



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ถ่านหินและกำเนิดของถ่านหิน

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแข็งธรรมชาติประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด เกิดจากการฝังและการสะสมตัวของซากพืชเป็นเวลานานนับล้านปี โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพซึ่งปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน, ปฏิกิริยารีดักชัน, ปฏิกิริยาออยสลาย และปฏิกิริยารวมตัว เป็นต้น ปฏิกิริยาเหล่านี้เกิดจากจุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา และแบคทีเรีย นอกจากนี้สภาวะแวดล้อมทางธรณี เช่น ความร้อน, ความดัน, การยุบตัวรวมทั้งระยะเวลาที่ทับถม ทำให้ซากพืชที่ทับถมกันนี้แปรสภาพเป็นถ่านหินลักษณะ และคุณภาพต่างๆ กันออกไป โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอน และ ไฮโดรเจน อาจจะมีแร่ธาตุอื่นๆ เจือปนอยู่บ้าง เช่น กำมะถัน, ออกซิเจน, ไนโตรเจน เป็นต้น ถ่านหินที่มีอายุมากที่สุดประมาณว่ามากกว่า 250 ล้านปี ส่วนอายุน้อยที่สุดประมาณ 20 ล้านปี

ชนิดและคุณสมบัติของถ่านหิน

ถ่านหินสามารถแบ่งหรือจำแนกได้ในลักษณะต่างๆ กัน เช่น (Neaval, R. C., 1981)

1 ถ่านหินจำแนกตามลักษณะของการสะสมตัวได้เป็น 2 ชนิด

ก. ถ่านหินฮิวมิก (Humic coals)

เป็นถ่านหินที่เกิดจากการสะสมตัวของซากพืช ตรงบริเวณเดิมที่พืชเคยเจริญเติบโตมาก่อน สารอินทรีย์ในซากพืชเกิดการสลายตัว และรวมตัวกันใหม่ เรียกว่า พีท (peat) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีขึ้น ถ่านหินฮิวมิกมีลักษณะเป็นเงาวาวสีน้ำตาลถึงดำ สามารถมองเห็นด้วยตาแล้วว่า มีลักษณะเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อของพืชซ้อนกันเป็นชั้นๆ สำหรับถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า ฮิวมินิต (huminite) ส่วนถ่านหินคุณภาพสูง จะเรียกว่า ไวทรินิต (vitrinite)

ข. ถ่านหินแชนพโรพีลิก (Sapropelic coals)

เป็นถ่านหินที่เกิดจากการสะสมของดินโคลนที่มีอินทรีย์วัตถุมาก รวมทั้งซากพืช และอินทรีย์วัตถุที่ถูกพัดพามาทับถมในแอ่งน้ำตื้นในสภาวะที่ขาดออกซิเจน สำหรับถ่านหินแชนพโรพีลิกที่ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุจำพวกสาหร่าย เรียกว่า ถ่านหินบอกเฮด (boghead coal) ส่วนถ่านหินที่มีปริมาณสเปอร์มาก เรียกว่า ถ่านหินแคนเนล (cannel coal) ลักษณะของถ่านหินชนิดนี้เป็นชั้นๆ ไม่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ

2 การจัดแบ่งถ่านหินโดยคำนึงถึงคุณภาพในการให้พลังงาน โดยนักธรณีวิทยาได้ดังนี้

ก. พีท (peat) ประกอบด้วยซากพืชบางส่วน ซึ่งได้สลายตัวไปแต่ยังปรากฏให้เห็นร่องรอยของเนื้อไม้อยู่ ลักษณะเป็นสีน้ำตาล มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีปริมาณออกซิเจน และน้ำค่อนข้างสูง ให้ค่าความร้อนน้อย เมื่อติดไฟจะมีควันมาก

ข. ลิกไนท์ (lignite) หรือถ่านหินสีน้ำตาล (brown coal) เป็นถ่านหินคุณภาพต่ำที่สุดวิวัฒนาการมาจากพีท และยังปรากฏร่องรอยของเนื้อไม้อยู่ มีสีน้ำตาลมีปริมาณออกซิเจนค่อนข้างสูง (อาจถึงร้อยละ 30) มีความชื้นสูง ให้ค่าความร้อนต่ำ ไม่สามารถขนส่งเป็นระยะทางไกลๆ หรือกองเก็บเป็นเวลานานได้ เพราะมีโอกาสเกิดการติดไฟได้เอง (spontaneous combustion)

ค. ซับบิทูมินัส (subbituminous) เป็นถ่านหินที่มีสีดำคล้ายขี้ผึ้ง ให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านหินลิกไนท์ สามารถนำไปแปรสภาพเป็นเชื้อเพลิงเหลว หรือก๊าซ

ง. บิทูมินัส (bituminous) เป็นถ่านหินคุณภาพสูง ใช้เวลาในการแปรสภาพยาวนานกว่าลิกไนท์ เนื้อแน่นแข็ง มีสีดำ มักประกอบด้วยถ่านหินที่มีลักษณะมันวาว ไม่มีร่องรอยของเนื้อไม้ปรากฏอยู่ มีเถ้าต่ำ ให้ความร้อนสูง เหมาะสำหรับผลิตเป็นถ่านโค้ก นิยมใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ

จ. แอนทราไซต์ (anthracite) เป็นถ่านหินคุณภาพดีที่สุด มีสีดำสนิทเป็นมันวาว มีความแข็งมาก และมีคาร์บอนสูงมาก อาจถึงร้อยละ 90 ในขณะที่มีความชื้นต่ำ ติดไฟยากแต่ให้ค่าความร้อนสูง ให้ระยะเวลาในการเผาไหม้นาน

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ (rank) โดยวิธีมาตรฐาน ASTM ได้เป็น 4 ชั้นใหญ่ๆ คือ ลิกไนท์, ซับบิทูมินัส, บิทูมินัส และแอนทราไซต์ โดยเรียงจากคุณภาพต่ำถึงสูงพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก เช่น คาร์บอนคงตัว, สารระเหยได้, ความชื้น, เถ้า, กำมะถัน และค่าความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

โครงสร้าง และองค์ประกอบของถ่านหิน (Meyer, R. A., 1981)

คาร์บอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุด และอยู่ในโครงสร้างถ่านหินที่เป็นส่วนอินทรีย์ (organic coal matrix) ซึ่งเป็นส่วนที่ให้พลังงานของถ่านหิน ในส่วนนี้จะมีธาตุไฮโดรเจน, กำมะถัน, ออกซิเจน และไนโตรเจน ประกอบอยู่ด้วยเล็กน้อย เรียกส่วนนี้ทั้งหมดว่า มาซีรอล (maceral) สำหรับธาตุอื่นๆ ที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์อยู่กระจัดกระจายทั่วไปในถ่านหิน เรียกว่า mineral matter (crystalline inorganic compound) เช่น อิลไลต์, แคลไซต์, ยิบซัม, มาคาไซต์, ไพไรต์ เป็นต้น

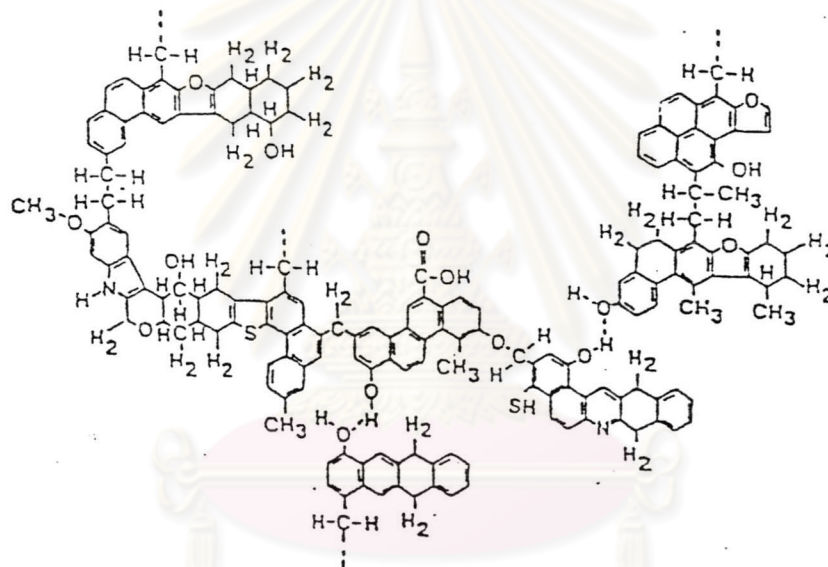
เมื่อนำถ่านหินไปเผาไหม้เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วน มาซีรอล (maceral) จะกลายเป็นก๊าซ และส่วนแร่ธาตุต่าง (mineral matter) จะยังคงเหลือจากการเผาไหม้เป็นเถ้า (ash) แต่จะมีสารประกอบแร่ธาตุบางตัวไม่เปลี่ยนเป็นเถ้า เช่น ที่อุณหภูมิสูงๆ คาร์บอนจะสลายตัวกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำมะถันสลายตัวเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไพไรต์ (FeS_2) ถูกออกซิไดซ์ โดยเหล็กเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ของเหล็กกลายเป็นส่วนประกอบของเถ้า ปริมาณธาตุต่างๆ ที่มีในถ่านหินขึ้นอยู่กับกระบวนการเกิดถ่านหิน (coalification) โดยเริ่มจากซากพืชจนเป็นถ่านหินตามทีกล่าวมาแล้ว พบว่าเมื่อศักดิ์ (rank) หรือคุณภาพของถ่านหินสูงขึ้นจะมีปริมาณคาร์บอนมากขึ้น เนื่องจากในกระบวนการเกิดถ่านหินมีการขจัด ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ไนโตรเจน ออกไปเป็นปริมาณมากในรูปก๊าซมีเทน (methane) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis) จะมีการขจัดไฮโดรเจนและออกซิเจนออกอย่างสมบูรณ์ คาร์บอนยังคงอยู่ ส่วนไนโตรเจนและกำมะถันเหลือในปริมาณน้อยมากแม้ว่าถ่านหินจะเป็นที่รู้จักนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในระยะเวลายาวนานแล้ว แต่โครงสร้างทางเคมี หรือสูตรโมเลกุลนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด ตามความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์คิดว่าโครงสร้างทางเคมีของถ่านหินประกอบด้วยโมเลกุลของวงแหวนอะโรมาติก (aromatic) และไฮโดรอะโรมาติก (hydroaromatic) เกาะกันอยู่เป็นกลุ่มๆ แต่ละกลุ่มอาจเชื่อมกันด้วยแขนของโมเลกุลอะลิฟาติก (aliphatic) ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มยังมีวงแหวนที่มีอะตอมของธาตุนอกออกซิเจน, กำมะถัน หรือ ไนโตรเจน ประกอบอยู่ด้วยคาร์บอนรวมทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นกรด, ด่าง, อีเทอร์ หรือหมู่ทำหน้าที่เฉพาะ (functional group) อื่นๆ ซึ่งแสดงเป็นโมเลกุลสมมติในรูปที่ 2.1 (Blaustein, B. D., 1981)

Class	Group	Fixed Carbon Limits, % Dry, Mineral Matter Free Basis		Volatile Matter Limits, % Dry, Mineral Matter Free Basis		Gross Calorific Value Limits, Btu/lb 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. Anthracite	1. Meta-anthracite	98	-	-	2	-	-	nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	-	-	
	3. Semi anthracite	86	92	8	14	-	-	
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	-	-	commonly agglomerating
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	-	-	
	3. High volatile A bituminous coal	-	69	31	-	14000	-	
	4. High volatile B bituminous coal	-	-	-	-	13000	14000	
	5. High volatile C bituminous coal	-	-	-	-	11500	13000	
						10500	11500	
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	-	-	-	-	10500	11500	nonagglomerating
	2. Subbituminous B coal	-	-	-	-	9600	10500	
	3. Subbituminous C coal	-	-	-	-	8300	9500	
IV. Lignite	1. Lignite A	-	-	-	-	6300	8300	nonagglomerating
	2. Lignite B	-	-	-	-	-	6300	

ตารางที่ 2.1 ASTM Standard coal rank (D388-91a)

1. โครงสร้างอินทรีย์ (organic structure) (Mayer, R. A., 1981)

พิจารณาปริมาณธาตุโดยน้ำหนักเมื่อไม่คิดความชื้นและแร่ธาตุ (dry mineral matter, free element) ในถ่านหิน พบว่า มีคาร์บอนประมาณ 90-97 ส่วน, ไฮโดรเจน 3-5 ส่วน, ออกซิเจน 1-2 ส่วน และมีกำมะถันกับไนโตรเจนในส่วนโครงสร้างอินทรีย์ 1-2 ส่วน เมื่อคิดเทียบจากอัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุ (atomic ratio) ไฮโดรเจนจะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้างถ่านหิน ดังแสดงในตารางที่ 2.2



$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{OH}, -\text{OH}, -\text{O}-\text{CH}_3, -\text{C}-\text{H} \end{array}$ คือ functional groups

$-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$ คือ aliphatic bridges

รูปที่ 2.1 โมเลกุลสมมติของถ่านหิน

ที่มา : Blaustein, R. A. ,1981

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุในด้านหินคักดีต่างๆ

Coal rank	Atomic ratio				
	C	H	O	N	S
Anthracite	100	50	2-5	1-2	0.5-1
Bituminous	100	70	4-8	1-2	0.5-1
Subbituminous	100	80	10-20	1-2	0.5-1
Lignite	100	80	20-25	1-2	0.5-1

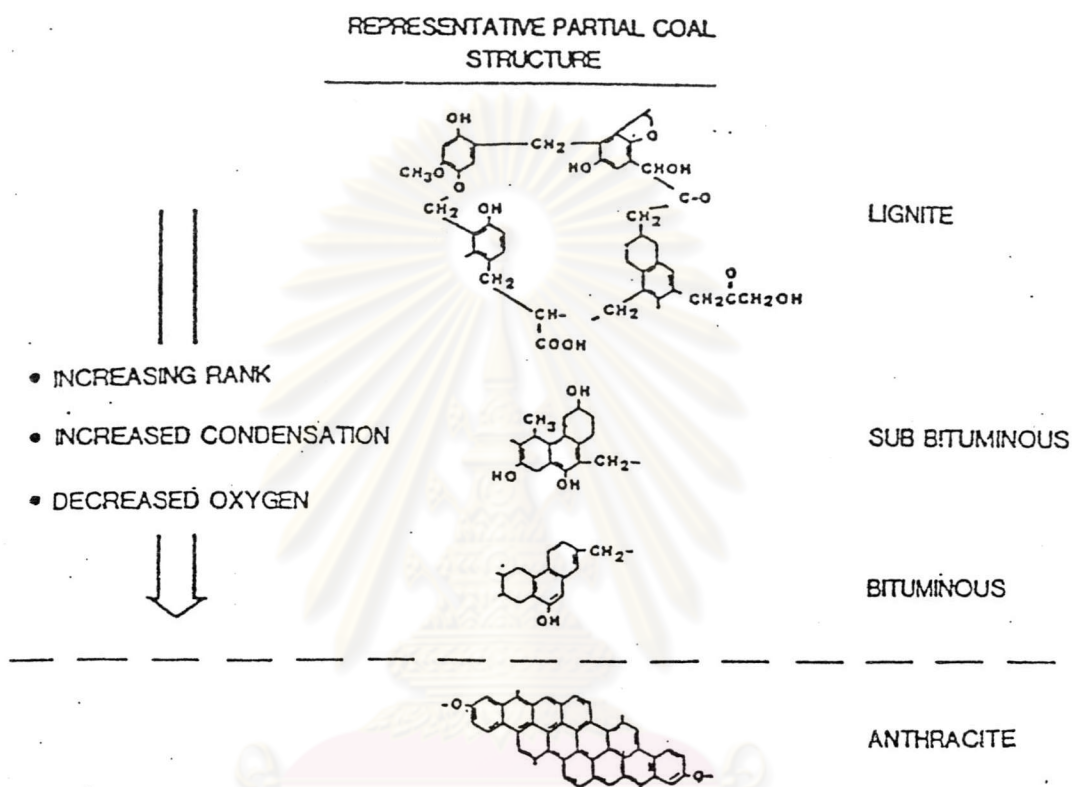
เมื่อคักดีของถ่านหินสูงขึ้น อัตราส่วนโดยน้ำหนักของอะตอมไฮโดรเจนต่อคาร์บอน และออกซิเจนต่อคาร์บอนจะลดลง ส่วนกำมะถันและไนโตรเจนมีค่าน้อยมากจนไม่มีความสำคัญ สารประกอบอินทรีย์ที่พบในโครงสร้างถ่านหินที่สำคัญ ได้แก่ เบนซีน (benzene), ไซโคลเฮกเซน (cyclohexane), ไซโคลเฮกซานอน (cyclohexanone), เมททีลีน (methylene), แนพทาลิน (naphthalene), ฟีนิลอีเทอร์ (phenyl ether), โพลีเมททีลีน (polymethylene), ฟีนานทีน (phenanthrene) และสารประกอบพวก ดีไฮโรโรมาติก (dehydroaromatic) เช่น คาร์โบไซลเบนซาทีโอเฟน (carbozolbenzathioephene) และไพริดีน (pyridine) ส่วนหมู่ทำหน้าที่เฉพาะต่างๆ ที่มีคือ ไฮดรอกซี (hydroxy), คาร์บอกซี (carboxy), อมิโน (amino) และ ทรือล (thiol)

โครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมีชนิด ควบลิ่งค์ โพลีเมอร์ (cross linked polymer) และมีบางส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้างแบบโพลีเมอร์ จากการศึกษา เอกซ์เรย์ แล็กต์เตอร์ริง เทคนิค (X-ray scattering technique) พบว่า เมื่อคักดีถ่านหินเพิ่มขึ้น การรวมตัวของวงแหวนอโรมาติกเชื่อมต่อกันมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2

2 สารประกอบแร่ธาตุ (mineral matter)

ซิลิคอนเป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุด นอกจากนี้ยังมี อลูมิเนียม, เหล็ก, แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และโปตัสเซียม เป็นต้น ธาตุเหล่านี้รวมตัวกันเป็นสารประกอบ หรือรวมกับอะตอมของธาตุอื่นๆ ให้สารประกอบต่างๆ มากมาย แร่ธาตุในด้านหินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีโครงสร้างเป็นส่วนหนึ่งของถ่านหินเลย ซึ่งส่วนนี้ไม่สามารถแยกออกมาได้โดยวิธีทางกายภาพอีกประเภทหนึ่งเป็นอนินทรีย์สาร (inorganic) สามารถแยกกำจัดโดยการบดให้ละเอียด (crushing) หรือโดยวิธีทางกายภาพอื่นๆ สำหรับแก้วของถ่านหินจะเป็นแร่ธาตุประเภท

แรก คือ ไม่สามารถแยกด้วยวิธีทางกายภาพได้ แบ่งกลุ่มสารประกอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 การรวมตัวของวงแหวนอโรมาติกเมื่อศักดิ์ของถ่านหินเพิ่มขึ้น

ที่มา Ward, C. R., 1984

- ก. กลุ่มซิลิเกต (silicates) มี อิลไลต์ (illite), เคโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นต้น
- ข. กลุ่มคาร์บอเนต (carbonates) มี แคลไซต์ (calcite), โดโลไมต์ (dolomite), ซิเดอไรต์ (siderite) เป็นต้น
- ค. กลุ่มซัลเฟต (sulphates) มี ยิปซั่ม (gypsum), แอนไฮไดรต์ (anhydrite) เป็นต้น
- ง. กลุ่มซัลไฟด์ (sulphides) ที่พบมากคือ มาคาไซต์ (marcasite) และ ไพไรต์ (pyrite)
- จ. แร่ธาตุอื่นๆ (other minerals) เช่น ควออตซ์ (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 สารประกอบแร่ธาตุที่พบในถ่านหิน

Ward, C. R. หน้า 60-65

<p>Silicates :</p> <p>Clay minerals</p> <p>Kaolinite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3(\text{OH})_4$</p> <p>Illite</p> <p>Montmorillonite</p> <p>Chlorite</p> <p>Mixed-layer clays</p>	<p>Carbonates :</p> <p>Calcite CaCO_3</p> <p>Dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$</p> <p>Siderite FeCO_3</p> <p>Aragonite CaCO_3</p> <p>Ankerite $\text{FeMgCa}_2(\text{CO}_3)_4$</p> <p>Dawsonite $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$</p> <p>Strontianite SrCO_3</p>
<p>Sulphate :</p> <p>Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Barite BaSO_4</p> <p>Anhydrite CaSO_4</p> <p>Coquimbite $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Szomolnokite $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$</p> <p>Thenardite Na_2SO_4</p> <p>Bassanite $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$</p>	<p>Sulphides :</p> <p>Pyrite FeS_2</p> <p>Marcasite FeS_2</p> <p>Sphalerite ZnS</p> <p>Galena PbS</p>
<p>Other minerals :</p> <p>Apatite $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$</p> <p>Goyazite $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Anatase TiO_2</p> <p>Rutile TiO_2</p> <p>Haematite Fe_2O_3</p> <p>Goethite $\text{Fe}(\text{OH})_3$</p> <p>Zircon ZrSiO_4</p>	<p>Others :</p> <p>Quartz SiO_2</p> <p>Chalcedony SiO_2</p> <p>Feldspar KAlSi_3O_8</p> <p>Tourmaline $\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{BaSi}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$</p>

กำมะถันในถ่านหิน

กำมะถันในถ่านหินมีหลายรูปแบบ พบกระจายทั่วไปในถ่านหิน จัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

ก. กำมะถันอินทรีย์ (organic sulphur) มีโครงสร้างในลักษณะพันธะเคมีที่ซับซ้อน พบทั่วไปในถ่านหินไม่สามารถขจัดออกได้ด้วยวิธีทางกายภาพ

ข. กำมะถันอนินทรีย์ (inorganic sulphur) มี 2 รูปแบบ ได้แก่

- กำมะถันซัลเฟต (sulfate sulphur) ที่พบในถ่านหินเป็นโลหะซัลเฟต เช่น สารประกอบแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4), แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4), สารประกอบซัลเฟตของเหล็ก (FeSO_4) เป็นต้น กำมะถันชนิดนี้มีน้อยกว่ารูปแบบอื่น

- กำมะถันไพไรต์ (pyritic sulphur) พบในลักษณะสารประกอบโลหะซัลไฟด์ และมาคาไซต์ ซึ่งไม่ละลายน้ำ แยกออกได้โดยวิธีทางกายภาพ

การอัดก้อน (Briquetting) (Elliott, M. A., 1981, Schinzel, W., 1981, Rhys Jones, D. C., 1963)

เชื้อเพลิงอัดก้อนเป็นที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายในประเทศที่มีการทำเหมืองถ่านหิน และในบางประเทศ เช่น ประเทศเยอรมัน ถ่านหินอัดก้อนจะถูกผลิตออกมาเป็นปริมาณมาก โดยประมาณว่าในแต่ละปีถ่านหินลิกไนท์ 70 ล้านตัน ถ่านหินบิทูมินัส และถ่านหินแอนทราไซต์ อย่างละ 25 ล้านตัน ถูกนำมาทำเป็นถ่านหินอัดก้อน ส่วนถ่านพีทและเชื้อเพลิงแข็งบางประเภทก็มีการนำมาอัดก้อน แต่ปริมาณการผลิตยังไม่มากพอ

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน เป็นการรวมเอาผงถ่านหินหรือเศษถ่านหินมาอัดให้เป็นก้อนในแบบพืพโดยใช้ความดันอัดเข้าไป ซึ่งจุดประสงค์ในการอัดก้อนถ่านหิน คือ

1. เพื่อนำถ่านหินที่แตกเป็นขนาดเล็กเกินไปในการนำไปใช้งาน มาทำให้เป็นก้อนที่มีขนาดเหมาะแก่การใช้งาน

2. เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติตามต้องการในระหว่างการเผาไหม้ เช่น ถ่านหินที่ไม่มีควัน หรือถ่านหินที่คงรูปแม้จะเผาไหม้หมด เป็นต้น

3. เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น การขนส่ง การควบคุมปริมาณที่ใช้ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป จุดประสงค์ในการอัดก้อนถ่านหิน คือต้องการเปลี่ยนคุณภาพของถ่านหินจากระดับต่ำไปยังระดับที่สูงขึ้น เมื่อผ่านการอัดก้อนแล้ว ถ่านหินลิกไนท์จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพที่เปราะมีปริมาณน้ำอยู่มาก กลายเป็นถ่านหินที่มีความแข็งแรงมากขึ้นให้ค่าความร้อนสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนถ่านหินบิทูมินัสขนาดเล็กให้มีขนาดตามต้องการ นอกจากนี้ถ่านหินที่อัดก้อนแล้ว ยังสามารถนำไปคาร์บอนไนซ์ให้มีคุณภาพสูงขึ้นอีกได้

หลักการในการอัดก้อน คือ การใช้แรงกดต่อต้านหินเล็กๆ ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมกันเป็นก้อน โดย Kegel (Elliott, M. A., 1981) ได้สรุปหลักการไว้ว่า สสารทั้งหมดถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด (attractive force) ความแข็งแรง (stength) เป็นสัดส่วนกำลังสองของระยะห่างระหว่างอนุภาค สนามของแรงนี้ล้อมรอบด้วยอะตอมโมเลกุล และสารแขวนลอย (colloid) เป็นการเชื่อมต่อกันที่สำคัญเป็นพิเศษกับการเชื่อมติดกันแน่นของอนุภาคที่ถูกกดเข้าด้วยกัน ตามหลักการนี้แบบของการเชื่อมติดกัน (cohesion) เป็นไปได้ 2 แบบคือ การเชื่อมติดกันจริงๆ (true cohesion) และการเชื่อมติดกันแบบปรากฏ เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคเบียดถูกกดเข้าด้วยกันเกิดแรงแคปิลลารี (capillary forces) เพราะฟิล์มบนอนุภาคจะกันการสัมผัสกันจริงๆ การเชื่อมติดกันแบบปรากฏนี้จึงใช้ในการอัดก้อนถ่านหินมากกว่าการเชื่อมติดกันจริงๆ ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณา คือ ความเปียก (wettability) ความใกล้ชิดกันของแคปิลลารีและแรงตึงผิว วัฏภาคของก๊าซ จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะถ้ามีของเหลวมากเกินไป แคปิลลารีจะขยายออกไล่วัฏภาคของก๊าซ ทำให้แรงประสานกัน (binding forces) ต่ำลง Fristche (Elliott, M. A., 1981) ได้แสดงการอัดก้อนถ่านหินลิทไนท์โดยใช้ความดัน ไม่ใช่สารประสานและความชื้นพอเหมาะ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงผลของความชื้นในการอัดก้อนถ่านหินลิทไนท์ ตามการทดลองของ Fristche

การขยายตัวโดยปริมาตร, ร้อยละ	18.8	17.2	15.9	18.8
น้ำ, ร้อยละ	5.9	11.7	16.1	33.8
ความแข็งแรง, กิโลกรัม/ซม ²	8.0	16.7	18.9	5.5

จะเห็นได้ว่า การอัดก้อนที่ปริมาณความชื้นพอเหมาะ คือที่ร้อยละ 16.1 เพราะให้ความแข็งแรงสูงสุด และการขยายตัวโดยปริมาตรต่ำที่สุด ซึ่งก็คือ แรงเชื่อมติดกันมากที่สุดด้วย อย่างไรก็ตามความเปียกของถ่านหินในการอัดก้อนขึ้นอยู่กับศักดิ์ (rank) ของถ่านหิน และสารประสาน เช่นการใช้น้ำมันทาร์และพิทช์เป็นสารประสานกับถ่านหินศักดิ์สูงๆ เช่น แอนทราไซท์ สารประสานจะทำให้ถ่านหินเปียกเอง แต่ถ้าใช้กับถ่านหินลิทไนท์ต้องทำให้ถ่านหินลิทไนท์แห้ง เพื่อให้สารประสานทำงานได้ดี นอกจากนี้ยังมีวิธีการอีกหลายวิธีที่ใช้และมีผลต่อความเปียก

เช่นการให้ความร้อน ทำให้เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันหรือรีดักชัน การทิ้งไว้ในบรรยากาศของก๊าซ หรือไอ และการใช้สารเคมีปรับสภาพผิว เป็นต้น

1. กระบวนการผลิตถ่านหินอัดก้อน

การผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนในประเทศที่มีการทำเหมืองถ่านหิน ได้มีปริมาณลดลงมาหลายปีแล้ว เนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ก๊าซ และไฟฟ้า สำหรับให้ความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ความต้องการใช้ถ่านหินอัดก้อนลดลง แต่ในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา มีการแข่งขันกันมากโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และในขณะเดียวกัน ความต้องการถ่านหินอัดก้อนเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการพัฒนาคุณภาพของการผลิตถ่านหินอัดก้อนสูงขึ้นเป็นลำดับตลอดมา

กระบวนการอัดก้อนถ่านหินที่สำคัญมี 2 แบบคือ

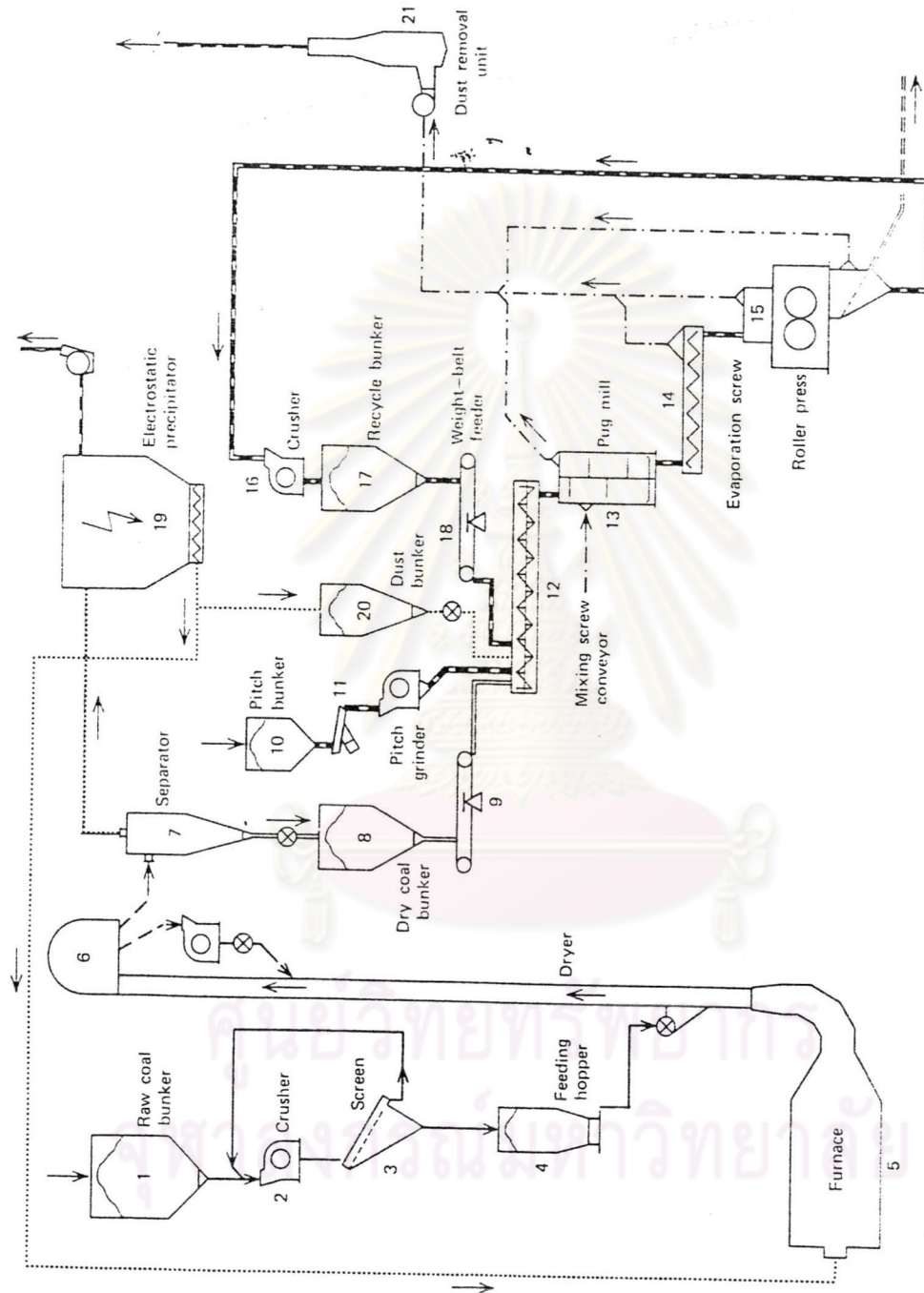
ก. การอัดก้อนถ่านหินโดยไม่ใช้สารประสาน

ข. การอัดก้อนถ่านหินโดยใช้สารประสาน

การอัดก้อนถ่านหินโดยไม่ใช้สารประสาน ใช้ได้กับถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส ลิกไนท์ และพีท ส่วนการอัดก้อนถ่านหินสีน้ำตาล (brown coal) โดยไม่ใช้สารประสาน ได้มีการพัฒนาอย่างมากในประเทศเยอรมัน และออสเตรเลีย ตัวอย่างการอัดก้อนชนิดไม่ใช้สารประสานของถ่านหินลิกไนท์ทำได้โดยตากแห้งถ่านหินให้มีความชื้นเข้าสู่สมดุล แล้วอัดก้อนด้วยความดันสูงประมาณ 5 ตัน/ตารางนิ้ว และประมาณ 10 ตัน/ตารางนิ้ว สำหรับถ่านหินบิทูมินัส เครื่องอัดก้อนที่เหมาะสมในการอัดก้อนชนิดนี้คือ plunger-type presses ซึ่งทำงานคล้ายการอัดแบบเกลียวหมุน (extrusion press) ถ่านหินอัดก้อนที่ได้มีหลายแบบด้วยกัน เช่น รูปสี่เหลี่ยม (rectangular) รูปวงกลม (circular) รูปดัมเบล เป็นต้น และอาจใช้เครื่องอัดก้อนชนิดริงโรล (ring-roll press)

กระบวนการอัดก้อนถ่านหินโดยใช้สารประสาน มีองค์ประกอบของกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยขั้นตอนการบด และอบแห้งถ่านหิน (1-8), กำหนดปริมาณถ่านหิน และสารประสาน (9-11), ผลมถ่านหินกับสารประสานด้วยเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล (15), กระบวนการที่นำเศษถ่านหินแตกหักของถ่านหินอัดก้อนกลับมาใช้งาน

การอัดก้อนถ่านหินมีสารประสานจำเป็นสำหรับถ่านหินชนิดบิทูมินัส และแอนทราไซต์ ซึ่งการนำถ่านหินบิทูมินัสมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดก้อนโดยเติมสารประสาน ได้มีขึ้นในศตวรรษที่ 18 โรงงานแห่งแรกตั้งขึ้นใน Saint Etienne ประเทศฝรั่งเศส ในปี ค.ศ. 1842



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตก้อนดินอัดก้อนโดยใช้สารประสาน

พินิจ Elliott, M. A., 1981

โรงงานทำถ่านหินอัดก้อนโดยใช้ ฮาร์ดพิช (hard pitch) เป็นสารประสาน ได้ตั้งขึ้นใน นิวคาสเซิล ประเทศอังกฤษ ส่วนในประเทศเยอรมัน โรงงานทำถ่านหินอัดก้อน ตั้งขึ้นที่ Wiesche colliery ในปี ค.ศ. 1861 การทำถ่านหินอัดก้อนตั้งแต่สมัยแรกเริ่มจนถึงปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านกระบวนการหลักๆ แต่มีการพัฒนากระบวนการเหล่านั้นให้ดีขึ้นตัวอย่างการทำถ่านหินบิทูมินัสอัดก้อนนั้นมีหลักการที่สำคัญคือจะต้องพยายามทำให้สารประสานคลุกเคล้ากับอนุภาคถ่านหินให้ทั่วถึงที่สุดแล้วจึงทำการอัดให้เป็นก้อนวิธีการนี้จะประกอบด้วย การทำให้ถ่านหินแห้งเพราะน้ำมีผลต่อการอัดก้อน และความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนดังนั้นความชื้นในถ่านหินควรมีน้อย และถ้าเป็นไปได้ไม่ควรเกินร้อยละ 4 เครื่องอบแห้งที่ใช้กันมีหลายชนิด ได้แก่ Vertical cascade dryer และ Horizontal rotating-drum dryer การบดถ่านหินให้มีขนาดเล็กลง (grinding) ถ่านหินเมื่อผ่านการทำให้แห้งแล้วจะถูกนำไปบดโดย Cage disintegrator หรือ Swing-hammer crusher ให้ได้ขนาดถ่านหินเล็กกว่า 0.88 มม. ร้อยละ 93 และขนาดเล็กกว่า 0.5 มม. ร้อยละ 80 ต่อจากนั้นนำถ่านหินบดมาผสมกับสารประสานแล้วให้ความร้อน (mixing and heating) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทำถ่านหินอัดก้อน และทำการอัดของผสมที่ได้ให้เป็นก้อน (pressing) เครื่องอัดก้อนที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบคือ

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 2.4 ถ่านหินอัดก้อนที่ได้ จะมีภาคตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 10-25 ปอนด์ เวลาที่ใช้ในเครื่องอัดแบบนี้ประมาณ 0.25-0.40 วินาที และแรงดันที่ใช้ประมาณ 60-300 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (0.36-1.8 ตัน/ตารางนิ้ว) ในประเทศเยอรมัน โดยทั่วไปจะใช้แรงดันประมาณ 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (0.95 ตัน/ตารางนิ้ว) ในสหราชอาณาจักรจะใช้แรงดันต่ำกว่า 1 ตัน/ตารางนิ้ว หากใช้แรงดันมากกว่านี้ พบว่าจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณสมบัติเลวลง

Roll press หรือ Belgian press ประดิษฐ์โดย Loiscau และมีการพัฒนาให้ดีขึ้นโดย Hanrez ดังรูปที่ 2.5 ประกอบด้วยลูกกลิ้ง (roll) 2 อัน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ด้วยความเร็วเท่ากัน ของผสมที่ร้อนจะถูกส่งเข้าระหว่างลูกกลิ้งกดให้เป็นก้อนออกมาเป็นรูปไข่ (ovoid) ลูกกลิ้งที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 630-1000 เซนติเมตร จะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ถ้าต้องการจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็ต้องเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งให้มากขึ้น

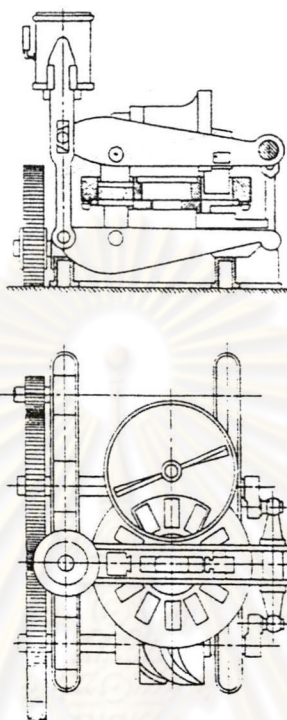
ค่าแรงอัดที่ใช้ในเครื่องประเภทนี้โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1.75 ตัน/ตารางนิ้ว เวลาที่ใช้ในการอัดก้อนจะมีค่าน้อยกว่าที่ใช้ในเครื่องอัดประเภท table press อาจต่ำกว่า 0.5 วินาที ความเร็วในการหมุน (โดยทั่วไปจะวัดในรูปของความเร็วผิวหน้าเชิงเส้น, linear surface speed) อยู่ระหว่าง 0.7-0.8 เมตร/วินาที ส่วนความกว้างของลูกกลิ้งจะไม่เกิน 14 นิ้ว แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องเทเบิลเพลทหลายประการ เช่น ขนาดของถ่านหินอัดก้อนที่มีขนาดใหญ่ อัตราการผลิตที่ช้า และเทคโนโลยีของเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรลสูงชันจึงนิยมใช้แต่เครื่องอัดก้อนชนิดดับเบิลโรล

การนำระบบไฮดรอลิกมาใช้กับเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิมคือระบบลูกกลิ้งคงตัว (Fixed bearing press) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 พบว่าเครื่องอัดก้อนดับเบิลโรลชนิดไฮดรอลิก นั้นค่าความดันในการอัดก้อนมีค่าคงที่เนื่องจากถูกปรับด้วยระบบไฮดรอลิก ส่วนเครื่องอัดก้อนดับเบิลโรลแบบลูกกลิ้งคงตัวค่าความดันในการอัดก้อนขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนถ่านหิน โดยปกติเครื่องอัดก้อนถ่านหินแบบดับเบิลโรลนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งประมาณ 600-1500 มม. มีอัตราส่วนการอัด (compression ratio) ประมาณ 2.5:1 โดยที่ความดันในการอัดก้อนขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และปริมาณถ่านหินที่ป้อนเข้าสู่แบบพิมพ์ โดยมีค่าระยะเวลาอัดก้อน (compression time) และความเร็วผิวหน้าของลูกกลิ้ง ประมาณ 0.5-0.8 เมตร/วินาที

2. คุณภาพของถ่านหินอัดก้อน (The quality of briquettes)

มาตรฐานในการทดสอบถ่านหินอัดก้อนที่ได้ จะใช้วิธี DIN 23081 ประเทศเยอรมัน คุณภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ค่าความแข็งแรง (strength) ของถ่านหินอัดก้อนซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธี ตามแต่มาตรฐานของแต่ละประเทศ แต่ก็ใช้หลักการเดียวกัน ต่างกันที่รายละเอียดเท่านั้น ดังเช่น

ในสหรัฐอเมริกา หาโดยใช้ การทดสอบแบบ ทรัมเบล (tumbler test) ตาม ASTM D441-45 การทดสอบอย่างหนึ่งเกี่ยวกับความสามารถของถ่านหินอัดก้อนที่ยังคงรูปอยู่ไม่แตกในระหว่างการขนส่ง และสำหรับถ่านหินอัดก้อนที่มีขนาดใหญ่ๆ ซึ่งมีน้ำหนักมาก คุณสมบัติข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก การทดสอบการขัดสี (abrasion test) หรือที่รู้จักกันใน South Wales ว่าการทดสอบการยึดเกาะ (cohesion test) ทำโดยการนำถ่านหินอัดก้อน 100 ปอนด์ มาตัดให้เป็นรูปลูกบาศก์ขนาดก้อนละ 2 ปอนด์ แล้วใส่ไว้ในถังขนาดสูง 3 ฟุต และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ฟุต หมุนด้วยอัตราเร็ว 50 รอบต่อ 2 นาทีจากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่มีช่องว่าง

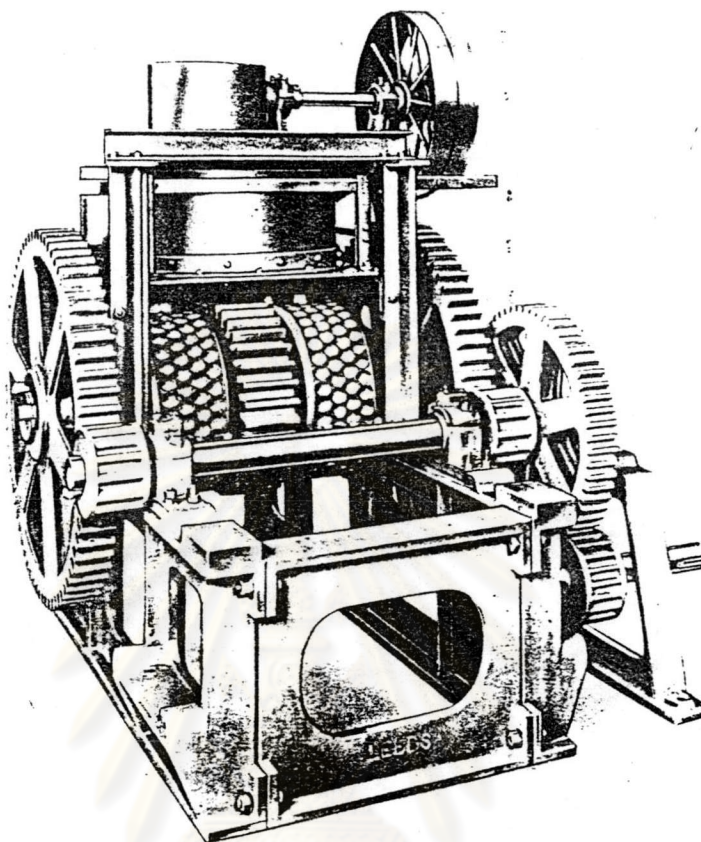


รูปที่ 2.4 Couffihal briquetting press

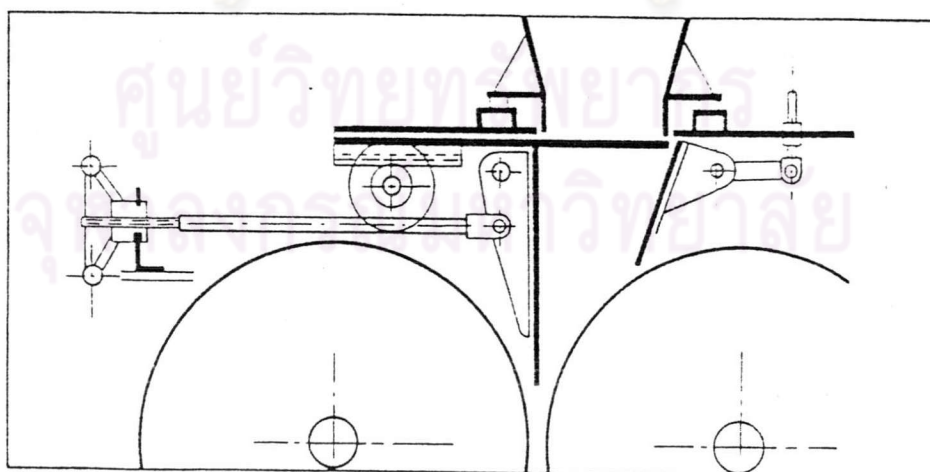
ที่มา Elliott, M. A., 1981

เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1.25 นิ้ว และวัดปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ค้างอยู่บนตะแกรงในรูปของร้อยละ โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินคือ ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

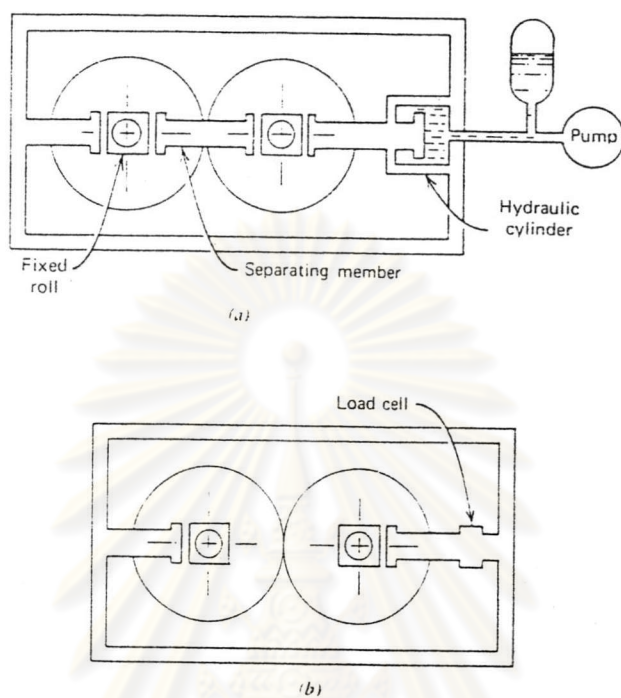
ในประเทศเยอรมันมีวิธีทดสอบที่คล้ายกันคือ นำถ่านหินอัดก้อน 120 ปอนด์ มาตากไว้ในบรรยากาศให้แห้งเป็นเวลา 3 วันก่อนที่จะตัดออกเป็นก้อนขนาดก้อนละ 1 ปอนด์ ส่วนถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) ไม่ต้องตัด นำถ่านหินอัดก้อน 100 ปอนด์ มาใส่ไว้ในถัง (trommel drum) แล้วหมุนด้วยอัตราเร็ว 25 รอบ/นาที นาน 2 นาที จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร้อนที่วางทำมุมเอียง 30 องศา กับแนวราบ และมีช่องว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30 มิลลิเมตร ค่าสองเท่าของน้ำหนักของส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรง คือค่าดัชนีของการยัดเกาะ (abrasion index) สำหรับถ่านหินอัดก้อนขนาดใหญ่ ค่านี้ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 52 และ 55 และสำหรับถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ ค่านี้ควรมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40



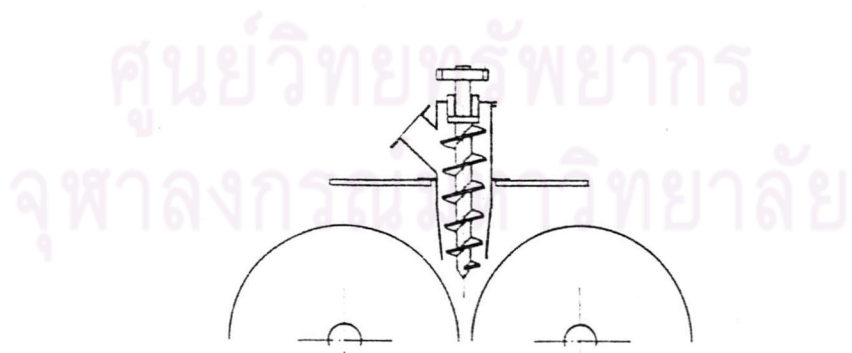
รูปที่ 2.5 A double-roll press
ที่มา Elliott, A. M., 1981



รูปที่ 2.6 ระบบการป้อนถ่านหินแบบ slide funnel ของเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล
ที่มา Elliott, A. M., 1981



รูปที่ 2.7 เครื่องอัดก้อนดับเบิลโรลระบบลูกกลิ้งคงตัว และ ระบบไฮดรอลิก
ที่มา Elliott, A. M., 1981



รูปที่ 2.8 ระบบการป้องกันหินแบบเกลียว ของเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล
ที่มา Elliott, A. M., 1981

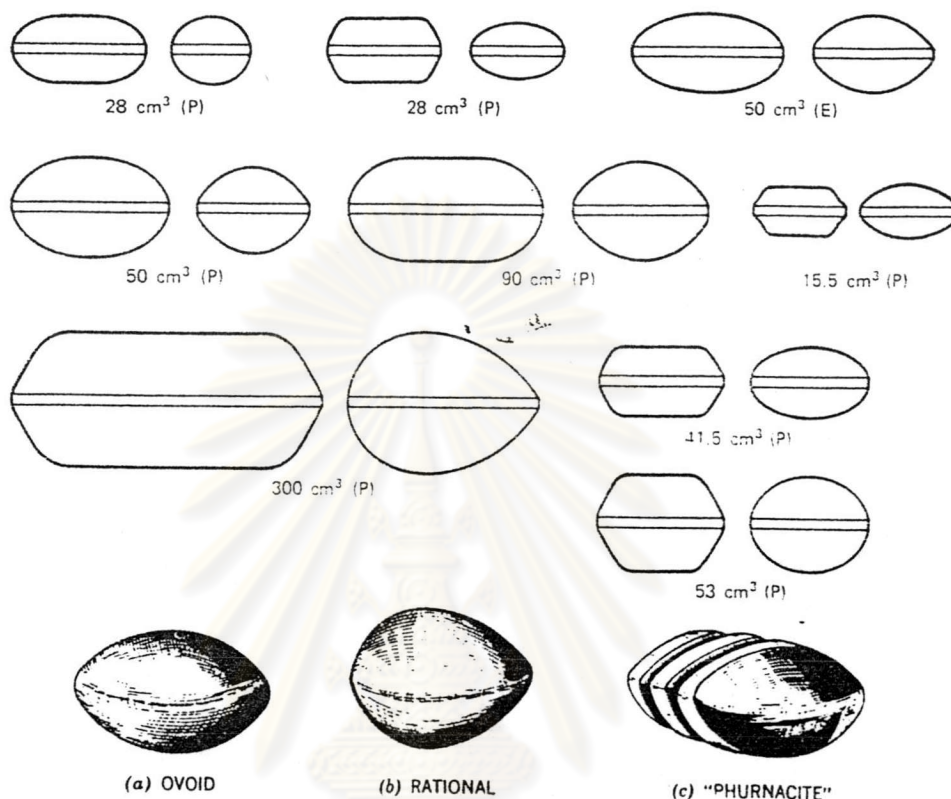
สำหรับ crushing strength ของถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ สามารถหาได้โดยการวาง ถ่านหินอัดก้อนก้อนหนึ่ง อยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 อันที่ขนานกัน และให้น้ำหนักกดลงบนแผ่นโลหะ แผ่นบน และบันทึกน้ำหนักที่ใช้ในการทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตก

3. คุณสมบัติของถ่านหินอัดก้อน

1. ชนิด และขนาดของถ่านหินอัดก้อน

เชื้อเพลิงอัดก้อนนิยมใช้ในเครื่องจักรไอน้ำ ใช้ในการให้ความร้อน ตามบ้านพักอาศัย และเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำตามโรงงานอุตสาหกรรม ถ่านหินอัดก้อนที่ขนาดใหญ่ หรือ fuel block จะมีน้ำหนักตั้งแต่ 23 ปอนด์ขึ้นไปทำขึ้นเพื่อใช้ในรถจักรหรือโรงงาน อุตสาหกรรมจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อให้เหมาะสำหรับบรรจุ และเก็บไว้ในโกดังแต่ไม่ เหมาะสมในการใช้งาน เพราะเกิดการแตกหักก่อนใช้งาน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 การทำถ่านหิน อัดก้อนน้ำหนักประมาณ 1.5-2 ปอนด์ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและรถจักร ได้มีการพัฒนา ขึ้นใน South Wales โดยอาศัยเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว ถ่านหินอัดก้อนขนาดเล็กที่ใช้ในบ้านพักอาศัย และในอุตสาหกรรมบางประเภทจะทำได้โดยใช้ เครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล โดยจะมีความแตกต่างในด้านของรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนที่ได้ เช่น รูป rational รูปไข่ (ovoid) หรือรูป phurnacite ดังรูปที่ 2.9

ขนาดและรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งาน เช่น ถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตจากเครื่อง couffinhal presses มีลักษณะเป็นก้อนลูกบาศก์ มีน้ำหนักอยู่ ระหว่าง 0.5-2.0 กิโลกรัม ซึ่งใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว ถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตด้วย เครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล มีรูปร่างลักษณะคล้าย ไข่ (eggs) หรือ หมอน (pillow) มีน้ำหนักอยู่ ระหว่าง 16-80 กรัม นิยมใช้ทั้งในครัวเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม ในโรงงานอุตสาหกรรม รูปร่างของถ่านหินอัดก้อนมีความสำคัญต่อการเผาไหม้ Schultz และ Abel (Elliot, A. M., 1981) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของการหมุนเวียนของอากาศ กับรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนและได้ศึกษาถึง ผลกระทบของการหมุนเวียนของอากาศกับรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนในเตาหลอมประเภท Blast furnace โดยมีจุดประสงค์เพื่อหารูปร่างของถ่านหินอัดก้อนที่ให้สัดส่วนของช่องว่างสูง และค่า ความดันลดน้อย โดยใช้ตัวอย่าง



รูปที่ 2.9 รูปร่างของถ่านหินอัดก้อนแบบต่างๆ

ที่มา : Elliott, A. M., 1981

ถ่านหินอัดก้อน 85 ตัวอย่าง โดยมีปริมาณของถ่านหินอัดก้อนอยู่ระหว่าง 20-300 ซม³ พบว่า ลักษณะของถ่านหินอัดก้อน ที่ให้สัดส่วนช่องว่างในหีบเผาไหม้สูง การเผาไหม้ในหีบเผาไหม้มี ประสิทธิภาพสูงขึ้น

สารประสาน (Binder)

สารประสานที่ใช้ผสมในถ่านหินเพื่อทำเป็นถ่านหินอัดก้อน โดยทั่วไปจะมีราคาสูงกว่าถ่านหิน ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายโดยพยายามใช้ปริมาณสารประสานให้น้อยที่สุด แต่ยังคงให้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพ จุดสำคัญในการพิจารณาคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนอีกประการหนึ่งคือ จะต้องทนน้ำ (waterproof) โดยไม่เกิดการแตกร่วนออก ในยุโรปนิยมใช้ Coal-tar

pitch เป็นสารประสาน ส่วนในสหรัฐอเมริกา นิยมใช้บิทูเมน (bitumen หรือ petroleum pitch) เป็นสารประสาน ลักษณะสารประสานที่ใช้นั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยว (adhesive force) ระหว่างอนุภาคมากแล้ว ยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านหินบดได้ทั่วถึง เพื่อให้การยึดเหนี่ยวเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น Reerink และ Goecke ได้ให้คำจำกัดความของสารประสานที่ใช้ในการทำถ่านหินอัดก้อนว่าที่อุณหภูมิใช้งานจะต้องเปียก และเป็นฟิล์มครอบคลุมผิวหน้า ถ่านหินได้อย่างสมบูรณ์ และให้ข้อคิดว่าลักษณะพิเศษที่สำคัญที่สุดของสารประสาน คือค่าความหนืด (viscosity) ที่อุณหภูมิดำเนินการ (operating temperature)

ถึงแม้ว่าพิทช์ และบิทูเมน ใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่สารชนิดอื่นอีกมากมายก็มีการศึกษา เพื่อนำมาเป็นสารประสาน สารประสานที่ใช้กัน แบ่งเป็น 3 พวกคือ

1. สารประสานที่เป็นอนินทรีย์สาร (inorganic binders) เช่น โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate), ซัลไฟท์ไล (sulphite lye), โลม์-ซิลิกา (lime-silica), แมกนีเซียมออกซิคลอไรด์ (magnesium oxychloride) และซีเมนต์ (cement) เป็นต้น
2. สารประสานที่ได้จากธัญพืช (cereal binders) เช่น แป้ง (starches), โมลาส เป็นต้น
3. ไฮโดรคาร์บอนหนัก หรือ แอสฟัลต์ (heavy hydrocarbons or asphalts) เช่น coal-tar pitch หรือ บิทูเมน (bitumen)

สารประสานที่เป็นอนินทรีย์สาร มีข้อเสียคือ เพิ่มปริมาณเถ้าของถ่านหินอัดก้อน ดังนั้นซีเมนต์จึงไม่นิยมใช้ในโรงงานทำถ่านหินอัดก้อน แต่ซีเมนต์และโซเดียมซิลิเกต จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เมื่อเผาแล้วไม่มีควัน (smokeless) และโดยเฉพาะซีเมนต์จะทนต่อสภาพอากาศได้ดี

เนื่องจากสารประสานที่ใช้กัน บางครั้งก็มีข้อเสียที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะ เช่นซัลไฟท์ไล (sulphite lye), ซัลไฟท์พิทช์ (sulphite pitch) เป็น สารประสานที่มีความเข้มข้นจะทำปฏิกิริยาเป็นกลางกับปูนขาว ใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานหล่อทำแกนต่างๆ (Foundries for core) และเมื่อนำไปใช้เป็นสารประสานในการทำถ่านหินอัดก้อนจะให้ถ่านหินอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูง แต่มีข้อเสียอยู่ 2 ประการคือ เพิ่มปริมาณกำมะถัน และไม่สามารถกักน้ำได้ดีนัก ซึ่งอาจแก้ไขโดยการอบถ่านหินอัดก้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาฟาเรนไฮต์ ก่อนนำไปใช้งาน

นอกจากนี้อาจมีตัวเติมที่เป็นสารเคมีต่างๆ เพื่อทำให้คุณภาพของก้อนเชื้อเพลิงดีขึ้น เช่นเติมออกไซด์ของเหล็กเพื่อกำจัดกลิ่นของกำมะถัน เติมแอมโมเนียมซัลไฟด์ (Ammonium

sulphite) เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะอากาศ (weather-resistant) และเติมอะบิเซล (abical, fine crystal cellulose) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง เป็นต้น

ซัลไฟต์ลิกเคอร์ (Sulfite liquor) ซัลไฟต์ลิกเคอร์ เป็นของเสียจากกระบวนการผลิตเซลลูโลสจากไม้โดยกระบวนการ ซัลไฟต์ (Sulfite process) มีองค์ประกอบแสดงดังตารางที่ 2.5 โดยที่ ซัลไฟต์ลิกเคอร์ นั้นมีคุณสมบัติเป็นสารประสานที่ดี คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบหนึ่งในซัลไฟต์ลิกเคอร์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารประสาน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไม้กับ sulfites of calcium, sodium, magnesium และแอมโมเนีย ในขั้นตอนการใช้งานซัลไฟต์ลิกเคอร์ สำหรับเป็น สารประสานโดยทำให้มีความเข้มข้น (ร้อยละของของแข็ง) ร้อยละ 46-54 ค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลไฟต์ในซัลไฟต์ลิกเคอร์ ที่มีปริมาณร้อยละของของแข็งเท่ากับ 50 และองค์ประกอบอื่นๆแสดงดังตารางที่ 2.6 แต่สารประสานประเภทซัลไฟต์ลิกเคอร์ นั้นจะมีคุณสมบัติด้อยด้านความต้านทานน้ำแต่สามารถปรับปรุงโดยนำถ่านหินอัดก้อนไปอบที่อุณหภูมิ 220-350 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงโดยใช้ แอมโมเนียมซัลไฟต์ลิกเคอร์ ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตเซลลูโลสโดยใช้แอมโมเนียมซัลไฟต์เป็นสารเคมี

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของซัลไฟต์ลิกเคอร์

ที่มา Elliott, M. A., 1981

Components	Spruce Liquor (g/l)	Beech Liquor (g/l)
Evaporation residue	140 - 150	170 - 180
Organic portion	130 - 140	159 - 168
CaO	7.5 - 8.5	7.5 - 8.0
Free SO ₂	1.0 - 1.8	1.5 - 1.6
Calcium	85 - 95	90 - 105
lignosulfonate	38 - 45	60 - 70
Total sugar		
Pentoses	9 - 12	48 - 56
Hexoses	29 - 33	12 - 14
Total volatile acids	4.0 - 4.5	15 - 16
Methanol	0.4 - 0.6	0.5 - 0.7

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของซัลไฟต์ลิกเคอร์ เข้มข้น

ที่มา Elliott, M. A., 1981

Properties	Sulfite Liquor Binder Type			
	Beech A	Beech B	Spruce A	Spruce B
Thickening (Baume)	20.0	31.0	32.5	31.0
Specific gravity at 15 ⁰ C (g/cm ³)	1.16	1.27	1.29	1.27
Dry organic residue (wt%)	32.0	46.0	48.0	49.0
Ash in moist material (wt%)	2.0	5.0	6.0	4.0
Moisture (wt%)	66.0	49.0	46.0	47.0
Heating value				
kcal/kg	1000.0	1800.0	1900.0	1600.0
kJ/kg	4186.8	7536.2	7954.9	6698.9

การกำจัดซัลเฟอร์ในถ่านหิน

อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย (2529) กล่าวว่า ในการนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะก่อให้เกิดปัญหาในด้านการกัดกร่อน และปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะเป็นพิษ เนื่องจากมีกำมะถันซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ต้องการในถ่านหิน เพราะเมื่อเผาไหม้แล้วจะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา กำมะถันที่มีอยู่ในถ่านหินมีอยู่ 3 แบบคือ อยู่ในรูปของ metallic sulfides, metallic sulfates และ organic sulphur โดยปกติแล้ว pyritic sulphur ที่ประกอบอยู่ในถ่านหินจะปรากฏอยู่ในลักษณะของแร่ ไพไรท์ (pyrite) และ มาคาไซต์ (macasite) ซึ่งแร่ทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน คือมีสูตรทางเคมีเป็น FeS₂ แต่มีความแตกต่างกันทางด้านผลึก ซึ่งจากลักษณะของความแตกต่างนี้ จะพบว่ายากที่จะตัดสินว่าเป็นแร่ ไพไรท์ หรือ มาคาไซต์ ดังนั้น โดยปกติแล้วจะเรียกรวมว่าเป็นแร่ pyrites หรือ iron pyrites

กระบวนการในการกำจัดกำมะถันในถ่านหิน สามารถแบ่งออกได้ 3 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. กระบวนการทางฟิสิกส์ เช่น electrophoretic separation, magnetic separation
2. วิธีทางจุลชีววิทยา วิธีการนี้จะใช้พวกจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายกำมะถันให้

น้อยลง

3. วิธีทางเคมี คือใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการกำจัดกำมะถันให้ลดน้อยลง

โดยทั่วไป กระบวนการกำจัดกำมะถันในรูปของ ไพไรท์ สามารถทำได้ทั้ง 3 วิธีถ้าเป็นพวกกำมะถันอินทรีย์ (organic sulphur) จะต้องกำจัดโดยวิธีทางเคมีเท่านั้น

นอกจากนี้ ยังอาจแบ่งวิธีการกำจัดกำมะถันได้ออกเป็น 3 ลักษณะตามช่วงเวลาการกำจัดคือ

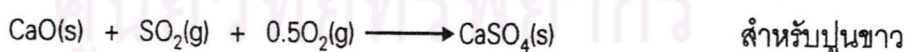
1. วิธีการกำจัดกำมะถันก่อนการเผาไหม้ (Eliot, R. C., 1978)

ก. วิธีทางกายภาพ เป็นวิธีการที่ง่าย และไม่สลับซับซ้อน แต่กำจัดกำมะถันอินทรีย์ (inorganic sulphur) เท่านั้น โดยอาศัยหลักของความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะนอกจากนี้ยังมีการแยกกำมะถันไพไรท์ ซึ่งเป็นสารประกอบโลหะโดยใช้แม่เหล็ก

ข. วิธีทางเคมี มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ไฮโดรดีซัลเฟอร์ไรเซชัน (hydrodesulphurization) และออกซิไดซัลเฟอร์ไรเซชัน (oxydesulphurization) โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งกำมะถันอินทรีย์ และกำมะถันไพไรท์ เท่านั้นที่เข้าทำปฏิกิริยาส่วน กำมะถันซัลเฟตจะไม่ทำปฏิกิริยาและค้างอยู่ในถ่านนั่นเอง

2. วิธีการกำจัดกำมะถันขณะเผาไหม้

วิธีนี้ทำโดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงในระหว่างที่เกิดการเผาไหม้ แล้วให้สารเคมีที่เติมลงไปรวมตัวกับกำมะถันที่สลายตัวจากการเผาไหม้ เป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่ที่สามารถแยกออกจากการเผาไหม้ได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ปูนขาว (lime) หินปูน (limestone) หรือโดโลไมต์ (dolomite) ผสมลงไประหว่างการเผาไหม้ถ่านหินในฟลูตไดซ์เบด โดยถ่านหินที่ใช้มีขนาด 1 นิ้ว หรือเล็กกว่า 1 นิ้ว เมื่อเผาไหม้ถ่านหินจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งถูกกำจัดตามปฏิกิริยาดังนี้



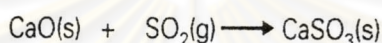
จากปฏิกิริยาดังกล่าว เป็นปฏิกิริยาระหว่างก๊าซและของแข็ง ดังนั้นปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิว และการสัมผัสของสารทั้งสองส่วนแคลเซียมซัลเฟต (CaSO₄) ที่เกิดขึ้นสามารถกำจัดออกได้ง่ายโดยใช้เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic precipitator) หรือถุงกรอง (bag filter) เป็นต้น

3. วิธีการกำจัดกำมะถันหลังการเผาไหม้ (อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย, 2529)

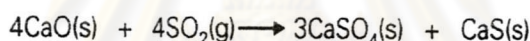
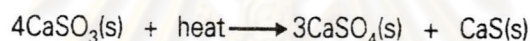
วิธีนี้เป็นการดึงเอาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากฟลูก๊าส (flue gas) โดยมีกระบวนการดูดซิมก๊าซที่เกิดขึ้น ซึ่งมีได้หลายวิธีโดยใช้สารเคมีที่แตกต่างกันออกไป และมี

ประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แตกต่างกันไป เช่น wet scrubbing process สารที่ดูดซึมก๊าซคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 95

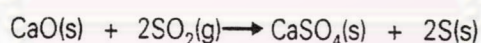
สำหรับในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการทางเคมีในการกำจัดกำมะถัน โดยการใช้ปูนขาวเป็นตัวจับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไม่เกิดที่อุณหภูมิบรรยากาศ (atmospheric temperature) แต่จะเกิดในช่วงอุณหภูมิที่สูงตั้งแต่ 300-400 องศาเซลเซียส และปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียส และปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นที่อุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียส โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



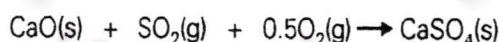
เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ แคลเซียมซัลไฟด์จะสลายตัวเป็นแคลเซียมซัลเฟต และแคลเซียมซัลไฟด์ ดังสมการ



และเมื่ออุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะเกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตทั้งหมด แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 1150 องศาเซลเซียส จะทำให้แคลเซียมซัลไฟด์ สลายตัวเป็นแคลเซียมซัลเฟต และกำมะถัน ดังสมการ

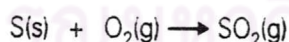


ในการใช้ปูนขาวเป็นตัวจับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้คือ



โดยมีกลไกของการเกิดปฏิกิริยาดังนี้

1. การเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องเผาไหม้



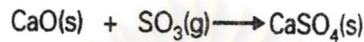
2. การเกิดออกซิเดชันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ใน

วัฏภาคก๊าซ



การเกิดปฏิกิริยาในขั้นนี้อาจถูกเร่งให้เกิดโดยอาศัยคะตาลีสต์ ซึ่งคะตาลีสต์นั้นอาจเป็นพวกสารเจือปน (impurity) ที่มีอยู่ในถ่านหิน เช่น Fe_2O_3 , V_2O_5 , Cr_2O_3 เป็นต้น ซึ่งจะมีในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป

3. การแพร่ผ่านของก๊าซซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ ไปยังผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับอนุภาคของแข็ง
4. การแพร่ผ่านของก๊าซซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ผ่านชั้นของแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ที่เกิดอยู่ในบริเวณด้านนอกของอนุภาคไปยังส่วนของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา
5. ปฏิกิริยาระหว่าง CaO กับ SO_3 เป็นไปได้ดังนี้



และแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ที่ได้จากปฏิกิริยาจะยังคงค้างอยู่ในถ้ำของถ่านหิน

ระบบการสันดาปถ่านหิน (William, D. F., 1986)

ระบบการเผาไหม้ถ่านหิน เป็นระบบย่อยอย่างหนึ่งของหม้อไอน้ำ และเครื่องกำเนิดความร้อนต่างๆ ที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ระบบเผาไหม้ถ่านหินอาจจัดได้เป็นสามประเภทใหญ่ๆ ตามตำแหน่งของถ่านหินที่กำลังลุกไหม้ ดังนี้

1. ระบบการเผาไหม้แบบ fixed bed combustion ในระบบนี้ถ่านหินเผาไหม้อยู่กับที่บนตะแกรง ได้แก่ ระบบ underfeed, stationary grate, travelling grate, spreader และ vibrating grate เป็นต้น
2. ระบบ transportation bed combustion หรือ moving bed combustion ในระบบนี้ถ่านหินเป็นผงเคลื่อนที่ที่กระจายขณะลุกไหม้ได้แก่ ระบบ pulverized combustion
3. ระบบ fluidized bed combustion ในระบบนี้ถ่านหินจะกระจายลอยตัวคล้ายน้ำเดือดอยู่ในระดับคงที่ในหีบเผาไหม้

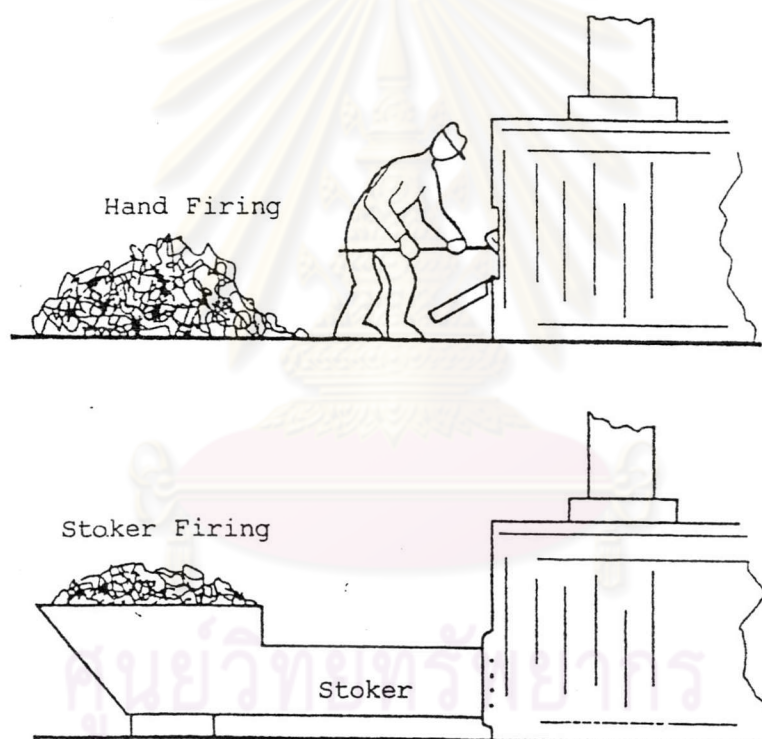
เตาเผาแบบสโตคเกอร์ (Stoker furnace)

เตาเผาแบบสโตคเกอร์เป็นเตาเผาถ่านหินชนิดที่เก่าแก่ที่สุดและยังใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ ถึงแม้ว่าจะมีความจุจำกัดแต่ก็สามารถใช้กับโรงงานขนาดใหญ่ได้ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการปริมาณไอน้ำทำการจำกัด ในเตาเผาชนิดนี้จะส่งถ่านหินมาในตะแกรงและทำการเผาในหีบเผาไหม้ที่อยู่กับที่ เตาเผาชนิดนี้เผาถ่านหินที่บดหยาบๆ มีการดูดเอาอากาศปฐมภูมิเข้าไปด้านใต้แท่นเผา อากาศปฐมภูมินี้จะกระตุ้นการสันดาปและทำให้ตะแกรงเย็นลง จะมีการพ่นอากาศที่ทำให้เกิดสมดุล การสันดาปที่เรียกว่า อากาศทุติยภูมิหรืออากาศพ่นด้านบน (Secondary or overfire air) แท่นเผาเพื่อให้ขบวนการสันดาปสมบูรณ์แบบ

ระบบ fixed bed combustion

ระบบนี้แบ่งได้สองลักษณะใหญ่ๆตามทิศทางการป้อนถ่านหินเทียบกับทิศทางไหลของอากาศ ได้แก่ ระบบ underfeed firing และระบบ overfeed firing ถ่านหินถูกป้อนลงสวนทางกับอากาศไหล การป้อนถ่านหิน อาจใช้คนงานโยนถ่านหินลงบนตะแกรง (grate) ในเตาเผาวิธีนี้เรียกว่า hand firing หรืออาจใช้ระบบจักรกลอัตโนมัติ เรียก mechanical stoker ดังแสดงในรูปที่

2.10



รูปที่ 2.10 ระบบการป้อนถ่านหินแบบใช้แรงงานมนุษย์ และ ระบบอัตโนมัติ
ที่มา เกริกชัย สุภาบุญจันท์ 2529

สโตคเกอร์ ประกอบด้วยระบบป้อนถ่านหิน และระบบตะแกรง สำหรับเป็นที่ให้ถ่านหินเผาไหม้ และลำเลียงเถ้าออก สำหรับ hand firing ใช้ได้เฉพาะกับเครื่องกำเนิดความร้อน

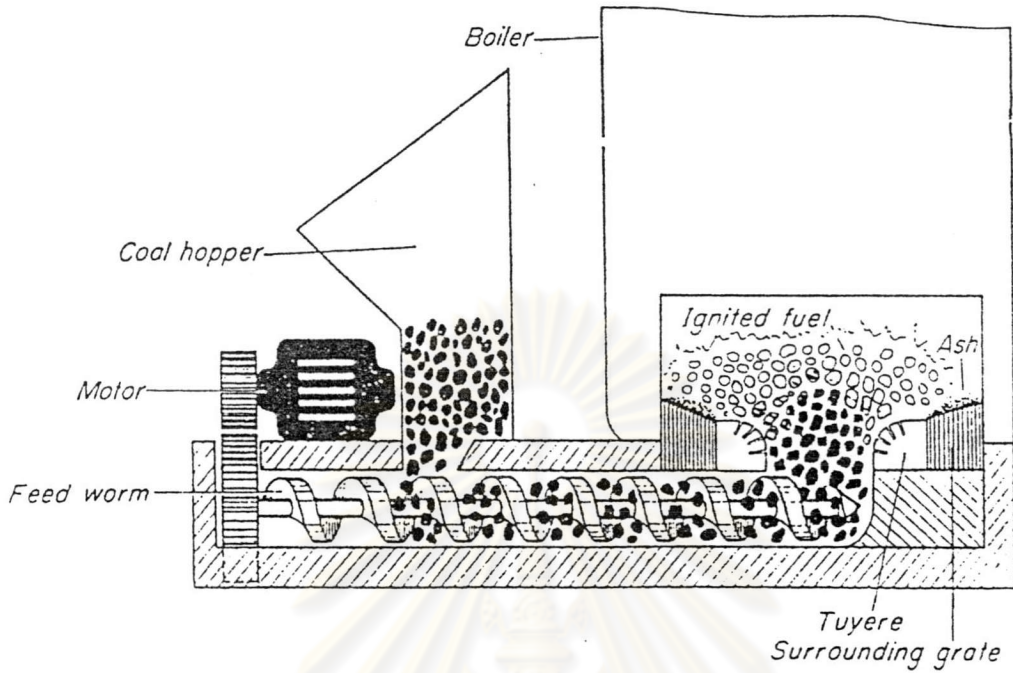
ขนาดเล็กเท่านั้น และปริมาณความร้อนที่ได้จะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากป้อนถ่านหินเป็นระยะๆ ไม่ต่อเนื่องเช่น ป้อนทุกๆ 5 นาที เป็นต้น

1. ระบบการป้อนทางด้านล่าง (Underfeed firing)

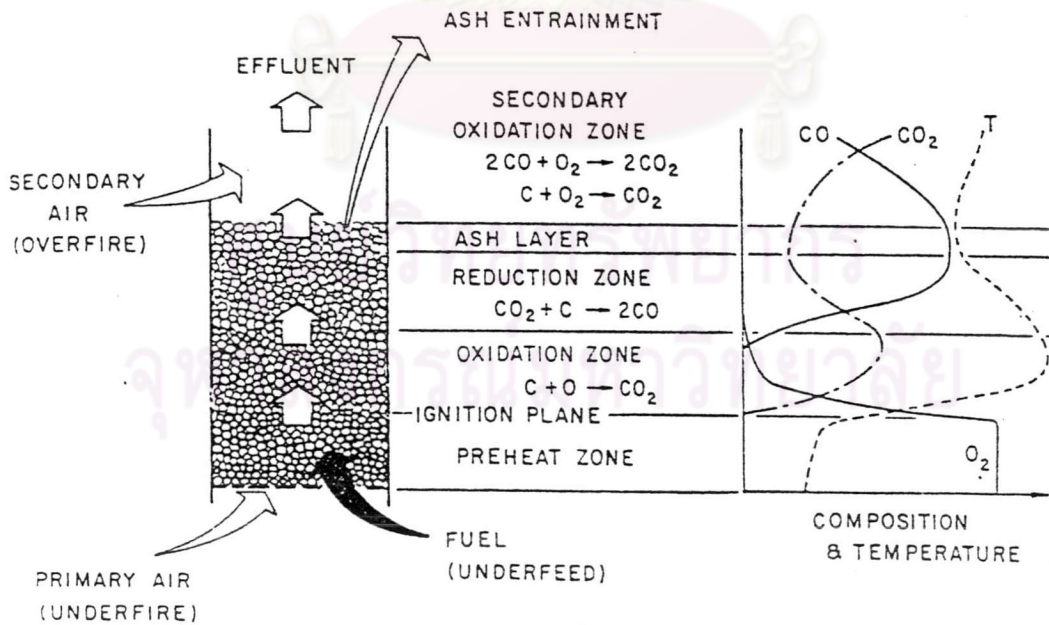
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของ underfeed stoker ขนาดใหญ่ที่ให้อัตราการเผาไหม้ ถ่านหินประมาณ $245 \text{ kg/m}^2\text{-hr}$ forced-draught fan จะเป่าอากาศปฐมภูมิ ขึ้นทางช่องลมเรียก tuyeres ปกติจะป้อนอากาศปฐมภูมิตั้งแต่พอให้มีอากาศเหลืออยู่ในก๊าซที่ไหลขึ้นจากเบ็ดถ่านหิน จึงไม่จำเป็นต้องป้อนอากาศทุติยภูมิ ปฏิริยาเผาไหม้ของสารระเหยและ คาร์บอนคงตัว กับ ออกซิเจนจะเกิดในชั้นเดียวกัน ชั้นนี้เรียกว่า ชั้นการเผาไหม้ (combustion zone) ในกรณีอากาศปฐมภูมิมีปริมาณจำกัด ชั้นการเผาไหม้ แบ่งได้เป็น ชั้นออกซิเดชัน และ ชั้นรีดักชัน ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.12 ในรูปนี้ยังแสดงปริมาณก๊าซก๊าซต่างๆ และอุณหภูมิ ตามชั้นของเบ็ดถ่านหิน ในชั้น ออกซิเดชัน เกิดปฏิริยาเพิ่มออกซิเจนให้กับคาร์บอน คาร์บอนจะทำปฏิริยากับออกซิเจนจาก อากาศได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในชั้นถัดขึ้นไปเป็น ชั้นทำปฏิริยา (reaction zone) เนื่องจากออกซิเจนในอากาศหมดหรือเหลือน้อย จึงเกิดปฏิริยารีดักชัน คือปฏิริยาลดออกซิเจนจาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องป้อนอากาศ ทุติยภูมิ เหนือเบ็ดถ่านหินเพื่อให้เกิดปฏิริยาออกซิเดชันได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง

หม้อไอน้ำ (boiler)

หม้อไอน้ำ (boiler) เป็นส่วนประกอบของระบบ และเป็นเครื่องมือเพื่อจุดประสงค์ในการเปลี่ยนพลังงานเคมีจากเชื้อเพลิงฟอสซิลให้เป็นพลังงานความร้อน และถ่ายเทพลังงานความร้อนนี้เข้าสู่ของไหลทำงานซึ่งตามปกติเป็นน้ำเพื่อใช้ในขบวนการอุณหภูมิสูง หรือใช้ในกังหันใน โรงงานขนาดใหญ่ทั่วไป อุปกรณ์ในหม้อไอน้ำประกอบด้วย ระบบท่อ, อุปกรณ์ควบคุมอากาศ, อุปกรณ์ควบคุมเชื้อเพลิงเตาเผา, ที่จ่ายน้ำ (water supply) และระบบควบคุมคุณสมบัติน้ำ, ถังรวมไอน้ำบน (steam drum), ระบบก๊าซเสียร้อน และระบบควบคุมมลภาวะ เช่น ตัวฟอกอากาศ และตัวดักจับเถ้าด้วยไฟฟ้าสถิตย์หรือ ตัวกรองถุง (baghouse filter) ช่วงการถ่ายเทความร้อนของ หม้อไอน้ำขนาดใหญ่ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำระเหย (evaporator), อุปกรณ์ทำความร้อนยิ่งยวด (superheater),



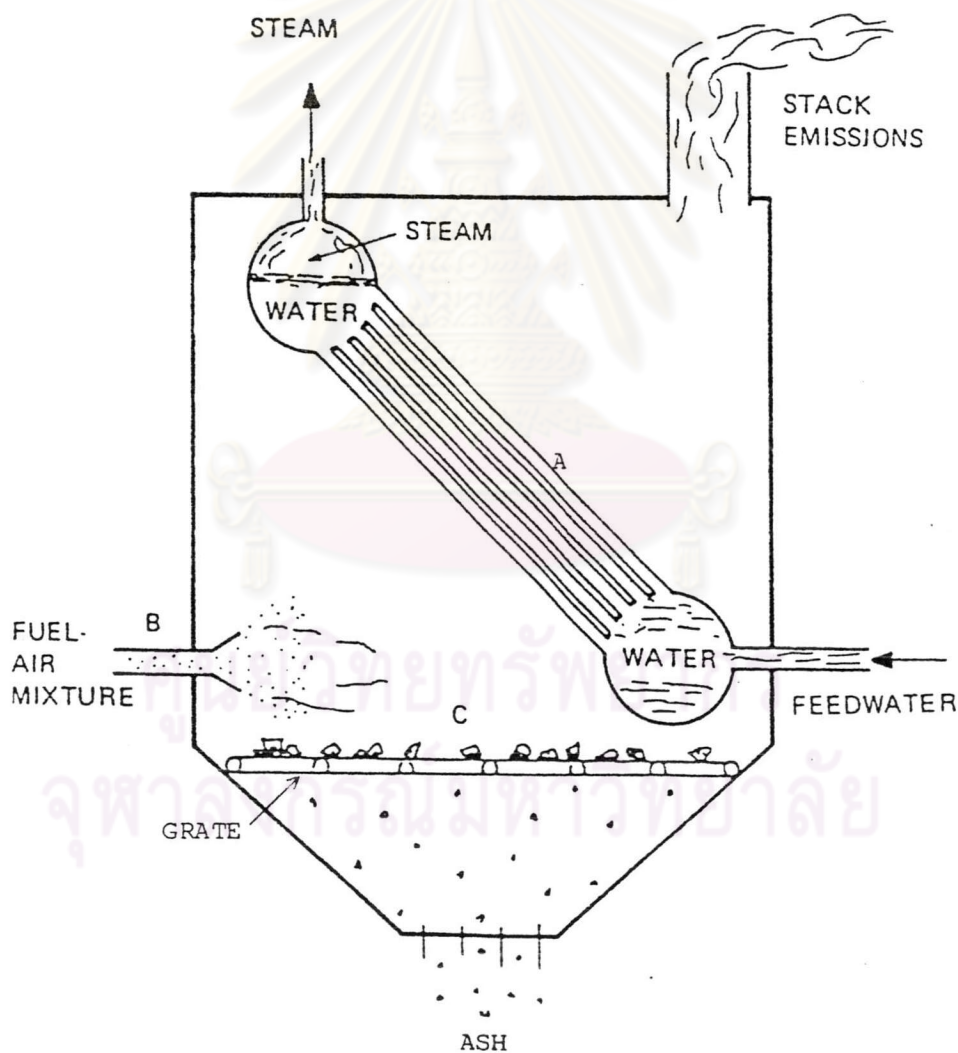
รูปที่ 2.11 เตาเผาประเภทป้อนทางด้านล่าง
 ที่มา เกริกชัย สุกาญจน์จติ 2529



รูปที่ 2.12 ชั้นการเผาไหม้ประเภทต่างๆ ในเตาประเภทป้อนทางด้านล่าง
 ที่มา เกริกชัย สุกาญจน์จติ 2529

อุปกรณ์อุ่นอากาศก่อน (air preheater) และส่วนช่วยประหยัด (economizer)

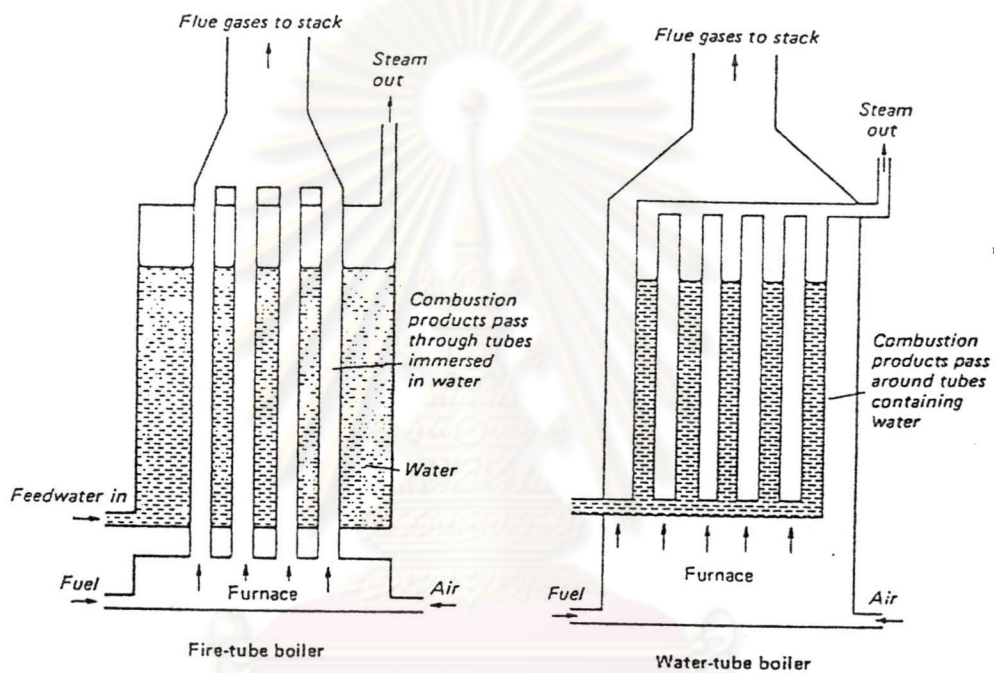
รูปที่ 2.13 แสดงหลักการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำอย่างง่าย ๆ ภายในภาชนะใหญ่ ถ่านหินเผาไหม้บนตะแกรง (c) ได้ความร้อน ก๊าซร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ไหลอยู่ในท่อ (A) เมื่อได้รับความร้อนเพียงพอที่น้ำจะกลายเป็นไอน้ำ ก๊าซเผาไหม้จะถูกปล่อยออกทางปล่องไฟ ส่วนเถ้าจะถูกโยกออก ถ้าเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตาหรือผงถ่านหิน เราต้องใช้หัวเผา (burner B) ป้อนเชื้อเพลิงในการเผาไหม้



รูปที่ 2.13 หลักการหม้อไอน้ำ
ที่มา เกริกชัย สุภาบุญจันจิ 2529

ประเภทของหม้อไอน้ำ

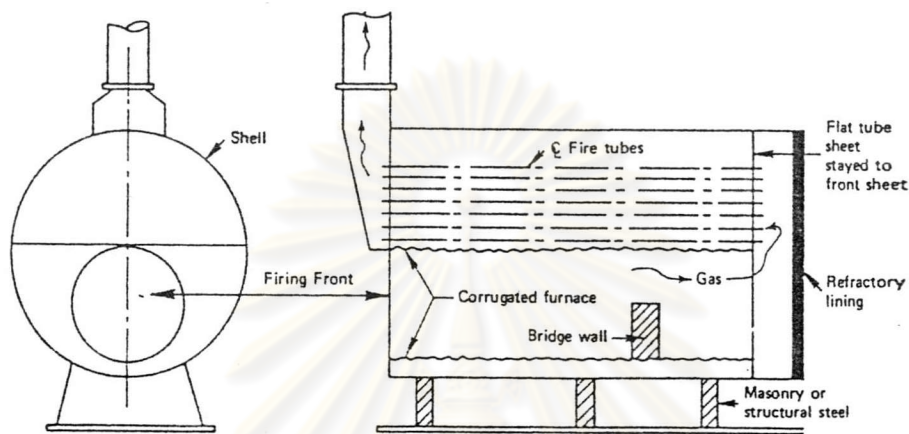
หม้อไอน้ำแบ่งตามหลักการพื้นฐานได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (fire tube boiler) และหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (water tube boiler) รูปที่ 2.14 แสดงการเปรียบเทียบหลักการของหม้อไอน้ำทั้งสองประเภทนี้



รูปที่ 2.14 การเปรียบเทียบหลักการของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ และ ท่อไฟ
ที่มา เกริกชัย สุภัญจนัจที่ 2529

1. หม้อไอน้ำท่อไฟ

ในหม้อไอน้ำท่อไฟ ความร้อนและก๊าซเผาไหม้จะไหลในท่อเหล็กกล้า (ท่อไฟ) ซึ่งมีน้ำหล่ออยู่รอบนอกท่อ หม้อไอน้ำประเภทนี้มีขนาดเล็กปกติผลิตไอน้ำในอัตราไม่เกิน 5 ตัน/ชั่วโมง และมีความดันขณะทำงาน (working pressure) ต่ำกว่า 18 กิโลกรัม/เซนติเมตร² หม้อไอน้ำท่อไฟใช้ผลิตไอน้ำอิ่มตัว (saturated steam) ประสิทธิภาพความร้อนต่ำ และราคาต่ำ จึงเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก รูปที่ 2.15 แสดงหม้อไอน้ำหลอดไฟชนิดที่เรียกว่า scotch boiler ซึ่งใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก มีประสิทธิภาพความร้อนสูง



รูปที่ 2.15 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟชนิด scotch boiler
ที่มา เกริกชัย สุภาบุญจันท์ 2529

2. หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ น้ำที่ถูกเปลี่ยนเป็นไอน้ำจะไหลอยู่ในท่อเหล็กกล้า (ท่อน้ำ) ส่วนความร้อนและก๊าซเผาไหม้จะไหลผ่านท่อด้านนอก หม้อไอน้ำประเภทนี้มีตั้งแต่ขนาดเล็กสุดจนถึงขนาดใหญ่สุดได้ และสามารถสร้างใช้งานที่ความดันสูงมาก ผลิตได้ทั้งไอน้ำอิ่มตัว และไอน้ำยิ่งยวด เป็นหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพความร้อนสูงในระดับร้อยละ 85 ในหม้อไอน้ำท่อน้ำมีถัง (drum) เก็บน้ำหรือไอน้ำรูปทรงกระบอก อาจมี 1, 2, 3 หรือ 4 ถัง ติดอยู่กับท่อน้ำเพื่อให้ น้ำไหลหมุนเวียนได้แบบ natural convection กล่าวคือน้ำในท่อที่สัมผัสกับก๊าซเผาไหม้ที่ร้อนจะร้อนขึ้นลอยตัวขึ้นตามท่อเข้าสู่ถังโดยน้ำที่เย็นกว่าไหลวนเข้ามาแทนที่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตถ่านหินอัดก้อน และการพัฒนาได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องทั้งในภาครัฐและเอกชน มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาถ่านหินอัดก้อนในด้านต่างๆออกมาอย่างมากมาย

การทดลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำเร็จ นากศิลา (อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย 2529) ได้ทดลองอัดก้อนถ่านหินลิกไนท์โดยไม่ใช้สารประสานใช้ถ่านหินลิกไนท์ที่มีความชื้นร้อยละ 18 ใช้แรงอัดประมาณ 10-12 ตัน/ตารางเซนติเมตร แต่เนื่องจากในขณะนั้น ถ่านหินลิกไนท์มีราคาสูงกว่าเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่น จึงไม่เหมาะสมที่จะทำเป็นอุตสาหกรรม

สิทธิชัย สาธุกิจกุล และมานิต สาตราวณะ (2521) ใช้ผงถ่านหินลิกไนท์ขนาด 2 มม., 1 มม., และเล็กกว่า 1 มม. เป็นตัวแปรในการศึกษาพบว่า ขนาดของถ่านหินลิกไนท์ที่มีขนาดเล็กแนวโน้มในการอัดติดเป็นก้อนดีกว่าการใช้ถ่านหินลิกไนท์ที่มีขนาดใหญ่ และการใช้ถ่านหินหลายช่วงขนาดผสมกันมีแนวโน้มในการอัดติดเป็นก้อน ดีกว่าใช้ถ่านหินที่มีขนาดอนุภาคเดียวกัน เพราะถ่านหินขนาดเล็กจะไปแทรกตัวตามช่องว่างของอนุภาคถ่านหินที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้มีแรงยึดดีขึ้น นอกจากนี้การทดลองใช้แอสฟัลท์ชนิด RC-2 เป็นสารประสานในการอัดก้อนถ่านหินลิกไนท์ พบว่าหลังอัดก้อนเสร็จก้อนถ่านหินจะอ่อนตัว และแตกได้ง่ายเมื่อนำมาตากไว้ในบรรยากาศจะได้ก้อนถ่านหินที่แข็งขึ้น เนื่องจากในแอสฟัลท์มีเคโรซีนผสมอยู่จึงแสดงคุณสมบัติในการยึดเกาะได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ เมื่อเคโรซีนระเหยออกคุณสมบัติในการยึดเกาะของแอสฟัลท์จะเพิ่มขึ้น การใช้แอสฟัลท์เป็นสารประสานนั้นมีข้อดีคือ ถ่านหินอัดก้อนจะมีความต้านทานต่อความชื้น แต่มีข้อเสียของแอสฟัลท์คือมีราคาแพง และมีปริมาณกำมะถันถึงร้อยละ 4.28 เป็นการเพิ่มปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิง

พินิจ มันทานนท์ และเสกสรรค์ วงศ์จิรัฐติกาล (2526) ใช้ถ่านหินลิกไนท์ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มม. และเล็กกว่า 1 มม. เป็นตัวอย่างในการศึกษาโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารประสานพบว่า ต้องใช้ปริมาณการน้ำตาลร้อยละ 25 โดยน้ำหนักขึ้นไป และเมื่อเปรียบเทียบถ่านหินอัดก้อนที่แรงกดตันเดียวกัน และปริมาณกากน้ำตาลเท่ากัน แต่ขนาดของผงถ่านหินที่ใช้แตกต่างกันพบว่า ถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มม. จะมีความแข็งแรงมากกว่าถ่านหิน 1 มม. เนื่องจากผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 1 มม. จะดูดซึมกากน้ำตาลไว้ในช่องว่างระหว่างอนุภาคมากกว่า ถ่านหินขนาดใหญ่กว่าคือ 1-2 มม. และในกากน้ำตาลจะมีน้ำอยู่ปริมาณมากเมื่อนำถ่านหินอัดก้อนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส น้ำที่มีอยู่ในกากน้ำตาล และในถ่านหินจะระเหยออกมาเกิดเป็นรูพรุนอยู่ภายในถ่านหินอัดก้อน และน้ำที่ระเหยจะขยายตัวเป็นก๊าซทำให้ถ่านหินเกิดรอยร้าวจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นทำให้ความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนลดลง และพบว่า

ถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มม. และสารประสานร้อยละ 25-30 จะให้ความแข็งแรง 90-270 ปอนด์/ตารางนิ้ว

สุชาติ อารีรุ่งเรือง และ เอกพล พงศ์สถาพร (2526) ได้ศึกษาวิธีการอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล วิธีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้ปูนขาว และศึกษาถึงลักษณะของการนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้งาน เช่น การติดไฟ, เปลวไฟ, เถ้า เทียบกับถ่านไม้พบว่าประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณปูนขาวสูงขึ้นปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมคือร้อยละ 3.5 ให้ประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดประมาณร้อยละ 80 ส่วนด้านการติดไฟนั้นถ่านไม้ติดไฟง่ายกว่าถ่านหินอัดก้อน และถ่านหินอัดก้อนมีระยะมีควันมากกว่าแต่เถ้าของถ่านหินอัดก้อนยังคงรูปอยู่ไม่ปลิวกระจาย

สมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และ สุภา ศิริปการ (2529) ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนโดยอัดก้อนด้วยเครื่องอัดระบบดับเบิลโรล ได้ถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ขนาดของถ่านหิน และปริมาณดินเหนียวที่ใช้เป็นสารประสาน โดยขนาดของถ่านหินที่ใช้ในการศึกษาคือ ขนาดรวมๆที่ได้จากการบดผ่านแฮมเมอร์มิลที่มีตะแกรงร่อนขนาด 9.8 มม. 1 ครั้ง ขนาดเล็กกว่า 2 มม. และขนาดเล็กกว่า 1 มม. และใช้ดินเหนียวร้อยละ 25, 30, 35 และ 45 ของน้ำหนักถ่านหินแห้งพบว่าความแข็งแรงของก้อนถ่านที่ได้มีค่ามากขึ้นเมื่อขนาดของผงถ่านหินที่ใช้ละเอียดขึ้น น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกอยู่ในช่วง 3-8 กิโลกรัม และเมื่อนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่เทียบกับถ่านไม้พบว่า ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับถ่านไม้ คือประมาณร้อยละ 28-29 แต่ช่วงเวลามีควันของถ่านหินอัดก้อนประมาณ 11-16 นาที ซึ่งนานกว่าถ่านไม้ (ถ่านไม้มีควันเพียง 3 นาที)

อนัญญา พจนารถ (2528) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเศษถ่านหิน โดยวิธีการบดในเซชัน เพื่อเปลี่ยนถ่านหินเป็นถ่านอบ และแปรรูปถ่านอบขนาดเล็กๆ ให้เป็นถ่านสังเคราะห์โดยการอัดก้อนทั้งยังได้ผลิตผลพลอยได้ เป็นน้ำมันทาร์ และก๊าซถ่านหิน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิง และผลิตสารเคมีที่สำคัญอีกด้วย ตัวอย่างในการศึกษาใช้เศษถ่านหินขนาด 2-7 มม., 1-2 มม., 0.5-1.0 มม. และ 0.25-0.50 มม. พบว่าช่วงขนาดที่เหมาะสมคือ 0.5-0.7 มม. คาร์บอนซีที อุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส แล้วนำไปผลิตถ่านสังเคราะห์ 2 แบบคือ แบบรูปไข่ด้วยเครื่องอัดระบบดับเบิลโรล ใช้แป้งเปียกร้อยละ 25 หรือร้อยละ 5.8 ของแป้งมันสำปะหลังเป็น

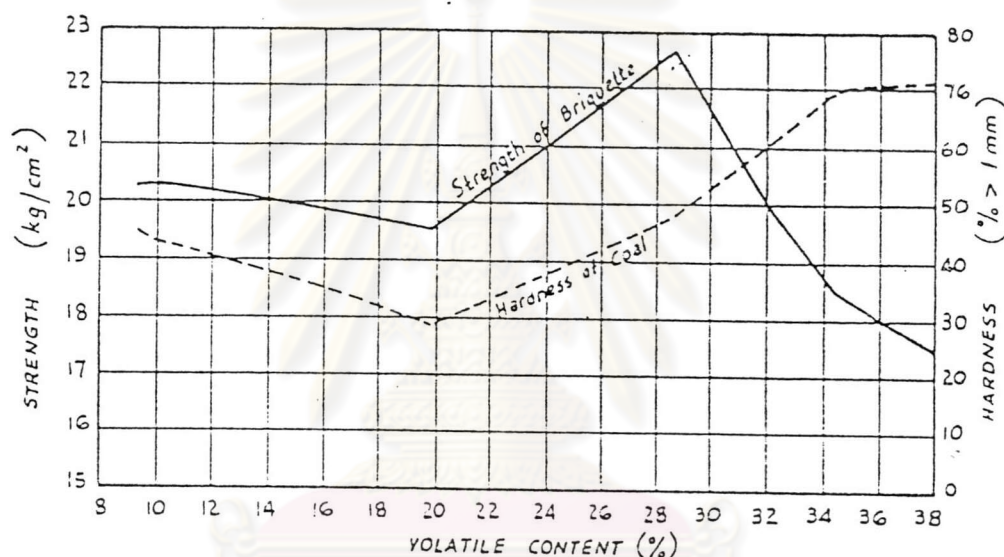
สารประสาน และถ่านหินอัดก้อนรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว โดยใช้แบลคลิคลิเคอร์เป็นสารประสานมีร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 2.6 อัดก้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกเมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติในการเผาไหม้ เปรียบเทียบกับถ่านไม้ในเตาอั้งโล่พบว่าให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 28

นิภา เศรษฐไพศาล (2528) ศึกษาการนำเศษถ่านหินมาอัดก้อนเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก และถ่านหินอัดก้อนที่ได้เป็นรูปทรงกระบอกมี 3 ขนาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-12 ซม. สูง 5-7 ซม. ถ่านหินอัดก้อนมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. เจาะทะลุตามแนวแกน 12-16 ช่อง สารประสานที่ใช้มีหลายชนิดคือ แป้งเปียก, ยางมะตอย, แบลคลิคลิเคอร์, กากน้ำตาล, ขี้ผึ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน (wax from refinery), mixed pitch, coconut pitch และดินเหนียว พบว่าดินเหนียวเป็นสารประสานที่เหมาะสมที่สุด หาง่ายและมีราคาถูก โดยใช้ดินเหนียวร้อยละ 5-20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง มีความแข็งแรงประมาณ 8-16 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และช่วงขนาดถ่านหินที่เหมาะสมคือขนาดรวมๆที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแฮมเมอร์มีลที่มีตะแกรงขนาด 9.8 มม. นอกจากนี้ยังเติมปูนขาวเพื่อลดกลิ่นซึ่งเกิดจากสารประกอบออกไซด์ของกำมะถัน โดยใช้ปูนขาวเป็นอัตราส่วนโดยโมลของ CaO:S ที่เหมาะสมคือ 1.23 และเติมโซเดียมไนเตรท (NaNO₃) ร้อยละ 3 ของน้ำหนักถ่านหินแห้งเพื่อช่วยให้ถ่านหินติดไฟ และคว้นหมอดเร็วขึ้น เมื่อนำไปทดสอบการใช้งานกับเตาทดลองที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับถ่านไม้เมื่อใช้เตาอั้งโล่ พบว่าประสิทธิภาพในการใช้งานใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 25-35 ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน

อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย (2528) ได้ศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ทั้งในด้านความแข็งแรง และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ทำการอัดก้อนถ่านหินโดยใช้ดินเหนียวเป็นสารประสาน พบว่าถ่านหินที่มีขนาดเล็กให้ถ่านหินอัดก้อนที่แข็งแรงกว่าถ่านหินขนาดใหญ่ ปริมาณดินเหนียวที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน และคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ถ่านหินที่มีเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 15-30 ของน้ำหนักถ่านหินแห้งสามารถนำมาอัดก้อนได้โดยใช้ส่วนผสมแตกต่างกันไป เมื่อนำถ่านหินอัดก้อนมาทดสอบการนำไปใช้งานในเตาอั้งโล่ ที่ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานของถ่านหินอัดก้อนประมาณร้อยละ 28-30 และถ่านหินอัดก้อนที่ได้สามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 2-6 กิโลกรัม

งานวิจัยต่างประเทศ

Broche และ Nedelmann (Rhys Jones, D. G., 1963) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของ ถ่านหินต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน พบว่าเมื่อใช้กระบวนการ และเงื่อนไขเดียวกัน ค่าความ แข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนและ ความแข็งแรงของถ่านหิน สามารถเขียนเป็นกราฟกับปริมาณ สารระเหยในถ่านหิน ได้ดังรูปที่ 2.42 ซึ่งพบว่าถ่านหินที่มีสารระเหยอยู่ประมาณร้อยละ 30 จะให้ ความแข็งแรงมากที่สุด



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีของถ่านหินกับความแข็ง (hardness) ของถ่านหิน และความแข็งแรง (strength) ของถ่านหินอัดก้อน

Kegel (Rhys Jones, D. G., 1963) ยืนยันว่า คุณสมบัติในการยึดเกาะกัน ระหว่างพีทซ์ และถ่านหิน จะลดลงเมื่อค่าดีของถ่านหินอัดก้อน ขนาดอนุภาคถ่านหินบดมีผลต่อ ปริมาณสารประสานที่ใช้พบว่าถ้ามีอนุภาคของถ่านหินละเอียดอยู่มาก ต้องเติมสารประสานมาก ตามไปด้วย ในด้านการแตกหักของถ่านหินอัดก้อน จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนที่ ทำจากถ่านหินที่มีขนาด 0.5 มม. การเกิดการแตกหักของถ่านหินอัดก้อนนั้นนอกจากเกิดขึ้น เพราะการกระจายตัวของอนุภาคถ่านหินที่มีขนาดแตกต่างกันด้วยสัดส่วนต่างๆกันแล้วยังขึ้นอยู่กับ การมีสารประสานคลุมผิวหน้าของเนื้อถ่านหินด้วย Lloyd's ได้ตั้งข้อสังเกตว่าถ่านหินหยาบเมื่อ ทำเป็นถ่านหินอัดก้อน จะมีความ แข็งแรงน้อยกว่าถ่านหินที่บดละเอียด

Maust (1980) ศึกษาวิธีการที่จะนำเอาผงถ่านหินมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยเติม ปูนขาว (lime), หินปูน (lime stone) หรือ โดโลไมต์ (dolomite) ซึ่งเป็นส่วนผสมของหินปูน และ เกลือแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) ลงในผงถ่านหินเพื่อเป็นสารประสาน ทำให้ ถ่านหินคงรูปเป็นก้อนอยู่ได้ อีกทั้งสารประสานเหล่านี้จะช่วยจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของกำมะถันคงอยู่ในถ่านอีกด้วย ดังปฏิกิริยา



Anderson (1981) ศึกษาหาค่าประกอบของเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (synthetic fuel) ซึ่งมี ถ่านหินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีรูปร่างตามแม่แบบ เช่น รูปทรงกระบอก เมื่อเผาไหม้แล้วยัง สามารถคงรูปเดิมอยู่ได้ พบว่าควรมีส่วนประกอบดังนี้คือ ถ่านหินอย่างน้อยร้อยละ 40 และ ควรมีความชื้นอย่างน้อยร้อยละ 40 แต่ไม่ควรมีความชื้นสูงมากเพราะอาจจะไปขัดขวางการผสม ระหว่างถ่านหินกับอัลคาไลซิลิเกต (alkali silicate) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารประสาน และมีความหนืด ประมาณ 1000 เซนติพอยส์ (centi poise) วัดที่อุณหภูมิ 65 องศาฟาเรนไฮน์ ปริมาณของอัลคาไล ซิลิเกต ที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 2 - 10 แอสลัคแวค (slack wax) ร้อยละ 5 - 35 สารออกซิไดเซอร์ (oxidizer) เช่น ไนเตรท, เปอร์คลอเรท, เปอร์ออกไซด์ และเปอร์มังกานेट เป็นต้น ร้อยละ 5 - 15 ซึ่งในการทำเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะนำเอาถ่านหินมาบด และผสมกับ สารละลายโซเดียมซิลิเกต จนกระทั่งเกิดเป็นฟิล์มของซิลิเกตบนอนุภาคของถ่านหิน จากนั้นนำ สารออกซิไดเซอร์ และ แอสลัคแวค ซึ่งถูกทำให้ร้อนไปผสมจนเข้ากัน และทำให้เย็นกว่าจุดหลอมตัว ของแอสลัคแวคประมาณ 90 องศาฟาเรนไฮน์ แล้วจึงนำไปอัดก้อนต่อไปจะได้เชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ เมื่อเผาไหม้แล้วมีควันน้อย และยังสามารถคงรูปเดิมอยู่ได้ ทำให้ง่ายต่อการเอาถ่านออก

Yanik และ คณะ (1990) ได้ทดลองอัดก้อนถ่านหินโดยใช้ ซัลไฟท์ ลิกเคอร์ (sulphite liquor) เป็นสารประสาน ตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการทดลองมาจากแหล่ง Soma และ Tuncbilek ขนาดของถ่านหินที่ใช้มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ ความดันในการ อัดก้อนมีค่าตั้งแต่ 0-100 เมกกะปาสคาล ปริมาณสารประสานร้อยละ 4-16 สารประสานที่ใช้มี 2 ชนิดคือ แคลเซียมซัลไฟท์ ลิกเคอร์ (Ca-SL) และ แอมโมเนียมซัลไฟท์ ลิกเคอร์ ($\text{NH}_4\text{-SL}$) อุณหภูมิใน

การอัดก้อน 80 องศาเซลเซียส ถ่านหินอัดก้อนที่ได้นำไปหา compressive strength ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 สภาวะที่เหมาะสมในการอัดก้อนถ่านหิน

ที่มา : Fuel 1990 Vol 69

รายการ	Soma	Tuncbilek
ความดัน (MPa)	40-60	80
ร้อยละ Ca-SL	12	14
ร้อยละ NH ₄ -SL	10	14

Saglam และ คณะ (1990) ได้ศึกษาการอัดก้อนถ่านหินโดยใช้ ซัลไฟท์ลิกเคอร์ เป็นสารประสาน ถ่านหินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเล็กกว่า 3 มิลลิเมตร ปริมาณร้อยละของสารประสานที่ใช้มีค่า 2-12 แรงดันในการอัดก้อน 20-140 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดก้อน 80 องศาเซลเซียส ถ่านหินอัดก้อนที่ได้นำไปทำ heat treatment (ฮีททรีทเม้นท์) เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานน้ำผลการทดลองพบว่า ร้อยละปริมาณสารประสานที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 8 ความดันที่ใช้ในการอัดก้อนเท่ากับ 100 เมกกะปาสคาล ถ่านหินอัดก้อนที่ได้มีค่า compressive strength เท่ากับ 16-18 เมกกะปาสคาล และถ่านหินอัดก้อนที่ผ่านขั้นตอนฮีททรีทเม้นท์ มีความสามารถต้านทานน้ำเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย