

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในเกือบทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และด้านการคมนาคม อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการผลิตพลังงานยังไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาแหล่งพลังงานภายในประเทศ โดยพิจารณาถึงปริมาณสำรอง เทคโนโลยีที่ผลิต ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ และความเหมาะสมทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ซึ่งแหล่งพลังงานภายในประเทศที่น่าสนใจแหล่งหนึ่งคือ พลังงานจากถ่านหิน ทั้งนี้เนื่องจาก

1. ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่หาได้ง่ายและมีปริมาณมากในประเทศ โดยในปัจจุบัน แหล่งผลิตถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดในประเทศคือ แหล่งแม่เมาะ (จ.ลำปาง) ซึ่งสามารถผลิตได้ปริมาณมากถึงประมาณ 16.5 ล้านตันต่อปี รองลงมาคือ แหล่งกระบี่ ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 96,000 ตันต่อปี โดยปริมาณถ่านหินที่ผลิตได้ทั้งหมดภายในประเทศในปี 2547 มีปริมาณรวมประมาณ 20.1 ล้านตันต่อปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)
2. ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถพัฒนาได้โดยใช้เทคโนโลยีและการลงทุนที่ไม่สูงมากนัก (อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย, 2529) ซึ่งวิธีการหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพถ่านหินก็คือ การนำเศษถ่านหินมาอัดให้เป็นก้อน ซึ่งจากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2548) พบว่าการใช้พลังงานจากถ่านหินในรูปของถ่านหินอัดแท่งมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณการใช้ถ่านหินอัดแท่งในปี 2547 มีปริมาณรวมทั้งสิ้นประมาณ 5.9 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2546 ร้อยละ 18.7 และคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 11.7 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้ เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมทั้งหมด ซึ่งแสดงว่าการใช้ถ่านหินอัดแท่งในด้านอุตสาหกรรมมีบทบาทสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นสาเหตุให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง) นำถ่านหินมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และในกระบวนการที่นำถ่านหินมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ได้เกิดเศษถ่านหินเหลือใช้ขึ้น ซึ่งอยู่ในรูปของผงถ่านหิน และเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงได้มีการนำผงถ่านหินเหล่านี้มาอัดเป็นแท่งร่วมกับการเติมสารบางอย่าง (เช่น ดินเหนียว ชั่งข้าว โปด เป็นต้น) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของถ่านหินอัดแท่งให้ดีขึ้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546) ซึ่งถ่านหินอัดแท่งดังกล่าวมีหน้าตัดเป็นรูปรีผิวงมีความสูงประมาณ 13.0 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.0 เซนติเมตร และมีช่องเจาะทะลุตามแนวแกนจำนวน 16 ช่อง ทั้งนี้ การที่จะนำถ่านหินอัดแท่งนี้ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เตาเผาที่ใช้ต้องได้รับการออกแบบอย่างดี และการที่จะออกแบบเตาเผาได้ดั่งนั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึงลักษณะพื้นฐานของการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่ง รวมไปถึงลักษณะการปล่อยแก๊สมลพิษของถ่านหินอัดแท่งในรูปแบบนี้เสียก่อน

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงลักษณะการเผาไหม้และลักษณะการปล่อยสารมลพิษของถ่านหินอัดแท่งที่มีหน้าตัดเป็นรูปรีผิวง ทั้งในสภาวะที่มีปริมาณอากาศจำกัด (low-flow conditions) และในสภาวะที่มีอากาศเกินพอ (excess-flow conditions) โดยมุ่งศึกษาตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเผาไหม้และการปล่อยสารมลพิษ อันได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้ ขนาดของถ่านหินอัดแท่ง และปริมาณของอากาศ และนำข้อมูลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “การออกแบบการทดลอง (experimental design)” ซึ่งสาเหตุที่นำเทคนิคการออกแบบการทดลอง (experimental design) มาใช้ในการวิจัยนี้เนื่องจากตัวแปรที่มีผลต่อลักษณะการเผาไหม้และการปล่อย

สารมลพิษของถ่านหินอัดแท่งมีหลายตัวแปรดังแสดงไปแล้วข้างต้น ซึ่งโดยปกติแล้วการทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่ง ทำได้โดยการแปรค่าตัวแปรใดตัวหนึ่งก่อน (เช่น อุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้) ขณะที่ตัวแปรตัวอื่นถูกกำหนดให้คงที่ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแปรนั้น จากนั้นจึงทำการแปรค่าตัวแปรอีกตัวหนึ่ง (เช่น ขนาดของถ่านหินอัดแท่ง) ขณะที่ตัวแปรอื่นถูกกำหนดให้คงที่ โดยตัวแปรแรก (ซึ่งในที่นี้ หมายถึงอุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้) ถูกกำหนดให้คงที่ที่ค่าเหมาะสมที่ได้จากการทดลองชุดก่อน จากนั้นก็ทำแบบเดียวกันนี้กับตัวแปรที่เหลือ จนกระทั่งครบทุกตัวแปร ซึ่งในที่สุดก็จะได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่งสำหรับตัวแปรทุกตัว

การแปรค่าตัวแปรทีละตัวเช่นนี้เรียกว่า เทคนิค one-variable-at-a-time (OVAT) ซึ่งเทคนิคนี้แม้ว่าจะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (โดยเฉพาะในงานด้านวิศวกรรมเคมี) ก็ตาม เทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่มีข้อด้อยในแง่ที่ไม่สามารถแสดงผลร่วม (interaction) ของตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวได้ซึ่งหากใช้เทคนิคนี้กับกระบวนการที่ตัวแปรที่กำลังพิจารณามีผลร่วมกัน อาจทำให้การตีความผลการทดลองคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดไปจากความเป็นจริงได้ (Montgomery, 2001) นอกจากนี้แล้ว ตัวแปรแต่ละตัวที่มีผลต่อการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่งมี order of magnitude ที่แตกต่างกันไป (เช่น ตัวแปรตัวหนึ่งอาจอยู่ในหลักพัน ขณะที่ตัวแปรอีกตัวหนึ่งอยู่ในหลักหน่วย เป็นต้น) การเปรียบเทียบผลของตัวแปรที่มีต่อลักษณะการเผาไหม้โดยไม่ได้ปรับ order of magnitude ของแต่ละตัวแปรให้มาอยู่ในระดับเดียวกันเสียก่อน อาจทำให้การตีความผลการทดลองผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน (Bacon, 1992)

ขณะเดียวกัน ในการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการเผาไหม้ และการปล่อยสารมลพิษทั้งสองสภาวะ (หรือแม้กระทั่งในสภาวะเดียวกัน) มวลเริ่มต้นของถ่านหินอัดแท่ง และเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้มีค่าแตกต่างกันไปตามสภาวะที่ทำการทดลอง ทำให้มีความยากลำบากในการพิจารณาและตีความผลการทดลองร่วมกัน จึงจำเป็นต้องทำการปรับค่าของตัวแปรเหล่านี้ (เช่น มวลของถ่านหิน

อัตราเร่ง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเผาไหม้ เป็นต้น) ให้มาอยู่ในระดับ (scale) เดียวกันเสียก่อน เช่นเดียวกัน

เพื่อที่จะแปรค่าตัวแปรทุกตัวได้พร้อมๆ กัน และเพื่อที่จะปรับ order of magnitude และ scale ของตัวแปรทุกตัว เทคนิคที่ควรนำมาใช้คือเทคนิคที่เรียกว่า factorial design ซึ่งเทคนิคดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของศาสตร์ที่เรียกว่า การออกแบบการทดลอง (design of experiment, DOE)

นับตั้งแต่ประมาณปี 1930 เป็นต้นมา ศาสตร์ด้านการออกแบบการทดลองได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย (Antony, 2003) เพื่อใช้ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีกระบวนการผลิต (process) หรือผลิตภัณฑ์ (product) ที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งพบว่าศาสตร์ด้านการออกแบบการทดลองได้มีส่วนช่วยให้อุตสาหกรรมต่างๆ พัฒนาไปในแนวทางที่เป็นระบบระเบียบขึ้น รวมทั้งทำให้สามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ได้ในเวลาและจำนวนที่น้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Antony, 2003)

อย่างไรก็ตาม ศาสตร์ทางด้านการออกแบบการทดลองยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในการทำวิจัยทางด้านวิศวกรรมเคมี โดยเฉพาะในสาขาการเผาไหม้ (combustion) ทั้งนี้เนื่องจากศาสตร์ดังกล่าวมีสอนกันเฉพาะสาขาวิศวกรรมอุตสาหการเป็นส่วนใหญ่ นักศึกษาทางด้านวิศวกรรมเคมีมักไม่ค่อยมีโอกาสได้ศึกษาทางด้านนี้

งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาศาสตร์ทางด้านการออกแบบการทดลองและเทคนิค factorial design มาใช้ในการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อการเผาไหม้ผ่านหีนอัตราเร่ง ซึ่งนอกจากจะทำให้การทำการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างในการแสดงให้เห็นว่าศาสตร์ทางด้านการออกแบบการทดลองสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมเคมีได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งจะช่วยให้มีการนำศาสตร์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการทำการวิจัยทางด้านวิศวกรรมเคมีกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาตัวแปรที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะการเผาไหม้ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้ ปริมาณอากาศ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (experimental design)
2. ทดสอบผลของตัวแปรจากข้อ 1 ที่มีผลต่อลักษณะการเผาไหม้ในแง่ของ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเผาไหม้ ค่าคงที่ของปฏิกิริยา มวลที่เหลืออยู่หลังการเผาไหม้ ปริมาณสารระเหยได้และคาร์บอนคงตัว และปริมาณก๊าซต่างๆ ที่ปล่อยออกมาระหว่างการเผาไหม้ได้ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)
3. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์ พร้อมทั้งทดสอบสมการที่ได้สร้างขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ ทางสถิติ อันได้แก่ residual analysis, coefficient of determination (R^2), และ analysis of variance (ANOVA หรือ F test)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้

1. ทราบได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่สำคัญในการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่ง
2. ทราบถึงผลของตัวแปรที่สำคัญที่มีต่อลักษณะการเผาไหม้และปลดปล่อยก๊าซมลพิษของการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่ง ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบเตาเผาที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่งในลักษณะนี้
3. เป็นแนวทางในการนำเทคนิคทางด้านการออกแบบการทดลองไปใช้กับงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมเคมี

1.4 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้มีจำนวน 6 บท โดยในบทแรกกล่าวถึงเหตุผลที่นำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาใช้กับงานวิจัยนี้ รวมถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ สำหรับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกล่าวถึงถ่านหิน โครงสร้างและองค์ประกอบของถ่านหิน การอัดก้อนถ่านหิน การวิเคราะห์ถ่านหิน การเผาไหม้ถ่านหิน และการศึกษาการปล่อยก๊าซมลพิษจากการเผาไหม้ถ่านหิน รวมถึงทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ในส่วนของการทดลองนั้น ได้แสดงรายละเอียดของการศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของถ่านหินอัดแท่งในสภาพอากาศจำกัด และการศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของถ่านหินอัดแท่งในสภาพอากาศเกินพอ ไว้ในบทที่ 3 และบทที่ 4 ตามลำดับ บทที่ 5 เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองการเผาไหม้ถ่านหินอัดแท่งในสภาวะต่างๆ ด้วยเทคนิคทางสถิติและการออกแบบการทดลอง และท้ายสุดคือบทที่ 6 ซึ่งเป็นการสรุปผลการทดลอง สำหรับตัวอย่างการคำนวณต่างๆ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. และ ข. รวมทั้งได้นำเอาผลงานวิจัยที่เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้ลงตีพิมพ์ใน proceedings สำหรับการประชุมวิชาการต่างๆ (จำนวน 3 เรื่อง) มาแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ด้วย