ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การออกแบบและหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการผลิต

แสดงการคำนวณการออกแบบและหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการผลิต

(ในการคำนวณจะใช้คุณสมบัติของสารในภาคผนวก ช)

1. ขนาดของถังเก็บน้ำมันมะพร้าว

ต้องการเก็บน้ำมันมะพร้าวเผื่อไว้อีก 2 วัน เพราะฉะนั้นถังจะต้องสามารถจุได้ 1,500,000 ลิตร หรือ 1,500 ลูกบาศก์เมตรซึ่งจะใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เมตร และสูง12.5 เมตร คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4}\times 12.5^2 \times 12.5$$

$$V = 1,534 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น ถังเก็บน้ำมันมะพร้าวมีปริมาตร เท่ากับ 1,534 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48\frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38\times\sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88\frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{max} = \frac{1,500\times 900\times 9.81}{\frac{\pi}{4}\times 12.5^2\times 10^6} + 0.1013 = 0.2092 MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{min} = \frac{1,000\times 900\times 9.81}{\frac{\pi}{4}\times 12.5^2\times 10^6} + 0.1013 = 0.177 MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้ใหญ่กว่า 50 mm $k_b = 0.75$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.75 \times 0.80 \times 62.88 = 33.58 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1931 MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0161 MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1931 \times \frac{12.5}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{1{,}206.88}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0161 \times \frac{12.5}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{100.62}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{1{,}206.88}{151.69t} + \frac{100.62}{33.58t}$$

$$t = 65.7 mm$$

เลือกความหนา 66.0 มิลลิเมตร

ซึ่งมีค่ามากกว่า 50 มิลลิเมตรตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(12.632^2 - 12.5^2\right) \times 12.5\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 12.5^2 \times 0.066\right]$$

$$V = 40.7 m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2 \frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 40.7 \times 7{,}747.2$$

$$m = 315{,}311 kg$$

ดังนั้น ถังเก็บน้ำมันมะพร้าวมีมวลเท่ากับ 31,531 กิโลกรัม

2. ขนาดของถังเก็บเอทานอล

ต้องการเก็บน้ำมันมะพร้าวเผื่อไว้อีก 2 วัน เพราะฉะนั้นถังจะต้องสามารถจุได้ 375,000 ลิตร หรือ 375 ลูกบาศก์เมตรซึ่งจะใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.90 เมตร และสูง 7.90 เมตร คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 7.9$$

$$V = 387 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น ถังเก็บเอทานอลมีปริมาตรเท่ากับ 387 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{\max} = \frac{375 \times 790 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.1606 MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{\min} = \frac{250 \times 790 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.1408 MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้อยู่ในช่วง 8 mm ถึง 50 mm $k_b = 0.85$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.85 \times 0.80 \times 62.88 = 38.05 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1507 MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0099 MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1507 \times \frac{7.9}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{595.265}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0099 \times \frac{7.9}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{39.105}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{595.265}{151.69t} + \frac{39.105}{38.05t}$$

$$t = 30.0 mm$$

ซึ่งมีค่าระหว่าง 8 mm ถึง 50 mm ตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(7.96^2 - 7.9^2\right) \times 7.9\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 0.03\right]$$

$$V = 7.4 m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2\frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 7.4\times 7{,}747.2$$

$$m = 57{,}100kg$$

ดังนั้น ถังเก็บเอทานอลมีมวลเท่ากับ 57,100 กิโลกรัม

3. ขนาดของถังกวนและถังแยกชั้น

ถังกวนและถังแยกชั้น เป็นอัตราการไหลของน้ำมันมะพร้าวและเอทานอลในเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งจะมีถังกวน 3 ถัง และถังแยกชั้น 12 ถัง

ถังจะต้องจุได้ปริมาตร

$$V = \frac{(125+500)}{24}\times 1.5 = 39.0625m^3$$

ซึ่งจะใช้ถังขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เมตร สูง 3.8 เมตร

คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4}\times 3.8^2\times 3.8$$

V = 43.1 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น ถังกวนและถังแยกชั้นมีปริมาตรเท่ากับ 43.1 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48\frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38\times\sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88\frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{max} = \frac{39.07\times 1{,}189.2\times 9.81}{\frac{\pi}{4}\times 3.8^2\times 10^6} + 0.1013 = 0.1415MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{min} = 0.1013MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้อยู่ในช่วง 8 mm ถึง 50 mm $k_b = 0.85$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.85 \times 0.80 \times 62.88 = 38.05 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1214 MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0201 MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1214 \times \frac{3.8}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{230.66}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0201 \times \frac{3.8}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{38.19}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{230.66}{151.69t} + \frac{38.19}{38.05t}$$

$$t = 15.2mm$$

ดังนั้นเลือกความหนา 16 มิลลิเมตร

ซึ่งมีค่าระหว่าง 8 มิลลิเมตร ถึง 50 มิลลิเมตรตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V=\left[\frac{\pi}{4}\times\left(3.832^2-3.8^2\right)\times 3.8\right]+\left[\frac{\pi}{4}\times 3.8^2\times 0.016\right]$$

$$V=0.91m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho=7,747.2\frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m=V\rho=0.91\times 7,747.2$$

$$m=7,061kg$$

มีถัง 15 ถัง คิดเป็นมวลได้

$$m=15\times 7,061=105,918kg$$

ดังนั้น ถังกวนและถังแยกชั้นมวลทั้งหมดเท่ากับ 105,918 กิโลกรัม

4. ขนาดของถังแยกกลีเซอรีน

กลีเซอรีนที่ออกมาจะมีปริมาตรเป็นอัตราส่วนเท่ากับเอทานอล คือ 125 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ถังจะต้องจุได้ปริมาตร

$$V=\frac{125}{24}\times 1.5=7.8125m^3$$

ซึ่งจะใช้ถังขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เมตร สูง 2.4 เมตร

คิดเป็นปริมาตร

$$V=\frac{\pi}{4}\times 2.4^2\times 2.4$$

$$V=10.86 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น ถังแยกกลีเซอรีนมีปริมาตรเท่ากับ 10.86 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u=165.48\frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y=151.69\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u^{'}=0.38\times\sigma_u$$

$$\sigma_u^{'}=62.88\frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{\max} = \left(1{,}198.3 \times 9.81 \times 2.4 \times 10^{-6}\right) + 0.1013 = 0.1295MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{\min} = 0.1013MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้อยู่ในช่วง 8 mm ถึง 50 mm $k_b = 0.85$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.85 \times 0.80 \times 62.88 = 38.05 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1154MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0141MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1154 \times \frac{2.4}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{138.48}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0141 \times \frac{2.4}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{16.92}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{138.48}{151.69t} + \frac{16.92}{38.05t}$$

$$t = 8.2mm$$

ดังนั้นเลือกความหนา 8.2 มิลลิเมตร

ซึ่งมีค่าระหว่าง 8 มิลลิเมตร ถึง 50 มิลลิเมตรตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(2.4164^2 - 2.4^2\right) \times 2.4\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 2.4^2 \times 0.0082\right]$$

$$V = 0.187 m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7,747.2 \frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 0.187 \times 7,747.2$$

$$m = 1,449 kg$$

มีถัง 12 ถัง คิดเป็นมวลได้

$$m = 12 \times 1,449 = 17,393 kg$$

ดังนั้น ถังแยกกลีเซอรีนมีมวลเท่ากับ 17,393 กิโลกรัม

5. ขนาดของถังล้างเอสเทอร์

เอสเทอร์ที่ออกมามีปริมาตรเท่ากับน้ำมันมะพร้าว คือ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาทีจะมีปริมาตร

$$V = \frac{500}{24} \times 1.5 = 31.25 m^3$$

จะใช้น้ำล้าง 75% ของเอสเทอร์ที่ออกมา

$$V = 31.25 \times 0.75 = 23.4375 m^3$$

รวมเป็นปริมาตรของถังที่ไว้ใช้งาน เป็น

$$31.25 + 23.4375 = 54.6875$$

ซึ่งจะใช้ถังขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.2 เมตร สูง 4.2 เมตร

คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times 4.2^2 \times 4.2$$

V = 58.2 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น ถังล้างเอสเทอร์มีปริมาตรเท่ากับ 58.2 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48\frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u^{'} = 0.38\times\sigma_u$$

$$\sigma_u^{'} = 62.88\frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{\max} = \left(1000\times 9.81\times 4.2\times 10^{-6}\right) + 0.1013 = 0.1425MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{\min} = 0.1013MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้อยู่ในช่วง 8 mm ถึง 50 mm $k_b = 0.85$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n^{'}$$

$$\sigma_n = 0.89\times 0.85\times 0.80\times 62.88 = 38.05\frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1219MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0206MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1219\times\frac{4.2}{2}\times 1{,}000}{t} = \frac{255.99}{t}\frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0206\times\frac{4.2}{2}\times 1{,}000}{t} = \frac{43.26}{t}\frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{255.99}{151.69t} + \frac{43.26}{38.05t}$$

$$t = 17.0mm$$

ดังนั้นเลือกความหนา 17.0 มิลลิเมตร

ซึ่งมีค่าระหว่าง 8 มิลลิเมตร ถึง 50 มิลลิเมตรตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(4.234^2 - 4.2^2\right) \times 4.2\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 4.2^2 \times 0.017\right]$$

$$V = 1.18m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2\frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 1.18 \times 7{,}747.2$$

$$m = 9{,}153kg$$

มีถัง 12 ถัง คิดเป็นมวลได้

$$m = 12 \times 9{,}153 = 109{,}842kg$$

ดังนั้น ถังล้างเอสเทอร์มีมวลทั้งหมดเท่ากับ 109,842 กิโลกรัม

6. ขนาดของถังเก็บเอสเทอร์

เอสเทอร์มีปริมาณออกมาเท่ากับน้ำมันมะพร้าว คือ 500 ลูกบาศก์เมตร และเผื่อเวลาเก็บไว้อีก 2 วันจะได้เป็น 1500 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นจะใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เมตร สูง 12.5 เมตร

คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times 12.5^2 \times 12.5$$

V = 1,534 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น ถังเก็บเอสเทอร์มีปริมาตรเท่ากับ 1,534 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48\frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u^{'} = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u^{'} = 62.88\frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{\max} = \frac{1,500 \times 880.7 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 12.5^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.2069MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{\min} = \frac{1,000 \times 880.7 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 12.5^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.1717MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้ใหญ่กว่า 50 mm $k_b = 0.75$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n^{'}$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.75 \times 0.80 \times 62.88 = 33.58\frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.1893MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.0176MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1893 \times \frac{12.5}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{1183.13}{t}\frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0176 \times \frac{12.5}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{109.4}{t}\frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{1{,}183.13}{151.69t} + \frac{109.4}{33.58t}$$

$$t = 67.0mm$$

ซึ่งมีค่ามากกว่า 50 มิลลิเมตรตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(12.634^2 - 12.5^2\right) \times 12.5\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 12.5^2 \times 0.067\right]$$

$$V = 41.3m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2\frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 41.3 \times 7{,}747.2$$

$$m = 319{,}820kg$$

ดังนั้น ถังเก็บเอสเทอร์มีมวลทั้งหมดเท่ากับ319,820 กิโลกรัม

7. ขนาดของถังเก็บกลีเซอรีน

กลีเซอรีนมีปริมาณที่คิดอัตราส่วนเท่ากับเอทานอลคือ 125 ลูกบาศก์เมตร และเผื่อเวลาในการจำหน่ายไปอีก 2 วัน กลายเป็น 375 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นจะใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.9 เมตร สูง 7.9 เมตร คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 7.9$$

$$V = 387 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น ถังเก็บกลีเซอรีนมีปริมาตรเท่ากับ 387 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{max} = \frac{375 \times 1{,}198.3 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.1912 MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{min} = \frac{250 \times 1{,}198.3 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 10^6} + 0.1013 = 0.1612 MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t ให้อยู่ในช่วง 8 mm ถึง 50 mm $k_b = 0.85$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 0.85 \times 0.80 \times 62.88 = 38.05 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} = 0.1762 MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} = 0.0150MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.1762 \times \frac{7.9}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{695.99}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน

$$\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.0150 \times \frac{7.9}{2} \times 1000}{t} = \frac{59.25}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{695.99}{151.69t} + \frac{59.25}{38.05t}$$

$$t = 37.0mm$$

ซึ่งมีค่าระหว่าง 8 mm ถึง 50 mm ตามที่สมมติไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(7.974^2 - 7.9^2\right) \times 7.9\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 7.9^2 \times 0.037\right]$$

$$V = 9.1m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2 \frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 9.1 \times 7{,}747.2$$

$$m = 70{,}527kg$$

ดังนั้น ถังเก็บกลีเซอรีนมีมวลทั้งหมดเท่ากับ 70,527 กิโลกรัม

8. ขนาดของถังเก็บโซเดียมไฮดรอกไซด์

จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตรา 3,245 กิโลกรัมต่อวัน โดยจะเผื่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ไว้อีก 2 วัน จะกลายเป็น 9,735 กิโลกรัม

โซเดียมไฮดรอกไซด์มีความหนาแน่น 2,100 kg/m^3

คิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{9,735}{2,100}$$

$$V = 4.46 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ให้ถังมีความสูง 1.8 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เมตร

ได้ปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times 1.8^2 \times 1.8$$

$$V = 4.58 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น ถังเก็บโซเดียมไฮดรอกไซด์มีปริมาตรเท่ากับ 4.58 ลูกบาศก์เมตร

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_y = 151.69 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

จะทำงานที่ความดันเปลี่ยนจาก

ความดันสูงสุด

$$P_{max} = \left(2,100 \times 1.8 \times 9.81 \times 10^{-6}\right) + 0.1013 = 0.1384 MPa$$

ความดันต่ำสุด

$$P_{min} = 0.1013 MPa$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ความดันเฉลี่ย

$$P_m = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 0.11985 MPa$$

ความดันส่วนเปลี่ยน

$$P_a = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} = 0.01855 MPa$$

ความเค้นเฉลี่ย

$$\sigma_m = \frac{P_m R}{t} = \frac{0.11985 \times \frac{1.8}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{107.865}{t} \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นส่วนเปลี่ยน $\sigma_a = \frac{P_a R}{t} = \frac{0.01855 \times \frac{1.8}{2} \times 1{,}000}{t} = \frac{16.695}{t} \frac{N}{mm^2}$

ไม่มีความเค้นหนาแน่น $K_f = 1$

ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$$

กำหนดค่าความปลอดภัย 6

$$\frac{1}{6} = \frac{107.865}{151.69t} + \frac{16.695}{44.77t}$$

$$t = 6.5mm$$

ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร ตามที่กำหนดไว้

คิดเป็นปริมาตรเนื้อสเตนเลสผสมได้ดังนี้

ปริมาตร

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times \left(1.8130^2 - 1.8^2\right) \times 1.8\right] + \left[\frac{\pi}{4} \times 1.8^2 \times 0.0065\right]$$

$$V = 0.083 m^3$$

ความหนาแน่น

$$\rho = 7{,}747.2 \frac{kg}{m^3}$$

คิดเป็นน้ำหนักได้จาก

มวล

$$m = V\rho = 0.083 \times 7{,}747.2$$

$$m = 642kg$$

ดังนั้น ถังเก็บโซเดียมไฮดรอกไซด์มีมวลเท่ากับ 624 กิโลกรัม

9. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังเก็บน้ำมันมะพร้าวมายังถังกวน

ความหนาแน่น ρ = 900 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.01 kg/m-sec

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 21.5 m

อัตราการไหล Q = 5.787 lit/sec = 0.005787 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80} \times 900 \times 4 = 3.6 \times 10^3 kg/m^2 = 0.035MPa$$

จาก

$$\mathrm{Re} \cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59 \times \left(\frac{1{,}289^4 \times (5.787 \times 10^{-3})^3 \times 5{,}160}{0.01^5 \times 21.5}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 4.10 \times 10^3$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 12200 และ f = 0.0073

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi \mu \mathrm{Re}}$$

$$= \frac{4 \times 1{,}289 \times 0.00578}{0.01\pi \times 12{,}200}$$

$$= 0.0778m = 77.8mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 78.0 มิลลิเมตร

ความยาวของท่อทั้งหมด 28.5 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2} = 1.211 m/s$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.005787 \times 5{,}160}{75} = 0.398 HP$$

ดังนั้น เลือกใช้ปั๊มขนาด 0.5 แรงม้า

คิดความดันภายในท่อได้

$$P = P_{\max} + \Delta P = 0.2563 + 0.051 = 0.3073 MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.3073 \times \frac{78}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.8 mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7{,}747.2 \ kg/m^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 28.5 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.0796^2 - 0.078^2\right) \times 28.5 = 0.00564 m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7,747.2 \times 0.00564 = 43.7 kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวลเท่ากับ 43.7 กิโลกรัม

10. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังเก็บเอทานอลมายังถังกวน

ความหนาแน่น ρ = 790 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.01 kg/m-sec

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 21.5 m

ความสูง h = 4 m

อัตราการไหล Q = 1.447 lit/sec = 0.001447 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80} \times 790 \times 4 = 3.16 \times 10^3 kg/m^2 = 0.0316 MPa$$

จาก

$$\mathrm{Re} \cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59 \times \left(\frac{790^4 \times (1.447 \times 10^{-3})^3 \times 3{,}160}{0.01^5 \times 21.5}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.48 \times 10^4$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 4,4000 และ f = 0.0054

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi \mu \mathrm{Re}}$$

$$= \frac{4 \times 790 \times 0.001447}{0.01\pi \times 4{,}4000}$$

$$= 0.0276 m = 27.6 mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 28.0 มิลลิเมตร

ความยาวของท่อทั้งหมด 28.5 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2} = 1.177 m/\sec$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.001447 \times 3{,}160}{75} = 0.061HP$$

ดังนั้น เลือกปั๊มที่มีขนาด 0.5 แรงม้า

คิดความดันภายในท่อได้

$$P = P_{max} + \Delta P = 0.1606 + 0.031 = 0.1916MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u^{'} = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u^{'} = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n^{'}$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.1916 \times \frac{28}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.2mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7{,}747.2 \ \text{kg/m}^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 28.5 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.0284^2 - 0.028^2\right) \times 28.5 = 0.00050m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7{,}747.2 \times 0.00050 = 3.9kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวลเท่ากับ 3.9 กิโลกรัม

11. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังกวนมายังถังแยกชั้น

ความหนาแน่น ρ = 1,189.2 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.01 kg/m-sec

ความสูง h = 6.4 m

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 33.3 m

อัตราการไหล Q = 7.234 lit/sec = 0.007234 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80}\times 1{,}189.2\times 6.4 = 7.62\times 10^3 kg/m^2 = 0.075MPa$$

จาก

$$\mathrm{Re}\cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59\times\left(\frac{1{,}189.2^4\times\left(7.234\times 10^{-3}\right)^3\times 7{,}200}{0.01^5\times 33.3}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 4{,}440$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 11,700 และ f = 0.0074

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi\mu \mathrm{Re}} = \frac{4\times 1{,}189.2\times 0.007234}{0.01\pi\times 11{,}700}$$

$$= 0.0936m = 93.6mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 94.0 มิลลิเมตร

ความยาวของท่อทั้งหมด 136.6 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}\times D^2} = 1.042m/\sec$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.007234 \times 7,620}{75} = 0.735HP$$

ดังนั้น เลือกใช้ปั๊มขนาด 1 แรงม้า

ได้ความดันในท่อเป็น

$$P = P_{max} + \Delta P = 0.1415 + 0.075 = 0.2165MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_n' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_n' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.2165 \times \frac{94}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.7mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7,747.2 \text{ kg/m}^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 136.6 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.0954^2 - 0.094^2\right) \times 136.6 = 0.02845m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7,747.2 \times 0.02845 = 220.4kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวลเท่ากับ 220.4 กิโลกรัม

12. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังแยกชั้นไปยังถังล้างเอสเทอร์

ความหนาแน่น ρ = 1,189.2 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.01 kg/m-sec

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 14.4 m

ความสูง h = 1.8 m

อัตราการไหล Q = 7,234 lit/sec = 0.007234 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80}\times 1{,}189.2\times 1.8 = 2.14\times 10^3 kg/m^2 = 0.021 MPa$$

จาก

$$Re\cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59\times\left(\frac{1{,}189.2^4\times\left(7.234\times 10^{-3}\right)^3\times 7{,}200}{0.01^5\times 14.4}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 3{,}730$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 10,200 และ f = 0.0077

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi\mu Re}$$

$$= \frac{4\times 1{,}189.2\times 0.007234}{0.01\pi\times 10{,}200}$$

$$= 0.1074m = 107.4mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 108.0 มิลลิเมตร

ความยาวท่อ 113.4 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}\times D^2} = 0.790 m/\sec$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.007234\times 2{,}140}{75} = 0.206 HP$$

ดังนั้น เลือกใช้ปั๊มขนาด 0.5 แรงม้า

ได้ความดันในท่อเป็น

$$P = P_{max} + \Delta P = 0.1415 + 0.021 = 0.1625 MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u^{'} = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u^{'} = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_u^{'}$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.1625 \times \frac{108}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.6 mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7,747.2 \text{ kg/m}^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 113.4 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.1092^2 - 0.108^2\right) \times 113.4 = 0.02321 m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7,747.2 \times 0.02321 = 179.8 kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวลเท่ากับ 179.8 กิโลกรัม

13. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังล้างเอสเทอร์ไปยังถังเก็บเอสเทอร์

ความหนาแน่น ρ = 880.7 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.001 kg/m-sec

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 44.9 m

ความสูง h = 12.5 m

อัตราการไหล Q = 5.787 lit/sec = 0.005787 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80}\times 880.7\times 12.5 = 11{,}020 kg/m^2 = 0.1081 MPa$$

จาก

$$Re\cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59\times\left(\frac{880.7^4\times\left(5.787\times 10^{-3}\right)^3\times 11{,}020}{0.001^5\times 44.9}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 31{,}200$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 93,000 และ f = 0.0046

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi\mu Re} = \frac{4\times 880.7\times 0.005787}{0.01\pi\times 93{,}000} = 0.0700m = 70.0mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 70.0 มิลลิเมตร

ความยาวของท่อทั้งหมด 139.1 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}\times D^2} = 1.504 m/\sec$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.005787\times 11{,}020}{75} = 0.851 HP$$

ดังนั้น เลือกใช้ปั๊มขนาด 1 แรงม้า

ได้ความดันในท่อเป็น

$$P = P_{\max} + \Delta P = 0.1425 + 0.1081 = 0.2506MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48\frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88\frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว k_a = 0.89

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด k_c = 0.80

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร k_b = 1.00

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77\frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.2506 \times \frac{70}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.6mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7,747.2 \text{ kg/m}^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 139.1 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.0712^2 - 0.070^2\right) \times 139.1 = 0.01851m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7747.2 \times 0.01851 = 143.4kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวล 143.4 กิโลกรัม

14. ปั๊มและท่อที่ต่อจากถังล้างกลีเซอรีนไปยังถังเก็บกลีเซอรีน

ความหนาแน่น ρ = 1,198.3 kg/m^3

ความหนืด μ = 0.01 kg/m-sec

ความยาวที่ยาวที่สุด L = 50.7 m

ความสูง h = 7.9 m

อัตราการไหล Q = 1.447 lit/sec = 0.001447 m^3/sec

ความดันส่วนต่าง

$$\Delta P = \frac{g}{g_c}\rho h = \frac{9.81}{9.80}\times 1{,}198.3\times 7.9 = 9{,}480 kg/m^2 = 0.093 MPa$$

จาก

$$\mathrm{Re}\cdot f^{\frac{1}{5}} = 1.59\left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta P}{\mu^5 L}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 1.59\times\left(\frac{1{,}198.3^4\times\left(1.447\times 10^{-3}\right)^3\times 9{,}480}{0.01^5\times 50.7}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 2{,}600$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้ ในภาคผนวก ค จะได้

Re = 7,000 และ f = 0.0085

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

$$D = \frac{4\rho Q}{\pi\mu \mathrm{Re}} = \frac{4\times 1{,}198.3\times 0.001447}{0.01\pi\times 12200} = 0.0316m = 31.6mm$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดท่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 32.0 มิลลิเมตร

ความยาวทั้งหมดของท่อ 146.5 เมตร

ความเร็วในท่อ

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}\times D^2} = 1.800 m/\sec$$

หาแรงม้า

$$P = \frac{0.001447\times 9{,}480}{75} = 0.183 HP$$

ดังนั้น เลือกใช้ปั๊มขนาด 0.5 แรงม้า

ได้ความดันในท่อเป็น

$$P = P_{\max} + \Delta P = 0.1912 + 0.093 = 0.2842 MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น สเตนเลสผสม

$$\sigma_u = 165.48 \frac{N}{mm^2}$$

ขีดจำกัดความทนทาน

$$\sigma_u' = 0.38 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u' = 62.88 \frac{N}{mm^2}$$

ตัวประกอบผิว $k_a = 0.89$

ตัวประกอบของแรงแบบดึงหรือกด $k_c = 0.80$

ตัวประกอบขนาด

สมมติความหนา t มีค่าน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร $k_b = 1.00$

ความต้านทานแรงทนทาน

$$\sigma_n = k_a k_b k_c \sigma_n'$$

$$\sigma_n = 0.89 \times 1.00 \times 0.80 \times 62.88 = 44.77 \frac{N}{mm^2}$$

ให้ค่าความปลอดภัย N = 6

หาความหนาได้จาก

$$t = \frac{PRN}{2\sigma_n} = \frac{0.2842 \times \frac{32}{2} \times 6}{2 \times 44.77} = 0.3mm$$

ความหนาแน่นของสเตนเลส

$$\rho = 7{,}747.2 \text{ kg/m}^3$$

ท่อที่ใช้ทั้งหมด ยาว 139.1 เมตรคิดเป็นปริมาตร

$$V = \frac{\pi}{4} \times \left(0.0326^2 - 0.032^2\right) \times 146.5 = 0.00446 m^3$$

คิดเป็นมวลได้

$$m = \rho V = 7{,}747.2 \times 0.00446 = 34.6kg$$

ดังนั้น ท่อมีมวลเท่ากับ 34.6 กิโลกรัม

15. การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการ

ในตอนแรกน้ำมันมะพร้าวมีอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง(25 องศาเซลเซียส) ให้ความร้อนแก่น้ำมันมะพร้าวจนอุณหภูมิประมาณ 48 – 52 องศาเซลเซียส น้ำมันมะพร้าวมีอัตราการไหล 5.208 กิโลกรัมต่อวินาที

จากภาคผนวก ง คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าว จะได้

ค่า C_p ที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียสหาได้จาก

$$C_p = \frac{2.047 - 1.964}{60 - 40}(52 - 40) + 1.964 = 2.014$$

คิดปริมาณความร้อน

จากสูตร

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T$$

ความร้อนที่ใช้จะมีค่าเท่ากับ

$$Q = 5.208 \times 2.014(52 - 25) = 283.2 kW$$

น้ำมันเตามีค่าความร้อน 40,000 kJ ต่อลิตร

ซึ่งจะใช้ความร้อนในอัตรา

$$\frac{283.2}{40,000} = 0.00708 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

เพราะฉะนั้นในหนึ่งวันจะใช้น้ำมันเตา 611.712 ลิตร

ภาคผนวก ข.

แสดงผลการคำนวณการประมาณราคาการลงทุน

แสดงผลการคำนวณการประมาณราคาการลงทุน

1. ถัง

สำหรับถังใช้ถังสเตนเลสทั้งหมด โดยสเตนเลสราคากิโลกรัมละ 80 บาท มวลของถังรวม 996,553 กิโลกรัม

คิดเป็นมูลค่าได้

996,553 x 80 = 79,724,240 บาท

ค่าเชื่อมคิดเป็น 5 % ของถังจะได้

79,724,240 x 0.05 = 3,990,000 บาท

รวมราคาถังประมาณ 83.7 ล้านบาท

2. ท่อ

ขนาดของท่อได้จากการคำนวณในภาคผนวก จ.

มวลรวมของท่อ

43.7+3.9+220.4+179.8+143.4+34.6 = 625.8 kg

คิดราคาเป็นสิบเท่าของน้ำหนักสเตนเลส

625.8 x 80 x 10 = 500,640 บาท

3. วัตถุดิบ

3.1 น้ำมันมะพร้าว

ราคาน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในการผลิต ลิตรละ 9.83 บาท

ใช้น้ำมันมะพร้าว 500,000 ลิตรต่อวัน หรือ 182,500,000 ลิตรต่อปี คิดเป็นรายจ่ายประมาณ 1,794 ล้านบาทต่อปี

ความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 900 kg/m^3

ดังนั้น ราคาน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ

(9.83 x1,000,000)/900 = 10,922 บาทต่อตัน

3.2 เอทานอล

ในปัจจุบันเอทานอลราคา ประมาณ 35-45 บาทต่อลิตร

กำหนดให้ ราคาเอทานอลที่ใช้ในการผลิต ลิตรละ 35 บาท ใช้เอทานอล 125,000 ลิตรต่อวัน หรือ 45,625,000 ลิตรต่อปี คิดเป็นรายจ่ายประมาณ 1,597 ล้านบาทต่อปี

ความหนาแน่นของเอทานอลเท่ากับ 790 kg/m^3

ดังนั้น ราคาเอทานอลเท่ากับ

(35 x 1,000,000)/790 = 44,303 บาทต่อตัน

3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

ราคาโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิต กิโลกรัมละ 15 บาท ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3,245 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 1,184,425 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นรายจ่ายประมาณ 17.8 ล้านบาทต่อปี ดังนั้น ราคาโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ

15 x 1,000 = 15,000 บาทต่อตัน

3.4 น้ำมันเตา

ราคาน้ำมันเตาราคาประมาณ 8 บาทต่อลิตร ใช้น้ำมันเตาในอัตรา 611.712 ลิตรต่อวันหรือ 220,216 ลิตรต่อปี คิดเป็นรายจ่ายประมาณ 1.8 ล้านบาทต่อปี รวมราคาของวัตถุดิบเป็น 3,410.6 ล้านบาทต่อปี

4. ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำ

4.1 ค่าน้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตวันละ 375 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นต่อปีได้ 136,875 ลูกบาศก์เมตรต่อปี น้ำลูกบาศก์เมตรละ 5.5 บาท คิดเป็นรายจ่ายประมาณ 750,000 บาทต่อปี ซึ่งเมื่อรวมค่าน้ำในหน่วยอื่นจะมีรายจ่ายประมาณ 1 ล้านบาท

4.2 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าคิดเป็น 2 เท่าของค่าน้ำ จะได้ค่าไฟฟ้าประมาณ 2 ล้านบาท รวมค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประมาณ 3 ล้านบาทต่อปี

5. ราคารถบรรทุก

โรงงานผลิตเอทิลเอสเทอร์วันละ 500 ลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นของเอทิลเอสเทอร์เป็น 880.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นน้ำหนักได้ 440,350 กิโลกรัม

รถบรรทุก 1 คัน สามารถบรรทุกได้ 16,000 ลิตร ดังนั้น ในหนึ่งวันจะใช้รถบรรทุกในการส่งของประมาณ 32 คัน

ใช้เวลาในการขนส่งไปยังลูกค้าแล้วกลับไม่เกิน 2 วัน ซึ่งจะใช้รถบรรทุกจำนวน 64 คัน

รถบรรทุกคันละประมาณ 4,000,000 บาท รวมราคารถบรรทุกเท่ากับ 256 ล้านบาท

6. ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์

ค่าขนส่งคิดเป็นค่าน้ำมันและเบี้ยเลี้ยงของพนักงานขับรถ ประมาณ 3,000 บาทต่อเที่ยว ในหนึ่งวันจะขนส่งน้ำมัน 32 เที่ยว เพราะฉะนั้นในหนึ่งปีจะคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ

$$3{,}000 \times 32 \times 365 = 35.04 \text{ ล้านบาท}$$

7. ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม

คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องจักรต่อปี

ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$201.4 \times 0.05 = 10 \text{ ล้านบาทต่อปี}$$

ภาคผนวก ค

แสดงการเปรียบเทียบของพันธุ์มะพร้าว

แสดงการเปรียบเทียบของพันธุ์มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ อาจแบ่งมะพร้าวออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทต้นเตี้ยและต้นสูง

ประเภทต้นเตี้ย

มะพร้าวประเภทนี้ มีการผสมตัวเองค่อนข้างสูง จึงมักให้ผลดกและไม่ค่อยกลายพันธุ์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อนเพราะในขณะที่ยังไม่แก่ โดยมีอายุประมาณ 4 เดือน เนื้อจะมีลักษณะอ่อนนุ่มและน้ำมีรสหวาน บางพันธุ์มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม

ลักษณะโดยทั่วไป

ลำต้นเล็ก โคนต้นไม่มีสะโพก ต้นเตี้ย โตเต็มที่สูงประมาณ 12 เมตร ทางใบสั้น ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 3-4 ปี ผลผลิตประมาณ 35-40 ปี มะพร้าวประเภทต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียวเหลือง นวล น้ำตาลแดง หรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีกลิ่นหอม มะพร้าวต้นเตี้ยทุกพันธุ์จะมีผลขนาดเล็ก เมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อย ซึ่งได้แก่ พันธุ์ นกคุ่ม หมูสีเขียว หมู่สีเหลือง หรือนาฬิกา มะพร้าวเตี้ย น้ำหอม และมะพร้าวไฟ เป็นต้น

ประเภทต้นสูง

ปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อยๆ ทยอยบานและร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบาน จึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช

ลักษณะโดยทั่วไป

ลำต้นใหญ่ โคนต้นมีสะโพกใหญ่ ต้นสูง โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร ทางใบยาวและใหญ่ ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 5-6 ปี อายุยืนให้ผลผลิตนมนประมาณ 80 ปี มะพร้าวต้นสูง มีผลโต เนื้อหนา ปริมาณเนื้อมาก มีลักษณะภายนอกหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ผลขนาดกลาง ขนาดใหญ่ รูปผลกลม ผลรี บางพันธุ์เปลือกมีลักษณะพิเศษ คือ ในขณะที่ผลยังไม่แก่ เปลือกตอนส่วนหัวจะมีรสหวานใช้รับประทานได้ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันได้แก่ พันธุ์กะโหลก มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เปลือกหวานและมะแพร้ว

มะพร้าวพันธุ์ลูกผสม

แม้ว่ามะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิมจะมีลักษณะดีหลายอย่าง เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโต และทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี แต่ในวงการอุตสาหกรรมมะพร้าวในปัจจุบันได้พัฒนาทางด้านคุณภาพมะพร้าวมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเปอร์เซนต์น้ำมัน ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตรมีหน้าที่รับผิดชอบด้านวิจัยและพัฒนามะพร้าวได้ผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์ออกมาแล้ว 2 พันธุ์ดังนี้

พันธุ์สวีลูกผสม 1 (Sawi Hybrid No.1)

เป็นมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x เวสท์อัฟริกันต้นสูง ลักษณะเด่นของมะพร้าวพันธุ์นี้ คือ มีอายุการตกผลเร็ว สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 ผลผลิตเฉลี่ย 2,781 ผลต่อไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 566 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวนมะพร้าว 22 ต้นต่อไร่ เนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซนต์น้ำมันสูงถึง 64 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นมะพร้าวที่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวมาก

พันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1 (Chumphon Hybrid 60-1)

เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์เวสท์อัฟริกันต้นสูง x ไทยต้นสูง สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังจากปลูก ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ผลผลิตเฉลี่ย 2,257 ผลต่อไร่หรือคิดเป็นน้ำหนักมะพร้าวแห้งสูงถึง 628 กิโลกรัมต่อไร่ เนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 63 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ามะพร้าวลูกผสมทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองเกือบ 2 เท่า กล่าวคือ พันธุ์ไทยให้ผลผลิต 1,084 ผลต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตเนื้อมะพร้าวแห้ง 374 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณเปอร์เซนต์น้ำมัน 59-60 เปอร์เซนต์

ภาคผนวก ง.

แสดงข้อมูลราคาน้ำมันย้อนหลัง

ตารางที่ ง.1 แสดงข้อมูลราคาน้ำมันย้อนหลัง

วันที่	ปี พ.ศ.				
	2541	**2542**	**2543**	**2544**	**2545**
1 ม.ค.	9.55	7.39	10.79	13.14	11.29
12 ม.ค.	11.36	7.59	11.02	13.44	11.59
23 ม.ค.	11.51	7.79	11.22	13.44	11.39
28 ม.ค.	11.5	7.67	11.52	13.44	11.39
31 ม.ค.	11.7	7.67	11.52	13.44	11.69
6 ก.พ.	11.4	7.37	11.52	13.14	11.69
11 ก.พ.	11.1	7.17	11.32	13.34	11.69
16 ก.พ.	10.8	7.17	11.52	13.34	11.99
21 ก.พ.	10.6	7.17	11.82	13.14	11.99
5 มี.ค.	10.4	7.49	12.12	12.94	11.99
13 มี.ค.	10.2	7.69	12.82	13.24	12.29
18 มี.ค.	9.9	7.89	12.57	13.04	12.29
25 มี.ค.	9.7	8.14	12.17	13.04	12.59
24 เม.ย.	9.8	8.76	11.12	14.54	
20 พ.ค.	9.65	8.39	12.02	14.54	
27 พ.ค.	9.4	8.24	12.02	14.54	
1 มิ.ย.	8.7	8.24	12.32	14.54	
11 มิ.ย.	8.9	8.14	12.32	14.14	
18 มิ.ย.	8.8	8.34	12.62	14.44	
27 มิ.ย.	9	8.54	12.72	14.24	
7 ก.ค.	8.7	8.74	12.99	13.84	
14 ก.ค.	8.9	8.74	12.99	14.14	
15 ส.ค.	8.85	9.24	13.59	13.94	

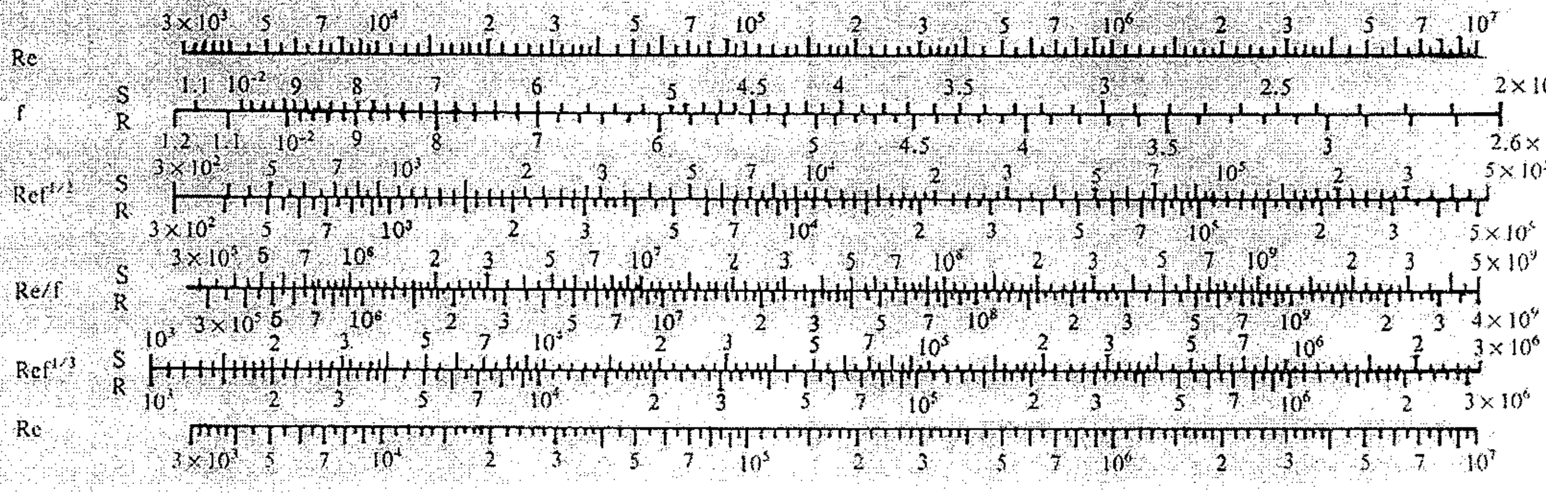
19 ส.ค.	8.6	9.54	13.89	13.94	
22 ส.ค.	8.35	9.54	13.89	13.94	
29 ส.ค.	8.19	9.54	13.89	13.94	
3 ก.ย.	7.95	9.54	13.64	14.14	
15 ก.ย.	8.3	9.84		13.94	
18 ก.ย.	8.5	10.14		14.24	
22 ก.ย.	8.79	10.14	14.64	14.24	
25 ก.ย.	8.99	10.44	14.64	13.94	
2 ต.ค.	8.89	11.04	14.44	13.64	
6 ต.ค.	8.69	10.54	14.44	13.19	
14 ต.ค.	8.45	10.34	14.74	13.19	
16 ต.ค.	8.29	10.19	14.74	13.19	
20 ต.ค.	8.09	9.89	15.04	12.99	
27 ต.ค.	7.99	10.09	15.04	12.99	
17 พ.ย.	7.89	10.19	14.74	12.29	
19 พ.ย.	7.75	10.39	14.74	12.29	
24 พ.ย.	7.55	10.69	15.04	11.79	
27 พ.ย.	7.45	10.69	15.04	11.79	
3 ธ.ค.	7.19	10.59	14.74	11.59	
5 ธ.ค.	7.09	10.59	14.74	11.29	
18 ธ.ค.	7.24	10.59	13.64	10.99	
22 ธ.ค.	7.39	10.79	13.44	11.29	

(ที่มา : http://www.pttplc.com/oil_price/asp/cprbyyear.asp)

ภาคผนวก จ.

แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันต่าง ๆ

กราฟที่ จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ f กับฟังก์ชันของตัวเหล่านี้



S : ท่อผิวเรียบ (ท่อเหล็ก, ท่อทองแดง, ท่อแก้ว) สมการของ Itadani : $f = (0.0785)/[0.7 - 1.65\log Re + (\log Re)^2]$

R : ท่อผิวหยาบ (ท่อเหล็กหล่อ, ท่อเหล็ก) สมการของ Nikuradse : $1/\sqrt{f} = 3.2 \log (Re\sqrt{f}) + 1.2$

$$Re = \rho u D/\mu, \quad f = \frac{\Delta p g_c D}{2\rho u^2 L}, \quad Re \cdot f^{1/2} = 2.22 \left(\frac{\rho D^3 \Delta p}{\mu^2 L}\right)^{1/2}, \quad Re/f = 0.204 \left(\frac{L\rho^2 u^3}{\mu \Delta p}\right)$$

$$Re \cdot f^{1/5} = 1.59 \left(\frac{\rho^4 Q^3 \Delta p}{L\mu^5}\right)^{1/5}$$

(ที่มา : คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี,รศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล)

ภาคผนวก ฉ

แสดงคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ ฉ.1 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าว

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	C_p (kJ/kg-K)
20	1.880
40	1.964
60	2.047

(ที่มา : Heat Transfer A Basic Approach , M.Necati O ZI SIK , p.740)

ภาคผนวก ช.

แสดงคุณสมบัติของสาร

ตารางที่ ช.1 แสดงคุณสมบัติของสาร

ชนิดของสาร	ความหนืด kg/m-s	ความหนาแน่น (kg/m^3)
น้ำมันมะพร้าว	0.01	900.0
เอทานอล	0.01	790.0
โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.01	2,100.0
กลีเซอรีน	0.01	1,198.3
เอทิล เอสเทอร์	0.001	880.7

(ที่มา : http://www.newuses.org/EG/EG-15/badger.html)