

บทที่ 2

วารสารปริทรรศน์

2.1 ถ่านหิน

2.1.1 ประเภทของถ่านหิน (1,2)

ถ่านหินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าเพราะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานอื่น ๆ โดยเฉพาะน้ำมันปิโตรเลียมได้ ถ่านหินมีสถานะเป็นของแข็ง ไม่มีรูปผลึกที่แน่นอน โดยทั่วไปมีสีเข้มตั้งแต่สีน้ำตาลถึงดำสนิท ถ่านหินแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามคุณภาพ ซึ่งขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงสภาพของถ่านหิน โดยอิทธิพลของความร้อนและความกดดัน ได้แก่ ลิกไนท์ (lignite) ซับบิทูมินัส (subbituminous) บิทูมินัส (bituminous) และแอนทราไซต์ (anthracite)

ลิกไนท์เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำสุด มีคุณค่าทางความร้อนต่ำกว่า 8,300 บีทียูต่อปอนด์

ซับบิทูมินัส เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีกว่าถ่านลิกไนท์ มีคุณค่าทางความร้อน 8,300-11,500 บีทียูต่อปอนด์

บิทูมินัส เป็นถ่านหินที่มีปริมาณคาร์บอนสูงและมีคุณค่าทางความร้อนไม่ต่ำกว่า 10,500 บีทียูต่อปอนด์

แอนทราไซต์ เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่ต่ำสุด มีปริมาณคาร์บอนคงที่ไม่น้อยกว่า 86 % และสารระเหยต่ำกว่า 14 %

2.1.2 การกำเนิดของถ่านหิน (1,2)

ถ่านหินเกิดจากการทับถมของซากพืชที่ล้มตายสะสมกันมาเป็นเวลานานนับล้านปี ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของความร้อน การสะสมของอินทรีย์สารดังกล่าวจะต้องอยู่

ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดจะไปด้วยพืชพันธุ์นานาชนิด ซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำแต่มีการหมุนเวียนของกระแสที่น้อยมาก การเปลี่ยนแปลงสภาพของอินทรีย์สารต้องอยู่ในสภาพของปฏิกิริยาลดออกซิเจน ไม่มีอิทธิพลของบักเตรีที่จะทำให้เกิดการเน่าเปื่อย การสลายตัวของอินทรีย์สารจะไม่สมบูรณ์และโครงสร้างต่าง ๆ เช่น ลิกนินก็ยังคงอยู่สะสมเป็นเวลานานเกิดเป็นชั้นของพืช การเปลี่ยนแปลงภายในทั้งทางฟิสิกส์และเคมีระหว่างการสะสมตัวของชั้นพืช จะทำให้พืชมีคุณภาพดีขึ้นกลายเป็นถ่านลิกไนท์ โดยปกติแล้วถ่านหินที่อยู่ลึกกลงไปในใต้ดินจะมีคุณภาพดีกว่าถ่านหินที่อยู่ในที่พื้น เพราะถ่านหินที่อยู่ในระดับลึกกว่าจะได้รับอิทธิพลของความร้อนและความกดดันที่สูงกว่า

2.1.3 องค์ประกอบของถ่านลิกไนท์

ถ่านลิกไนท์ประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิดทั้งสารอินทรีย์ (Organic compound) และสารอนินทรีย์ (Inorganic compound) สารประกอบอินทรีย์ได้แก่ซากพืชบางชนิดที่ล้มตายสะสมกันอยู่ ส่วนสารประกอบอนินทรีย์ได้แก่พวกแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ควอตซ์ (Quartz) ซิลิเกต (Silicate) และดินเคลย์ (Clay) โดยทั่วไปแล้วจะกล่าวได้ว่าถ่านหินประกอบด้วย ความชื้น (moisture) สารระเหย (volatile matter) คาร์บอนคงที่ (fixed carbon) และเถ้า (ash)

2.1.4 ถ่านลิกไนท์ในประเทศไทย (1,2)

ในปี พ.ศ. 2460 ได้มีการสำรวจหาแหล่งถ่านหินเป็นครั้งแรกเพื่อนำมาใช้ในกิจการรถไฟ แหล่งถ่านหินที่ได้สำรวจพบเป็นแห่งแรกคือที่ บางปุด้า ต.คลองขนาน อ.เมือง จ. กระบี่ แหล่งถ่านหินที่พบในประเทศไทยประมาณ 80 % พบกระจุกกระจายอยู่ทางภาคเหนือ ส่วนใหญ่อยู่ในยุคของเทอร์เชียรี (Tertiary) ซึ่งมีอายุราว 10 - 100 ล้านปี

แหล่งถ่านหินต่าง ๆ ในประเทศไทยมีน้อยมากที่ได้รับการสำรวจอย่างละเอียด แต่จากข้อมูลที่รวบรวมได้ พอสรุปได้ว่ามีปริมาณสำรองไม่น้อยกว่า 1500 ล้านตัน (1) คุณภาพของถ่านหินส่วนใหญ่อยู่ในชั้นซับบิทูมินัสและลิกไนท์ การดำเนินการสำรวจหาแหล่งถ่านหินในปัจจุบันนอกจากภาคเอกชนแล้วยังมีหน่วยงานที่รับผิดชอบ 3 แห่ง ได้แก่ กรมทรัพยากรธรณี สำนักงานพลังงานแห่งชาติและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ถ่านลิกไนท์ที่ผลิตได้ภายในประเทศทั้งหมดใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า อุตสาหกรรมใบยาสูบและมีอีกจำนวนหนึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

ตารางที่ 2-1 แสดงผลผลิตด้านคุณภาพในประเทศไทย (หน่วยเป็นเมตริกตัน) (1,2)

ผู้ประกอบการ	แหล่งผลิต	2522	2523	2524	2525	2526
1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	อ.เมือง จ.กระบี่	384,000	985,000	338,000	415,000	140,000
2. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ	อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง	941,458	935,408	1,204,465	1,299,875	39,993
3. บริษัท แพร่ลิแกไนท์ จำกัด	อ.สี จ.ลำพูน	94,000	75,000	81,800	36,000	12,000
4. บริษัท เวิร์ดทีลส์ จำกัด	อ.งาว จ.ลำปาง	10,900	11,900	37,585	102,266	34,219
5. บริษัท ไทยลิแกไนท์ จำกัด	อ.สี จ.ลำพูน	6,110	18,390	62,100	56,000	33,044
6. บริษัท สยามแกรไฟต์ จำกัด	อ.แม่ระมาด จ.ตาก	-	67.5	2,592	83,501	55,831
7. นาย ประสิทธิ์ ธรรมปรัดดา	กิ่ง อ.นาด้วง	-	-	-	5,920	8,100
	อ.สี จ.ลำพูน	-	-	-	-	1,500
รวม		1,356,468	1,425,765	1,726,542	1,998,562	683,647

หมายเหตุ ปริมาณผลผลิตของปี พ.ศ. 2526 เป็นปริมาณรวมทั้งตั้งแต่เดือน มกราคม - เมษายน 2526

ตารางที่ 2-2 แสดงองค์ประกอบของถ่านลิกไนท์จากแหล่งต่าง ๆ ภายในประเทศ (1,2)

แหล่งถ่านหิน	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	-คาร์บอนคงที่ (%)	เถ้า (%)	กำมะถันทั้งหมด (%)	คุณค่าทางความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1. แม่ตัน อ.แม่ระมาด ตาก	7.75	39.49	51.70	1.06	0.71	8262.95
2. แม่ต๊อบ อ.งาว ส่าป่าง	22.87	29.42	43.45	4.26	0.70	4974.70
3. โบทหลวง อ.ฮอด เชียงใหม่	18.59	35.43	41.30	4.66	1.41	4903.58
4. แม่ชี อ.ปาย แม่ฮ่องสอน	9.20	38.62	42.27	9.91	1.69	7093.86
5. สี่ อ.สี่ ส่าซุน	32.09	26.75	36.85	4.31	1.78	6302.62
6. ทนองห้วยป่าปล่อง เพชรบุรี	14.55	31.05	48.79	5.60	1.27	5946.80
7. ลิมนิม อ.ทองผาภูมิ กาญจนบุรี	30.39	26.78	35.28	7.53	2.11	4190.61



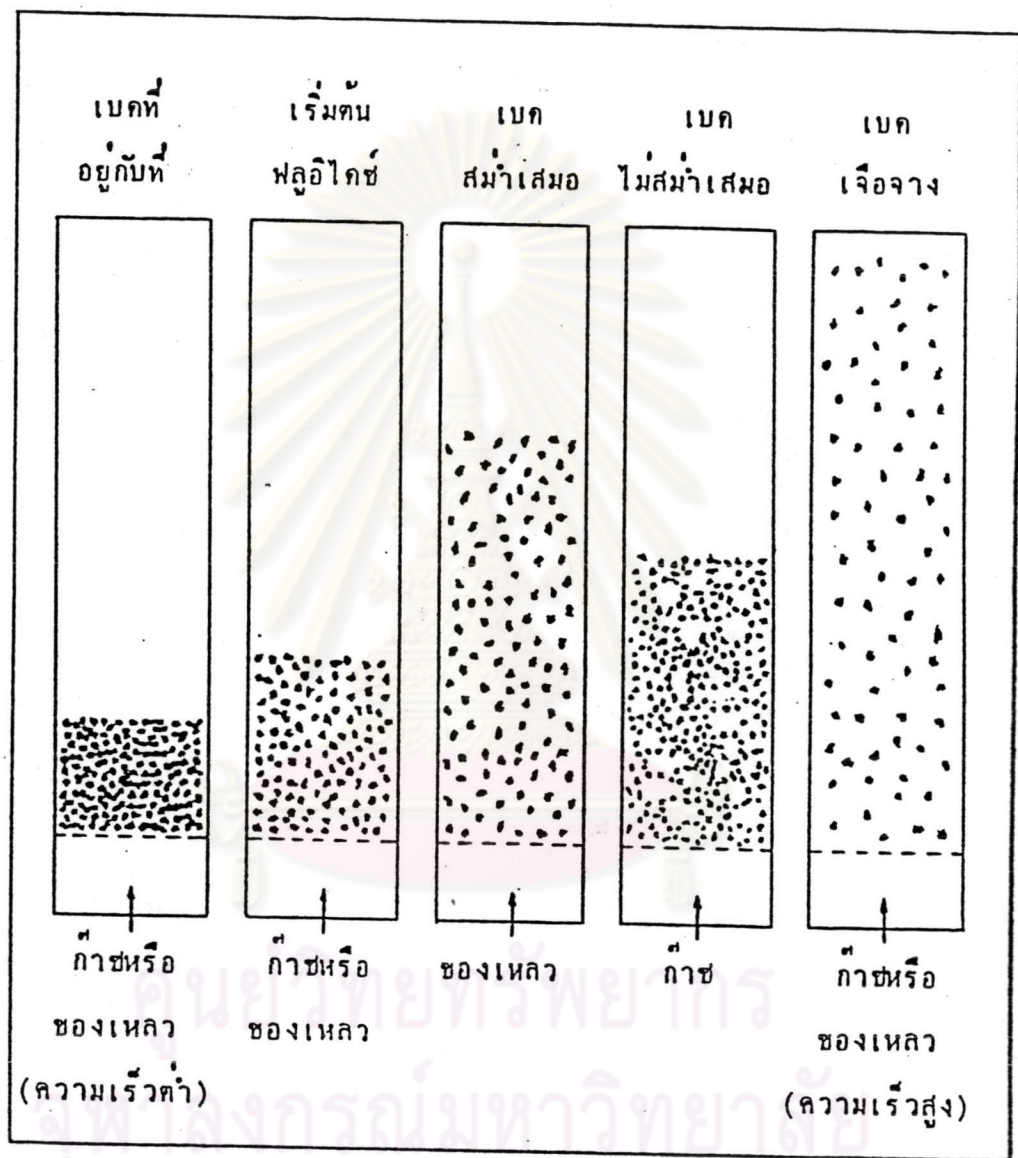
2.2 ฟลูอิดเซชัน

2.2.1 ปრაกฏการณ์ฟลูอิดเซชัน (3,4,5,6,19)

ฟลูอิดเซชันเป็นปรากฏการณ์ที่กลุ่มของอนุภาคประพืดตัวทางกายภาพคล้ายกับของไหล เมื่อมีก๊าซหรือของเหลวไหลผ่านกลุ่มของอนุภาคนั้น ในขณะที่ของไหลไหลผ่านอนุภาคด้วยความเร็วต่ำ ของไหลจะแทรกตัวไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคที่อยู่กับที่ (fixed bed) แต่เมื่อความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น อนุภาคจะเริ่มขยับตัวและจัดเรียงตัวเองใหม่จนกระทั่งถึงความเร็วที่จุดจุดหนึ่ง ความเร็ว ณ จุดนี้ อนุภาคจะเริ่มลอยตัวเป็นอิสระจากกันแต่ก็ยังคงเป็นกลุ่มก้อนอยู่ (Dense phase fluidized bed) แรงที่กระทำบนอนุภาคจะอยู่ในสมดุล กล่าวคือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักของอนุภาคและแรงพยุงของของไหล ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามมีค่าเท่ากัน ความดันลดที่พื้นที่หน้าตัดใด ๆ ของกลุ่มอนุภาคมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความสูงของกลุ่มอนุภาค สภาพของกลุ่มอนุภาคขณะนี้ เป็นสภาพเริ่มต้นของปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชัน (Incipiently fluidized bed or a bed at minimum fluidization) ความเร็วที่จุดนี้เรียกว่า ความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน (minimum fluidization velocity)

ถ้าหากความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น อนุภาคก็จะลอยตัวแยกอยู่ห่างกันมากขึ้น กลุ่มของอนุภาคลักษณะนี้เรียกว่า ฟลูอิดซ์เบดเสื่อจาง (Diluted phase fluidized bed) และถ้าเพิ่มความเร็วของของไหลมากขึ้นอีกจนถึงจุดหนึ่ง ของไหลก็จะพาอนุภาคดังกล่าวหลุดลอยออกไปจากระบบได้และกลายเป็นการขนส่งอนุภาค ซึ่งถ้าของไหลเป็นอากาศจะเรียกว่าการขนส่งอนุภาคด้วยอากาศ (Pneumatic transport) ถ้าของไหลเป็นของเหลวจะเรียกว่าการขนส่งอนุภาคด้วยของเหลว (Hydraulic transport)

ในระบบก๊าซ-ของแข็ง จะมีลักษณะแตกต่างไปจากระบบของเหลว-ของแข็ง กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความเร็วของก๊าซให้สูงขึ้นมากกว่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน กลุ่มอนุภาคจะมีการเคลื่อนที่อย่างรุนแรง และขยายตัวเกิดเป็นช่องว่างซึ่งอาจเรียกว่า ฟองก๊าซแทรกตัวขึ้นมาอยู่ทั่วไปในกลุ่มของอนุภาคและจะหลุดลอยออกไปที่ผิวหน้าของกลุ่มอนุภาคนั้น ในบางครั้งอาจเกิดแนวหรือช่องทางเดินของก๊าซ (channelling) แทรกผ่านกลุ่มอนุภาคด้วย ซึ่งมักจะพบบ่อยถ้าความเร็วของก๊าซและความหนาแน่นของอนุภาคมีค่าสูง ลักษณะขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชันของอนุภาคของของแข็งอาจแสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์พลูโตไซท์ของอนุภาคของแข็ง

2.2.2 เบด (Bed)

เบด หมายถึงอาณาเขตในคอลัมน์ที่มีปริมาณกลุ่มอนุภาคจำนวนหนึ่งบรรจุอยู่ ไม่ว่ากลุ่มอนุภาคนั้นจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหวด้วยของไหลในคอลัมน์ ซึ่งจะมีระดับตั้งแต่ตัวกระจายของไหล (Distributor) จนถึงระดับสูงที่สุดที่ผิวหน้าของกลุ่มอนุภาค

2.2.3 การคำนวณหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซน (19)

ขณะที่เริ่มเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไอเซนนั้น อนุภาคจะลอยตัวเป็นอิสระ การที่อนุภาคลอยตัวอยู่ในกระแสของของไหลได้นั้นเพราะแรงที่กระทำอยู่บนอนุภาคอยู่ในสภาพสมดุลกัน กล่าวคือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักของอนุภาคกับแรงพยุงของของไหลซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามมีค่าเท่ากัน ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{แรงพยุง (แรงเสียดทาน + แรงต้าน)} = \text{น้ำหนักของอนุภาค} \quad (2-1)$$

หรือเขียนใหม่ได้ว่า

$$(\text{ความดันลดในพื้นที่ภาคตัดขวางของเบด}) (\text{พื้นที่ภาคตัดขวางของเบด}) = (\text{ปริมาตรของเบด})$$

(สัดส่วนของอนุภาคในเบด)

x (ความถ่วงจำเพาะ

ของอนุภาค) (2-2)

เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\Delta P \cdot A_t = W = (A_t L_{mf}) (1 - \epsilon_{mf}) (\rho_s - \rho_g) \frac{g}{g_c} \quad (2-3)$$

จัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{\Delta P}{L_{mf}} = (1 - \epsilon_{mf}) (\rho_s - \rho_g) \frac{g}{g_c} \quad (2-4)$$

จากสมการของ Ergun (12) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของความดันลดในขณะเบดที่อยู่กับที่ไว้ดังนี้

$$\frac{\Delta P}{L_m} g_c = \frac{150(1 - \epsilon_m)^2}{\epsilon_m^3} \frac{\mu U_o^2}{(\phi_s d_p)^2} + \frac{1.75(1 - \epsilon_m) \rho_g U_o^2}{\epsilon_m^3} \frac{g_o}{\phi_s d_p} \quad (2-5)$$

ขณะที่เริ่มเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไอเซชันนั้น ช่องว่างระหว่างอนุภาคจะมีค่ามากกว่าช่องว่างระหว่างอนุภาคในเบตที่อยู่กับที่เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถนำสมการ (2-4) และ (2-5) มารวมกันได้เป็นสมการใหม่ดังนี้

$$\frac{1.75}{\phi_s \epsilon_{mf}^3} \frac{(d_p U_{mf} \rho_g)^2}{\mu} + \frac{150(1-\epsilon_{mf})}{\phi_s^2 \epsilon_{mf}^3} \frac{(d_p U_{mf} \rho_g)}{\mu} = \frac{d_p^3 \rho_g (\rho_s - \rho_g)}{\mu^2} \quad (2-6)$$

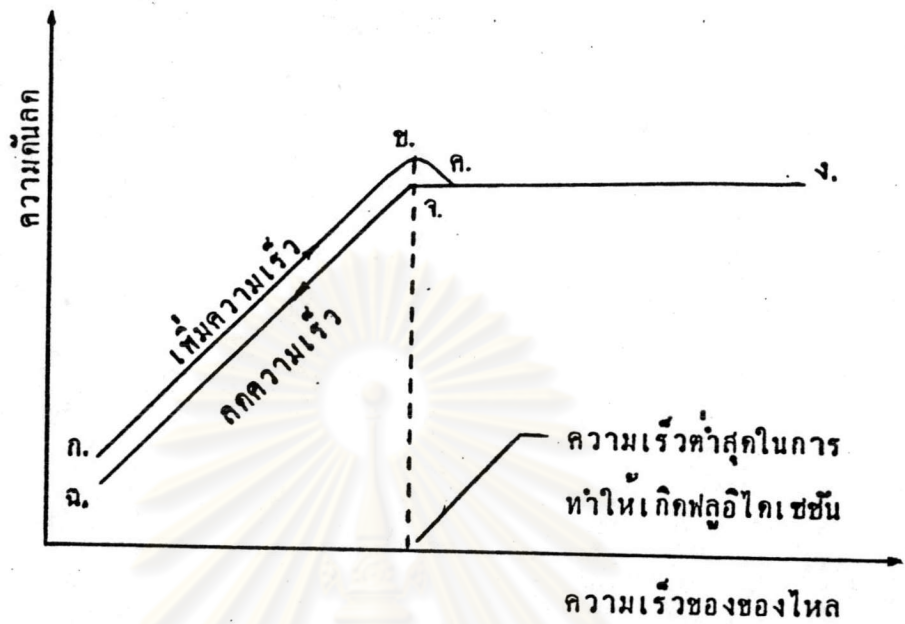
สำหรับอนุภาคถ่านลิกไนท์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 มม. สามารถคำนวณหาความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชันได้ โดยการตัดเทอมแรก (viscous loss) ของสมการ (2-5) ซึ่งมีค่าน้อย สำหรับในกรณีที่มีค่าเรโนลด์มีค่าสูง เทอมที่สอง (kinetic energy loss) จะมีค่าเด่นกว่าเทอมแรกมาก นำสมการที่ได้ไปรวมกับสมการ (2-4) แล้วตัดเทอมใหม่ ได้เป็นสมการใหม่ดังนี้

$$U_{mf}^2 = \frac{\phi_s d_p}{1.75} \cdot \frac{\rho_s - \rho_g}{\rho_g} \cdot g \cdot \epsilon_{mf}^3 \quad (2-7)$$

2.2.4 การหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชันโดยการทดลอง (3,4,19)

วิธีนี้อาศัยหลักที่ว่าเมื่อเพิ่มความเร็วของของไหลที่ละน้อย ความดันลด (Pressure drop) จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นพร้อมกับการเพิ่มความเร็วของของไหล จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง ความดันลดจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยความเร็วของของไหล ดังนั้นในช่วงที่ความดันลดเริ่มคงที่ก็คือช่วงที่เปลี่ยนจากเบตที่อยู่กับที่เป็นฟลูอิดไอเซชันเบต ถ้าวาดกราฟระหว่างความดันลดและความเร็วของของไหล ก็จะสามารถหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ของความดันตกและความเร็วของของไหล

ในขณะที่เราค่อย ๆ เพิ่มความเร็วของของไหลนั้น ของไหลจะค่อย ๆ แทรกตัวผ่านไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาค ความดันตกที่เกิดขึ้นก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความเร็วของของไหล จากรูปที่ 2-2 จะสังเกตเห็นว่าเส้นกราฟ กขค. ที่แสดงการเพิ่มความเร็วยังของไหลจะมี ส่วนที่โค้งและลากลงมาตามแนวเส้น ขค. บริเวณดังกล่าวนี้จะต้องใช้แรงดันมากเป็นพิเศษ ที่จะใช้กระจายหรือแยกอนุภาคให้ออกจากกันและจัดเรียงตัวให้เป็นระเบียบ เมื่ออนุภาคจัดเรียงตัวเรียบร้อยแล้ว ความดันตกจึงค่อย ๆ ลดลง และจะคงที่ตลอดไปไม่ขึ้นกับความเร็วของของไหล ความดันตกที่เกิดขึ้นจะเดินตามแนวเส้น คง.

หลังจากนั้นถ้าค่อย ๆ ลดความเร็วของของไหล ความดันตกก็จะเดินตามเส้น งคจ. ซึ่งมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วของของไหล และถ้าลดความเร็วของของไหลอีกความดันตกที่เกิดขึ้นจะเดินตามเส้น จจ. ซึ่งขนานกับเส้นกราฟ ขณะเพิ่มความเร็วกข. แต่ความดันตกมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะเบตเปลี่ยนจากฟลูอิดไคเบต (เส้น งคจ.) มาเป็นเบตที่อยู่ด้านบน (จจ.) นั้น อนุภาคได้จัดเรียงตัวเป็นระเบียบอยู่ก่อนแล้ว จึงไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการจัดช่องว่างให้เป็นระเบียบอีก และเมื่อได้มีการทดลองซ้ำในเบตเดิมอีก เส้นกราฟที่แสดงการเพิ่มความเร็วนั้นจะเดินตามเส้นลดความเร็วในการทดลองครั้งแรก

จากกราฟจะเห็นได้ชัดว่าที่จุด จ. ความดันลดลงเริ่มคงที่ไม่ว่าจะเพิ่มความเร็วของของไหลเป็นเท่าใดก็ตาม ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากเบดที่อยู่กับที่ ความเร็วของของไหลที่จุด จ. จึงเป็นความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ในการทดลองหาความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ควรจะทดลองทั้งช่วงเพิ่มความเร็วและลดความเร็วของของไหล และใช้ค่าเฉลี่ยของความดันลดที่เกิดขึ้นมาวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความดันลดและความเร็วของของไหลเพื่อหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน

2.2.5 แนวความคิดและการพัฒนาการใช้เทคนิคฟลูอิดเซชัน

เทคนิคทางด้านฟลูอิดเซชันได้เจริญก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ในขณะที่เศรษฐกิจตกต่ำและเกิดวิกฤติการณ์ทางด้านพลังงานนั้น ประเทศต่าง ๆ ได้หันมาสนใจศึกษาค้นคว้าการนำพลังงานมาใช้อย่างประหยัดและให้ผลคุ้มค่า ในปี ค.ศ. 1922 Firtz Winkler (19) ได้สร้างเครื่องมือผลิตก๊าซจากถ่านหินขนาดใหญ่ โดยใช้เทคนิคทางฟลูอิดเซชันขึ้นเป็นครั้งแรก การศึกษาค้นคว้าส่วนใหญ่เพื่อหาข้อดีในการนำความร้อนที่สูง และพลังงานที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์

ในปี ค.ศ. 1960 NCB (National Coal Board) (13) ได้ศึกษาการนำถ่านหินที่ใช้ภายในครัวเรือนมาทำเป็นถ่านอบ (Carbonization) โดยใช้เทคนิคทางฟลูอิดเซชัน ทำให้ไม่เกิดควันในขณะที่เผาไหม้ถ่านหินที่ใช้เป็นถ่านหินคุณภาพต่ำที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการศึกษาและทดลองพบว่าถ่านหินขนาด 1.6 - 6.4 มม. ความเร็วของอากาศที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.6 - 2.4 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ 850 - 900 องศาเซลเซียส การเผาไหม้จะสมบูรณ์เมื่อร้อยละของปริมาณอากาศที่มากเกินพอ 30 ซึ่งจะมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่ในถ่านประมาณร้อยละ 10

จากรายงานของ Bao Yi Lin (9) เกี่ยวกับการเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ที่มีคุณภาพต่ำและความชื้นค่อนข้างสูง กล่าวว่า ถ้าอุณหภูมิในช่วงเหนือเบดมีค่าต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้มีค่าต่ำด้วย ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ก็สามารถทำได้โดยการลดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและเพิ่มอุณหภูมิในบริเวณเหนือเบด ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 6 การป้อนถ่านลิกไนท์ที่เป็นเชื้อเพลิงควรป้อนในระดับภายในเบด จะทำให้การเผาไหม้เกิดได้ดี และอุณหภูมิภายในเบดค่อนข้างคงที่ ปริมาณคาร์บอนในเบดที่จุดต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่ลุ่มน้ำเสมอ ถ้าใช้ระบบลู่ป้อนเชื้อเพลิงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ที่จุดบ่อนจะมีค่าสูงที่สุดและจะมีค่าลดต่ำลง เมื่อห่างออกไปแต่ปริมาณก๊าซออกซิเจนกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Kiorboe (18) ซึ่งได้ศึกษาการเผาไหม้ถ่านหินคุณภาพต่ำเช่นเดียวกัน พบว่าประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 92-93 ที่ 900 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดไม่เกิน 2 มม. และความเร็วของอากาศอยู่ในช่วง 1-1.4 เมตร/วินาที จากรายงานการทดลองได้อธิบายเพิ่มเติมว่านอกจากการลดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มอุณหภูมิที่บริเวณเหนือเบดจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้เพิ่มขึ้นแล้ว การเผาไหม้ของถ่านหินในบริเวณเหนือเบดจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 3 วินาที ดังนั้นการที่จะทำให้การเผาไหม้ของถ่านหินในบริเวณเหนือเบดเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ก็ต้องเพิ่มความสูงของคอลัมน์ให้มากพอด้วย การเผาไหม้ถ่านหินนั้นจะทำได้ยากถ้าอุณหภูมิของการเผาไหม้ต่ำกว่า 650 - 700 องศาเซลเซียส การควบคุมอุณหภูมิของการเผาไหม้โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ จะช่วยให้การรักษาและการควบคุมอุณหภูมิได้ผลดีและผิดพลาดไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

ในระยะหลังการศึกษาเกี่ยวกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงมักจะมุ่งเน้นด้านการพัฒนาและปรับปรุงแก้ปัญหาต่าง ๆ ในปี ค.ศ. 1980 Toshimasa Hiram (24,25) ได้ศึกษาการเผาไหม้ถ่านหินในฟลูอิดไธด์แบบ 2 ชั้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ได้มาก นอกจากนี้การเผาไหม้ของถ่านหินชั้นที่ 2 จะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลงและประสิทธิภาพของการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันยังสามารถเติมสารบางอย่างเพื่อกำจัดกำมะถันในเชื้อเพลิงได้ ทำให้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่เกิดขึ้นลดลง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทำด้วยเหล็กไร้สนิม การนำถ่านหินออกจากคอลัมน์ทำได้โดยการปรับระดับความสูงของท่อระบายถ่านหิน อุณหภูมิของการเผาไหม้อยู่ในช่วง 800 - 950 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ร้อยละ 98-99 ซึ่งสูงกว่าการเผาไหม้ในฟลูอิดไธด์แบบธรรมดาประมาณร้อยละ 4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 0.05 ซึ่งปกติแล้วจะมีค่าร้อยละ 0.2 ในการเผาไหม้ในฟลูอิดไธด์แบบธรรมดา

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการเผาไหม้ซึ่งอธิบายออกมาอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (7,8,10,22,26) การถ่ายเทความร้อนระหว่างเบดและท่อน้ำที่บรรจุอยู่ภายใน (10) Todra (15,16) ได้ศึกษาถึงลักษณะการสัควางท่อในเบดในลักษณะต่าง ๆ เพื่อลดการเกิดฟองก๊าซ ทำให้อุณหภูมิภายในเบดมีการผสมและหมุนเวียนกันทั่วทั้งเบด การ

แก้ปัญหาต่าง ๆ และการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ การลดมลภาวะที่อาจจะเกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย (27) ในระยะหลัง ๆ ได้มีการใช้เทคนิคต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเช่น Rocoe (23) ได้ใช้เทคนิคในการถ่าบรูปเพื่อบอกอุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้ ซึ่งให้ผลดี และมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามใช้เทคนิคทางฟลูอิดไดนามิกในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะเชื้อเพลิงซึ่งมาจากวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตร

2.2.6 ข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคฟลูอิดไดนามิก

ข้อเปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคทางฟลูอิดไดนามิกกับเทคนิคอื่น ๆ พอสรุปได้ดังนี้

2.2.6.1 ข้อดี

1. จากคุณสมบัติที่เม็ดของแข็งมีการเคลื่อนที่คล้ายกับของไหล ทำให้สามารถควบคุมระบบได้ง่าย และสามารถควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง (Continuous)
2. เม็ดของแข็งมีการผสมกันอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ทำให้อุณหภูมิภายในเบตมีค่าคงที่เท่ากันทุกจุด
3. เนื่องจากมีการผสมของเม็ดของแข็งอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ทำให้ระบบนี้เหมาะสมในกรณีที่มีการดูดหรือคายความร้อนปริมาณมาก ๆ ได้
4. อัตราการถ่ายเทมวลสารและพลังงานสูง
5. ที่ความเร็วของของไหลสูง ๆ การทำงานของฟลูอิดเบตจะเสียพลังงานน้อยกว่าเบตที่อยู่กับที่มาก เพราะแรงเสียดทานและความต้านลมน้อยกว่า

2.2.6.2 ข้อเสีย

1. เนื่องจากมีการผสมกันของเม็ดของแข็งอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ระยะเวลาที่เม็ดของแข็งสัมผัสและผสมกับของไหลสั้นเกินไป เบตอาจจะไม่ผสมกันเป็นเนื้อเดียวโดยตลอด แต่อาจจะแก้ไขได้โดยใช้เบตหลายชั้น
2. เกิดการขัดสีระหว่างของแข็งและภาชนะทำให้เกิดการสึกกร่อน เม็ดของแข็งมีขนาดเล็กลง
3. การทำงานของระบบให้ได้ผลมีข้อจำกัดซึ่งขึ้นกับลักษณะของตัวกระจายของไหล ชนิดและรูปร่างของเบต อัตราความเร็วของของไหลที่ใช้ ขนาดและชนิดของเม็ดของแข็ง