

การควบคุมมลพิษ

ปัจจุบันปัญหาสภาวะแวดล้อมเป็นพิษกำลัง เป็นปัญหาที่หลายประเทศต้องเผชิญอยู่ไม่เพียง ประเทศอุตสาหกรรมเท่านั้น แม้แต่ประเทศเกษตรกรรมอย่างประเทศไทยก็ตามปริมาณมลสารในอากาศที่เป็นพิษ โดยเฉพาะย่านอุตสาหกรรมได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น และพบว่าโดยทั่วไปมลพิษในอากาศเกิดจากการเผาไหม้ถึงประมาณ 90 % ของมลสารในอากาศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ (33) ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) อนุภาคมลสาร (particulate) และซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO<sub>x</sub>) การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยทั่วไปมักเกิดมลสารทั้งห้าตัวนี้ สำหรับการเผาไหม้ถ่านหินในฟลูอิดIZED bed จะให้มลพิษที่สำคัญและเป็นมลพิษที่พิจารณาได้ในสามตัวสุดท้าย รวมทั้งส่วนที่เป็นกากหรือของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ (solid residue) มลพิษดังกล่าวนี้สามารถควบคุมให้อยู่ในพิกัดที่กำหนดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายได้

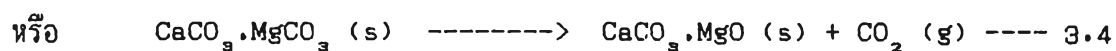
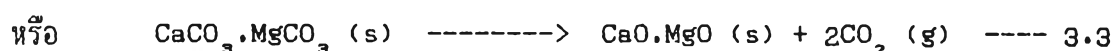
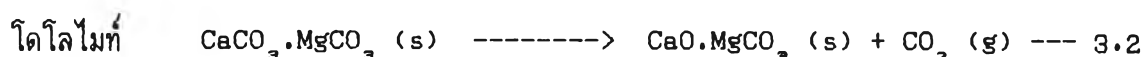
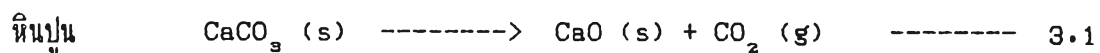
3.1 ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO<sub>x</sub>)

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันประกอบอยู่ (ประมาณ 1-10%) มากน้อยแตกต่างกันไปแล้วแต่แหล่งกำเนิด เมื่อถูกเผาไหม้กำมะถันเหล่านี้ถูกเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นสารประกอบออกไซด์มีสถานะเป็นก๊าซ โดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO<sub>x</sub>) ซึ่งพบอยู่ในรูปสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) มากกว่าซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO<sub>3</sub>)

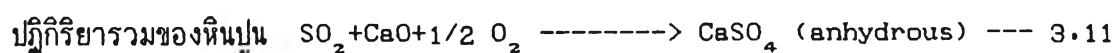
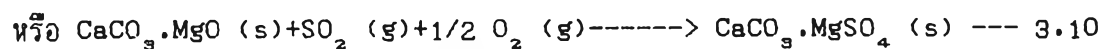
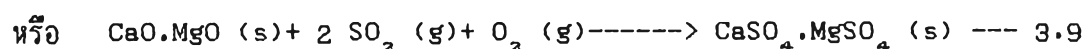
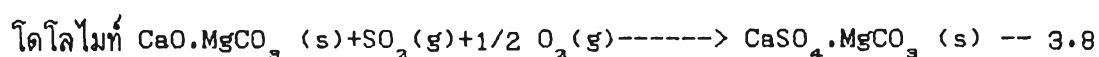
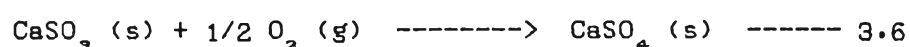
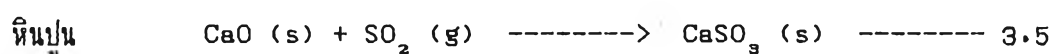
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี แต่มีรส ที่ระดับความเข้มข้นสูงมากพอจะมิกลิ่นเหม็นระคายจมูก สามารถละลายน้ำได้ดีให้สารละลายมีฤทธิ์ เป็นกรดกัดกร่อนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์เลี้ยงและพืช เราทำการกำจัดได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอเนตเช่น หินปูน (limestone, CaCO<sub>3</sub>) หรือ โดโลไมท์ (dolomite, CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>) ให้สารประกอบที่อยู่ในสถานะของแข็งเป็นสารประกอบซัลเฟต ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีกลไกอย่างไรยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างแน่ชัด (34,35) แต่ปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นมี 2 ปฏิกิริยา (10,36,37)

3.1.1 แคลซิเนชัน (calcination) เป็นปฏิกิริยาการสลายตัวของตัวดูดซับ (sorbent) เมื่อได้รับพลังงานความร้อนเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์มีความพรุนและว่องไวต่อ

## ปฏิกิริยา



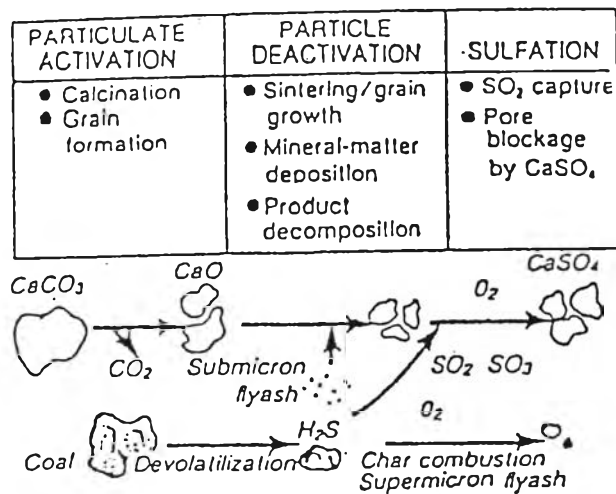
3.1.2 ซัลเฟชัน (sulfation) เป็นปฏิกิริยาสำคัญระหว่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารประกอบออกไซด์ ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนมากเกินพอเกิดเป็นสารประกอบซัลเฟตมีสีน้ำตาล ภายในรูปอนุภาคนิวเคลียสของอนุภาคจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



จากการเปรียบเทียบปริมาณโมลพบว่าแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มีปริมาณโมลน้อยกว่า (17 ลบ.ชม./โมล) เมื่อเกิดปฏิกิริยาซัลเฟชันเป็นแคลเซียมซัลเฟต (CaSO<sub>4</sub>)

จะมีปริมาตรโมเลกุลเพิ่มขึ้น (52 ลบ.ซม./โมล) ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาซัลเฟชัน แคลเซียมซัลเฟตจะไปอุดรูพรุน ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่สมบูรณ์จึงต้องใช้ปริมาณสารประกอบคาร์บอนเตมากเกินพอ (35,38,39,40) ซึ่งอธิบายได้ด้วย Grain model และ Pore plugging model (5,10,36,41) Burdett (34) พบว่าแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในโดโลไมท์เป็นตัวทำให้การอุดตันของรูพรุนลดลง และแม้ว่าแมกนีเซียมออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้น้อยมาก แต่จะช่วยให้แคลเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้สมบูรณ์ Reid (42) ได้ทดลองพบว่าแคลเซียมออกไซด์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 980 °ซ และแมกนีเซียมออกไซด์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 650 °ซ ส่วน Battelle Memorial (43) พบว่าในภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูง (ประมาณ 3000 ส่วนในล้านส่วน) ที่อุณหภูมิ 1230 °ซ ปฏิกิริยาซัลเฟชันจะดำเนินไปทางขวามือ และแมกนีเซียมออกไซด์จะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 870 °ซ และภาวะที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง ปฏิกิริยาแคลซิเนชันจะเกิดเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับที่อุณหภูมิต่ำกว่า 770 °ซ Bertrand , Frost และคณะ (44) พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะทำปฏิกิริยาซัลเฟชันกับแมกนีเซียมออกไซด์ที่อุณหภูมิ 430-700 °ซ แคลไซด์ของแมกนีไซต์ (MgCO<sub>3</sub>) และบรูไซต์ (Mg(OH)<sub>2</sub>) สามารถจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เล็กน้อย

จากปฏิกิริยาดังกล่าวนี้สามารถแสดงในรูปแบบกลไกพื้นฐานทางเคมีดังนี้



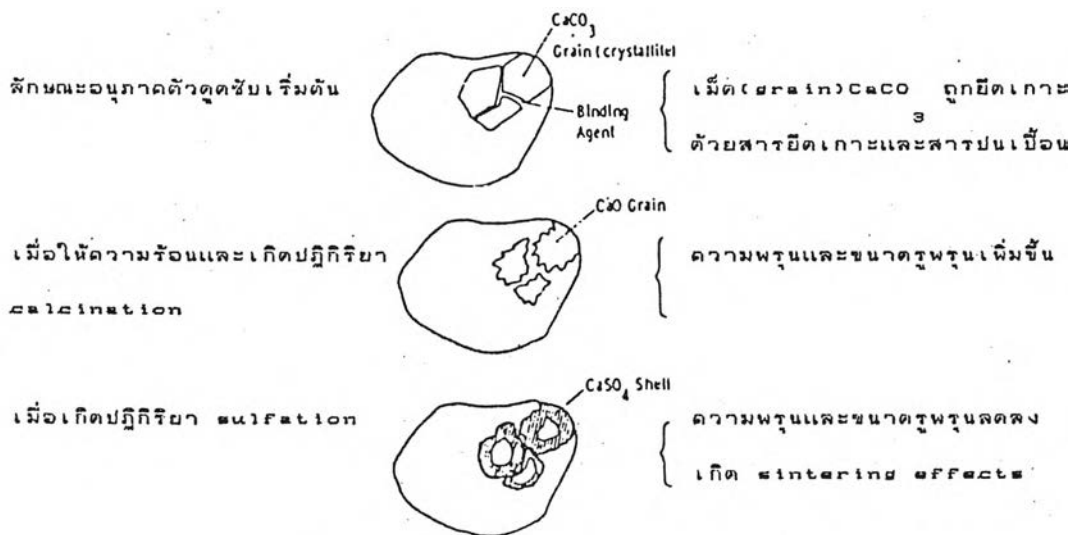
รูปที่ 3.1 พื้นฐานทางเคมีของการเกิดแคลซิเนชันและซัลเฟชัน (39)



ข้อสมมติฐานข้างบน ทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเตาเผาแบบฟลูอิดไรส์เบด ได้ 2 อย่าง (39)

### 3.1.1.1 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นกับเม็ดตัวดูดซับ (sorbent particle reaction phenomena)

ในรูปที่ 3.1 แสดงมโนทัศน์ของการกำจัดกำมะถันของหินปูนหรือโดโลไมท์ ซึ่งสัมผัสกับก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประกอบอยู่ พิจารณาว่าอนุภาคของตัวดูดซับเป็นอนุภาคเดี่ยวและอยู่หนึ่ง กล่าวคือตัวดูดซับประกอบด้วยผลึกหลายอันมารวมกัน ด้วยตัวประสานในธรรมชาติสารหลักที่พบเสมอคือ แคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต ทราบ และสารเจือปนอื่น ๆ ได้แก่  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Na_2O$  และ  $K_2O$  เป็นต้น ขึ้นกับแหล่งของตัวดูดซับนั้นๆ



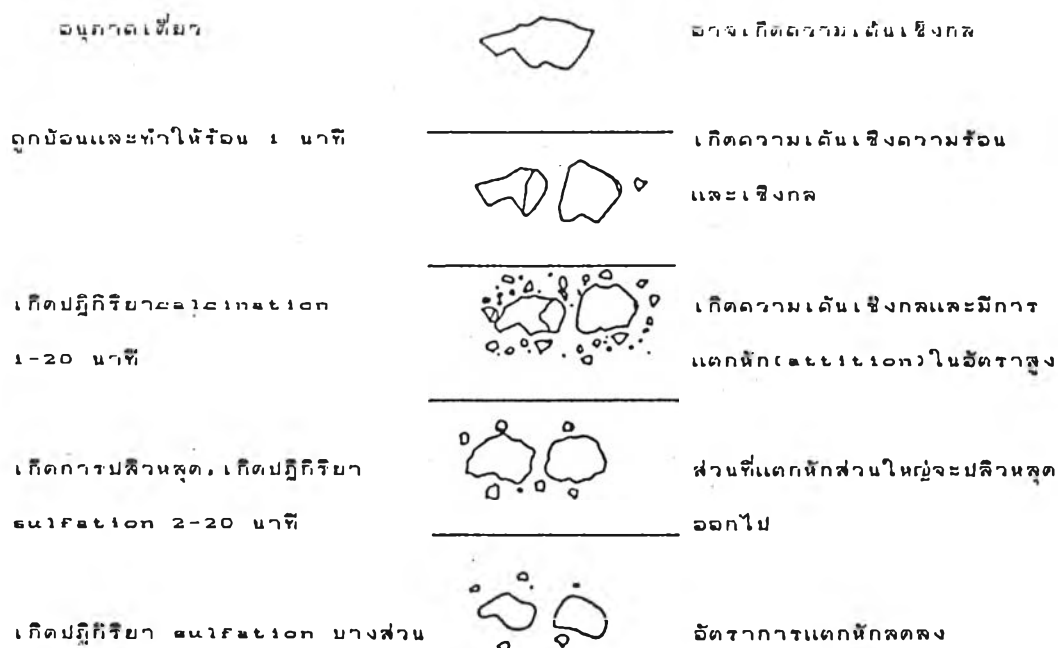
รูปที่ 3.2 ปรากฏการณ์ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับตัวดูดซับ (39)

ปฏิกิริยาเริ่มต้นเกิดจากการที่หินปูนหรือโดโลไมท์ได้รับความร้อนแล้วเกิดปฏิกิริยาแคลซิเนชันทำให้ ความพรุน ขนาดของรูพรุน และพื้นที่ผิวเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น บางครั้งเกิดปฏิกิริยาการหลอมตัว (sintering) ของสารเจือปน แต่ปฏิกิริยาแคลซิเนชันเกิดได้ดีกว่า

หลังจากนั้นตัวดูดซับ (CaO) ทำปฏิกิริยากับก๊าซซิลิเฟอไรด์ออกไซด์ที่แพร่ไปยังผิวของผลึกของตัวดูดซับกลายเป็นแคลเซียมซิลิเฟต ครั้นเวลาผ่านไปแคลเซียมซิลิเฟตที่เกิดขึ้นจะไปอุดตันรูพรุน ทำให้ปฏิกิริยาซิลิเฟชั่นเกิดได้ไม่สมบูรณ์จึงต้องใช้ตัวดูดซับมากกว่าปริมาณมวลสารสัมพันธ์ (Stoichiometry)

### 3.1.1.2 ปฏิกิริยาของเม็ดของแข็งในเบด (fluid bed phenomena)

ในระบบฟลูอิดเบดจะมีการผสมผสานกันอย่างดี อนุภาคแต่ละอนุภาค เคลื่อนที่ตลอดเวลาเกิดการขัดสีกันเองหรือกับผนังเตา ทำให้บางส่วนเกิดการแตกหักกลายเป็นชิ้นเล็กและปลิวหลุดออกจากเบด แหล่งที่ทำให้เกิดการขัดสีอาจเกิดจากแรงกระทำเชิงกล (mechanical) ความร้อนและแรงเค้นทางเคมี (thermal and chemical stresses)



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงภายในเบดของตัวดูดซับ (39)

การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคดังกล่าวนี้มีผลอย่างมากต่อเวลาที่อนุภาคอยู่ในเบดจึงทำให้เกิดการสูญเสียอนุภาคที่เกิดปฏิกิริยาอย่างไม่สมบูรณ์ จากการศึกษาทางจลศาสตร์ของปฏิกิริยา

ซัลเฟชันพบว่าในหลายกรณีอัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงในเชิงเอ็กโปเนนเชียล (5, 25, 29) นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิกิริยามีอันดับหนึ่ง เมื่อเทียบกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับออกซิเจนเมื่อมีปริมาณอากาศมากเกินพอ (5, 38, 40, 42, 45) จากลักษณะเช่นนี้จึงมีเหตุผลหลายประการที่คล้ายกับแบบจำลองของปฏิกิริยาระหว่างก๊าซและของแข็งคือ Shrinking-core model และโครงสร้างรูพรุนของ calcine limestone คล้ายกับ Grain theory (5) จากนั้นได้มีผู้พัฒนาแบบจำลองต่างๆ ได้รับความสัมพันธ์ดังนี้ (37)

$$S = S_0 \exp(-k_d t') \quad \text{-----} \quad 3.12$$

ถ้าหากในระบบมีการผสมผสานกันดีมาก จะได้ว่า

$$\ln \left| \frac{C_{s,0}}{C_s} - 1 \right| = \ln(6k_d M_p / \rho_p d_p^2 Q) - k_d t' \quad \text{----} \quad 3.13$$

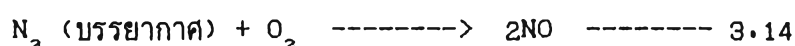
นอกจากนี้ G. Marroquin และ Liang-Shih Fau (46) พบว่าปฏิกิริยาซัลเฟชันจะเกิดขึ้นในเบดและฟลูอิเดด โดยตั้งสมมติฐานว่าระบบเป็นการผสมผสานแบบสมบูรณ์ (complete back mixing) และเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาอธิบายเช่นกัน จากการศึกษาของวิศวกรเคมีและนักวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ฟลูอิเดชันเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพต่ำและมีปริมาณกำมะถันสูง โดยให้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำกว่าที่กักขังภายใต้สภาวะการทดลอง (operating condition) ที่เหมาะสม

### 3.2 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>)

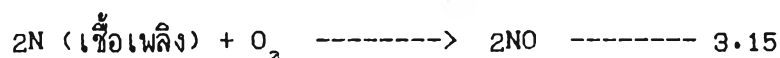
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติได้แก่ น้ำผ่า น้ำแลบ ภูเขาไฟระเบิด หรือจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง อุตสาหกรรมกรดไนตริก ชุบโลหะ กรดกำมะถัน และวัตถุระเบิด เป็นต้น ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) ที่สำคัญคือ ก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ก๊าซเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับแสง (photochemical reaction) ในบรรยากาศก่อให้เกิดหมอกที่เรียกว่า smog และสารประกอบที่มีพิษ (noxious compound) เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ก๊าซเหล่านี้จึงจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ (air pollution) ซึ่งจะต้องควบคุมปริมาณไม่ให้เกินพิกัดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สามารถเกิดได้จากการเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมัน ซึ่งพบว่าจะมีก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) มากกว่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) (8,33) ปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ อุณหภูมิการเผาไหม้ ปริมาณอากาศมากเกินไป และการนำก๊าซเสียกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากการเผาไหม้เป็น 2 ลักษณะ (5,47)

3.2.1 Thermal NO<sub>x</sub> เป็นการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 800 °C)



3.2.2 Fuel NO<sub>x</sub> จะเกิดขึ้นในขณะที่เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ มีธาตุไนโตรเจนปะปนอยู่ในเชื้อเพลิงจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศ

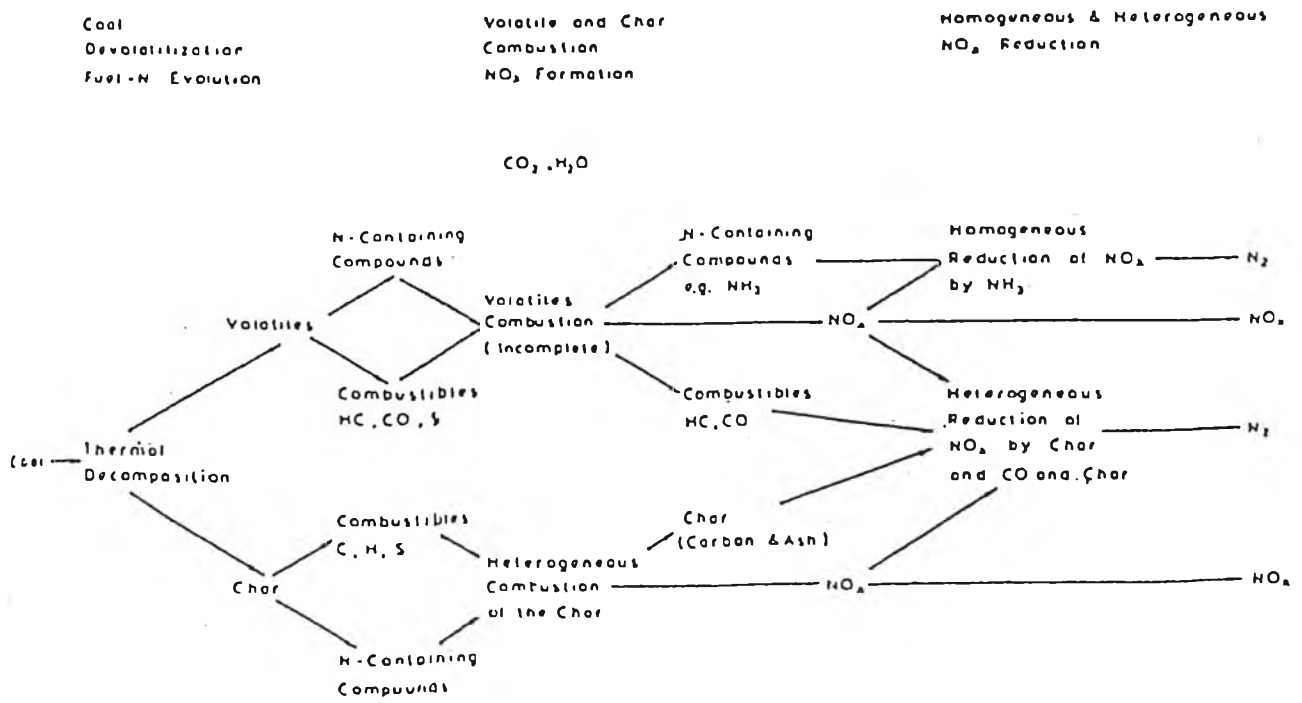
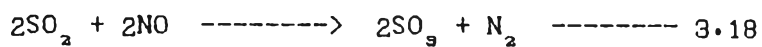
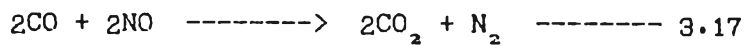
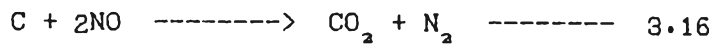


โดยทั่วไประบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดไธด์เบดจะเกิดปฏิกิริยาที่สลับมากกว่า (ประมาณ 90%) กลไกการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบในถ่านหินจะเกิดการสลายตัวเป็น 2 ส่วนดังกล่าวคือสารระเหยและถ่านชาร์ ในแต่ละส่วนจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเมื่อเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงไนโตรเจนจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่อยู่ในสถานะก๊าซ กลไกการเปลี่ยนรูปและเกิดเป็นก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด (8) การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในการเผาไหม้แบบฟลูอิดไธด์อาจเกิดขึ้นได้ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.4

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้ของสารระเหยและถ่านชาร์โดยปฏิกิริยารีดักชันแบบเนื้อเดียวกันและเนื้อไม่สม (homogeneous and heterogeneous reaction) กับถ่านชาร์ สารประกอบไนโตรเจนในสารระเหยจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) เมื่อสารระเหยถูกเผาไหม้แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ ส่วนถ่านชาร์ที่เหลือจะถูกเผาไหม้



ไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบอยู่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นไนตริกออกไซด์เช่นกัน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันกับคาร์บอนหรือคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไนโตรเจนได้หากอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (10, 47) ดังสมการของปฏิกิริยาข้างล่างนี้



รูปที่ 3.4 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในถ่านหินในการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดเซชัน (48)



จากการทดลองพบว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกจากระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิไดซ์เบดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและชนิดของถ่านหิน สัดส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง อุณหภูมิภายในเบด ความเร็วอากาศและชนิดของตัวดูดซับ (47,48) ดังนั้นในการทดลองจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ เพื่อให้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปลดปล่อยไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ซึ่งจะทำลายชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้เสียไป

### 3.3 อนุภาคมลสารและส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ (particulate and solid residue) (47,49)

อนุภาคมลสารเป็นมลสารที่เป็นของแข็งแขวนลอยอยู่ในอากาศ จากการเผาไหม้ในเตาเผาแบบฟลูอิไดซ์เบดอนุภาคมลสารประกอบด้วยเถ้าของเชื้อเพลิง และบางส่วนของตัวดูดซับรวมทั้งอนุภาคคาร์บอนขนาดเล็กที่ยังเผาไหม้ไม่หมด ที่ถูกแยกออกจากก๊าซร้อนโดยการใช้เครื่องแยกเชิงกลแบบไซโคลน (cyclone) ในระบบการเผาไหม้ลักษณะนี้อาจมีการออกแบบให้มีการนำอนุภาคส่วนนี้กลับมาใช้อีกเป็นการทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น สำหรับส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านหินในฟลูอิไดซ์เบด (fluidized bed combustion residue) ซึ่งรวมทั้งส่วนที่เป็นอนุภาคมลสารที่ปลิวหลุด (entrainment or elutriation or carryover) และอนุภาคจากท้อลัน (overflow) ทั้งสองส่วนนี้มีขนาดต่างกัน ในการเผาไหม้ที่กรณีเตาเผาที่มีขนาดใหญ่และมีของเหลือจากการเผาไหม้เป็นปริมาณมาก จะมีปัญหาในการกำจัดของเสีย (solid waste) เหล่านี้ ด้วยเหตุที่ของเสียเหล่านี้ปกติประกอบด้วย  $\text{CaO}$   $\text{MgO}$   $\text{CaSO}_4$  และ  $\text{MgO}$   $\text{CaCO}_3$  หรือ  $\text{MgO}$   $\text{CaSO}_4$  และ  $\text{MgO}$   $\text{CaO}$  สารเหล่านี้สามารถนำไปใช้และก่อให้เกิดประโยชน์ได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณและคุณสมบัติทางเคมีของตัวดูดซับที่ใช้แล้ว (spent sorbent) ด้วย การควบคุมภาวะแวดล้อมสถานที่ในการกองเก็บ และที่สำคัญต้องคำนึงถึงในแง่เศรษฐศาสตร์ กับความต้องการของตลาด

การนำของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้หรือตัวดูดซับที่ถูกใช้แล้วมาใช้ใหม่มี 2 ลักษณะ

3.3.1 นำไปใช้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (disposal/ utilization of unprocess spent sorbent)

3.3.2 นำไปผ่านกระบวนการทางเคมีหรือใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมการผลิตเช่น กรดซัลฟูริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) กำมะถัน (sulfur) เป็นต้น

การนำของเสียเหล่านี้ไปใช้เพื่อประโยชน์ในแง่ต่างๆ เช่น ปรับปรุงดิน (soil stabilization) คอนกรีต ถมที่ อุตุนความร้อน ยิบซั่ม ปรับสภาพน้ำเสีย หรือ acidmine drainage เหล่านี้จะต้องทำการศึกษผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมด้วย EPA Industrial Environmental Research Laboratory ได้ทำการศึกษาของเหลือทิ้งเหล่านี้ใน 2 ลักษณะคือ วิเคราะห์คุณสมบัติและปฏิกิริยาของของแข็งที่เหลือเหล่านี้ต่อสภาวะแวดล้อม (environmental media) และพัฒนาวิธีการควบคุมสภาวะแวดล้อมเมื่อมีการนำของเสียเหล่านี้ไปใช้ในแต่ละกรณี Westinghouse R&D Center ได้ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารที่มีอยู่ในของแข็งซึ่งเป็นส่วนเหลือจากการเผาไหม้ โดยมีพื้นฐานของการพิจารณาจากคุณลักษณะของของเหลือ (residue characteristic) การทดสอบการชะล้าง (leaching test) และการทดสอบความว่องไวต่อปฏิกิริยา (activities test) ผลการทดลองจะมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของน้ำดื่ม (drinking water standards, DWS) Resource Conservation and Recovery Act (RARC)

จากรายงานการทดลองนี้ได้แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของส่วนเหลือทิ้งโดยการทดสอบของ Argonne National Lab (ANL) , Exxon , Pope Evans and Robbins (PER) Morgantown Energy Reserch Center (MERC) , Babcock and Wilcox, Inc. (B&W) และ National Coal Board (Leather, England) ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อนำส่วนเหลือทิ้งมาทำการชะล้างด้วยน้ำ พบว่าน้ำที่ชะล้างแล้วจะมีโลหะหนัก Ag , Ar , B , Cd , Cr , Hg , Pb และ Se ต่ำมาก (ต่ำกว่า 10 เท่าของค่ากำหนดมาตรฐานของน้ำดื่ม) ไม่ก่อให้เกิดอันตราย (non-toxic และ nonhazardous) นอกจากนี้ยังไม่พบสารประกอบพวก chlorinataed organic pesticides และ herbicides และยังพบต่อไปอีกว่าส่วนเหลือทิ้งเหล่านี้ไม่สามารถลุกติดไฟได้เอง (ignitable) ไม่กัดกร่อน (corrosive) และไม่ว่องไว (non reactive) สำหรับการทดสอบผลของการสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) การผันแปรของยีนส์ (mutagenicity) ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (aquatic toxicity) และ phototoxicity จากการทดสอบของ Oak Ridge National Laboratory พบว่าให้ผลเป็นลบ (negative) ทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถนำเอาส่วนเหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ นอกจากนี้ L. John Minnick และคณะ (50) ได้ทำการใช้ส่วนเหลือทิ้งเหล่านี้ผสมทำซีเมนต์โดยทำการคัดขนาดเข้า ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ผสมทำซีเมนต์หล่อเป็นรูปทรงกระบอกและบ่มทิ้งไว้ 28 วัน หลังจากนั้นวัดความแข็งแรง (strength) ได้ 4000 psi

ดังนั้นอนุภาคมลสารหรือของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้สามารถทำการควบคุมและนำไปใช้เพื่อเป็นประโยชน์และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิต การเผาไหม้ถ่านหินในฟลูอิโดซ์เบดจึงสามารถควบคุมมลพิษสำคัญทั้งสามดังกล่าว ซึ่งได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนตริกออกไซด์ และอนุภาคมลสาร รวมทั้งของแข็งส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ได้ เมื่อทำการทดลองภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและการออกแบบอุปกรณ์การเผาไหม้ที่ดี ซึ่งจะทำให้ได้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงมีระดับมลพิษที่ปลดปล่อยอยู่ภายใต้พิกัดที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและปรับปรุงเตาเผาไหม้แบบฟลูอิโดซ์และหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป