



### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงคุณภาพถ่านหินให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน นอกจากความสำคัญของคุณภาพถ่านหินเริ่มต้นแล้ว ปัญหามลภาวะอันเกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากเมื่อเผาไหม้ถ่านหิน กำมะถันที่มีอยู่จะก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ ) เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ จะทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เมื่อรวมตัวกับไอน้ำในอากาศ จะกลายเป็นกรดซัลฟูริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาของปูนขาว กับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของถ่านหิน ทำการทดลองโดยใช้ถ่านหินแหล่งแม่เมาะ 3 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

#### 5.1 อิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อการขจัดกำมะถัน เมื่อทำการเผาไหม้ถ่านหิน

##### 5.1.1 ผลของอัตราส่วน $\text{CaO/S}$ (โดยโมล)

ปูนขาวที่เติมลงไปในถ่านหินทำหน้าที่ดูดจับ  $\text{SO}_2$  ที่เกิดขึ้น จากการทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน  $\text{CaO/S}$  ในช่วงตั้งแต่ 0-3 พบว่าถ่านหินแม่เมาะทั้ง 3 ตัวอย่างที่มีร้อยละการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อยู่ในช่วง 84-88 สามารถลดการปล่อยก๊าซได้ร้อยละ 57-73 กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วน  $\text{CaO/S}$  ถ่านหินปล่อย  $\text{SO}_2$  ลดน้อยลง และเมื่อเพิ่มอัตราส่วน  $\text{CaO/S}$  เป็น 3 ปูนขาวยังไม่สามารถดูดจับ  $\text{SO}_2$  ได้หมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือ  $\text{CaSO}_4$  เข้าไปอุดตันรูพรุนของ  $\text{CaO}$  ทำให้ความพรุน (porosity) และพื้นที่ผิวสัมผัส (surface area) ของ  $\text{CaO}$  ลดลงอย่างมาก  $\text{CaO}$  ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา มีโอกาสทำปฏิกิริยากับ  $\text{SO}_2$  น้อยลง เป็นผลให้ไม่สามารถดูดจับ  $\text{SO}_2$  ได้หมด

##### 5.1.2 ผลของอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ่านหินทั้งที่เติมและไม่เติมปูนขาวจะปล่อยก๊าซของกำมะถันออกมามากขึ้น สำหรับถ่านหินที่มีปริมาณกำมะถันรวมเริ่มต้นมากกว่า จะปล่อยกำมะถันในก๊าซออกมามากกว่าด้วย

ในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาคือ  $600-1000^\circ\text{C}$  สามารถแบ่งปริมาณการปล่อยกำมะถันในก๊าซออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงแรก (อุณหภูมิ  $600-800^\circ\text{C}$ ) มีปริมาณการปล่อยเพิ่มขึ้น

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

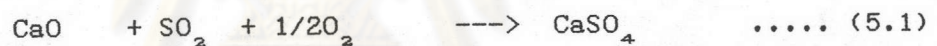
### 5.2 การศึกษาหาอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และอุณหภูมิที่เหมาะสม

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

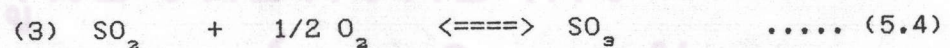
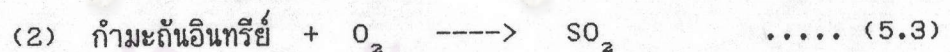
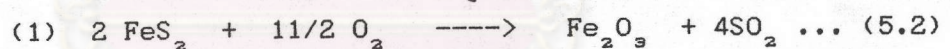
### 5.3 การศึกษาลำดับและชนิดของปฏิกิริยา ระหว่างปูนขาวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปูนขาวที่เติมลงไปในถ่านหิน ในอัตราส่วน CaO/S ต่าง ๆ ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา คือ 600-1000 °ซ จากการวิเคราะห์ทาง X-ray diffraction ได้  $\text{CaSO}_4$  เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา ลำดับและชนิดของปฏิกิริยาที่น่าจะเป็นไปได้ คือ

ปฏิกิริยารวม (overall reaction) คือ



ขั้นตอนย่อย (elementary step) เกิดขึ้นตามลำดับดังนี้



(4)  $\text{SO}_3$  ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ (3) ถ่ายเทมวลสาร (mass transfer)

จากวัฏภาคก๊าซไปยังผิวอนุภาค CaO แล้วเกิดปฏิกิริยาตามขั้นตอนที่ (6)

(5)  $\text{SO}_3$  ที่ยังเหลืออยู่ แพร่ผ่าน  $\text{CaSO}_4$  ที่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อยู่ในรูพรุนของ CaO เข้าไปยัง CaO ที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา



### ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเบื้องต้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (14, 15) ที่อุณหภูมิในเตาहुงต้มประมาณ 800 °C ปูนขาวสามารถดูดจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 57-73 % อย่างไรก็ตาม เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐาน 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