บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

ในการศึกษาการนำเศษถ่านหินมาอัดก้อนเพื่อใช้ทดแทนถ่านไม้ และฟืนในครัวเรือน ถ่านอัดก้อนอาจทำได้เป็นหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น รูปไข่, ทรงกระบอก, สี่เหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งเป็นถ่านอัดก้อนที่มีขนาดเล็กประมาณขนาดของถ่านไม้ และอาจทำเป็นขนาดใหญ่โดยใช้เพียง 1-3 ก้อน ก็พอเพียงต่อการใช้งานหนึ่งครั้ง ในการวิจัยนี้เลือกทำถ่านอัดก้อนขนาดใหญ่ โดยออกแบบถ่านอัดก้อนให้เป็นก้อนรูปทรงกระบอกเพื่อให้เหมาะสมในการใช้งานหรือเหมาะกับรูปร่างของภาชนะในครัวเรือน มีช่องเจาะทะลุตามแนวแกนเพื่อให้มีพื้นที่การเผาไหม้มากขึ้น มีช่องให้อากาศไหลผ่านเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในการเผาไหม้ จำนวนช่องต้องให้เหมาะสมกับขนาดถ่านอัดก้อนและอัตราการเผาไหม้ ถ้ามากเกินไปจะทำให้ถ่านอัดก้อนไม่แข็งแรง แต่ถ้าน้อยเกินไป พื้นที่การเผาไหม้ลดลงทำให้การเผาไหม้ไม่ดี และเนื่องจากถ่านอัดก้อนที่ทำขึ้นนี้มีขนาดและรูปร่างต่างจากถ่านไม้มาก เตาที่ใช้ทดลองกับถ่านอัดก้อนนี้จึงต้องออกแบบและสร้างขึ้นให้เหมาะสมกับขนาดรูปร่างและการใช้งาน โดยพยายามรักษาโครงสร้างหลักของเตาอั้งโล่ไว้และคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานและราคาถูกเป็นหลัก

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

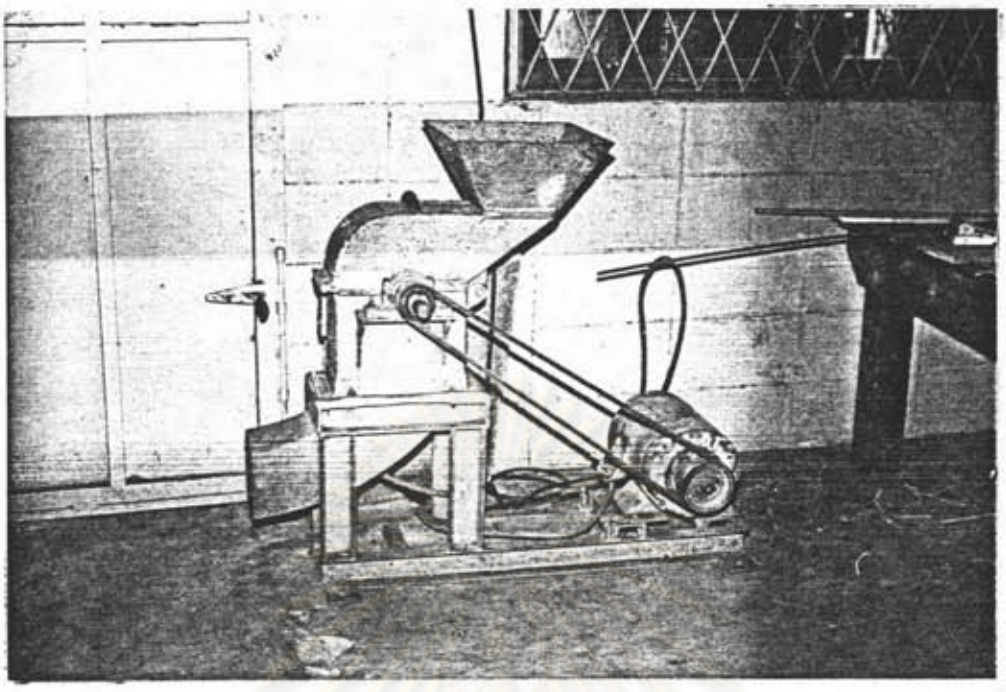
3.1.1 เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer mill โดยมีตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว อยู่ภายใน ดังนั้นถ่านหินที่บดแล้วจะมีขนาดเล็กกว่า 3/8 นิ้ว ดังรูปที่ 3.1

3.1.2 เครื่องผสม ใช้ในการผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ก่อนการอัดก้อน ดังรูปที่ 3.2

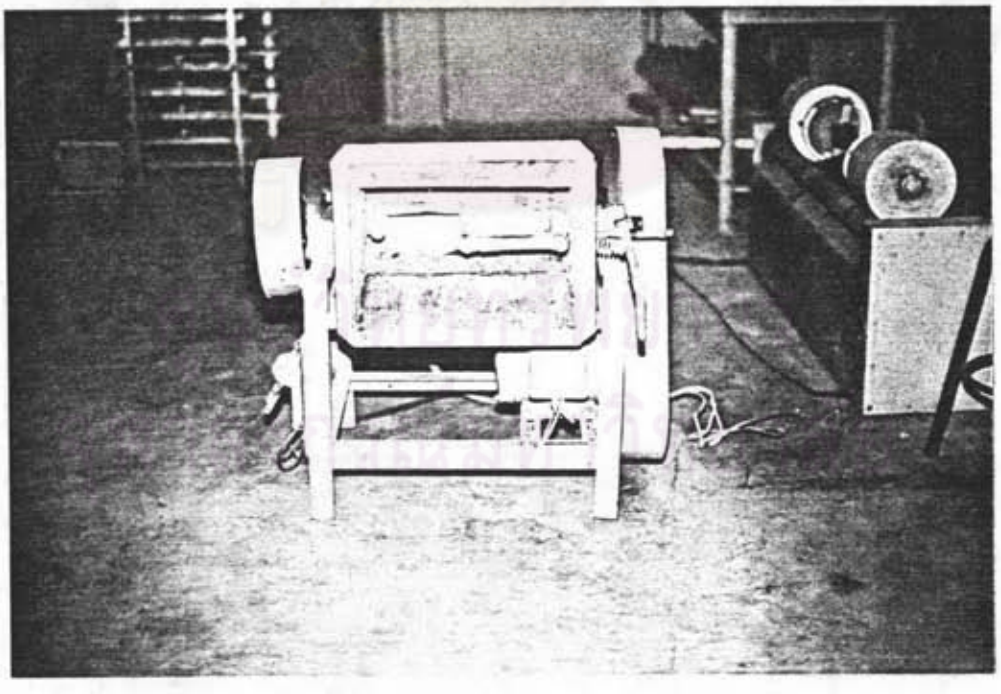
3.1.3 เครื่องทดสอบความแข็งแรง (Compressive strength tester) ใช้ในการวัดความแข็งแรง (compresive strength) ของถ่านอัดก้อน ดังรูปที่ 3.3

3.1.4 เครื่องอัดไฮโดรลิกส์ ดังรูปที่ 3.4 ประกอบด้วย

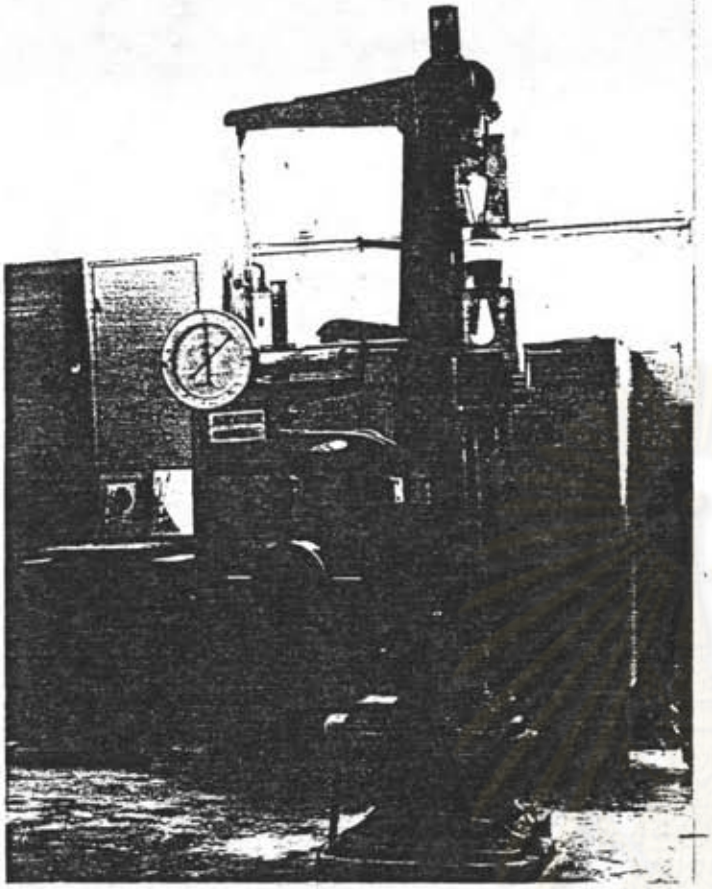
ก. กระบอกสูบ 2 อัน อันบนทำหน้าที่อัดเชื้อเพลิงให้เป็นก้อน ส่วนอันล่างทำหน้าที่ดันก้อนเชื้อเพลิงให้หลุดจากแบบอัด



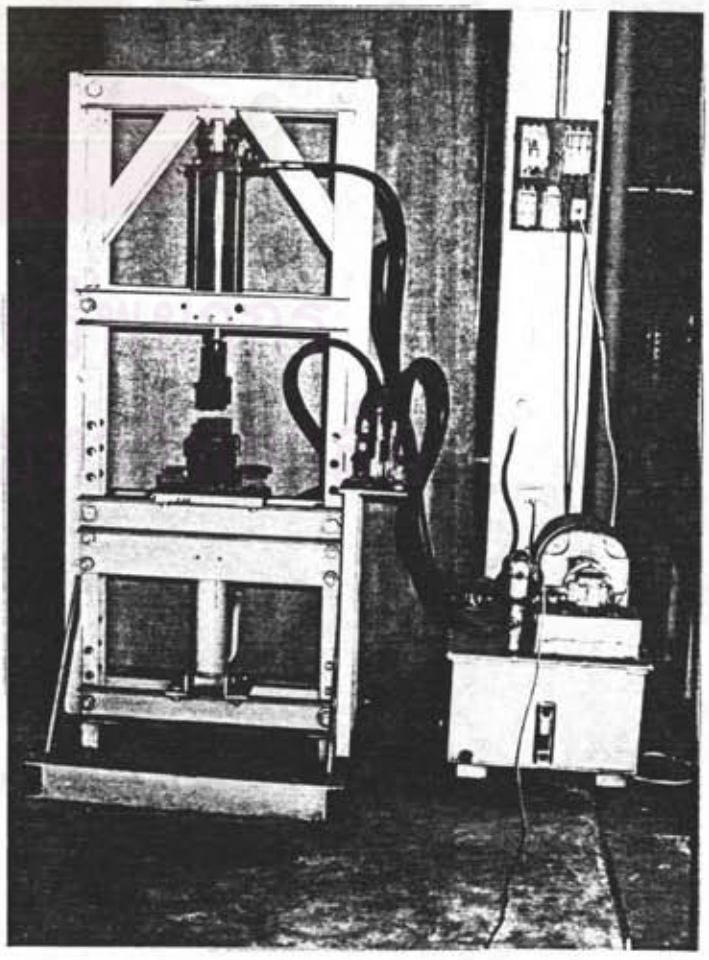
รูปที่ 3.1 เครื่องบดย่นิด Hammer mill



รูปที่ 3.2 เครื่องผสม



รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบความแข็งแรง (compressive strength tester)



รูปที่ 3.4 เครื่องอัดไฮโดรลิกส์

ข. แบบอัด ส่วนบนเป็นแกนรูปทรงกระบอก 12 แกน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. สูง 6 ซม. ส่วนล่างเป็นเบ้าทรงกระบอกกลวง สำหรับใส่เชื้อเพลิงที่ต้องการอัดก้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 6 ซม. ดังรูปที่ 3.5

ค. ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ถังน้ำมันไฮโดรลิกส์ ความจุประมาณ 50 ลิตร ปั๊มสูบน้ำมันทำหน้าที่สูบน้ำมันอัดเข้าไปในกระบอกสูบ มอร์เตอร์ทำหน้าที่หมุนปั๊มสูบน้ำมัน ฯลฯ

เครื่องอัดไฮโดรลิกส์เครื่องนี้ออกแบบให้มีความสามารถในการอัดได้ความดันสูงถึง 1,300 ปอนด์/ตร.นิ้ว

3.1.5 เตาทดลอง ในการออกแบบเตาเพื่อใช้ทดลองกับถ่านอัดก้อนที่ทำขึ้นนั้น ต้องให้เหมาะสมกับขนาดและรูปร่างของถ่านอัดก้อน ควรทำจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก มีน้ำหนักเบาและรักษาโครงสร้างหลักของเตาอั้งโล่ที่ใช้อยู่ทั่วไป ซึ่งมี 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือส่วนที่เกิดการเผาไหม้ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ให้อากาศเข้าและเอาเถ้าออก ส่วนที่ 3 คือส่วนที่ไอเสียและความร้อนออกไปจากระบบ ซึ่งได้รูปแบบของเตาทดลองดังรูปที่ 3.6 และตารางที่ 3.1 โดยรายละเอียดและวัสดุในการสร้างเตาแสดงในภาคผนวกที่ 1

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเตาที่ใช้ในการวิจัย

น้ำหนัก	4.2	กก.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	19	ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	11	ซม.
ผนังเตาหนา	4	ซม.
ความสูง	25	ซม.
ช่องเปิดด้านหน้าเตากว้าง	5	ซม.
ช่องเปิดด้านหน้าเตายาว	15	ซม.
ยารองภายในะ (ทำหน้าที่แทนเยื่องเทิน) สูง	1.3	ซม.
ยารองถ่าน (ทำหน้าที่แทนรังผึ้ง) สูง	5	ซม.

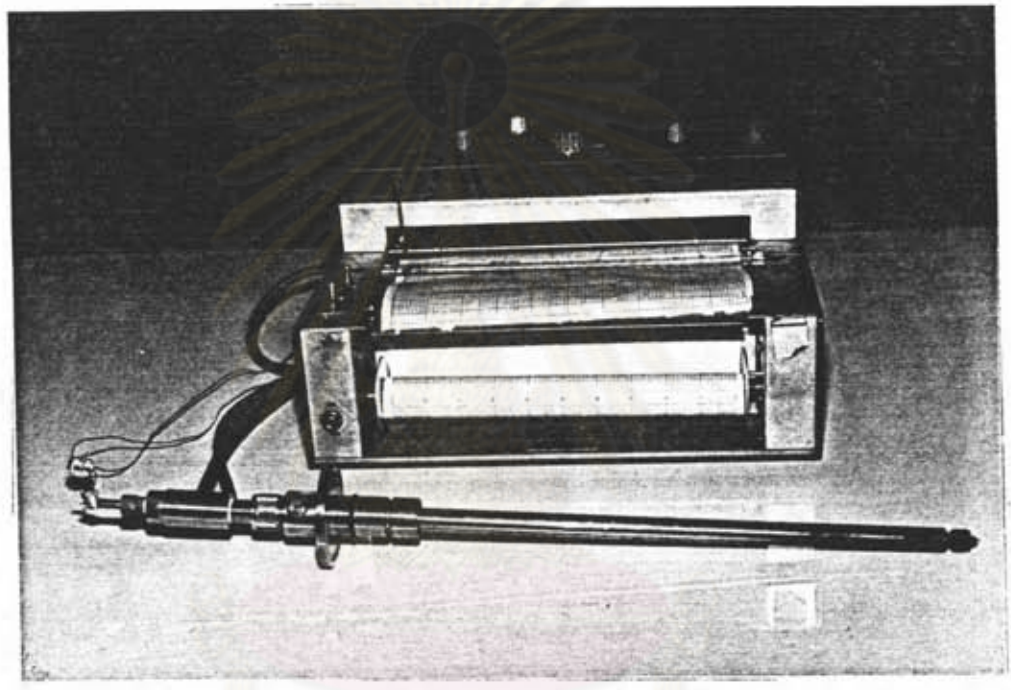
3.1.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วยเทอร์โมคับเปิล (thermocouple) และเครื่องบันทึก (recorder) ของบริษัท Sefram Paris ดังรูปที่ 3.7 เทอร์โมคับเปิลที่ใช้เป็นแบบ Chromel-alumel

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.5 แบบอัด แบบที่ 1

รูปที่ 3.6 เตาที่ใช้ในการวิจัยด้าน Top View และ Side View

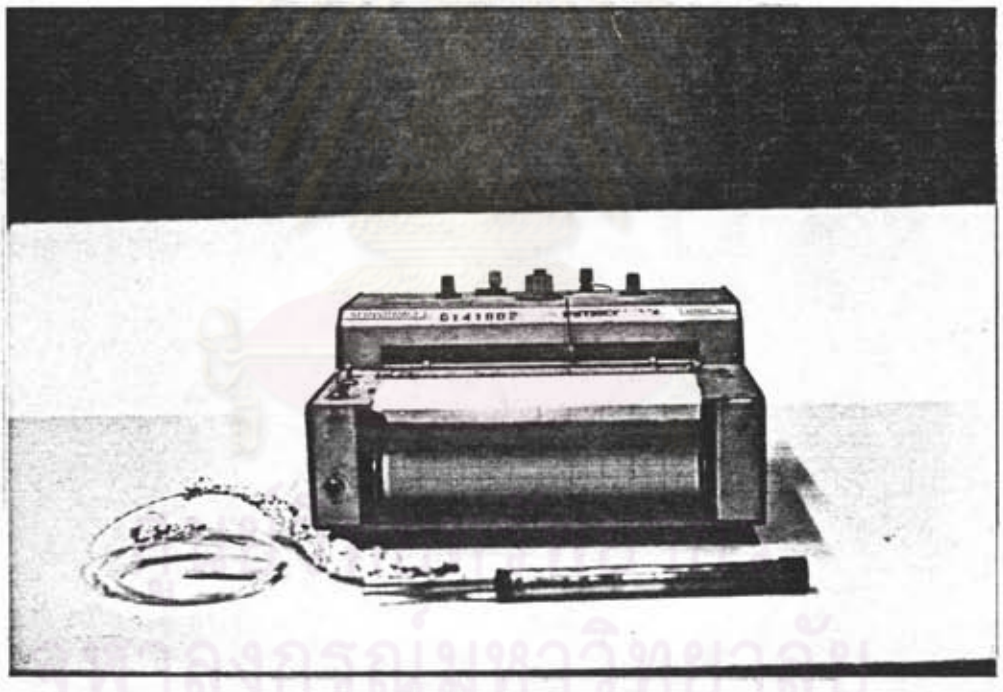
I16974A07



รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.7 เครื่องมือวัดความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ออกมาผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยในช่วงเวลา ประกอบด้วย heat flux meter และเครื่องบันทึก ดังรูปที่ 3.8 heat flux meter ที่ใช้เป็นชนิด Calorimeter ของบริษัท Hy-Cal-Engineering 12105 Lab Nielos Road Santa Fe Springs, California.



รูปที่ 3:8 เครื่องมือวัดความร้อน/หน่วยพื้นที่ . เวลา

3.2 ถ่านหินและสารที่ใช้ในการทดลอง

ก. เศษถ่านหินจากเหมืองแม่ตีบ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

ข. ตัวประสานที่ใช้ คือ

แป้งเปียก ในอัตราส่วนแป้ง 10% น้ำ 90%

ยางมะตอย (asphalt) จากโรงกลั่นน้ำมันเอสโซ่

แบลคลิกเคอร์ (black liqour) จากโรงงานกระดาษสยามคราฟท์

กากน้ำตาล (molasses) จากโรงงานน้ำตาลมิตรผล

ขี้ผึ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน (wax from refinery) จากโรงกลั่นน้ำมันฝาง

mixed pitch จากโรงงานสกัดน้ำมันพืช คุณสมบัติดังภาคผนวกที่ 5

coconut pitch จากโรงงานสกัดน้ำมันพืช คุณสมบัติดังภาคผนวกที่ 5

ดินเหนียว คุณสมบัติดังภาคผนวกที่ 4

ค. สารที่ช่วยในการติดไฟคือ โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) commercial grade

ง. สารที่ใช้จับกำมะถันคือ ปูนขาว commercial grade, CaO 64.71 %

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง นำเศษถ่านหินมาบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer mill จากนั้นแบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทั่วไปตามวิธีของ ASTM (33,34,35) ได้แก่ค่าความร้อน ร้อยละกำมะถัน และค่าวิเคราะห์โดยประมาณซึ่งประกอบด้วยร้อยละความชื้น เถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัว นอกจากนี้นำเศษถ่านที่บดแล้วอีกส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์ขนาด sieve analysis ตามวิธีของ ASTM (36)

3.3.2 การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนเพื่อหาส่วนผสมต่าง ๆ

การอัดก้อนด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกส์ ทำได้โดยนำเศษถ่านหินและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ต้องการในอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักถ่านหินแห้ง มาผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม แล้วนำไปอัดก้อนที่ความดันสูงสุดของเครื่องคือ 1300 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที ตากแห้งถ่านอัดก้อนที่ได้โดยทิ้งไว้ในอากาศประมาณ 5-7 วัน หรือจนความชื้นของถ่านอัดก้อนไม่เปลี่ยนแปลง แล้วจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

3.3.2.1 การหาตัวประสานที่เหมาะสม นำเศษถ่านหินที่บดได้มาผสมกับตัวประสานต่าง ๆ ที่ละชนิด คือ แป้งเปียก, ยางมะตอย, แบลคลิกเคอร์, กากน้ำตาล, ขี้ผึ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน (wax from refinery), mixed pitch, coconut pitch และดินเหนียว ในอัตราส่วนร้อยละ 5-30 ตัวประสานทุกตัวยกเว้นยางมะตอยและขี้ผึ้งต้องใช้น้ำช่วยเพื่อให้การยึดเกาะดียิ่งขึ้น ปริมาณน้ำที่ใช้แตกต่างกันไปตามชนิดของตัวประสานจากนั้นนำถ่านอัดก้อนที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติในด้านการติดไฟ เช่น ความแข็งแรง กลิ่น ควัน เป็นต้น กับเตาทดลองที่สร้างขึ้น โดยการติดไฟ ทำได้เช่นเดียวกับการจุดถ่านไม้ของเตาอั้งโล่ ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 2

3.3.2.2 การหาช่วงขนาดถ่านที่เหมาะสม นำเศษถ่านหินมาแยกขนาดเป็น 4 ช่วง คือ เล็กกว่า 1 มม.,ใหญ่กว่า 1 มม.แต่เล็กกว่า 2 มม., ใหญ่กว่า 2 มม. และขนาดรวมทุกช่วงขนาด นำเศษถ่านหินแต่ละช่วงขนาดมาผสมกับตัวประสานที่เลือกได้จากข้อ 3.3.2.1 ในปริมาณร้อยละ 10 แล้วทำการอัดก้อน นำถ่านอัดก้อนที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติในด้านความแข็งแรง (compressive strength) ด้วย เครื่องทดสอบความแข็งแรง

3.3.2.3 การหาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสม ใช้ตัวประสานในอัตราส่วนร้อยละ 10 และช่วงขนาดถ่านที่ได้จากข้อ 3.3.2.1 และ 3.3.2.2 มาผสมกับปูนขาวในอัตราส่วนร้อยละ 0, 2, 3, 4, 5, 6 แล้วนำไปอัดก้อน จากนั้นนำถ่านอัดก้อนที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติด้านการจับกำมะถัน ทำโดยนำถ่านอัดก้อนมาจุดไฟในเตาทดลอง แล้ววิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันทั้งหมดในเถ้า เพื่อหาประสิทธิภาพการจับกำมะถันของปูนขาว

3.3.2.4 การหาปริมาณโซเดียมไนเตรทที่เหมาะสม ใช้ตัวประสานร้อยละ 10 ช่วงขนาดถ่าน และปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.3.2.1 - 3.3.2.3 มาผสมกับโซเดียมไนเตรทในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 5, 7 แล้วนำไปอัดก้อน จากนั้นนำถ่านอัดก้อนที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติด้านการติดไฟในเตาทดลอง ได้แก่ เวลาในการจุดติดและเวลาที่ควันหมด

3.3.3 การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนในการนำไปใช้งาน

ใช้ช่วงขนาดถ่าน ปริมาณปูนขาว และโซเดียมไนเตรท ที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2.1-3.3.2.4 ผสมกับตัวประสานที่เลือกไว้ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, แล้วนำมาอัดก้อน จากนั้นนำถ่านอัดก้อนที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติในการใช้งาน ดังนี้คือ

3.3.3.1 ความแข็งแรง ทำการวัดความแข็งแรงของถ่านอัดก้อนด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง

3.3.3.2 ประสิทธิภาพ ทำการหาประสิทธิภาพในการใช้งาน เริ่มด้วยการจุดถ่านอัดก้อน รอจนควันหมดจึงตั้งหม้ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 ซม. บรรจุน้ำปริมาณ 3,000 กรัม บันทึกอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นไว้ เมื่อน้ำเดือดให้เปิดฝาหม้อปล่อยให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ จนกระทั่งไฟรา ชั่งน้ำหนักของน้ำที่เหลือ แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพตามสูตรที่กล่าวไว้ข้างต้น

3.3.3.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่ เวลากับเวลา ทำการวัดอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่ เวลา ตั้งแต่ควันหมดจนไฟรา ที่จุดศูนย์กลางของปากเตา ในระดับเดียวกันกับความสูงของเชื้อเพลิงหรือระดับเดียวกันกับก้นภาชนะเมื่อใช้งาน ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และความร้อน/หน่วยพื้นที่. เวลากับเวลาของเตาอั้งโล่เมื่อใช้กับถ่านไม้ปริมาณ 500 กรัม

นอกจากนี้ได้สร้างแบบอัดเพิ่มขึ้น 2 แบบ โดยเรียกแบบอัดเดิมที่ใช้ในการทดลองช่วงแรกเป็นแบบที่ 1 ที่สร้างใหม่เป็นแบบที่ 2 และ 3 ขนาดของแบบอัดทั้ง 3 แบบ แสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.11 นำส่วนผสมของถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3 ซึ่งมีส่วนผสมเช่นเดียวกับถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ไปอัดก้อนด้วยเครื่องไฮโดรลิกส์ที่ความดันสูงสุดของเครื่อง คือ 1,300 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที ตากแห้งถ่านอัดก้อนที่ได้โดยทิ้งไว้ในอากาศประมาณ 5-7 วัน หรือจนความชื้นของถ่านอัดก้อนไม่เปลี่ยนแปลง แล้วจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่นเดียวกับถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 กับเตาทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อใช้กับถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.12, 3.13 และตารางที่ 3.3

3.3.4 การศึกษาการนำถ่านอัดก้อนไปใช้งานในสภาวะอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการนำถ่านอัดก้อนไปใช้งานที่สภาวะอื่นกับสภาวะเดิม ดังนี้

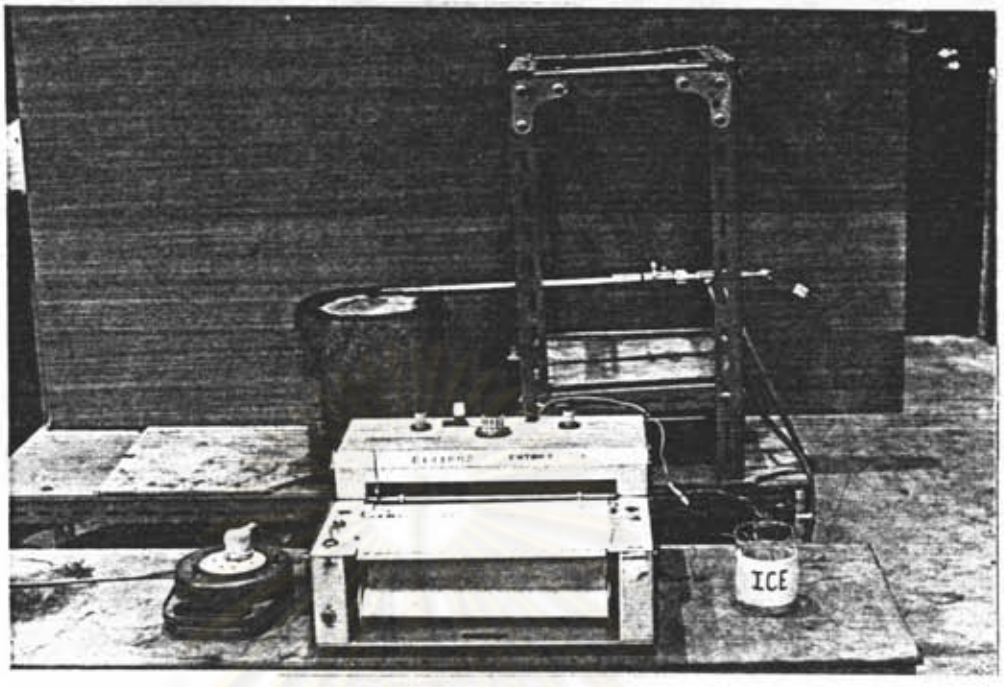
1. การหาประสิทธิภาพเมื่อใช้ถ่านอัดก้อน 2 ก้อน โดยเริ่มตั้งน้ำเมื่อควันหมด (สภาวะเดิม)

2. การหาประสิทธิภาพเมื่อใช้ถ่านอัดก้อน 2 ก้อน โดยเริ่มตั้งน้ำเมื่อถ่านอัดก้อนติดไฟ (สภาวะใหม่)

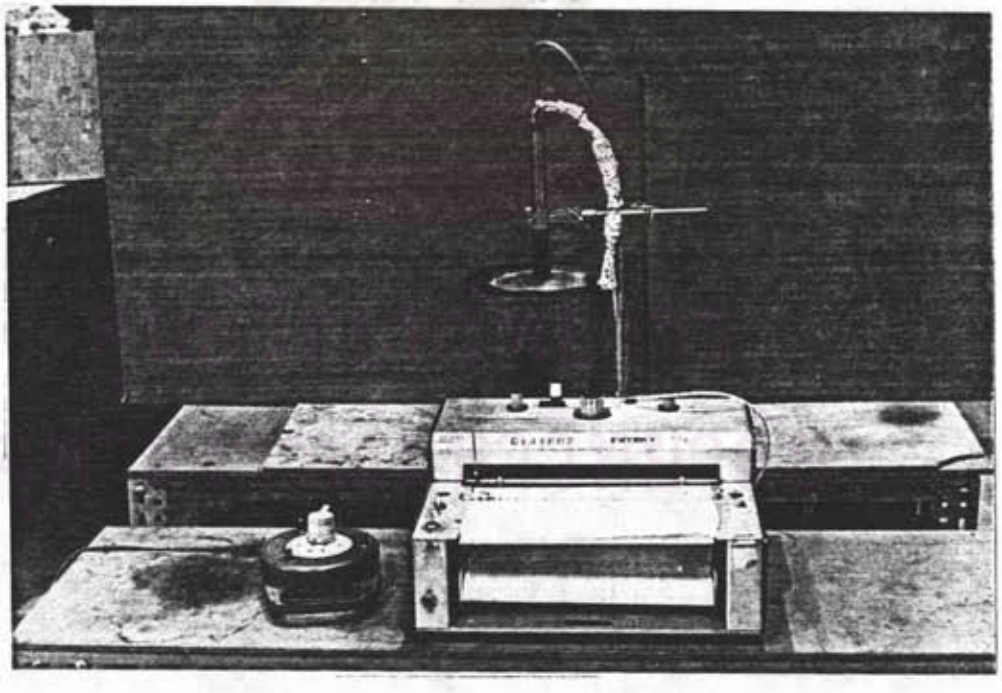
3. การหาประสิทธิภาพโดยเริ่มจุดถ่านอัดก้อน 1 ก้อน และตั้งน้ำเมื่อควันหมด ทำการเติมถ่านอัดก้อนครั้งละ 1 ก้อน 2 ครั้ง ทุก 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มจุดถ่านอัดก้อน ถ้ามีควันเมื่อเติมถ่านอัดก้อนให้ยกน้ำออก แล้วเปิดพัดลมจนควันหมดจึงปิดพัดลม และตั้งน้ำต่อไป (สภาวะเติม)

4. การหาประสิทธิภาพคล้ายสภาวะที่ 3 ต่างกันที่เริ่มตั้งน้ำเมื่อถ่านอัดก้อนติดไฟ ถ้ามีควันเมื่อเติมถ่านอัดก้อน ไม่ต้องยกน้ำออก แต่ให้เปิดพัดลมจนควันหมดจึงปิด (สภาวะใหม่)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 การวัดอุณหภูมิ

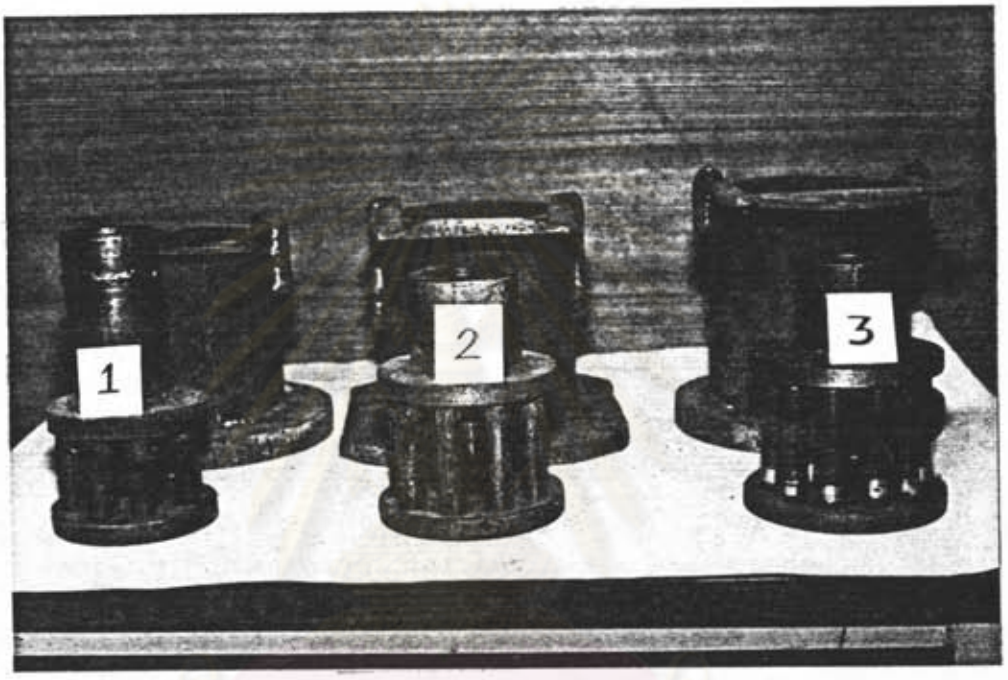


รูปที่ 3.10 การวัดความร้อน/หน่วยพื้นที่ . เวลา

ตารางที่ 3.2 ขนาดของแบบอัดทั้ง 3 แบบ

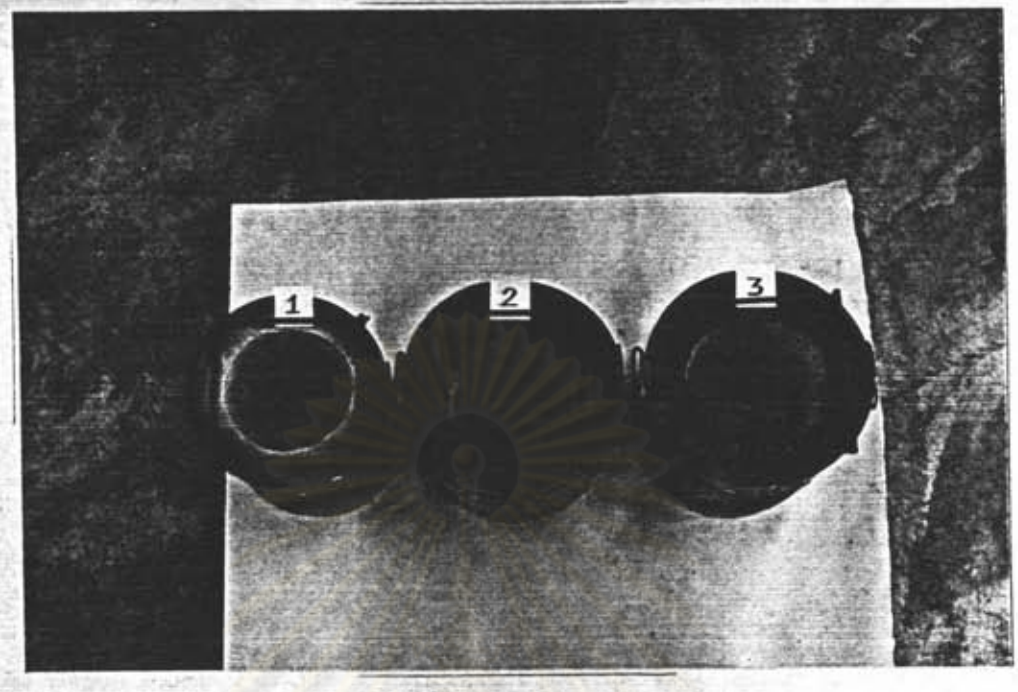
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
ส่วนบน			
จำนวนแกนรูปทรงกระบอก (แกน)	12	14	16
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน (ซม.)	1.4	1.4	1.4
ความสูงช่องแกน (ซม.)	6	8	8
ส่วนล่าง			
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเบ้า (ซม.)	10	11	12
ความสูงของเบ้า (ซม.)	6	8	8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 แบบอัดทั้ง 3 แบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 เตาที่ใช้ในการวิจัยด้าน Top View

รูปที่ 3.13 เตาที่ใช้ในการวิจัยด้าน Side View

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดเตาที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 แบบ

	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ซม.)	19	20	21
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (ซม.)	11	12	13
ความหนาของผนังเตา (ซม.)	4	4	4
ความสูงของเตา (ซม.)	25	25	25
ความสูงของยารองถ่านอัดก้อน (ซม.) (ทำหน้าที่แทนรังผึ้ง)	5	5	5
ความสูงของที่รองภาชนะ (ซม.) (ทำหน้าที่แทนเชิงเทิน)	1.3	1.3	1.3
ช่องเปิดด้านหน้าเตากว้างxยาว (ซม.)	5X15	5X15	5X15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย