บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบเถ้าถ่านหินในรูปของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ คือ SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, SO_3, TiO_2 และ P_2O_5 กับอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน ตามมาตรฐาน ASTM D1857 ในสภาวะออกซิไดส์ โดยกำหนดให้อุณหภูมิอ่อนตัว (ST) เป็นอุณหภูมิหลักที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอ่อนตัว กับองค์ประกอบเถ้าถ่านหิน เพื่อเป็นแนวทางใช้ประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินตัวอย่างอื่น งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์เถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะจำนวน 285 ตัวอย่าง ที่ได้รับจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และผลวิเคราะห์ของตัวอย่างเถ้าถ่านหินที่วิเคราะห์เองจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศ คือ แม่เมาะ 12 ตัวอย่าง บางปูดำ 2 ตัวอย่าง บ้านปู 4 ตัวอย่าง คลองหวายเล็ก 3 ตัวอย่าง นาด้วง ป่าคา และ หนองหญ้าปล้อง แหล่งละ 1 ตัวอย่าง รวม 24 ตัวอย่าง นำมาสร้างความสัมพันธ์ โดยใช้วิธีของไดอะแกรมกราฟสามเหลี่ยม หลักของสมการถดถอยเชิงซ้อน และใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยใช้ข้อมูลของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะเป็นพื้นฐานในการสร้างความสัมพันธ์ แล้วนำผลความสัมพันธ์ที่ได้มาประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของตัวอย่างเถ้าถ่านหินที่วิเคราะห์ขึ้น สรุปผลของความสัมพันธ์ที่ได้ทั้ง 3 วิธี ดังนี้

1. ผลการใช้ไดอะแกรมของกราฟสามเหลี่ยม ซึ่งกำหนดโดย ร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ผลของอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินประมาณได้จากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอ่อนตัวโดยรอบ จุดที่มีร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และ นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ที่ใกล้เคียงกัน วิธีนี้มีข้อจำกัดใช้ได้กับตัวอย่างเถ้าถ่านหินที่มีร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และ นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ในบริเวณหนึ่งเท่านั้น ตัวอย่างเถ้าถ่านหินที่มีร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และ นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ นอกบริเวณดังกล่าวทำไม่ได้ วิธีนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับตัวอย่างเถ้าถ่านหินภายในแหล่งเดียวกันมากกว่าต่างแหล่ง แต่ไม่สะดวกในการนำไปใช้งาน ผลต่างของอุณหภูมิที่ประมาณได้ อยู่ในช่วง ± 70 °ซ

2. ผลการใช้หลักของสมการถดถอยเชิงซ้อน ที่มีตัวแปรเป็น ร้อยละเบส (B) แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์ (F_A) เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ (F_B) ได้สมการความสัมพันธ์เพื่อใช้ประมาณอุณหภูมิอ่อนตัว (ST) องศาเคลวิน คือ

ก. เมื่อร้อยละเบสน้อยกว่า 28

$$ST = 1777.93 - 16.11B + 0.27B^2 - 22.39F_A$$

ข. เมื่อร้อยละเบสมากกว่า 28

$$ST = 1310.51 + 8.7B - 0.1B^2 + 25.1F_A$$

วิธีนี้การประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวต้องพิจารณาร้อยละเบสเป็นหลักในการเลือกสมการ การใช้งานโดยวิธีนี้ไม่ยุ่งยาก แต่ผลต่างของอุณหภูมิที่ประมาณได้ค่อนข้างสูงในช่วง $\pm$67 °ซ

3. ผลการใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยกำหนดสารประกอบออกไซด์ที่เป็นตัวแปร คือ SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 และอื่น ๆ ในรูปของสัดส่วนโมล เพื่อนำมาใช้กับสมการ (2.22)

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_o} + \sum_{i=1}^{n} \frac{R}{A_i} \ln (1 - \Delta x_i) \qquad \text{..... (2.22)}$$

เพื่อประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหิน โดยกำหนดค่า A_i และ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนโมลของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรไว้ในตารางที่ 5.1 และ T_o คือ 1506 องศาเคลวิน ผลของวิธีนี้ให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ประมาณได้ในช่วง $\pm$51 °ซ

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า A และ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนโมลของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ

สาร	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	others
ค่าเฉลี่ยสัดส่วนโมล	0.3459	0.1119	0.0671	0.2237	0.0686	0.1579	0.0248
A (แคลอรี/โมล)	3521	3721	4299	3048	2843	3536	3299

การประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหิน จาก 3 วิธีข้างต้น วิธีของสหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์เป็นวิธีที่ดีที่สุด ให้ค่าสัมประสิทธิความมั่นใจสูงกว่าวิธีของสมการถดถอยเชิงซ้อน ส่วนวิธีของไดอะแกรมกราฟสามเหลี่ยมเหมาะสมกับถ่านหินจากแหล่งเดียวกัน แต่ยุ่งยากในการใช้เมื่อเทียบกับวิธีอื่น

4. สามารถประมาณอุณหภูมิเริ่มผิดรูป อุณหภูมิครึ่งทรงกลม และอุณหภูมิของไหลได้เพราะผลของความสัมพันธ์ในเชิงเส้น กับอุณหภูมิอ่อนตัวที่ได้จากการประมาณแบบสหสัมพันธ์ในหน่วยองศาเคลวิน คือ

$$IDT = 243.08 + 0.83\ ST$$

$$HT = -39.87 + 1.03\ ST$$

$$FT = -72.10 + 1.06\ ST$$

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. งานวิจัยนี้มีตัวอย่างของเถ้าถ่านหินแหล่งต่าง ๆ น้อย จึงควรเพิ่มตัวอย่างเถ้าถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ให้มากกว่านี้ เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ ที่เป็นตัวแทนของเถ้าถ่านหินโดยส่วนรวม

2. ควรมีการประมาณอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหินแบ่งตามศักดิ์ของถ่านหิน เพราะการประมาณอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหินในงานวิจัยนี้ไม่ได้แบ่งตามศักดิ์ของถ่านหิน เนื่องจากข้อมูลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ที่มีได้รับจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ไม่มีผลการวิเคราะห์เบื้องต้นที่มีการแบ่งศักดิ์ถ่านหิน และมีข้อมูลจำนวนน้อยที่แบ่งศักดิ์ไว้ แต่ไม่มากพอที่จะนำมาสร้างความสัมพันธ์ได้

3. งานวิจัยนี้ไม่สามารถอธิบายถึงผลของสารประกอบแต่ละตัวที่มีต่ออุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน จึงควรศึกษาว่าสารประกอบตัวใดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการหลอมอย่างใด โดยเติมสารประกอบตัวที่สนใจลงในเถ้าถ่านหินที่ทราบองค์ประกอบ แล้วดูผลการเปลี่ยนของอุณหภูมิการหลอม

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มถึงการปรับปรุงคุณภาพถ่านหินที่มีอุณหภูมิการหลอมของเถ้าต่ำให้มีอุณหภูมิการหลอมของเถ้าสูงขึ้น