บทที่ 7

การคำนวณแบบชุดเฟืองทดสำหรับกวนสาร (ชุดเฟืองหนอน)

7.1 การคำนวณ

ในส่วนของถังผสมมีการติดตั้งใบกวนเพื่อใช้ในการผสมสารเคมี ซึ่งต้องการความเร็วในการกวนไม่เร็วมาก จากมอเตอร์ที่มีอยู่มีความเร็วรอบมากกว่าที่ต้องการจึงต้องมีการทดรอบลง

จากมอเตอร์ที่มีอยู่มีขนาด = 1.6 *kW* ความเร็วรอบ = 1450 *rpm* ส่งกำลังไปยังเพลาที่ความเร็วรอบ 80 *rpm*

จาก $$m_w = \frac{n_1}{n_2} \qquad (7.1)$$

เมื่อ m_w คือ อัตราทดของชุดเฟืองหนอน

n_1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (*rpm*)

n_2 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการ (*rpm*)

แทนค่า

$$m_w = \frac{1450}{80}$$

$$= 18$$

ขั้นแรกเราเลือกมุมกดนอมัลเท่ากับ 20° เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี จากตารางค่ามุมกดที่ 20° มุมหลีดของเกลียวตัวหนอนควรอยู่ระหว่าง 15 – 30 องศา และจากอัตราทดของชุดเฟืองหนอนเท่ากับ 18 จำนวนปากของเกลียวตัวหนอนควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2 โดยใช้มุมหลีดของแต่ละเกลียวเป็น 6° เลือกจำนวนปากของเกลียวตัวหนอนเท่ากับ 3 ปาก (ถ้าจำปากนวนปากของเกลียวตัวหนอนมากจะทำให้เฟืองมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย) เราไม่ต้องการให้เฟืองมีขนาดใหญ่มาก จึงสมมติกำหนดให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองเป็น 140 *mm*

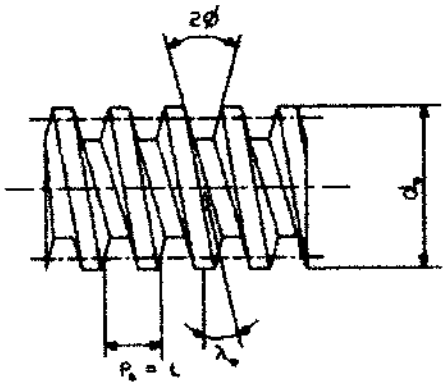
จาก $$C = \frac{L}{2\pi}(\cot\lambda_w + m_w) \qquad (7.2)$$

เมื่อ C คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง

L คือ หลีดของเฟือง

λ_w คือ มุมหลีดของชุดเฟือหนอน

m_w คือ อัตราทดของชุดเฟืองหนอน



รูปที่ 7.1 เกลียวหนอน

จากสมการ 7.2

$$C = \frac{L}{2\pi}(\cot\lambda_w + m_w)$$

$$140 = \frac{L}{2\pi}(\cot 18 + 18)$$

$$L = 41.73 \ mm$$

จาก $L = N_w P_a$ (7.3)

เมื่อ N_w คือ จำนวนปากของเกลียวตัวหนอน

P_a คือ แอ็คเชียลพิตช์

แทนค่า

$$41.73 = 3P_a$$

$$P_a = 13.9 \ mm$$

จากตารางพิตช์มาตรฐานเลือกใช้ระยะพิตช์เท่ากับ 16 *mm*

$$L = 3 \times 16 = 48 \ mm$$

จากมุมหลีดของเกลียวตัวหนอน

$$\tan\lambda_w = \frac{L}{\pi d_w} \quad (7.4)$$

เมื่อ d_w คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์(*mm*)

L คือ หลีดของเฟือง(*mm*)

λ_w คือ มุมหลีดของชุดเฟืองหนอน

ดังนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางที่แท้จริงคือ

$$C = \frac{48}{2\pi}(\cot 18 + 18)$$

$$= 161.02 \ mm$$

จาก $d_w = KC^{0.875}$ (7.5)

ค่ามาตรฐานการใช้งานของเกลียวตัวหนอนค่า K ต้องอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.88

$$47.02 = K \times 161.02^{0.875}$$

$$K = 0.55$$

$0.5 \le K < 0.88$ ค่า K อยู่ในช่วงที่ใช้งานได้

เมื่อเราได้ขนาดของเกลียวตัวหนอนแล้วก็คำนวณหาค่าของเฟืองหนอนที่ใช้ขับเพลา

จาก $N_g = N_w \cdot m_w$ (7.6)

เมื่อ N_g คือ จำนวนฟันของเฟืองหนอน

$$N_g = 3 \times 18$$

$$= 54 \text{ ฟัน}$$

หาเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองหนอน (d_g)

จาก $d_g = \frac{N_g \cdot P}{\pi}$ (7.7)

$$= \frac{54 \times 16}{\pi}$$

$$= 275 \ mm$$

ความเร็วพิตช์

$$v = \pi d_g n_g \quad (7.8)$$

เมื่อ n_g คือ จำนวนรอบของเฟืองในหนึ่งวินาที

แทนค่า

$$v = \frac{\pi \times 275 \times 80}{1000 \times 60}$$

$$= 1.15 \ m/s$$

จากคุณสมบัติของเฟืองเฉียงค่าแรงที่ส่งผ่าน (F_t)

$$F_t = \frac{W_p}{v} \qquad (7.9)$$

$$= \frac{1.6\times1000}{1.15}$$

$$= 1304.34 \quad N$$

จากสูตรแรงพลวัต

$$F_d = \left(\frac{6+v}{6}\right)F_t \qquad (7.10)$$

ได้ $$F_d = \left(\frac{6+1.15}{6}\right)\times1304.34$$

$$= 1554.34 \quad N$$

คำนวณหาค่าเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของฟันเฟือง ที่ทนทานต่อการแตกหักจากสมการของลูอิส

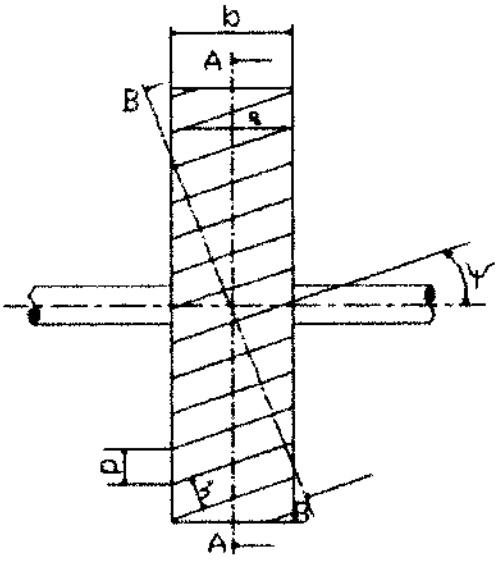
$$F_d = \sigma b y P_n \qquad (7.11)$$

เมื่อ σ คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุ

b คือ ความหนาของเฟืองหนอน

y คือ ค่าตัวประกอบสมการของลูอิส (ขึ้นอยู่กับค่ามุมกดนอมัล)

P_n คือ นอมัลเซอคิวลาพิตช์



รูปที่ 7.2 เฟืองหนอน

จากรูปที่ 7.2

$$P_n = P\cos\lambda_w \quad ; P = P_a \qquad (7.12)$$
$$= 16\cos 18$$
$$= 15.22 \ mm$$

จากสูตรของลูอิสค่า y จะกำหนดตามค่าของมุมกดนอมัล ซึ่งมุมกดนอมัล 20°

จะใช้ค่า $y = 0.125$

จากมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปค่า b มากกว่าหรือเท่ากับ $2P_a$ ซึ่งในกรณีนี้สมมติให้ใช้ค่า $b = 35 \ mm$

เพื่อเลือก σ ให้เหมาะสม คิดที่แรง F_b น้อยที่สุดโดยคิดที่ F_b เท่ากับ F_d จะได้ค่า

$$\sigma = \frac{1554.34}{0.125\times 35\times 15.22}$$
$$= 23.34 \ N/mm^2$$

ซึ่งจากค่า σ ที่ได้เราสามารถเลือกวัสดุที่ใช้ทำเฟืองหนอนได้เป็นเหล็กหล่อเทา ASTM 25 ซึ่งมีค่าความเค้นใช้งาน $\sigma = 55 \ N/mm^2$ เราจะได้ค่า F_b ที่แท้จริงคือ

$$F_b = 55\times 35\times 0.125\times 15.22$$
$$= 3662.31 \ N$$

ตรวจสอบความคงทนต่อการสึกหรอ สมมติให้เกลียวตัวหนอนเป็นเหล็กกล้าชุบแข็ง HB มากกว่า 500

จาก $F_w = d_g b k_w \qquad (7.13)$

เมื่อค่า k_w คือ ค่าคงที่ประกอบสมการขึ้นอยู่กับชนิดเหล็ก และค่ามุมกดนอมัล ซึ่งจากค่ามุมกดนอมัลเท่ากับ 20° และเป็นเหล็กหล่อ ASTM 25 เราได้ค่า $k_w = 0.517$

$$F_w = 275\times 35\times 0.517$$
$$= 4976.125 \ N$$

จากค่าที่ได้เราจะเห็นได้ว่าค่า $F_w > F_b > F_d$ แสดงว่าชุดเฟืองที่ทำการเลือกมามีความคงทนและสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องแก้ไขส่วนใดๆ

เมื่อเราได้ข้อมูลของเกลียวตัวหนอนและเฟืองหนอนครบแล้วก็กำหนดความยาวของเกลียวตัวหนอน (L_b)

จาก $$L_b = P_a\left(\frac{N_g}{50}+4.5\right) \quad (7.14)$$

$$= 16\left(\frac{54}{50}+4.5\right)$$

$$= 89.28 \ mm$$

โดยที่เพลาทำมุมกัน 90° ทำการตรวจสอบค่า C อีกครั้ง

จาก $$C = \frac{d_w + d_g}{2} \quad (7.15)$$

$$C = \frac{47.02+275}{2}$$

$$= 161.01 \ mm$$

เป็นไปตามค่าที่ได้กำหนดไว้ในขั้นต้น

หาประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอนจาก

$$\eta = \frac{\cos\phi_n - f\tan\lambda_w}{\cos\phi_n + f\cot\lambda_w} \quad (7.16)$$

จากวัสดุที่ใช้เป็นเหล็กที่มีคุณภาพดี จึงกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน $f = 0.025$

จะได้ $$\eta = \frac{\cos 20 - 0.025\tan 18}{\cos 20 + 0.025\cot 18}$$

$$= 91.50 \ \%$$

7.2 สรุปและวิจารณ์

จากการคำนวณเป็นการหาขนาดของชุดเฟืองหนอนเพื่อนำไปเทียบหาขนาดเฟืองมาตรฐานในท้องตลาด ซึ่งค่าที่ได้มีประสิทธิภาพของเฟืองหนอนที่ดี

จากการคำนวณทั้งหมดเราสามารถสรุปได้ว่า ใช้ชุดเฟืองหนอนที่มีมุมกดคอนมัล 20° มีระยะพิตช์เท่ากับ 16 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเท่ากับ 161 *mm* ใช้เกลียวตัวหนอนที่ผลิตจากเหล็กกล้าชุบแข็ง HB มากกว่า 500 จำนวน 3 ปาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ 47 *mm* และยาว 89.28 *mm* ใช้เฟืองหนอนที่ผลิตจากเหล็กหล่อเทา ASTM 25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์เท่ากับ 275 *mm* หนา 35 *mm* จำนวน 54 ฟัน