บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงคุณภาพถ่านหินให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน นอกจากความสำคัญของคุณภาพถ่านหินเริ่มต้นแล้ว ปัญหามลภาวะอันเกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากเมื่อเผาไหม้ถ่านหิน กำมะถันที่มีอยู่จะก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ จะทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เมื่อรวมตัวกับไอน้ำในอากาศ จะกลายเป็นกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาของปูนขาว กับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของถ่านหิน ทำการทดลองโดยใช้ถ่านหินแหล่งแม่เมาะ 3 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 อิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อการขจัดกำมะถัน เมื่อทำการเผาไหม้ถ่านหิน

5.1.1 ผลของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล)

ปูนขาวที่เติมลงไปในถ่านหินทำหน้าที่ดูดจับ SO_2 ที่เกิดขึ้น จากการทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน CaO/S ในช่วงตั้งแต่ 0-3 พบว่าถ่านหินแม่เมาะทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่มีร้อยละการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อยู่ในช่วง 84-88 สามารถลดการปล่อยก๊าซได้ร้อยละ 57-73 กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วน CaO/S ถ่านหินปล่อย SO_2 ลดน้อยลง และเมื่อเพิ่มอัตราส่วน CaO/S เป็น 3 ปูนขาวยังไม่สามารถดูดจับ SO_2 ได้หมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือ $CaSO_4$ เข้าไปอุดตันรูพรุนของ CaO ทำให้ความพรุน (porosity) และพื้นที่ผิวสัมผัส (surface area) ของ CaO ลดลงอย่างมาก CaO ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา มีโอกาสทำปฏิกิริยากับ SO_2 น้อยลง เป็นผลให้ไม่สามารถดูดจับ SO_2 ได้หมด

5.1.2 ผลของอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ่านหินทั้งที่เติมและไม่เติมปูนขาวจะปล่อยก๊าซของกำมะถันออกมามากขึ้น สำหรับถ่านหินที่มีปริมาณกำมะถันรวมเริ่มต้นมากกว่า จะปล่อยกำมะถันในก๊าซออกมามากกว่าด้วย

ในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาคือ 600-1000 °ซ สามารถแบ่งปริมาณการปล่อยกำมะถันในก๊าซออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงแรก (อุณหภูมิ 600-800 °ซ) มีปริมาณการปล่อยเพิ่มขึ้น

อย่างรวดเร็ว ช่วงที่สอง (อุณหภูมิ 800-900 °ซ) ปริมาณการปล่อยลดน้อยลงกว่าช่วงแรก และช่วงที่สาม (อุณหภูมิ 900-1000 °ซ) ปริมาณการปล่อยค่อนข้างคงที่

5.2 การศึกษาหาอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และอุณหภูมิที่เหมาะสม

สำหรับถ่านหินแม่เมาะ 3 ตัวอย่างซึ่งมีปริมาณกำมะถันรวมในช่วง 2-5 % พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกำมะถันในก๊าซ ได้แก่ อัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) 2-2.5 ที่อุณหภูมิช่วง 800-900 °ซ

5.3 การศึกษาลำดับและชนิดของปฏิกิริยา ระหว่างปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปูนขาวที่เติมลงไปในถ่านหิน ในอัตราส่วน CaO/S ต่าง ๆ ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาคือ 600-1000 °ซ จากการวิเคราะห์ทาง X-ray diffraction ได้ $CaSO_4$ เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา ลำดับและชนิดของปฏิกิริยาที่น่าจะเป็นไปได้ คือ

ปฏิกิริยารวม (overall reaction) คือ

$$CaO + SO_2 + 1/2O_2 \longrightarrow CaSO_4 \quad \ldots\ldots (5.1)$$

ขั้นตอนย่อย (elementary step) เกิดขึ้นตามลำดับดังนี้

(1) $2\,FeS_2 + 11/2\,O_2 \longrightarrow Fe_2O_3 + 4SO_2$ ... (5.2)

(2) กำมะถันอินทรีย์ + O_2 $\longrightarrow$ SO_2 ..... (5.3)

(3) $SO_2 + 1/2\,O_2 \longleftrightarrow SO_3$ ..... (5.4)

(4) SO_3 ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ (3) ถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) จากวัฏภาคก๊าซไปยังผิวอนุภาค CaO แล้วเกิดปฏิกิริยาตามขั้นตอนที่ (6)

(5) SO_3 ที่ยังเหลืออยู่ แพร่ผ่าน $CaSO_4$ ที่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อยู่ในรูพรุนของ CaO เข้าไปยัง CaO ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา

(6) $CaO + SO_3 \longrightarrow CaSO_4$ ..... (5.5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเบื้องต้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (14,15) ที่อุณหภูมิในเตาหุงต้มประมาณ 800 °ซ ปูนขาวสามารถดูดจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 57-73 % อย่างไรก็ดีเพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐาน ถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ควรทำการศึกษาต่อไปในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) คุณสมบัติทางกายภาพของปูนขาว ได้แก่ ขนาดของรูพรุน (pore size) และพื้นที่ผิวสัมผัส (surface area)

2) ผลขององค์ประกอบต่าง ๆ ในถ่านหินเริ่มต้น ที่มีต่อการขจัดกำมะถัน เช่น สารประกอบ CaO, MgO เป็นต้น

3) ศึกษาลำดับและชนิดของปฏิกิริยาระหว่าง ปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้สารตัวอย่างที่เป็นสารบริสุทธิ์ เพื่อไม่มีผลข้างเคียงขององค์ประกอบอื่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย