บทที่ 3

เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

ในการผลิตถ่านหินอัดก้อนนั้น ต้องการให้ได้ถ่านหินอัดก้อนคุณภาพดี ทั้งด้านการเผาไหม้ ความแข็งแรง ความสะดวกในการขนย้ายและเก็บรักษา ตลอดจนไม่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น หรือมลภาวะอื่นใดต่อสิ่งแวดล้อม ถ่านหินอัดก้อนอาจมีได้หลายรูปแบบ เช่น รูปไข่, รูปรังผึ้ง, รูปทรงกระบอก และรูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น ในงานวิจัยเลือกทำถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) ขนาดประมาณ 3 ซม.× 5 ซม. เพื่อสะดวกในการนำไปใช้ทดแทนถ่านไม้และฟืนในครัวเรือนเป็นหลัก นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อีกด้วย สำหรับตัวประสานในถ่านหินอัดก้อนเลือกใช้ดินเหนียว เนื่องจากราคาถูก หาได้ง่ายทั่วไป และทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้ดี (36)

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ก) ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

เหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง

เหมืองกระบี่ จ.กระบี่ มี 2 แหล่งคือ คลองหวายเล็กและบางปูดำ

เหมืองป่าคา จ.ลำพูน

เหมืองบ้านปู จ.ลำพูน

ข) ตัวประสานที่ใช้ในถ่านหินอัดก้อน คือ ดินเหนียว

ค) ปูนขาว (commercial grade)

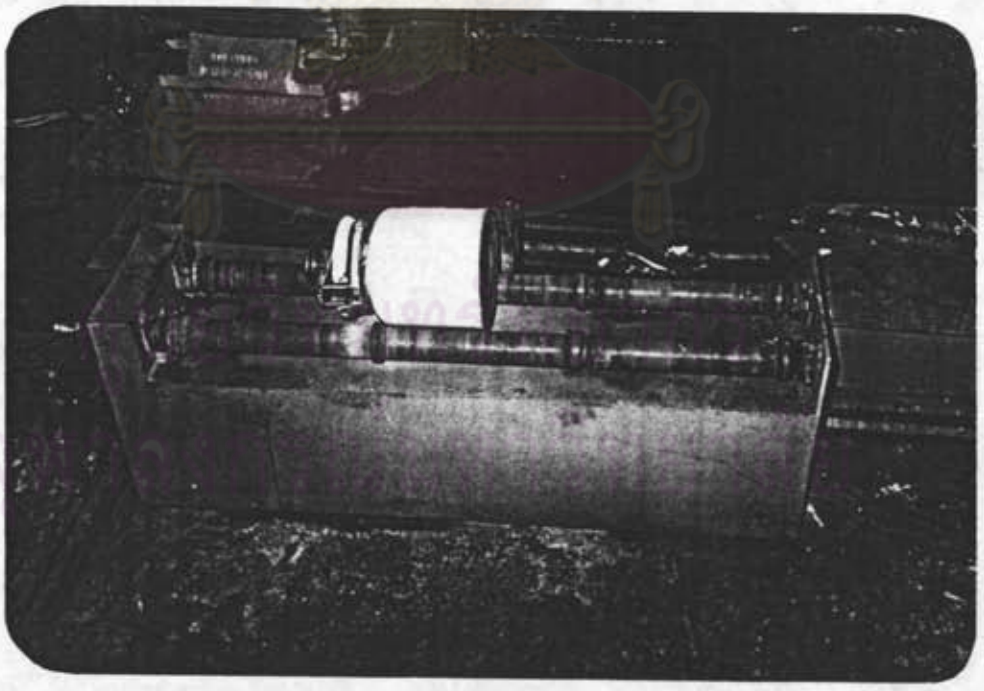
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว อยู่ภายในดังรูปที่ 3.1 ถ่านหินที่ได้จากการบดเป็นถ่านหินขนาดเล็กกว่า 3/8 นิ้ว (9.5 มิลลิเมตร)

3.2.2 เครื่องบดถ่านหินชนิด Ball Mill แสดงในรูปที่ 3.2 สามารถบดให้ถ่านหินมีขนาดเล็กละเอียดจนเป็นผง เพื่อให้ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 60 ทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer Mill



รูปที่ 3.2 เครื่องบดถ่านหินชนิด Ball Mill

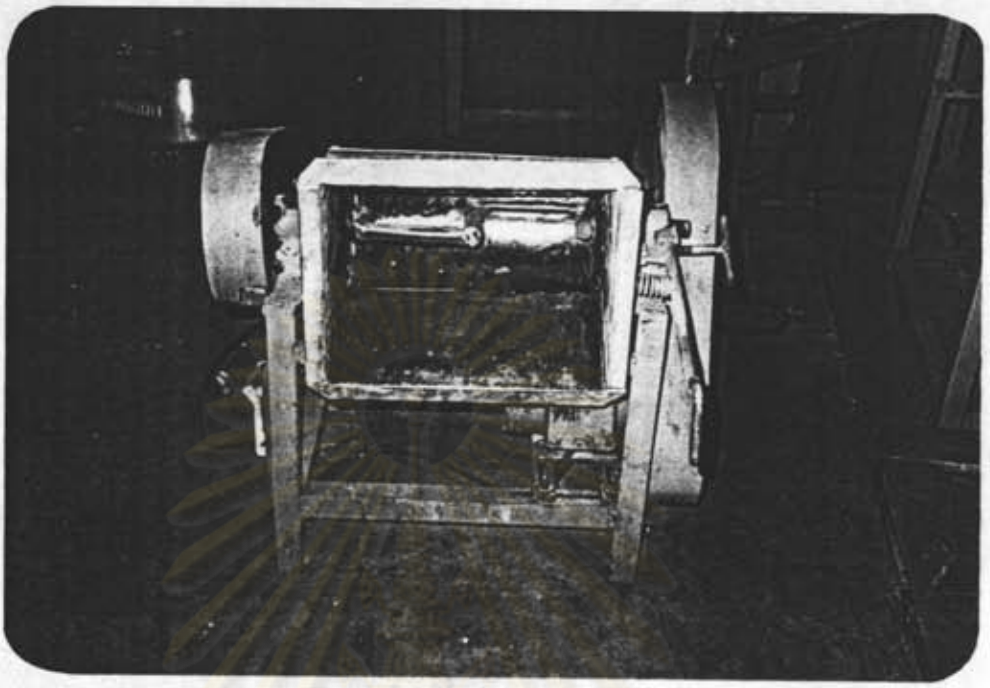
3.2.3 ตะแกรงร่อนเบอร์ 60 (ขนาด 250 ไมครอน) ใช้ในการร่อนถ่านหินและเถ้า ก่อนนำไปวิเคราะห์

3.2.4 เครื่องผสม (mixer) ดังแสดงในรูป 3.3 สำหรับผสมส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันอย่างดีก่อนนำไปอัดก้อน

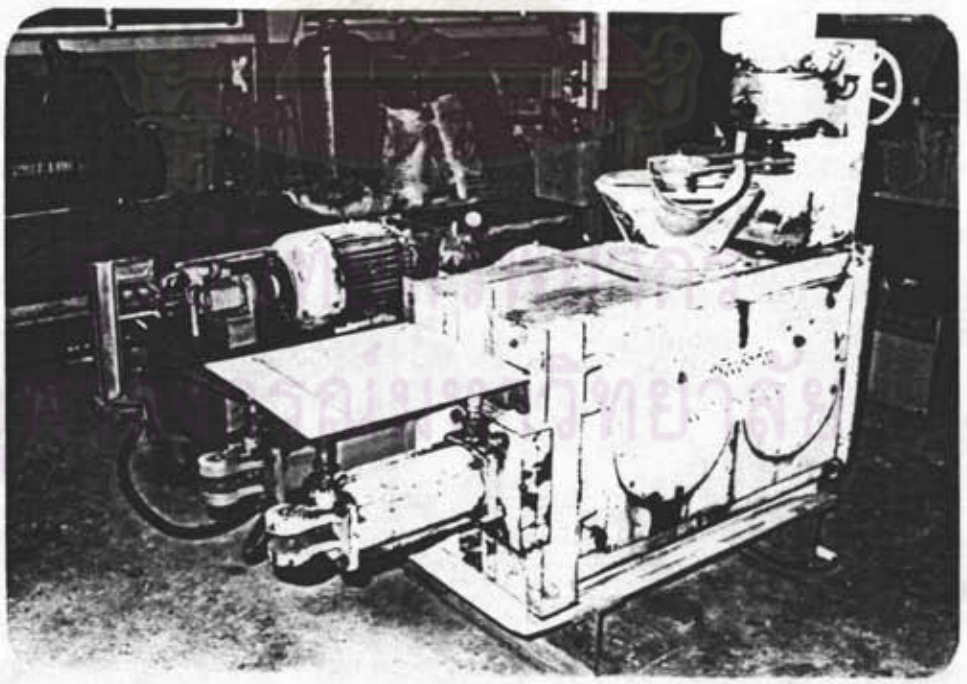
3.2.5 เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ใช้ในการอัดก้อนถ่านหินให้เป็นก้อนโดยป้อนถ่านหินที่ประกอบด้วยส่วนผสมต่าง ๆ เข้าทางด้านบนของเครื่อง มี screw feeder เป็นตัวควบคุมอัตราการป้อนให้คงที่ ส่วนภายในเครื่องมีแบบอัดอยู่บนลูกกลิ้งเป็นลักษณะครึ่งหนึ่งของถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ เมื่อ 2 ด้านหมุนเข้าหากัน จะประกบกันเป็นก้อนถ่านหินเต็มรูป ความเร็วของลูกกลิ้งประมาณ 3.27 เซนติเมตรต่อวินาที และในลูกกลิ้ง 1 อัน มีแม่แบบอยู่ 40 อัน ถ่านหินอัดก้อนที่ได้ตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องอัด ดังรูป 3.4

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 เครื่องผสม (Mixer)



รูปที่ 3.4 เครื่องอัดก้อนถ่านหินแบบ Double ring roll

3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการใช้งาน

- อุปกรณ์ในการจุดเตา เช่น ฟืน, ไม้ขีดไฟ, ชี้ได้, พัดลมขนาดเล็ก เป็นต้น
- เทอร์โมมิเตอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทดลอง
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- หม้ออลูมิเนียม (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข)
- เตาอั้งโล่ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข)

3.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ

3.3.1 อัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) จากสมการเคมีสำหรับการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยใช้ปูนขาว คือ $CaO + SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CaSO_4$ อัตราส่วนของ CaO ต่อ S โดยโมลเป็น 1 ต่อ 1 แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาคือ $CaSO_4$ จะไปอุดตันรูพรุนของ CaO ทำให้ CaO บางส่วนไม่ถูกใช้ประโยชน์ ในการขจัดกำมะถันในสภาวะการเผาไหม้จริง จึงต้องใช้ CaO ต่อ S มากกว่า 1 ต่อ 1 สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของ CaO ที่มีต่อการขจัดกำมะถัน ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญมาก จึงเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน CaO/S ในช่วงกว้าง ระหว่าง 0 ถึง 4

3.3.2 ร้อยละของดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน ต้องการศึกษาถึงอิทธิพลของดินเหนียวว่ามีส่วนช่วยในการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนหรือไม่ อย่างไร ช่วงร้อยละของดินเหนียวที่ศึกษาตั้งแต่ 0 ถึง 40

3.3.3 คุณภาพของถ่านหิน ใช้ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ภายในประเทศ โดยเลือกแหล่งที่มีความสำคัญและมีปริมาณสำรองมากพอสำหรับการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ แหล่งถ่านหินที่ศึกษามีดังนี้

- เหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง (ใช้สัญญลักษณ์ MM)
- เหมืองกระบี่ จ.กระบี่ ศึกษา 2 แหล่ง คือ
  แหล่งบางปูดำ (ใช้สัญญลักษณ์ PD)
  แหล่งคลองหวายเล็ก (ใช้สัญญลักษณ์ KV)
- เหมืองบ้านปู จ.ลำพูน (ใช้สัญญลักษณ์ BP)
- เหมืองป่าคา จ.ลำพูน (ใช้สัญญลักษณ์ PK)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ขั้นตอนและวิธีทำการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เบื้องต้น

ก) นำถ่านหินจากทั้ง 5 แหล่ง คือ แม่เมาะ (MM), บางปูดำ (PD), คลองหวายเล็ก (KV), บ้านปู (BP) และป่าคา (PK) มาบดหยาบโดยเครื่องบดแบบ Hammer Mill ผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มม. ถ่านหินที่ผ่านการบดดังกล่าวแล้วจะพร้อมสำหรับการอัดก้อนต่อไป

ข) นำถ่านหินแต่ละแหล่งที่ผ่านการบดในข้อ ก) ส่วนหนึ่งมาบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดแบบ Ball Mill จนสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 (ขนาด 250 ไมครอน) ได้ทั้งหมด ถ่านหินส่วนนี้ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นต่าง ๆ คือ

- วิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) ประกอบด้วย ความชื้น, เถ้า, สารระเหยได้ และคาร์บอนคงตัว ตาม ASTM D3172 (37)

- วิเคราะห์ค่าความร้อน (gross heating value) โดย bomb calorimeter ตาม ASTM D 3286 (38)

- วิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวมในถ่านหิน (total sulfur) โดยวิธี Eschka ตาม ASTM D 3177 (39)

- วิเคราะห์รูปแบบกำมะถัน (forms of sulfur) ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ กำมะถันซัลเฟต, กำมะถันไพไรต์ และกำมะถันอินทรีย์ ตาม ASTM D 2492 (40)

รายละเอียดการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ก

ค) ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานนำมาอบให้แห้งในตู้อบแบบถาด แล้วนำไปบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดแบบ Ball Mill จนกระทั่งร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 (ขนาด 250 ไมครอน) ได้ทั้งหมด จากนั้นนำดินเหนียวส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่าง ๆ

ง) นำปูนขาวที่ใช้ในงานวิจัยส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์หาปริมาณ CaO

3.4.2 การอัดก้อนถ่านหิน

- นำถ่านหินที่ผ่านการบดด้วย Hammer Mill ประมาณ 2.5 กิโลกรัม ไปอบในตู้อบแบบถาดที่อุณหภูมิประมาณ 80°ซ เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก

- ชั่งส่วนผสมต่าง ๆ ของถ่านหินอัดก้อน คือ ถ่านหิน ปูนขาว ดินเหนียว

ตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษาโดยเทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง ดังตัวอย่างการคำนวณที่แสดงไว้ในภาคผนวก ค

- นำถ่านหินกับปูนขาวผสมกันในเครื่องผสม (mixer) จากนั้นเอาดินเหนียวที่ละลายน้ำเทตามลงไป ผสมในเครื่องผสมจนเข้ากันดี จึงนำออกจากเครื่อง

- นำไปอัดก้อนโดยเครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll และในกรณีที่น้ำน้อยเกินไป อัดก้อนไม่ติด ก็เติมน้ำลงในส่วนผสม ป้อนเข้าไปในเครื่องอัดใหม่ จนได้ถ่านหินอัดก้อนตกลงสู่ด้านล่างของเครื่อง

- ถ่านหินอัดก้อนที่ได้ต้องนำมาตากแห้งในอากาศประมาณ 10-15 วัน หรือจนความชื้นของถ่านหินอัดก้อนสู่สมดุล จึงสามารถนำไปใช้งานได้

3.4.3 การนำถ่านหินอัดก้อนมาจุดเตาเพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งาน

นำถ่านหินอัดก้อนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ เพื่อศึกษาในสภาวะการใช้งานจริง การทดลองทุกครั้งใช้เตาอั้งโล่และหม้ออลูมิเนียมขนาดเดียวกัน ตลอดจนควบคุมสภาวะต่าง ๆ ในการจุดเตาให้เหมือนกัน เช่น ปริมาณน้ำ ปริมาณฟืน ระยะห่างของพัดลม เป็นต้น รายละเอียดของการจุดเตานี้แสดงในภาคผนวก ง

สำหรับปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ในการจุดเตาแต่ละครั้ง จะคำนวณให้ได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนเท่ากับถ่านไม้ 400 กรัม (ค่าความร้อนถ่านไม้ประมาณ 7,100 แคลอรีต่อกรัม) การหาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน ทำโดยก่อฟืนและชี้ได้ไว้ตรงกลาง ใส่ถ่านหินอัดก้อนลงไปบางส่วน แล้วจุดชี้ได้ให้ติดไฟ เติมถ่านหินอัดก้อนที่เหลือลงไปจนหมด ใช้พัดลมขนาดเล็กเป่าอากาศเพื่อช่วยให้ถ่านติดไฟดีขึ้น รอจนควันหมดจึงปิดพัดลม วัดอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นในหม้ออลูมิเนียม ปิดฝาหม้อ ยกขึ้นตั้งบนเตา รอจนน้ำเดือดเปิดฝาหม้อออก ปล่อยให้น้ำระเหยออกไปจนถ่านลุกไหม้หมด ชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งาน (แสดงในภาคผนวก จ)

3.4.4 การวิเคราะห์เถ้า

นำเถ้าที่ได้หลังการเผาไหม้ส่วนหนึ่งมาบดให้ละเอียดโดยใช้โกรกจนกระทั่งผ่านตะแกรงเบอร์ 60 (ขนาด 250 ไมครอน) ทั้งหมด จากนั้นนำมาวิเคราะห์

- ความชื้นในเถ้า ตาม ASTM D 3173
- ปริมาณกำมะถันรวม โดยวิธี Eschka ตาม ASTM D 1757 (41)

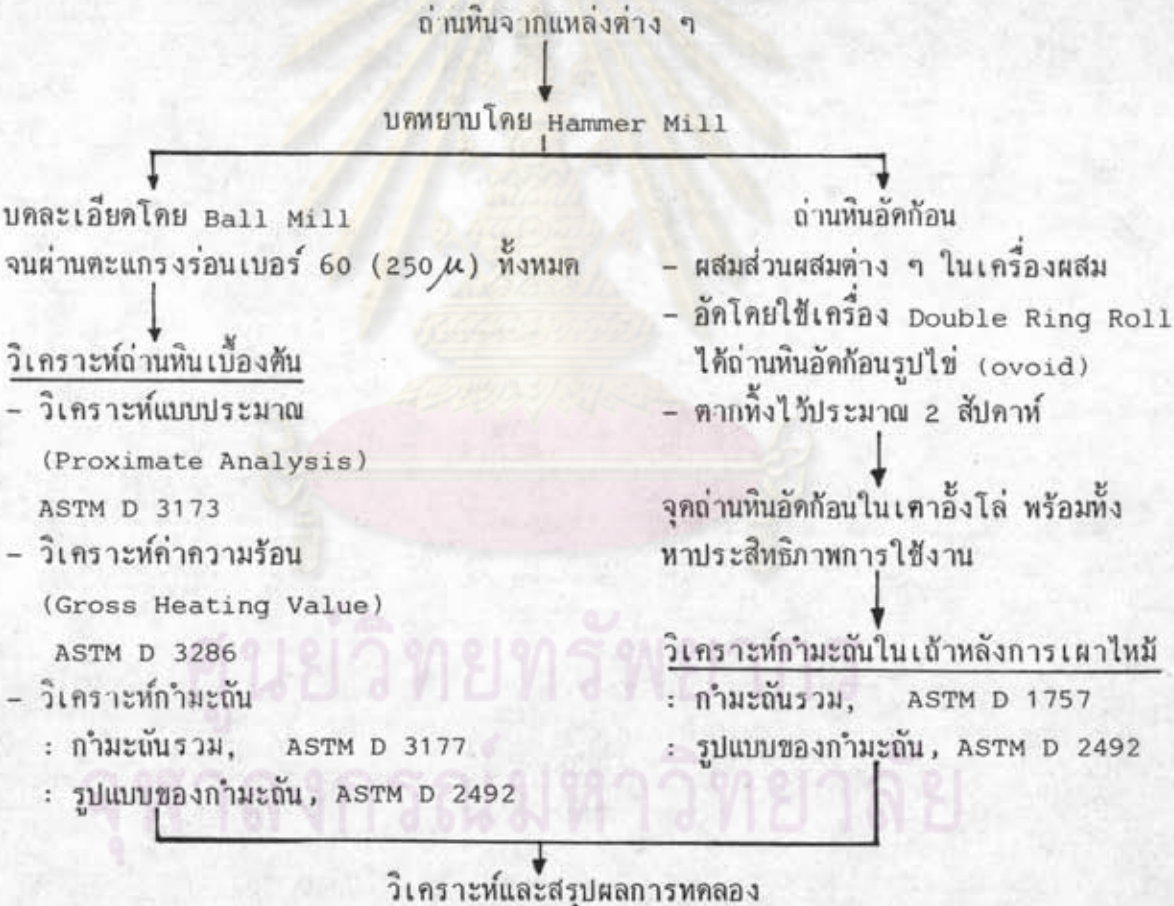
- รูปแบบของกำมะถัน ตาม ASTM D 2492

รายละเอียดการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ก

3.4.5 วิเคราะห์และสรุปผล

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์ถ่านหินและดินเหนียวเบื้องต้น ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ มาช่วยอธิบายผลที่ได้จากการทดลอง สรุปความสัมพันธ์ของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และร้อยละของดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน กับประสิทธิภาพการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน รวมทั้งเปรียบเทียบผลของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ด้วย

ขั้นตอนต่าง ๆ ในงานวิจัยสามารถสรุปย่อให้เห็นชัดเจนได้ดังนี้



เนื่องจากทำการอัดก้อนถ่านหินหลายชุดสำหรับศึกษาตัวแปรต่าง ๆ กัน เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ จึงสรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ถ่านหินอัดก้อนเมื่อทำการศึกษาผลของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) ร้อยละของดินเหนียวคงที่ = 20

อัตราส่วน CaO/S (โดยโมล)	แหล่งถ่านหิน				
	แม่เมาะ (MM)	บางปูดำ (PD)	คลองหวายเล็ก (KV)	บ้านปู (BP)	ป่าคา (PK)
0	*	*	*	*	*
1	*	*	*	*	
1.25					*
2	*	*	*	*	
2.5					*
3	*	*	*	*	
4			*	*	*

ตารางที่ 3.2 ถ่านหินอัดก้อนเมื่อทำการศึกษาผลของร้อยละดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน อัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) คงที่ = 2

ร้อยละของดินเหนียว	แหล่งของถ่านหิน		
	แม่เมาะ (MM)	คลองหวายเล็ก (KV)	ป่าคา (BP)
0	*		*
10	*	*	*
20	*	*	*
30	*	*	*
40	*	*	

* = ถ่านหินอัดก้อนที่ทำการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย