป ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ซึ่งสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู
2. เพื่อเปรียบเทียบปัญหาในการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งที่พัฒนาขึ้น ทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา
3. เพื่อหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่

5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นการเลือกแบบเจาะจง โดยแบ่งออกตามวัตถุประสงค์ 3 กลุ่ม ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษา คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า (เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู) จำนวน 3 ท่าน

1.อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีพลังงานธรรมชาติและพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันนานาชาติศิรินทร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต

2 .เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี

3.ผู้จัดการ หจก. ศรียา เอ็นจิเนียริ่ง ต.คลองหลวง อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 ท่าน และ เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี จำนวน 15 ท่าน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย การทำวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอากลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานเครื่องอัด-ถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ มาเป็นแนวทางในการพัฒนาดังนี้

1 . เจ้าหน้าที่ฝ่ายการผลิตโรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 ท่าน

2 . เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องอัดถ่านแท่งประจำศูนย์ทดลองวิชา การด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี จำนวน 5 ท่าน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 50 กิโลกรัมโดยใช้วัตถุดิบ คือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซต์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 กิโลกรัม

5.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

5.1.3.1 ทำการเลื่อยไม้เนื้อแข็งที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตถ่านอัดแท่งให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับเตาเผา

5.1.3.2 นำไม้ที่ทำการเลื่อยแล้วเข้าเตาเผา โดยการเผาใช้อุณหภูมิประมาณ 380-430 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาประมาณ 5 ชั่วโมง รอจนอุณหภูมิเย็นจึงนำออกจากเตาเผา

5.1.3.3 ถ่านไม้ที่ได้จากการเผานำไปเข้าสู่กระบวนการบดย่อย โดยกระบวนการนี้ต้องอาศัยเครื่องบดย่อยช่วยเพราะเนื่องจากปริมาณถ่านที่ต้องใช้มากและประหยัดแรงงาน ซึ่งเครื่องบดย่อยที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องบดย่อยที่ใช้กับเศษพืช

5.1.3.4 นำถ่านไม้ที่ทำการบดแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อผสมกับตัวประสานซึ่งมีหลายชนิด แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แป้งมันสำปะหลังเนื่องจากเป็นตัวประสานที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูกและใช้งานได้ดี โดยอัตราส่วนในการผสมอยู่ที่ ถ่านบดุ 10 กิโลกรัม แป้งมัน 2 กิโลกรัม และน้ำประมาณ 1 – 2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากันซึ่งในโรงงานถ่านอัดแท่งจะมีเครื่องผสมโดยไม่ต้องใช้แรงคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.5 เมื่อทำการผสมถ่านบดเสร็จแล้ว นำไปใส่ที่ถาดรองรับที่บริเวณด้านบนของเครื่องอัดถ่านแท่ง ทำการเปิดเครื่องแล้วค่อยๆใส่ถ่านบดลงในช่องอัด พยายามใส่ถ่านบดอย่างต่อเนื่องและสังเกตการหมุนของเกลียวว่ามีการติดขัดหรือไม่

5.1.3.6 การใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งจะมีความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดเมื่อใช้งานประมาณ 30 นาที ควรเปิดระบบหล่อเย็นที่ตัวปลายกระบอกซึ่งทำงานด้วยน้ำไหลเวียนระบายความร้อนรอบๆกระบอกอัด เพื่อการทำงานต่อเนื่องในเวลานานๆ

5.1.3.7 ถ่านที่อัดออกมาแล้ว ทำการคัดและตัดให้ได้ตามขนาดที่ต้องการเพื่อทำการตากแดดหรือเข้าเตาอบเพื่อการไล่ความชื้นในตัวถ่าน

5.1.3.8 ถ่านที่ผ่านกระบวนการไล่ความชื้นแล้ว ผู้วิจัยได้นำมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนักรวมถึงตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนนำถ่านอัดแท่งส่งเข้าตรวจคุณภาพที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

5.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีกานวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และแบบสอบถามเป็นการวิเคาะห์โดยใช้หลักการและเหตุผลในลักษณะการบรรยายเพื่อหาความคิดเห็นเกียวกับปัญหาในการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

2 . การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ โดยวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ตรวจสอบจำนวนแบบสอบถามที่ผ่านการตอบให้ครบถ้วนสมบูรณ์

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 for Windows

2.3 หลังจากตรวจสอบแบบสอบถามแล้วผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ และค่าร้อยละค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการนำค่าสถิติไปวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยยึดหลักการออกแบบทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านหน้าที่การใช้งาน ,ด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง ,ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบปัญหาในการใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ทางด้านหน้าที่การใช้งาน ด้านความแข็งแรงของเครื่อง ด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ และค่าร้อยละค่าเฉลี่ย (X) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) ค่าทีกรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระแก่กัน(T – test dependent samples)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการนำค่าสถิติไปวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยยึดหลักการออกแบบทั้งหมด 4 ด้าน จากการทดลองใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งที่ได้รับการพัฒนาโดยผู้ใช้งานเครื่องอย่างเป็นประจำ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ วิเคราะห์โดยการสรุปข้อมูลเชิงสังเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะบรรยาย แล้วนำค่าสถิติไปวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับมาตรฐานของถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ ได้แก่

1 มีขี้เถ้า ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม

2 มีความชื้น ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักรวม

3 มีค่าความร้อน ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4 มีค่าความหนาแน่น ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

5.1.5 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ได้ผลสรุปการวิจัยดังนี้

5.1.5.1 ผลสรุปจากสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

1 . รูปแบบตัวโครงสร้างโดยรวม โครงสร้างของเครื่องอัดถ่านแท่งผลิตจากเหล็กชนิดต่างๆ คือเหล็กฉาก เหล็กราง ซึ่งเหล็กประเภทนี้มีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กหล่อ เนื่องจากรูปทรงในการรับแรงมากกว่าเหล็กกลวง เหล็กชนิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กหล่อจึงมีน้ำนักมากกว่า ผู้วิจัยได้เหล็กฉาก เหล็กราง เป็นโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยม การออกแบบได้คำนึงถึงความแข็งแรงในการใช้งาน รวมถึงการรองรับน้ำหนักและแรงหมุนของมอเตอร์ ในส่วนของช่องใส่วัตถุดิบได้เลือกใช้เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร

2 . การยึดวัสดุ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการยึดแบบ การเชื่อม (Welding) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานจนหลอมละลายติดกันหรือเติมลวดเชื่อม นอกจากนี้อาจใช้แรงดันเข้าช่วยก็ได้ และได้ใช้สลักเกลียวยึด (Screw fastening)) เป็นกรรมวิธีในการทำให้วัสดุชิ้นงานติดกันโดยการใช้สลักเกลียวยึดระหว่างกัน (วัฒนะ ชูวิทยา . 2530: 64-78)

ผลการวิเคราะห์ระบบกลไกของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

1 . ระบบต้นกำลัง ผู้วิจัยได้เลือกใช้มอเตอร์ขนาด ขนาด 7.5KW / 10 HP(กำลังม้า) 9,000 RPM(รอบต่อนาที)ใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลล์ การวางตำแหน่งของมอเตอร์อยู่บริเวณท้ายเครื่องเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน โดยมีพู่เลย์ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร เป็นระบบส่งกำลัง รวมถึงชุดเกียร์ทดรอบประกอบไปด้วยกล่อง มีขนาด 30 X 35 เซนติเมตร หนา 16 เซนติเมตร และชุดเฟืองเกียร์ ซึ่งมีน้ำมันเกียร์เบอร์ 40 ปริมาณ 3 ลิตร เพื่อหล่อลื่น อัตราการทดของเกียร์อยู่ที่ 4 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . ชุดอุปกรณ์ควบคุม ทางผู้ทรงคุณวุฒิได้แนะนำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบควบคุมเกี่ยวกับไฟฟ้าเป็นสวิทซ์แบบสปริง ตั้ง Off และ On ขนาด16.5X25 หนา 16 เซนติเมตร มีการจัดวางตำแหน่งให้ใกล้มือผู้ควบคุมเครื่อง และมีสวิทซ์ Reward - Forward ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ลักษณะของสวิทซ์เป็นแบบโยกซ้าย-ขวา

3 . สายไฟ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สายไฟแบบ PVC INSULATED AND SHEATHED TABLE 9 SIDE 4 X 6 มิลลิเมตร 70 C 750 V ซึ่งเป็นสายไฟแบบมียางหุ้มตลอด การใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่งเป็นแบบติดตั้งตายตัวไม่มีการเคลื่อนย้ายและใช้งานอย่างต่อเนื่องจึงไม่จำเป็นต้องมีระบบการจัดเก็บสายไฟ

ผลการวิเคราะห์ของขนาดสัดส่วนของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

1 .โครงสร้างตัวเครื่อง ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุเหล็กตัว ขนาด 1 X 1 เมตร สูง 1.20 เมตร ซึ่งใช้การต่อโดยการเชื่อมประกอบ และส่วนประกอบภายในโครงสร้างประกอบไปด้วย

1.1 กล่องเกียร์ ลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 30 X 35 เซนติเมตร หนา 16 เซนติเมตร

1.2 อุโมงค์สกรู อุโมงค์สกรูผลิตจากเหล็กเหนียว มีขนาด กว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร พื้นที่หน้ากว้าง 23.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง วงนอก 13 เซนติเมตร วงใน 10 เซนติเมตร

1.3 บริเวณถาดใส่วัตถุดิบ ผลิตจากเหล็กแผ่น ติดขอบด้วยเหล็กเส้น หนา 8 มิลลิเมตร อยู่บริเวณส่วนบนสุดของเครื่อง มีขนาด 1 เมตร X 1 เมตร

2 . ชุดสกรู (เกลียวเดือยหมู) สกรูหรือเกลียวเดือยหมูผลิตจากเหล็กหล่อ มีขนาดความยาว 90 เซนติเมตร ความห่างของเกลียวอยู่ที่ 6.5 เซนติเมตร

3. กระบอกอัด แบ่งออกเป็นสามส่วน คือ

ส่วนที่ 1 กระบอกอัดติดตัวเครื่อง มีขนาด ยาว 9 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้า 9.7 เซนติเมตร ทางออก 7.7 พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน

ส่วนที่ 2 กระบอกอัดตัวกลาง มีขนาด ยาว 23 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้า 7.7 เซนติเมตร ทางออก 6.7 เซนติเมตร พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน

ส่วนที่ 3 กระบอกอัดตัวปลาย มีขนาด ยาว 13 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้าและทางออก 4.5 เซนติเมตร

สรุป ขนาดสัดส่วนของตัวเครื่องผู้วิจัยได้นำความสูงของการยืนทำงาน โดยผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูจะต้องยืนทำงานจึงกำหนดขนาดสัดส่วนเพื่อสอดคล้องกับการทำงานในขั้นตอนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องที่ได้รับการพัฒนา

ผลการตรวจสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ โดยรวมแล้วมีคุณภาพดีกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สามารถแยกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1 . ปริมาณเถ้า มาตรฐานกำหนดที่ ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณเถ้า 7.9 % ของน้ำหนักรวม น้อยกว่ามาตรฐาน 1.1%

2 . ความชื้น มาตรฐานกำหนดที่ 10 % ของน้ำหนักรวม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณความชื้น 6.1% ของน้ำหนักรวม น้อยกว่ามาตรฐาน 3.9 %

3 . ค่าความร้อน มาตรฐานกำหนดที่ ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณค่าความร้อน 6,040 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มากกว่ามาตรฐาน 1,040

4 . ค่าความหนาแน่น มาตรฐานกำหนดที่ ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ มีปริมาณค่าความหนาแน่น 0.800 กรัมต่อลูก-บาศก์เซนติเมตร มากกว่ามาตรฐาน 0.200

5.1.6 สรุปผลการวิจัยจากผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

ผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ

1 . ด้านหน้าที่การใช้งาน

จากการประเมินโดยผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ได้ผลการวิเคราะห์ที่มาเป็นอันดับหนึ่ง คือ การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง ซึ่งจะประสบปัญหาความร้อนสะสม ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .8) , ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .5) , บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .2) , เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ และส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .1) , ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .0) ,

2 .ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง

จากการประเมินโดยผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ได้ผลการวิเคราะห์ที่มาเป็นอันดับหนึ่ง คือ โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 1.6) ตามมาด้วยโครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 1.5)

3 . ด้านความปลอดภัย

จากการประเมินโดยผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ได้ผลการวิเคราะห์ที่มาเป็นอันดับหนึ่ง คือ ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 2 .0) ตามมาด้วยบริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X}$ = 1.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 . ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

จากการประเมินโดยผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูได้ผลการวิเคราะห์ที่มาเป็นอันดับหนึ่ง คือ กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X} = 2.1$) ตามมาด้วยตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่ ค่าเฉลี่ยที่ ($\overline{X} = 1.2$)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัย เรื่องการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ผู้วิจัยได้เลือกใช้กรอบแนวความคิดของ (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2535) ทั้งหมด 4 ด้าน จึงทำให้ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 อภิปรายการแก้ปัญหาของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

5.2.1.1 ด้านหน้าที่การใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมมีความเห็น ปัญหาอยู่ในระดับน้อย ทั้งนี้เพราะเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านหน้าที่การใช้งานซึ่งมีข้อย่อยทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ, ปริมาณถ่านที่เครื่องผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง, การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง, ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง, บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ และส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี แก้ปัญหาได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งของ วัฒนา เสถียรสวัสดิ์

5.2.1.2 ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องอัดถ่านแท่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมมีความเห็น ปัญหาอยู่ในระดับน้อยมาก ทั้งนี้เพราะเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องซึ่งมีข้อย่อยทั้งหมด 2 ข้อ ได้แก่ โครงสร้างเครื่องสามารถรองรับของมอเตอร์ได้ดี และโครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน อยู่ในเกณฑ์ดี แก้ปัญหาได้ดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งของ วัฒนา เสถียรสวัสดิ์

5.2.1.3 ด้านความปลอดภัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมมีความเห็น ปัญหาอยู่ในระดับน้อย ทั้งนี้เพราะเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านความปลอดภัยซึ่งมีข้อย่อยทั้งหมด 2 ข้อ ได้แก่ บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์ และ ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์ดี แก้ปัญหาได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งของ วัฒนา เสถียรสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.4 ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมมีความเห็น ปัญหาอยู่ในระดับน้อยมาก ทั้งนี้เพราะเครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านความปลอดภัยซึ่งมีข้อย่อยทั้งหมด 2 ข้อ ได้แก่ กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย และ ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อ การปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่ อยู่ในเกณฑ์ดี แก้ปัญหาได้ดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งของ วัฒนา เสถียรสวัสดิ์

5.2.2 ด้านเทคนิคกลไก

ผลการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคกลไกลภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเลือกใช้มอเตอร์และระบบส่งกำลังได้เหมาะสม ผู้วิจัยเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 7.5KW / 10 HP(กำลังม้า) 9,000 RPM(รอบต่อนาที)ใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลล์ การวางตำแหน่งของมอเตอร์อยู่บริเวณท้ายเครื่องเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ระบบส่งกำลัง พู่เลย์เลือกใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร ทดรอบด้วยชุดเกียร์ ประกอบไปด้วยกล่อง มีขนาด 30 X 35 เซนติเมตร หนา 16 เซนติเมตร และชุดเฟืองเกียร์ ซึ่งมีน้ำมันเกียร์เบอร์ 40 ปริมาณ 3 ลิตร เพื่อหล่อลื่น อัตราการทดของเกียร์อยู่ที่ 4 : 1 ชุดเพลาขับ ใช้เหล็กตันกลึงเป็นแท่งกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร พร้อมยอยค์ (ข้อต่อ) ส่งกำลังไปชุดสกรู (เกลียวเดือยหมู) สกรูหรือเกลียวเดือยหมูผลิตจากเหล็กหล่อ มีขนาด ความยาว 90 เซนติเมตร ความห่างของเกลียวอยู่ที่ 6.5 เซนติเมตร โดยมีกระบอกอัดแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนที่ 1 กระบอกอัดติดตัวเครื่อง มีขนาด ยาว 9 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้า 9.7 เซนติเมตร ทางออก 7.7 พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน ส่วนที่ 2 กระบอกอัดตัวกลาง มีขนาด ยาว 23 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้า 7.7 เซนติเมตร ทางออก 6.7 เซนติเมตร พร้อมระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนเวียน ส่วนที่ 3 กระบอกอัดตัวปลาย มีขนาด ยาว 13 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกทางเข้าและทางออก 4.5 เซนติเมตร

ชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า สวิทซ์ควบคุม เปิด-ปิด ในการออกแบบจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่างๆในการควบคุมการทำงาน โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้สวิทซ์แบบสปริง ตั้ง Off และ On ขนาด16.5X25 หนา 16 เซนติเมตร มีการจัดวางตำแหน่งให้ใกล้มือผู้ควบคุมเครื่อง และมี สวิทซ์ Reward - Forward ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ลักษณะของสวิทซ์เป็นแบบโยกซ้าย-ขวา สายไฟเป็นแบบ PVC INSULATED AND SHEATHED TABLE 9 SIDE 4 X 6 มิลลิเมตร 70 C 750 V

5.2.3 ด้านคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องที่ได้รับการพัฒนา

การประเมินคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องรูปแบบใหม่ซึ่งผลิตที่โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 5 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบ คือ ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับถ่านกะลามะพร้าวและผงแอนทราไซค์ส่งไปตรวจคุณภาพตามคุณสมบัติ(สมเจตน์ คุ้มโพธิ์ . 2546) ซึ่งมีทั้งหมด 4 ข้อ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องที่ได้รับการพัฒนากับคุณสมบัติที่กำหนดไว้

คุณสมบัติ	คุณสมบัติที่กำหนด	ปริมาณของถ่านที่ได้
1 . มีปริมาณเถ้า(Ash)	ไม่เกิน 9 % ของน้ำหนักรวม	7.9 % ของน้ำหนักรวม
2 . มีความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน 10 % ของน้ำหนักรวม	6.1% ของน้ำหนักรวม
3 . มีค่าความร้อน (Heating Value)	ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม	6,040 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
4 . มีค่าความหนาแน่น (Density)	ไม่น้อยกว่า 0.600 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.800 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

สรุป ผลการตรวจสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเครื่องอัดถ่านแท่งรูปแบบใหม่ โดยรวมแล้วมีคุณภาพดีกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สามารถแยกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1 . ปริมาณเถ้า น้อยกว่ามาตรฐาน 1.1%

2 . ความชื้น น้อยกว่ามาตรฐาน 3.9 %

3 . ค่าความร้อน มากกว่ามาตรฐาน 1,040

4 . ค่าความหนาแน่น มากกว่ามาตรฐาน 0.200

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมไฟฟ้า

จากการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเป็นข้อๆดังต่อไปนี้ดังต่อไปนี้

1 . ขนาดของตัวเครื่องอัดถ่านแท่งควรจะมีขนาดที่กะทัดรัดมากกว่านี้ เนื่องจากผู้วิจัยคำนึงถึงการใช้งานกับระบบอุตสาหกรรมจึงทำให้มีขนาดใหญ่เคลื่อนย้ายลำบาก

2 . ระบบหล่อเลี้ยงน้ำที่ปลายกระบอกอัดควรจะเป็นระบบอัตโนมัติ มีสวิทซ์สั่งเปิด – ปิด ตามเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด จะเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน

3 . ควรเพิ่มตู้ควบคุมที่เป็นระบบแม็กซ์เนติกซ์ เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่ใช้กำลังไฟสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ข้อเสนอแนะของกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูอย่างเป็นประจำ

จากการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะของกลุ่มผู้ใช้งานเป็นข้อๆดังต่อไปนี้ดังต่อไปนี้

1 . โต๊ะที่มีรางรองรับถ่านควรจะอยู่ติดกับตัวเครื่องและสามารถพับเก็บได้

2 . สายยางของระบบหล่อน้ำควรจะมีรางเก็บให้เรียบร้อย

5.3.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการผลวิจัยไปใช้

เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูยังสามารถประยุกต์นำไปใช้ในงานอย่างอื่นได้อีก เช่นการอัดขี้-เลื่อยเพื่อปลูกเห็ด การอัดมูลสัตว์ให้เป็นแท่งเพื่อนำไปทำปุ๋ย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.2546. **การศึกษาและพัฒนาพลังงานทดแทน.** [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dede.go.th.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์.2545. **ถ่านอัดแท่ง.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.smethai.net.

กรมส่งเสริมธุรกิจไทยในต่างประเทศ.2546. **สถานการณ์พลังงานทดแทนภายในประเทศ 2546.** [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mfa.go.th.

เกษม จันทร์แก้ว .2524. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษมชัย บุญเพ็ญ.2533. **พื้นฐานโลหะแผ่น.** กรุงเทพฯ : ประกอบเมไตร.

ณรงค์ ชอนตะวัน.2534. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.** กรุงเทพฯ : เอราวัณการพิมพ์ .

ชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้.2546. **ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

ทองม้วน นาเสงี่ยม.2524 . **พลังงานทดแทนจากใบฉำฉา.** รายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. วิทยาลัยครูมหาสารคาม. เอกสารอัดสำเนา.

ทองทิพ พูลเกษม.2542 . "การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านไม้ในการหุงต้มในครัวเรือน". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย , มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทวีศักดิ์ อ่วมน้อย.2543. **วัสดุและเทคโนโลยีการผลิต.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรังสิต.

ธีรยุทธ พึ่งเทียน.2543. **สถิติเบื้องต้นและการวิจัย .** กรุงเทพฯ : สูตรไพศาล.

ธีระชัย สุขสด.2544. **การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

นิรัช สุดสังข์.2547. **การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาห-กรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประทีป ปิ่นท้วม. 2535. "การศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง". วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนา ทรัพยกร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.2548. **การวิเคราะห์ค่าความร้อน ค่าคงตัวของถ่าน ค่าของสารระเหย ค่ากำมะถันของวัสดุต่าง ๆ .** เข้าถึงได้จาก : http://www.Charcoal.SNMcenter.com .

นิรนาม.2548. **ถ่าน.** [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.Charcoal.SNMcenter.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มงคล ไข่มุก.2535. "การนำพืทมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแข็ง" . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2529. **เชื้อเพลิงเขียว(โครงการเชื้อเพลิงแข็ง).** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเจตน์ คุ้งไพธิ์. 2546. **เผาไม้ให้กลายเป็นเงิน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช.

สุทธิ์ ศรีบูราพา.2540. **เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย .** กรุงเทพฯ : ที พี พริ้นจำกัด .

โสภิตา บุญเอนกทรัพท์ สุชาดา ไชยสวัสดิ์ สุวิทย์ เตีย และจิรพันธ์ เนื่องจากนิล.2542. **การสกัดแป้งจากหัวมันสำปะหลัง** โครงงานวิจัย. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ.

อนุชิต กิจสวัสดิ์. 2524. **รายงานเรื่องการทำเชื้อเพลิงอัดแข็งจากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในกับเตาเศรษฐกิจแบบของนายหล้า.** กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
ภาคผนวก ข. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ภาคผนวก ค. การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู
ภาคผนวก ง. ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0132

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๐ มกราคม 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อาจารย์สายจิตร จะวะนะ

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง คุณสมบัติของพลังงานทดแทน เอกสารเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบถ่านอัดแท่ง และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2166

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

17 พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณน้อย เรียงวงษ์

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลและถ่ายภาพเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2891

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

25 มิถุนายน 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณสมบุญ ศรีมา

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ควบคุมเครื่องอัดถ่านแท่ง และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "อุปกรณ์ควบคุมของเครื่องอัดถ่านแท่ง" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ **0308**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ มกราคม 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน หัวหน้าศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับระบบการทำงาน ส่วนประกอบของเครื่องอัดถ่านแท่ง ขอใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง กะบะผสม เตาถ่าน และอุปกรณ์ในการหาประสิทธิภาพความร้อน และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสารนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องมืออัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04//๖๐๑

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๑ เมษายน 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อาจารย์สุรพล ภูมิพระบุ

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่ใช้ในปัจจุบัน และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสารนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ **1780** วันที่ ๔๙ เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ **1780** วันที่ 25 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/2001

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินแบบสอบถาม เพื่อการวิจัย

เรียน คณบดี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่า อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเรียนเชิญ อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิในเรื่องดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 1780 วันที่ 25 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดเตรียมทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

รับเรียบร้อย ผู้ทรงคุณ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0513.10601/ 1027

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

1 มี.ค. 2548

สาขาวิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
รับที่ 0382/49
วันที่ 21 มี.ค. 49
เวลา 10.03 น.

เรื่อง อนุญาตข้าราชการไปเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อ้างถึง หนังสือที่ ศธ 0524.04/2001 ลงวันที่ 6 พฤษภาคม 2548

ตามหนังสือที่อ้างถึง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอเชิญ อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ ไปเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินแบบสอบถามของ นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในการทำสาระนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู" นั้น

คณะวนศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ ไปเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินแบบสอบถาม ตามที่ขอไปได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายอุทิศ กุฏอินทร์)
คณบดีคณะวนศาสตร์

เอกสาร
สาขาวิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
คณะวนศาสตร์
โทร. 0 2579 0170, 0 2579 0520
โทรสาร 0 2561 4246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04//605

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ฉนวนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

11 เมษายน 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อาจารย์สุรพล ภูมิพระบุ

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรู เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรูที่ใช้ในปัจจุบัน และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "เครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรู" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสารนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2166

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

17 พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณวรนนท์ ประทุมานนท์

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายและผลิตในปัจจุบัน ขอเอกสารและถ่ายภาพถ่านอัดแท่ง และขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "ถ่านอัดแท่ง" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2891

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบั
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๙ มิถุนายน 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณสิทธิชัย โพธิ์เวชกุล

ด้วย นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูล เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งและขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "เครื่องอัดถ่านแท่ง" เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 0-2326-4325
โทรสาร. 0-2326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข. **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็น

ขั้นตอนการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการการปัญหาในใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

เรื่อง การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

.....

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู, เพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู , ปัญหาและความต้องการ , เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่ได้ศึกษาแล้ว , เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาแล้ว

แบบสอบถามที่ท่านตอบมาจะไม่กระทบเทือนต่อหน้าที่การงาน หรืออย่างอื่นต่อตัวท่านแต่อย่างใดและท่านไม่ต้องลงชื่อ

ขอความกรุณาท่านได้พิจารณาตอบแบบสอบถามตามสภาพความเป็นจริง เพื่อจะได้นำข้อมูลที่ท่านตอบแบบสอบถามไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในโอกาสต่อไปและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน แบ่งเป็น

ตอนที่ 1 ข้อมูลเฉพาะของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลสำรวจความคิดเห็นขั้นตอนเพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

ชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช
นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็น

ขั้นตอนการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาในการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

เรื่อง การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายลงใน ( ) หน้าข้อความซึ่งตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

ตอนที่ 1 : ข้อมูลเฉพาะของผู้ตอบแบบสอบถาม

1 . อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

( ) 15-25 ปี
( ) 26-35 ปี
( ) 36-45 ปี
( ) 46 ปีขึ้นไป

2 . ประสบการณ์ในการใช้งานหรือศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

( ) 1 - 5 ปี
( ) 6 – 10ปี
( ) 11– ขึ้นไป

3 . แนวความคิดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

( ) คิดที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม
( ) ไม่คิดที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม
( ) เคยมีผู้แนะนำรูปแบบที่แตกต่างจากเดิมและมีความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ท่านจะคำนึงถึงความสำคัญด้านใดเมื่อมีโอกาสได้ใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู เป็นอย่างแรก

( ) หน้าที่การใช้งานของเครื่องอัดถ่านแท่ง

( ) ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง

( ) ความปลอดภัยในการใช้งาน

( ) ความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 : ข้อมูลปัญหาในการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่ง

คำชี้แจง : โปรดพิจารณาข้อความต่อไปนี้ว่าท่านมีความคิดเห็นตามรายการนั้นมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่าง ซึ่งให้ตรงกับลำดับความมากน้อยของปัญหาที่เกิดจากการใช้เครื่องตามความจริงและขอให้ท่านตอบทุกข้อ ซึ่งระดับของปัญหาแบ่งออกเป็นลำดับดังนี้

1 หมายถึง มีปัญหาน้อยที่สุด
2 หมายถึง มีปัญหาน้อย
3 หมายถึง มีปัญหาปานกลาง
4 หมายถึง มีปัญหามาก
5 หมายถึง มีปัญหามากที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1
1.	**ด้านหน้าที่การใช้งาน**					
	- เครื่องสามารถอัดถ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ	.....	.....	.....	.....	.....
	- ปริมาณถ่านที่เครื่องสามารถผลิตได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง					
	- การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง	.....	.....	.....	.....	.....
	- ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง	.....	.....	.....	.....	.....
	- บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ	.....	.....	.....	.....	.....
	- ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....
2.	**ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง**					
	- โครงสร้างสามารถรองรับน้ำหนักของมอเตอร์ได้ดี					
	- โครงสร้างเครื่องไม่สั่นคลอนเมื่อเครื่องทำงาน	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1
3.	**ด้านความปลอดภัย**					
	- บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์	.....	.....	.....	.....	.....
	- ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า	.....	.....	.....	.....	.....
4.	**ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา**					
	- กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย	.....	.....	.....	.....	.....
	- ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อการปรับแต่งเปลี่ยนอะไหล่	.....	.....	.....	.....	.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็น

ขั้นตอนการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

เรื่อง การศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

****

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบถามโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจแบบสอบถามพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามโดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

+ 1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับเนื้อหา

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับเนื้อหา

- 1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู	การให้ค่าคะแนน			
ความคิดเห็นเกี่ยวกับการศึกษาและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่ง หมายถึง ความเห็นหรือการลงมติในการเลือกปัญหาที่สามารถนำมาออกแบบและพัฒนาร่วมกับผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่ง	+ 1	0	- 1	หมายเหตุ / ข้อเสนอแนะ
ตอนที่ 1				
1. อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม				
2. ประสบการณ์ในการใช้งานหรือศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู				
3. แนวความคิดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู				
4. ท่านจะคำนึงถึงความสำคัญด้านใดเมื่อมีโอกาสได้ใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู เป็นอย่างแรก				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

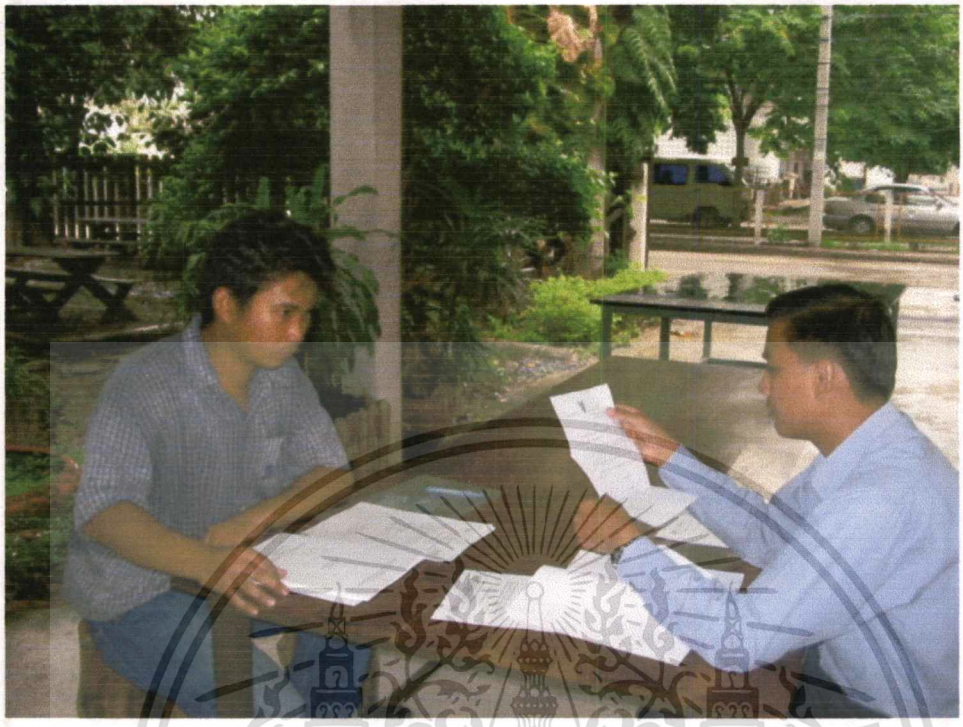
การพัฒนาและสร้างเครื่องอัดฉ่านแท่งแบบสกรู	การให้คะแนน			
ความคิดเห็นเกี่ยวกับการศึกษาและสร้างเครื่องอัดฉ่านแท่ง หมายถึง ความเห็นหรือการลงมติในการเลือกปัญหาที่สามารถนำมาออกแบบและพัฒนาร่วมกับผลิตภัณฑ์เครื่องอัดฉ่านแท่ง	+1	0	-1	หมายเหตุ / ข้อเสนอแนะ
ตอนที่ 2				
ด้านหน้าที่การใช้งาน				
1.เครื่องสามารถอัดฉ่านได้ดีมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ				
2.ปริมาณของฉ่านที่เครื่องสามารถอัดได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง				
3. การทำงานต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง				
4. ความร้อนสะสมที่ปลายกระบอกอัดภายในเวลา 1 ชั่วโมง				
5. บริเวณที่ใส่วัตถุดิบของเครื่องมีความเหมาะสมกับความต้องการ				
6. ส่วนควบคุมมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน				
ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง				
1. โครงสร้างสามารถรองรับน้ำหนักของมอเตอร์ได้ดี				
2. โครงสร้างไม่สั่นคลอนเมื่อมีการเดินเครื่อง				
ด้านความปลอดภัย				
1. บริเวณการวางตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์				
2. ส่วนควบคุมที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า				
ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา				
1 . กระบอกอัดสามารถถอดเปลี่ยนได้อย่างสะดวกสบาย				
2. ตำแหน่งของ พู่เลย์ สายพาน และมอเตอร์สะดวกสบายต่อการปรับแต่งและเปลี่ยนอะไหล่				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

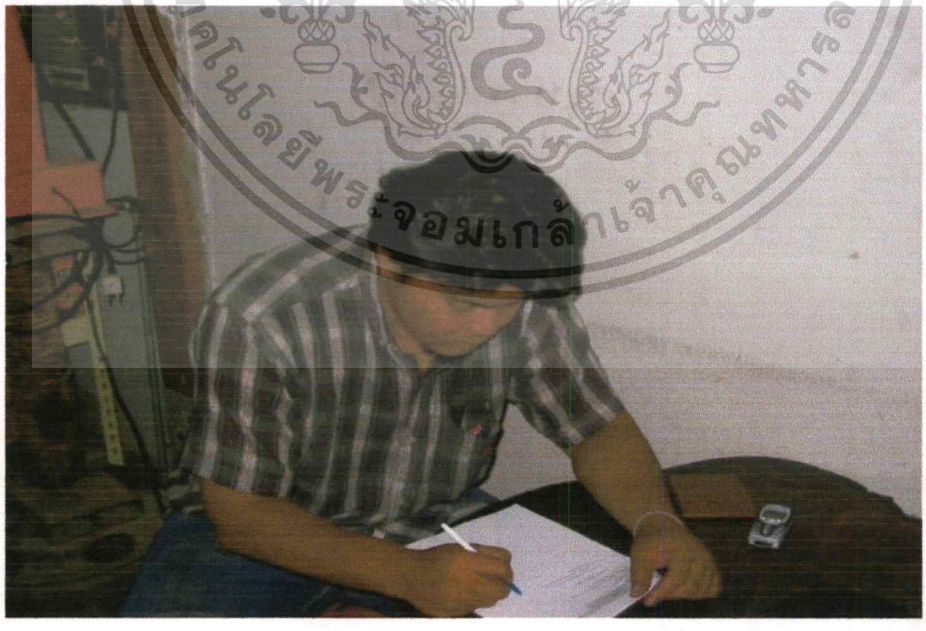
สรุปผลการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบถามโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจแบบสอบถามพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถาม

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านหน้าที่การใช้งาน						
1.1	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
1.2	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
1.4	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
1.5	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
1.6	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
2 . ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่อง						
2.1	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
3 . ด้านความปลอดภัย						
3.1	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
4 . ด้านความสะดวกสบายในการบำรุงรักษา						
4.1	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง
4.2	1	1	1	1.00	3	มีความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข 1 อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์ ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม



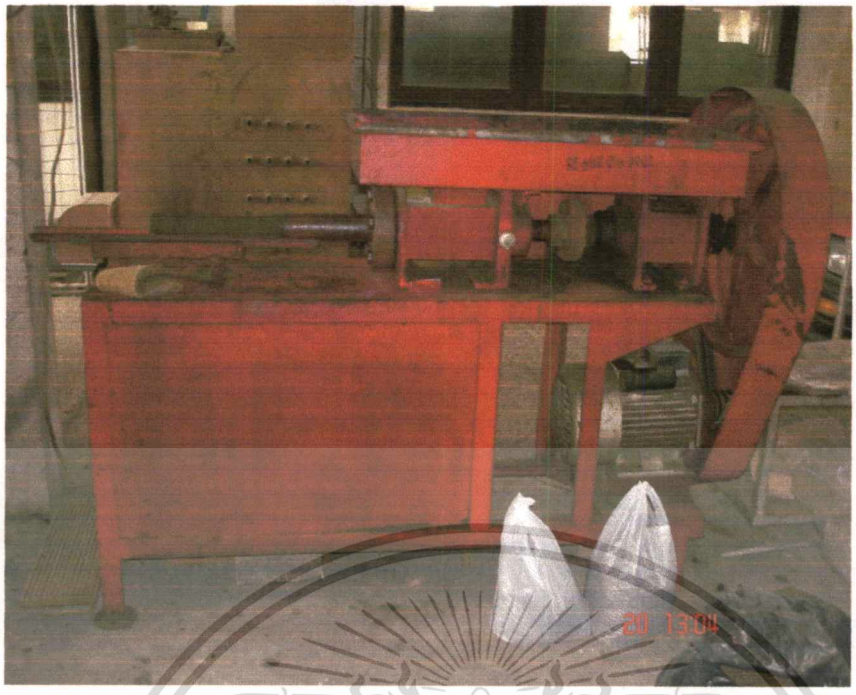
ภาพที่ ข 2 คุณสิทธิชัย โพธิ์เวชกุล หัวหน้าฝ่ายการผลิตและพนักงานฝ่ายการผลิต โรงงานถ่านอัดแท่ง P&A จ.พระนครศรีอยุธยา ตอบแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ค. การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรู

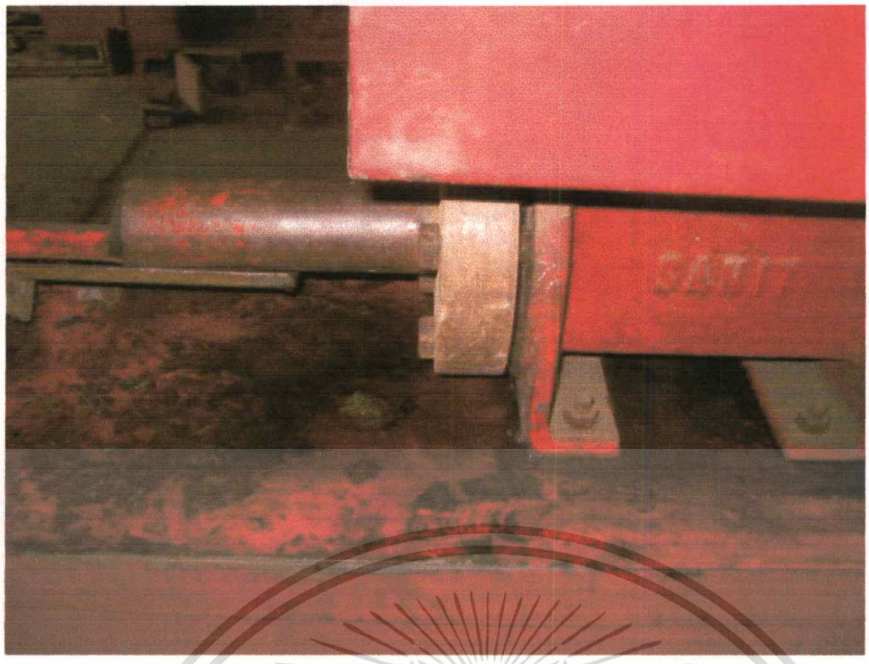
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



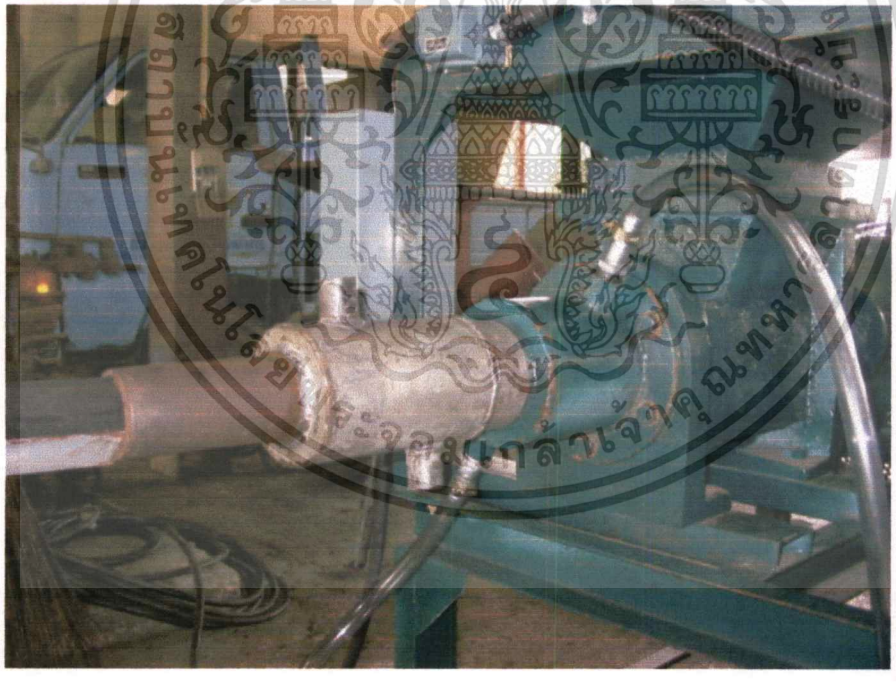
ภาพที่ ค 1 เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบเดิมที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

ภาพที่ ค 2 เครื่องอัดถ่านแท่งแบบสกรูรูปแบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค 3 กระบอกอัดมีปัญหาความร้อนอย่างมากกับเครื่องอัดถ่านแท่ง



ภาพที่ ค 4 เครื่องที่ได้พัฒนาจึงนำระบบหล่อเย็นด้วยน้ำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาความร้อน

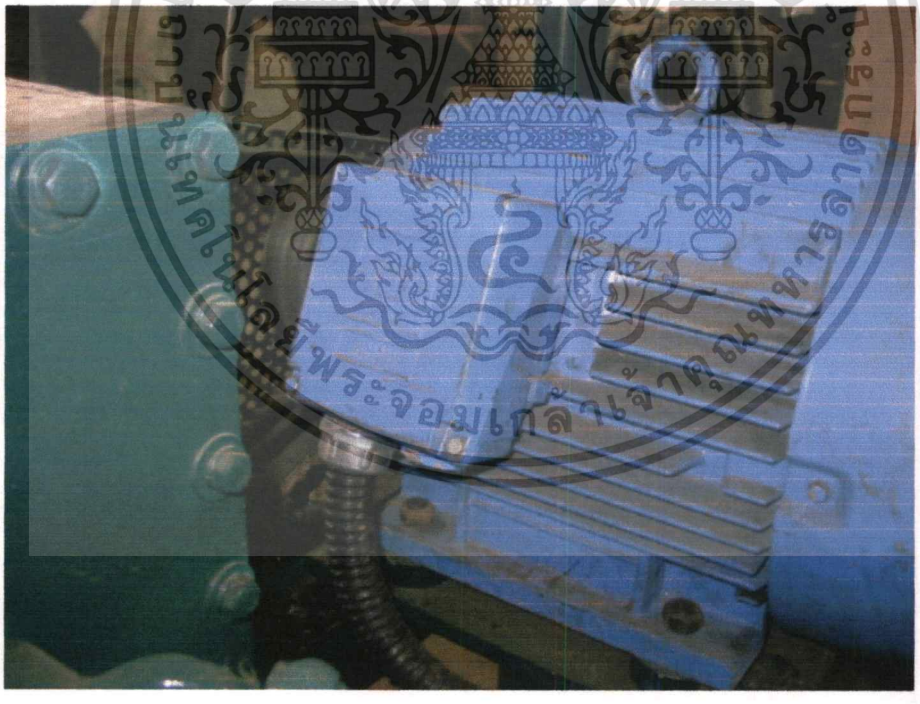
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค 5 บริเวณใส่วัตถุดิบมีขนาดเล็กไม่เหมาะกับการผลิตระบบอุตสาหกรรม

ภาพที่ ค 6 เครื่องที่ได้พัฒนาจึงได้เพิ่มขนาดของถาดที่ใส่วัตถุดิบ

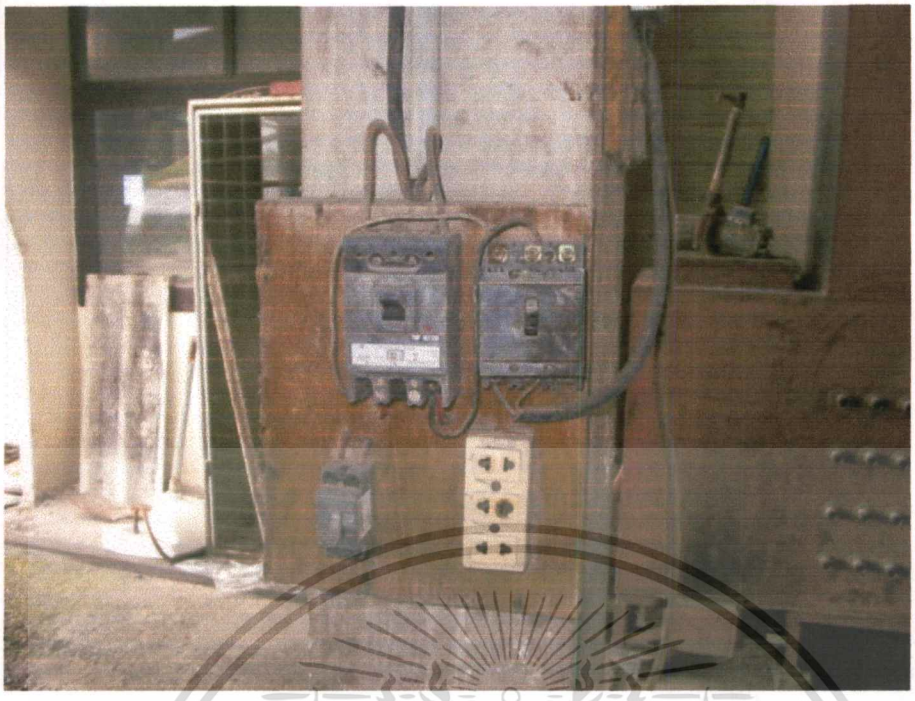
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค 7 ตำแหน่งการวางมอเตอร์และสายไฟไม่มีความปลอดภัย

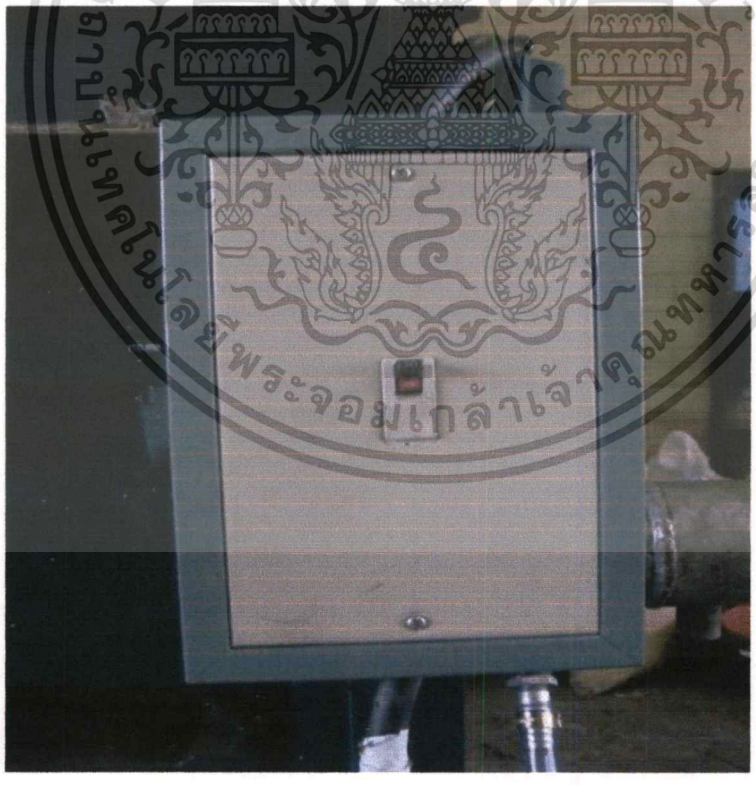


ภาพที่ ค 8 เครื่องที่ได้พัฒนาจึงมีการวางตำแหน่งมอเตอร์ให้ปลอดภัยขึ้นสายไฟหุ้มฉนวนกันไฟรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

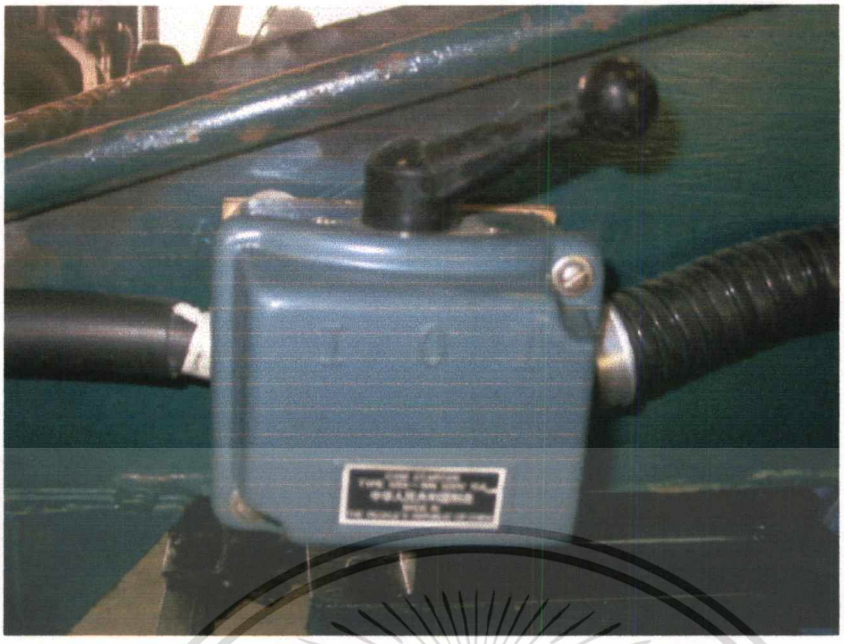


ภาพที่ ค 9 ส่วนควบคุมที่เป็นระบบไฟฟ้าไม่มีความปลอดภัย

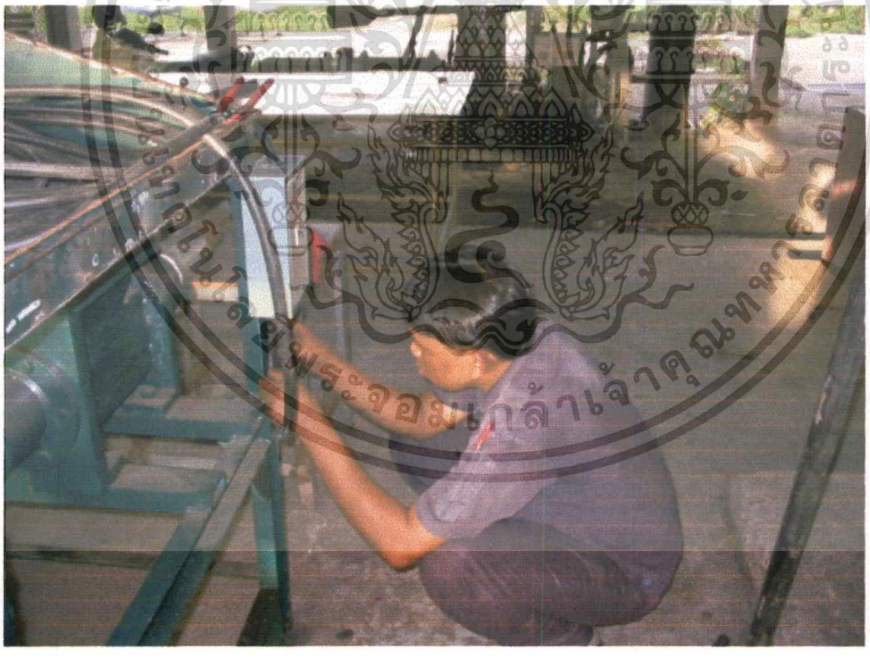


ภาพที่ ค 10 เครื่องที่ได้พัฒนาจึงมีการใส่สวิทช์ควบคุมให้ปลอดภัยขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

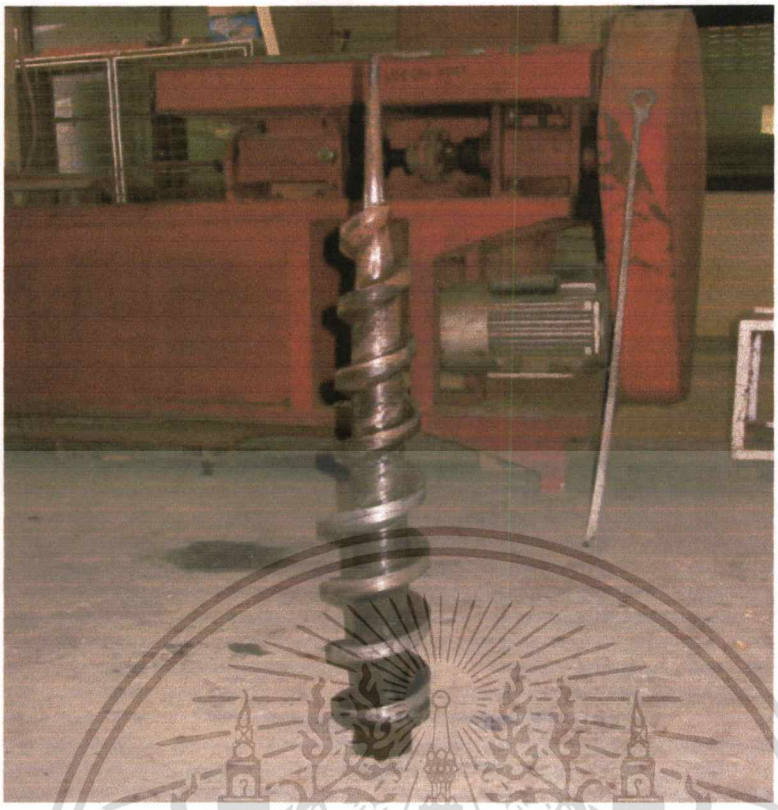


ภาพที่ ค 11 เพิ่มสวิทช์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ Reward – Forward

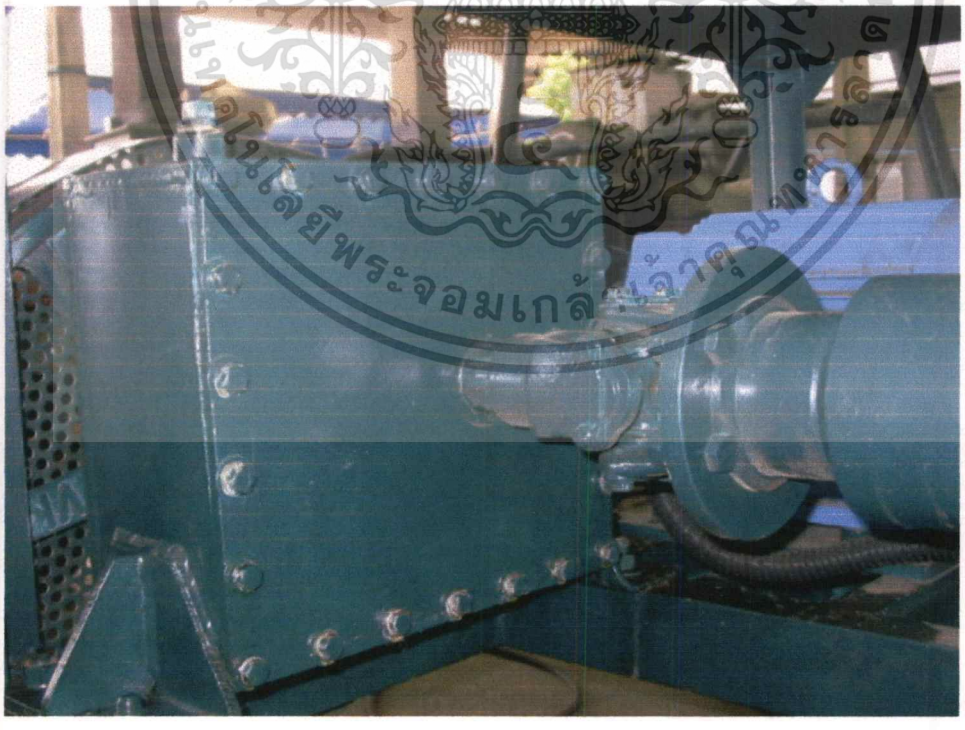


ภาพที่ ค 12 คุณสมบุญ ศรียา ผู้จัดการ หจก. ศรียา เอ็นจิเนียริ่ง ผู้ดูแลระควบคุมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

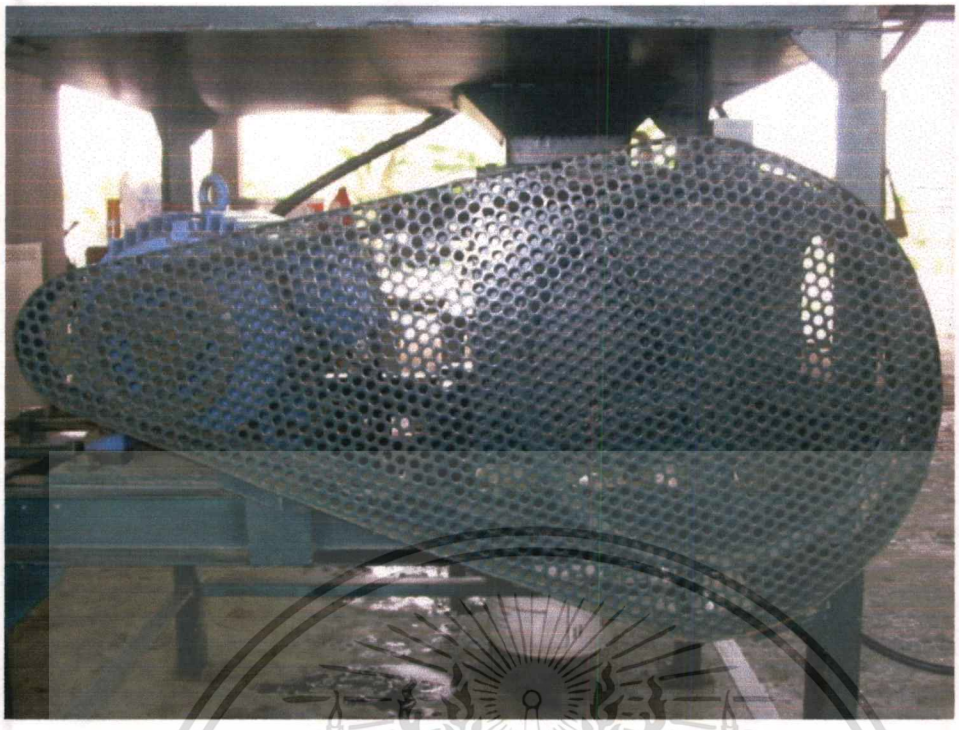


ภาพที่ ค 13 ลักษณะของสกรู (เกลียว) ของเครื่องอัดถ่านแท่ง

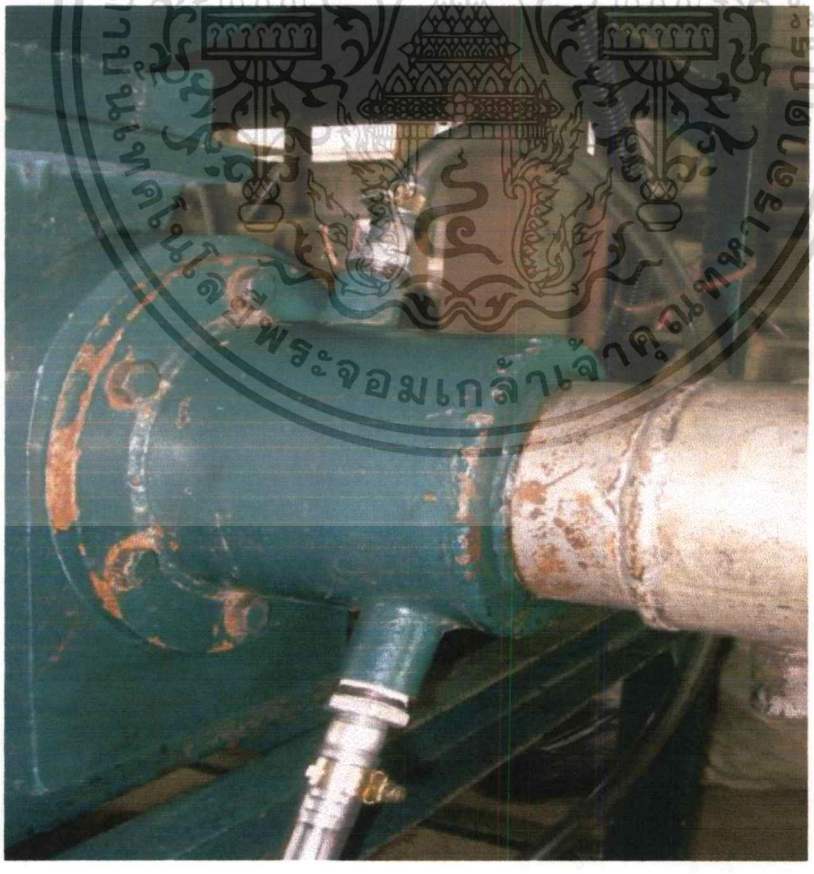


ภาพที่ ค 14 ชุดเกียร์พร้อมข้อต่อชุดส่งกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค 15 ตำแหน่งการวางมอเตอร์และพู่เลย์

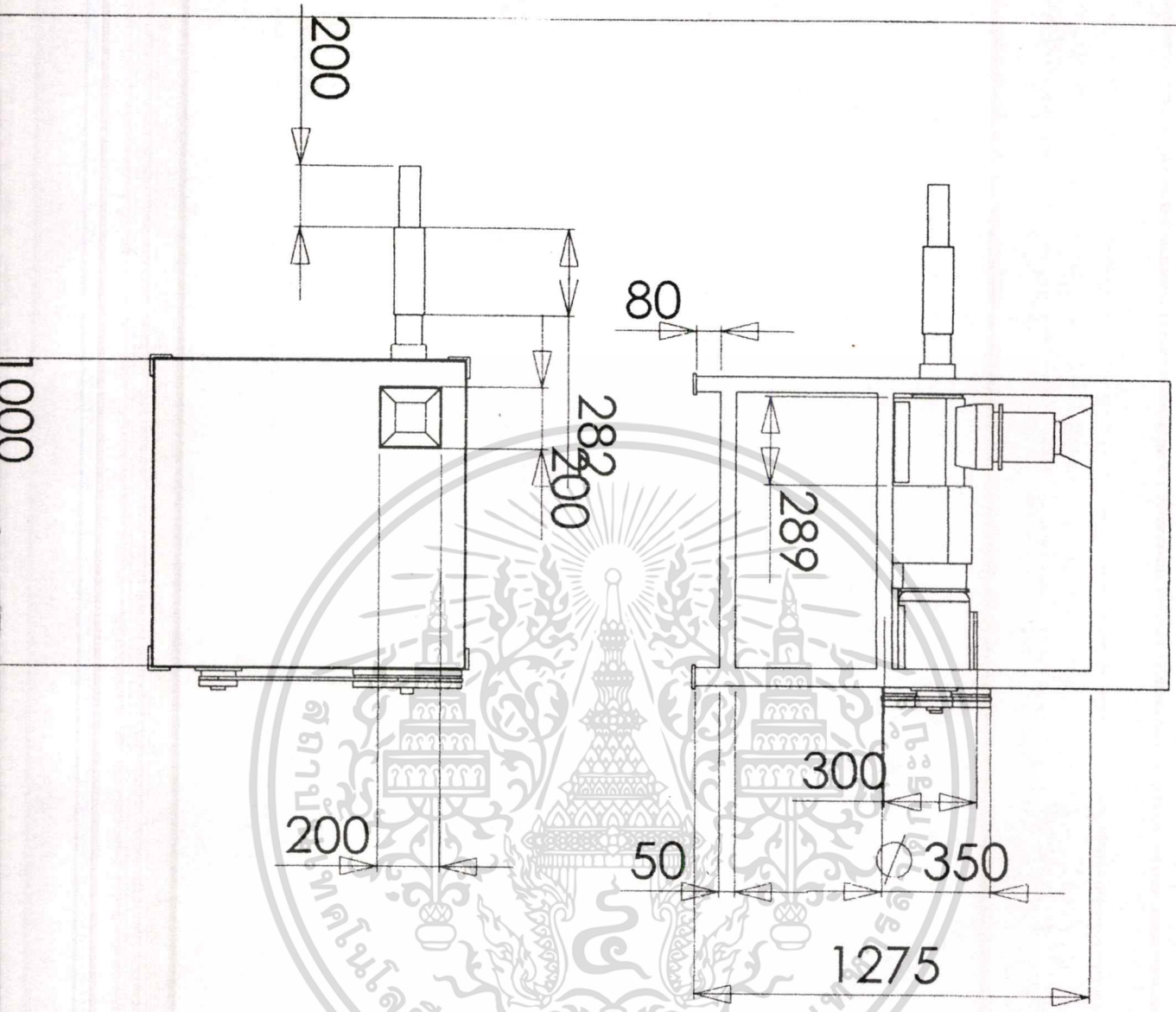


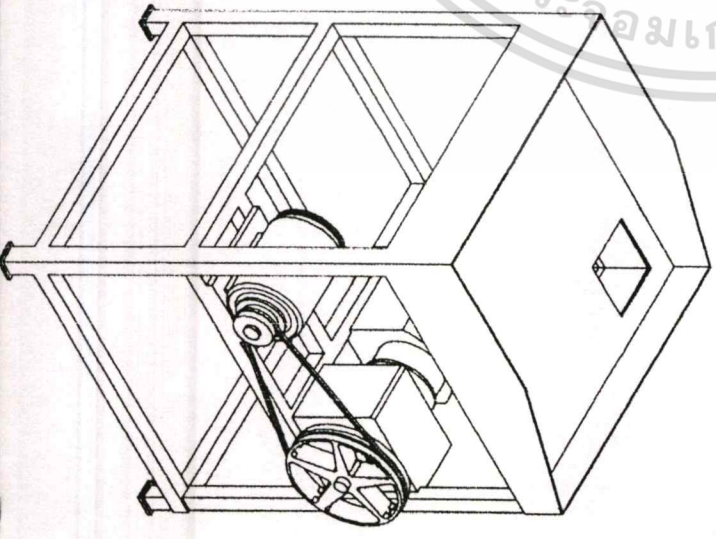
ภาพที่ ค 16 ระบบหล่อเย็นระบายความร้อนกระบอกอัด

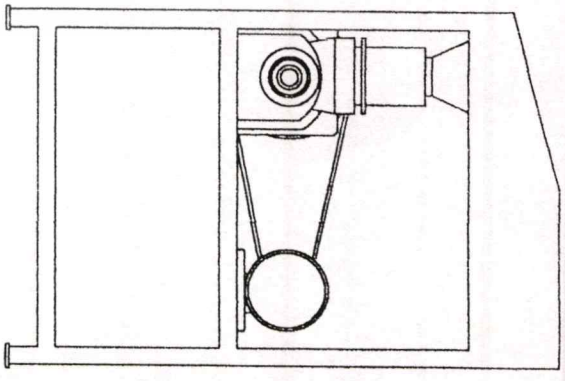
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค 17 คุณน้อย เรียงวงศ์ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชาการ ด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน จ.ปทุมธานี ผู้เชี่ยวชาญกำลังทดลองใช้เครื่อง

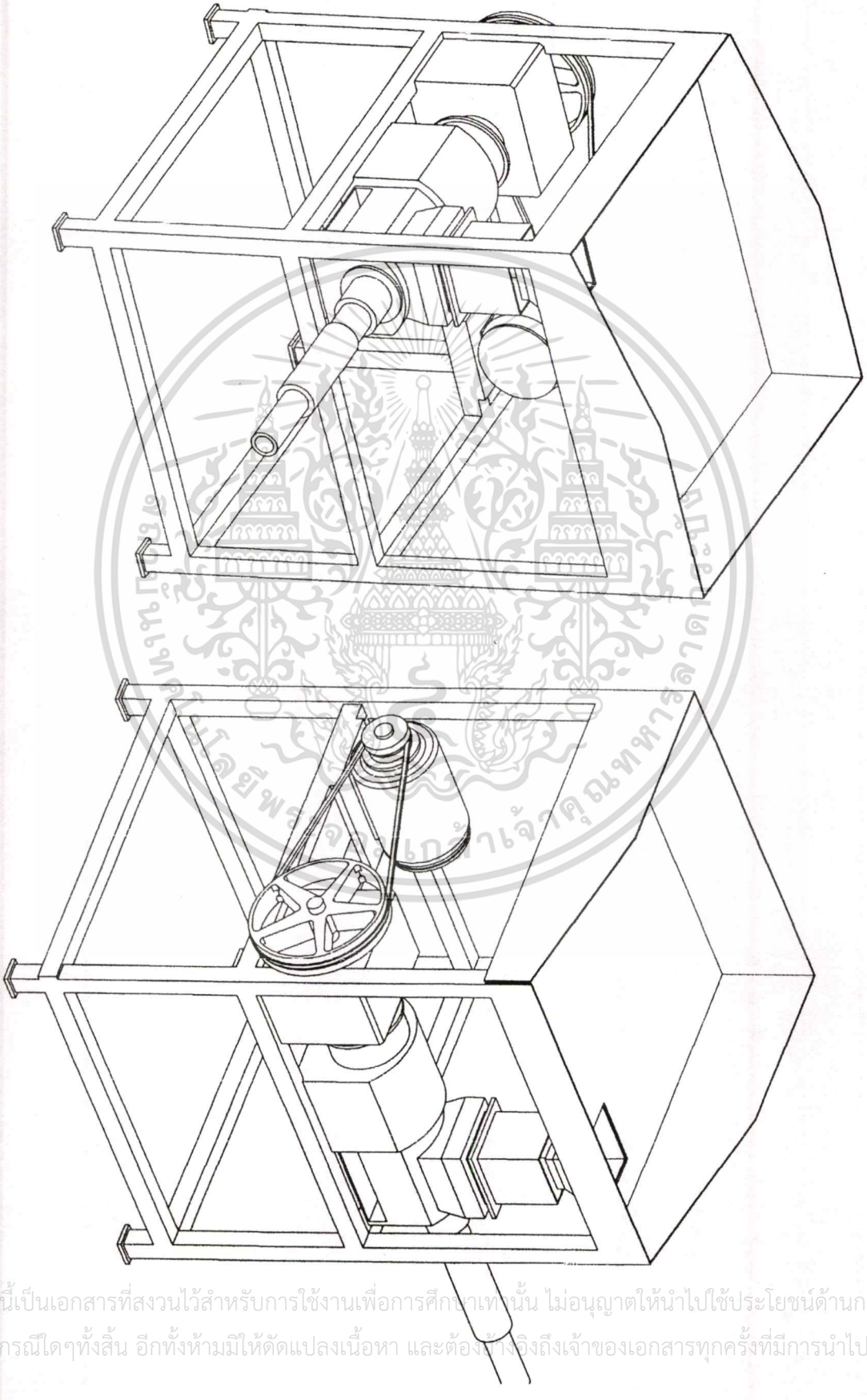
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



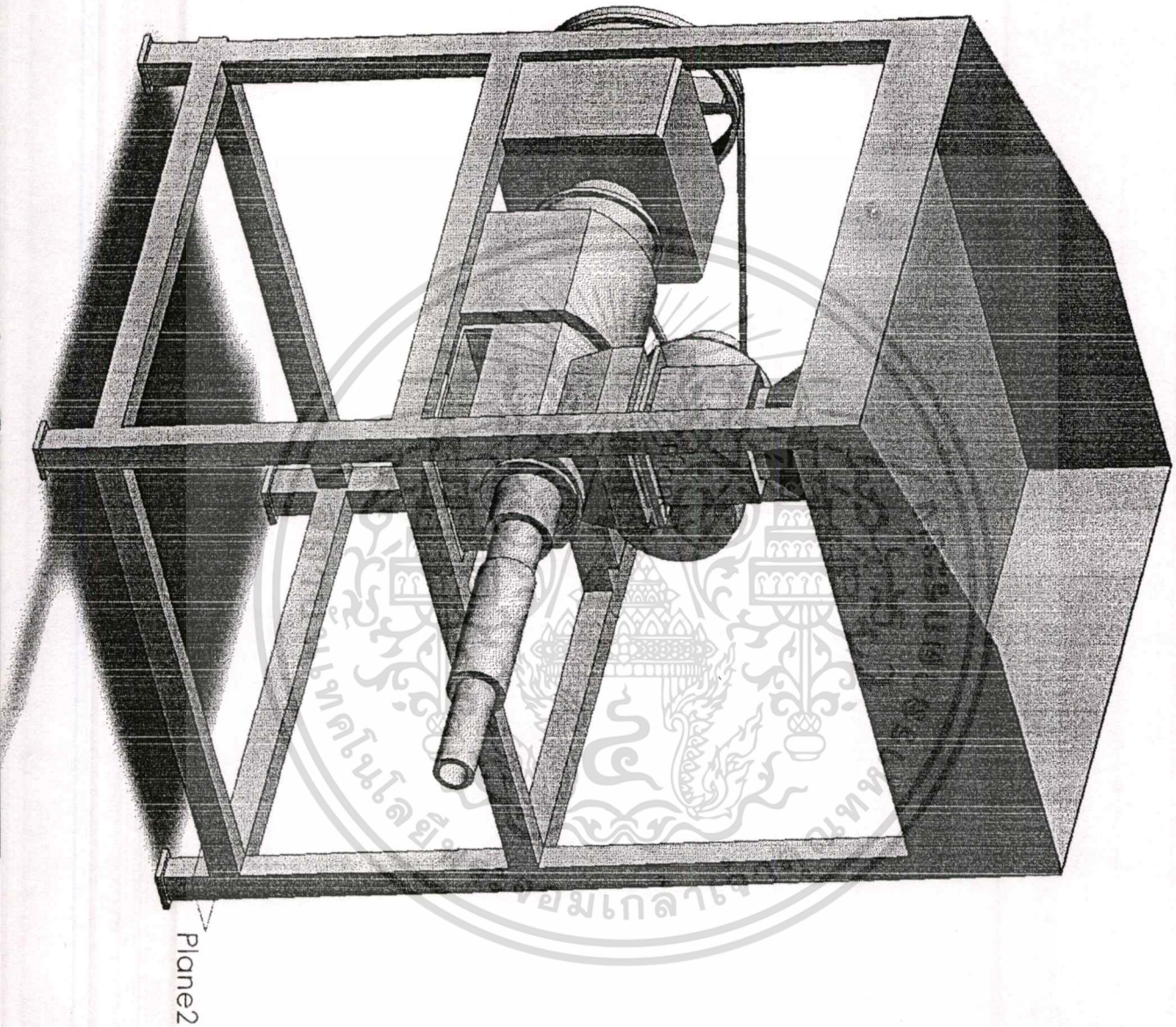




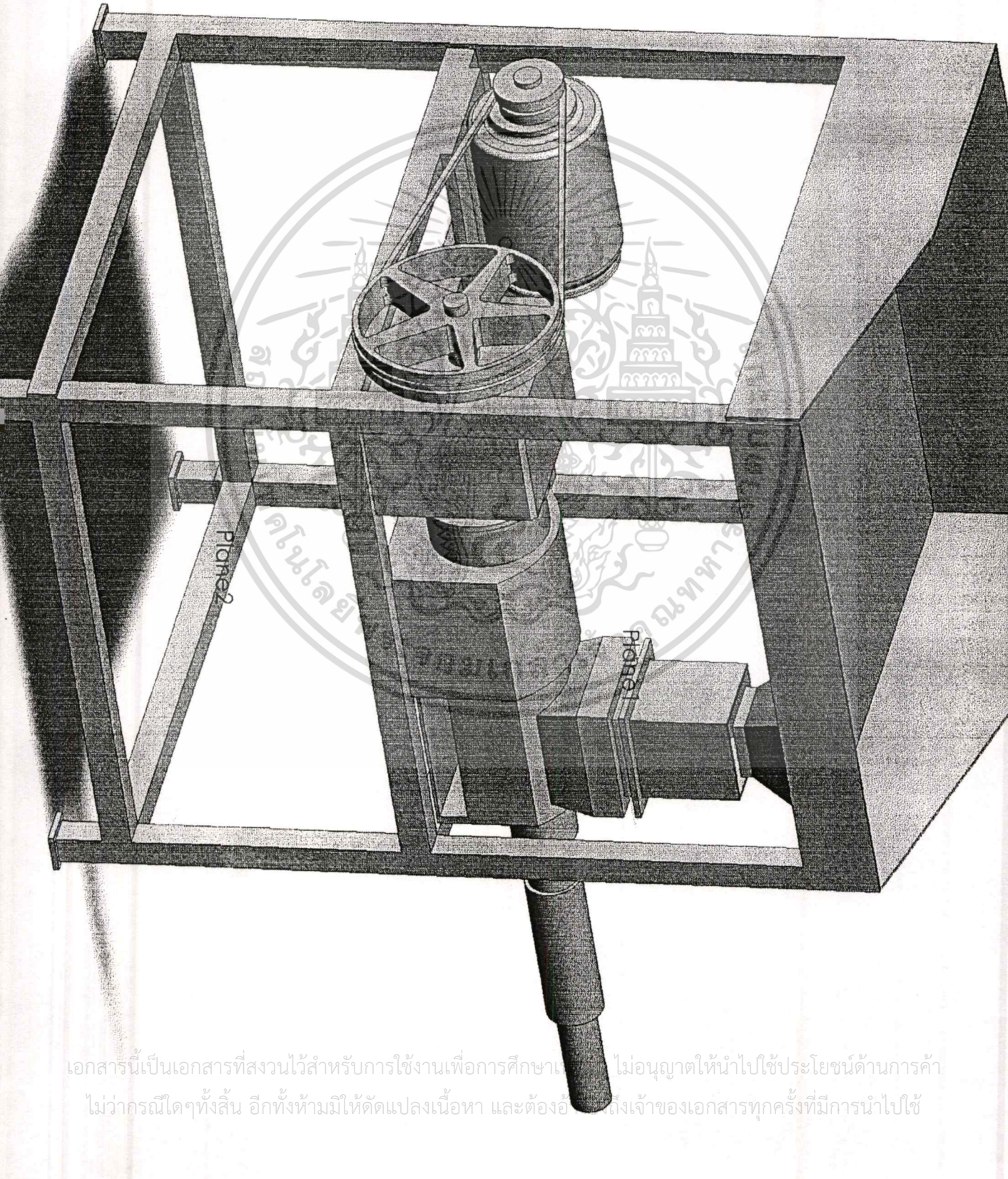
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ง. **ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง**

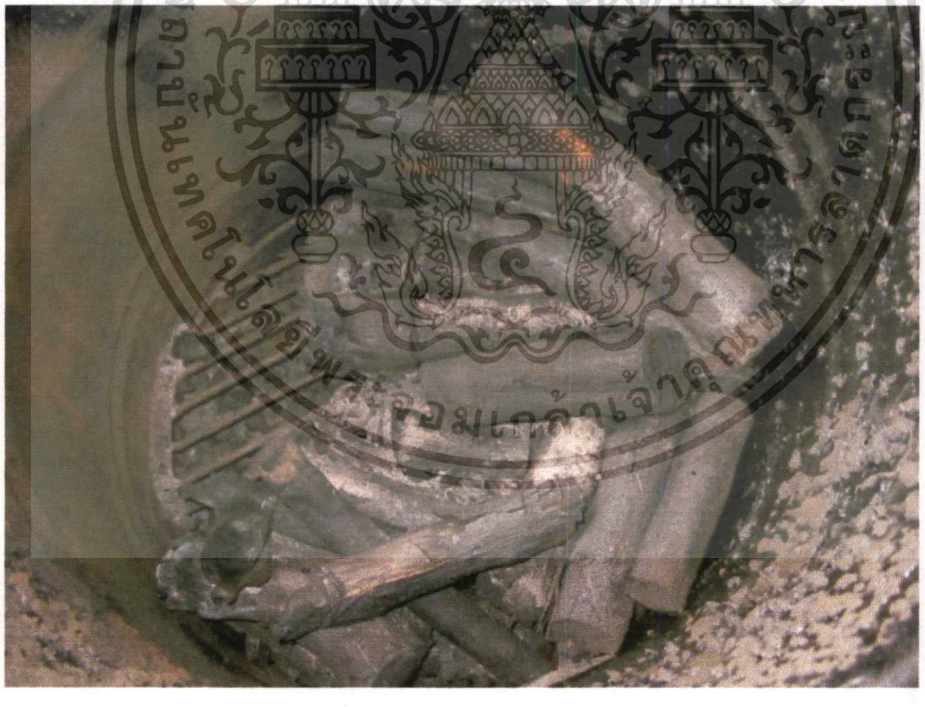
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ง 1 สถานที่ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการทดลองเครื่อง

ภาพที่ ง 2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

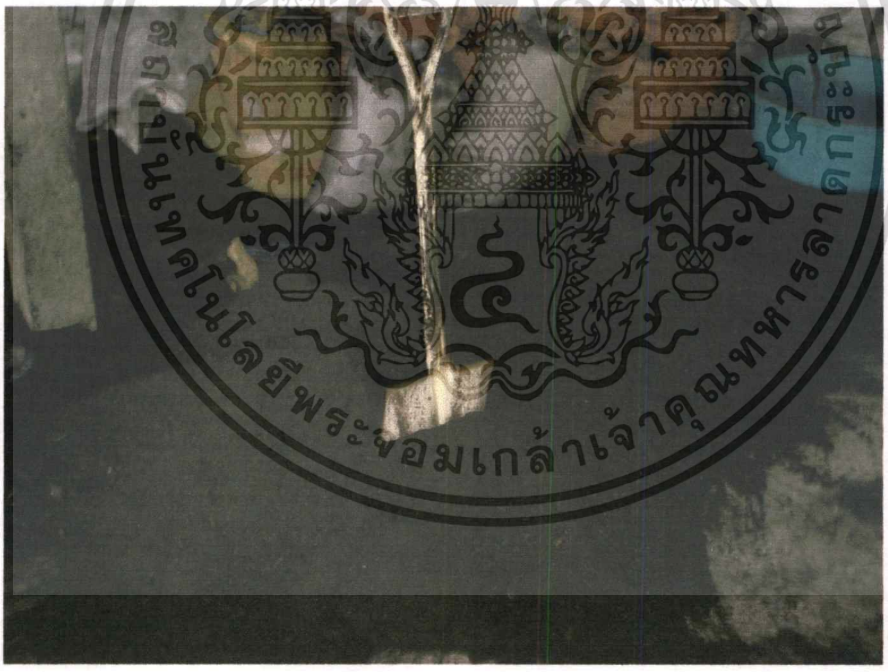
ภาพที่ ง 3 เตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ง 4 ลักษณะภายในเตาและถ่านไม้ที่ผ่านการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

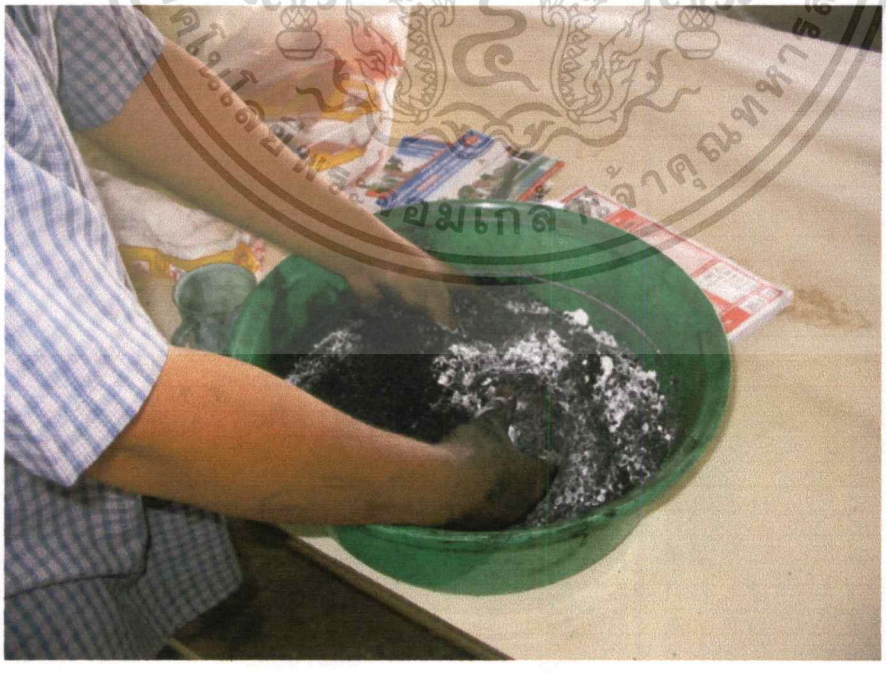
ภาพที่ ง 5 ขั้นตอนการบดถ่านไม้ก่อนที่จะอัดแท่ง



ภาพที่ ง 6 ถ่านที่ผ่านการบดแล้วรอผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

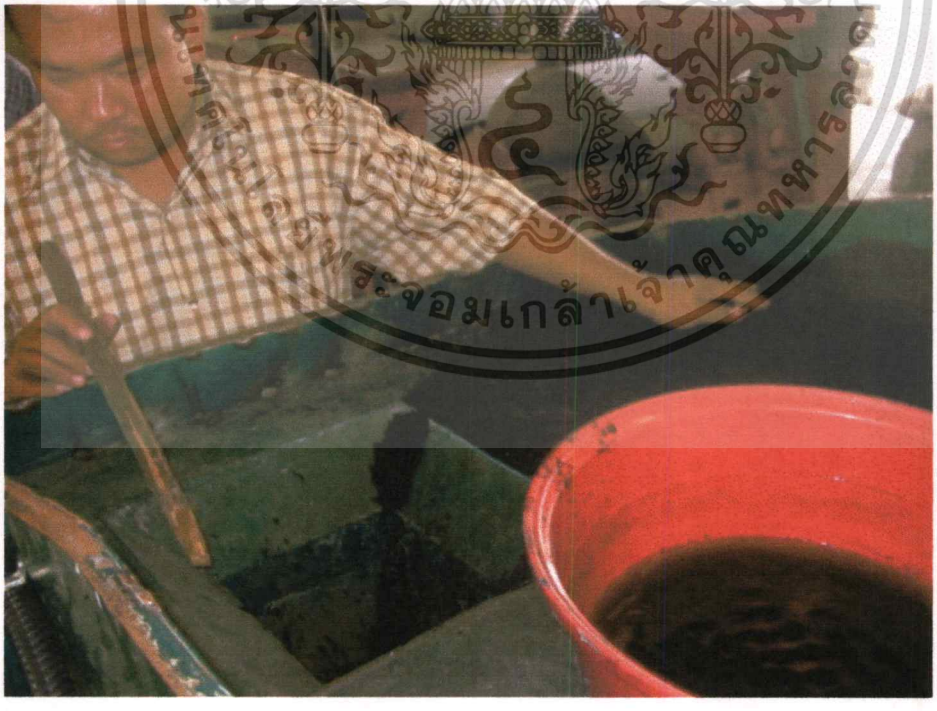
ภาพที่ ง 7 ขั้นตอนการชั่งถ่านผงเพื่อทำการผสมกับแป้งมัน



ภาพที่ ง 8 ผสมแป้งมันกับถ่านผงในอัตราส่วน 10 % และน้ำ

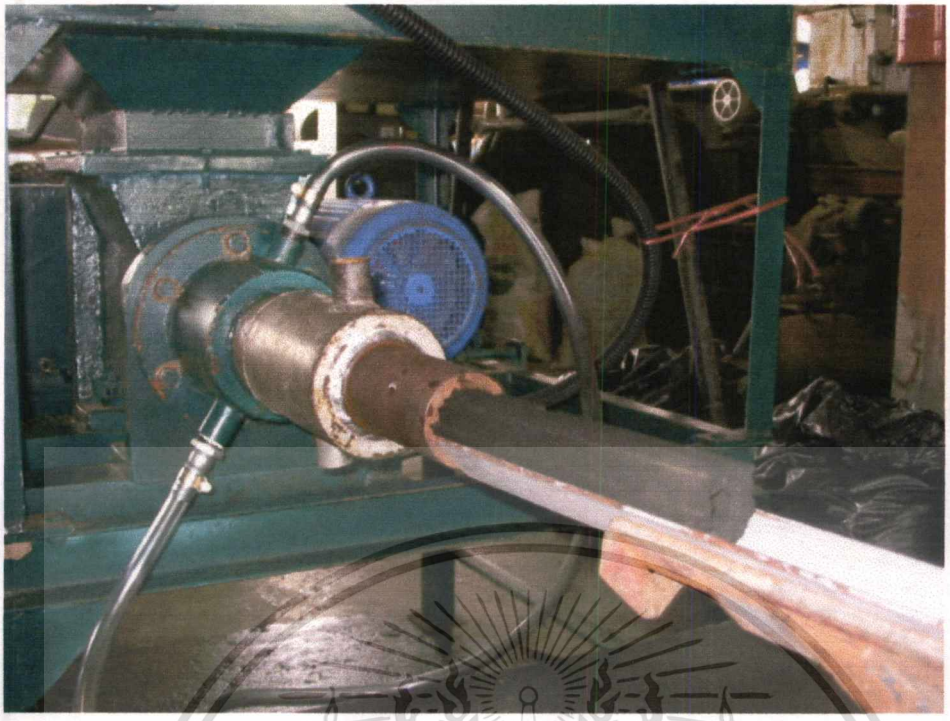
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ง 9 นำถ่านที่ผสมแล้วใส่ในบริเวณถาดรองรับ



ภาพที่ ง 10 ผู้เชี่ยวชาญกำลังทดลองการใช้เครื่องอัดถ่านแท่งแบบใหม่ (ขั้นตอนการใส่วัตถุดิบ)

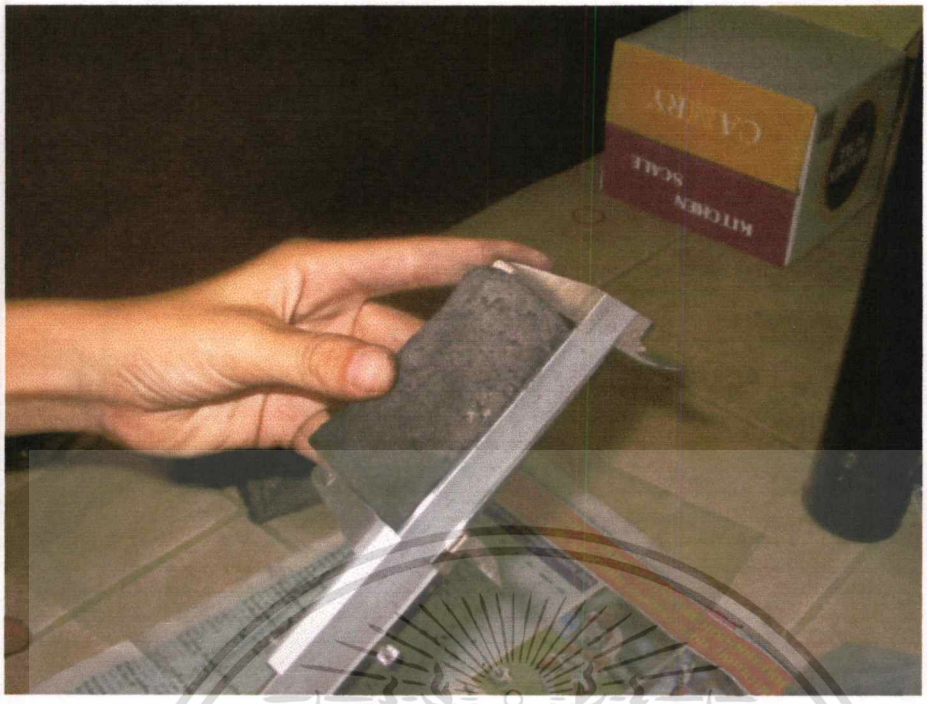
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง 11 ถ่านกำลังถูกอัดออกมาทางปลายกระบอกอัด

ภาพที่ ง 12 นำถ่านที่ผ่านการตัดแล้วไปตากแดดเพื่อไล่ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง 13 การวัดขนาดชั่งน้ำหนักก่อนส่งถ่านเข้าตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายชุมสิทธิ์ โรจน์สกุลพานิช
วัน เดือน ปี เกิด	14 มกราคม 2523
ที่อยู่ปัจจุบัน	400/12 ซ.แจ้งวัฒนะ6 ถ.แจ้งวัฒนะ ตลาดบางเขน หลักสี่ กทม 10210
เบอร์โทรศัพท์	02-5520769
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย รร.สายปัญญารังสิต ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา วิทยาลัยช่างศิลป กรมศิลปากร ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาศิลปอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้