หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ถ่านหิน

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ เกิดจากการสะสมตัวของซากพืชเป็นเวลาหลายล้านปี มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีโดยได้รับอิทธิพลจากความร้อนและความดันของพื้นผิวโลก แปรสภาพเป็นถ่านหินชนิดต่างๆ ถ่านหินสามารถแบ่งตามศักดิ์ (rank) โดยใช้วิธีมาตรฐาน ASTM (4) เรียงจากคุณภาพต่ำไปสูง คือ ลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และ แอนทราไซต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 โดยพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก เช่น ความชื้น คาร์บอนคงตัว สารระเหย เถ้า กำมะถัน และ ค่าความร้อน

ในประเทศไทย ถ่านหินที่พบส่วนมากอยู่ในกลุ่มลิกไนต์ และซับบิทูมินัส ซึ่งเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ แต่ก็ยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมได้ เช่น อุตสาหกรรมปูนซิเมนต์ โรงไฟฟ้า โรงบ่มใบยาสูบ ใช้ในการเผาหินปูนเพื่อทำปูนขาว ใช้ทำก๊าซในการหุงต้ม ตลอดจนทำถ่านอัดก้อนเพื่อนำไปใช้ในการหุงต้ม และใช้ในอุตสาหกรรม เป็นต้น (3,5)

ถ่านหินประเภทลิกไนต์ที่พบในประเทศไทย มีอายุประมาณ 50 - 70 ล้านปี ลักษณะของเนื้อถ่านมีสีดำหรือน้ำตาล บางส่วนยังแสดงสภาพของเนื้อไม้ มีความชื้นสูง สลายตัวได้เร็วเมื่อเก็บไว้ เปราะแตกร่วนได้ง่าย ลุกไหม้ได้ง่าย ติดไฟได้เองเมื่อทิ้งไว้ มีส่วนประกอบของสารระเหยและกำมะถันสูง

แหล่งถ่านหินในประเทศไทยมีอยู่หลายแหล่ง บางแหล่งได้มีการสำรวจและเปิดทำเหมืองไปแล้ว บางแหล่งยังอยู่ในระหว่างการสำรวจ ตัวอย่างของแหล่งที่มีการทำเหมืองในปัจจุบัน ได้แก่ (6)

1. เหมืองแม่เมาะ ต.แม่เมาะ อ.เมือง จ.ลำปาง จากการสำรวจของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2528 พบว่ามีถ่านหินอยู่ประมาณ 1,400 ล้านตัน สามารถนำมาใช้อย่างคุ้มค่า (ทางเศรษฐศาสตร์) 614 ล้านตัน (1) ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นลิกไนต์และบางส่วนเป็นซับบิทูมินัส

ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกชนิดถ่านหินโดยลำดับตาม ASTM D388 (4)

Class	Group	Fixed Carbon Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Gross Calorific Value Limits, Cal/g (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	...	7 777[D]	...	
	4. High volatile B bituminous coal	...	...	...	...	7 222[D]	7 777	
	5. High volatile C bituminous coal	...	...	...	...	6 389	7 222	
						5 833	6 389	agglomerating
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	...	...	...	...	5 833	6 389	nonagglomerating
	2. Subbituminous B coal	...	...	...	...	5 277	5 833	
	3. Subbituminous C coal	...	...	...	...	4 611	5 277	
IV Lignitic	1. Lignite A	...	...	...	...	3 500	4 611	
	2. Lignite B	...	...	...	...	...	3 500	

[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 gross 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 bitumino group.

2. เหมืองกระบี่ ต. คลองขนาน อ. เมือง จ. กระบี่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำเหมืองอยู่ 2 บริเวณ คือ ในพื้นที่แหล่งบางปูดำ และแหล่งคลองหวายเล็ก ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นลิกไนต์ถึงซับบิทูมินัส

3. ต. ดงดำ อ. ลี้ จ. ลำพูน สำนักงานพลังงานแห่งชาติเปิดทำเหมืองที่บริเวณบ้านป่าคา ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นซับบิทูมินัส

4. ต. ลี้ อ. ลี้ จ. ลำพูน ได้มีการทำเหมืองบริเวณบ้านปู ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นลิกไนต์ถึงซับบิทูมินัส

5. เหมืองแม่ตื่น ต. แม่ตื่น อ. แม่ระมาด จ. ตาก ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นซับบิทูมินัสถึงบิทูมินัส

6. ต. หนองหญ้าปล้อง อ.หนองหญ้าปล้อง จ. เพชรบุรี ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นซับบิทูมินัสถึงบิทูมินัส

7. ต. นาด้วง อ. นาด้วง จ. เลย ถ่านหินที่พบจัดอยู่ในชั้นเซมิแอนทราไซต์ถึงแอนทราไซต์

2.2 <u>กระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน</u> (carbonization)

กระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน (7,8,9) เป็นกระบวนการกลั่นสลาย (destructive distillation) ถ่านหินในที่ที่ไม่มีอากาศ โดยให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้น (moisture) และสารระเหย (volatile matter) ออกจากถ่านหิน เรียกว่า thermal decomposition ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นถ่านอบที่มีคุณภาพดีขึ้น มีความชื้นและสารระเหยลดลง ค่าความร้อน (heating value) สูงขึ้น กระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหินได้ถูกพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมมานานนับร้อยปีจากอดีตจนถึงปัจจุบันในหลายประเทศ เช่น อังกฤษ สหรัฐอเมริกา เยอรมัน เป็นต้น ตัวอย่างสถิติของการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตถ่านโค้กในสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในตารางที่ 2.2

กระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามช่วงอุณหภูมิที่ใช้ คือ

1. กระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature carbonization) อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 450 - 700 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเซมิโค้กและน้ำมันทาร์เป็นส่วนมาก ถ่านโค้กที่ได้มักใช้เป็นเชื้อเพลิงชนิดไร้ควันในครัวเรือนในลักษณะเป็นก้อน หรือผงที่นำมาอัดก้อนในภายหลัง ลักษณะของถ่านที่ได้มีสีดำและพรุน มีสารระเหยร้อยละ 8 - 20 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งมีร้อยละ 70 - 80 (ไม่รวมความชื้น) และน้ำมันทาร์ร้อยละ 7 - 10

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Year	No. ovens		Coke production, million t		
	Slot Type	Beehive	Oven Coke	Beehive	Total
1880		12,372		3.0	3.0
1890		37,158		10.4	10.4
1900	1,085	57,399	1.0	17.6	18.6
1910	4,078	100,362	6.4	31.4	37.8
1920	10,881	75,298	27.9	18.6	46.5
1930	12,831	23,907	41.0	2.5	43.5
1940	12,734	15,150	49.0	2.8	51.8
1950	14,982	17,708	60.7	5.3	66.0
1960	15,323	7,583	51.0	0.9	51.9
1965	14,357	3,433	59.1	1.5	60.6
1970			59.6	0.8	60.4
1976	13,374	1,100	52.4	0.5	52.9

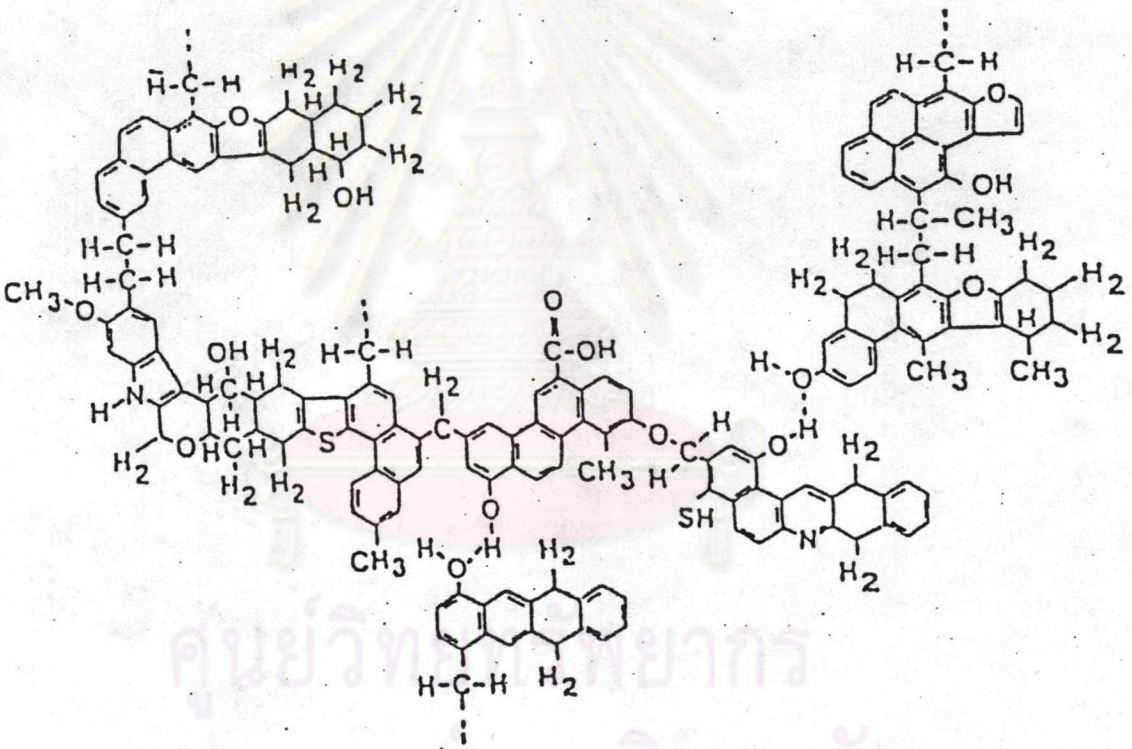
ตารางที่ 2.2 สถิติของการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตถ่านโค้กในสหรัฐอเมริกา (7)

(ไม่รวมความชื้น) ส่วนผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้ประกอบด้วย มีเทน และ ไฮโดรเจน ที่มีค่าความร้อนประมาณ 3,430 เม็กกะจูล / ตัน ของถ่านหินคาร์บอไนซ์แห้ง แต่ปริมาตรและค่าความร้อนดังกล่าวนี้จะแตกต่างกันอย่างมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ให้ความร้อนแก่ถ่านหิน

2. กระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิปานกลาง (medium temperature carbonization) อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 750 - 900 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ก๊าซสูงมาก และได้ถ่านโค้กที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา (reactive coke) มีสารระเหยร้อยละ 2 - 8 (ไม่รวมความชื้นและเถ้า) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและอุตสาหกรรมบางประเภท ผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้มีค่าความร้อนประมาณ 17.7 เม็กกะจูล / ลูกบาศก์เมตร

3. กระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิสูง (high temperature carbonization) อุณหภูมิที่ใช้สูงกว่า 900 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ถ่านโค้กแข็ง (metallurgical coke หรือ hard coke) มีสารระเหยน้อยกว่าร้อยละ 1 ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก

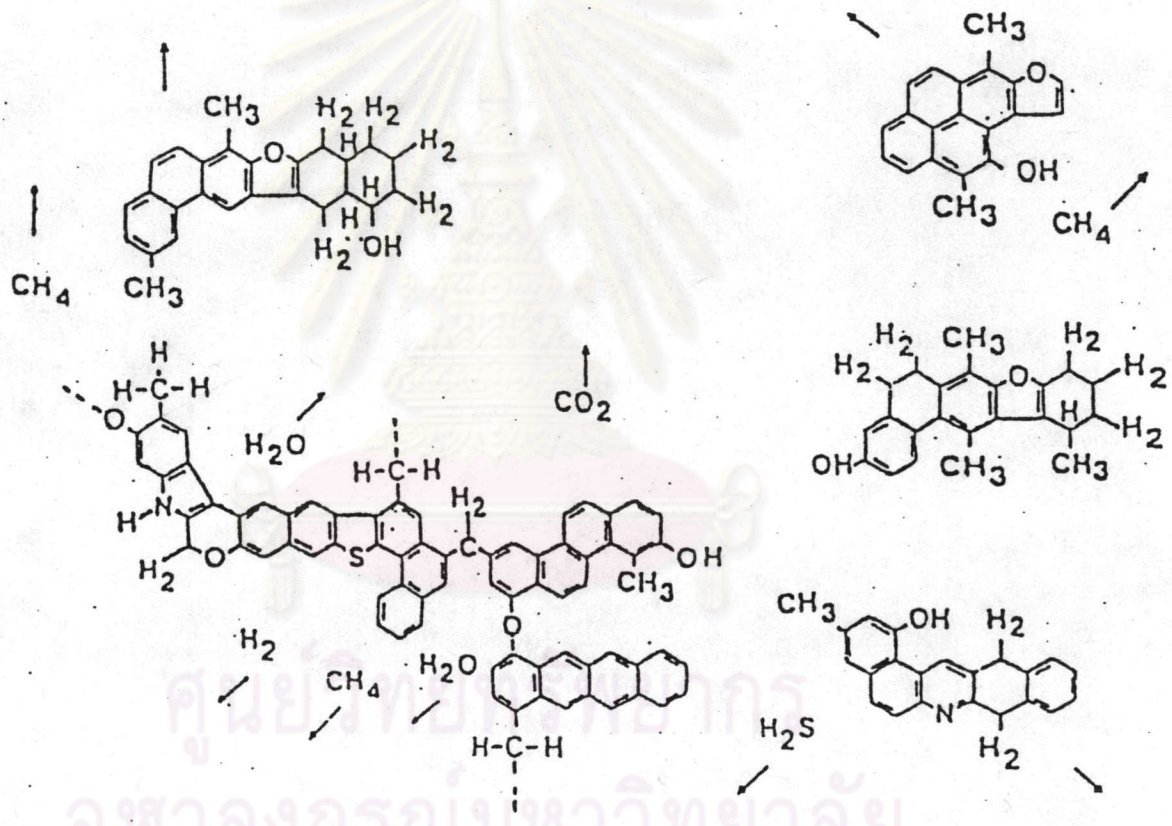
ถ่านหินที่ได้รับความร้อนจากการคาร์บอไนซ์แล้ว จะมีโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลต่างจากถ่านหินเริ่มต้น (10) แม้ว่าโครงสร้างทางเคมีของถ่านหินนั้นยังไม่เป็นที่ยืนยันแน่นอน แต่พอสรุปได้ว่า ประกอบด้วยกลุ่มโมเลกุลวงแหวนอะโรมาติก (aromatic) และ ไฮโดร-อะโรมาติก (hydro aromatic) เกาะอยู่ด้วยกันเป็นกลุ่มๆ แต่ละกลุ่มอาจต่อกันด้วยแขนของโมเลกุลอะลิฟาติก (aliphatic) ที่อ่อนแอ ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มมีวงแหวนที่มีอะตอมของธาตุออกซิเจน หรือกำมะถัน หรือไนโตรเจน ประกอบอยู่กับคาร์บอน รวมทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่ความเป็นกรด ด่าง อีเทอร์ หรืออื่นๆ (functional group) ซึ่งอยู่แทนที่ไฮโดรเจนในวงแหวน ดังแสดงลักษณะของโมเลกุลถ่านหินในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของโมเลกุลถ่านหิน (10)

เมื่อถ่านหินผ่านการให้ความร้อนจากกระบวนการคาร์บอไนซ์แล้ว โมเลกุลของถ่านหินจะเกิดการสลายตัว โดยไฮโดรเจนที่มีอยู่ในโมเลกุลวงแหวนไฮโดรอะโรมาติกและแขนอะลิฟาติกจะแตกตัวออกง่ายที่สุด ทำให้กลุ่มโมเลกุลวงแหวนแตกออกจากกันเป็นกลุ่มๆ โครงสร้างของวงแหวนอะโรมาติกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก กลุ่มโมเลกุลย่อยเหล่านี้คือ น้ำมันทาร์ที่อุณหภูมิการ

คาร์บอไนซ์ต่ำ มีการแตกตัวของกลุ่มที่เกาะอยู่กับวงแหวนและโครงสร้างที่เป็นอะลิฟาติก โดยจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการสลายตัวของกลุ่มคาร์บอกซิล ($-C^{\overset{O}{\parallel}}-O-H$) น้ำ ($H_2O$) จากกลุ่ม (-OH) ก๊าซมีเทน (CH_4) จากกลุ่มอะลิฟาติก ($-CH_2-CH_2-$) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากกลุ่ม (-SH) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากกลุ่มอีเทอร์ (-OH) เมื่ออุณหภูมิของการคาร์บอไนซ์สูงขึ้นกว่าเดิมอีก โครงสร้างของวงแหวนอะโรมาติกในกลุ่มโมเลกุลน้ำมันทาร์ก็จะเริ่มแตกตัวและจัดเรียงใหม่ เกิดก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากกลุ่มอีเทอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะการสลายตัวของโมเลกุลถ่านหินเมื่อได้รับความร้อน (10)

ของแข็งที่เหลือจากการคาร์บอไนซ์ มีลักษณะและคุณสมบัติต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านหินที่นำมาคาร์บอไนซ์ เช่น ถ่านหินบิทูมินัสจะมีการเยิ้มและพองตัวเป็นเค้ก (cake) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้รวมกับการที่ก๊าซและไอระเหยของน้ำมันดันออกสู่ผิวถ่านตลอดเวลา ทำให้ถ่านหินที่ได้มีลักษณะที่เป็นรูพรุน มีความแข็งแรงสูง ได้

เป็นถ่านโค้กแข็ง ถ้าเป็นถ่านชนิดที่ไม่มีการเกิดเค้ก เช่น ถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำ ตั้งแต่ ลิกไนต์ถึงซับบิทูมินัส ถ่านหินที่ได้จะเป็นเซมิโค้ก (semicoke) หรือ ถ่านชาร์ (char) หรือ ถ่านอบ ซึ่งนำมาผลิตเป็นถ่านไร้ควัน (smokeless fuel) โดยใช้เทคนิคการอัดก้อน (briquetting) สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน และ อุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงปานกลางได้ดี และไม่เกิดปัญหามลภาวะอันเนื่องมาจากกลิ่นหรือควันจากสารระเหย สารประกอบของกำมะถันในถ่านหิน

นอกจากอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์แล้ว ยังมีตัวแปรอื่นๆที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เช่น ชนิดและขนาดของเตา ปริมาณความชื้นและสารระเหยในถ่านหินเริ่มต้นที่ใช้ เป็นต้น (11) นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบการผลิตถ่านชาร์ในเตาหลายๆรูปแบบยังชี้ให้เห็นว่า การออกแบบเตาและกระบวนการที่ใช้ดำเนินงานก็มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านที่ได้เช่นกัน (12)

2.3 คุณสมบัติของถ่านชาร์ที่ใช้ในครัวเรือน

ถ่านชาร์หรือถ่านหินที่ผ่านการคาร์บอไนซ์แล้วมาอัดก้อนเพื่อนำไปใช้งานในครัวเรือนนั้น ควรเป็นถ่านหินที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำหรือปานกลางเท่านั้น ถ่านหินที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิสูง ไม่เหมาะที่จะใช้ในครัวเรือน เนื่องจากเผาไหม้ได้ยาก และอุณหภูมิในการจุดติดสูง (high ignition temperature) (13) ถ่านชาร์หรือถ่านไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์จะต้องมีสารระเหยเหลืออยู่ในถ่านบ้าง เพื่อช่วยให้จุดติดได้ง่ายขึ้น (14) คุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านชาร์ที่ใช้ในครัวเรือนควรมี มีดังนี้ (12,15,16)

1. ไม่แตกหักในขณะที่ขนส่งหรือหยิบจับ
2. มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน
3. สามารถจุดติดได้ง่ายด้วยสิ่งที่หาได้ทั่วไป เช่น เศษไม้ กระดาษ
4. ปราศจากควันในขณะเผาไหม้ และ เผาไหม้ได้สม่ำเสมอ
5. มีปริมาณเถ้าต่ำเท่าที่จะเป็นไปได้
6. มีคุณภาพที่ดีกว่าถ่านหินในการให้ความร้อน และมีประสิทธิภาพสูงกว่า
7. ราคาไม่แพงจนเกินไป
8. มีปริมาณกำมะถันต่ำ เพื่อป้องกันมลภาวะในอากาศ

2.4 <u>การอัดก้อนถ่านหิน</u> (briquetting)

เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในหลายประเทศมาเป็นเวลานาน ไม่ว่าจะเป็นในระดับอุตสาหกรรม หรือในครัวเรือน ตัวอย่างเช่น ในประเทศอินเดียมีความต้องการเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนเพื่อนำมาทดแทนไม้ฟืนหรือถ่านไม้ที่ใช้หุงต้มในครัวเรือน เป็นปริมาณมาก และได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนมากมาย เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเชื้อเพลิง และให้มีปริมาณเพียงพอแก่ความต้องการ (13)

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน (17,18) เป็นการรวมเอาผงถ่านหินหรือเศษถ่านหินมาอัดให้เป็นก้อนด้วยความดันในแบบพิมพ์ที่ต้องการ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อนำถ่านหินที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะนำไปใช้งาน มาทำให้เป็นก้อนที่มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน

2. เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น การควบคุมปริมาณที่ใช้ การเก็บรักษา การขนย้าย เป็นต้น

3. เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งให้มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่นผลิตเป็นถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน หรือ ถ่านหินอัดก้อนที่มีเถ้าคงรูปเมื่อเผาไหม้หมดแล้ว เป็นต้น

หลักการของการอัดก้อน เกี่ยวข้องกับการใช้แรงกดต่ออนุภาคถ่านหินเพื่อทำให้เป็นก้อน โดยโมเลกุลของถ่านหินจะถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด ได้แก่ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของผงถ่านหิน (cohesive force) และแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวประสานกับผงถ่านหิน (adhesive force) พฤติกรรมทาง rheology และการเยิ้มตัว นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านหินเมื่อมีการอัดก้อนที่อุณหภูมิสูง หรือมีการคาร์บอไนซ์ถ่านหินอัดก้อน

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน ทำได้ 2 แบบ คือ

1. การอัดก้อนโดยไม่มีตัวประสาน การอัดก้อนแบบนี้ใช้ได้กับถ่านหินซับบิทูมินัส ลิกไนต์ และ พีท โดยอัดก้อนด้วยความดันสูง เครื่องอัดก้อนที่ใช้ได้แก่ plunger type press ทำงานด้วยการอัดแบบเกลียวหมุน (extrusion press) นอกจากนี้อาจใช้ ring roll press ก็ได้

2. การอัดก้อนโดยมีตัวประสาน การอัดก้อนแบบนี้ใช้กับถ่านหินบิทูมินัส และแอนทราไซต์ การอัดก้อนต้องให้ตัวประสานผสมกับเนื้อถ่านหินให้ทั่วถึงมากที่สุด ตัวอย่างเครื่องอัดก้อนที่ใช้ได้แก่ rotary table press , double ring roll press

ถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตได้ มีได้หลายรูปทรง เช่น รูปไข่ (ovoid) รูปสี่เหลี่ยม (rectangular) เป็นต้น ขั้นตอนต่างๆในการผลิตถ่านหินอัดก้อน แบ่งเป็นดังนี้คือ

1. การอบแห้ง (drying) เพื่อลดความชื้นของถ่านหิน

2. การบด (grinding) เพื่อทำให้ถ่านหินมีขนาดเล็กลงพอสมควร

3. การผสม (mixing) เป็นขั้นตอนที่ผสมถ่านหินกับองค์ประกอบอื่นๆที่เหมาะสมในสัดส่วนที่ต้องการ เช่น ตัวประสาน เพื่อช่วยในการอัดก้อน ในขั้นตอนนี้จะต้องคลุกจนส่วนผสมต่างๆเข้ากันดี

4. การอัดก้อน (briquetting or pressing) เป็นการนำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วมาอัดเป็นก้อนในแบบพิมพ์ที่ต้องการโดยใช้ความดัน และอาจใช้ความร้อนด้วย

5. การอบแห้ง (drying or air dry) เป็นขั้นตอนที่นำถ่านหินที่ผ่านการอัดก้อนแล้วมาลดความชื้น โดยการอบแห้งด้วยเครื่องอบ หรือตั้งทิ้งไว้ในอากาศ

ถ่านหินอัดก้อนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนหรือในอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่างเช่น ในประเทศอินเดียได้มีการใช้ถ่านหินอัดก้อนชนิดลิกไนต์ในเตาเผาอุตสาหกรรมตลอดจนในครัวเรือน โดยอาศัยเตาที่ออกแบบขึ้นเป็นพิเศษ ซึ่งเรียกว่าเตา chulas แต่ยังมีกลิ่นเหม็นและควันมาก มีการสูญเสียของส่วนที่ไม่เผาไหม้บางส่วนตกลงไปยังตะแกรงรองรับการเผาไหม้ (19) แนวทางการแก้ไขด้านกลิ่นและควันสามารถทำได้โดยการนำถ่านหินไปทำการคาร์บอไนซ์ก่อนนำไปใช้งานต่อไป

2.5 กำมะถันในถ่านหิน

กำมะถันในถ่านหินแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 2 ประเภท (20) คือ

1. กำมะถันอนินทรีย์ (inorganic sulfur) ประกอบด้วย
   - กำมะถันซัลเฟต (sulfate sulfur)
   - กำมะถันไพไรต์ (pyritic sulfur)
2. กำมะถันอินทรีย์ (organic sulfur)

ปริมาณของกำมะถันอนินทรีย์และกำมะถันอินทรีย์รวมกัน เรียกว่ากำมะถันรวม (total sulfur) สำหรับกำมะถันในแต่ละรูปแบบ มีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. กำมะถันซัลเฟต (sulfate sulfur)

กำมะถันซัลเฟตในถ่านหินอยู่ในรูปของโลหะซัลเฟตเช่น $CaSO_4$, $FeSO_4$ $CuSO_4$, $MgSO_4$ เป็นต้น สารประกอบซัลเฟตดังกล่าวจะละลายน้ำได้ และสามารถสกัดได้ด้วย

กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กำมะถันซัลเฟตในถ่านหินมีปริมาณร้อยละ 0.01 - 1.0 ของน้ำหนักรวมของถ่านหิน

2. กำมะถันไพไรต์ (pyritic sulfur)

กำมะถันไพไรต์ในถ่านหินอยู่ในรูปของสารประกอบเหล็กซัลไฟด์ (FeS_2) รูปแบบตามธรรมชาติของ FeS_2 มีสองแบบต่างกันตามโครงสร้างของผลึกโดยแบ่งเป็นไพไรต์และมาร์คาไซต์ ไพไรต์มีโครงสร้างผลึกเป็น cubic และ มาร์คาไซต์มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบ rhombic กำมะถันไพไรต์แทบทั้งหมดในถ่านหินจะมีโครงสร้างเป็นไพไรต์ กำมะถันทั้งสองแบบมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมี (chemical reactivity) คล้ายกัน ซึ่งปฏิกิริยาค่อนข้างแยกจากกันได้ลำบาก กำมะถันไพไรต์ในถ่านหินมีประมาณร้อยละ 0.5 - 5.0 ของน้ำหนักรวมของถ่านหิน

3. กำมะถันอินทรีย์ (organic sulfur)

กำมะถันอินทรีย์ในถ่านหินอยู่ในลักษณะเป็นโครงสร้างอินทรีย์ในเนื้อถ่านหิน มีพันธะเคมีต่อกัน ไม่สามารถขจัดได้โดยวิธีทางกายภาพ กำมะถันอินทรีย์มีประมาณ 30 - 70 % ของปริมาณกำมะถันรวมในถ่านหิน มักอยู่ในรูปสารประกอบ heterocyclic ring , thioether , sulfide , mercaptan , และ thiophenol

2.6 การขจัดกำมะถันในถ่านหิน

เมื่อนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิง กำมะถันที่อยู่ในถ่านหินจะก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างการเผาไหม้ คือ กำมะถันจะทำปฏิกิริยารวมตัวกับก๊าซออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) นอกจากนั้นยังอาจมีก๊าซไฮโดรเจน-ซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งก๊าซเหล่านี้เมื่ออยู่ในบรรยากาศจะเกิดเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าอยู่ในอุปกรณ์ต่างๆก็จะเกิดการกัดกร่อน ทำให้เกิดความเสียหายได้ ได้มีการคาดคะเนว่าในปี ค.ศ. 2000 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร้อยละ 75 - 80 ที่อยู่ในบรรยากาศ จะมาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สร้างมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 แทบทั้งหมด (21) จึงจำเป็นต้องมีการขจัดกำมะถันออกจากถ่านหิน การขจัดกำมะถันออกจากถ่านหินแบ่งได้เป็น 3 วิธี โดยแบ่งตามช่วงเวลาที่ทำการขจัด คือ (20,22)

1. การขจัดกำมะถันก่อนการเผาไหม้ แบ่งออกเป็นวิธีทางกายภาพ และวิธีทางเคมี วิธีทางกายภาพนั้นเป็นวิธีที่ง่าย แต่ขจัดได้เฉพาะกำมะถันไพไรต์เท่านั้น ซึ่งหลักในการขจัดคือใช้ความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของไพไรต์ที่ต่างจากถ่านหิน ซึ่งสามารถทำโดยการบดถ่านหิน

ให้มีขนาดเล็กลง และใช้ centrifugation สำหรับวิธีทางเคมีเป็นการขจัดกำมะถันโดยการทำปฏิกิริยาของถ่านหินกับสารเคมีภายใต้ความร้อนและความดัน ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน ปฏิกิริยาการสลายตัว เป็นต้น

2. การขจัดกำมะถันหลังการเผาไหม้ โดยการใช้สารเคมีเพื่อดูดจับก๊าซซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ที่ออกมากับฟลูก๊าซ สารเคมีที่ใช้ได้แก่ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

3. การขจัดกำมะถันระหว่างการเผาไหม้ เมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินหรือถ่านชาร์แร่ธาตุในถ่านหินบางอย่าง เช่น แคลไซท์ (calcite) มีบทบาทในการจับกำมะถันให้มาอยู่ในเถ้าของถ่านหินในรูปของแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) โดยแคลไซท์จะสลายตัวให้ CaO ในขณะเผาไหม้ แล้วทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่เกิดจากการสลายตัวของกำมะถันในถ่านหิน กลายเป็นแคลเซียมซัลเฟต สำหรับถ่านชาร์นั้นพบว่า ผิวชั้นนอกของแคลไซท์ในถ่านชาร์ถูกเปลี่ยนไปเป็น CaS ซึ่งเมื่อนำถ่านชาร์มาเผาไหม้ก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตอยู่ในเถ้า แต่อย่างไรก็ตาม การจับกำมะถันของแคลไซท์ในถ่านหินและถ่านชาร์เกิดขึ้นได้น้อยและไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่ออนุภาคของแคลไซท์ในขณะเริ่มต้นมีขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีเพียงชั้นบางๆที่อยู่ติดกับอนุภาคเท่านั้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแคลเซียม-ซัลเฟตในเถ้า ดังนั้น การขจัดกำมะถันระหว่างการเผาไหม้ถ่านหินทำได้โดยการเติมสารเคมีลงไปเพื่อรวมตัวกับกำมะถันที่สลายตัวในระหว่างเกิดการเผาไหม้ของถ่านหิน เพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบชนิดใหม่ที่สามารถแยกออกจากการเผาไหม้ได้ วิธีดังกล่าว ทำโดยการเติมปูนขาว (lime) หินปูน (lime stone) เป็นต้น ซึ่งขณะที่เผาไหม้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกกำจัดตามปฏิกิริยาเคมีดังนี้ คือ

สำหรับปูนขาว

$$CaO(s) + SO_2(g) + 1/2\ O_2(g) \longrightarrow CaSO_4(s) \qquad (1)$$

สำหรับหินปูน

$$CaCO_3(s) + SO_2(g) + 1/2\ O_2(g) \longrightarrow CaSO_4(s) + CO_2(g) \qquad (2)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

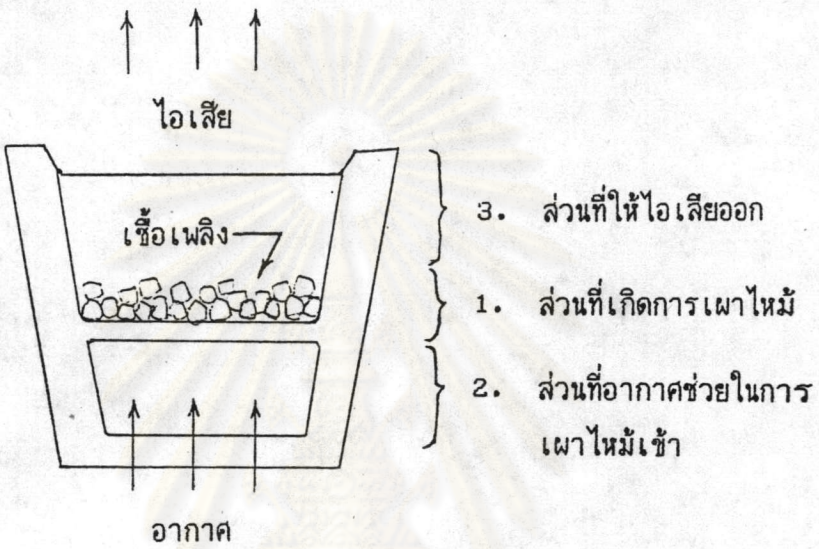
การขจัดกำมะถันโดยใช้ปูนขาว (CaO) เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายมานาน การขจัดกำมะถันโดยวิธีนี้เน้นในด้านการเลือกสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสม หรือปรับปรุงให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามกลไกและขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่แน่นอนยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับก๊าซที่มีความซับซ้อน และยังขึ้นกับตัวแปรหลายชนิด ปูนขาวที่ใส่ลงไปยังช่วยเป็นตัวประสาน (binder) เพื่อให้ถ่านหินอัดก้อนคงรูปอยู่ได้ด้วย อัตราส่วนของปูนขาวที่ใส่ลงไปต่อกำมะถันในถ่านหินเริ่มต้นโดยโมลนั้นพบว่า ต้องใช้ CaO/S ในอัตราส่วนที่มากกว่า 1 แม้ว่าตามสมการเคมีพบว่า CaO จะทำปฏิกิริยากับกำมะถันในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถใช้ CaO ได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องมาจาก $CaSO_4$ ที่เกิดขึ้นจะเข้าไปอุดตันในรูพรุนของ CaO ทำให้ CaO ส่วนหนึ่งไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณ CaO มากขึ้นกว่าเดิม เช่นในการใช้ปูนขาวกับถ่านหินอัดก้อน อัตราส่วนของ Cao/S ที่เหมาะสมคือ 2 - 2.5 ซึ่งให้ผลทั้งด้านประสิทธิภาพการขจัดกำมะถันสูง และยังให้ผลดีในด้านคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน คือมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงอีกด้วย (20)

2.7 ผลของการคาร์บอไนซ์ที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน

การให้ความร้อนแก่ถ่านหินจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการในการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน ทำให้องค์ประกอบของก๊าซที่มีกำมะถันอยู่ถูกปล่อยออกไปในบรรยากาศ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นผลทำให้มีปริมาณกำมะถันในถ่านชาร์ ซึ่งเป็นถ่านหินที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ลดลง กำมะถันที่สูญหายไปส่วนมากมาจากกำมะถันไพไรต์ วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้กันมากในการลดกำมะถันวิธีหนึ่ง แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีอื่นบ้างเล็กน้อย (23) จากกระบวนการคาร์บอไนซ์โดยความร้อนแก่ถ่านหินพบว่า กำมะถันไพไรต์จะถูกออกซิไดส์ แม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 700 องศาเซลเซียส (24) กำมะถันอินทรีย์ถูกกำจัดไปโดยการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำได้เช่นกัน กำมะถันอินทรีย์บางส่วนที่เหลือในถ่านชาร์ที่ได้ อาจไม่เป็นสารประกอบชนิดเดียวกันกับในถ่านหินเริ่มต้นและยังมีการกระจายตัว (distribution) ไม่เหมือนเดิม นอกจากนั้นกำมะถันอินทรีย์ในถ่านชาร์ ยังเกิดจากปฏิกิริยาของไพไรต์กับองค์ประกอบอื่นๆของถ่านหินในขณะที่คาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียสได้

2.8 เตาหุงต้ม (cooking stove)

เตาหุงต้ม (2,3,25) คือภาชนะที่ใช้รองรับ หรือประกอบเป็นส่วนในการเผาไหม้เชื้อเพลิงและนำความร้อนที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เตาหุงต้มประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนที่เกิดการเผาไหม้ ส่วนที่ให้อากาศที่ช่วยในการเผาไหม้เข้า และส่วนที่ให้ไอเสียออก ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบที่จำเป็นของเตาหุงต้ม (3)

ทั้ง 3 ส่วนของเตาหุงต้มนี้ ถ้ามีการออกแบบไว้ให้มีสัดส่วนที่เกื้อกูลต่อกันดี เตาก็มีประสิทธิภาพสูง เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ เตาหุงต้มมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตมาตั้งแต่ในสมัยโบราณ ซึ่งพอจะกล่าวถึงความเป็นมาได้ดังนี้ คือ

ความเป็นมาของเตาหุงต้มในโลก เป็นที่แน่ชัดว่าได้มีการใช้เครื่องปั้นดินเผาเป็นเตาหุงต้มมาเป็นเวลานานหลายพันปีแล้ว และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบมากนักมาจนถึงปัจจุบัน วิวัฒนาการของเตาหุงต้มแบ่งได้เป็น 2 ระยะ ในระยะแรกเมื่อหลายพันปีมาแล้ว การพัฒนาเตาหุงต้มในระยะนี้เป็นไปอย่างช้าๆ ระยะที่สอง ประมาณ 100 ปีมาแล้ว มีผู้คิดเตาหุงต้มแบบใหม่โดยใช้ไฟฟ้า ก๊าซ เป็นต้น ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในเวลาต่อมา

ความเป็นมาของเตาหุงต้มในประเทศไทย จากการศึกษาและสำรวจพบว่ามีเตาหิน 3 ก้อน เป็นเตาหุงต้มโบราณที่ใช้กันมากในชนบท และเป็นอันดับ 2 รองจากการใช้เตาอั้งโล่ฟืนถ่าน เตาหุงต้มสามารถแบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ

016623

1. เตาฟืน ใช้ไม้ฟืนที่ยังไม่ได้เผาให้เป็นถ่านเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแบ่งตามลักษณะได้เป็น

- เตาหินสามก้อน คือเตาที่สร้างจากการนำเอาก้อนดิน ก้อนหิน ศิลาแลง หรือหล่อด้วยปูนซิเมนต์ จำนวน 3 ก้อน มีขนาดสูงพอประมาณ วางเรียงบนพื้นดินเข้าหากัน เพื่อให้วางภาชนะหุงต้มอยู่ได้ ปัจจุบันมีผู้ใช้กันอยู่มากเป็นอันดับสอง คือมีปริมาณร้อยละ 18.4 รองลงมาจากเตาอั้งโล่

- เตาเหล็กสามขา เป็นเตาที่ทำจากการนำเอาเหล็กกลมมาตัดให้สูงพอประมาณ หรือเชื่อมให้ติดกัน วิธีที่ใช้เช่นเดียวกับเตาหินสามก้อน

- เตารูปเกือกม้า ทำจากดินเหนียว ปั้นเป็นแผ่นโค้งเหมือนเกือกม้า ติดนมหรือเส้า 3 จุด เพื่อรองรับภาชนะ ซึ่งต่อมามีการดัดแปลงโดยทำเชิงหน้าช่องใส่ฟืน เพื่อกันไฟเลียหน้าเตา

- เตาฟืนพัฒนา เป็นเตาที่มีผู้ปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยมีลักษณะคล้ายเตาอั้งโล่ถ่าน ปากเตาวางภาชนะได้หลายขนาด ใส่รังผึ้งหรือตะแกรงเพื่อให้อากาศเข้าไปเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้จุดไฟง่าย

2. เตาถ่าน ใช้ถ่านไม้โดยผ่านการเผาให้ไม้สุกดีแล้วมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่า คือมีความร้อนสูง ทำให้การหุงต้มสุกเร็ว มีควันน้อย นิยมเรียกเตาประเภทนี้ว่า เตาอั้งโล่ ลักษณะของเตาถ่านแตกต่างกันตามแบบของแต่ละท้องถิ่น ขึ้นอยู่กับฝีมือของผู้ผลิต เตาถ่านแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามประสิทธิภาพในการใช้งาน คือ กลุ่มที่มีประสิทธิภาพการใช้งานในครัวเรือนต่ำ และ สูง

3. เตาแกลบและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ใช้แกลบหรือวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรอื่นๆ เช่น ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย เป็นเชื้อเพลิง แบ่งออกเป็นเตาแกลบแบบมีปล่อง และเตาแกลบแบบไม่มีปล่อง

4. เตาก๊าซหุงต้ม ใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง

5. เตาก๊าซชีวภาพ ใช้ก๊าซชีวภาพเช่น มีเทนจากบ่อหมักก๊าซเป็นเชื้อเพลิง

6. เตาน้ำมันก๊าด ใช้น้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง โดยมีใส้ดูดน้ำมัน หรือพ่นน้ำมันให้กระจายเป็นฝอยด้วยการอัดลม

7. เตาไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนด้วยขดลวดความร้อน ได้แก่ เตาไฟฟ้า และ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ประสิทธิภาพของเตาแต่ละแบบจะต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงประสิทธิภาพ (ร้อยละ) ของเตาประเภทต่างๆ (2,3)

ประเภทของเตา	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
เตาหินสามก้อน	7
เตาแกลบมีปล่อง	7
เตาแกลบไม่มีปล่อง	16
เตาฟืนมีปล่อง	14
เตาฟืนไม่มีปล่อง	26
เตาถ่าน	32
เตาน้ำมันก๊าดใช้ไส้	37
เตาน้ำมันก๊าดอัดลม	48
เตาก๊าซหุงต้ม	46
เตาไฟฟ้า	80

2.9 <u>เตาอั้งโล่</u> (traditional thai bucket stoves)

เตาหุงต้มที่มีใช้กันมากในประเทศไทย คือ เตาอั้งโล่ถ่านไม้และฟืน จากการสำรวจครัวเรือนในชนบท 50 หมู่บ้านทั่วประเทศ พบว่ามีปริมาณการใช้ร้อยละ 71 ลักษณะของเตามีหลายแบบแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและแหล่งผลิต ราคาก็แตกต่างกัน สันนิษฐานว่าเตาอั้งโล่ได้มีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทยเมื่อประมาณ 1,000 ปี มาแล้ว โดยนำมาจากประเทศจีน หรืออีกนัยหนึ่งอาจนำเข้ามาพร้อมกับชาวจีนที่อพยพเข้ามาในประเทศไทยเมื่อประมาณ 100 ปี มาแล้ว (2,3)

ลักษณะของเตาที่ดี มีหลายประการ คือ ง่ายและสะดวกในการใช้งาน มีความปลอดภัย ทนทาน สะดวกต่อการดูแลรักษา ราคาถูก ขนส่งได้สะดวก มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดเชื้อเพลิง (26) ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาอั้งโล่ในปัจจุบันของประเทศไทย ประมาณ 23 - 32 % เมื่อใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ จะเห็นได้ว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดเพียง 32 % แต่ในอนาคตคาดว่าประสิทธิภาพอาจสูงกว่านี้ (2) ปัจจุบันยังได้มีการนำเอาเตาจากโลหะมาใช้งานแทนเตา

ที่ทำจากดินเหนียว โดยเฉพาะตามเมืองใหญ่ๆที่มีการใช้ถ่านไม้ในการหุงต้มอาหาร พบว่าเตาโลหะที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ได้รับความนิยมมากกว่า ซึ่งเตาโลหะนี้ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานเพิ่มมากกว่าเตาดินเหนียวประมาณ 10 % สามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ สะดวกในการขนส่ง และเตาทุกตัวจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานเหมือนกัน

2.10 <u>การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง</u>

การเผาไหม้ของถ่านหิน (3) แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกสารระเหย (volatile matter) จะออกมาก่อนและถูกเผาไหม้ จากนั้นถ่านจึงถูกเผาไหม้ ถ่านหินก่อนที่จะติดไฟ น้ำที่อยู่ภายในจะถูกไล่ออกมาก่อน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ติดไฟได้และน้ำมันทาร์จะถูกไล่ออกมา เรียกว่าปฏิกิริยาไพโลไลซิส (pyrolysis) ซึ่งถูกเผาไหม้จนหมด ถ่านจึงจะเริ่มเผาไหม้ต่อไป โดยเผาไหม้จากผิวด้านนอกเข้าไปด้านในของถ่านหิน อัตราการเผาไหม้ขึ้นกับขนาดของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยามากกว่าขนาดใหญ่ ทำให้เผาไหม้ได้เร็วกว่าเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ซึ่งเผาไหม้อย่างช้าๆ แต่สม่ำเสมอ แต่ถ้าเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินไปก็จะไม่ติดไฟ เนื่องจากความร้อนจะถูกส่งผ่านเข้าในตัวเชื้อเพลิงหมด ทำให้ความร้อนไม่พอเพียงในการติดไฟ ความชื้นของเชื้อเพลิงมีผลทำให้ต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งเพื่อทำให้น้ำระเหยออกไป และน้ำจะทำให้ส่วนผสมของก๊าซที่ติดไฟได้เจือจางลง อัตราการเผาไหม้ช้าลง และประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลง

2.11 <u>ประสิทธิภาพในการใช้งานของเตาหุงต้ม</u> (heat utilization efficiency)

ประสิทธิภาพการใช้งานของเตา (3,27) คือ ประสิทธิภาพในการแปรรูปเชื้อเพลิงเป็นพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ประสิทธิภาพของเตาสามารถคำนวณจากอัตราส่วนปริมาณความร้อนที่นำมาใช้ประโยชน์ ต่อ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน การทดลองหาประสิทธิภาพของเตา มีปัญหาหลายประการ คือ เนื่องจากการใช้ความร้อนในการประกอบอาหารมีได้หลายแบบขึ้นกับประเภทอาหาร และยังขึ้นกับภาชนะหุงต้มที่ใช้ ระยะเวลาที่ใช้เตา จึงควรมีวิธีที่ทำการทดลองเพื่อให้ง่ายและสะดวก ทำซ้ำได้ และสามารถเทียบเคียงกับการหุงต้มจริงๆได้ วิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของเตาวิธีหนึ่งที่ใช้กันทั่วไป คือ ทำโดยการต้มน้ำ โดยกำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณน้ำเริ่มต้น ใช้ภาชนะใบเดียวกัน บันทึกปริมาณน้ำที่ระเหยและเวลาที่ใช้ไป ซึ่งสามารถหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{ms\,(T_2 - T_1) + (m - m_1)\lambda}{wq} \times 100 \qquad \text{———— (3)}$$

โดย w = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (กรัม)

s = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (แคลอรี/กรัม - องศาเซลเซียส)

q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (แคลอรี/กรัม)

m = ปริมาณน้ำที่ใช้ (กรัม)

m_1 = ปริมาณน้ำที่เหลือ (กรัม)

λ = ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (แคลอรี / กรัม)

T_1 = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มการทดลอง (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

η = ประสิทธิภาพการใช้งานของเตา (ร้อยละ)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานวิจัยในต่างประเทศ

Kasperczyk (11) ทำการทดลองโดยการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในเตาแบบแนวนอน (horizontal chamber) ที่อุณหภูมิการคาร์บอไนซ์สูง (high temperature carbonization) กล่าวถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อกระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน เช่น เมื่อลดความกว้างของเตาลง เวลาที่ใช้และปริมาณความร้อนที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์จะลดลง เมื่อความหนาของผนังเตาลดลง ช่วงเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์จะลดลง เช่น เมื่อลดขนาดจาก 110 มม. เป็น 70 มม. จะทำให้ลดช่วงเวลาที่ใช้ลง 23 % ปริมาณสารระเหยและความชื้นในถ่านหินเริ่มต้น มีผลต่อช่วงเวลาและปริมาณความร้อนที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ โดยถ่านหินคักดี๋ต่ำซึ่งมีสารระเหยและความชื้นสูง จะต้องใช้ช่วงเวลาและปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นในการคาร์บอไนซ์ นอกจากนี้ยังทำนายช่วงเวลาและปริมาณความร้อนที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ได้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณจากสมการอนุพันธ์ของฟูเรียร์ (Fourier differential equation) โดยใช้ข้อมูลของ temperature profile ในเตา พบว่าทุกๆอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 50 องศาเซลเซียส จะลดช่วงเวลาในการคาร์บอไนซ์ลง 8 %

Scaroni และผู้ร่วมงาน (28) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของคะตะลิสต์ Al_2O_3 และ Co-Mo-Al_2O_3 ที่มีต่อปริมาณของการไล่สารระเหยออกจากถ่านหินเมื่อได้รับความร้อน โดยเติมคะตะลิสต์ในปริมาณต่างกันในรูปแท่งทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ผสมกับถ่านหิน 0.2 กรัม (มีสารระเหยเริ่มต้น 46.9 % เมื่อเทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง) อย่างทั่วถึงก่อนนำไปไล่สารระเหย ถ่านหินที่ใช้มีขนาด 70 - 100 mesh fraction พบว่าการเติม Al_2O_3 กลับทำให้ผลิตภัณฑ์สารระเหยที่ออกไปลดลง แต่ถ้าเติม Co-Mo-Al_2O_3 จะทำให้สารระเหยที่ออกไปเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของคะตะลิสต์ต่อปริมาณถ่านหินเป็น 2 ต่อ 1 และที่อัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 6 ต่อ 1 พบว่า ปริมาณสารระเหยที่ออกไปจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งสรุปได้ว่าเป็นเพราะ Co เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา gasification ; $C + 2\ H_2 \longrightarrow CH_4$ ทำให้เพิ่มปริมาณสารระเหยที่ออกไปจากถ่านหิน

Okuhara และผู้ร่วมงาน (29) ทำการทดลองโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนรูปหมอนที่มีคุณสมบัติต่างกัน 5 แบบ ทำการคาร์บอไนซ์ในเตาแบบ slot ได้สรุปไว้ว่า อัตราการให้ความร้อนแก่ก้อนถ่านหินมีผลเป็นอันมากต่อคุณสมบัติของถ่านหินอัดก้อนที่ได้ ซึ่งอัตราการให้ความร้อนนี้จะมีผลทำให้เกิด temperature gradient ในห้องคาร์บอไนซ์ในแต่ละตำแหน่งความกว้างของห้องต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการเกิด thermal stress ในก้อนถ่านหิน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมอัตราการให้ความร้อนในการคาร์บอไนซ์ถ่านหินอัดก้อน เพื่อที่จะได้ถ่านหินอัดก้อนที่คงรูปร่างเดิมเหมือนกับก่อนการคาร์บอไนซ์ และมีความแข็งแรงในระดับที่ต้องการ การเกิดของ temperature gradient สามารถลดลงได้โดยทำให้ห้องคาร์บอไนซ์แคบลง แต่ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน ดังนั้น จึงต้องปรับอัตราการให้ความร้อน โดยให้อุณหภูมิต่ำในตอนเริ่มแรก และค่อยๆเพิ่มขึ้นในระหว่างการคาร์บอไนซ์ ซึ่งจะช่วยลด temperature gradient ได้ และควรกำจัดน้ำออกจากถ่านหินอัดก้อนก่อนนำไปคาร์บอไนซ์ เนื่องมาจากความชื้นมีผลอย่างมากต่อการคาร์บอไนซ์

Sibal และ Lorenzen (19) ทำการทดลองโดยใช้ถ่านหินลิกไนต์ที่ตากทิ้งไว้ในอากาศขนาด 8 - 10 มม. มาทำ degasify ด้วย metallic retort ให้มีขนาดลดลงตามที่ต้องการแล้วนำมาผสมกับตัวประสานอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแบบ double roll press ได้ถ่านหินที่มีรูปร่างแบบ cushion แล้วนำไปคาร์บอไนซ์ในเตาแบบ muffle สรุปผลได้ว่า ขนาดของอนุภาคถ่านหินลิกไนต์มีผลต่อความแข็งแรง ยิ่งอนุภาคถ่านหินมีพื้นที่ผิวสัมผัสกันมากขึ้น ถ่านหินอัดก้อนก็จะมีความแข็งแรงมากขึ้น ยกเว้นที่ขนาดอนุภาคเล็กจนเกินไป จะทำให้อัดก้อนติดยาก และขนาดอนุภาคที่เหมาะสมคือ 0 - 2 มม. ความชื้น 11 - 25 % นอกจากนั้น อัตราการให้ความร้อนใน

การคาร์บอไนซ์ถ่านหินอัดก้อนต้องให้อย่างช้าๆและสม่ำเสมอ (uniform) เพื่อให้สารระเหยและไอน้ำออกไปอย่างช้าๆในช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นถึง 600 องศาเซลเซียส และเพิ่มอัตราการให้ความร้อนให้สูงขึ้นที่อุณหภูมิการคาร์บอไนซ์มากกว่า 600 องศาเซลเซียสได้โดยไม่มีผลต่อความแข็งแรงของก้อนถ่าน และสรุปได้อีกว่าในการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน ปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสุดท้ายของการคาร์บอไนซ์ และในการผลิตถ่านคาร์บอไนซ์เพื่อใช้ในครัวเรือนที่สามารถจุดติดได้ง่าย ควรทำที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกจากจะให้ถ่านหินที่มีคุณภาพแล้ว ก๊าซที่ได้จากกระบวนการยังมีปริมาณมาก และมีคุณภาพพอที่จะนำมาใช้จุดไฟได้อีกด้วย

Rao (30) กล่าวว่า การเตรียมถ่านหินก่อนนำไปคาร์บอไนซ์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของถ่านชาร์ ลดการเกิดควันจากการเผาไหม้ สามารถทำได้โดยการปล่อยให้ถูกก๊าซซึ่งมีออกซิเจนที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดกลั่นตัว (distillation point) ของแต่ละองค์ประกอบในถ่านหิน และทำการคาร์บอไนซ์ถ่านหินอัดก้อนในสภาวะต่างๆกัน โดยผ่านและไม่ผ่านก๊าซออกซิเจน พบว่า ถ่านชาร์อัดก้อนที่ได้จะมีความแข็งแรงสูงสุด (เกือบ 100 % เมื่อเทียบกับถ่านหินอัดก้อนเริ่มต้น) เมื่อทำการผ่านก๊าซออกซิเจนที่ 200 องศาเซลเซียสในปริมาณ 6 ลบ.ฟุต ต่อ ชม. เป็นเวลา 4 ชม. ถ่านชาร์ที่ได้ไม่มีรอยแตก และมีปริมาณเป็น 1 / 3 ของถ่านหินอัดก้อนเริ่มต้น

Sanada และ Honda (31) ได้ทดลองโดยนำเอาถ่านหิน (มีคาร์บอนคงตัว 80 % ไม่รวมความชื้นและเถ้า) มาอัดก้อนโดยไม่ใช้ตัวประสานพบว่า อัดเป็นก้อนได้ยาก จึงนำเอาสารละลาย ได้แก่ ไพริดีน (pyridine) , เบนซีน , tar base , liqour ammonia และ aqueous caustic soda มาใช้ในการทดสอบ โดยการจุ่มถ่านหินอัดก้อนรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. สูง 1.2 ซม. อัดก้อนที่ความดัน 1,000 และ 2,000 กก./ตร.ซม. ลงไปในสารละลายดังกล่าว พบว่าสารละลายมีขั้ว ได้แก่ ไพริดีน และ tar base ทำให้ความหนาแน่นของถ่านหินอัดก้อนเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปคาร์บอไนซ์ที่ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 2 องศาเซลเซียส / นาที เป็นเวลา 8 - 9 ชม. พบว่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของถ่านคาร์บอไนซ์อัดก้อนที่ได้ จะมากขึ้นกว่าการนำเอาถ่านหินอัดก้อนที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายมีขั้วไปทำการคาร์บอไนซ์

Dutta และ ผู้ร่วมงาน (32) ทำการอัดก้อนถ่านหินและสรุปไว้ว่า ถ่านหินทุกศักดิ์สามารถอัดก้อนได้โดยไม่ต้องใช้ตัวประสานที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส และความชื้น 60 % โดยใช้ความดัน 8 - 10 ตัน / ตร.นิ้ว และสามารถลดลงได้ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น

และสูงสุดเมื่ออุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 5,820 ปอนด์ / ตร.นิ้ว คงที่ ไม่ว่าจะเป็นถ่านหินคักดี่ใด

Nagasaka และ Sugiyama (33) นำถ่านหินอัดก้อน 2 ชนิด ที่มีคุณสมบัติไม่เกิดเค้ก (non-caking coal) ได้แก่ แอนทราไซต์ และ pitch + coal tar มาคาร์บอไนซ์ในเตาที่อุณหภูมิคงที่ เพื่อศึกษาหลักพื้นฐานของการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำ จากข้อมูลการลดลงของน้ำหนักก้อนถ่าน สามารถคำนวณค่า overall specific heat ของถ่านอัดก้อนได้ เท่ากับ 0.66 - 1.94 และ 0.82 - 1.07 เมื่อใช้แอนทราไซต์และ pitch + coal tar ตามลำดับ ค่านี้สามารถนำมาคำนวณปริมาณความร้อนของการคาร์บอไนซ์ (heat of carbonization) และจากอัตราการลดลงของน้ำหนักก้อนถ่าน ทำให้สรุปได้ว่า กระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และค่าสัมประสิทธิ์อัตราการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate coefficient) สามารถคำนวณได้

Akmal และผู้ร่วมงาน (16) ได้ทดสอบการเผาไหม้ของเซมิโค้ก ที่ได้มาจากกระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหินที่ 650 องศาเซลเซียส ในเตาที่ทำจากอิฐ โดยตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงมีขนาด 1 ฟุต x 1 ฟุต และ 6 นิ้ว x 6 นิ้ว ช่องห่างของแท่งเหล็กในแผ่นตะแกรงรองรับการเผาไหม้มีขนาด 0.5 และ 0.25 นิ้ว ตามลำดับ พบว่า เซมิโค้กสามารถจุดติดได้ภายในเวลา 10 - 15 นาที และ 16 - 30 นาที เมื่อช่องห่างของแท่งเหล็กในแผ่นตะแกรงรองรับมีขนาด 0.5 และ 0.25 นิ้ว ตามลำดับ และยังขึ้นกับขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วย นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้ให้ลดลงต่ำกว่า 50 % ได้ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการใช้ประโยชน์จากความร้อนได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ผลงานวิจัยในประเทศ</u>

สมชาย โอสุวรรณ และ กัญจนา บุณยเกียรติ (27) ทำการทดลองหาประสิทธิภาพเตาอั้งโล่ และสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของเตาถ่านขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิด เช่น ขนาดของภาชนะที่ใช้หุงต้มควรจะใหญ่กว่าขนาดของเตาเล็กน้อย ความสูงของเชิงเทินหรือระยะระหว่างก้นภาชนะหุงต้มกับขอบเตาด้านบน ควรจะปรับความสูงให้ต่ำเท่าที่จะทำได้ เพราะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหุงต้ม และไม่ควรให้ต่ำกว่า 0.7 ซม. เพราะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ไม่สะดวก พื้นที่รวมของช่องว่างในรังผึ้งที่ใช้ในเตา ไม่พบว่าทำให้ประสิทธิภาพของเตาเปลี่ยนไปเมื่อพื้นที่ลดลงครึ่ง-

หนึ่ง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้น

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ของ นิภา เศรษฐไพศาล (34) ได้นำเศษถ่านหินมาอัดก้อนเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยอัดก้อนเป็นทรงกระบอก 3 ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 , 11 และ 12 ซม. สูง 5 , 7 และ 7 ซม. ตามลำดับ ด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกส์ และใช้ตัวประสานหลายชนิดในการอัดก้อน ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะมีหน้าตัดเป็นแบบรังผึ้ง โดยมีช่องเจาะทะลุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. ตามแนวดิ่ง จำนวน 12 , 14 และ 16 ช่อง ตามลำดับ นำมาทดสอบการเผาไหม้ในเตาที่สร้างขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะถ่านหินอัดก้อนที่ได้ เปรียบเทียบกับการใช้เตาอั้งโล่ที่จุดโดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกัน ร้อยละ 25 - 35 ขึ้นกับลักษณะของการใช้งาน และตัวประสานที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินเหนียว เพราะหาง่ายและราคาถูก ส่วนผสมที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 5 - 20 โดยน้ำหนัก เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง จะทำให้ถ่านหินอัดก้อนมีความแข็งแรง และมีคุณภาพดี

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ของ อนัญญา พจนารถ (10) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเศษถ่านหินโดยวิธีการคาร์บอไนซ์เซชัน เพื่อทำให้เป็นถ่านอบ และนำมาอัดก้อนเพื่อนำไปใช้งาน โดยทดลองคาร์บอไนซ์เศษถ่านหิน 4 ช่วงขนาด คือ 2 - 7 มม. 1 - 2 มม. 0.5 - 1.0 มม. และ 0.25 - 0.50 มม. ที่อุณหภูมิ 300 - 1,000 องศาเซลเซียส ทุกๆระดับการเพิ่ม 100 องศาเซลเซียส ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่า ช่วงขนาดของถ่านหินที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชาร์ น้ำมันทาร์ และ ก๊าซถ่านหินที่ได้รับ และพบว่า ก๊าซถ่านหินมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันทุกช่วงขนาดที่แต่ละอุณหภูมิ คุณสมบัติของถ่านชาร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียสทุกช่วงขนาด และช่วงขนาดที่เหมาะสม คือ 0.5 - 7.0 มม. เนื่องจากช่วงขนาด 0.25 - 0.50 มม. นั้น เป็นถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีปริมาณเถ้าสูง สำหรับอุณหภูมิการคาร์บอไนซ์ที่เหมาะสม คือ 600 - 700 องศาเซลเซียส เมื่อนำถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์มาผลิตเป็นถ่านไร้ควันโดยการอัดก้อนด้วยเครื่องอัดก้อนแบบ Double ring roll ได้ถ่านอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) แล้วนำมาทดสอบการเผาไหม้เปรียบเทียบกับการใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ พบว่า ลักษณะการเผาไหม้คล้ายคลึงกัน และมีประสิทธิภาพการใช้งานร้อยละ 28

อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย (35) ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ทดลองอัดก้อนถ่านหินด้วยเครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ถ่านหินอัดก้อนที่ได้เป็นรูปไข่

(ovoid) นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนพบว่า ขนาดของถ่านหินที่ใช้ ถ้ามีขนาดเล็กจะให้ถ่านหินอัดก้อนที่แข็งแรงกว่าขนาดใหญ่ แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงใช้ขนาดรวม Ø - 9.5 มม. ในการอัดก้อน เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว ปริมาณดินเหนียวซึ่งใช้เป็นตัวประสานที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 10 - 30 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง ปริมาณปูนขาวที่ใช้เพื่อกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนโดยโมลของปูนขาว (CaO) ต่อ กำมะถัน (S) เท่ากับ 1.5 - 3 เมื่อนำถ่านหินอัดก้อนไปทดสอบการเผาไหม้โดยใช้เตาอั้งโล่ พบว่า ประสิทธิภาพในการใช้งานใกล้เคียงกับการใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงคือ ร้อยละ 28 - 30 ระยะเวลาในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนสั้นกว่าถ่านไม้ แต่เถ้าของถ่านหินอัดก้อนคงรูปเป็นก้อน ไม่ปลิวกระจายเหมือนเถ้าจากถ่านไม้

สุชาติ อารีรุ่งเรือง (3) ศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนเปรียบเทียบกับถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตา เพื่อเป็นแนวทางในการดัดแปลง ปรับปรุง เตาอั้งโล่ให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง และศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตา โดยใช้เตาอั้งโล่ 3 ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 24 , 27 , และ 30 ซม. พบว่าเมื่อใช้ถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพการใช้งานร้อยละ 30 - 33 ใกล้เคียงกัน มีการสูญเสียความร้อนจากช่องว่างระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตาเป็นปริมาณมาก ประมาณร้อยละ 50 ซึ่งสามารถลดการสูญเสียลงโดยการลดระยะช่องว่าง ซึ่งค่าที่เหมาะสมคือ Ø.7 - 1 ซม. การสูญเสียความร้อนด้านอื่นๆ มีน้อย จากการศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน พบว่าเตาอั้งโล่รูปแบบเดิมสามารถใช้กับถ่านหินอัดก้อนได้ แต่จะต้องดัดแปลงรังผึ้งให้มีลักษณะเป็นตะแกรงเหล็กที่มีพื้นที่ช่องว่างมากกว่าเดิม เพื่อความสะดวกในการเขี่ยเถ้าออกจากห้องเผาไหม้ระหว่างการใช้งาน จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาพบว่า ขนาดของภาชนะหุงต้มควรใหญ่กว่าเตาเล็กน้อย ปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใส่ ควรใส่ประมาณ 2/3 ของปริมาตรห้องเผาไหม้ ชนิดของภาชนะหุงต้มทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานต่างกันไป และเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่างๆกันมาทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพและการสูญเสียความร้อนจากส่วนต่างๆของเตาใกล้เคียงกัน

ดวงพร ธีรภาพไพสิฐ (20) ศึกษาการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนโดยการใช้ปูนขาวเป็นลักษณะการขจัดระหว่างที่เผาไหม้ โดยการเติมปูนขาว (CaO) เพื่อดูดจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้กลายเป็นสารประกอบกำมะถันซัลเฟต ตกอยู่ในเถ้าหลังการเผาไหม้ โดยใช้ถ่านหินจาก 5

แหล่ง นำมาอัดก้อนโดยใช้อัตราส่วน CaO/S โดยโมล เท่ากับ ๐ - 4 และ ดินเหนียวร้อยละ ๐ - ๔๐ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง นำมาเผาไหม้ในเตาอั้งโล่ แล้วจึงนำเถ้าถ่านหินที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันรวม และรูปแบบของกำมะถัน พบว่า อัตราส่วนของ CaO/S โดยโมล ที่ยังคงทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนสูง คือ 1 - 2.5 ร้อยละของดินเหนียวซึ่งใช้เป็นตัวประสานในการอัดก้อนถ่านหินที่ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานต่ำเกินไป คือร้อยละ ๑๐ - ๓๐ เมื่อเติมปูนขาวลงในถ่านหินอัดก้อนมากขึ้น จะทำให้กำมะถันถูกปลดปล่อยไปในบรรยากาศน้อยลง หรือมีปริมาณกำมะถันในเถ้ามากขึ้น และกำมะถันแทบทั้งหมดในเถ้าอยู่ในรูปกำมะถันซัลเฟต ที่เหลืออยู่ในรูปกำมะถันอินทรีย์และกำมะถันไพไรต์ในปริมาณน้อยมากจนไม่มีความสำคัญ อัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S ที่เหมาะสมสำหรับถ่านหินอัดก้อนคือ 2 - 2.5 ซึ่งให้ผลทั้งด้านประสิทธิภาพการขจัดกำมะถันสูง และประสิทธิภาพการใช้งานยังสูงอีกด้วย นอกจากนั้นยังพบว่า ดินเหนียวนอกจากจะเป็นตัวประสานที่ดีแล้ว ยังช่วยขจัดกำมะถันอีกด้วย แม้จะไม่มากนักคือ ปริมาณกำมะถันในเถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑๐ - ๑๕ เมื่อเพิ่มดินเหนียวจากร้อยละ ๐ เป็น ๔๐ และผลของการขจัดกำมะถันของถ่านหินจากแหล่งต่างๆมีลักษณะคล้ายกัน กำมะถันที่ถูกขจัดยังคงอยู่ในเถ้าหลังการเผาไหม้ ไม่ก่อให้เกิดปัญหา และไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมอุปกรณ์ใดๆอีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย