หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดเป็นเตาเผาที่นำปรากฏการณ์ของฟลูอิดไดเซชั่นมาประยุกต์ใช้ซึ่งสามารถเผาไหม้ถ่านหินหรือเชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) ที่มีคุณภาพต่ำ และมีปริมาณของกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่เกินกว่าร้อยละ 1[24][25] โดยสามารถควบคุมปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะเติมหินปูนหรือโดโลไมด์เข้าไปในเตาเผาพร้อมกับถ่านหินเพื่อเป็นตัวช่วยกำจัดมลพิษของก๊าซดังกล่าว

4.1 หลักการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

โดยเริ่มจากการทำให้ภายในเตาเผาบริเวณเบดเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไดเซชั่น โดยใช้อากาศเป็นตัวช่วย วัสดุที่ใช้เป็นเบดนี้จะประกอบด้วยสารเฉื่อย (Inert material) เช่น ทราย[25] หรือตัวกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ หินปูน (Limestone) หรือโดโลไมต์ (Dolomite)[24] และอาจมีถ่านหินลิกไนท์ รวมอยู่ด้วยในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ต่อไปทำให้อุณหภูมิบริเวณเบดสูงขึ้น โดยใช้อุปกรณ์จุดไฟ (Burner) เป็นต้นกำเนิดความร้อนในเตาเผา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิติดไฟของถ่านหินประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส[26] ก็จะเกิดการสันดาป หรือลุกไหม้ขึ้นในเตาเผา จากนั้นป้อนถ่านหินลิกไนท์ พร้อมกับหินปูนเข้าไปในเตาเผาอย่างต่อเนื่อง การเผาไหม้ก็จะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์จุดไฟอีก ส่วนเถ้าถ่าน (Ash) ที่เหลือจะถูกนำออกจากเตาเผาโดยอัตโนมัติทางท่อระบายเถ้าถ่าน (Ash removal) ซึ่งอยู่ที่ส่วนล่างของเตาเผา

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์จะทำปฏิกิริยากับหินปูนหรือโดโลไมต์ที่เติมลงไปทำให้ปริมาณก๊าซจะลดลงและได้สารประกอบแคลเซี่ยมซัลเฟต ($CaSO_4$)

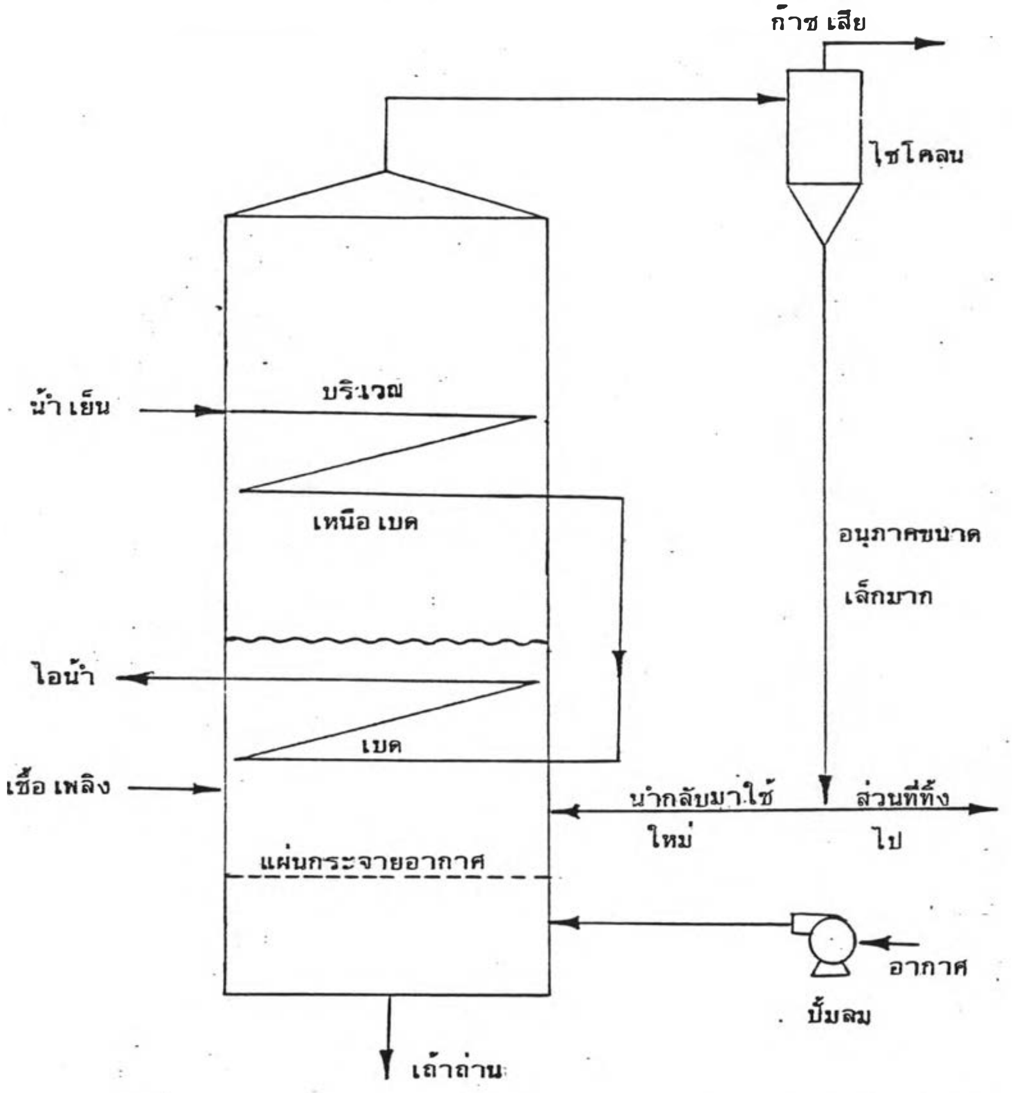
สำหรับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่เกิดจากการเผาไหม้นั้นส่วนใหญ่เกิดจากการแยกสลายของสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในถ่านหินและมีปริมาณน้อยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

พลังงานความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะทำให้อุณหภูมิภายใน

เตาเผาสูงขึ้น และถ่ายเทความร้อนไปสู่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งบรรจุอยู่ภายในเตาเผา ทำให้น้ำซึ่งไหลผ่านท่อดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนกลายเป็นไอน้ำ และมีความดันสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหมุนกังหัน (Turbine) และปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ต่อไป

4.2 รูปร่างลักษณะของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การออกแบบรูปร่างและลักษณะของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด สามารถที่จะกระทำได้หลายแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดลองหรือใช้งาน แต่ที่นิยมออกแบบกันมากคือ เป็นรูปทรงกระบอก (Cylinder) ซึ่งมีขนาดความสูงต่ำของเตาแตกต่างกัน สำหรับส่วนประกอบที่สำคัญขั้นพื้นฐาน ของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดดังแสดงในรูปที่ 4.1 (10)



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดขั้นพื้นฐาน

จากรูปที่ 4.1 อากาศจากปั๊มลมจะผ่านเข้าไปที่ส่วนล่างของเตาเผาผ่านแผ่นกระจายอากาศช่วยทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไดเซชั่น และเมื่อทำให้อุณหภูมิของเตาเผาสูงขึ้นถึงจุดติดไฟก็จะเกิดการลุกไหม้ขึ้นจากนั้นเชื้อเพลิงและสารกำจัดมลพิษของอากาศจะถูกป้อนเข้าไปในเบดอย่างต่อเนื่อง โดยวิธีป้อนด้วยสกูร (Screw feeder) การเผาไหม้เชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในบริเวณใกล้กับตัวกระจายอากาศ ซึ่งเชื้อเพลิงจำนวนมากกว่าครึ่งหนึ่งจะถูกเผาไหม้ที่บริเวณนี้[10] และเนื่องจากภายในเบดมีการผสมกันอย่างรวดเร็วและรุนแรง ดังนั้นอุณหภูมิภายในเบดจะสม่ำเสมอ และทำให้อัตราการปลดปล่อยความร้อนสูงมาก

สำหรับเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้ว หรืออาจมีบางส่วนที่เผาไหม้ไม่หมดหรือยังไม่ถูกเผาไหม้รวมทั้งตัวกำจัดมลพิษที่ใช้แล้วจะถูกนำออกมาจากเตาเผาทันที ซึ่งในกรณีที่ความสูงของบริเวณเบดสูงมากก็ต้องใช้เวลาระยะหนึ่ง เพื่อปล่อยให้มีการผสมกันอย่างสมบูรณ์และถูกเผาไหม้ทั้งหมด ส่วนกรณีเบดตื้นการผสมกันทางด้านข้างจะไม่สม่ำเสมอเท่ากับเบดลึก ดังนั้นอาจมีการป้อนเชื้อเพลิงมากกว่าหนึ่งแห่งสำหรับเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดที่มีขนาดใหญ่

สำหรับการถ่ายเทความร้อนภายในเตาเผาไปยังขดท่อโลหะที่บรรจุอยู่ในเตาเผามีสองแห่งคือ บริเวณเบดและบริเวณเหนือเบด (Overbed or Freeboard) อุณหภูมิในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทางปฏิกิริยาเคมีนั้น จะอยู่ราว 1550 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 843 องศาเซลเซียส สำหรับเตาเผาที่ความดันบรรยากาศ และ 1650 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 898.9 องศาเซลเซียส สำหรับเตาเผาความดันสูง[10] [26][33] ทั้งนี้สิ่งที่สำคัญคือ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดกำมะถัน ส่วนน้ำที่ป้อนเข้าไปในเตาเผาโดยผ่านทางขดท่อโลหะต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากตะกอน และสารกัดกร่อนอื่น ๆ และเมื่อน้ำได้รับความร้อนก็จะผ่านเข้าไปยังถังแยก(Drum) ทั้งนี้เพื่อแยกน้ำและไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam)ออกจากกัน ซึ่งส่วนหลังนี้จะถูกป้อนเข้าไปในเบดเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กลายเป็นไอดง (Superheated steam) ต่อไป

เนื่องจากในบางครั้งขณะเผาไหม้จะมีอนุภาคของคาร์บอนขนาดเล็กหลุดลอยเข้าไปในช่องว่างเหนือเบดและจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนหรือกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้มีก๊าซคาร์บอนโมนอกไซด์เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว และเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ และได้รับพลังงานความร้อนสูงสุด จึงจำเป็นต้องมีการพ่นอากาศบางส่วนเข้าไปทางส่วนบนของเบด นอกจากนี้ยังต้องมีไซโคลน (Cyclone) ติดตั้งไว้ส่วนบนของเตาเผาเพื่อจับอนุภาคขนาดเล็ก

ที่หลุดลอยออกมาจากเตาซึ่งอนุภาคเหล่านี้อาจนำกลับมาใช้เผาไหม้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง หรือทิ้งไปทั้งหมด หรือทิ้งบางส่วนก็ได้

4.3 การควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

อุณหภูมิในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดจำเป็นต้องมีการควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ปกติจะควบคุมให้อยู่ในช่วงระหว่าง 800-900 องศาเซลเซียส (10)(24)(32) หรือต่ำกว่าจุดหลอมตัวของเถ้าถ่านหินประมาณ 200 องศาเซลเซียส (25) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการรวมตัวเป็นก้อนของเถ้าถ่าน ซึ่งจะมีผลต่อการขจัดออกจากเตาเผา

วิธีควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำได้หลายวิธีคือ (10)(24)

4.3.1 โดยควบคุมระดับความสูงของเบด (Bed level)หรือระดับความสูงของเชื้อเพลิงในเบดให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ โดยจะมีท่อระบายส่วนเกินของเชื้อเพลิง (Over flow tube) ระบายออกไปภายนอกเตาเผา เมื่อความสูงของเบดเพิ่มขึ้นเกินความต้องการ หรือ

4.3.2 โดยควบคุมอัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าไปในเตาเผา ซึ่งปกติการป้อนเชื้อเพลิงจะป้อนด้วยวิธีสกรู (Screw feeder) ดังนั้นจึงต้องควบคุมอัตราการหมุนของสกรูดังกล่าวให้มีอัตราความเร็วที่พอเหมาะ หรือ

4.3.3 โดยควบคุมอัตราความเร็วของอากาศและปริมาณอากาศในเตาเผา กล่าวคือถ้าปริมาณอากาศมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลง

4.3.4 ควบคุมด้วยวิธีแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)โดยใช้ท่อโลหะขดเป็นรูปทรงต่าง ๆ บรรจุไว้ในบริเวณเบด บริเวณเหนือเบด (Freeboard) และบริวเณอื่น ๆ ของเตาเผาโดยมี น้ำ ไหลผ่านท่อโลหะดังกล่าวด้วยความเร็วที่พอเหมาะ เพื่อควบคุมอุณหภูมิในเตาเผา และถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

4.4 การถ่ายเทความร้อนในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

พลังงานความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาจากการเผาไหม้ถ่านหินในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาสูงขึ้น และมีการถ่ายเทความร้อนไปสู่ท่อน้ำเย็นที่ขดอยู่ภายในเตาเผาทำให้น้ำที่ ไหลผ่านท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดและกลายเป็นไอน้ำที่มีความดันสูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหมุนกังหันและปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ความร้อนต่อไป

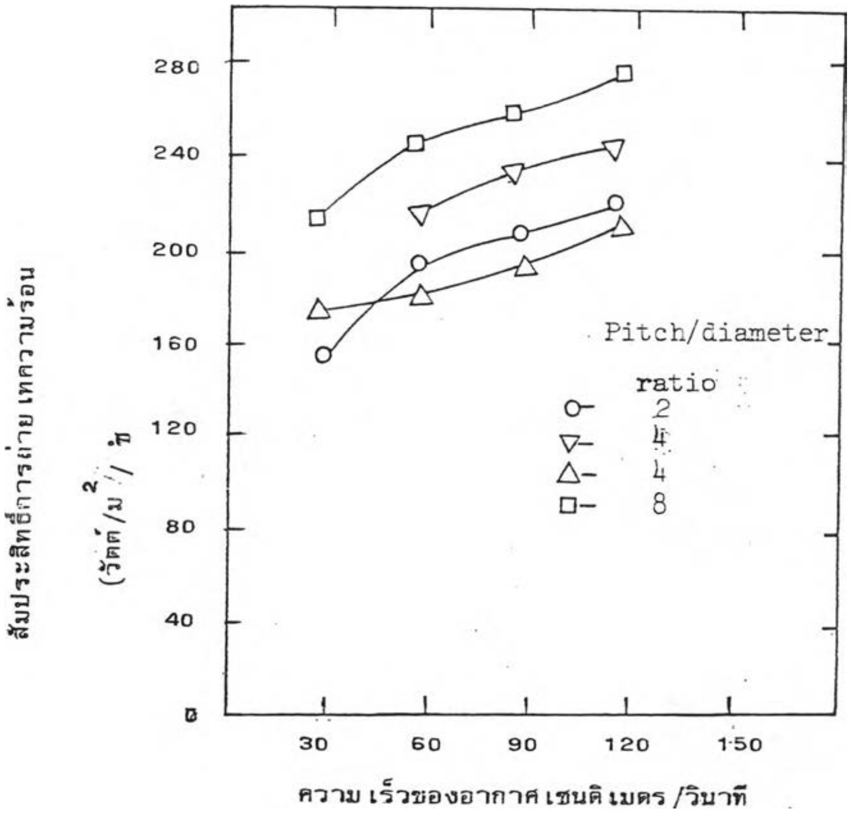
ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนภายในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

4.4.1 ขนาดของเชื้อเพลิง

จากการทดลองของ Williams และผู้ร่วมงาน[27] ได้ทำการทดลองเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดพบว่า ถ้าใช้เชื้อเพลิงขนาดเล็ก จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ และจากการทดลองของสถาบัน B.C.U.R.A. ในประเทศอังกฤษ[19] โดยใช้เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดขนาดเล็ก อุณหภูมิบริเวณเบดอยู่ในช่วงระหว่าง 750-800 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อลดขนาดของเชื้อเพลิงจากขนาด 3.5-0.85 มิลลิเมตร เป็น 0.85-0.50 มิลลิเมตร จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนเพิ่มจาก 245.3 กิโลแคลอรี่ /ชม./ม^2/°ซ เป็น 275.4 กิโลแคลอรี่/ชม./ม^2/°ซ

4.4.2 ความเร็วของอากาศภายในเตาเผา

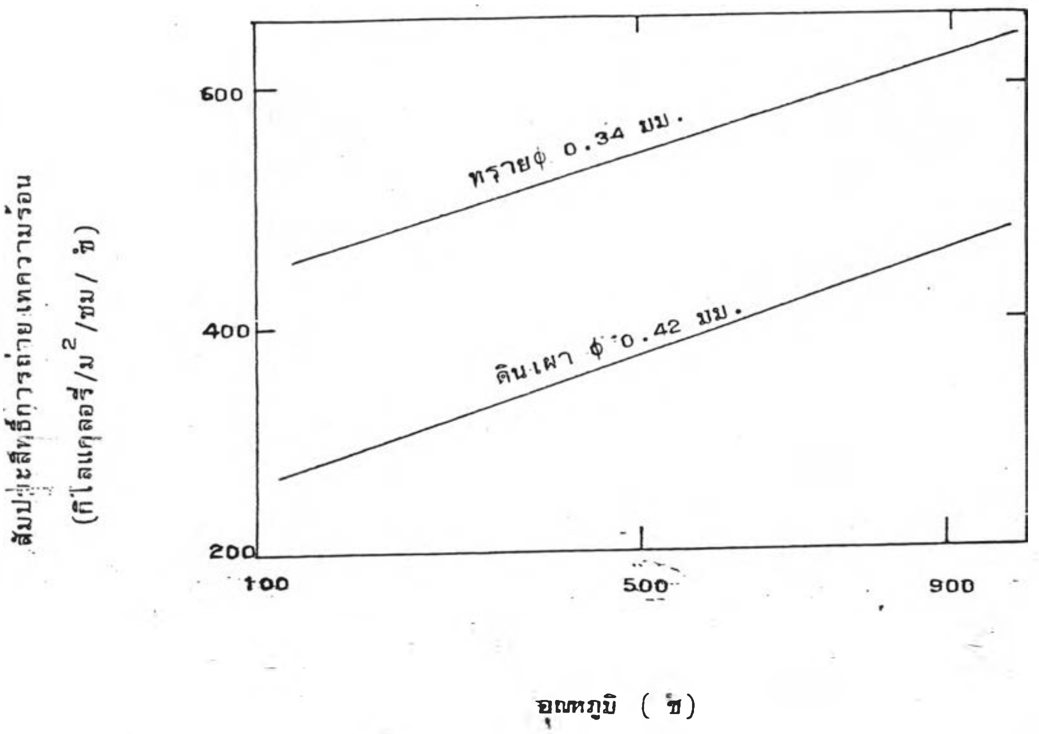
เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านเตาเผาเป็นตัวช่วยให้เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดไดเซชั่นและช่วยการสันดาปเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผา และมีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้วย จากการทดลองของ McLarenและ Williams[30] โดยใช้อนุภาคขนาด 1.70 มิลลิเมตร ในเตาเผาที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 90 เซนติเมตร มีท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตรบรรจุอยู่ภายในเตาเผา และใช้อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของท่อกับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (Pitch/diameter ratio)อยู่ในช่วง 2-8 ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะแปรเปลี่ยนตามความเร็วของอากาศในเตาเผาที่เพิ่มขึ้น โดยจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศในเตาเผาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับความเร็วของอากาศ ได้จากผลการทดลองของ McLaren และ Williams

4.4.3 อุณหภูมิภายในเตาเผา

ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาสันดาปเชื้อเพลิง ทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาสูงขึ้น และมีการถ่ายเทความร้อนจากเตาเผาไปสู่ท่อที่บรรจุอยู่ภายในซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นอุณหภูมิในเตาเผาจึงมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนภายในเตาเผาด้วย[9][10][26] จากการทดลองของ Kharchenko และ Makhorin[28] พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นเกือบเป็นแนวเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ได้จากการทดลองของ Kharchenko และ Makhorin

สำหรับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน อาทิเช่น การจัดวางท่อในเตาเผา อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของท่อกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (Pitch/diameter ratio) ความสูงของเบด ความหนาแน่นของเบด และความดันในเตาเผาเป็นต้น อย่างไรก็ตามตัวแปรเหล่านี้มีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนไม่มากนัก [26]

4.5 การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์นั้นส่วนใหญ่จะประกอบด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) แต่อาจมีก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) รวมอยู่ด้วยแต่มีปริมาณน้อย [24] ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนหนึ่งจะถูกกำจัดโดยส่วนประกอบของเถ้าถ่านหิน แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของถ่านหิน อุณหภูมิการเผาไหม้ และระยะเวลาการได้รับความร้อน อย่างไรก็ตามการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ โดยเถ้าถ่านหินนั้นสูงสุดไม่เกินร้อยละ 30 [29]

สำหรับกระบวนการกำจัดหรือลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือนั้นจะใช้หินปูน (Limestone) หรือโดโลไมต์ (Dolomite) เติมลงไปในเตาเผาพร้อมกับการป้อนถ่านหิน หินปูนที่เติมลงไปในเตาเผานั้นจะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

หรือปูนไลม์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยมีก๊าซออกซิเจนเป็นตัวช่วย ทำให้ได้สารประกอบแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ซึ่งสามารถเขียนสมการของกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้หินปูนได้ดังนี้

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{เผา}} CaO + CO_2 \qquad (4.5.1)$$

$$CaO + SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CaSO_4 \qquad (4.5.2)$$

สำหรับโดโลไมต์ ซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเติมเข้าไปในเตาเผาก็จะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นสารประกอบของแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ (CaO.MgO) ซึ่งแคลเซียมออกไซด์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ส่วนแมกเนเซียมออกไซด์ถึงแม้จะทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้น้อยมาก แต่จะช่วยให้แคลเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ได้สมบูรณ์ขึ้น[24] สำหรับสมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$CaCO_3 . MgCO_3 \longrightarrow CaO.MgO + 2CO_2 \qquad (4.5.3)$$

$$CaO.MgO + SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaSO_4.MgO \qquad (4.5.4)$$

เนื่องจากเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด จะเผาถ่านหินลิกไนท์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 900 องศาเซลเซียส ดังนั้นแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาข้างต้น จะไม่สลายให้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) อีก และจะถูกนำออกจากเตาเผาทางท่อระบายเถ้าถ่าน (Ash removal) ซึ่งอยู่ส่วนล่างของเตาเผา

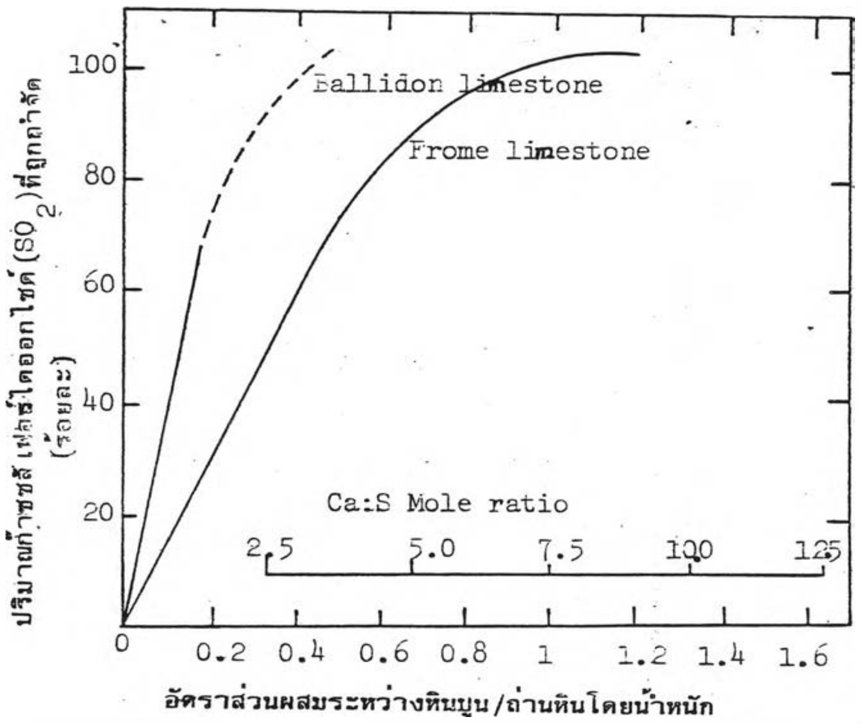
ประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญดังนี้

4.5.1 หินปูน (Limestone)

เนื่องจากหินปูนมีหลายชนิดที่มีคุณสมบัติการดูดซึมหรือทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แตกต่างกันยกตัวอย่าง เช่น หินปูนแข็ง (Hard stones)จะมีคุณสมบัติการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำ ทั้งนี้เพราะมีรูพรุนน้อยทำให้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึมเข้าไปภายในได้น้อย[24] ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงต่ำ และต้องใช้จำนวนมากกว่าชนิดอื่น

จากผลการทดลองของ Beacham และMarshall[26] โดยทดลอง เผาถ่านหินซึ่งมีส่วนประกอบของกำมะถันร้อยละ 3 ถึง 5.5 และใช้หินปูน 2 ชนิดคือ Ballidon limestone และ Frome limestone เป็นตัวกำจัดก๊าซซัล เฟอร์ไดออกไซด์ อุณหภูมิภายใน เตา เผาประมาณ 850 องศา เซล เซียส ปรากฏว่าประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซซัล เฟอร์ไดออกไซด์ของหินปูนทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.4

4.5.2 อัตราส่วนผสมระหว่างหินปูนกับถ่านหิน หรือแคล เซี่ยม (Ca)กับกำมะถัน (S) จากรูปที่ 4.4[26] แสดงให้ เห็นประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซซัล เฟอร์ไดออกไซด์ของหินปูนทั้ง 2 ชนิดโดยแปร เปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างหินปูนกับถ่านหินและระหว่างแคล เซี่ยม กับกำมะถัน พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสม เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะ เพิ่มขึ้นด้วย และ เนื่องจากหินปูนทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันจึงต้องใช้อัตราส่วนผสมระหว่างแคล เซี่ยมกับกำมะถันแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามหินปูนทั้งสองชนิดนี้ก็สามารถกำจัดก๊าซซัล เฟอร์ไดออกไซด์ได้สูงสุดถึงร้อยละ 98 แต่ใช้ปริมาณแตกต่างกัน



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัล เฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกกำจัดกับอัตราส่วนผสมของหินปูน/ถ่านหินโดยน้ำหนักและ เปรียบ เทียบการใช้หินปูน 2 ชนิด