หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองทำการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ คุณภาพของถ่านหิน ขนาดของถ่านหิน ปริมาณตัวประสานที่ใช้ และปริมาณปูนขาว ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่ใช้

1. จากการนำถ่านหินจากเหมืองบ้านปู แต่ละขนาด คือ ถ่านหินขนาด 0-1 นิ้ว, 1-3 นิ้ว, 3-6 นิ้ว และเศษถ่านหินไปบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer Mill ผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มม. และวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์แบบประมาณ การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและปริมาณกำมะถันในถ่านหิน และการวิเคราะห์ขนาด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าถ่านหินจากเหมืองบ้านปูทั้งสี่ชนิด จัดอยู่ในประเภทถ่านหินลิกไนท์ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู

รายการที่วิเคราะห์	ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู							
	เศษถ่าน		0-1 นิ้ว		1-3 นิ้ว		3-6 นิ้ว	
	air-dried	dry	air-dried	dry	air-dried	dry	air-dried	dry
การวิเคราะห์แบบประมาณ : ร้อยละ								
- น้ำ	13.85	-	22.60	-	17.23	-	26.06	-
- เถ้า	36.29	42.12	11.08	14.32	6.39	7.72	5.55	7.51
- สารระเหย	27.22	31.60	33.58	43.38	39.18	47.34	34.32	46.42
- คาร์บอนคงตัว	22.64	26.28	32.74	42.30	37.20	44.94	34.07	46.08
ปริมาณกำมะถัน, ร้อยละ	0.58	0.67	1.64	2.12	2.29	2.77	2.06	2.79
ค่าความร้อน, แคลอรี/กรัม	2708	3143	4143	5353	4676	5649	4328	5853

หมายเหตุ 1. air-dried basis หมายถึง สภาวะที่ผึ่งตัวอย่างไว้ในบรรยากาศจนมีความชื้นอยู่ในสมดุล

2. dry basis หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ไม่รวมความชื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินจากเหมืองบ้านปู ที่บดผ่าน Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. 1 ครั้ง

ขนาดถ่านหิน (มม.)	น้ำหนัก, ร้อยละ			
	เศษถ่าน	0-1 นิ้ว	1-3 นิ้ว	3-6 นิ้ว
4.75 - 9.5	0.60	0.84	0.65	1.27
2.36 - 4.75	12.37	22.33	18.67	25.72
1.18 - 2.36	22.12	32.06	33.06	35.49
0.60 - 1.18	20.74	21.06	23.27	20.49
0.30 - 0.60	14.68	10.59	11.55	8.86
0.15 - 0.30	9.17	4.30	5.58	2.80
0.075 - 0.15	8.21	3.41	2.23	1.31
เล็กกว่า 0.075	9.68	3.12	1.53	1.19

2. จากการนำถ่านหินเหมืองบ้านปูทั้ง 4 ชนิด มาผสมกันให้ได้ตัวอย่างถ่านหิน A, B, C และ D ที่มีร้อยละของเถ้าประมาณ 15, 20, 25 และ 30 ตามลำดับ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ เช่นเดียวกับข้อ 1 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า ถ่านหิน A, B, C และ D จัดอยู่ในประเภทถ่านหินลิกไนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการศึกษา

รายการที่วิเคราะห์	ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู							
	A		B		C		D	
	air-dried	dry	air-dried	dry	air-dried	dry	air-dried	dry
การวิเคราะห์แบบประมาณ : ร้อยละ								
- น้ำ	22.60	-	14.62	-	13.02	-	12.16	-
- เถ้า	11.08	14.32	17.38	20.36	22.14	25.45	26.94	30.67
- สารระเหย	33.58	43.38	35.32	41.37	34.08	39.18	32.36	36.84
- คาร์บอนคงตัว	32.74	42.30	32.68	38.28	30.76	35.36	28.54	32.49
ปริมาณกำมะถัน, ร้อยละ	1.64	2.12	1.62	1.90	1.22	1.40	1.08	1.23
ค่าความร้อน, แคลอรี/กรัม	4143	5353	4025	4714	3743	4303	3431	3906

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งบดผ่าน Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. 1 ครั้ง

ขนาดของถ่านหิน (มม.)	น้ำหนัก, ร้อยละ			
	A	B	C	D
2 - 9.5	23.31	29.56	19.56	25.08
1 - 2	26.34	30.25	27.85	27.14
0.5 - 1	23.26	19.55	22.85	20.71
0.355 - 0.5	8.27	6.21	7.63	7.78
0.15 - 0.355	10.66	8.04	11.98	10.75
0.075 - 0.15	0.89	0.18	4.93	0.95
เล็กกว่า 0.075	7.27	6.21	5.19	7.57

3. จากการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างถ่านหิน B และ D ที่มีปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินเหมืองบ้านปูขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร

ขนาดของถ่านหิน (มม.)	น้ำหนัก, ร้อยละ	
	ถ่านหิน B	ถ่านหิน D
2 - 9.5	-	-
1 - 2	42.6	39.74
0.5 - 1	28.67	27.55
0.355 - 0.5	9.35	8.9
0.15 - 0.355	12.61	12.94
0.075 - 0.15	4.67	0.64
เล็กกว่า 0.075	2.1	10.22

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินเหมืองบ้านปูขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร

ขนาดของถ่านหิน (มม.)	น้ำหนัก, ร้อยละ	
	ถ่านหิน B	ถ่านหิน D
2 - 9.5	-	-
1 - 2	-	-
0.5 - 1	57.35	48.48
0.355 - 0.5	14.78	14.83
0.15 - 0.355	18.63	18.83
0.075 - 0.15	1.81	0.93
เล็กกว่า 0.075	7.42	16.92

4. จากการนำดินเหนียวซึ่งใช้เป็นตัวประสาน ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินเหนียว พบว่าดินเหนียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน

รายการที่วิเคราะห์	น้ำหนัก, ร้อยละ
Ignition loss	5.26
Fe_2O_3	5.60
Al_2O_3	15.81
SiO_2	67.36
CaO	0.66
MgO	1.02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลการทดลองอัดก้อนถ่านหินและการทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

ผลการทดลองอัดก้อนและการตากแห้งก่อนนำมาใช้งาน

เมื่ออัดก้อนถ่านหินโดยใช้เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ถ่านหินอัดก้อนที่ได้เป็นรูปไข่ (ovoid) ตามแม่แบบ ดังรูปที่ 4.1 มีขนาดประมาณ 3 ซม. × 5 ซม. โดยมีน้ำหนักของถ่านหินอัดก้อนเริ่มแรกประมาณ 20 กรัม และร้อยละของความชื้นที่อัดติดประมาณ 26-41 ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหิน ปริมาณปูนขาว ปริมาณตัวประสานและน้ำที่ใช้ จากนั้นตากถ่านหินอัดก้อนทิ้งไว้จนความชื้นของถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล (ประมาณ 5-8 วัน) ดังผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณตัวประสานเท่ากัน พบว่าระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลจะเร็วขึ้น เมื่อขนาดของถ่านหินที่ใช้เล็กลง ตัวอย่างเช่น ถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 ที่ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลประมาณ 6 วัน สำหรับขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง) และขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ส่วนขนาดถ่านหินที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลเพียงประมาณ 4 วันเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านหินขนาดเดียวกัน เมื่อใช้ตัวประสานมากขึ้น ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลจะเร็วขึ้น เช่น ถ่านหิน A (เถ้าร้อยละ 15) ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลประมาณ 7,6,5 และ 5 วัน ที่ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 10,20,30 และ 40 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้งตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากเครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ขนาดของถ่านหินต่าง ๆ กันและปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน (สำหรับถ่านหิน B และ D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ ปริมาณปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 60 %)

ขนาดของถ่านหิน	% ดินเหนียว	ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล (วัน)	
		ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 (ถ่านหินชนิด B)	ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 (ถ่านหินชนิด D)
ขนาดรวม ๆ (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง)	0	-	6
	10	8	6
	20	6	6
	30	5	5
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	0	-	6
	10	7	5
	20	6	6
	30	6	-
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	0	-	4
	10	6	4
	20	5	4
	30	6	-

ตารางที่ 4.9 ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน (สำหรับถ่านหิน A และ C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 25 ตามลำดับ ปริมาณปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 60 % ขนาดของถ่านหินที่ใช้คือ ขนาดรวม ๆ บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง)

% ดินเหนียว	ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล (วัน)	
	ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 (ถ่านหินชนิด A)	ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 (ถ่านหินชนิด C)
0	-	7
10	7	7
20	6	6
30	5	6
40	5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

การทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ในแง่ของการนำมาใช้งาน ใช้ถ่านไม้เป็นตัวเปรียบเทียบโดยใช้เตาอั้งโล่และหม้ออลูมิเนียมขนาดเดียวกัน ใช้ถ่านไม้ 400 กรัม และน้ำ 2.5 ลิตร หาประสิทธิภาพโดยวิธีต้มน้ำครั้งเดียวจนไฟรา จากผลการทดลองพบว่า เตาอั้งโล่ที่ใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 29 ช่วงเวลามีควัน (นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา) ประมาณ 3 นาที เวลาที่ทำให้น้ำเริ่มเดือดประมาณ 15 นาที และระยะเวลาที่น้ำเดือดประมาณ 25 นาที

4.2.1 ผลของการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

จากการทดลองศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ก. ผลของการศึกษาขนาดของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

จากการทดลองใช้ถ่านหิน B และ D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ เป็นตัวอย่างในการศึกษา โดยทำการอัดก้อนและทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้ผลการทดลองดังนี้

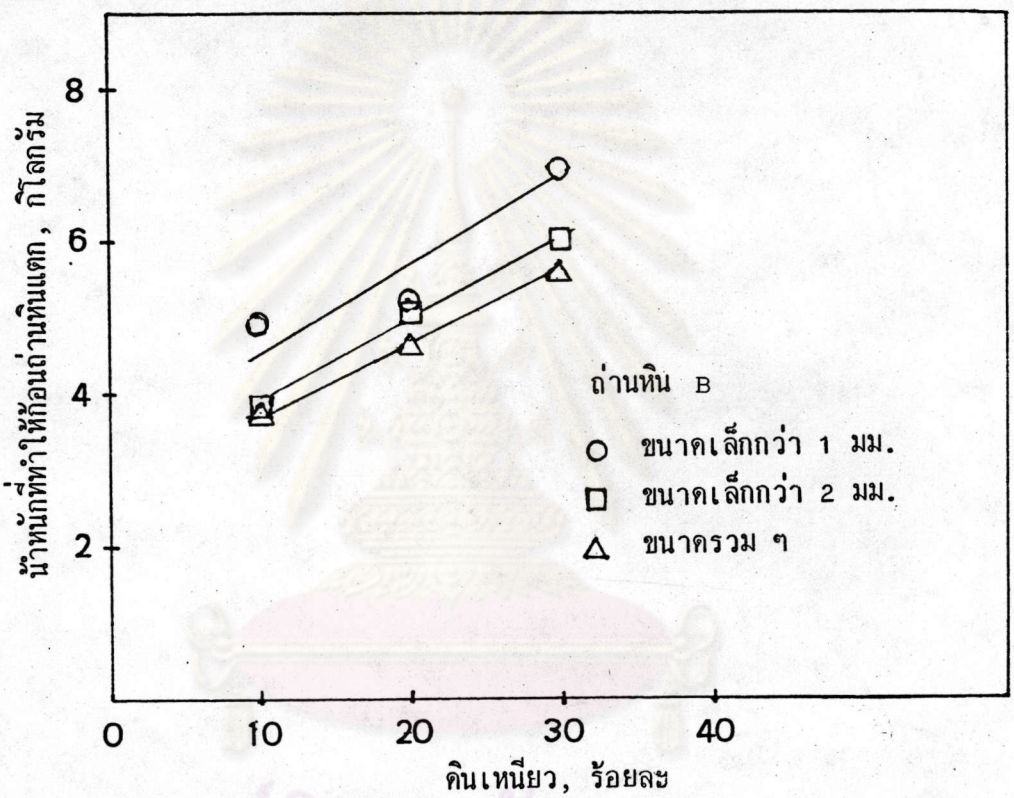
ถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.10 พบว่า ขนาดของถ่านหินมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ดังนี้คือ

1. ในด้านของความแข็งแรง ซึ่งพิจารณาจากค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก พบว่า ที่ปริมาณดินเหนียวเท่ากัน ถ่านหินอัดก้อนจากถ่านหินขนาดเล็ก รับน้ำหนักได้สูงกว่าถ่านหินอัดก้อนจากถ่านหินขนาดใหญ่กว่า ดังแสดงให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นในรูปที่ 4.2 ตัวอย่างเช่น ที่ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 10 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 3.78 เป็น 3.87 และ 4.99 กิโลกรัม ที่ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง) ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ขนาดของถ่านหินขนาดเดียวกัน ความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น เช่น ที่ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง) น้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกมีค่าเท่ากับ 3.78, 4.61 และ 5.6 กิโลกรัม เมื่อใช้ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 10, 20 และ 30 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้งตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ผลของการศึกษาขนาดของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน B (สำหรับถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

ขนาดถ่านหิน	% ดินเหนียว	% ความชื้นที่อัดติด	ค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อน (แคลอรี/กรัม) (แบบไม่รวมความชื้น)	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีคว้น (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
ขนาดรวม ๆ	10	32.53	3919	3.78	12	14	36	29.2
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	10	32.26	3919	3.87	12	15	37	28.5
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	10	37.05	3919	4.99	12	16	36	29.7
ขนาดรวม ๆ	20	36.5	3618	4.61	12	15	36	30.8
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	20	31.3	3618	5.06	11	13	34	28.4
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	20	34.3	3618	5.25	12	14	34	30.3
ขนาดรวม ๆ	30	30.9	3360	5.6	13	16	34	28.0
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	30	32.46	3360	6.02	12	13	34	28.6
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	30	33.7	3360	6.96	11	13	36	29.3
(ถ่านไม้	-	-	7538	-	3	15	25	29.0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ขนาดของถ่านหินต่าง ๆ กัน และปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 (ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

2. ในด้านของการทดลองนำไปใช้งาน โดยการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ พบว่าที่ขนาดของถ่านหินต่างกัน และปริมาณดินเหนียวต่างกัน ประสิทธิภาพในการใช้งานไม่แตกต่างกันคือ มีค่าประมาณร้อยละ 28-30 และมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 29 แต่ช่วงเวลามีควันของถ่านหินอัดก้อนนานกว่าถ่านไม้ คือ ช่วงเวลามีควันของถ่านหินอัดก้อนประมาณ 11-13 นาที ในขณะที่ถ่านไม้นานประมาณ 3 นาที แต่ระยะเวลาที่น้ำเดือดของถ่านหินอัดก้อนนานถึงประมาณ 34-35 นาที ในขณะที่ถ่านไม้มีระยะเวลาที่น้ำเดือดเพียงประมาณ 25 นาที เท่านั้น

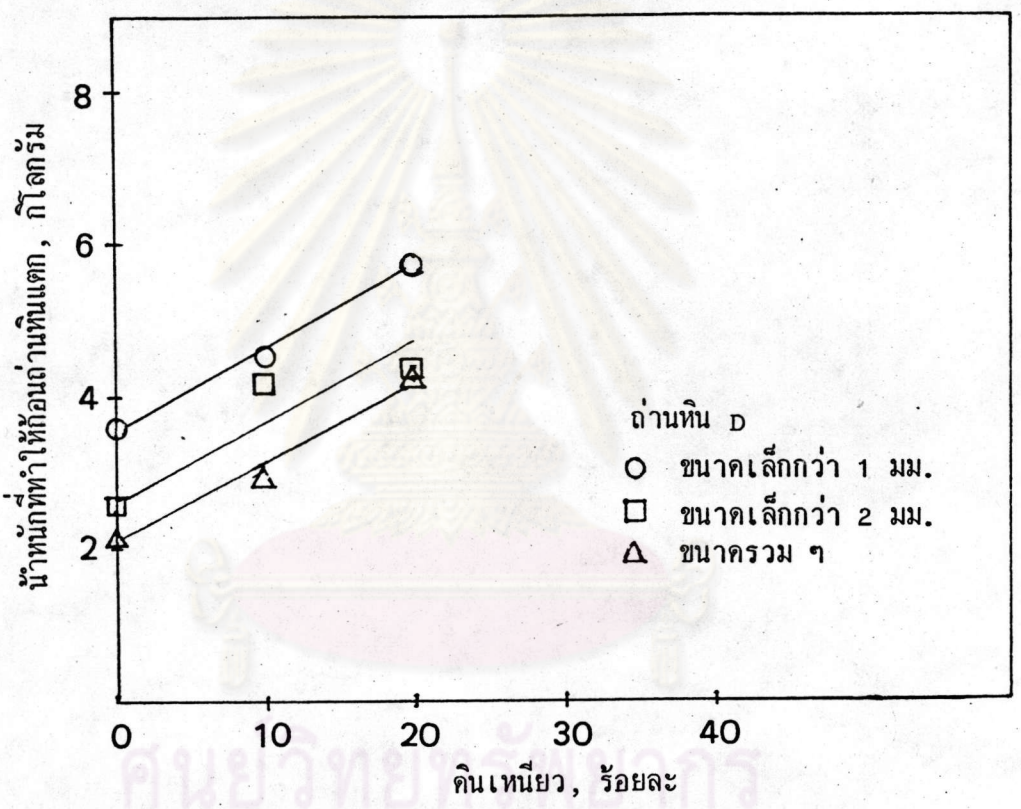
สำหรับถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11 ซึ่งพบว่าขนาดของถ่านหินมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนทั้งในด้านของความแข็งแรงและการนำไปใช้งาน เช่นเดียวกับถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 ดังรูปที่ 4.3 แต่ค่าน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกไม่เท่ากัน

จากผลการทดลอง พบว่าในการทำถ่านหินอัดก้อน เมื่อใช้ขนาดของถ่านหินที่ละเอียดกว่า ถ่านอัดก้อนที่ได้จะรับน้ำหนักได้สูงกว่าถ่านหินอัดก้อนจากถ่านหินขนาดใหญ่กว่า คือมีความแข็งมากกว่า อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานมีค่าใกล้เคียงกัน และน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกของถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหินขนาดรวม ๆ (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง) ต่ำกว่าขนาดของถ่านหินที่ละเอียดกว่าไม่มากนัก และมีความแข็งแรงพอในการนำไปใช้งาน ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อ ๆ ไป จึงใช้ถ่านหินขนาดรวม ๆ ที่ได้จากการบดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง เป็นขนาดที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ประหยัดเวลาและลดต้นทุนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลของการศึกษาขนาดของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน D (สำหรับถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30, ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

ขนาดถ่านหิน	% ดินเหนียว	% ความชื้นที่อัดติด	ค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อน (แคลอรี/กรัม) (แบบไม่รวมความชื้น)	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีคว้น (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
ขนาดรวม ๆ	0	30.4	3662	2.18	12	14	36	28.6
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	0	29.72	3662	2.59	13	17	36	30.9
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	0	36.98	3662	3.58	11	15	37	30.9
ขนาดรวม ๆ	10	28.55	3348	2.99	13	17	38	29.7
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	10	31.86	3348	4.18	14	17	36	30.9
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	10	26.16	3348	4.55	12	17	34	30.9
ขนาดรวม ๆ	20	28.71	3084	4.25	14	16	38	29.9
ขนาดเล็กกว่า 2 มม.	20	28.69	3084	4.39	14	15	37	30.8
ขนาดเล็กกว่า 1 มม.	20	29.0	3084	5.75	13	20	36	29.4
(ถ่านไม้	-	-	7538	-	3	15	25	29.0)



รูปที่ 4.3 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ขนาดของถ่านหินต่าง ๆ กัน และปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 (ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

ข. ผลของการศึกษาปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

ตัวประสานที่เติมลงไปคือ ดินเหนียว เพื่อช่วยในการยึดเกาะอนุภาคถ่านหิน ทำให้ถ่านอัดก้อนมีความแข็งแรง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 กล่าวคือ ปริมาณดินเหนียวที่ต่ำที่สุดที่ทำให้สามารถอัดติดเป็นก้อนได้ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหิน คือปริมาณดินเหนียวที่ต่ำที่สุดที่ทำให้สามารถอัดติดเป็นก้อนได้ สำหรับถ่านหิน A และ B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 20 คือ ประมาณร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง ส่วนถ่านหิน C และ D ที่มีเถ้าประมาณตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป สามารถอัดติดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้ดินเหนียว และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียว ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะรับน้ำหนักได้สูงขึ้นก่อนแตก ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ขนาดของถ่านหินต่าง ๆ กัน และปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน B และ D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ และรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก สำหรับถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหิน A และ C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 25 ตามลำดับ ที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน แต่มีประสิทธิภาพในการใช้งานไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นปริมาณตัวประสานที่เหมาะสม จึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหินที่นำมาใช้และคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ต้องการ ว่าต้องการให้มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูงเพียงไร แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสิ่งอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ปริมาณความร้อนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ความยากง่ายในการจุดติด และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน A (สำหรับถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

% ดินเหนียว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
10	2.73	10	12	33	28.3
20	4.3	11	15	33	28.2
30	5.13	12	15	35	29.8
40	5.76	11	17	37	29.1

ตารางที่ 4.13 ผลของปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน B (สำหรับถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

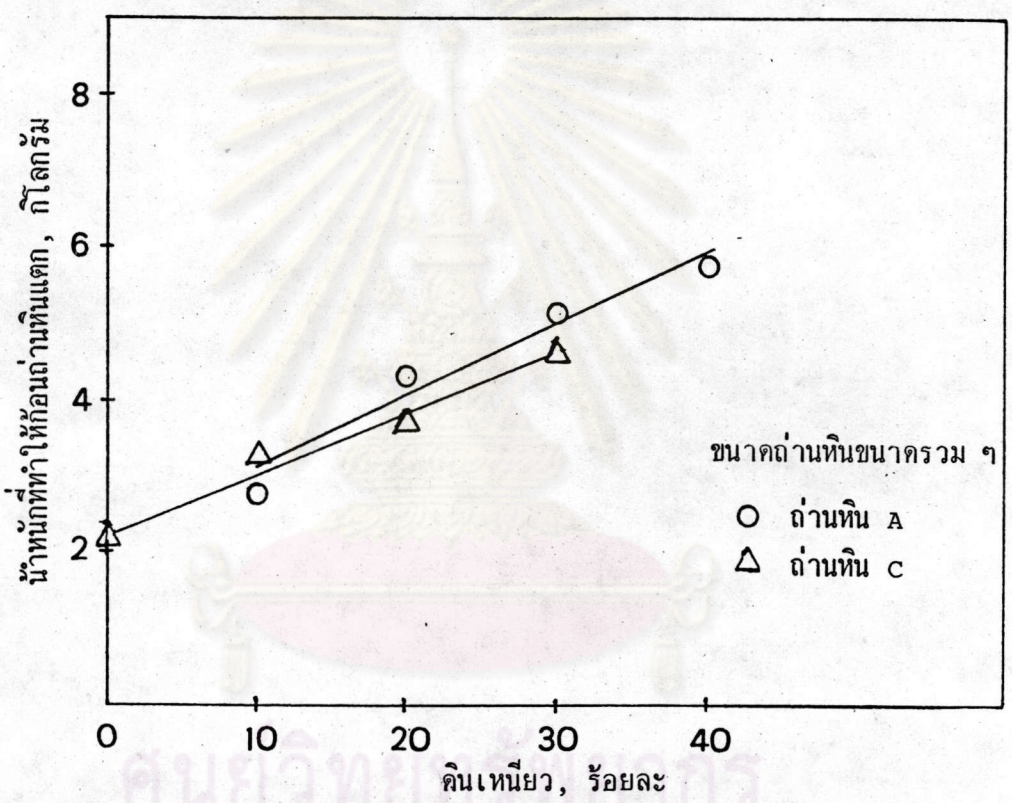
% ดินเหนียว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
10	3.78	12	14	36	29.2
20	4.61	12	15	36	30.8
30	5.6	13	16	34	28.0

ตารางที่ 4.14 ผลของปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน C (สำหรับถ่านหิน C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

% ดินเหนียว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
0	2.26	12	15	35	28.4
10	3.27	12	14	36	29.0
20	3.73	12	15	36	28.8
30	4.63	13	16	35	28.0

ตารางที่ 4.15 ผลของปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน D (สำหรับถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

% ดินเหนียว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
0	2.18	12	14	36	28.6
10	2.99	13	17	38	29.7
20	4.25	14	16	38	29.9
30	4.51	13	19	24	26.9



รูปที่ 4.4 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่มีปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน A และ C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 25 ตามลำดับ (ขนาดถ่านหินที่ใช้ขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

ค. ผลของการศึกษาปริมาณปูนขาวที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

ในการทดลองใช้ถ่านหิน A และ C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 25 ตามลำดับ เป็นตัวอย่าง และใช้ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น คืออัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S มากขึ้น น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกลดลงจนถึงค่า ๆ หนึ่ง ที่เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น คือ อัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S มากขึ้นจาก 0, 1 และ 2 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกจะลดลงจาก 11.7 เป็น 8.08 และ 4.3 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่ออัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3, 4 และ 5 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6.74, 9.92 และ 11.06 กิโลกรัม ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน เมื่อไม่ได้เติมปูนขาวจะมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 25.5 แต่เมื่อเติมปูนขาวมากขึ้น ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานจะมากขึ้นจนถึงค่า ๆ หนึ่ง ที่เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานจะลดต่ำลง ส่วนถ่านหิน C ให้ผลการทดลองคล้ายคลึงกัน ในช่วงอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S 0-5 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.16 และ 4.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 ผลของปริมาณปูนขาวที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน A (สำหรับถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15, ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ดินเหนียว 20 %)

CaO/S	% ปูนขาว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
0	0	11.7	14	11	20	25.5
1	5.73	8.08	11	12	32	27.4
2	11.47	4.3	10	16	33	28.2
3	17.20	6.74	12	14	31	28.0
4	23.26	9.92	13	16	32	28.0
5	29.08	11.06	12	14	29	26.7

ตารางที่ 4.17 ผลของปริมาณปูนขาวที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน C (สำหรับถ่านหิน C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25, ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ดินเหนียว 20 %)

CaO/S	% ปูนขาว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
0	0	6.58	18	16	22	25.9
1	3.79	5.57	12	14	34	28.65
2	7.57	3.73	11	15	31	28.8
3	11.36	3.58	12	17	36	29.7
4	15.37	10.82	16	17	33	28.2
5	19.20	11.83	15	15	31	26.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ผลการทดลองอัดก้อนโดยใช้ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ

ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ ที่ทดลองนำมาอัดก้อน ได้แก่ คลองโตน จังหวัดกระบี่ ป่าคา จังหวัดลำพูน และแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยนำถ่านหินแต่ละตัวอย่างไปบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์แบบประมาณ หาค่าความร้อนและปริมาณกำมะถันในถ่านหิน และวิเคราะห์ขนาดได้ผลดังตารางที่ 4.18 และ 4.19 พบว่าถ่านหินทั้ง 3 แหล่ง จัดอยู่ในประเภทถ่านหินลิกไนท์

จากการทดลองอัดก้อนถ่านหิน โดยใช้ขนาดของถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 ที่ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 0 และ 10 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้งตามลำดับ พบว่าสามารถอัดติดเป็นก้อนได้ และมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับถ่านหินจากแหล่งบ้านปูที่มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน และดินเหนียวเท่ากัน สำหรับถ่านหินจากแหล่งป่าคา จังหวัดลำพูนและแม่เมาะ จังหวัดลำปาง คือน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกมีค่าประมาณ 5 และ 3 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่ถ่านหินจากแหล่งคลองโตน มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูงกว่ามาก คือ มีค่าประมาณ 16 กิโลกรัม ส่วนประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก คือประมาณร้อยละ 27-28 ซึ่งใกล้เคียงกับประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานของถ่านหินแหล่งบ้านปู ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.20 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณตัวประสานมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนในลักษณะเดียวกันกับถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหินแหล่งบ้านปู

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินแหล่งอื่น ๆ ที่ทดลองนำมาอัดก้อน

รายการที่วิเคราะห์	คลองโตน		ป่าคา		แม่เมาะ	
	air-dried	dry	air-dried	dry	air-dried	dry
การวิเคราะห์แบบประมาณ : ร้อยละ						
- น้ำ	7.78	-	11.31	-	9.93	-
- เถ้า	30.53	33.11	31.24	35.22	22.52	25.00
- สารระเหย	30.18	32.73	30.38	34.25	29.95	33.25
- คาร์บอนคงตัว	31.50	34.16	27.08	30.53	37.60	41.75
ปริมาณกำมะถัน, ร้อยละ	4.95	5.37	1.21	1.36	0.68	0.75
ค่าความร้อน, แคลอรี/กรัม	3535	3833	3309	3731	3876	4303

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินแหล่งอื่น ๆ ที่ทดลองนำมาอัดก้อนบดผ่าน Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. 1 ครั้ง

ขนาดของถ่านหิน (มม.)	น้ำหนัก, ร้อยละ		
	คลองโตน	ป่าคา	แม่เมาะ
2 - 9.5	36.38	33.42	37.24
1 - 2	26.22	25.6	22.75
0.5 - 1	17.46	18.76	16.59
0.355 - 0.5	5.87	5.94	6.03
0.15 - 0.355	7.75	6.74	8.61
0.075 - 0.15	0.32	0.36	0.27
เล็กกว่า 0.075	6.00	9.18	8.51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 คุณภาพของถ่านหินอัดก้อนจากแหล่งอื่น ๆ (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ปูนขาว ในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

แหล่งถ่านหิน	% ดินเหนียว	น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก (กิโลกรัม)	ช่วงเวลามีควัน (นาที)	เวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ η (%)
คลองโตน	0	16.3	18	16	33	28.9
	10	17.3	20	26	38	28.1
ป่าคา	0	5.2	13	13	28	28.0
	10	5.7	15	13	28	26.9
แม่เมาะ	0	3.19	13	11	21	28.3
	10	3.71	14	12	28	27.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย