

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปริมาณเฉลี่ยของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 9.6 เท่าจากปี พ.ศ. 2532 จนถึงปี พ.ศ. 2554 ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยเป็นประเทศอันดับที่ 24 ของโลกที่มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยมีอัตราการปลดปล่อยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกถึงสองเท่า คิดเทียบเป็นจำนวน 351.3 ล้านตันต่อปี หรือร้อยละ 0.93 เทียบกับจำนวนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศทั่วโลก^[1] การเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ความแปรปรวนของสภาพอากาศ (Climate change) หรือที่เรียกว่าภาวะโลกร้อน ซึ่งประชากรทั่วโลกต่างได้รับผลกระทบทั้งทางสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น จนในที่สุดประเทศอุตสาหกรรมและประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรปรวม 37 ประเทศที่ต่างได้รับผลกระทบ ดำเนินการทำข้อตกลงในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ว่าด้วยการจำกัดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีข้อตกลงโคเปนเฮเกนในการประชุมเกี่ยวกับสภาวะอากาศครั้งที่ 15 ว่าด้วยการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่ออุณหภูมิของโลกสูงขึ้นไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แหล่งที่มาของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศมาจากกระบวนการการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเปลี่ยนรูปทางเคมีร่วมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเปลี่ยนรูปทางเคมีก่อนการเผาไหม้ และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ^[2] ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสแก๊สขาออกจากกระบวนการจะมีค่าต่างกัน โดยความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 2-35 โดยปริมาตร

ตารางที่ 1.1 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสแก๊สขาออกจากกระบวนการต่างๆ
(ดัดแปลงจาก [2])

แหล่ง	ความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ภายใต้สภาวะไม่มีน้ำ
คาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง	
+ แก๊สปล่องไฟจากโรงไฟฟ้า	
- หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง	7 – 10
- กังหันแก๊ส	3 – 4
- หม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	11 – 13
- หม้อไอน้ำที่ใช้ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง	12 – 14
- IGCC* หลังการเผาไหม้	12 – 14
+ โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเคมีที่ให้ความร้อนด้วยเครื่องทำความร้อน	8
การเปลี่ยนรูปทางเคมีร่วมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิง	
+ แก๊สเตาหลอมเหล็ก	
- ก่อนการเผาไหม้**	20
- หลังการเผาไหม้	27
+ แก๊สจากเตาเผาซีเมนต์	14 – 33
การเปลี่ยนรูปทางเคมีก่อนการเผาไหม้	
+ IGCC: แก๊สสังเคราะห์หลังกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน	8 – 20
ปฏิกิริยาเคมี	
+ การผลิตแอมโมเนีย	18
+ เอทิลีนออกไซด์	8
+ การผลิตไฮโดรเจน	2 – 30
+ การผลิตเมทานอล	10

* IGCC (Integrated gasification combined cycle): วงจรที่รวมกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันโดยรวม

** แก๊สเตาหลอมที่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากที่สามารถแปลงเป็นคาร์บอนไดออกไซด์
โดยใช้ปฏิกิริยาออกเตอร์แก๊สซิฟิเคชัน

การดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การใช้เยื่อเลือกผ่าน^[3] การดูดซึมโดยใช้สารละลาย^[4] และการดักจับโดยใช้ตัวดักจับชนิดของแข็ง^[5] เป็นต้น การดูดซึมด้วยสารละลายเอมีนเป็นนิยมในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากดำเนินการได้ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ แต่มักประสบปัญหาจากสารละลายที่ใช้ดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของหอดูดซึมเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง นอกจากนี้เมื่อสารละลายถูกใช้งานไปได้ระยะหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพจำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายใหม่ โดยในการทำสารละลายขึ้นมาใช้ใหม่จำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำมหาศาลด้วยเหตุที่หอดูดซึมนั้นมีขนาดใหญ่ อีกทั้งการฟื้นฟูสภาพตัวดูดซึมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ต้องใช้พลังงานที่สูงกว่ามากเมื่อเทียบกับการฟื้นฟูสภาพตัวดูดซับชนิดของแข็ง^[6] การดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้วิธีดูดซับบนตัวดูดซับชนิดของแข็งใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง มีความคงทน ไม่มีการรั่วไหลของเอมีน สามารถจัดเก็บและขนส่งตัวดูดซับได้ง่าย และที่สำคัญสามารถคืนสภาพตัวดูดซับได้ง่ายโดยใช้การเพิ่ม-ลดอุณหภูมิหรือความดัน^[7,8] และใช้พลังงานน้อยในการคืนสภาพตัวดูดซับ ซึ่งจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หลังการคืนสภาพตัวดูดซับหรือการคายซับสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นต่อไปได้ เช่น นำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ กระบวนการคาร์บอนไดออกไซด์รีฟอร์มมิ่ง การผลิตน้ำแข็งแห้ง การผลิตเป็นสารดับเพลิง เป็นต้น

ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างกว้างและครอบคลุมระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 1-30 โดยปริมาตร (ดังแสดงในตารางที่ 1.1) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นที่นำมาใช้ในการผลิตไฮโดรเจน ตัวอย่างเช่น สัดส่วนองค์ประกอบของแก๊สผสมที่เกิดจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจากมีเทน^[9] ประกอบด้วย แก๊สไฮโดรเจนร้อยละ 75.09 โดยปริมาตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 5.33×10^{-5} โดยปริมาตร (หรือประมาณร้อยละ 0.00005 โดยปริมาตร) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 19.28 โดยปริมาตร แก๊สมีเทนร้อยละ 0.1214 โดยปริมาตร แก๊สไนโตรเจนร้อยละ 5.248 โดยปริมาตร และแก๊สออกซิเจนร้อยละ 0.2591 โดยปริมาตร ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกแยกออกจากกระแสไฮโดรเจนเข้มข้น ณ ความดันบรรยากาศ สามารถนำกลับไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้เป็นการผลิตที่ยั่งยืนและเกิดการหมุนเวียนโดยไม่ก่อเกิดมลพิษ

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาและพัฒนาตัวดูดซับของแข็งชนิดดินประเภทที่มีโครงสร้างเป็นชั้น เช่น ดินฟอก ไฮโดรทาลไซต์ ที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีนเพื่อดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยงานวิจัยนี้จะใช้ดินฟอกในการศึกษาเบื้องต้น และใช้ไฮโดรทาลไซต์ในการ

การศึกษาวิจัย อันนี้รายละเอียดของการศึกษาจะแสดงเฉพาะไฮโดรทาลไซต์ที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีน (เนื่องจากส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดินฟอก กำลังดำเนินการยื่นจดสิทธิบัตร)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 สังเคราะห์ตัวดูดซับของแข็งชนิดดินประเภทไฮโดรทาลไซต์ที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีน

1.2.2 หาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ณ ความดันบรรยากาศ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 การเพิ่มปริมาณเอมีนในตัวดูดซับช่วยส่งเสริมความสามารถในการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

1.3.2 การใช้โซเดียมไดอะซิลซัลเฟตในปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมตัวดูดซับ ช่วยส่งเสริมการกระจายตัวของเอมีนบนตัวดูดซับ ส่งผลให้เกิดการดักจับได้ดีขึ้น

1.3.3 การเพิ่มอุณหภูมิในการดูดซับทำให้ตัวดูดซับสามารถดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณที่สูงขึ้น

1.3.4 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสขาเข้าที่ต่างกัน ส่งผลให้ได้ค่าความสามารถในการดักจับของตัวดูดซับที่ต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 สังเคราะห์ตัวรองรับไฮโดรทาลไซต์แล้วดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีน

1.4.2 ศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อการดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนตัวดูดซับไฮโดรทาลไซต์ที่เตรียม ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณเอมีนในตัวดูดซับ ปริมาณโซเดียมไดอะซิลซัลเฟตในตัวดูดซับ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สผสม พร้อมทั้งหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้การออกแบบการทดลองพื้นที่ผิวตอบสนองตลอดทั้งการเลือกดักจับคาร์บอนไดออกไซด์และความคงทนของตัวดูดซับ

1.4.3 วิเคราะห์เอกลักษณ์หรือลักษณะเฉพาะของตัวดูดซับที่สังเคราะห์ทั้งก่อนและหลังการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์

1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรต้น ปริมาณเอมีนในตัวดูดซับ ปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟต อุณหภูมิในการดักจับ และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สผสมขาเข้า

ตัวแปรตาม ค่าความสามารถในการดักจับของคาร์บอนไดออกไซด์

ตัวแปรควบคุม ความดันในระบบ ณ ความดันบรรยากาศ และสภาวะการดูดซับในสภาวะแห้ง

1.6 คำชี้แจงเบื้องต้น

1.6.1 ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองหรือ Design of experiments (DOE) สำหรับด้วยวิธีแฟคทอเรียล 4 ตัวแปรหรือ 2^4 factorial และวิธีพื้นผิวตอบสนองหรือ Response surface

1.6.2 การออกแบบการทดลองทั้งสองวิธีมีการเพิ่มค่ากลางหรือ Central point เพื่อใช้ในการตรวจสอบผลของความโค้งหรือ Curvature และใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของสมการถดถอยหรือ Regression model equation

1.6.3 ความสำคัญของแฟคเตอร์หรือผลกระทบของตัวแปรที่ใช้ศึกษานั้น ศึกษาที่ระดับความเชื่อมั่นหรือ Confidence interval ร้อยละ 95

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 จนถึง กันยายน 2559

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.8.1 ได้ตัวดูดซับไฮโดรทาลไซต์ที่ดัดแปรหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวด้วยเอมีนที่มีความสามารถในการดักจับและเลือกดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ณ ความดันบรรยากาศ

1.8.2 เพื่อเป็นต้นแบบการดักจับแก๊สเรือนกระจกคาร์บอนไดออกไซด์และสามารถนำกลับเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ที่ไม่ง่อมลพิษสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนที่ต้องการสร้างรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตและลดภาวะโลกร้อน หรือสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

1.8.3 เผยแพร่ผลงาน โดยการนำเสนอผลงานและตีพิมพ์ผลงานลงในวารสารระดับชาติและวารสารระดับนานาชาติ เพื่อเป็นการถ่ายทอดความรู้แก่ผู้สนใจ

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.9.1 อัตราส่วนน้ำหนักของตัวดูดซับต่ออัตราเร็วสายป้อนหรือ W/F ratio หมายถึง ปริมาณน้ำหนักของตัวดูดซับที่ใช้ (หน่วยเป็น กรัม) หารด้วยอัตราเร็วโดยรวมของแก๊สผสมทุกชนิด (หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที)

1.9.2 ปริมาณเอมีนในตัวดูดซับ หมายถึง ร้อยละโดยมวลของเอมีนที่มีอยู่บนตัวดูดซับ

1.9.3 ปริมาณโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต หมายถึง ร้อยละโดยมวลของโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต ที่มีอยู่บนตัวดูดซับ