หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดหนึ่ง เกิดจากการสะสมตัวของซากพืช เมื่อหลายล้านปีมาแล้ว ในระยะเวลาต่อมามีตะกอนดินทรายมาทับถม และเกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวพื้นโลกจากความกดดันของน้ำหนักที่กดทับ รวมทั้งความร้อนจากภายในโลก ทำให้ซากที่ทับถมกันนี้แปรสภาพเป็นถ่านหินชนิดต่าง ๆ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอาจจะมีธาตุอื่น ๆ เจือปนอยู่บ้าง ได้แก่ ออกซิเจน และไนโตรเจน ถ่านหินที่มีอายุมากที่สุดประมาณว่ามากกว่า 250 ล้านปี ส่วนที่มีอายุน้อยที่สุดประมาณ 20 ล้านปี

2.1 ชนิดและคุณสมบัติของถ่านหิน

นักธรณีวิทยาได้จัดแบ่งโดยคำนึงถึงคุณภาพในการให้พลังงาน ตั้งแต่คุณภาพเลวที่สุดไปจนถึงชนิดที่มีคุณภาพดีที่สุด เป็น 4 ชนิด คือ

ก. พีท (peat) คือเศษพืชเน่าเปื่อยผุพัง ซึ่งทับถมอยู่ในหนองบึง โดยยังปรากฏให้เห็นร่องรอยของเนื้อไม้อยู่ มีลักษณะเป็นสีน้ำมัน และมีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ให้ค่าความร้อนน้อย เมื่อติดไฟจะให้ควันมาก

ข. ลิกไนท์ (lignite) เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำที่สุด มีวิวัฒนาการมาจากพีท และยังปรากฏให้เห็นร่องรอยของเนื้อไม้อยู่บ้าง มีสีน้ำตาล ถ่านหินประเภทนี้นิยมใช้กันแพร่หลาย แต่ให้ค่าความร้อนที่ต่ำไม่สามารถขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ หรือกองเก็บเป็นเวลานานได้ เพราะมันสามารถเกิดการติดไฟขึ้นมาเองได้ (spontaneous combustion)

ค. บิทูมินัส (bituminous) เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพสูง ใช้ระยะเวลาในการแปรสภาพยาวนานกว่าถ่านลิกไนท์ มีเถ้าต่ำ ให้ควันน้อย ให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านลิกไนท์ เนื้อถ่านมีสีดำเป็นมันเงา ไม่มีร่องรอยของเนื้อไม้ปรากฏให้เห็น เหมาะสำหรับนำไปใช้ผลิตถ่านโค้ก เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม

ง. แอนทราไซต์ (anthracite) เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะเป็นสีดำสนิท เป็นมันวาว มีความแข็งมาก ติดไฟยาก ใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้เป็นเวลานาน

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ (rank) (7) โดยวิธีมาตรฐาน ASTM ได้ออกเป็น 4 ชั้นใหญ่ ๆ คือ ลิกไนท์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซต์ โดยเรียงจากคุณภาพต่ำถึงสูง ดังตารางที่ 2.1 โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก เช่น คาร์บอนคงตัว สารระเหย ความชื้น เถ้า กำมะถัน และค่าความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 การแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ โดยวิธี ASTM D388 (8)

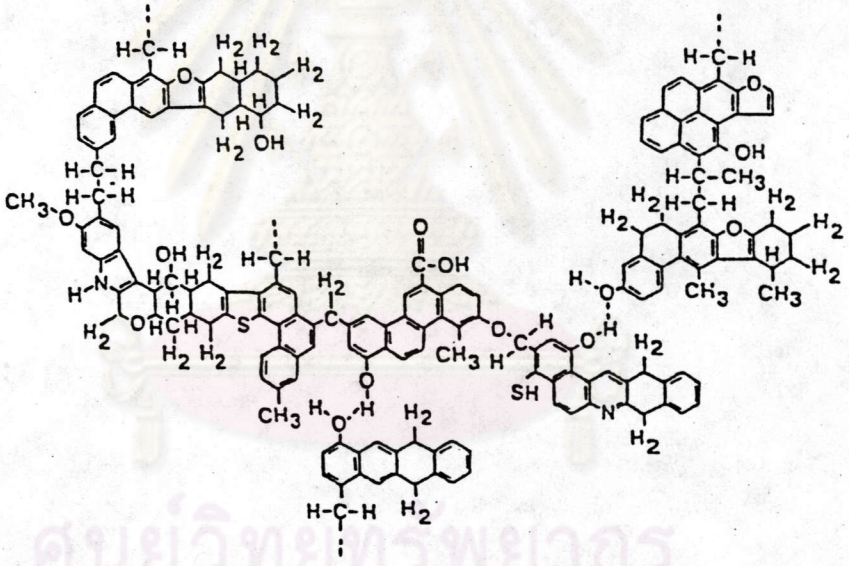
Classification of Coals by Rank[A]

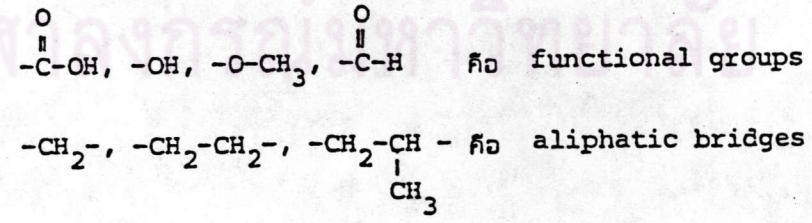
Class	Group	Fixed Carbon Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits, Btu per pound (Moist,[B] Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
I. Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	...	...	
	3. Semianthracite[C]	86	92	8	14	...	...	
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	...	...	commonly agglomerating[E]
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	...	...	
	3. High volatile *A* bituminous coal	...	69	31	...	14 000[D]	...	
	4. High volatile *B* bituminous coal	...	...	...	...	13 000[D]	14 000	
	5. High volatile *C* bituminous coal	...	...	...	...	11 500	13 000	
						10 500	11 500	agglomerating
III. Subbituminous	1. Subbituminous *A* coal	...	...	...	...	10 500	11 500	nonagglomerating
	2. Subbituminous *B* coal	...	...	...	...	9 500	10 500	
	3. Subbituminous *C* coal	...	...	...	...	8 300	9 500	
IV. Lignitic	1. Lignite *A*	...	...	...	...	6 300	8 300	
	2. Lignite *B*	...	...	...	...	...	6 300	

[A] This classification does not apply to certain coals, as discussed in Note 1.
[B] Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.
[C] If agglomerating, classify in low-volatile group of the bituminous class.
[D] Coals having 69 % or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of calorific value.
[E] It is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in high volatile *C* bituminous group.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถึงแม้ว่ามนุษย์รู้จักนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ มาเป็นเวลานานแล้ว ก็ตาม โครงสร้างทางเคมีของถ่านหินหรือสูตรโมเลกุลของถ่านหินนั้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน แต่ตามความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์ (9) คิดว่าโครงสร้างทางเคมีของถ่านหินประกอบด้วย กลุ่มโมเลกุลวงแหวนอะโรมาติก (aromatic) และไฮโดรอะโรมาติก (hydroaromatic) เกาะอยู่เป็นกลุ่ม ๆ แต่ละกลุ่มอาจเชื่อมกันอยู่ด้วยแขนของโมเลกุลอะลิแฟติก (aliphatic) ที่อ่อนแอ ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มยังมีวงแหวนที่มีอะตอมของธาตุออกซิเจน หรือกำมะถัน หรือไนโตรเจน ประกอบอยู่กับคาร์บอน รวมทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่ความเป็นกรด ด่าง อีเทอร์ หรืออื่น ๆ (functional group) ซึ่งแทนที่ไฮโดรเจนในวงแหวนอีกด้วย ดังแสดงเป็นโมเลกุลสมมติใน รูปที่ 2.1





รูปที่ 2.1 โมเลกุลสมมติของถ่านหิน (9)

ในประเทศไทยมีแหล่งถ่านหินซึ่งเปิดทำเหมืองและนำมาใช้แล้วหลายแหล่ง ที่สำคัญ ๆ มีตัวอย่างคุณภาพของถ่านหิน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างคุณภาพของถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ ในประเทศไทย

คุณภาพของถ่านหิน	ถ่านหินแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง	ถ่านหินแหล่งบางปูดำ จังหวัดกระบี่	ถ่านหินแหล่งบ้านปู อ.ลี้ จังหวัดลำพูน	ถ่านหินแหล่งป่าคา อ.ลี้ จังหวัดลำพูน
การวิเคราะห์แบบประมาณ :-				
- ร้อยละความชื้น	25	23	27	26
- ร้อยละสารระเหย	29	28	30	30
- ร้อยละคาร์บอนคงตัว	27	26	31	29
- ร้อยละของเถ้า	19	23	12	15
ค่าความร้อน (แบบไม่รวมความชื้น) แคลอรี/กรัม	4354	3900	5300	4900
ร้อยละของกำมะถัน	1.85	4.20	2.1	1.95

2.2 การอัดก้อน (Briquetting)

เชื้อเพลิงอัดก้อนเป็นที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายในประเทศที่มีการทำเหมืองถ่านหิน และในบางประเทศ เช่น ประเทศเยอรมัน ถ่านหินอัดก้อนจะถูกผลิตออกมาเป็นปริมาณมาก โดยประมาณว่าในแต่ละปีถ่านลิกไนท์ 70 ล้านตัน และถ่านบิทูมินัส ถ่านแอนทราไซต์ อย่างละ 25 ล้านตัน ถูกนำมาทำเป็นถ่านหินอัดก้อน ส่วนถ่านพีทและเชื้อเพลิงแข็งบางประเภทก็มีการนำมาอัดก้อน แต่ปริมาณการผลิตยังไม่มากพอ

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน เป็นการรวมเอาผงถ่านหินหรือเศษถ่านหินมาอัดให้เป็นก้อนในแบบพิมพ์ โดยใช้ความดันอัดเข้าไป ซึ่งจุดประสงค์ในการอัดก้อนถ่านหิน คือ

1. เพื่อนำถ่านหินที่แตกเป็นขนาดเล็กเกินไปในการนำไปใช้งาน มาทำให้เป็นก้อนที่มีขนาดเหมาะแก่การใช้งาน

2. เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติตามต้องการในระหว่างการเผาไหม้ เช่น ถ่านหินที่ไม่มีควัน หรือถ่านหินที่คงรูปแม้จะเผาไหม้หมด เป็นต้น

3. เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น การขนส่ง การควบคุมปริมาณที่ใช้ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป จุดประสงค์ในการอัดก้อนถ่านหิน คือต้องการเปลี่ยนคุณภาพของถ่านหินจากระดับต่ำไปยังระดับที่สูงขึ้น เมื่อผ่านการอัดก้อนแล้ว ถ่านหินลิกไนท์จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพที่เปราะ มีปริมาณน้ำอยู่มาก กลายเป็นถ่านหินที่มีความแข็งแรงมากขึ้น ให้ค่าความร้อนสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนถ่านหินบิทูมินัสขนาดเล็กให้มีขนาดตามต้องการ นอกจากนี้ถ่านหินที่อัดเป็นก้อนแล้ว ยังสามารถนำไปคาร์บอไนซ์ให้มีคุณภาพสูงขึ้นอีกได้

หลักการในการอัดก้อน คือ การใช้แรงกดต่อถ่านหินเล็ก ๆ ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมกันเป็นก้อน โดย Kegel (10) ได้สรุปหลักการไว้ว่า สสารทั้งหมดถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด (attractive force) ความแข็งแรง (strength) เป็นสัดส่วนกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างอนุภาค สนามของแรงนี้ล้อมรอบด้วยอะตอมโมเลกุล และสารแขวนลอย (colloid) เป็นการเชื่อมต่อกันที่สำคัญเป็นพิเศษกับการเชื่อมติดกันแน่นของอนุภาคที่ถูกกดเข้าด้วยกัน ตามหลักการนี้แบบของการเชื่อมติดกัน (cohesion) เป็นไปได้ 2 แบบคือ การเชื่อมติดกันจริง ๆ (true cohesion) และการเชื่อมติดกันแบบปรากฏ (apparent cohesion) การเชื่อมติดกันจริง ๆ ก็คือ อนุภาคจะรวมติดเข้าด้วยกันโดยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่น เกลืออัดก้อน ส่วนการเชื่อมติดกันแบบปรากฏ เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคเปียกถูกกดเข้าด้วยกันเกิดแรงแคปิลารี (capillary forces) เพราะฟิล์มบนอนุภาคจะกันการสัมผัสกันจริง ๆ การเชื่อมติดกันแบบปรากฏนี้จึงใช้ในการอัดก้อนถ่านหินมากกว่าการเชื่อมติดกันจริง ๆ ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาคือ ความเปียก (wettability) ความใกล้ชิดกันของแคปิลารีและแรงตึงผิว วัฏภาคของก๊าซ (gas phase) จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะถ้ามีของเหลวมากเกินไป แคปิลารีจะขยายออกไล่วัฏภาคของก๊าซ ทำให้แรงประสานกัน (binding forces) ต่ำลง Fristche ได้แสดงการอัดก้อนถ่านลิกไนท์โดยใช้ความดัน ไม่ใช้ตัวประสานและความชื้นพอเหมาะ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงผลของความชื้นในการอัดก้อนถ่านลิกไนท์ ตามการทดลองของ Fristche (10)

น้ำ, ร้อยละ	5.9	11.7	16.1	33.8
การขยายตัวโดยปริมาตร, ร้อยละ (volume expansion)	18.8	17.2	15.9	18.8
ความแข็งแรง, กก.ต่อ ตร.ซม. (binding strength)	8.0	16.7	18.9	5.5

จะเห็นได้ว่า การอัดก้อนที่ปริมาณความชื้นพอเหมาะ คือที่ร้อยละ 16.1 เพราะให้ความแข็งแรงสูงสุด และการขยายตัวโดยปริมาตรต่ำที่สุด ซึ่งก็คือ แรงเชื่อมติดกันมากที่สุดด้วย อย่างไรก็ตามความเปียกของถ่านหินในการอัดก้อนขึ้นอยู่กับศักดิ์ (rank) ของถ่านหิน และตัวประสาน เช่น การใช้น้ำมันทาร์และพิทช์เป็นตัวประสานกับถ่านหินศักดิ์สูง ๆ เช่น แอนทราไซต์ ตัวประสานจะทำให้ถ่านหินเปียกเอง แต่ถ้าใช้กับถ่านลิกไนท์ต้องทำให้ถ่านลิกไนท์แห้ง เพื่อให้ตัวประสานทำงานได้ดี นอกจากนี้ยังมีวิธีการอีกหลายวิธีที่ใช้และมีผลต่อความเปียก เช่น การให้ความร้อน ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน การทิ้งไว้ในบรรยากาศของก๊าซหรือไอ และการใช้สารเคมีปรับสภาพผิว เป็นต้น

2.2.1 กระบวนการผลิตถ่านหินอัดก้อน

การผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนในประเทศที่มีการทำเหมืองถ่านหิน ได้มีปริมาณลดลงมาหลายปีแล้ว ดังตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าการอัดก้อนของถ่านหินบิทูมินัส ได้ถึงจุดสุดยอดของมันในปี ค.ศ. 1963 ส่วนถ่านหินสีน้ำตาล (brown coal) ถึงจุดสุดยอดของมันระหว่างปี ค.ศ 1963-1964 แต่ต่อมาปริมาณการผลิตถ่านอัดก้อนลดลงเรื่อย ๆ จนถึงปี 1974 เนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ก๊าซ และไฟฟ้า สำหรับให้ความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ความต้องการใช้ถ่านหินอัดก้อนลดลง แต่ในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา มีการแข่งขันกันมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และในขณะเดียวกันความต้องการถ่านหินอัดก้อนเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการพัฒนาคุณภาพของการผลิตถ่านอัดก้อนสูงขึ้นเป็นลำดับตลอดมา

กระบวนการอัดก้อนถ่านหินที่สำคัญมี 2 แบบ คือ

ก. การอัดก้อนถ่านหินโดยไม่ต้องมีตัวประสาน

ข. การอัดก้อนถ่านหินโดยมีตัวประสาน

การอัดก้อนถ่านหินชนิดไม่มีตัวประสาน (12) ใช้ได้กับถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส ลิกไนท์ และพีท ส่วนการอัดก้อนถ่านหินสีน้ำตาล (brown coal) โดยไม่มีตัวประสาน ได้มีการพัฒนาอย่างมากในประเทศเยอรมันและออสเตรเลีย ตัวอย่างการอัดก้อนชนิดไม่มีตัวประสานของถ่านลิกไนท์ ทำได้โดยตากแห้งถ่านหินให้มีความชื้นเข้าสู่สมดุล แล้วอัดก้อนด้วยความดันสูงประมาณ 5 ตัน/ตารางนิ้ว และประมาณ 10 ตัน/ตารางนิ้ว สำหรับถ่านหินบิทูมินัส เครื่องอัดก้อนที่เหมาะสมในการอัดก้อนชนิดนี้คือ plunger-type presses ซึ่งการทำงานคล้ายกับการอัดแบบเกลียว

ตารางที่ 2.4 กำลังการผลิตถ่านหินอัดก้อนของประเทศต่าง ๆ (ล้านตัน) (11)

Country and Coal Type[a]	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Belgium, Bit	1002	1079	1164	1602	2299	1433	1074	969	869	823	793	745	574	496	456	416
Czechoslovakia																
Bit												—	—	—	—	—
Brn		436					791					1356	1366	1343	1320	1307
France, Bit	6561	6074	6083	6936	7994	6624	5809	5056	4839	4549	4197	4301	3735	3351	3233	3397
Germany, West																
Bit	4996	5566	5137	5939	6614	5505	4570	4006	3578	3693	3907	3725	2716	2427	2271	2249
Brn	16838	16774	17058	17302	17324	16747	13794	12788	11851	10669	10810	9804	7986	7000	6747	6560
Germany, East, Brn	54051	56047	57996	59727	60256	61504	60380	59426	56087	56389	56869	57078	55439	50801	50154	50061
Hungary, Bit						(including bituminous coal briquettes)						1463	1308	1080	1060	1114
Japan, Bit	3300	3800	4100	4100	4100	4100	4400	4200	3900	3600	3200	3000	1700	1580	1200	1180
Netherlands																
Bit	1020	1139	1188	1250	1561	1355	1349	1222	1090	1053	1051	886	585	465	251	—
Brn	64	62	74	71	63	66	45	43	29	21	—	—	—	—	—	—
Poland																
Bit		700					600					1496	1590	1675	1543	1618
Brn		300					300					331	350	303	247	170
Rumania, Brn												—	—	97	169	—
Spain, Bit	1300	1143	1119	1232	1184	1039	844	610	300[b]	135	153	195	180	162	147	108
Great Britain, Bit	—	1435	1491	1573	1678	1351	944	964	989	1040	1167	1201	1360	1252	1186	989
United States, Bit	816	698	536	533	513	334	334	300[b]	250[b]	200[b]	150[b]	120[b]	90[b]	80[b]	—	—

[a] Bit = bituminous coal briquettes, Brn = brown coal briquettes.

[b] Estimate.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมุน (extrusion press) ถ่านหินอัดก้อนที่ได้มีหลายแบบด้วยกัน เช่น รูปสี่เหลี่ยม (rectangular) รูปวงกลม (circular) รูป dumb-bell เป็นต้น และอาจใช้เครื่องอัดก้อนชนิด Ring-roll press

การอัดก้อนถ่านหินชนิดมีตัวประสานจำเป็นสำหรับถ่านหินชนิดบิทูมินัส และแอนทราไซต์ ซึ่งการนำถ่านบิทูมินัสมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดก้อนโดยเติมตัวประสาน ได้มีขึ้นในศตวรรษที่ 18 โรงงานแห่งแรกตั้งขึ้นใน Saint Etienne ประเทศฝรั่งเศส ในปี ค.ศ. 1842 ต่อมาอีก 2-3 ปี โรงงานทำถ่านหินอัดก้อนโดยใช้ Hard pitch เป็นตัวประสาน ได้ตั้งขึ้นในนิวคาสเซิล (Newcastle) ประเทศอังกฤษ ส่วนในประเทศเยอรมัน โรงงานทำถ่านหินอัดก้อน ตั้งขึ้นที่ Wiesche colliery ในปี ค.ศ. 1861 การทำถ่านหินอัดก้อนตั้งแต่สมัยแรกเริ่มจนถึงปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านกระบวนการหลัก ๆ แต่มีการพัฒนากระบวนการเหล่านั้นให้ดีขึ้น ตัวอย่างการทำถ่านหินบิทูมินัสอัดก้อนนั้น มีหลักการที่สำคัญคือ จะต้องพยายามทำให้ตัวประสานคลุกเคล้ากับอนุภาคถ่านหินทั่วถึงที่สุด แล้วจึงทำการอัดให้เป็นก้อน วิธีการนี้จะประกอบด้วย การทำให้ถ่านหินแห้ง (drying) เพราะน้ำมีผลต่อการอัดก้อนและความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อน ดังนั้นความชื้นในถ่านหินควรมีน้อย และถ้าเป็นไปได้ไม่ควรเกินร้อยละ 4 เครื่องอบแห้งที่ใช้กันมีหลายชนิด ได้แก่ Vertical cascade dryer และ Horizontal rotating-drum dryer การบดถ่านหินให้มีขนาดเล็กลง (grinding) ถ่านหินเมื่อผ่านการทำให้แห้งแล้ว จะถูกนำไปบดโดย Cage disintegrator หรือ Swing-hammer crusher ให้ได้ขนาดถ่านหินเล็กกว่า 0.88 มม. ร้อยละ 93 และขนาดเล็กกว่า 0.5 มม. ร้อยละ 80 ต่อจากนั้นนำถ่านหินบดมาผสมเข้ากับตัวประสานแล้วให้ความร้อน (Mixing and Heating) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทำถ่านหินอัดก้อน และทำการอัดของผสมที่ได้ให้เป็นก้อน (Pressing) เครื่องอัดก้อนที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 Rotary-table press ใช้ครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส ในปี ค.ศ. 1845

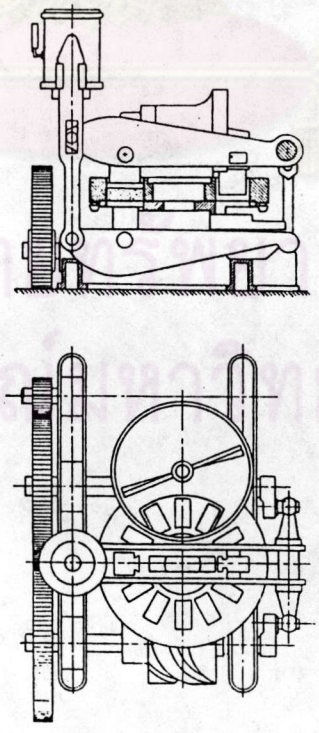
แบบที่ 2 Double-roll press ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1878

Rotary-table press หลายชนิดได้ถูกพัฒนาขึ้น ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ Couffinhal briquetting press ดังรูปที่ 2.2 ถ่านหินอัดก้อนที่ได้ จะมีภาคตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 10-25 ปอนด์ ช่วงเวลาที่ใช้ในเครื่องอัดแบบนี้ประมาณ 0.25-0.40 วินาที และแรงดันที่ใช้ประมาณ 60-300 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (0.36-1.8 ตัน/ตารางนิ้ว) ใน

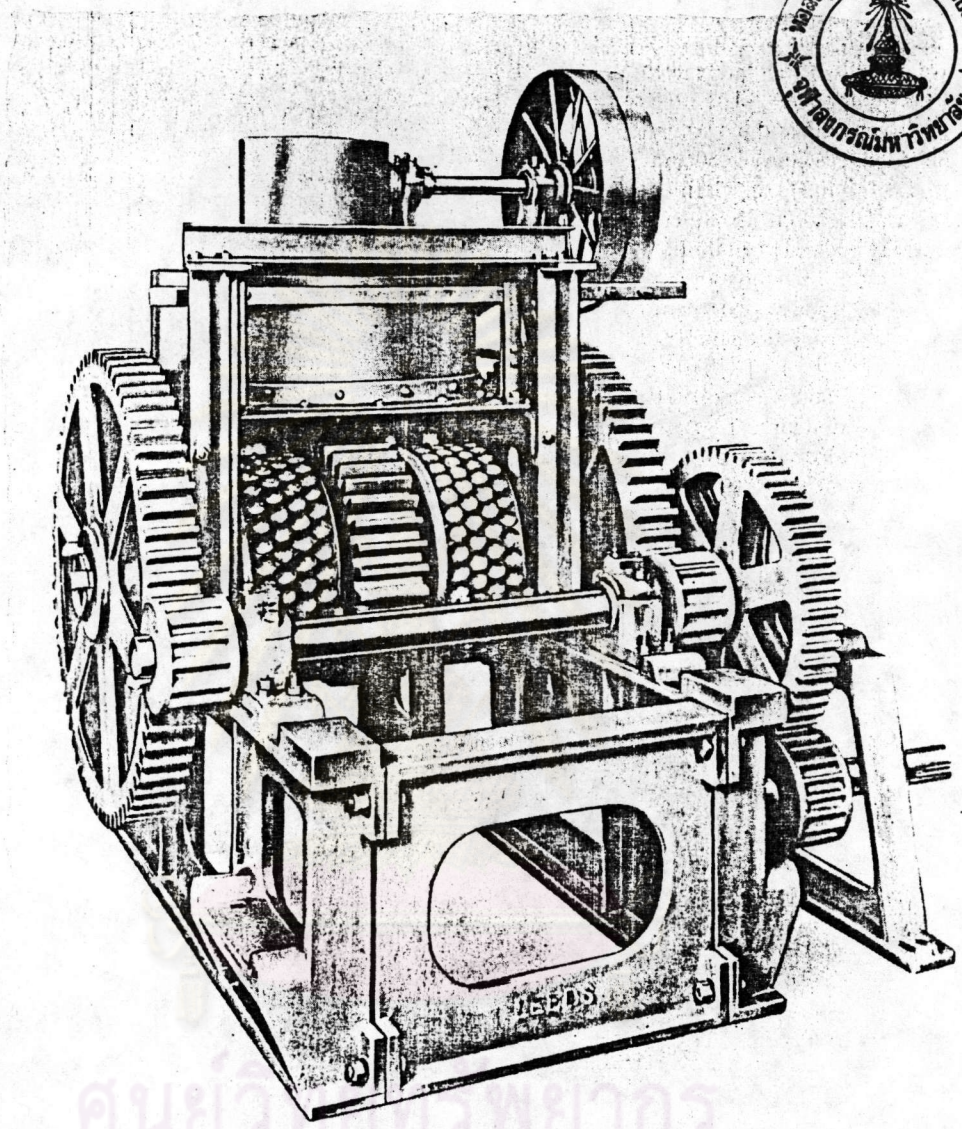
ประเทศเยอรมัน โดยทั่วไปจะใช้แรงดันประมาณ 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (0.95 ตัน/ตารางนิ้ว) ในสหราชอาณาจักรจะใช้แรงดันต่ำกว่า 1 ตัน/ตารางนิ้ว หากใช้แรงดันมากกว่านี้ พบว่าจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณสมบัติเลวลง

Roll press หรือ Belgian press ประดิษฐ์โดย Loiscau และมีการพัฒนาให้ดีขึ้นโดย Hanrez ดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยลูกกลิ้ง (roll) 2 อัน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ด้วยความเร็วเดียวกัน ของผสมที่ร้อนจะถูกส่งเข้าระหว่างลูกกลิ้งกดให้เป็นก้อนออกมาเป็นรูปไข่ (ovoid) ลูกกลิ้งที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 630-1000 เซนติเมตร จะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ถ้าต้องการจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่ขนาดใหญ่ขึ้น ก็ต้องเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งให้มากขึ้น

ค่าแรงอัดที่ใช้ในเครื่องประเภทนี้โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1 $\frac{3}{4}$ ตัน/ตารางนิ้ว เวลาที่ใช้ในการอัดจะมีค่าน้อยกว่าที่ใช้ในเครื่องอัดประเภท table press อาจจะต่ำกว่า 0.5 วินาที ความเร็วในการหมุน (โดยทั่วไปจะวัดในรูปของความเร็วผิวหน้าเชิงเส้น, Linear Surface Speed) อยู่ระหว่าง 0.7-0.8 เมตร/วินาที ส่วนความกว้างของลูกกลิ้งจะไม่เกิน 14 นิ้ว



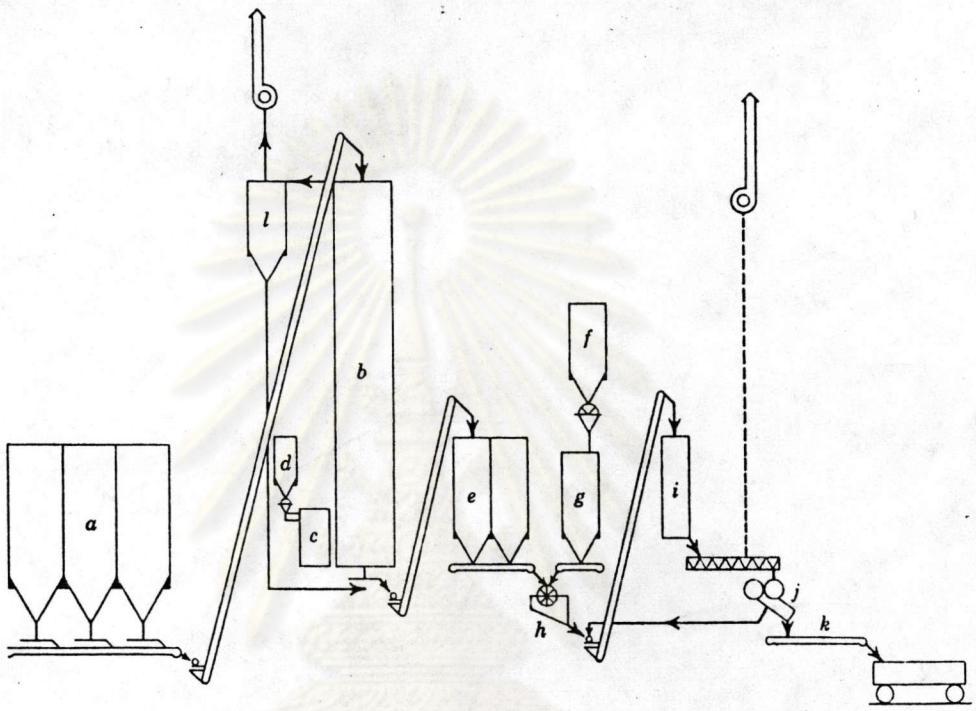
รูปที่ 2.2 Couffinhal briquetting press (13)



รูปที่ 2.3 A double-roll press (13)

012264

คุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน คุณสมบัติของตัวประสานที่ใช้ และขั้นตอนในการทำถ่านหินอัดก้อน ตัวอย่างขั้นตอนการผลิตถ่านหินบิทูมินัสอัดก้อนชนิดมีตัวประสานของโรงงานผลิตถ่านหินอัดก้อนแห่งหนึ่ง ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ



รูปที่ 2.4 กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน (13)

a. Clean coal bunkers b. vertical cascade dryer

c. furnace d. fuel hopper and disintegrator

e. dry-coal hoppers f. raw-pitch hopper and disintegrator

g. crushed-pitch hopper h. cage disintegrator i. pug

j. double-roll press k. cooler conveyor l. dust extractor

ถ่านหินที่ผ่านการทำความสะอาดและยังเปียกอยู่จาก Bunker a จะถูกส่งไปยังเครื่องทำให้แห้ง (Dryer b) ถ่านหินที่ใช้โดยปกติจะให้มีขนาดเล็กกว่า $\frac{1}{2}$ นิ้ว มีค่าความชื้นมากกว่า 15 % เครื่องทำแห้งจะถูกทำให้ร้อนโดยใช้ก๊าซร้อน (Flue gas) จากเตาเผา (Furnace c) ซึ่งจะได้เชื้อเพลิงจากที่เก็บ d ถ่านหินที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะส่งต่อไปยังที่เก็บ (Hopper e)

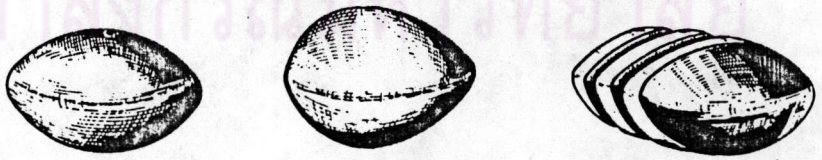
ตัวประสานที่ใช้คือ Hard pitch จะถูกบดให้มีขนาดประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว แล้วส่งต่อไปยังที่เก็บ (Hopper f) แล้วผ่านการบดอีกครั้งเก็บในที่เก็บ (Hopper g) ถ่านหินที่แห้งแล้วจาก Hopper e และผงพิทช์ (pitch) จาก Hopper g จะถูกผสมตามสัดส่วนที่เหมาะสมและถูกบดอีกครั้งใน Disintegrator h แล้วส่งไปยัง pug หรือ steam-kneading cylinder i ในเครื่องนี้ของผสมจะถูกทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิตามที่ต้องการ แล้วผ่านไปยัง Double-roll press j เพื่อทำการอัดก้อน ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะตกลงบน Screen เพื่อแยกผงที่ละเอียดออก ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะผ่านไปยัง Cooling wire ก่อนจะนำลงรถเข็นไปเก็บไว้ในคลัง

2.2.2 แบบของถ่านหินอัดก้อน (Types of briquettes)

เชื้อเพลิงอัดก้อนนิยมใช้ในเครื่องจักรไอน้ำ ใช้ในการให้ความร้อนตามบ้านพักอาศัย และเป็นเชื้อเพลิงในการเผาหม้อต้มน้ำตามโรงงานอุตสาหกรรม

ถ่านอัดก้อนที่ขนาดใหญ่ หรือ Fuel block จะมีน้ำหนักตั้งแต่ 23 ปอนด์ขึ้นไป ทำขึ้นเพื่อใช้ในรถจักรหรือโรงงานอุตสาหกรรม จะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้เหมาะสำหรับบรรจุและเก็บไว้ในโกดัง แต่ไม่เหมาะสมในการใช้งาน เพราะจะเกิดการแตกหักก่อนใช้งาน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 การทำถ่านหินอัดก้อนโดยต้องการน้ำหนักประมาณ $1\frac{1}{2}$ - 2 ปอนด์ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและรถจักร ได้มีการพัฒนาขึ้นใน South Wales โดยอาศัยเครื่องอัดก้อนแบบ Double-roll press ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว

ถ่านหินอัดก้อนขนาดเล็กที่ใช้ในบ้านพักอาศัยและในอุตสาหกรรมบางประเภท จะทำได้โดยใช้เครื่องอัดแบบ Double-roll press โดยจะมีความแตกต่างในด้านของรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนที่ได้เช่น รูป rational รูปไข่ (ovoid) หรือเป็นรูป phurnacite ดังรูปที่ 2.5



ovoid rational phurnacite

รูปที่ 2.5 รูปร่างของถ่านหินอัดก้อนแบบต่าง ๆ (13)

2.2.3 คุณภาพของถ่านหินอัดก้อน (The Quality of Briquettes)

มาตรฐานในการทดสอบถ่านหินอัดก้อนที่ได้ จะใช้วิธี DIN 23081 ประเทศเยอรมัน

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ทำในประเทศอังกฤษและเยอรมัน

	อังกฤษ	เยอรมัน
ค่าความร้อน (บีทียู/ปอนด์)	14,200	-
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	2	1
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	8-10	9
ปริมาณกำมะถัน (ร้อยละ)	1	1
ปริมาณพิทช์ (ร้อยละ)	7-9	6.8-7.5
ปริมาณสารระเหยได้ (ร้อยละ)	17-19	17-21

คุณภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ค่าความแข็งแรง (strength) ของถ่านหินอัดก้อน ซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธี ตามแต่มาตรฐานของแต่ละประเทศ แต่ก็ใช้หลักการเดียวกัน ต่างกันที่รายละเอียดเท่านั้น ดังเช่น

ในสหรัฐอเมริกา หาโดยใช้ tumbler test ตาม ASTM D441-45 (14)

การทดสอบอย่างหนึ่งเกี่ยวกับความสามารถของถ่านหินอัดก้อนที่ยังคงรูปอยู่ ไม่แตกในระหว่างการขนส่ง และสำหรับถ่านหินอัดก้อนที่มีขนาดใหญ่ ๆ ซึ่งมีน้ำหนักมาก คุณสมบัติข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก การทดสอบการขัดสี (abrasion test) หรือที่รู้จักกันใน South Wales ว่าการทดสอบการยึดเกาะ (cohesion test) ทำโดยการนำถ่านหินอัดก้อน 100 ปอนด์ มาตัดให้เป็นรูปลูกบาศก์ขนาดก้อนละ 2 ปอนด์ แล้วใส่ไว้ในถังขนาดสูง 3 ฟุต และมีเส้นผ่านศูนย์-กลาง 3 ฟุต หมุนด้วยอัตราเร็ว 50 รอบต่อ 2 นาที จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่มีช่องว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 $\frac{1}{4}$ นิ้ว และวัดปริมาณถ่านอัดก้อนที่ค้างอยู่บนตะแกรงในรูปของร้อยละ โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินคือ ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

ในประเทศเยอรมันมีวิธีทดสอบที่คล้ายกันคือ นำถ่านหินอัดก้อน 120 ปอนด์ มาทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน ก่อนที่จะตัดออกเป็นก้อนขนาดก้อนละ 1 ปอนด์ ส่วนถ่านหินอัดก้อนรูปไข่

(oviod) ไม่ต้องตัด นำถ่านหินอัดก้อน 100 ปอนด์ มาใส่ไว้ในถัง (trommel drum) แล้วหมุนด้วยอัตราเร็ว 25 รอบ/นาที นาน 2 นาที จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่วางทำมุมเอียง 30 องศากับแนวราบ และมีช่องว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30 มิลลิเมตร ค่าสองเท่าของน้ำหนักของส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรง คือค่าดัชนีของการยึดเกาะ (abrasion index) สำหรับถ่านหินอัดก้อนขนาดใหญ่ ค่านี้ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 52 และ 55 และสำหรับถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ ค่านี้ควรมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40

สำหรับ crushing strength ของถ่านอัดก้อนรูปไข่ สามารถหาได้โดยการวางถ่านหินอัดก้อนก้อนหนึ่ง อยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 อันที่ขนานกัน และให้น้ำหนักกดลงบนแผ่นโลหะแผ่นบน และบันทึกน้ำหนักที่ใช้ในการทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกไว้ โดยทำการทดสอบเช่นนี้กับตัวอย่าง 12 ตัวอย่าง ตัดค่าสูงสุดและต่ำสุดออก นำค่าที่เหลือทั้ง 10 ค่ามาเฉลี่ยกัน

2.3 ตัวประสาน (Binder)

ตัวประสานที่ใช้ผสมในถ่านหินเพื่อทำเป็นถ่านหินอัดก้อน โดยทั่วไปจะมีราคาสูงกว่าราคาถ่านหิน ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายโดยพยายามใช้ปริมาณตัวประสานให้น้อยที่สุด แต่ยังคงให้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดี จุดสำคัญในการพิจารณาคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนอีกประการหนึ่งคือ จะต้องทนน้ำ (waterproof) โดยไม่เกิดการแตกร่วนออก ในยุโรปนิยมใช้ Coal-tar pitch เป็นตัวประสาน ส่วนในสหรัฐอเมริกา นิยมใช้บิทูเมน (bitumen หรือ petroleum pitch) เป็นตัวประสาน

ลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น นอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยว (adhesive force) ระหว่างอนุภาคมากแล้ว ยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านหินบดได้ทั่วถึง เพื่อให้การยึดเหนี่ยวเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น Reerink และ Goecke (13) ได้ให้คำจำกัดความของตัวประสานที่ใช้ในการทำถ่านหินอัดก้อนว่า ที่อุณหภูมิใช้งานจะต้องเปียกและเป็นฟิล์มครอบคลุมผิวหน้าถ่านหินได้อย่างสมบูรณ์ และให้ข้อคิดว่าลักษณะพิเศษที่สำคัญที่สุดของตัวประสาน คือ ค่าความหนืด (viscosity) ที่อุณหภูมิดำเนินการ (operating temperature)

ถึงแม้ว่าพิทช์และบิทูเมนมีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่สารชนิดอื่นอีกมากมายก็มีการศึกษาเพื่อนำมาเป็นตัวประสาน ตัวประสานที่ใช้กัน แบ่งเป็น 3 พวกคือ

1. ตัวประสานที่เป็นอนินทรียสาร (Inorganic binders) เช่น โซเดียมซิลิเกต

(sodium silicate) ซัลไฟท์ไล (sulphite lye) ไลม์-ซิลิกา (lime-silica) แมกเนเซียมออกซีคลอไรด์ (magnesium oxychloride) และซีเมนต์ (cement) เป็นต้น

2. ตัวประสานที่ได้จากธัญพืช (Cereal binders) เช่น แป้ง (starches)

3. ไฮโดรคาร์บอนหนัก หรือแอสพัลต์ (Heavy hydrocarbons or asphalts) เช่น coal-tar pitch หรือบิทูเมน (bitumen)

ตัวประสานที่เป็นอนินทรียสาร มีข้อเสียคือ เพิ่มปริมาณเถ้าของถ่านหินอัดก้อน ดังนั้น ซีเมนต์จึงไม่นิยมใช้ในโรงงานทำถ่านหินอัดก้อน แต่ซีเมนต์และโซเดียมซิลิเกต จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เมื่อเผาแล้วไม่มีควัน (smokeless) และโดยเฉพาะซีเมนต์จะทนต่อสภาพอากาศได้ดี

เนื่องจากตัวประสานที่ใช้กัน บางครั้งก็มีข้อเสียที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะ เช่น ซัลไฟท์ ไล (sulphite lye) หรือซัลไฟท์ พิทช์ (sulphite pitch) เป็น liquor ที่มีความเข้มข้น จะทำปฏิกิริยาเป็นกลางกับปูนขาว ใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานหล่อทำแกนต่าง ๆ (Foundries for core) และเมื่อนำไปใช้เป็นตัวประสานในการทำถ่านหินอัดก้อน จะให้ถ่านหินอัดก้อนที่มีความแข็งแกร่งสูง แต่มีข้อเสียอยู่ 2 ประการคือ จะให้ปริมาณกำมะถันสูง และไม่สามารถกันน้ำได้ดีนัก ซึ่งอาจแก้ไขโดยการอบถ่านหินอัดก้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาฟาเรนไฮต์ ก่อนนำไปใช้

นอกจากนี้อาจมีตัวเติมที่เป็นสารเคมีต่าง ๆ เพื่อทำให้คุณภาพของก้อนเชื้อเพลิงดีขึ้น เช่น เติมออกไซด์ของเหล็กเพื่อกำจัดกลิ่นของกำมะถัน (15) เติมแอมโมเนียมซัลไฟต์ (Ammonium sulphite) เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะอากาศ (weather-resistant) (16) และเติมอะบิเซล (abicel, fine crystal cellulose) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง (17) เป็นต้น

2.4 การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้

ในการนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะก่อให้เกิดปัญหาในด้านการกัดกร่อน และปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะเป็นพิษ เนื่องจากมีกำมะถันซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ต้องการในถ่านหิน เพราะเมื่อเผาไหม้แล้วจะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา กำมะถันที่มีอยู่ในถ่านหินมีอยู่ 3 แบบคือ อยู่ในรูปของ metallic sulfides, metallic sulfates และ organic sulfur โดยปกติแล้ว pyritic sulfur ที่ประกอบอยู่ในถ่านหินจะปรากฏอยู่ในลักษณะของแร่ pyrite และ marcasite ซึ่งแร่ทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน คือมีสูตรทางเคมีเป็น FeS_2 แต่มีความแตกต่างกันในด้านของลักษณะผลึก ซึ่งจากลักษณะของความแตกต่างนี้ จะพบว่ายากที่จะ

ตัดสินว่าเป็นแร่ pyrite หรือ marcasite ดังนั้น โดยปกติแล้วจะเรียกรวมว่าเป็นแร่ pyrites หรือ iron pyrites

กระบวนการในการกำจัดกำมะถันในถ่านหิน สามารถแบ่งออกได้ 3 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1. วิธีการทางฟิสิกส์ เช่น electrophoretic separation, magnetic separation

2. วิธีทางจุลชีววิทยา วิธีการนี้จะใช้พวกเชื้อจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายกำมะถันให้น้อยลง

3. วิธีทางเคมี คือใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการกำจัดกำมะถันให้ลดน้อยลง

โดยทั่ว ๆ ไป กระบวนการกำจัดกำมะถันในรูปของ pyrite สามารถทำได้ทั้ง 3 วิธี แต่ถ้าเป็นพวกกำมะถันอินทรีย์ (organic sulfur) จะต้องกำจัดโดยวิธีทางเคมีเท่านั้น (18)

นอกจากนี้ ยังอาจแบ่งวิธีการกำจัดกำมะถันได้ออกเป็น 3 ลักษณะตามช่วงเวลาการกำจัด คือ

1. วิธีการกำจัดกำมะถันก่อนการเผาไหม้

ก. วิธีทางกายภาพ เป็นวิธีการที่ง่ายและไม่สลับซับซ้อน แต่กำจัดได้เฉพาะกำมะถันอนินทรีย์ (inorganic sulfur) เท่านั้น โดยอาศัยหลักของความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ นอกจากนี้ยังมีการแยกกำมะถันไพไรต์ ซึ่งเป็นสารประกอบโลหะโดยใช้แม่เหล็ก (19)

ข. วิธีทางเคมี มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชัน (hydrodesulfurization) และออกซีดีซัลเฟอไรเซชัน (oxydesulfurization) โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งกำมะถันอินทรีย์และกำมะถันไพไรต์เท่านั้นที่เข้าทำปฏิกิริยา ส่วนกำมะถันซัลเฟตจะไม่ทำปฏิกิริยาและค้างอยู่ในเถ้านั่นเอง (20)

2. วิธีการกำจัดกำมะถันขณะเผาไหม้

วิธีนี้ทำโดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงไปในระหว่างที่เกิดการเผาไหม้ แล้วให้สารเคมีที่เติมลงไปรวมตัวกับกำมะถันที่สลายตัวจากการเผาไหม้ เป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่ที่สามารถแยกออกจากการเผาไหม้ได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ปูนขาว (lime) หินปูน (limestone) หรือโดโลไมต์ (dolomite) ผสมลงไประหว่างการเผาไหม้ถ่านหินในฟลูอิไดซ์เบด โดยถ่านหินที่ใช้มีขนาด

1 นิ้ว หรือเล็กกว่า 1 นิ้ว เมื่อเผาไหม้ถ่านหินจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งถูกกำจัดตามปฏิกิริยาดังนี้

$$CaO(s) + SO_2(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CaSO_4(s) \quad \text{สำหรับปูนขาว}$$

$$CaCO_3(s) + SO_2(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CaSO_4(s) + CO_2(g) \quad \text{สำหรับหินปูน}$$

จากปฏิกิริยาดังกล่าว เป็นปฏิกิริยาระหว่างก๊าซและของแข็ง ดังนั้นปฏิกิริยาจะเกิดดีหรือไม่ขึ้นกับพื้นที่ผิวและการสัมผัสของสารทั้งสอง ส่วนแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ที่เกิดขึ้นสามารถกำจัดออกได้ง่ายโดยใช้เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic precipitator) หรือถุงกรอง (bag filter) เป็นต้น (21)

3. วิธีการกำจัดกำมะถันหลังการเผาไหม้

วิธีนี้เป็นการดึงเอาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากฟลูก๊าซ (flue gas) โดยมีกระบวนการดูดซึมก๊าซที่เกิดขึ้น ซึ่งมีได้หลายวิธีโดยใช้สารเคมีที่แตกต่างกันออกไป และมีประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แตกต่างกันไป เช่น Wet Scrubbing Process สารที่ดูดซึมก๊าซคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง 95 เปอร์เซนต์ (22)

สำหรับในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการทางเคมีในการกำจัดกำมะถัน โดยการใช้ปูนขาวเป็นตัวจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไม่เกิดที่อุณหภูมิบรรยากาศ (atmospheric temperature) แต่จะเกิดในช่วงอุณหภูมิที่สูงตั้งแต่ 300-400 องศาเซลเซียส และปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียส (23) โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$CaO + SO_2 \longrightarrow CaSO_3$$

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ แคลเซียมซัลไฟต์ก็จะสลายตัวเป็นแคลเซียมซัลเฟตและแคลเซียมซัลไฟด์ดังสมการ

$$4CaSO_3 + \text{heat} \longrightarrow 3CaSO_4 + CaS$$

$$4CaO + 4SO_2 \longrightarrow 3CaSO_4 + CaS$$

และที่อุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะเกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตทั้งหมด แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 1150 องศาเซลเซียส จะทำให้แคลเซียมซัลไฟด์ สลายตัวเป็นแคลเซียมซัลเฟตและกำมะถัน ดังสมการ

$$CaS + 2SO_2 \longrightarrow CaSO_4 + 2S$$

ในการใช้ปูนขาวเป็นตัวจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้คือ

$$CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaSO_4$$

โดยมีกลไกของการเกิดปฏิกิริยาดังนี้ (24)

1. การเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องเผาไหม้

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

2. การเกิดออกซิเดชันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในวัฏภาคก๊าซ

$$SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow SO_3$$

การเกิดปฏิกิริยาในขั้นนี้ อาจถูกเร่งให้เกิดโดยอาศัยคะตาลิตส์ ซึ่งคะตาลิตส์นั้นอาจเป็นพวกสารเจือปน (impurity) ที่มีอยู่ในถ่านหิน เช่น Fe_2O_3, V_2O_5, Cr_2O_3 เป็นต้น ซึ่งจะมีในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป

3. การแพร่ผ่านของก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ไปยังผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับอนุภาคของแข็ง

4. การแพร่ผ่านของก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ผ่านชั้นของแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ที่เกิดอยู่บริเวณด้านนอกของอนุภาคไปยังส่วนของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา

5. ปฏิกิริยาระหว่าง CaO กับ SO_3 เป็นไปได้ดังนี้

$$CaO + SO_3 \longrightarrow CaSO_4$$

และแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ที่ได้จากปฏิกิริยาจะยังคงค้างอยู่ในเถ้าของถ่านหิน

2.5 เชื้อเพลิงและเตาในครัวเรือน

พลังงานที่ใช้หุงต้มในครัวเรือนทั่วประเทศไทย ปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเฉพาะจากถ่านไม้และฟืน ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ซึ่งมีปริมาณการใช้รวมกันคิดเทียบเป็นไม้ฟืนได้ไม่น้อยกว่า 40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 7500 ล้านบาท (25) จากการศึกษาและสำรวจพบว่า การใช้เตาหุงต้มชนิดต่าง ๆ ในครัวเรือนชนบท 50 หมู่บ้านทั่วประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2525 แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 ผลการสำรวจปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหุงต้ม แยกเป็นประเภทต่าง ๆ ทั่วประเทศ ปี 2523 (25)

เชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)
ถ่านไม้	57.09
ฟืน	36.11
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	4.92
ไฟฟ้า	1.19
แกลบ	0.64
น้ำมันก๊าด	0.05

จะเห็นว่าทั่วประเทศมีการใช้ถ่านไม้กันมากที่สุด และมีการใช้ฟืนเป็นอันดับรองลงมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.7 ผลการศึกษาสำรวจการใช้เตาหุงต้มในครัวเรือนชนบท 50 หมู่บ้านทั่วประเทศ ปี 2525 (25)

ประเภทของเตา	ครัวเรือน	คิดเป็นร้อยละของครัวเรือนทั้งหมด
เตาก๊าซหุงต้ม	17	0.8
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	108	5.0
เตาหินสามก้อน	394	18.4
เตาอั้งโล่ (ถ่านไม้/ฟืน)	1521	71.0
เตาเศรษฐกิจ	5	0.2
เตาก๊าซชีวภาพ	15	0.7
เตาอื่น ๆ	89	3.9

จะเห็นว่า 1. ชาวบ้านใช้เตาอั้งโล่ ("อั้งโล่" ภาษาจีนแต้จิ๋วแปลว่า เตาสีแดง) ซึ่งใช้ถ่านไม้และฟืนกันมากที่สุด

2. ชาวบ้านใช้เตาหินสามก้อนมากเป็นอันดับสองรองจากเตาอั้งโล่ฟืน-ถ่านไม้

สำหรับเตาชีวมวลอื่น ๆ เช่น แกลบ มีการใช้เตาแกลบมีปล่องซึ่งมีใช้อยู่ในภาคกลาง และเตาแกลบแบบไม่มีปล่องเมื่อไม่นานมานี้ ที่ศูนย์อพยพชาวกัมพูชาที่เขาอีด่าง จังหวัดปราจีนบุรี ภาคตะวันออกของประเทศไทย เตาทั้งสองชนิดนี้ก็ยังไม่มีใช้แพร่หลายเท่าที่ควร นอกจากนี้เตาหุงต้มประเภทต่าง ๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาดจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.8 จะเห็นว่าเตาก๊าซหุงต้ม (LPG) และเตาน้ำมันก๊าดอัดลม มีประสิทธิภาพใช้งานสูงกว่าเตาหุงต้มชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีเตาไฟฟ้าและหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพใช้งานสูงถึง 80-90 %

ตารางที่ 2.8 ประสิทธิภาพเตาหุงต้มประเภทต่าง ๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาด (ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2526) (25)

ประเภทของเตา	ประสิทธิภาพใช้งาน (ร้อยละ)
เตาแกลบมีปล่อง	7
เตาแกลบไม่มีปล่อง	16
เตาฟืนมีปล่อง	14
เตาฟืนไม่มีปล่อง	26
เตาถ่านไม้	32
เตาน้ำมันก๊าดใช้ไส้	37
เตาน้ำมันก๊าดอัดลม	48
เตาก๊าซหุงต้ม (LPG)	46

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานค้นคว้าและวิจัยที่เป็นผลงานในประเทศไทยทั้งภายในมหาวิทยาลัยและสถาบันของรัฐเพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพถ่านหิน ได้แก่

การทดลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (6) สำเริง นาษภศิลป์ ได้ทดลองอัดก้อนถ่านลิกไนท์ เมื่อประมาณ 20 ปีมาแล้ว เป็นความพยายามทำถ่านอัดก้อนลิกไนท์ในประเทศไทย เป็นครั้งแรก และใช้หลักการเช่นเดียวกับที่ทำในต่างประเทศ ในโรงงานต้นแบบที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง แต่ไม่ใช้ตัวประสาน ใช้แรงกดดันสูงมากประมาณ 10-12 ตันต่อตารางเซนติเมตร โดยทำการอบถ่านลิกไนท์ผงให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 18 อันเป็นความชื้นที่เหมาะสมเสียก่อน แต่ราคาในการผลิตยังสูงมาก เมื่อเทียบกับราคาเชื้อเพลิงชนิดอื่นในขณะนั้น (ถ่านลิกไนท์กิโลกรัมละ 2 บาท แต่ถ่านไม้กิโลกรัมละ 1.50 บาท โดยประมาณ) เพราะต้องลงทุนมาก ในการที่จะทำเป็นอุตสาหกรรม ดังนั้นโครงการนี้จึงถูกยกเลิกไป

งานวิจัย Senior Project ของสิทธิชัย สาธุกิจกุล และมานิต สาตราวาหะ (6) ใช้ผงถ่านลิกไนท์ขนาด 2 มม. 1 มม. และเล็กกว่า 1 มม. เป็นตัวแทนในการศึกษา พบว่ายิ่งวัสดุ

มีขนาดเล็กลงเท่าไร ก้อนถ่านที่ได้ก็มีแนวโน้มในการติดเป็นก้อนดีกว่าการใช้วัสดุที่มีขนาดใหญ่ และการใช้ผงขนาดต่าง ๆ ผสมกันจะมีแนวโน้มในการติดเป็นก้อนดีกว่าการใช้ผงเชื้อเพลิงขนาดเดียวกัน เพราะผงขนาดเล็กจะไปแทรกตัวตามช่องว่างของผงที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้มีแรงยึดดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับก้อนเชื้อเพลิงแข็ง คือคาร์บอไนซ์ถ่านลิกไนท์ 74.0 % โมลาส 20.0 % แคลเซียมออกไซด์ 5.0 % และซี.เอ็ม.ซี (Sodium Carboxy Methyl Cellulose) 1.0 % ที่มีความดันประมาณ 1 ตัน/ตารางนิ้ว แต่ถ้าใช้อัตราส่วนอื่นหรือใช้ถ่านลิกไนท์แทน จะให้ถ่านหินอัดก้อนเป็นรูปก้อนได้หลังการอัด แต่ไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้นาน คือเกิดการอ่อนตัวและแตกออก นอกจากนี้ได้ทดลองใช้แอสฟัลท์ ชนิด RC-2 (Cut Back Asphalt) เป็นตัวประสานในการอัดก้อนถ่านลิกไนท์ พบว่าหลังการอัดเสร็จใหม่ ๆ ก้อนถ่านหินจะอ่อนตัวและแตกได้ง่าย แต่ถ้าใช้ความระมัดระวังในการถอดก้อนถ่านหินออกจากแบบ แล้วตั้งทิ้งไว้จะได้ก้อนถ่านหินที่แข็งขึ้น เนื่องจากในแอสฟัลท์ที่นำมาใช้มีคีโรซีนผสมอยู่ จึงไม่แสดงคุณสมบัติในการเป็นตัวประสาน แต่หลังจากตั้งทิ้งไว้คีโรซีนจะระเหยออก ส่วนประกอบที่เหลือ จึงแสดงคุณสมบัติในการยึดเกาะผงถ่านลิกไนท์ได้ และจากการเปลี่ยนอัตราส่วนแอสฟัลท์พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณแอสฟัลท์มากขึ้นก้อนถ่านหินจะมีลักษณะอ่อนตัวและเหนียวคล้ายดินน้ำมัน ถ้าลดปริมาณลงจะได้ก้อนถ่านหินที่แข็งและมีความเหนียวลดลง

การใช้แอสฟัลท์มีข้อดีคือ แอสฟัลท์เป็นสารป้องกันน้ำได้ และไม่ดูดซับน้ำสามารถเก็บก้อนเชื้อเพลิงในที่มีความชื้นได้โดยไม่เสียสภาพ แต่การใช้แอสฟัลท์มีข้อเสียที่เด่นชัด 2 ประการคือ ประการแรก มีราคาแพง ทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิตก้อนเชื้อเพลิง ประการที่สอง แอสฟัลท์มีปริมาณกำมะถันสูงถึง 4.28 % จึงเป็นการเพิ่มปริมาณกำมะถันแก่ก้อนเชื้อเพลิง ไม่เหมาะที่จะใช้ในครัวเรือน เนื่องจากกำมะถันทำให้เกิดการกัดกร่อนต่อภาชนะที่ใช้และเป็นพิษต่อผู้ใช้

งานวิจัย Senior Project ของพินิจ ฉันทานนท์ และเสกสรรค์ วงศ์จิรัฐติกาล (26) ใช้ผงถ่านลิกไนท์ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร มาอัดให้เป็นก้อน โดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน พบว่าต้องใช้ปริมาณกากน้ำตาลร้อยละ 25 โดยน้ำหนักขึ้นไป ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จึงจะคงรูปอยู่ได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบถ่านหินอัดก้อนที่แรงกดดันเดียวกัน ปริมาณกากน้ำตาลเท่ากัน แต่ขนาดของผงถ่านหินที่ใช้แตกต่างกัน พบว่าถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร จะมีความแข็งแรงกว่าถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร อธิบายได้ว่า ผงถ่านที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ตามทฤษฎีจะดูดซึมกากน้ำตาลไว้ในช่องว่างระหว่างอนุภาคได้มากกว่าผงถ่านที่มีขนาดใหญ่กว่า คือ ระหว่าง 1-2 มิลลิเมตร และในกากน้ำตาลจะมีน้ำอยู่ปริมาณมาก เมื่อนำถ่านอัดก้อนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส น้ำ

ที่มีอยู่ในกากน้ำตาลและในถ่านหิน จะระเหยออกมา เกิดเป็นรูพรุนอยู่ภายในถ่านหินอัดก้อน เมื่อปริมาณกากน้ำตาลที่ถ่านหินสามารถดูดไว้ได้มีมาก ปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ก็จะมากด้วย ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อน น้ำจะระเหยออกและเกิดการขยายตัวของก๊าซ ทั้งยังเกิดรูพรุนอยู่ภายในถ่านหินอัดก้อน เมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรง จะไม่ได้ค่าสูงเท่าที่ควร เป็นเหตุให้ถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร มีความแข็งแรงน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และพบว่าถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ตัวประสานร้อยละ 25-30 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรง 90-270 ปอนด์/ตารางนิ้ว

งานวิจัย Senior Project ของสุชาติ อารีรุ่งเรือง และเอกพล พงศ์สถาพร (27) ได้ศึกษาวิธีการอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll วิธีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยใช้ปูนขาว และศึกษาถึงลักษณะของการนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้งาน เช่น การติดไฟ เปลวไฟ เถ้า เทียบกับถ่านไม้ พบว่าประสิทธิภาพในการจับ SO_2 เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณปูนขาวสูงขึ้น ปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 3.5 ให้ประสิทธิภาพในการจับ SO_2 สูงสุดประมาณร้อยละ 80 ส่วนด้านการติดไฟนั้น ถ่านไม้จะติดไฟง่ายกว่าถ่านหินอัดก้อน และถ่านหินอัดก้อนจะมีควันมากกว่า เปลวค่อนข้างยาวกว่าถ่านไม้ แต่ลักษณะเถ้าของถ่านหินจะยังคงรูปเดิม ไม่มีการแตกปลิวกระจายเหมือนถ่านไม้

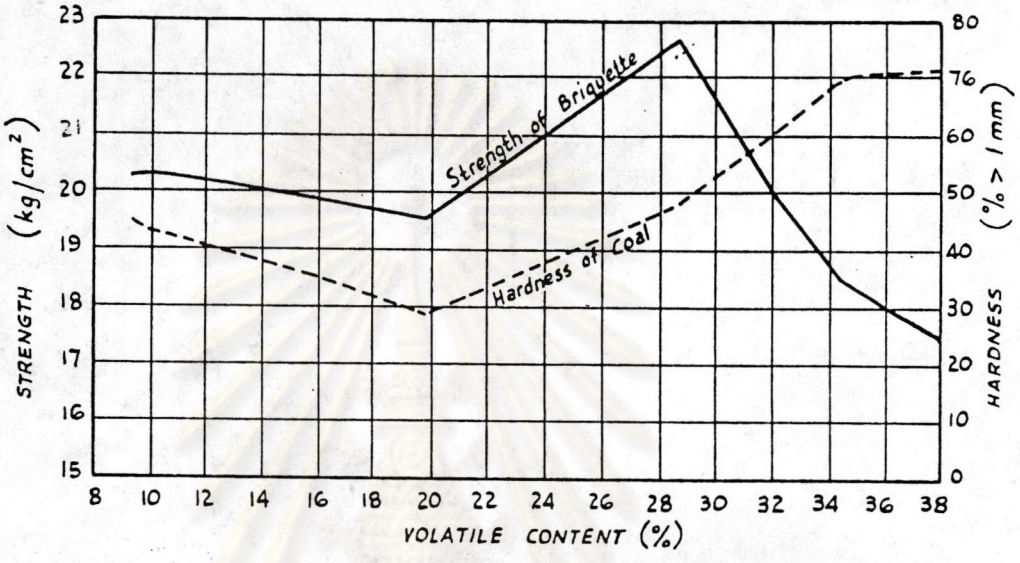
งานวิจัยวิทยานิพนธ์ของอนัญญา พจนารถ (28) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเศษถ่านหินโดยวิธีคาร์บอไนเซชัน เพื่อเปลี่ยนถ่านหินเป็นถ่านอบ และแปรรูปถ่านอบขนาดเล็ก ๆ ให้เป็นถ่านสังเคราะห์โดยการอัดก้อน ทั้งยังได้ผลิตผลพลอยได้เป็นน้ำมันทาร์และก๊าซถ่านหิน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงและผลิตสารเคมีที่สำคัญ ๆ อีกด้วย โดยใช้เศษถ่านหินขนาด 2-7 มม. 1-2 มม. 0.5-1.0 มม. และ 0.25-0.50 มม. หาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการคาร์บอไนซ์ พบว่าช่วงขนาดที่เหมาะสมคือ 0.5-7.0 มม. คาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส แล้วนำไปผลิตถ่านสังเคราะห์ 2 แบบคือ แบบรูปไข่ด้วยเครื่องอัดระบบ Double Ring Roll ใช้แป้งเปียกร้อยละ 25 หรือร้อยละ 5.8 ของแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน อีกแบบหนึ่งคือ รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ใช้แบลคลิกเคอร์คิดเป็นปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 5.6 เป็นตัวประสาน ซึ่งต้องใช้แรงอัดสูงถึง 105 เมกกะนิวตันต่อตารางเมตร และความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติในการเผาไหม้เปรียบเทียบกับถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ พบว่าให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 28

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ของนิภา เศรษฐไพศาล (29) ศึกษาการนำเศษถ่านหินมาอัดก้อนเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกส์และถ่านหินอัดก้อนที่ได้เป็นรูปทรงกระบอกมี 3 ขนาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-12 ซม. สูง 5-7 ซม. หน้าตัดเป็นรูปรังผึ้ง โดยมีช่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร เจาะทะลุตามแนวแกน 12-16 ช่อง ตัวประสานที่ใช้มีหลายชนิดคือ แป้งเปียก ยางมะตอย แบลคลิกเคอร์ กากน้ำตาล ขี้ผึ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน (wax from refinery), mixed pitch coconut pitch และดินเหนียว พบว่าดินเหนียวเป็นตัวประสานที่เหมาะสมที่สุด หาง่ายและมีราคาถูก ส่วนผสมที่ดีอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง มีความแข็งแรงประมาณ 8-16 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และช่วงขนาดถ่านหินที่เหมาะสมคือ ขนาดรวมทุกช่วงขนาดที่ได้จากการนำเศษถ่านหินไปบดด้วยเครื่อง Hammer Mill ที่มีตะแกรงร่อนขนาด 3/8 นิ้ว นอกจากนี้มีการเติมปูนขาวเพื่อลดกลิ่นซึ่งเกิดจากสารประกอบออกไซด์ของกำมะถัน โดยอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S ที่เหมาะสมคือ 1.23 และเติมโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) ร้อยละ 3 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง เพื่อช่วยให้ถ่านอัดก้อนติดไฟและควันหมดเร็วขึ้น เมื่อนำไปทดสอบการใช้งานกับเตาทดลองที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับถ่านไม้เมื่อใช้เตาอั้งโล่ พบว่าประสิทธิภาพในการใช้งานใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 25-35 ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน

งานวิจัย Senior Project ของสมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และสุภา ศิริปการ (30) ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน โดยอัดก้อนถ่านหินด้วยเครื่องอัดระบบ Double Ring Roll ได้ถ่านอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ขนาดของถ่านหิน และปริมาณดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน โดยขนาดของถ่านหินที่ใช้ในการศึกษาคือ ขนาดรวม ๆ ที่ได้จากการบดผ่าน Hammer Mill ที่มีตะแกรงร่อนขนาด 3/8 นิ้ว 1 ครั้ง ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร และใช้ดินเหนียวร้อยละ 25,30,35 และ 45 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง พบว่า ความแข็งของก้อนถ่านที่ได้มีค่ามากขึ้น เมื่อขนาดของผงถ่านที่ใช้ละเอียดขึ้น น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกอยู่ในช่วง 3-8 กิโลกรัม และเมื่อนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่เทียบกับถ่านไม้พบว่า ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับถ่านไม้ คือประมาณร้อยละ 28-29 แต่ช่วงเวลามีควันของถ่านหินอัดก้อนประมาณ 11-16 นาที ซึ่งนานกว่าถ่านไม้ (ถ่านไม้มีควันนานเพียง 3 นาทีเท่านั้น)

งานค้นคว้าและวิจัยที่เป็นผลงานในต่างประเทศ ได้แก่

Broche และ Nedelmann (13) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของถ่านหินต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน พบว่าเมื่อใช้กระบวนการและเงื่อนไขเดียวกัน ค่าความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อน และความแข็งแรงของถ่านหิน สามารถเขียนเป็นกราฟกับปริมาณสารระเหยในถ่านหิน ได้ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งพบว่าถ่านหินที่มีสารระเหยอยู่ประมาณร้อยละ 30 จะให้ความแข็งแรงมากที่สุด



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างศักดิ์ของถ่านหินกับความแข็ง (hardness) ของถ่านหินและความแข็งแรง (strength) ของถ่านหินอัดก้อน (13)

Kegel (13) ยืนยันว่า คุณสมบัติในการยึดเกาะกันระหว่างพิทช์และถ่านหิน จะลดลงเมื่อศักดิ์ของถ่านหินลดลง และอนุภาคของถ่านหินขึ้นอยู่กับศักดิ์ของถ่านหิน เช่น ถ่านหินแอนทราไซต์ เซมิแอนทราไซต์ จะมีขนาดอนุภาคของถ่านหินบดไม่เกิน 10 มิลลิเมตร สำหรับถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำกว่า มีขนาดไม่เกิน 4 หรือ 5 มิลลิเมตร

Prockat และ Stadter (13) ศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาคถ่านหินและชนิดของถ่านหินต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ขนาดอนุภาคถ่านหินบดมีผลต่อปริมาณตัวประสานที่ใช้ พบว่า ถ้ามีอนุภาคของถ่านหินละเอียดอยู่มาก จะต้องเติมตัวประสานมากตามไปด้วย ในด้านการแตกหักของถ่านหินอัดก้อน ที่เกิดระหว่างการทำเป็นถ่านหินอัดก้อน พบว่า ถ้าขนาดของอนุภาคถ่านหินใหญ่ การเกิดการแตกหักจะมีโอกาสมาก เช่น ถ่านหินที่มีขนาด 0-7 มิลลิเมตร เมื่อทำเป็นถ่านหินอัดก้อนจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนที่ทำจากถ่านหินที่มีขนาด 0-5 มิลลิเมตร การเกิดการแตกหักของถ่านหินอัดก้อนนั้น นอกจากเกิดขึ้นเพราะการกระจายตัวของอนุภาคถ่านหินที่มีขนาดแตกต่างกันด้วยสัดส่วนต่าง ๆ กันแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการมีตัวประสานคลุมผิวหน้าของเนื้อถ่านหิน

ด้วย Lloyd's (13) ได้ตั้งข้อสังเกตว่า ถ่านหินหยาบ เมื่อทำเป็นถ่านหินอัดก้อน จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าถ่านหินที่บดละเอียดแล้วนำมาทำเป็นถ่านหินอัดก้อน

Anderson (31) ศึกษาหาองค์ประกอบของเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (synthetic fuel) ซึ่งมีถ่านหินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีรูปร่างตามแม่แบบ เช่น รูปทรงกระบอก เมื่อเผาไหม้แล้วยังสามารถคงรูปเดิมอยู่ได้ พบว่าควรมีส่วนประกอบดังนี้คือ ถ่านหินอย่างน้อยร้อยละ 40 และไม่ควรมีความชื้นสูงมาก เพราะอาจจะไปขัดขวางการผสมระหว่างถ่านหินกับอัลคาไล ซิลิเกต (alkali silicate) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และมีความหนืดประมาณ 1000 เซนติพอยส์ (centipoises) (วัดที่อุณหภูมิ 65 องศาฟาเรนไฮต์) ปริมาณของอัลคาไล ซิลิเกตที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 2-10 slack wax ร้อยละ 5-35 สารออกซิไดเซอร์ (oxidizer) เช่น ไนเตรท เปอร์คลอเรท เปอร์ออกไซด์ และเปอร์มังกาเนต เป็นต้น ร้อยละ 5-15 ซึ่งในการทำเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะนำเอาถ่านหินมาบดและผสมกับสารละลายโซเดียมซิลิเกต จนกระทั่งเกิดเป็นฟิล์มของซิลิเกตบนอนุภาคถ่านหิน จากนั้นนำสารออกซิไดเซอร์ และ slack wax ซึ่งถูกทำให้ร้อนไปผสมจนเข้ากัน และทำให้เย็นต่ำกว่าจุดหลอมตัวของแวกซ์ (wax) เช่น ประมาณ 90 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจึงนำไปอัดก้อนต่อไป จะได้เชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เมื่อเผาไหม้แล้วมีควันน้อย และยังสามารถคงรูปเดิมอยู่ได้ ทำให้ง่ายต่อการเอาเถ้าออก

Maust (21) ศึกษาหาวิธีการที่จะนำเอาผงถ่านหินมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยเติมปูนขาว (lime) หินปูน (limestone) หรือโดโลไมต์ (dolomite) ซึ่งเป็นส่วนผสมของหินปูนและเกลือแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3 + MgCO_3$) ลงไปในผงถ่านหินเพื่อใช้เป็นตัวประสาน ทำให้ถ่านหินคงรูปเป็นก้อนอยู่ได้ อีกทั้งตัวประสานเหล่านี้จะช่วยจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของกำมะถันคงอยู่ในเถ้าอีกด้วย ดังปฏิกิริยา

$$CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaSO_4 \qquad \text{(สำหรับปูนขาว)}$$

$$CaCO_3 + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaSO_4 + CO_2 \qquad \text{(สำหรับหินปูน)}$$

ในการทำถ่านหินอัดก้อน จะผสมผงถ่านหินกับปูนขาวซึ่งเป็นตัวประสานที่มีราคาถูก และน้ำ จนส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำไปอัดในเครื่องอัด เพื่อให้ได้ถ่านหินอัดก้อนรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ต้องการ และผึ่งทิ้งไว้จนความชื้นเข้าสู่สมดุลก่อนนำไปใช้งาน