บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตถ่านหินอัดก้อนให้มีคุณภาพดี เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน นอกจากความสำคัญของคุณสมบัติถ่านหินเริ่มต้น, ความแข็งแรงของก้อนถ่านหิน และประสิทธิภาพการนำไปใช้แล้ว ปัญหามลภาวะอันเกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินอัดก้อนก็เป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องคำนึงถึง เมื่อเผาไหม้ถ่านหิน กำมะถันที่อยู่ในถ่านหินจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเน้นการศึกษาในด้านการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน ลักษณะการขจัดเป็นการขจัดระหว่างการเผาไหม้ โดยเติมปูนขาวเพื่อเป็นตัวดูดจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้กลายเป็นสารประกอบกำมะถันซัลเฟตตกอยู่ในเถ้าหลังการเผาไหม้ซึ่งไม่เป็นปัญหาในการขจัดต่อไป ถ่านหินที่นำมาศึกษาได้มาจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีปริมาณสำรองสูง และมีแนวโน้มการพัฒนาในเชิงพาณิชย์สูง คือ ถ่านหินแหล่งแม่เมาะ จ.ลำปาง แหล่งบางปูดำ และคลองหวายเล็ก จ.กระบี่, แหล่งบ้านปู และป่าคา จ.ลำพูน ถ่านหินทั้ง 5 แหล่งนี้ถูกนำมาอัดเป็นก้อน ที่อัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และร้อยละดินเหนียว (ใช้เป็นตัวประสาน) ต่าง ๆ กัน โดยช่วงอัตราส่วน CaO/S ที่ศึกษาเท่ากับ 0 ถึง 4 ในขณะที่ช่วงร้อยละดินเหนียวเท่ากับ 0 ถึง 40 ถ่านหินที่อัดเป็นก้อนเรียบร้อยแล้ว นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ เพื่อศึกษาถึงการเผาไหม้ที่สภาวะการใช้งานจริง จากนั้นจึงนำเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้มาวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวมและรูปแบบของกำมะถัน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ถ่านหินเริ่มต้น และเถ้าที่ได้หลังการเผาไหม้นำมาวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบผลของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และร้อยละดินเหนียวที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) ที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งาน เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาว ประสิทธิภาพการใช้งานจะสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง จากนั้นถ้าเพิ่มปูนขาวอีกต่อไปประสิทธิภาพการใช้งานกลับต่ำลง กล่าวได้ว่า การเติมปูนขาวในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ถ่านหิน

อัดก้อนมีอัตราการเผาไหม้ดีขึ้น และอัตราส่วน CaO/S ที่ให้ประสิทธิภาพการใช้งานสูงอยู่ในช่วง 1-2.5

2. ผลของดินเหนียวที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งาน เมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานมากขึ้น การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ถ้าปริมาณดินเหนียวในถ่านหินอัดก้อนมีมากเกินไป ประสิทธิภาพการใช้งานจะกลับต่ำลง นอกจากนี้ปริมาณเถ้าในถ่านหินเริ่มต้นยังมีความสัมพันธ์ต่อการอัดก้อน และประสิทธิภาพการใช้งานอีกด้วย เนื่องจากองค์ประกอบในเถ้าของถ่านหินคล้ายคลึงกับดินเหนียวมาก ดังนั้น ถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าสูงจึงต้องการดินเหนียวในการเป็นตัวประสานต่ำ อัดติดเป็นก้อนได้ง่าย และปริมาณดินเหนียวในถ่านหินอัดก้อนไม่ค่อยมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานมากเท่ากับถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าต่ำ ร้อยละดินเหนียวที่เหมาะสมซึ่งไม่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานต่ำเกินไป คือ ร้อยละ 10-30

3. ผลของปูนขาวที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน เมื่อไม่มีปูนขาวในถ่านหินอัดก้อน กำมะถันในถ่านหินเริ่มต้นที่ยังคงเหลืออยู่ในเถ้ามีปริมาณน้อยเพียงประมาณร้อยละ 15-30 และอยู่ในรูปกำมะถันซัลเฟตแทบทั้งหมด ส่วนที่กลายเป็นก๊าซ SO_2 ซึ่งเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมมีปริมาณถึงร้อยละ 70-85 เทียบกับกำมะถันเริ่มต้นในถ่านหินก่อนการเผาไหม้ ปริมาณกำมะถันที่เหลืออยู่ในเถ้าของถ่านหินอัดก้อนที่ไม่มีปูนขาวนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหินแต่ละแหล่ง โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบ CaO และ MgO ที่มีอยู่ในถ่านหินเริ่มต้น, ปริมาณกำมะถันซัลเฟตที่มีความเสถียรสูงไม่เกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิการเผาไหม้ ตลอดจนอนินทรีย์สารอื่นในถ่านหินที่มีผลต่อปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับก๊าซ SO_2 เช่น Fe_2O_3 เป็นต้น

เมื่อเติมปูนขาวในถ่านหินอัดก้อนยิ่งมีปริมาณปูนขาวมากขึ้น จะทำให้กำมะถันถูกปลดปล่อยไปในบรรยากาศน้อยลง หรือมีปริมาณกำมะถันในเถ้ามากขึ้น และกำมะถันแทบทั้งหมดในเถ้าจะอยู่ในรูปกำมะถันซัลเฟต เหลืออยู่ในรูปกำมะถันอินทรีย์ และกำมะถันไพไรต์ ในปริมาณน้อยมากจนไม่มีความสำคัญ

จากการทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 4 ถ่านหินอัดก้อนจากทุกแหล่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นของกำมะถันในเถ้าสูงมากที่อัตราส่วน CaO/S ต่ำกว่า 2 และเมื่ออัตราส่วน CaO/S มากกว่า 2 อัตราการเพิ่มของกำมะถันในเถ้าจะลดลงจนคงที่ที่อัตราส่วน CaO/S ประมาณ 3-4 ซึ่งให้ปริมาณกำมะถันในเถ้าสูงสุดประมาณร้อยละ 90-95

เหลือกำมะถันที่สูญหายไปในบรรยากาศเพียงร้อยละ 5-10 เท่านั้น สัดส่วนของกำมะถันซัลเฟตเทียบกับกำมะถันรวมในถ่านหินเริ่มต้นจะเป็นตัวชี้บ่งถึงปริมาณกำมะถันในเถ้าที่จะมีได้มากที่สุด ถ้ามีสัดส่วนของกำมะถันซัลเฟตสูง แนวโน้มที่กำมะถันในเถ้าจะมีปริมาณสูงก็มีมากไปด้วย อย่างไรก็ตามถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ทั้ง 5 แหล่ง ที่นำมาศึกษามีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน CaO/S กับปริมาณกำมะถันในเถ้าคล้ายคลึงกัน จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วน CaO/S ที่เหมาะสมสำหรับถ่านหินอัดก้อนเท่ากับ 2-2.5 ซึ่งให้ผลทั้งด้านประสิทธิภาพการขจัดกำมะถันสูง โดยทำให้กำมะถันรวมในเถ้ามากถึงร้อยละ 80 ขึ้นไป นอกจากนี้อัตราส่วน CaO/S ในช่วงดังกล่าวยังให้ผลในด้านคุณภาพถ่านหินอัดก้อน และประสิทธิภาพการใช้งานสูงอีกด้วย

4. ผลของดินเหนียวที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน ดินเหนียวในถ่านหินอัดก้อนนอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวประสานที่ดีแล้ว ยังช่วยทำให้การขจัดกำมะถันดีขึ้นอีกด้วย คือ เมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวจะทำให้ปริมาณกำมะถันในเถ้าเพิ่มขึ้น แม้จะไม่มากนัก จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มดินเหนียวในถ่านหินอัดก้อนจากร้อยละ 0 เป็น 40 ปริมาณกำมะถันในเถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 10-15

5. การเปรียบเทียบผลการขจัดกำมะถันของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ แนวโน้มโดยส่วนรวมในการขจัดกำมะถันของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาศึกษา มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ทั้งในด้านผลของอัตราส่วน CaO/S (โดยโมล) และผลของปริมาณดินเหนียวในถ่านหินอัดก้อน ความแตกต่างกันเล็กน้อยที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติของถ่านหินเริ่มต้น เช่น ปริมาณสารประกอบ CaO, MgO หรือออกไซด์ของธาตุหมู่ที่ 2, สัดส่วนของกำมะถันซัลเฟต และปริมาณกำมะถันซัลเฟตที่มีความเสถียรสูงมาก เป็นต้น

6. การเปรียบเทียบผลการขจัดกำมะถันโดยใช้ปูนขาวในถ่านหินอัดก้อนกับระบบอื่น ๆ การขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนให้ประสิทธิภาพสูงมากที่อัตราส่วน CaO/S = 2-2.5 สามารถทำให้กำมะถันอยู่ในเถ้าถึงร้อยละ 85-90 เทียบกับกำมะถันเริ่มต้นในถ่านหินก่อนการเผาไหม้ ทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาในการขจัด ยังอยู่ในเถ้าหลังการเผาไหม้ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการขจัดต่อไป นอกจากนี้ยังไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมระบบหรืออุปกรณ์ใด ๆ ให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิไดซ์เบดระดับ pilot plant ประสิทธิภาพการขจัด SO_2 ที่ทำได้อยู่ในระดับต่ำ คือ เมื่อใช้อัตราส่วน CaO/S เพิ่มจาก 2 เป็น 3 ประสิทธิภาพการขจัดเพิ่มจากร้อยละ 33 เป็น 40 และถ้าเตาเผามีขนาดใหญ่กว่านี้

ประสิทธิภาพยิ่งต่ำลง โดยเฉพาะ CaO สามารถใช้งานได้เพียง 17.5% เท่านั้น (19)

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงให้ถ่านหินมีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งาน ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติหลาย ๆ ด้าน อาทิ ความแข็งแรงทนทานต่อการขัดสีและแตกหัก ให้ประสิทธิภาพการใช้งานสูง และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เน้นในข้อหลังและการเติมปูนขาวลงในถ่านหินอัดก้อนให้ผลดีมากในการขจัดกำมะถันที่ถูกปลดปล่อยไปในบรรยากาศ นอกจากที่กล่าวข้างต้นแล้วอาจศึกษาพัฒนาถ่านหินอัดก้อนให้มีคุณภาพสูงขึ้นในด้านต่อไปนี้

- การขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน โดยใช้สารตัวอื่นเติมลงไป เช่น โดโลไมต์, $CaCO_3$ เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขจัดกำมะถันกับการใช้ปูนขาว
- ศึกษาผลขององค์ประกอบต่าง ๆ ในถ่านหินเริ่มต้นที่มีต่อการขจัดกำมะถัน เช่น สารประกอบ CaO, MgO, กำมะถันซัลเฟตรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น
- ศึกษาผลของการขจัดกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนโดยใช้ปูนขาว ที่สภาวะการเผาไหม้ในเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งอาจให้ผลการขจัดดีกว่าที่สภาวะการเผาไหม้ในเตาอั้งโล่ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาให้ถ่านหินอัดก้อนถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาถ่านหินอัดก้อนในด้านต่าง ๆ สิ่งที่ต้องการคือ ถ่านหินอัดก้อนคุณภาพดี ในราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตควบคู่ไปด้วยเสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย