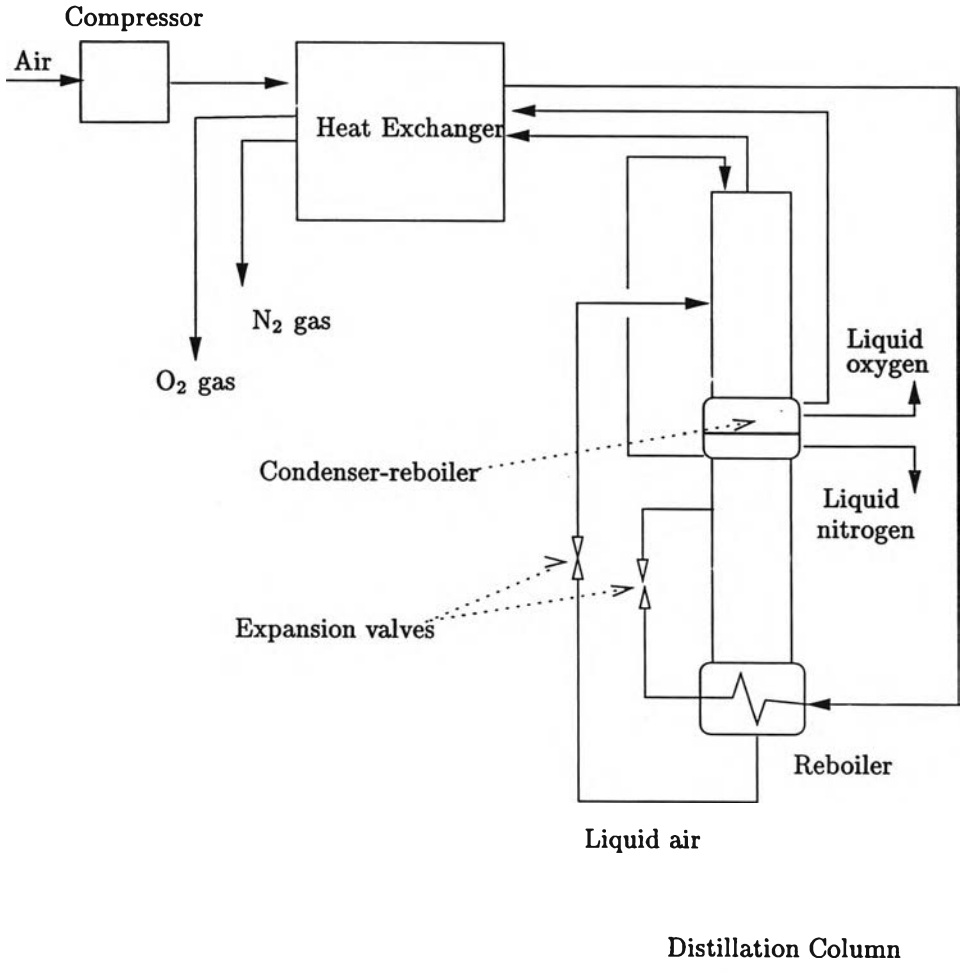
บทที่ 1

บทนำ

การแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สไนโตรเจน มักจะใช้กระบวนการกลั่นแบบไครโอจีนิค (Cryogenic distillation) อากาศที่ป้อนเข้าสู่หอกลั่นจะต้องถูกทำให้อยู่ในรูปของของเหลวก่อน ดังรูปที่ 1.1 อากาศจะถูกอัดและผ่านเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศลง อากาศที่เป็นของเหลวจะถูกทำให้เป็นไอบางส่วน แล้วจึงป้อนเข้าสู่หอกลั่นซึ่งมีลักษณะเป็นสองหอซ้อนกันอยู่ หอกลั่นด้านล่างจะมีความดันสูงกว่าหอกลั่นด้านบน ภายในหอกลั่นด้านล่างไนโตรเจนจะถูกแยกออกจากอากาศ อากาศเหลวที่อยู่ส่วนล่างของหอกลั่นด้านล่างจะมีออกซิเจนอยู่ปริมาณมาก อากาศเหลวส่วนนี้จะถูกป้อนเข้าสู่หอกลั่นด้านบน เพื่อกลั่นแยกออกซิเจนออกมา โดยจะได้ออกซิเจนเหลวทางส่วนล่างของหอกลั่นด้านบน

บริเวณระหว่างหอกลั่นด้านล่างและหอกลั่นด้านบน ไนโตรเจนจากหอกลั่นด้านล่างจะให้ความร้อนแก่ออกซิเจนเหลวซึ่งมาจากหอกลั่นด้านบน ดังนั้นไนโตรเจนจากหอกลั่นด้านล่างจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวที่บริเวณนี้ ที่บริเวณดังกล่าวนี้ ผลิตภัณฑ์ทั้งสองซึ่งเป็นของเหลวจะถูกนำไปใช้ต่อไป ไนโตรเจนเหลวและออกซิเจนเหลวที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูง [1, 2] ออกซิเจนที่ใช้กันโดยทั่วไปมักจะมีสถานะเป็นแก๊ส ดังนั้นออกซิเจนเหลวที่ได้จะต้องถูกทำให้กลับมาเป็นแก๊สอีกครั้งหนึ่งจึงจะนำไปใช้งานได้ ดังนั้นกระบวนการนี้จึงเหมาะสำหรับการผลิตปริมาณมากๆ เพื่อให้คุ้มกับการลงทุน แต่ในบางครั้งอาจไม่มีความจำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์มากนัก และกำลังการผลิตไม่สูงนัก เช่น การผลิตแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในทางการแพทย์หรือ ในงานเชื่อมโลหะ เป็นต้น กระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ (pressure swing adsorption) เป็นกระบวนการที่สามารถใช้ในการแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊ส



รูปที่ 1.1: รูปแสดงกระบวนการกลั่นแบบไครโอจีนิค สำหรับใช้ในการแยกอากาศ

ออกซิเจนหรือแก๊สไนโตรเจน โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนสถานะของอากาศก่อนเข้าสู่กระบวนการ และเปลี่ยนสถานะของผลิตภัณฑ์หลังออกจากกระบวนการ ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่จะนำมาใช้ผลิตแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สไนโตรเจนแทนกระบวนการกลั่นแบบไครโอจีนิค

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการแยกอากาศ โดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับมากมาย และได้มีการศึกษาทั้งการทดลองและเชิงทฤษฎีโดยสร้างอุปกรณ์ทดลอง และแบบจำลองคณิตศาสตร์ตามลำดับ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงาน [3, 4, 5] โดยเฉพาะการดำเนินงานที่เป็นแบบพื้นฐาน 4 ขั้นตอน [6] คือ

1. การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสมหรืออากาศ เป็นการอัดแก๊สผสมหรืออากาศเข้าสู่หอดูดซับ เพื่อทำให้หอดูดซับมีความดันสูงขึ้น เป็นการเตรียมพร้อมสำหรับขั้นตอนการดำเนินการถัดไป

2. การผลิตหรือการดูดซับที่ความดันสูง เป็นการป้อนแก๊สผสมหรืออากาศเข้าไปในหอดูดซับที่ความดันสูง แล้วปล่อยผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ถูกดูดซับได้น้อยออกอีกทางหนึ่ง

3. การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง เป็นการปล่อยแก๊สภายในหอดูดซับออกทางด้านเดียวกับที่ป้อนแก๊สผสมเข้าไป เพื่อทำให้ความดันภายในหอดูดซับลดลง

4. การชะล้าง เป็นการนำบางส่วนของแก๊สผลิตภัณฑ์มาป้อนในทิศกลับกันกับที่ป้อนแก๊สผสม เพื่อไล่องค์ประกอบที่ถูกดูดซับให้ออกจากหอดูดซับไป

ภายหลังจึงได้พัฒนาหรือดัดแปลงขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานเพิ่มขึ้นจาก 4 ขั้นตอนพื้นฐานเดิม โดยเพิ่มขั้นตอนการลดความดันชนิดเพิ่มผลผลิต (Cocurrent depressurization) [1] ก่อนที่จะลดความดันชนิดปล่อยทิ้ง (Countercurrent depressurization) โดยศึกษาถึงผลของการเพิ่มขั้นตอนดังกล่าวต่อการแยกผลิตภัณฑ์ ตลอดจนหาค่าความดันที่เหมาะสมในระหว่างการลดความดันทั้งสองแบบ และพบว่าในกรณีที่เศษส่วนโมลของแก๊สผสมสูงประมาณ 0.8 หรือมากกว่า และดัชนีของการแยก (Separation factor) ต่ำกว่า 0.01

การลดความดันชนิดเพิ่มผลผลิตที่เพิ่มเข้าไปจะไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์

ในส่วนของการเพิ่มความดัน ได้มีการพัฒนาที่จะนำผลิตภัณฑ์บางส่วนมาใช้ในการเพิ่มความดัน แล้วจึงเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสมตามลำดับ [7, 8, 9, 10] โดยศึกษาผลของความดันสุดท้ายหลังจากการเพิ่มความดันด้วยผลิตภัณฑ์ ที่มีต่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และปริมาณของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของปริมาณแก๊สที่ใช้สำหรับการชะล้างเมื่อใช้วิธีการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ [11, 12]

ถึงแม้ว่าจะได้มีการวิจัยและพัฒนา การแยกอากาศโดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการแยกอากาศ แต่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการยังไม่เป็นที่เปิดเผยกัน เนื่องจากผลประโยชน์ทางการค้า เช่น ความดันสุดท้ายระหว่างการเพิ่มหรือลดความดันทั้งสองชนิด ปริมาณแก๊สผสมที่ป้อนเข้าไปในช่วงการผลิต ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่พอเหมาะในการชะล้าง เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาถึง

1. ผลกระทบของการเพิ่มเติมขั้นตอนการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม ที่มีต่ออัตราการผลิตแก๊สผลิตภัณฑ์
2. ผลกระทบของการเพิ่มเติมขั้นตอนการลดความดันชนิดเพิ่มผลผลิต เพื่อเปรียบเทียบกับการลดความดันชนิดปล่อยทิ้ง ที่มีต่ออัตราการผลิตแก๊สผลิตภัณฑ์

โดยเลือกการแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊สออกซิเจน ด้วยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับเป็นกรณีศึกษา