บทที่ 4

การออกแบบถัง

4.1 ออกแบบถัง Formalin

ถังที่ต้องการมีขนาด $5.5\ m^3$ เรากำหนดให้อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูงเป็น d: h = 1: 1.5 คิดปริมาตรเฉพาะส่วนที่เป็นทรงกระบอก

จาก

$$V = A \times h \tag{4.1}$$

$$= \frac{\pi d^2}{4} h \tag{4.2}$$

$$5.5 = \frac{\pi d^2}{4}(1.5d)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{22}{1.5\pi}} \approx 1.7 \text{ m}$$

$$h = 1.5d = 2.55 \text{ m}$$

จาก Formalin มีความหนาแน่น (ρ) เท่ากับ $1108\ \frac{kg}{m^3}$

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{4.3}$$

เมื่อ m คือ มวลของสาร

V คือ ปริมาตรของสาร

จะได้น้ำหนักของ Formalin เป็น

$$m = 1108 \times 5.5\ kg$$

$$= 6094\ kg$$

เนื่องจากถังที่ทำการออกแบบ ออกแบบเพื่อใช้ใส่ Formalin เพียงอย่างเดียว ไม่มีการเกิดปฏิกิริยาภายในถังจึงถือว่าไม่มีความดันภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องให้คิดความหนาของถังจากแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของสารเพียงอย่างเดียวเท่านั้น และเนื่องจาก Formalin มีสถานะเป็นของเหลวจึงคิดว่ามีแรงดันกระทำต่อถังในทุกทิศทาง โดยคิดเป็นแรงเฉลี่ยเท่ากันทั้งถัง

สมมติฐาน 1. แรงที่กระทำต่อถังเป็นแรงที่อยู่นิ่ง

2. คิดให้ก้นถังมีลักษณะเรียบเสมอกันทั้งถัง

เราจะสามารถแยกการคำนวณได้เป็น 3 ส่วน คือ แรงเฉือนที่กระทำต่อด้านข้างของถัง, แรงเฉือนที่กระทำต่อก้นถัง และ แรงดึงเนื่องจากน้ำหนักของ Formalin

ถังเป็นถังที่ใช้บรรจุสารเคมีจึงเลือกวัสดุเป็น Aluminum Alloy เบอร์ 214 เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารเคมี

จากตารางคุณสมบัติของ Aluminum Alloy จะได้ ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดึงคราก และความต้านทานแรงเฉือนเป็น

$\sigma_u = 25\ ksi$

$= 25 \times 6.895 = 172.37\ N/mm^2$

$\sigma_y = 12\ ksi$

$= 12 \times 6.895 = 82.74\ N/mm^2$

$\tau = 20\ ksi$

$= 20 \times 6.895 = 137.90\ N/mm^2$

คิดความเสียหายที่เกิดจากแรงดึงเนื่องมาจากน้ำหนัก

จากผลการคำนวณในขั้นต้นเราทราบว่า น้ำหนักของ Formalin ทั้งหมดเท่ากับ 6094 kg

จะได้ $F = 6094 \times 9.81 = 59782.14\ N$

กำหนดค่าความปลอดภัยที่ใช้งาน $(N_y) = 5$ จะได้

ความเค้นออกแบบสำหรับแรงดึง $\sigma_{ud} = \frac{82.75}{5} = 16.55\ N/mm^2$

จาก $\sigma_t = \frac{F}{A}$ (4.4)

$= \frac{59782.14}{\left(\frac{\pi d_1^2}{4}\right) - \left(\frac{\pi d_2^2}{4}\right)}$

$d_1^2 = \frac{76116.98}{16} + (1700)^2$

$d_1 = 1701.5\ mm$

$t = d_1 - d_2 = 1701.5 - 1700\ mm$

$= 1.5\ mm$

แต่เนื่องจากถังมีการต่อกันบริเวณก้นถังซึ่งตรงรอยต่อนี้จะมีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด จึงต้องคิดค่าประสิทธิภาพของรอยเชื่อมด้วย โดยในการออกแบบครั้งนี้กำหนดให้ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม (η) เป็น 0.5 จะได้

ค่า t (ความหนา) $= \dfrac{1.5}{0.5} = 3\,mm$

คิดแรงเฉือนบริเวณด้านข้างถัง

จากคุณสมบัติของ Formalin เราทราบค่าความหนาแน่นของ Formalin

$\rho = 1108 \quad kg/m^3$

เราจะสามารถคำนวณหาแรงเฉือนที่กระทำกับขอบถังอันเนื่องมาจากน้ำหนักของ Formalin ได้

จากสมการ

$F = \rho g h A$ (4.5)

เมื่อ g คือ ค่าคงที่อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h คือ ระดับความสูงของ Formalin

A คือ พื้นที่ผิวด้านข้างของถัง

จะได้

$F = (1108)(9.81)(2.55)(\pi \times 1.7 \times 2.55)$

$= 377474.76 \quad N$

จาก $\tau = \dfrac{F}{A}$ (4.6)

เมื่อ τ คือ ความต้านทานแรงเฉือน(N/mm^2)

F คือ แรงเฉือน(N)

A คือ พื้นที่รับแรงเฉือน(mm^2)

กำหนดให้ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ

$N_y = 5$ จะได้

$\tau_d = \dfrac{137.9}{5} = 27.58 \quad N/mm^2$

$A = \dfrac{377474.76}{27.58}$

$t \times 2.55 \times 10^3 = 13686.54$

$t = 5.36\,mm \approx 5.5 \quad mm$

เนื่องจากข้างถังมีรอยต่อโดยการเชื่อม เราจึงคิดค่าความหนาเผื่อประสิทธิภาพของรอยเชื่อมด้วย โดยในการออกแบบครั้งนี้กำหนดให้ประสิทธิภาพรอยเชื่อมเท่ากับ 0.75 ได้

ความหนา (t) ที่แท้จริง = 5.36/0.75 = 7.15 mm

คิดแรงเฉือนที่บริเวณก้นถัง

จากข้อที่ 2. เราได้

$$F = \rho g h A \quad \text{จากสมการ 4.5}$$

$$= (1108)(9.81)(2.55)\left(\frac{\pi(1.7^2)}{4}\right)$$

$$= 62912.46 \quad N$$

กำหนดให้ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ $N_y = 5$ จะได้

$$\tau_d = \frac{137.9}{5} = 27.58 \quad N/mm^2$$

จาก $\tau = \frac{F}{A}$

$$27.58 = \frac{62912.46}{t(1700\pi)}$$

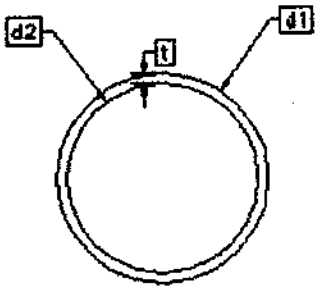
$$t = 0.5 \ mm$$

คิดค่าประสิทธิภาพของรอยเชื่อมที่เชื่อมต่อบริเวณก้นโดยในที่นี้ให้ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม

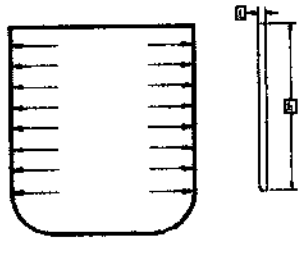
$$\eta = 0.5$$

ความหนา (t) ที่แท้จริงเท่ากับ 0.5/0.5 = 1 mm

จากการคำนวณจะเห็นว่าด้านข้างถังจะรับแรงมากที่สุด จึงเลือกความหนาตามความหนาในข้อที่ 2. แต่จากค่าความหนามาตรฐานของ Aluminum Alloy ที่มีจำหน่ายจึงเลือกใช้ความหนาเท่ากับ 8 mm



รูปที่ 4.1 ถังสารเคมีด้านบน



รูปที่ 4.2 ถังสารเคมีด้านหน้า

4.2 สรุปและวิจารณ์

การออกแบบที่ได้กล่าวมานั้นเป็นแนวทางในการเลือกขนาดและชนิดของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างและติดตั้งถังสำหรับบรรจุและผสมสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยาเรซิ่นและน้ำยาไบน์เดอร์ ซึ่งในระบบเดิมถังบรรจุและถังผสมมีอยู่แล้ว ที่ทำการออกแบบเพิ่มเติม คือ ถังบรรจุสารทุกสารยกเว้น Formalin และ Phenol ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ในส่วนของถังผสมนั้นไม่ได้ทำการเปลี่ยนเนื่องจากของเดิมยังใช้ได้ดี ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

รูปที่ 4.3 ถังบรรจุ Formalin

รูปที่ 4.4 ถังบรรจุ Phenol

รูปที่ 4.5 ถังผสมน้ำยาไบน์เดอร์

รูปที่ 4.6 ถังผสมน้ำยาเรซิ่น

ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าที่มาจากการประมาณ ซึ่งกำหนดจากการใช้สารเคมีที่ใช้ในการผสมน้ำยาในแต่ละครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ถ้าหากมีการเปลี่ยนสูตรในการผสม ค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ควรจะได้เล็กน้อยเนื่องจากมีการให้ค่าความปลอดภัยในการคำนวณ