บทที่ ๗

วิเคราะห์ทางทฤษฎีของการดูดกลืน

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

๗.๑ Bubble column

หอทดลองที่มีการไหลของของเหลวแบบต่อเนื่อง การคำนวณหาปริมาณการถ่ายเทของมวลสารจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง จะพิจารณาร่วมกับระบบที่ไม่มีการไหลของของเหลวแบบต่อเนื่องดังในภาคแรกของการศึกษานี้ไม่ได้ จะเห็นว่าความเร็วของของเหลวจะเป็นตัวแปรตัวหนึ่งร่วมกับตัวแปรอื่นๆด้วย ไม่สามารถแยกจากกันดังที่ได้แสดงไว้ในภาคแรก ในการทดลองนี้จะได้ทำการศึกษาหาปริมาณของก๊าซแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืนในน้ำ ดังนั้นจึงเป็นระบบที่ควบคุมด้วยฟิลม์ของก๊าซ การคำนวณหาปริมาณการถ่ายเทของมวลสาร จึงคิดจากการสูญหายของแอมโมเนียในก๊าซผสม เขียนเป็นสมการได้ดังข้างล่างนี้

$$N_{NH_3} = k_G A P \Delta y_{ln} \qquad (72)$$

หรือ

$$N_{NH_3} = k_G a V P \Delta y_{ln} \qquad (73)$$

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทมวลสารนั้น เหมือนกับตัวแปรที่มีอยู่ในการศึกษาภาคแรก แต่ต้องเพิ่มตัวแปรเกี่ยวกับการฟุ้งกระจายอีกตัวหนึ่งด้วย เพราะโมเลกุลของก๊าซแต่ละอย่างมีความสามารถที่จะฟุ้งกระจายเข้าหรือออกจากของเหลวได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นสมการของการถ่ายเทมวลสารในเรื่องนี้จึงมี

$$k_G a = f\left(U_G, \rho_L, \mu_L, \sigma, g, H, D_c, U_L, D_f\right) \qquad (74)$$

วิเคราะห์ด้วยวิธี dimensional analysis จะได้

$$\frac{k_G a D_c^2}{D_f} = f\left(\frac{U_G}{\sqrt{g D_c}}, \frac{\rho_L D_c^2 g}{\sigma}, \frac{D_c^3 \rho_L^2 g}{\mu_L^2}, \frac{D_c}{H}, \frac{\rho_L D_c U_L}{\mu_L}, \frac{\mu_L}{\rho_L D_f}\right) \quad (75)$$

หรือ $$Sh = f\left(F_r, Bo, \frac{D_c^3 \rho_L^2 g}{\mu_L^2}, \frac{Dc}{H}, Re_L, Sc\right) \quad (76)$$

นักวิทยาศาสตร์หลายคนได้พบว่า สมการของการถ่ายเทมวลสารเกี่ยวกับการดูดกลืนนั้น มักอยู่ในรูปของสมการยกกำลัง ซึ่งเขียนเป็น

$$Sh = a_{14} Fr^{m_1} Bo^{m_2} \left(\frac{D_c \rho_L g}{\mu_L^2}\right)^{m_3} \left(\frac{D_c}{H}\right)^{m_4} Re_L^{m_5} Sc^{m_6} \quad (77)$$

๗.๒ ฟลูอิดไดเซชั่นสามสถานะ

เมื่อเติมเม็ดของแข็งที่มีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับของเหลวในเบด เม็ดของแข็งจะลอยตัวแบบอยู่ในสมดุลย์ จึงมีโอกาศที่จะพบกับฟองก๊าซที่ลอยสวนทางขึ้นมาได้ ฟองก๊าซที่มีขนาดใหญ่จะแตกเป็นฟองเล็กๆ ดังที่พบในการทดลองภาคแรก พื้นที่สัมผัสระหว่างก๊าซกับของเหลวย่อมมีมากขึ้นด้วย ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพ และจำนวนของเม็ดของแข็งที่ใช้ควรเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิการถ่ายเทมวลสาร เพิ่มจากระบบ Bubble column ดังกล่าวข้างบน สมการที่ (74) เขียนใหม่เป็น

$$k_G a = f(U_G, \rho_L, \mu_L, \sigma, g, H, D_c, U_L, D_f, \frac{V_s}{V_p}, \frac{H}{D_c}, d_p, \rho_s - \rho_L) \quad (78)$$

สมการของ dimensionless เขียนได้ดังนี้

$$Sh = f(Fr, Bo, \frac{D_c^3 \rho_L^2 g}{\mu_L^2}, \frac{D_c}{H}, Re_L, \frac{V_s}{V_p}, \frac{H}{D_c}, Mv, Ga, Sc) \quad (79)$$

ถ้าเขียนเป็นสมการยกกำลัง ควรอยู่ในรูปของ

$$Sh = a_{15} Fr^{m_1} Bo^{m_2} \left(\frac{D_c^3 \rho_L^2 g}{\mu_L^2}\right)^{m_3} \left(\frac{D_c}{H}\right)^{m_4} Re_L^{m_5} Sc^{m_6} \left[1 + a_{16}\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^{m_7} \left(\frac{H}{D_c}\right)^{m_8} Mv^{m_9} Ga^{m_{10}}\right] \quad (80)$$

เพราะเหตุว่า ถ้าหยิบยกเอาเม็ดของแข็งออกจากหอทดลองแล้ว เทอมท้ายในวงเล็บข้างขวามือของสมการจะมีค่าเป็นศูนย์ จะเหลือแต่เทอมที่เป็นสมการของ Bubble column

สำหรับค่ายกกำลังของ Schmidt number นั้น จะเห็นได้ว่า เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.15 ถึง 1.0 แต่ผลการทดลองของ SCHEIBEL et al [47], SHERWOOD et al [40] และ GILLILAND et al [38] มีค่าใกล้เคียงกันมากคือ 0.5ดังนั้นการทดลองนี้จะใช้ค่านี้เป็นกำลังของ Schmidt number ตลอดการทดลอง ดังนั้นสมการที่(80) จะกลายเป็น

$$Sh = a_{15}Fr^{m_1}Bo^{m_2}\left(\frac{D_c^3\rho_L^2 g}{\mu_L^2}\right)^{m_3}\left(\frac{D_c}{H}\right)^{m_4}Re_L^{m_5}Sc^{0.5}\left[1 + a_{16}\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^{m_7}\left(\frac{H}{D_c}\right)^{m_8}Mv^{m_9}Ga^{m_{10}}\right]$$

(81)