

ภาคผนวก ข

การคำนวณและออกแบบ

การออกแบบและการคำนวณ

ในการออกแบบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอมีการออกแบบดังนี้

1. การหาความเร็วของระบบลำเลียง

อัตราการขนถ่ายที่ต้องการ 4400 kg/hr หรือเท่ากับ 43164 N/hr

ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 1 ผล มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.24 kg หรือเท่ากับ 12.16 N

ปริมาณน้ำหนักขนถ่ายสูงสุดหาได้จาก (บุญญศักดิ์, 2524)

$$I_{G \max} = Q_{St \max} * G_{st} \quad (15)$$

$$Q_{St \max} = \frac{3600 \times V}{I_{t \min}} \quad (16)$$

เมื่อ

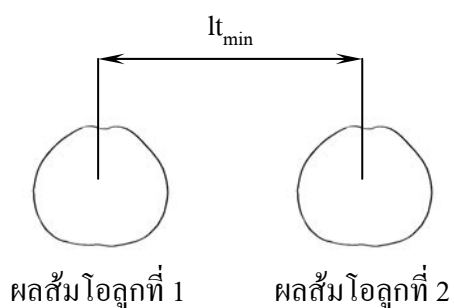
$I_{G \max}$ = น้ำหนักวัสดุขนถ่ายต่อชั่วโมง, kN/hr

$Q_{St \max}$ = จำนวนชิ้นวัสดุขนถ่าย, ชิ้นต่อชั่วโมง

G_{st} = น้ำหนักของชิ้นวัสดุแต่ละชิ้น, kN

$I_{t \min}$ = ระยะห่างของผลส้มโอ, m

V = ความเร็วของสายพานลำเลียง, m/s



ภาพผนวกที่ ข1 ระยะห่างของผลส้มโอในระบบลำเลียง

จากสมการ (15)

$$43164 \frac{\text{N}}{\text{hr}} = Q_{\text{Stmax}} * 12.16 \text{ N}$$

$$Q_{\text{Stmax}} = 3550 \text{ ผล}$$

จากสมการ (16)

$$3550 = \frac{3600 \times V}{0.25}$$

$$V = 0.247 \text{ m/s หรือ } 14.82 \text{ m/min}$$

2. การคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์

เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งขับสายพานเท่ากับ 3 นิ้ว

เส้นรอบวงของลูกกลิ้งขับสายพานเท่ากับ $\pi D = \pi (3 \times 0.0254)$

$$= 0.24 \text{ m}$$

$$\text{ความเร็วรอบเพลาลูกกลิ้งขับสายพาน} = \frac{0.247}{0.24}$$

$$= 1.03 \text{ รอบ/วินาที หรือ } 61.63 \text{ รอบ/นาที}$$

3. หาคะการทดรอบ

ได้เลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบประมาณ 1450 รอบ/นาที ขับผ่านเกียร์ทดรอบ 20:1 จะได้ความเร็วรอบที่เพลาลูกกลิ้ง 72.5 รอบ/นาที จากสมการหาจำนวนฟันเฟืองตามหาได้ดังนี้

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

$$72.5 \times 17 = 61.63 \times D_2$$

$$D_2 = 20 \text{ ฟัน}$$

ดังนั้นจึงได้ความเร็วรอบที่เพลาลูกกลิ้งทด 72.5 รอบ/นาที เฟืองขับ 17 ฟัน เฟืองตาม 20 ฟัน ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้งขับสายพาน 61.63 รอบ/นาที และสายพานคัดขนาดมีความเร็วสูงสุด เท่ากับ 14.82 m/min แต่ในการทดสอบเพื่อหาความเร็วของสายพานคัดที่เหมาะสมต่อการคัดขนาด มีค่าความเร็วหลายระดับที่ต้องทดสอบ และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทดสอบ จึงได้ติดอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter) เพื่อปรับลดความเร็วของสายพานคัดให้ได้ตามที่ต้องการ

4. การหาคำกำลังของมอเตอร์

$$q_0 = 600 \text{ B (เมื่อ B คือ ความกว้างของสายพาน)}$$

$$q_0 = 600 * 0.1$$

$$= 60 \text{ N/m}$$

กำลังขับเคลื่อนสายพานเปล่า

$$P_e = q_0 (L + L_x) f_0 V$$

$$= 60 \text{ N/m} * (1.2 + 45) \text{ m} * 0.03 * 0.247 \text{ m/s}$$

$$= 20.55 \text{ watt}$$

กำลังในการเคลื่อนวัสดุในแนวนอน

$$P_m = Q l f_l$$

$$= 12 \text{ N/s} * 1.2 * 0.04$$

$$= 0.576 \text{ watt}$$

กำลังในการขับเคลื่อน

$$P_t = P_e + P_m$$

$$= 20.55 + 0.576$$

$$= 21.12 \text{ watt}$$

ค่า P_t ที่ได้เป็นค่าที่ล้นเกิน ซึ่งน้อยกว่ากำลังของมอเตอร์ต้นกำลัง เนื่องจากการสูญเสียที่ระบบถ่ายกำลัง หากสมมติให้ประสิทธิภาพของระบบถ่ายกำลังจากมอเตอร์เป็น 90 % ดังนั้นกำลังมอเตอร์หาได้จาก (สมยศ, 2541)

$$\begin{aligned} N &= \frac{P_t}{0.9} \\ &= \frac{21.12}{0.9} \\ &= 23.5 \text{ watt} \end{aligned}$$

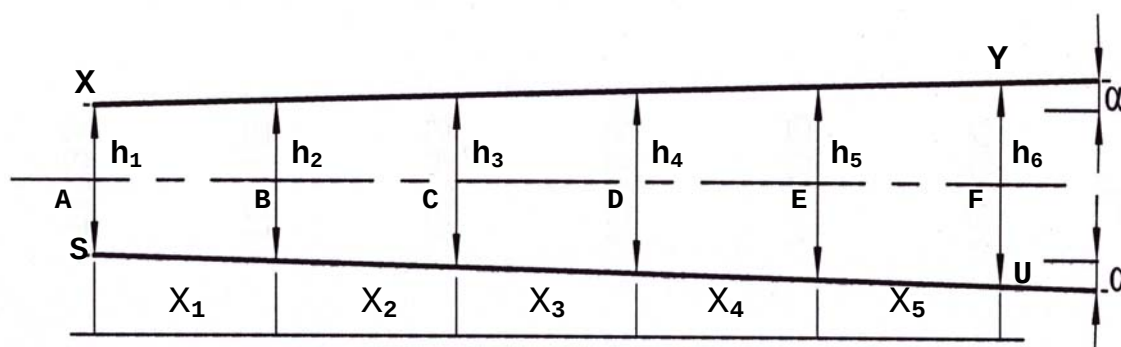
เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 60 watt ต่อการขับเคลื่อนสายพานคัด 1 เส้น

5. การหาความยาวของสายพานคัดขนาด

จากการแบ่งขนาดผลส้มโอที่ปฏิบัติกันในเชิงการค้าในปัจจุบัน ได้แบ่งขนาดผลส้มโอตามสายพันธุ์ไว้ดังนี้

ตารางผนวกที่ ข1 ข้อมูลขนาดของผลส้มโอแต่ละเบอร์ตามสายพันธุ์

พันธุ์ส้มโอ	ผลส้มโอเบอร์	เส้นรอบวง (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)
พันธุ์ขาวทองดี	3 (ขนาดเล็ก)	15 -15.99	12.12 (h_2)
	2 (ขนาดกลาง)	16 -17	12.93 (h_3)
	1 (ขนาดใหญ่)	มากกว่า 17	13.74 (h_4)
พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	3 (ขนาดเล็ก)	17 -17.99	13.74 (h_4)
	2 (ขนาดกลาง)	18 -19	14.55 (h_5)
	1 (ขนาดใหญ่)	มากกว่า 19	15.36 (h_6)



ภาพผนวกที่ ข2 แผนภาพการออกแบบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอแบบสายพานบานออก

จากการออกแบบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ (ภาพผนวกที่ ข2) กำหนดให้เส้น XY และ SU แทนสายพานคัดทั้ง 2 เส้น เพื่อทำให้เกิดการคัดขนาดของผลส้มโอ สายพานคัดจะต้องมีมุมบานออก α องศา ส่วนระยะ X_2 , X_3 , X_4 และ X_5 ก็คือ ช่องที่ผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี และขาวน้ำผึ้ง เบอร์เล็ก กลาง และใหญ่ เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างสายพานคัดที่มีความกว้างเท่ากับ h_2 , h_3 , h_4 และ h_5 ตามลำดับ ตกไปสู่ถาดรองรับซึ่งอยู่ด้านล่าง

ดังนั้น
$$\tan \alpha = \left(\frac{h - \frac{h^2}{2}}{BC} \right) \quad (17) \quad \text{หรือ}$$

$$\tan \alpha = \left(\frac{h - \frac{h^3}{2}}{CD} \right) \quad (18) \quad \text{หรือ}$$

$$\tan \alpha = \left(\frac{h - \frac{h^4}{2}}{DE} \right) \quad (19) \quad \text{หรือ}$$

$$\tan \alpha = \left(\frac{h - \frac{h^5}{2}}{EF} \right) \quad (20)$$

ระยะทางที่ใช้ในการคัดขนาด = BC+CD+DE+EF = BF

นั่นคือ
$$BF = \left(\frac{h - \frac{h^2}{2}}{\tan \alpha} \right) \quad (21)$$

เนื่องจากช่วงขนาด (Size range) ของแต่ละช่วงเบอร์มีระยะเพียง 8.1 มม. ดังนั้นเพื่อการคัดขนาดที่แม่นยำ และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลสั้มโอ ระยะ X_2 , X_3 , X_4 และ X_5 จึงต้องมีความกว้างพอสมควร เพื่อให้ผลสั้มโอตกถูกตามเบอร์ และยังคงสมนัยกับแนวทางการออกแบบเครื่องที่ทำให้สามารถปรับช่องคัดเกรด (Metering Gap) ได้ เพราะฉะนั้น มุม α จึงมีค่าประมาณ 1.1 องศา ทั้งนี้ก็เพราะว่า ถ้ามุม α มีค่าน้อยจะทำให้เครื่องคัดขนาดมีความยาวเกินความจำเป็น แต่ถ้ามุม α มีค่ามาก เครื่องคัดขนาดก็จะสั้น ทำให้ถาดรับขนาดเกรดเบอร์ 2 มีพื้นที่น้อยที่จะรองรับผลสั้มโอหลังการคัดขนาด ทำให้ต้องเสียแรงงานมาหยิบผลสั้มโอออกไปใส่ในภาชนะอีกทีหนึ่ง

$$BF = \left(\frac{7.68 - 6.06}{\tan 1.1} \right)$$

ในทางปฏิบัติต้องมีระยะป้อนผลส้มโอเข้าสู่สายพานคัดขนาด และจะต้องมีระยะทางที่ไม่ยาวมากนัก เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสีย ทั้งเวลา และพลังงาน จึงได้เพิ่มระยะป้อนผลส้มโอ คือ ระยะ AB (ภาพผนวกที่ ข2) ที่มีช่องว่างระหว่างสายพานคัด เท่ากับ 11.31 ซม. (h_1) หรือเท่ากับเส้นรอบวงของผลส้มโอขนาด 14 นิ้ว

เพราะฉะนั้น

$$AF = \left(\frac{7.68 - 5.655}{\tan 1.1} \right)$$

$$= 105.46 \text{ ซม.}$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวสายพานคัดขนาดต่อเส้น} &= (105.46 * 2) + \pi (3 * 2.54) \\ &= 234.864 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

เนื่องจากสายพานต้องสั่งผลิต และเพื่อความสะดวกในการสั่งซื้อ จึงพิเศษให้เป็นจำนวนเต็ม ฉะนั้นความยาวของสายพานคัดขนาดที่เลือกใช้ เท่ากับ 240 ซม.

6. การคำนวณหาระยะตกของผลส้มโอ

ผลส้มโอหลังผ่านการคัดขนาดจะถูกปล่อยร่วงลงยังถาดรับอย่างอิสระ ซึ่งการเคลื่อนที่ของผลส้มโอลักษณะนี้ เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ (Projectile motion) (ภาพผนวกที่ ข3) ดังนั้นการเคลื่อนที่ของผลส้มโอจึงมี 2 แนว คือ แนวตั้ง และแนวระดับ

การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ผลส้มโอจะได้รับแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วง นั่นคือ น้ำหนักของผลส้มโอนั่นเอง ตลอดเวลาที่เคลื่อนที่ แรงจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ ที่เท่ากับ ค่า g จึงคิดการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับวัตถุตกแบบอิสระ ได้สมการ ดังนี้

$$S_y = U_y t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (22)$$

การเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงภายนอกมากระทำจึงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งจะหา ระยะทางได้จาก

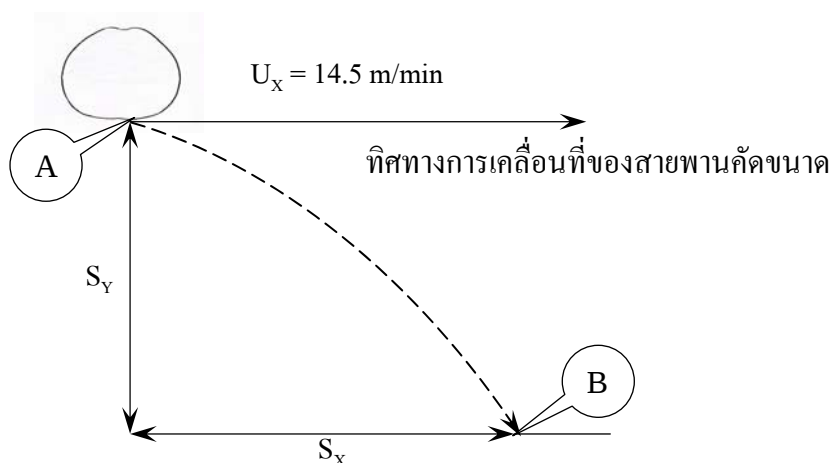
$$S_x = U_x t \quad (23)$$

เมื่อ

S_x = ระยะทางในแนวระดับ (แกน x)

U_x = ความเร็วต้นในแนวระดับ ซึ่งมีค่าคงที่

t = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่



ภาพผนวกที่ ข3 แสดงระยะทางที่ผลส้มโอตกหลังผ่านการคัดขนาด

จากภาพผนวกที่ ข3 ผลส้มโอจะถูกสายพานคัดขนาดพาให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (U_x) 14.5 เมตรต่อวินาที (ค่าความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ) เมื่อพามาถึงจุด A ผลส้มโอก็จะผ่านช่องคัดขนาด แล้วร่วงลงยังถาดรับอย่างอิสระ S_y เป็นระยะความสูงจากด้านบนขอบแผ่นกั้นแบ่งเกรดถึงด้านล่างของผลส้มโอ มีระยะทาง 23 ซม. (ระยะจากถาดรับถึงสายพานคัดขนาดเท่ากับ 38 ซม. ลบด้วยความสูงของแผ่นแบ่งเกรด 15 ซม.) แทนค่าในสมการที่ (22) เพื่อหาเวลา (t) ที่ผลส้มโอตกถึงแผ่นกั้นแบ่งเกรดที่จุด B

พิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

$$\text{จากสมการที่ (22)} \quad S_y = U_y t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{เมื่อ ความเร็วต้น } U_y = 0$$

$$t^2 = \frac{0.23 * 2}{9.81} = 0.0468$$

$$t = 0.2165 \text{ วินาที}$$

พิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

$$\text{จากสมการที่ (23)} \quad S_x = U_x t$$

$$S_x = \frac{14.5 * 0.2165}{60}$$

$$= 0.0523 \text{ เมตร}$$

เพราะฉะนั้นความเร็วของสายพานคัดขนาดที่ 14.5 เมตร/นาทึ่ ควรต้องปรับแผ่นกั้นแบ่งเกรดทุกแผ่นให้เลื่อนออกไปอีก 5.23 ซม. จากจุดแบ่งเกรด และความเร็วของสายพานคัดขนาด 12, 8 และ 4 เมตร/นาทึ่ ควรต้องปรับแผ่นกั้นแบ่งเกรดเลื่อนออกไปอีก เป็นระยะทาง 4.33, 2.88 และ 1.44 ซม. ตามลำดับ ซึ่งนำไปใช้ปรับตั้งกับเครื่องคัดขนาดผลส้มโอระดับห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบ