บทที่ 3

ทฤษฎี

ในทางธรรมชาติ สารที่ต้องการนำมาใช้ประโยชน์ หรือต้องการกำจัดทิ้ง โดยปกติจะอยู่ปนกับสารอื่น และส่วนใหญ่สัดส่วนที่ผสมอยู่ของสารที่ต้องการมักมีปริมาณน้อย เช่น น้ำมันปาล์มอยู่ในเปลือก และเม็ดของลูกปาล์ม น้ำมันเบนซินดีเซล น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันเตา ผสมอยู่ในน้ำมันดิบเป็นต้น ดังนั้น เพื่อที่จะได้สาร หรือผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการนำมาใช้ประโยชน์ หรือแยกสารที่ต้องการกำจัดออก จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้แยกสารออกจากกัน และเนื่องจากการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางของเครื่องมือแยกสาร เครื่องมือแยกสารจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งในทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเคมี

3.1 เครื่องมือแยกสาร แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ *(ปิยะสาร , 2536)*

3.1.1 ประเภทที่มีการถ่ายเทมวลข้ามเฟส (phase) ภายในเครื่องมือ

3.1.2 ประเภทที่ไม่มีการถ่ายเทมวลข้ามเฟส (ไม่กล่าวถึงรายละเอียด)

เครื่องมือแยกสารที่มีการถ่ายเทมวลข้ามเฟส (phase) ภายในเครื่องมือ

1. หอกลั่น (Distillation Column)

หอกลั่น เป็นเครื่องมือที่อาศัยจุดเดือดของสารที่ต่างกัน เพื่อแยกสารออกจากกัน หอกลั่นเป็นเครื่องมือแยกสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการกลั่นปิโตรเลียม

2. หอดูดซึมก๊าซ (Gas Absorber)

หอดูดซึมก๊าซ เป็นเครื่องมือแยกสาร โดยอาศัยหลักการที่ว่า ก๊าซที่ต้องการแยกสามารถละลาย (Solubility) เข้าไปในของเหลวได้ดีกว่าก๊าซตัวอื่นที่อยู่ในก๊าซผสม หอดูดซึมก๊าซ มีความสำคัญเป็นอันดับสองของวิศวกรรมเคมี หอนี้ส่วนใหญ่จะเป็นหอที่ใส่แพคกิง (packing) ข้างใน จุดประสงค์ใหญ่ก็เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเฟส

3. เครื่องสกัดของเหลว (Liquid-Liquid Extractor)

เครื่องสกัดของเหลว ทำหน้าที่สกัดสารที่ต้องการออกจากของเหลวผสม โดยใช้ตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งสารที่ต้องการสามารถละลาย ในตัวทำละลายได้ดีกว่าสารอื่นที่อยู่ในของเหลวผสม เครื่องสกัดของเหลวมักนิยมใช้ในการแยกสารไฮโดรคาร์บอน ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

4. เครื่องชะละลาย (Leaching Equipment)

การชะละลาย (leaching) หมายถึง การสกัดสารที่อยู่ในของแข็งที่สามารถละลายในตัวทำละลาย กระบวนการนี้อาจจะใช้เพื่อผลิตสารละลายที่เข้มข้นของวัสดุที่มีค่า หรือเพื่อล้างสารที่ไม่ต้องการออกจาก

ของแข็ง วิธีที่ใช้เพื่อการสกัดสารจะขึ้นอยู่กับส่วนของสารที่ละลายได้ (Solute Substance) ที่มีอยู่ การกระจายของมันในของแข็ง ลักษณะและขนาดของของแข็ง

5. เครื่องตกผลึก (Crystallizer)

กระบวนการตกผลึก เป็นกระบวนการแยกสารที่สำคัญกระบวนการหนึ่งในอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล เพราะนอกจากจะได้สารที่บริสุทธิ์แล้ว ยังสามารถเลือกขนาดของผลึกได้ตามต้องการ

6. เครื่องระเหย (Evaporator)

เครื่องระเหย เป็นเครื่องแยกน้ำออกจากสารละลาย ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้น เครื่องมือนี้ จึงมีประโยชน์มาก สำหรับอุตสาหกรรมเคมี โดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำตาล

7. เครื่องอบแห้ง (Dryer)

กระบวนการอบแห้งส่วนมากมักเป็นกระบวนการสุดท้ายของโรงงาน ก่อนหน้าที่จะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ลงในหีบห่อ หรือใช้เพื่อในการตากอาหารและผลไม้ให้แห้ง หลักการก็คือ ระเหยน้ำที่อยู่ในวัสดุที่ต้องการโดยใช้ความร้อน

3.2 การเลือกเครื่องมือแยกสาร

หน่วยปฏิบัติการ (Unit Operation) ที่เกี่ยวข้องในการศึกษา คือ ในส่วนของหอแพคดักจับสารระเหย ซึ่งเป็นหน่วย ที่จะใช้ดักจับไอของสารระเหยที่ออกมาจากหอกำจัดกลิ่น ผลิตภัณฑ์ที่ดักจับได้ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการกำจัดกลิ่น ซึ่งเรียกว่า Soybean Deodorizer Distillate โดยที่องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญใน Soybean Deodorizer Distillate คือ โทโคเฟอรอล

ไอของสารระเหยที่เกิดขึ้นจากของเหลวที่เดือดภายในหอ จะถูกดักจับโดยการใช้ Soybean Deodorizer Distillate ที่อยู่ในถังหมุนเวียน ไปสเปรย์จับไอของสารระเหยในส่วนบนสุดของหอกำจัดกลิ่น ซึ่งเรียกว่า หอดักแพคจับสารระเหย ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดแล้วในบทที่ 2

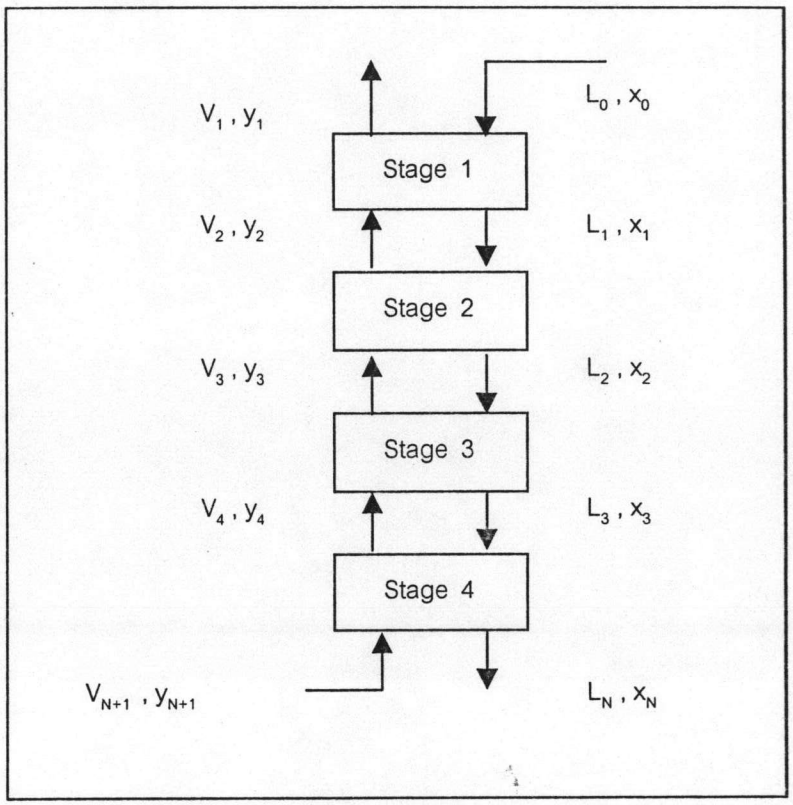
Vapor Scrubber ส่วนมากเป็นหอแพค (Packed Towers) ในหอแพคของไหลสองเฟส (แก๊ส-ของเหลว) จะสัมผัสกันตลอดความสูงของหอ ส่วนประกอบ A ในเฟสหนึ่ง จะถ่ายเทไปยังอีกเฟสหนึ่งตลอดทาง ขณะที่ของไหลไหลผ่านหอ ดังนั้น การไหลของของไหล และความเข้มข้นของสาร A ในทั้งสองเฟส จะเปลี่ยนแปลงตลอดความยาวของหอ ซึ่งจะยังผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของหอด้วย

3.3 สมดุลของเฟสที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึมก๊าซใน Packed Tower (Gas Absorption)

(ปิยะสาร , 2536)

ถ้าสมมติว่ามีเพียงสาร A เพียงสารเดียวที่ถ่ายเทระหว่างเฟส สำหรับระบบที่มีส่วนประกอบ 3 ส่วนประกอบ ค่า F = 3 ถ้าถือว่าไม่มีการละลายของก๊าซเฉื่อย (ก๊าซที่นอกจากแก๊ส A) เข้าไปในของเหลว และไม่มีไอของส่วนประกอบในของเหลวระเหยออกมาถึงเฟสก๊าซ ดังนั้น จะมีตัวแปร 4 ตัว คือ ความดัน อุณหภูมิและความเข้มข้นของสาร A ในของเหลว หรือในก๊าซตัวใดตัวหนึ่งจะเป็นตัวแปรอิสระ

ส่วนอีกตัวหนึ่งจะเป็นตัวแปรตาม เส้นโค้งสมดุลสามารถสร้างขึ้นได้ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ A ในของเหลวที่สมดุลกับความเข้มข้นของ A ในก๊าซ และทุก ๆ จุดบนเส้นโค้งนี้ จะมีอุณหภูมิและความดันเท่ากัน



รูปที่ 3.1 Number of stage in a countercurrent multiple-stage contact process.

(CHRISTIE J. GEANKPLIS , 1993)

ดังนั้นในการออกแบบหอแพค เราจะพิจารณาในส่วนย่อยของหอก่อน แล้วทำการอินทิเกรตเพื่อจะได้ค่าความสูงของหอทั้งหมด เพื่อป้องกันการสับสนเกี่ยวกับทิศทางการไหลของสาร จะทำการกำหนดดังนี้

1. การถ่ายเทมวลจากเฟส L ไปยังเฟส V ถือว่าเป็นบวก
   (นั้นคือ กระบวนการดึงสารออกจากของเหลว)
2. การอินทิเกรตสมการที่จะตั้งขึ้นจะอินทิเกรตจากก้นหอ ไปยังยอดหอ
3. เฟสที่ไหลขึ้นภายในหอให้เป็นเฟส V ตรงกันข้าม เฟสที่ไหลลงให้เป็นเฟส L

หอแยกสารแบบแพค ดูรูปที่ 3.1 มีสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้

@ V = อัตราไหลเชิงโมลของ Vapour Phase (kg / h)

@ L = อัตราไหลเชิงโมลของ Liquid Phase (kg / h)

@ y = เศษส่วนโมลของสาร A ที่อยู่ในเฟส V

@ x = เศษส่วนโมลของสาร A ที่อยู่ในเฟส

3.4 กฎของเฮนรี (Henry's Law) *(ปิยะสาร , 2536)*

ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ กราฟของ P_A กับ x_{A*} จะเข้าใกล้จุดเริ่มต้น และจะเป็นเส้นตรงสำหรับระยะทางสั้น ๆ ก่อนที่จะโค้ง ความดันย่อยของสารในช่วงนี้สามารถเขียนได้ในรูป

$$\overline{P}_A = H_A\, x_{A*} \qquad (3.1)$$

โดยที่

$\overline{P}_A$ = ความดันย่อยของสารบริสุทธิ์ A (mmHg)

H_A = ค่าคงที่ของกฎเฮนรี

x_{A*} = เศษส่วนโมลของ A ในเฟสของเหลว

สมการที่ 3.1 ใช้ได้ดีในกรณีที่สารละลายเจือจาง (สาร A เจือจาง) และมีประโยชน์มากในการหาข้อมูลสมดุลของเฟส เพราะได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ภาวะสมดุลของสารในเฟสก๊าซ (โดยแทนค่า $\overline{P_A} = Py_{A*}$) กับในเฟสของเหลว

$$y_{A*} = (H_A / P)\, x_{A*} \qquad (3.2)$$

โดยที่

y_{A*} = เศษส่วนโมลของ A ในเฟสก๊าซ ที่สมดุลกับเฟสของเหลว

P = ความดันรวมทั้งหมด (mmHg)