บทที่4
หอกลั่น และกระบวนการกลั่นแยกอากาศ

4.1 หอกลั่น

การกลั่นเป็นกระบวนการแยกสารโดยอาศัยความแตกต่างของความดันไอ หรือจุดเดือดของของเหลวแต่ละชนิด วิธีที่จะทำให้กระบวนการกลั่นมีประสิทธิภาพและใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า คือ การปรับปรุงและพัฒนา เพื่อให้ได้ระบบการควบคุมที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นระบบควบคุมที่สามารถปรับตัวแปรปรับเปลี่ยนต่างๆ ได้อย่างดี ภายในหอกลั่นประกอบด้วย เทรย์ และ ท่อดาวน์คัมเมอร์ โดยที่ของเหลวไหลลงจากเทรย์ป้อน มายังเทรย์ล่างผ่านทางท่อดาวน์คัมเมอร์ ซึ่งมีไอร้อนไหลสวนทางขึ้นมาผ่านรูพรุนบนชั้นเทรย์ ไอและของเหลวถ่ายเทความร้อนและมวลสาร ของเหลวที่มีความดันไอมากจะระเหยเป็นไอได้ง่ายกว่าของเหลวที่มีความดันไอน้อย ดังนั้นเมื่อสารละลายได้รับความร้อน สารระเหยง่ายซึ่งมีความดันไอมากจะระเหยออกมา ส่วนสารหนักในไอจะควบแน่นลงมาในของเหลวบนเทรย์ทำให้ไอบริสุทธิ์มากขึ้น ของเหลวที่ไหลลงมาด้านล่างจะถูกส่งเข้าหม้อต้มซ้ำ ภายในหม้อต้มซ้ำของเหลวจะได้รับความร้อนทำให้บางส่วนกลายเป็นไอ กลับเข้าไปในหอกลั่น ส่วนของเหลวที่เหลือจะถูกนำออกสารหอกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ก้นหอ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารหนักที่ระเหยยาก ตำแหน่งจากเทรย์ป้อนมาถึงหม้อต้มซ้ำเป็นส่วนที่สารระเหยง่ายส่วนใหญ่ถูกไล่ออกจากของเหลว ดังนั้น ของเหลวจะมีสารหนักมากขึ้นเรื่อยๆ ตามเทรย์ที่ไหลลงมา และมากที่สุดที่หม้อต้มซ้ำ ส่วนนี้จะเรียกว่าส่วนการระเหย (Stripping Section) ส่วนเหนือจากเทรย์ป้อนขึ้นไปนั้นสารหนักส่วนใหญ่ ถูกควบแน่นออกจากไอทำให้ไอบริสุทธิ์มากขึ้นเรื่อยๆ เรียก ส่วนนี้ว่า ส่วนเพิ่มความเข้มข้น (Enriching Section) ไอทั้งหมดจะถูกความควบแน่นเป็นของเหลวควบแน่นภายในเครื่องควบแน่นที่ยอดหอ ของเหลวควบแน่นบางส่วนนำกลับเข้าหอกลั่น เรียกว่า รีฟลักซ์ ของเหลวที่เหลือถูกนำออกจากหอกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ดิสทิลเลต

4.2 พฤติกรรมเชิงพลวัต

ตัวแปรเปลี่ยนที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเชิงพลวัต ของหอกลั่นที่สำคัญ โดยทั่วไป มี 7 ตัวแปร

1. พลังงานความร้อนที่ให้แก่หม้อต้มซ้ำ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการเกิดไอ และให้ผลตรงกันข้ามกับระดับของเหลวที่ฐานหอการเพิ่มความร้อนให้หม้อต้มซ้ำ จะทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้ระดับของเหลวที่ฐานหอลดลงไอที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันภายในหอกลั่นสูงขึ้น และทำให้ความเข้มข้นของสารหนักในเฟสของเหลวเพิ่มมากขึ้น โดยปกติจะเพิ่มพลังงานความร้อนนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ในการกลั่น

2. พลังงานความร้อนที่ดึงออกจากหอกลั่น เป็นตัวแปรที่สำคัญต่อความดันที่ยอดหอเป็นอันดับแรก การดุลพลังงานในหอกลั่นต้องให้พลังงานที่ใส่เข้าหอดุลกับพลังงานที่ดึงออก ดังนั้นถ้าพลังงานความร้อนถูกเพิ่มขึ้นทำให้ความดันเพิ่มขึ้น เครื่องควบแน่นจะต้องดึงพลังงานออกจากหอกลั่นมากขึ้นด้วยเพื่อรักษาความดันให้คงที่

3. อัตราการไหลออกของผลิตภัณฑ์ก้นหอ เป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้รักษาดุลมวลสารของระบบ โดยที่มวลของสารป้อนเท่ากับมวลของผลิตภัณฑ์ดิสทิลเลต รวมกับมวลของผลิตภัณฑ์ก้นหอ ถ้าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอมีค่ามากจะทำให้ระดับของเหลวที่ฐานหอกลั่นลดลง

4. อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ดิสทิลเลต จะมีผลโดยตรงต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ยอดหอ ในถังเก็บรีฟลักซ์ ซึ่งปริมาตรนี้จะส่งผลต่อการควบคุมอัตราการไหลของรีฟลักซ์

5. อัตราการไหลของ รีฟลักซ์ มีบทบาทสำคัญ ในการที่จะควบคุมหอกลั่น เพราะการเพิ่มอัตราการไหลของรีฟลักซ์ ไหลลงหอกลั่นมากขึ้นพร้อมๆกับการลดลงของอุณหภูมิที่เทรย์ชั้นบนของ หอกลั่น ซึ่งจะทำให้ความดันลดลงด้วย เราสามารถใช้อัตราการไหลของ รีฟลักซ์ หรือ อัตราส่วน รีฟลักซ์ ต่อ ผลิตภัณฑ์ดิสทิลเลต ในการควบคุมอุณหภูมิได้

6. พลังงานความร้อนที่ให้แก่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของสารป้อน จะเป็นการปรับอุณหภูมิของสารป้อน เพื่อปรับค่าเอนทาลปีให้ได้ตามต้องการ สารป้อนที่ถูกทำให้เย็นจนอุณภูมิต่ำกว่าจุดเดือดจะทำให้ไอและของเหลวบนเทรย์หรือเทรย์ป้อน น้อยกว่าไอ และของเหลวบนเทรย์ล่างเทรย์ป้อนซึ่งอาจทำให้เกิดการท่วมได้ ถ้าสารป้อนมีอุณหภูมิสูงเกินไปจนมีเฉพาะไอจะเป็นเหตุ

ให้ของเหลวที่ป้อนกลับที่ส่วนบนของหอกลั่นมากขึ้น เพื่อให้ได้ของเหลวไหลกลับมาในส่วนไล่สารระเหย ซึ่งอาจทำให้เกิดการท่วมในส่วนเพิ่มความเข้มข้นได้

7. อัตราการไหลของสารป้อน ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับกระบวนการอื่นก่อนหน้าจึงไม่ค่อยใช้เป็นตัวแปรควบคุม ถ้าอัตราการไหลของสารป้อนเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ระดับของเหลวบนเทรย์ เพิ่มมากขึ้น และทำให้ระดับของเหลวที่ก้นหอเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอัตราการไหลออกของผลิตภัณฑ์กับหอ หรือทำการเพิ่มพลังงานความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดการกลายเป็นไอมากขึ้น ทำให้การไหลของไอมากขึ้นอาจทำให้อัตราการไหลของรีฟลักซ์เพิ่มขึ้น

4.3 กระบวนการแยกอากาศ

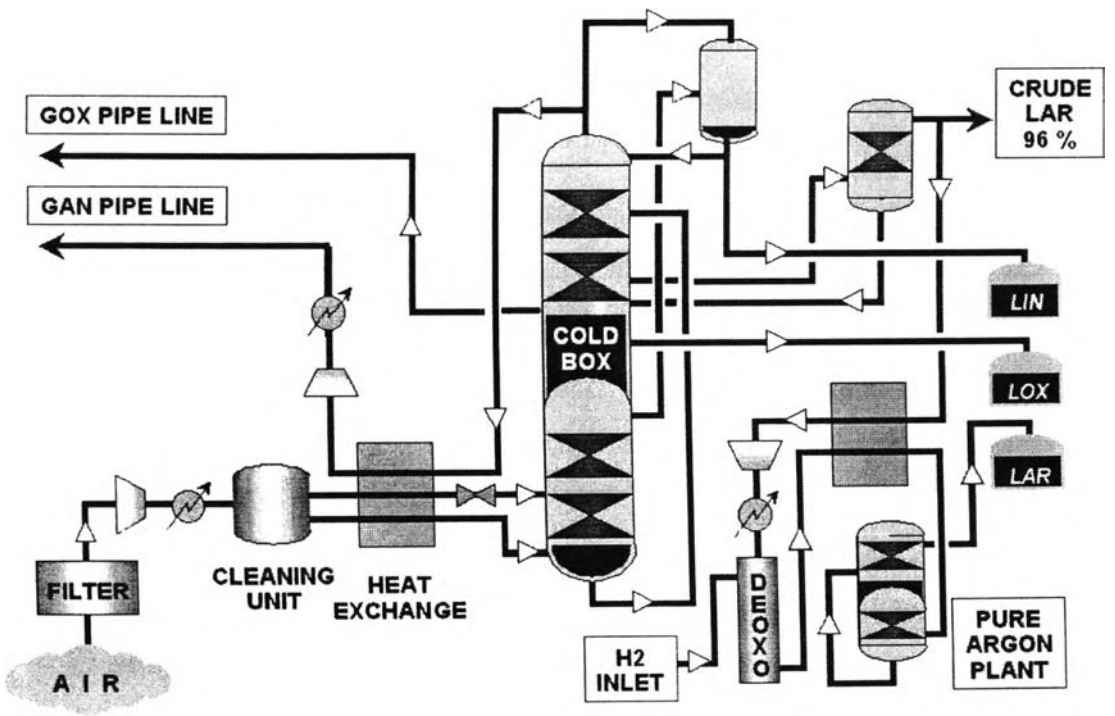
กระบวนการแยกอากาศนั้น อากาศที่ต้องใช้ต้องบริสุทธิ์และแห้ง ก่อนที่จะส่งอากาศเข้าสู่กระบวนการแยกอากาศนั้น จะต้องมีส่วนประกอบ 7 ชนิด คือ ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลัก มีอาร์กอนประมาณหนึ่งเปอร์เซ็นต์เป็นส่วนใหญ่ และมีนีออน ฮีเลี่ยม คริปตอน และซีนอน อยู่เพียงเล็กน้อย

คุณสมบัติของอากาศและองค์ประกอบมีดังนี้

ชื่อ	เปอร์เซ็นต์ในอากาศ	จุดเดือดปกติ องศาเซลเซียส (องศาฟาเรนไฮต์)	จุดเยือกแข็ง องศาเซลเซียส (องศาฟาเรนไฮต์)
อากาศ	-	-194 (-318)	-
ไนโตรเจน	78.09	-196 (-320)	-210 (-346)
ออกซิเจน	20.95	-183 (-297)	-219 (-362)
อาร์กอน	0.93	-186 (-303)	-189 (-309)
คาร์บอนไดออกไซด์	0.03	-78 (-109)	-
นีออน	0.0018	-246 (-411)	-248 (-415)
ฮีเลี่ยม	0.0005	-269 (-452)	-271 (-456)
คริปตอน	0.0001	-153 (-244)	-157 (-251)
ซีนอน	0.000009	-108 (-162)	-112 (-169)
น้ำ	0 – 5	+100 (+212)	0 (+32)

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบ และคุณสมบัติของ อากาศ

PROCESS (LOX,LIN,LAR)



รูปที่4.1 แสดงกระบวนการกลั่นแยกอากาศ

LOX : ออกซิเจนเหลว (Liquid Oxygen)

LIN : ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)

LAR : อาร์กอนเหลว (Liquid Argon)

GOX : แก๊สออกซิเจน (Gas Oxygen)

GAN : แก๊สไนโตรเจน (Gas Nitrogen)

GAR : แก๊สอาร์กอน (Gas Argon)

4.3.1 พื้นฐานการไหลของหอกลั่น

เราจะเริ่มต้นกระบวนการส่วนก้นของหอกลั่น แต่ละส่วนของเทรย์จะเหมือนเป็นการกลั่นแยกแต่ละหน่วย ซึ่งจะทำการแยกส่วนขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูง จากสายไอ แล้วพัดพาให้ลงไปอยู่ในส่วนของเหลว และจะแยกส่วนขององค์ประกอบที่มีจุดเดือนต่ำจากของเหลวพัดพาขึ้นไปอยู่ในส่วนของไอ ไอจะถูกดึงออกจากส่วนบนสุดของหอกลั่น แล้วผ่านไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เรียกว่า คอนเดนเซอร์ ซึ่งจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ไอที่ออกมาเปลี่ยนเป็นของเหลวที่เรียกว่า ดิสทิเลต ส่วนของดิสทิเลตส่วนหนึ่งจะถูกส่งกลับเข้าสู่ส่วนบนของหอกลั่น เรียกว่า รีฟลักซ์ ซึ่งส่วนรีฟลักซ์นี้ เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการทำงานของหอกลั่นอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าปริมาณรีฟลักซ์น้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนบนของหอกลั่นจะมาก เป็นผลทำให้คอนเดนเซอร์ทำงานน้อยลง จะทำให้องค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงลอยขึ้นไปปนกับองค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าปริมาณรีฟลักซ์มาก คอนเดนเซอร์ทำงานมากขึ้นจะทำให้ความบริสุทธิ์ขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันองค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงจนถูกบังคับให้ไหลลงมาที่ก้นหอกลั่น ผลที่ได้คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง แต่ได้ปริมาณน้อย ดังนั้นในการทำงานเราจะทำการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้และใช้ค่ารีฟลักซ์ที่น้อยที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงความบริสุทธิ์ได้เพื่อให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด

4.3.2 ความสำคัญของอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่กระบวนการ

อากาศที่เข้าสู่กระบวนการต้องแห้ง และไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ มีจุดเดือดสูงกว่า ไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน มากดังนั้นถ้าเข้าสู่กระบวนการกลั่น จะเป็นน้ำแข็งทำให้เกิดการอุดตันได้ อากาศจะประกอบด้วย ไนโตรเจน 78 ส่วน ออกซิเจน 21 ส่วน อาร์กอน 1 ส่วน และองค์ประกอบเฉื่อยจำนวนเล็กน้อย มีความดันบรรยากาศปกติไนโตรเจนจะระเหยที่ –196.1 องศาเซลเซียส (-321 องศาฟาเรนไฮต์) ออกซิเจนจะระเหยที่ –182.7 องศาเซลเซียส (-297 องศาฟาเรนไฮต์) และอาร์กอนจะระเหยที่ –186.1 องศาเซลเซียส (-303 องศาฟาเรนไฮต์) องค์ประกอบทั้งสามนี้จะเดือดที่อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้ความดันสูง เช่น ที่ความดัน 10 psig จุดเดือดของไนโตรเจนคือ -191.1 องศาเซลเซียส (-312 องศาฟาเรนไฮต์) ของออกซิเจน คือ –177.7 องศาเซลเซียส (-288 องศาฟาเรนไฮต์) และของอาร์กอน คือ -180.5 องศาเซลเซียส (-293 องศาฟาเรนไฮต์) ที่ความดัน 85 psig จุดเดือดของไนโตรเจน คือ -175 องศาเซลเซียส (-283 องศาฟาเรนไฮต์) ของออกซิเจน คือ -160.5 องศาเซลเซียส (-257 องศาฟาเรนไฮต์) และของอาร์กอน คือ

-162.7 องศาเซลเซียส (-261 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งที่ความดันทั้งสองที่กล่าวมาจะเป็นความดันที่ใช้ในการกลั่นแยกอากาศ

จากข้อมูลที่ได้จะพบว่าเราสามารถกลั่นแยกไนโตรเจน ออกจากออกซิเจน และอาร์กอนได้ง่าย เนื่องจากจุดเดือดมีความแตกต่างมากกว่าจุดเดือดของออกซิเจนและอาร์กอน

กระบวนการกลั่นแยกอากาศนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของหอกลั่นคู่ ซึ่งประกอบด้วย หอกลั่นความดันสูง และหอกลั่นความดันต่ำ ส่วนที่สองคือ หอกลั่นอาร์กอน และส่วนที่สามคือส่วนเพิ่มความบริสุทธิ์ของอาร์กอน

4.3.3 หอกลั่นความดันสูง (C211)

เป็นหอกลั่นที่จะทำการกลั่นเพื่อแยกเอาไนโตรเจนที่บริสุทธิ์ออกมาทางยอดหอ สายป้อนเข้าสู่หอกลั่น ความดันสูงจะมีสองสาย ซึ่งจะป้อนเข้าที่ความดันประมาณ 85 psig สายป้อนหนึ่งจะเป็นไอซึ่งป้อนเข้าที่ก้นหอ ส่วนอีกสายป้อนหนึ่งจะเป็นของเหลว สายป้อนที่เป็นไอจะเป็นไอ 100% ที่อุณหภูมิ –168 องศาเซลเซียส (-271 องศาฟาเรนไฮต์) ส่วนสายป้อนที่เป็นของเหลวจะมีของเหลวอยู่ประมาณ 90% ที่อุณหภูมิ –172 องศาเซลเซียส (-278 องศาฟาเรนไฮต์) ไออากาศ ที่ป้อนเข้าจะไหลขึ้นสู่ด้านบนของหอกลั่น สวนทางกับอากาศเหลวที่ไหลลงมา ไนโตรเจนที่มีจุดเดือดที่ –171 องศาเซลเซียส (-276 องศาฟาเรนไฮต์) จะระเหยเพิ่มมากขึ้น ส่วนออกซิเจนและอาร์กอนจะควบแน่นเป็นของเหลว เนื่องจากจุดเดือดที่สูงกว่า โดยที่จุดเดือดของออกซิเจนอยู่ที่ -161 องศาเซลเซียส (-258 องศาฟาเรนไฮต์) และของอาร์กอนอยู่ที่ -163 องศาเซลเซียส (-261 องศาฟาเรนไฮต์) ดังนั้นไอที่ผ่านออกไปจากแต่ละเทรย์ที่อยู่สูงกว่า จะมีองค์ประกอบของไนโตรเจนมากกว่าไอที่ออกจากเทรย์ต่ำกว่า ส่วนของแก๊สที่ออกจากยอดหอนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สไนโตรเจนความดันสูง และจะมีส่วนหนึ่งไหนเข้าสู่คอนเดนเซอร์ จะควบแน่นลงเป็นของเหลว ซึ่งของเหลวนี้จะถูกแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งจะเป็นส่วนรีฟลักซ์ในหอกลั่นความดันสูง และอีกส่วนหนึ่งจะถูกลดความดันลงแล้วส่งไปยังหอกลั่นความดันต่ำ

4.3.4 หอกลั่นความดันต่ำ (C212)

สายป้อนที่เข้าสู่หอกลั่น

1. สายไนโตรเจน รีฟลักซ์ ที่ยอดหอกลั่น

2. อากาศเหลวที่ออกมาจากหอกลั่นความดันสูง
3. ออกซิเจนที่ไม่บริสุทธิ์จากส่วนก้นหอของหอกลั่นความดันสูง
4. แก๊สและออกซิเจนเหลวที่ไม่บริสุทธิ์จากคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นอาร์กอน
5. ออกซิเจนที่ไม่บริสุทธิ์ที่มีปริมาณอาร์กอน 10% จากหอกลั่นอาร์กอน

สายผลิตภัณฑ์ที่ดึงออกจากหอกลั่น

1. แก๊สไนโตรเจนจากยอดหอ
2. แก๊สของเสียจากส่วนกลางของหอกลั่นครึ่งบน
3. แก๊สออกซิเจนไม่บริสุทธิ์ ซึ่งมีอาร์กอน 12% ส่งเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอน
4. แก๊สออกซิเจนจากส่วนที่ว่างด้านบนของคอนเดนเซอร์/รีบอยเลอร์
5. ออกซิเจนเหลวบริสุทธิ์จากก้นหอกลั่น

ไนโตรเจนเหลวจากคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นความดันสูง ถูกส่งเข้าลดความดัน แล้วส่งเข้ารีฟลักซ์ที่หอกลั่นความดันต่ำ ซึ่งส่วนนี้จะต้องเป็นส่วนกับส่วนที่รีฟลักซ์เข้าสู่หอกลั่นความดันสูง ถ้าส่วนรีฟลักซ์ของหอกลั่นความดันต่ำมากเกินไป ทำให้ส่วนที่ส่งเข้ารีฟลักซ์หอกลั่นความดันสูงไม่เพียงพอ ซึ่งจะมีผลทำให้ ออกซิเจนและอาร์กอนระเหยเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนที่ได้ไม่ดี แต่ถ้าส่วนรีฟลักซ์ของหอกลั่นความดันต่ำน้อยเกินไปจะทำให้ไม่สามารถที่จะรักษาความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนในหอกลั่นความดันต่ำได้ ส่วนของหอกลั่นความดันต่ำนี้จะทำการแยกออกซิเจนเหลวบริสุทธิ์ที่ก้นหอ ไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่ยอดหอ และออกซิเจนที่มีอาร์กอนปริมาณมากอยู่ โดยออกซิเจนเหลวจะถูกต้มให้ระเหยขึ้นไป แล้วจะถูกควบแน่นตกกลับลงมา ขณะที่อาร์กอนและไนโตรเจนระเหยขึ้นสู่ส่วนบนของหอกลั่น

4.3.5 หอกลั่นอาร์กอน (C401)

องค์ประกอบที่มีอิทธิผลต่อการได้กลับมาของอาร์กอน การไหลของสายที่มีอาร์กอนจำนวนเล็กน้อยเข้าสู่หอกลั่นความดันต่ำนั้น ตัวอาร์กอนจะถูกป้องกันการระเหยขึ้นสู่ยอดหอโดยสายรีฟลักซ์ของไนโตรเจนเหลวซึ่งไหลลงมาจากเทรย์บนสุด เนื่องจากไนโตรเจนเหลวมีจุดเดือดต่ำกว่าอาร์กอน ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้อาร์กอนระเหยขึ้นสู่ด้านบนของหอกลั่น และการไหลของไนโตรเจนเหลวลงมาตามเทรย์จะเป็นตัวจำกัดความเข้มข้นของอาร์กอนในสายทิ้ง ซึ่งผลที่ได้คือสายแก๊สไนโตรเจนความดันต่ำที่ยอดหอไม่มีอาร์กอนอยู่เลย และสายทิ้งมีอาร์กอนอยู่น้อยมาก ด้วยปรากฏการณ์ดังกล่าว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีผลทำให้อาร์กอนมีความเข้มข้นมากในช่วงระหว่างเทรย์ชุดที่หนึ่งกับสอง จึงทำการดึงเอาส่วนผสมของออกซิเจนและอาร์กอนออกมาเพื่อเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอน โดยที่ออกซิเจนจะควบแน่นเป็นของเหลวตกลงที่ก้นหอ ส่วนอาร์กอนระเหยขึ้นสู่ยอดหอผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์ คอนเดนเซอร์นี้จะควบแน่นแก๊สเพียงส่วนเดียวเท่านั้น ส่วนที่ยังไม่ควบแน่นจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อควบแน่นแก๊สทั้งหมด และได้อาร์กอนเหลวที่ยังไม่บริสุทธิ์ ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์ของอาร์กอนอยู่ประมาณ 98.6%, ออกซิเจน 1% และไนโตรเจน 0.4%

สายป้อนและสายย้อนกลับระหว่างหอกลั่นความดันต่ำกับหอกลั่นอาร์กอน สายป้อนที่ป้อนเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอนจะป้อนเข้าที่ก้นหอเหนือระดับของเหลวที่ก้นหอสายป้อนจะมีปริมาณอาร์กอน 12% ส่วนสายย้อนกลับจากหอกลั่นอาร์กอนมาสู่หอกลั่นความดันต่ำจะมีอาร์กอนอยู่ประมาณ 10% อัตราการไหลนั้นจะปล่อยให้ไหลอย่างอิสระจากหอกลั่นอาร์กอน สู่หอกลั่นความดันต่ำ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่อย่างไรก็ตามจะมีวาล์วสำหรับปิดได้เพื่อรักษาความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ในหอกลั่นความดันต่ำ

การรักษาปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจน และไนโตรเจนในสายป้อนเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอน จะทำการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในสายป้อนจากหอกลั่นความดันต่ำ สู่หอกลั่นอาร์กอน โดยจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 88 – 93 % ถ้าความเข้มข้นออกซิเจนต่ำเกินช่วงที่กำหนดนี้จะเป็นผลเนื่องมาจากไนโตรเจนไหลลงมาสู่ด้านล่างหอกลั่นความดันต่ำมากเกินไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสายรีฟลักซ์ไนโตรเจนเหลวมากเกินไป หรือเป็นผลจากอัตราการไหลของไอขึ้นด้านบนหอไม่เพียงพอ อัตราการไหลของไอขึ้นด้านบนไม่เพียงพอเนื่องมาจากปริมาณแก๊สออกซิเจนในสายทิ้งมีมากเกินไป หรืออาจเกิดจากการดึงอัตราการไหลของสายแก๊สไนโตรเจนความดันสูงมากเกินไป แต่ถ้าปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในสายป้อนสูงเกิน 93% จะทำให้ปริมาณของอาร์กอนในสาย ป้อนลดน้อยลง ทำให้ต้องเพิ่มอัตราการไหลให้มากขึ้นเพื่อปรับปริมาณอาร์กอนที่เข้าหอกลั่นให้มากขึ้นตาม

4.3.6 การดึงปริมาณออกซิเจนย้อนกลับให้มากที่สุด

เนื่องจากทุก ๆ 100 หน่วยของอากาศที่เข้าสู่กระบวนการผลิตนั้นจะมี ออกซิเจน 20 หน่วย ที่สามารถจะดึงออกเป็นผลิตภัณฑ์ได้ ออกซิเจนส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกดึงกลับออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่ออกไปบริเวณยอดหอกลั่นความดันต่ำ ในสายทิ้งบริเวณยอดหอกลั่นความดันต่ำ ซึ่งนำไปใช้ในการปรับปรุงแอดซอบเบอร์ของ พี เอส เอ และปริมาณออกซิเจนอีกเล็กน้อยที่สูญเสียไปกับสายอาร์กอนที่ยัง

ไม่บริสุทธิ์ ดังนั้นการที่จะดึงออกซิเจนกลับมาให้ได้มากที่สุด คือทำการจำกัดปริมาณออกซิเจนที่ออกที่สายทิ้ง ถ้าปริมาณรีฟลักซ์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถจะทำให้มีปริมาณรีฟลักซ์สำหรับหอกลั่นความดันต่ำมากขึ้น จะเป็นผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในสายทิ้งลดน้อยลง และทำให้สามารถดึงปริมาณออกซิเจนกลับมาได้มากขึ้นที่บริเวณก้นหอกลั่นความดันต่ำ สิ่งที่ทำได้ดีที่สุดคือ ถ้าปริมาณรีฟลักซ์ของหอกลั่นความดันต่ำมากสุดเท่าที่เป็นไปได้ จะสามารถควบแน่นออกซิเจนออกจากสายทิ้งลงสู่กับหอกลั่นได้มาก

4.3.7 การดึงอาร์กอนไม่บริสุทธิ์ย้อนกลับ

สายแก๊สที่มีอาร์กอนมากที่สุดถูกดึงออกจากหอกลั่นความดันต่ำ เพื่อส่งเข้าหอกลั่นอาร์กอน กลั่นแยกอาร์กอนออกมาที่ยอดหอ และที่ก้นหอจะได้ของเหลวที่มีปริมาณออกซิเจนมากผสมกับอาร์กอนเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะถูกส่งกลับเข้าสู่หอกลั่นความดันต่ำเพื่อดึงปริมาณออกซิเจนออก การดึงปริมาณอาร์กอนย้อนกลับนั้นคล้าย ๆ กับการดึงออกซิเจนย้อนกลับ หลักการขึ้นพื้นฐานคือ พยายามลดปริมาณอาร์กอนที่จะหลุดออกไปพร้อมสายทิ้งให้น้อยที่สุด ซึ่งทำได้โดยเพิ่มปริมาณรีฟลักซ์ของหอกลั่นความดันต่ำให้มากที่สุดเพื่อที่จะควบแน่นอาร์กอนให้ไหลลงมาที่ส่วนล่างของหอกลั่น ความจำเป็นของการรักษาความบริสุทธิ์ของออกซิเจนที่ส่วนกลางของหอกลั่น คือ ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ส่วนกลางของหอกลั่นความดันต่ำตกลงมาก ปริมาณของไนโตรเจนอาจจะเพิ่มมากขึ้น และสามารถเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอนได้ ในหอกลั่นอาร์กอนไนโตรเจนจะไม่สามารถควบแน่นได้ และทำให้เกิดเวเปอร์ล็อค (Vapor Lock) ในคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นอาร์กอนได้ เป็นผลทำให้หอกลั่นอาร์กอนไม่สามารถทำงานต่อไปได้

4.3.8 ส่วนของหอกลั่นที่ใช้ศึกษา

หอกลั่นที่นำมาศึกษานี้มี 3 หอ คือ หอกลั่นความดันสูง หอกลั่นความดันต่ำ และหอ กลั่นอาร์กอน หอกลั่นความดันสูงและหอกลั่นความดันต่ำ จะต่อกันโดยหอกลั่นความดันสูงอยู่ด้านล่างและหอกลั่นความดันต่ำอยู่ด้านบน จะมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนตัวเดียวซึ่งใช้เป็นคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นความดันสูง และเป็นรีบอยล์เลอร์ของหอกลั่นความดันต่ำ ส่วนหอกลั่นอาร์กอนจะอยู่ด้านข้างของหอกลั่นความดันต่ำ ซึ่งจะมีสายย้อนกลับไปมาระหว่างหอทั้งสองนี้

หอกลั่นความดันสูง

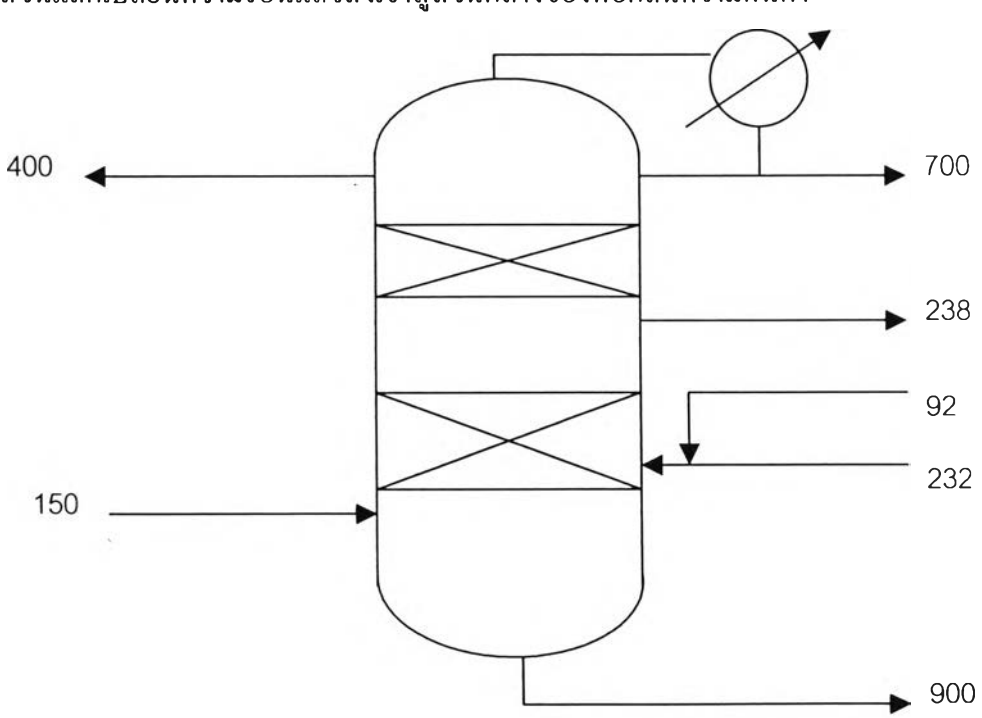
หอกลั่นความดันสูง มีจำนวนเทรย์ทั้งหมด 45 เทรย์ แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกมี 37 เทรย์ ชุดที่สองมี 8 เทรย์ มีคอนเดนเซอร์ แต่ไม่มีรีบอยล์เลอร์ มีจุดสายป้อนเข้า 2 จุด และสายผลิตภัณฑ์ 4 จุด ดังนี้

สายป้อนเข้า

1. สาย 92 เป็นอากาศเหลวที่ส่งกลับมาจาก ส่วนระเหยอาร์กอนเหลวที่ยังไม่บริสุทธิ์
2. สาย 232 จะผสมกับสาย 92 ก่อนเข้าสู่เทรย์ เป็นอากาศเหลวจาก คอมเพรสเซอร์ สเตทที่ 4
3. สาย 150 อากาศความดันสูง ส่งเข้าหอกลั่นความดันสูงบริเวณก้นหอ

สายผลิตภัณฑ์

1. สาย 700 ไนโตรเจนเหลวความดันสูง ส่งเข้าส่วนลดความดัน เพื่อส่งเข้ารีฟลักซ์ที่หอกลั่นความดันต่ำ
2. สาย 400 ไนโตรเจนเหลวความดันสูง ส่งเข้าส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วส่งเข้าสู่ท่อส่งไนโตรเจนสู่โรงงานลูกค้า
3. สาย 238 ไนโตรเจนเหลวความดันสูง ส่งเข้าส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วส่งเข้าสู่ส่วนกลางของหอกลั่นความดันต่ำ
4. สาย 900 ออกซิเจนเหลวไม่บริสุทธิ์ความดันสูง ส่งเข้าส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วส่งเข้าส่งเข้าส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วส่งเข้าสู่ส่วนกลางของหอกลั่นความดันต่ำ



รูปที่ 4.2 หอกลั่นความดันสูง

รูปแบบของหอกลั่นความดันสูงที่เลือกใช้จากโปรแกรมแอสเพน พลัส คือ RADFRAC เป็นหอกลั่นที่ใช้จำลองที่เป็น multistage vapor-liquid fractionation operation ซึ่งเหมาะสมกับ:

- ระบบที่มี 3 เฟส
- ระบบที่มีจุดเดือดแคบและกว้าง
- ระบบที่มีของเหลวซึ่งแสดงความไม่เป็นอุดมคติสูง

ในโหมดออกแบบสามารถกำหนดอุณหภูมิ อัตราการไหล ความบริสุทธิ์ หรือคุณสมบัติสายสตรีมได้ทุกตำแหน่งของหอ ซึ่งสามารถกำหนดได้ทั้งหน่วยโมลและมวล

หอกลั่นความดันสูงมีคอนเดนเซอร์ไม่มีรีบอยเลอร์ ในโปรแกรมแอสเพน พลัส จะให้ใส่ค่า QN = 0 แล้วตัวโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความร้อนของคอนเดนเซอร์

เมื่อทำการลดจำนวนเทรย์ลง 10%, 15%, 20%, 25%, และ 30% สายป้อนและสายผลิตภัณฑ์โดยรวม คอนเดนเซอร์ และรีบอยเลอร์ มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

เทรย์ที่ป้อนเข้าและดึงออก					
	10%	15%	20%	25%	30%
จำนวนเทรย์	41	39	37	35	33
สายป้อนเข้า 92	35	33	32	30	28
สายป้อนเข้า 232	35	33	32	30	28
สายป้อนเข้า 150	42	40	38	36	34
สายผลิตภัณฑ์ 700	รีฟลักซ์	รีฟลักซ์	รีฟลักซ์	รีฟลักซ์	รีฟลักซ์
สายผลิตภัณฑ์ 400	2	2	2	2	2
สายผลิตภัณฑ์ 238	35	33	32	30	28
สายผลิตภัณฑ์ 900	41	39	37	35	33
ความดันลดต่อเทรย์ (psi)	0.066	0.073	0.077	0.082	0.087

ตารางที่ 4.2 แสดงตำแหน่งเทรย์ที่ป้อนเข้าและดึงออกเมื่อลดจำนวนเทรย์ลงที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ของหอกลั่นความดันสูง

<u>หอกลั่นความดันต่ำและหอกลั่นอาร์กอน</u>

รูปแบบของหอกลั่นที่เลือกใช้จากโปรแกรมแอสเพน พลัส คือ MULTIFRAC เป็น หอกลั่นที่ใช้กับหอกลั่นที่มีการเชื่อมต่อหลายหอ ซึ่งสามารถกำหนดค่าดังนี้

- จำนวนหอกลั่น และจำนวนสเตทในแต่ละหอ
- จำนวนของการเชื่อมต่อระหว่างหอกลั่น
- อัตราการไหลของสายเชื่อมต่อ

ซึ่งรูปแบบของหอกลั่นนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้กับหอกลั่นแยกอากาศ

หอกลั่นความดันต่ำ มีรีบอยเลอร์ ไม่มีคอนเดนเซอร์ และมีจำนวนเทรย์ทั้งหมด 92 เทรย์ แบ่งออกเป็น 5 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 มี 22 เทรย์
ชุดที่ 2 มี 6 เทรย์
ชุดที่ 3 มี 6 เทรย์
ชุดที่ 4 มี 18 เทรย์
ชุดที่ 5 มี 40 เทรย์

หอกลั่นอาร์กอนมีจำนวนเทรย์ทั้งหมด 55 เทรย์ มีชุดเดียว มีคอนเดนเซอร์ ไม่มีรีบอยเลอร์

หอกลั่นความดันต่ำมีสายป้อนเข้า 6 จุด และสายผลิตภัณฑ์ออก 4 จุด ดังนี้

<u>สายป้อนเข้า</u>

1. สาย 750 ไนโตรเจนเหลวจากส่วนยอดหอของหอกลั่นความดันสูงส่งมารีฟลักซ์
2. สาย 280 ไนโตรเจนเหลวความดันต่ำจากสาย 238 มาจากส่วนยอดหอของหอกลั่นความดันสูงส่งมารีฟลักซ์
3. สาย 950 ออกซิเจนเหลวที่ไม่บริสุทธิ์จากสาย 900 มาจากส่วนยอดหอของหอกลั่นความดันสูงส่งมารีฟลักซ์
4. สาย 910 แก๊สออกซิเจนไม่บริสุทธิ์จากถังหม้อต้มซ้ำอาร์กอน ส่งมารีฟลักซ์
5. สาย 912 ออกซิเจนเหลวไม่บริสุทธิ์จากถังหม้อต้มซ้ำอาร์กอน ส่งมารีฟลักซ์
6. สาย 642 สายออกซิเจนเหลวจากก้นหอกลั่นอาร์กอนส่งกลับหอกลั่นความดันต่ำ

<u>สายผลิตภัณฑ์</u>

1. สาย 500 แก๊สไนโตรเจนยอดหอส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

2. สาย 800 แก๊สทิ้งส่งเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ
3. สาย 600 สายผลิตภัณฑ์ออกซิเจนเหลวส่งเข้าท่อโรงงานลูกค้า และเข้าสู่ถังเก็บออกซิเจน
4. สาย 640 สายแก๊สที่มีปริมาณอาร์กอนมากส่งเข้าสู่หอกลั่นอาร์กอน

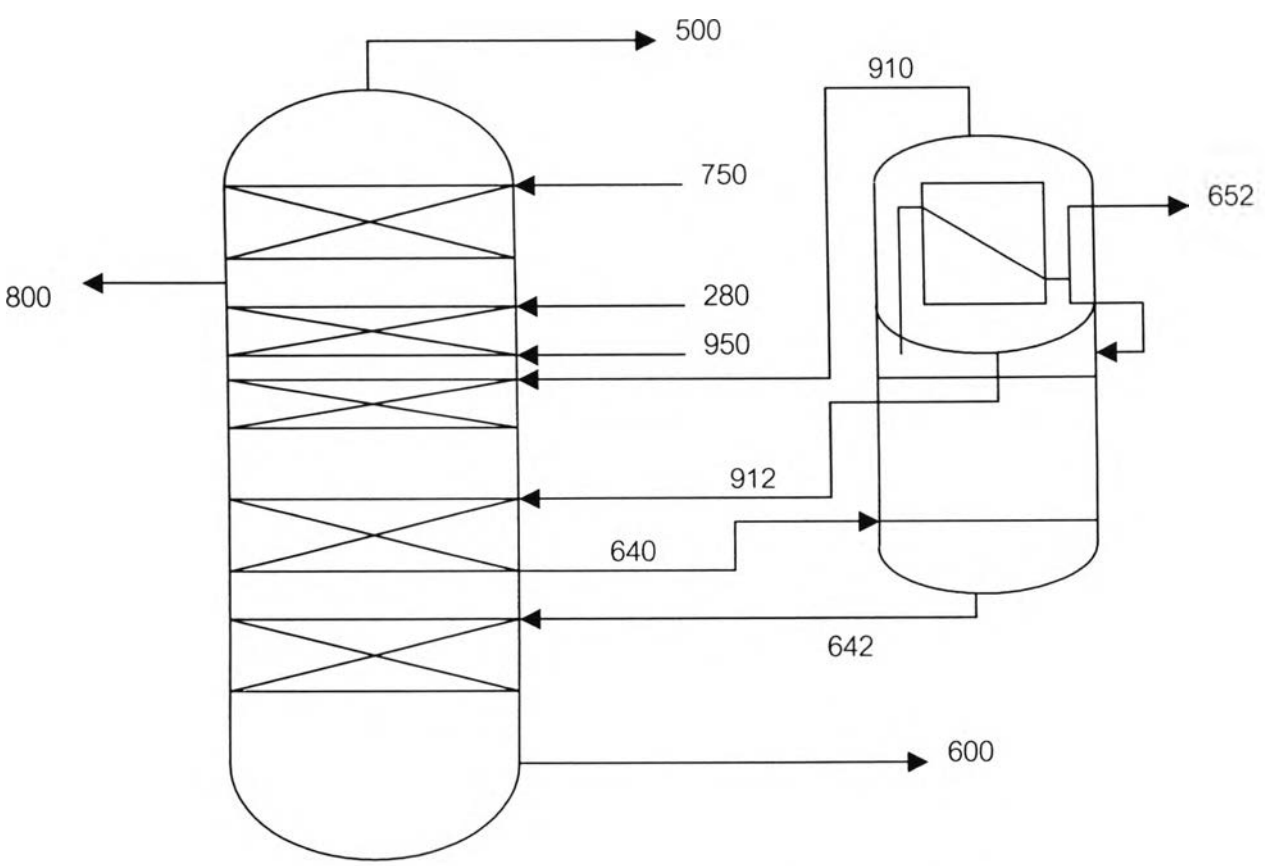
หอกลั่นอาร์กอนด้านบนของหอกลั่นจะมีหม้อต้มซ้ำอยู่ซึ่งจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอนเดนเซอร์ จุดป้อนเข้าและดึงออกของหอกลั่นอาร์กอน และหม้อต้มซ้ำ มีดังนี้

<u>หอกลั่นอาร์กอน</u>

1. สายป้อนเข้า 640 จากส่วนกลางของหอกลั่นความดันต่ำ ซึ่งมีปริมาณอาร์กอนสูง
2. สายผลิตภัณฑ์ 652 จากคอนเดนเซอร์ จะได้ผลิตภัณฑ์แก๊สอาร์กอนที่ยังไม่บริสุทธิ์ จะถูกส่งเข้าสู่ส่วนเพิ่มความบริสุทธิ์ของอาร์กอน
3. สายผลิตภัณฑ์ 642 จากส่วนก้นของหอกลั่นอาร์กอนส่งกลับเข้ารีฟลักซ์ที่หอกลั่นความดันต่ำ

<u>หม้อต้มซ้ำอาร์กอน</u>

1. สายผลิตภัณฑ์ 910 ส่งกลับเข้ารีฟลักซ์ที่หอกลั่นความดันต่ำ
2. สายผลิตภัณฑ์ 912 ส่งกลับเข้ารีฟลักซ์ที่หอกลั่นความดันต่ำ



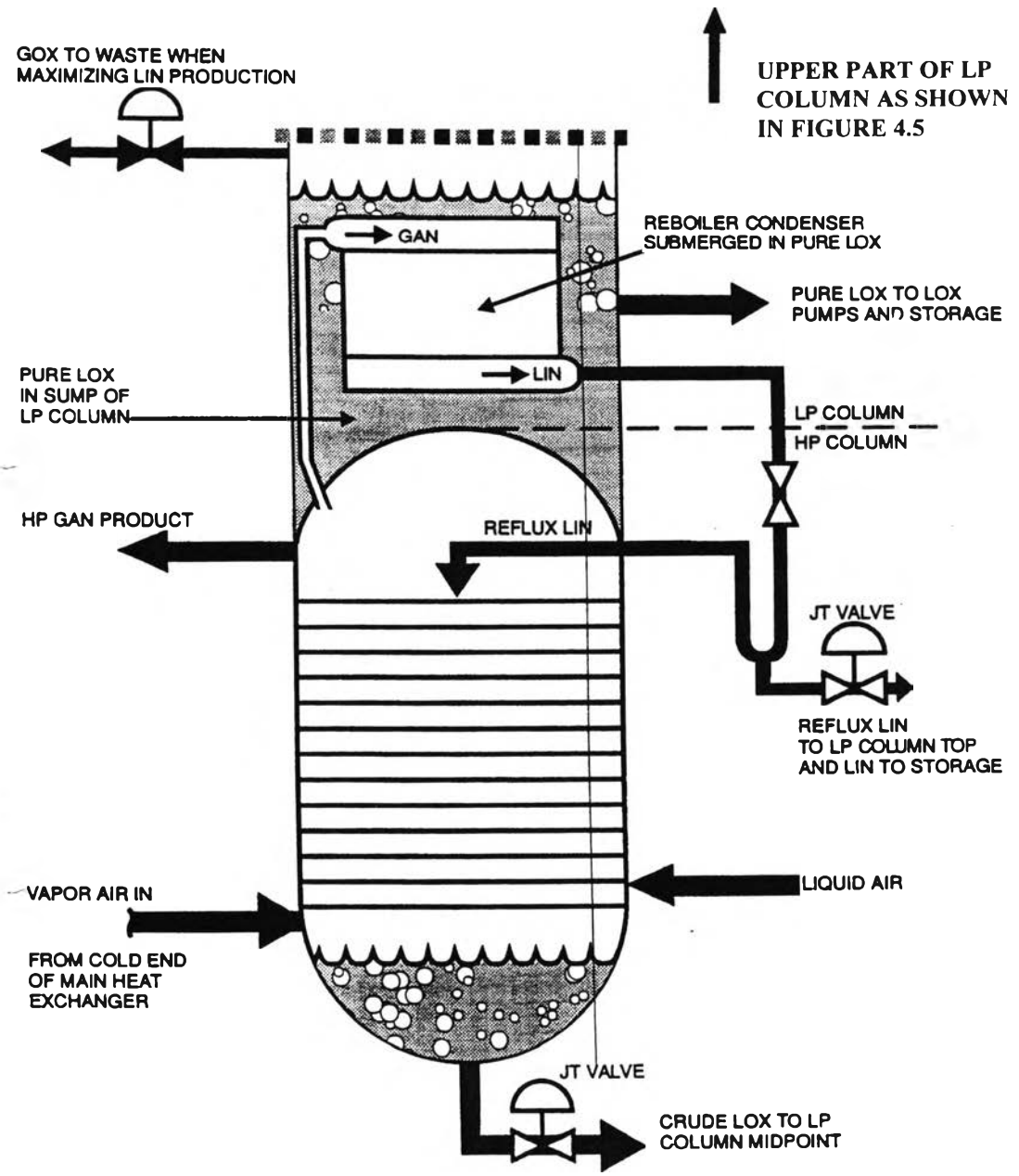
รูปที่ 4.3 หอกลั่นความดันต่ำ และหอกลั่นอาร์กอน

รูปแบบของหอกลั่นที่เลือกใช้สำหรับหอกลั่นความดันต่ำกับหอกลั่นอาร์กอนคือ MULTIFRAC เนื่องจากเป็นรูปแบบหอกลั่นที่มี 2 หอ ซึ่งมีส่วนไหลย้อนกลับไปมาระหว่างหอทั้ง 2 และทำการแยกรีบอยล์เลอร์ ออกมาเป็นอีกส่วนหนึ่ง ค่าความร้อนของรีบอยล์เลอร์ของหอกลั่นความดันต่ำ จะถูกกำหนดโดย ค่าความร้อนที่ได้จากคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นความร้อนสูง เนื่องจากความร้อนที่ได้ออกมาจากคอนเดนเซอร์จะใช้เป็นรีบอยล์เลอร์ต้มของเหลวที่ก้นหอความดันต่ำ ส่วนของหอ กลั่นอาร์กอนให้กำหนดค่า QN = 0 โปรแกรมจะคำนวณค่าความร้อนของคอนเดนเซอร์โดยคิดว่าไม่มีรีบอยล์เลอร์อยู่

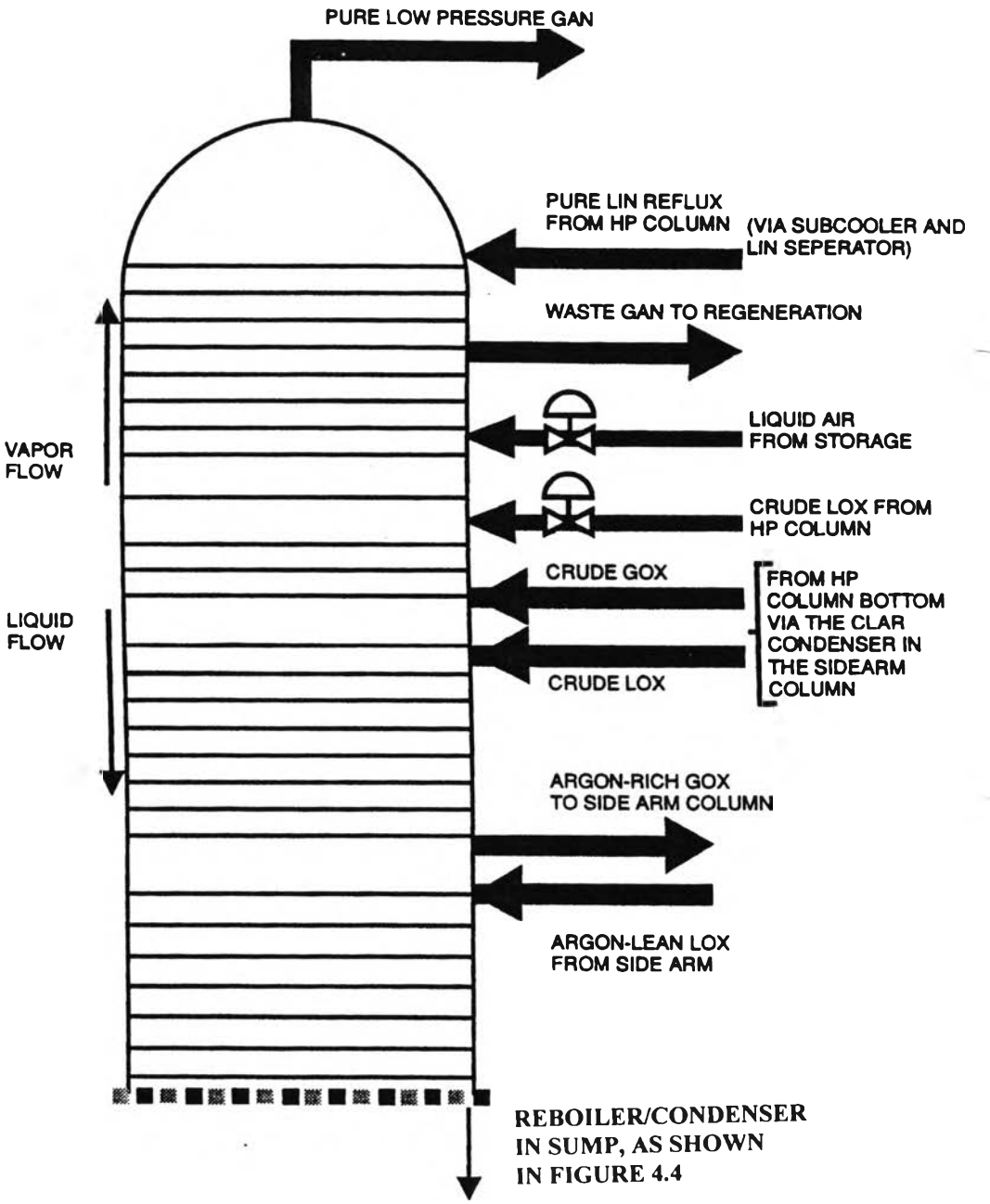
เมื่อทำการลดจำนวนเทรย์ลง 10%, 15%, 20%, 25% และ 30% สายป้อนและสายผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

เทรย์ที่ป้อนเข้าและดึงออก					
	10%	15%	20%	25%	30%
หอกลั่นความดันต่ำ จำนวนเทรย์	83	78	73	68	63
สายป้อนเข้า 750	1	1	1	1	1
สายป้อนเข้า 280	21	20	19	18	17
สายป้อนเข้า 950	25	24	23	22	21
สายป้อนเข้า 910	31	29	27	25	23
สายป้อนเข้า 912	32	30	28	26	24
สายป้อนเข้า 642	48	45	42	39	36
สายผลิตภัณฑ์ 500	ดิสทิลเลต	ดิสทิลเลต	ดิสทิลเลต	ดิสทิลเลต	ดิสทิลเลต
สายผลิตภัณฑ์ 800	21	20	19	18	17
สายผลิตภัณฑ์ 640	48	45	42	39	36
สายผลิตภัณฑ์ 600	83	78	73	68	63
ความดันลดต่อเทรย์ หอกลั่นความดันต่ำ(psi)	0.10	0.105	0.11	0.12	0.128
ความดันลดต่อเทรย์ หอกลั่นอาร์กอน(psi)	0.074	0.082	0.087	0.093	0.098

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งเทรย์ที่ป้อนเข้าและดึงออกเมื่อลดจำนวนเทรย์ลงที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ของหอกลั่นความดันต่ำ และหอกลั่นอาร์กอน



รูปที่ 4.4 รายละเอียดหอกลั่นความดันสูง



รูปที่ 4.5 รายละเอียดหอกลั่นความดันต่ำ

4.3.9 การเลือกรูปแบบที่จะมาใช้ทำแบบจำลอง

หลังจากทำการปรับเปลี่ยนจำนวนเทอร์ที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ แล้ว จะทำการตรวจสอบว่าจะใช้จำนวนเทอร์ที่เปอร์เซ็นต์ใดมาทำแบบจำลองจริง โดยใช้ค่าความผิดพลาดยกกำลังสอง (Least Square) ซึ่งจะใช้ข้อมูลเปรียบเทียบ คือ อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล เอนทาลปี สัดส่วนโมลของไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน โดยที่จะปรับน้ำหนักลงไปที่เอนทาลปีน้อยที่สุด ต่อมาคือ อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล และสัดส่วนโมลของแก๊สแต่ละตัวมีน้ำหนักมากที่สุด แล้วทำการเลือกผลที่ทำให้ค่าความผิดพลาดยกกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด มาใช้ทำแบบจำลอง

$$f_1 = \sum_{I=1}^{n} W_i \varepsilon_i^2 \quad , \qquad Y_{design_i} - Y_{simulate_i} = \varepsilon_i$$

4.4 การต่อหอกลั่น

ทำการต่อสายต่าง ๆ จากหอกลั่นความสูง หอกลั่นความดันต่ำ และหอกลั่นอาร์กอน เข้าด้วยกันตาม P&ID Diagram ซึ่งจะใช้อุปกรณ์อื่น ๆ อีก เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์แยกเฟส อุปกรณ์ผสม และ วาล์ว เป็นต้น โดยการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ จากในโปรแกรมแอสเพน พลัส เมื่อต่อเรียบร้อยแล้วใส่ค่าสภาวะของหอกลั่นทั้งสามาจากสภาวะของหอกลั่นที่เลือกไว้ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับข้อมูลออกแบบ

ทำการเก็บข้อมูลจริงจากโรงงานในช่วงที่ดำเนินงานปกติ แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย ใช้ค่าที่ได้นำไปป้อนเข้าที่แบบจำลองกระบวนการ แล้วตรวจสอบผลที่ได้กับข้อมูลจริงจากโรงงาน เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองกระบวนการ

4.5 การออปติไมเซชัน

ทำการออปติไมเซชันของแก๊ส 3 ชนิด คือ ไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน เนื่องจากถ้าเราสามารถปรับปรุงความบริสุทธิ์ของแก๊สได้ จะสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น

<u>การออปติไมเซชันจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี</u>

1. ออปติไมเซชันของแก๊สไนโตรเจนที่ยอดหอกลั่นความดันสูง สาเหตุที่ทำการออปติไมเซชันแก๊สไนโตรเจนนี้ เนื่องจากเป็นสายผลิตภัณฑ์ที่จะส่งไปยังท่อที่ต่อเข้ากับโรงงานลูกค้า ถ้าสามารถเพิ่มความบริสุทธิ์ของสายไนโตรเจนนี้ได้ โดยไม่กระทบต่อส่วนอื่นของหอกลั่น ก็จะสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทำได้โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของการรีฟลักซ์ ถ้าปริมาณรีฟลักซ์มากขึ้นความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนจะมากขึ้น แต่มีข้อจำกัดคือปริมาณอัตราการไหลของสายที่ส่งไปยังหอกลั่นความดันต่ำ ต้องเพียงพอที่จะรักษาความบริสุทธิ์ของแก๊สออกซิเจนที่ก้นหอกลั่นความดันต่ำได้
2. ออปติไมเซชันของออกซิเจนเหลวที่ก้นหอความดันต่ำ สาเหตุที่ทำการออปติไมเซชันออกซิเจนเหลวนี้ เนื่องจากเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะส่งต่อไปยังถังเก็บออกซิเจนเหลวเพื่อส่งต่อไปยังลูกค้า ซึ่งสามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสาย 750 ที่เข้ามาที่ยอดหอ ถ้าเข้ามายิ่งมากก็จะยิ่งสามารถควบแน่นเอาออกซิเจนลงสู่ส่วนล่างของหอกลั่นได้มากขึ้น ถ้ามากเกินไปความบริสุทธิ์ของออกซิเจนจะลดลง แต่ข้อจำกัดคือ ต้องรักษาความบริสุทธิ์ของแก๊สไนโตรเจนที่ยอดหอกลั่นความดันสูงไว้ให้ได้
3. ออปติไมเซชันของอาร์กอน โดยอาร์กอนสายนี้จะถูกส่งเข้าสู่ส่วนเพิ่มความบริสุทธิ์ของอาร์กอน ถ้าเราสามารถเพิ่มความบริสุทธิ์ของอาร์กอนส่วนนี้ได้ เมื่อส่งเข้าสู่ส่วนเพิ่มความบริสุทธิ์แล้ว ก็จะสามารถยิ่งเพิ่มความบริสุทธิ์ของอาร์กอนได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งทำได้โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสาย 750 ที่เข้ามาที่ยอดหอ ถ้ายิ่งมากก็จะสามารถควบแน่นเอาอาร์กอนลงไปสู่ส่วนล่างของหอกลั่นได้มากขึ้น สายที่ดึงไปสู่หอกลั่นอาร์กอน จะยิ่งมีปริมาณอาร์กอนมาก ก็จะสามารถกลั่นได้อาร์กอนที่มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น แต่ข้อจำกัดคือต้องรักษาความบริสุทธิ์ของแก๊สไนโตรเจนที่ยอดหอกลั่นความดันสูงไว้ให้ได้