บทที่ 1

บทนำ

ในกระบวนการที่มีปฏิกิริยาเคมี โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนหลักสองส่วน คือ ส่วนการเกิดปฏิกิริยา และส่วนการแยกผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการออกแบบกระบวนการดังกล่าว จึงมักเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุปกรณ์ในทั้งสองส่วน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยหลายชิ้นให้ความสนใจต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการแยกผลิตภัณฑ์ในอุปกรณ์เดียวกัน และพบว่า สำหรับบางระบบ ลักษณะดังกล่าวจะช่วยปรับปรุงสมรรถนะต่างๆ ของอุปกรณ์ชนิดใหม่นี้ให้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น เพิ่มสัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะกรณีปฏิกิริยาเคมีที่ถูกจำกัดด้วยสมดุลเคมี เนื่องจากการแยกผลิตภัณฑ์ออกจากกันจะลดการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ และป้องกันระบบเข้าสู่สมดุลเคมี หรือเพิ่มความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ในกรณีปฏิกิริยาประเภทแยกโมเลกุลไฮโดรเจน (dehydrogenation reaction) เช่น การผลิตเอทิลีนจากอีเทน และโพรพิลีนจากโพรเพน เป็นต้น ปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวถูกจำกัดด้วยสมดุลเคมี และเกิดขึ้นได้ดี ณ อุณหภูมิสูงและความดันต่ำ สภาวะนี้มักส่งผลให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมเร็ว เมื่อเกิดการแยกผลิตภัณฑ์ในระบบปฏิกิริยาเคมีดังกล่าว สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถเพิ่มขึ้นมากกว่าสัดส่วนที่สมดุลเคมี โดยอาจลดอุณหภูมิของปฏิกิริยาให้ต่ำลง

พิจารณากรณีปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับน้ำ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาถูกเร่งโดยเลือกใช้สภาวะอุณหภูมิสูง แต่สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ชนิดสำหรับสองช่วงอุณหภูมิดำเนินการ คือ ตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มเหล็กสำหรับเร่งปฏิกิริยาเคมีในช่วงอุณหภูมิสูง และกลุ่มทองแดงสำหรับเพิ่มสัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาในช่วงอุณหภูมิต่ำ เมื่อรวมการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับการแยกผลิต

ภัณฑ์เข้าด้วยกัน อาจเพิ่มสัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพียงชนิดเดียว (ช่วงอุณหภูมิดำเนินการเดียว) และอาจลดขั้นตอนการแลกเปลี่ยนความร้อนได้

กระบวนการแยกด้วยการดูดซับ สามารถนำมารวมเข้ากับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดี เช่น เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบโครมาโตกราฟิค (chromatographic reactor) เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบเบดเคลื่อนที่จริง (actual moving bed reactor) เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบเบดเคลื่อนที่จำลอง (simulated moving bed reactor) และเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบความดันสลับ (pressure swing reactor) เป็นต้น

ลักษณะดำเนินการของเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบความดันสลับ มีพื้นฐานมาจาก กระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ ความดันของอุปกรณ์จำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นคาบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อปรับสภาวะให้เหมาะสมสำหรับการดูดซับ และสำหรับการฟื้นฟูหรือปรับสภาพตัวดูดซับ เนื่องจากกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับเป็นกระบวนการ ที่มีการพัฒนาจนใช้งานได้ในระดับอุตสาหกรรมแล้ว จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบความดันสลับด้วย

โดยทั่วไปกระบวนการดูดซับมักใช้สำหรับผลิตองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้น้อยหรือได้ช้า ให้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น โดยที่องค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดีหรือได้เร็วจะถูกกักไว้บนพื้นผิวของตัวดูดซับ และแยกออกจากตัวดูดซับในขั้นตอนฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับ ในขั้นตอนดังกล่าว แม้ว่าความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดีหรือได้เร็วจะสูงขึ้น แต่มักจะมีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้งาน ตัวอย่างเช่น กระบวนการแยกอากาศด้วยตัวดูดซับซีโอไลต์ ด้วยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ เพื่อผลิตออกซิเจนบริสุทธิ์ เนื่องจากตัวดูดซับซีโอไลต์สามารถดูดซับไนโตรเจนได้ดีกว่าออกซิเจน แต่ในขั้นตอนการแยกไนโตรเจนออกจากตัวดูดซับ จะได้ไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นสูงไม่เพียงพอ ในกรณีที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดีที่ความเข้มข้นสูง จึงต้องใช้องค์ประกอบนี้เพื่อไล่องค์ประกอบอื่นออกจากวัฏภาคของไหลก่อนการแยกออกจากดูดซับ แม้จะไม่แพร่หลายในเชิงพาณิชย์ แต่ก็มีการทดลองเพื่อสนับสนุนแนวความคิดนี้ (Cen and Yang, 1986) จะเห็นว่าแนวความคิดนี้เป็นประโยชน์ ในกรณีที่ตัวดูดซับที่หาได้สามารถดูดซับองค์ประกอบที่ต้องการที่ความเข้มข้นสูง สำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบความดันสลับ สมรรถนะของกระบวนการอาจมีการพัฒนาขึ้นเมื่อใช้ขั้นตอนดังกล่าวร่วมด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1. การไล่องค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้น้อยออกจากบริเวณที่ว่างภายในหอบรรจุทำให้ได้องค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดี ที่ความเข้มข้นสูงในช่วงของการคายการดูดซับ เช่นเดียวกับในกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ ดังนั้นจึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการแยกผลิตภัณฑ์

2. เนื่องจากองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดีได้จากสายผลิตภัณฑ์ต้นหอบรรจุ จึงอาจมองขั้นตอนนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งอาจมีเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นมาป้อนเวียนเพื่อทำปฏิกิริยาต่อ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะทำให้ได้สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น

งานวิจัยนี้เน้นศึกษาความเป็นไปได้ และผลของการเพิ่มขั้นตอนการไล่ด้วยองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดี ผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์พิจารณาในลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาเคมี และในลักษณะของการแยกผลิตภัณฑ์ออกจากกัน หรือออกจากสารตั้งต้น โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบความดันสลับ ที่มีและไม่มีขั้นตอนการไล่ด้วยองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดี โดยใช้รอบดำเนินการของกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับทั่วไปเป็นพื้นฐาน

2. เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาสมรรถนะของกระบวนการ ที่มีขั้นตอนการไล่ด้วยองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้ดี โดยการศึกษาผลจากตัวแปรต่างๆ รวมทั้งการเพิ่มและเปลี่ยนแปลงบางขั้นตอน ที่คาดว่าสามารถเพิ่มสมรรถนะของกระบวนการได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย