

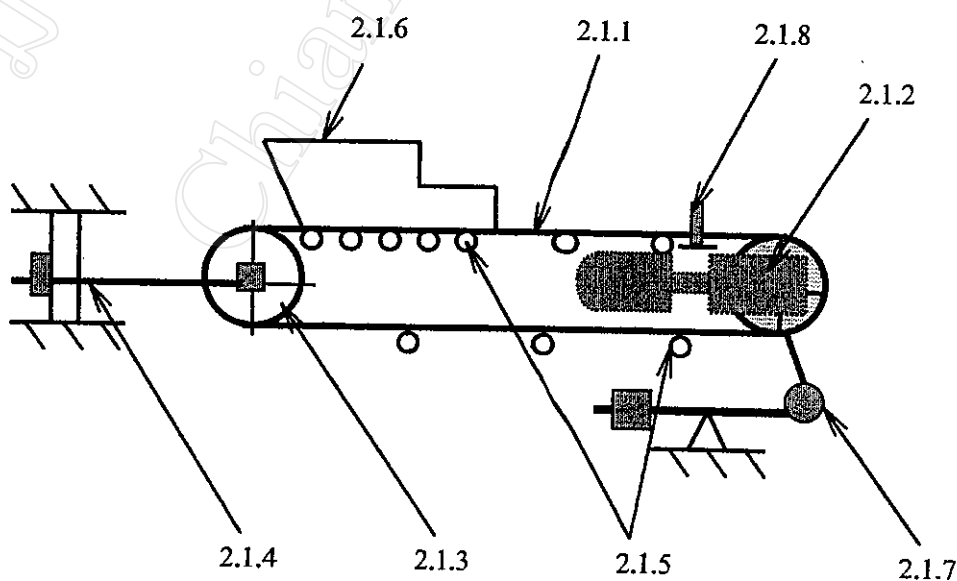
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 สายพานลำเลียง (Belt conveyor)

สายพานลำเลียง (Belt conveyor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขนถ่ายวัสดุแบบต่อเนื่อง มีส่วนประกอบหลักดังนี้

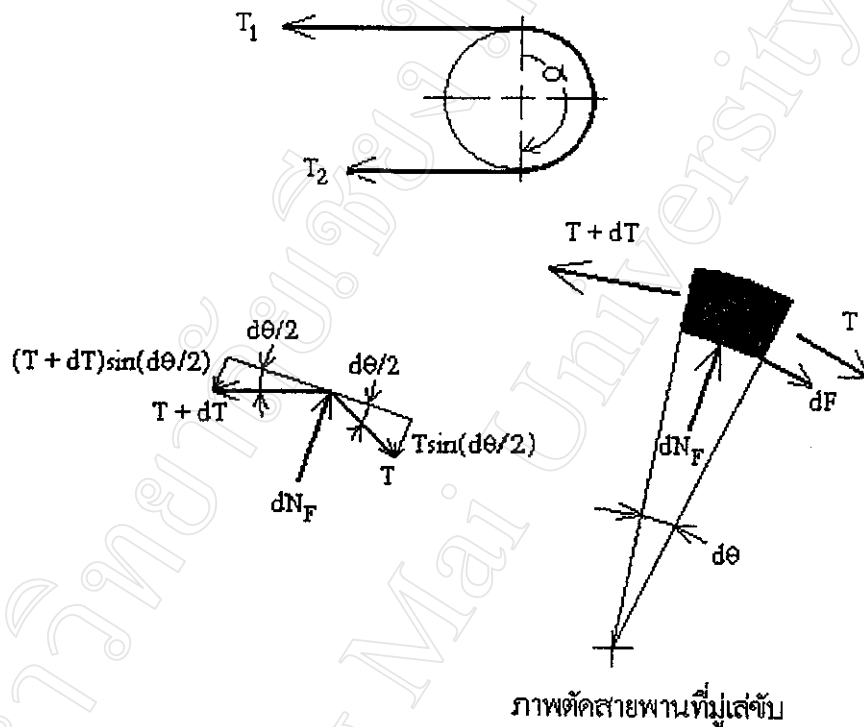
- 2.1.1 สายพาน (Conveyor belt) ใช้รองรับวัสดุที่ลำเลียง สายพานที่ใช้ ส่วนใหญ่ทำจากยาง มีแกนที่ทำด้วยผ้า (Fabric) หรือลวดเหล็ก (Steel cord) คุณสมบัติของผิวสายพาน, ความแข็งแรง, ความหนาและความกว้างของสายพาน เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพิจารณาออกแบบสายพานลำเลียง
- 2.1.2 เครื่องขับ (Drive unit) โดยทั่วไปเครื่องขับจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ทดรอบด้วยชุดเกียร์ (Gearbox) ให้ได้กำลังขับ และความเร็ว ตามที่ต้องการ
- 2.1.3 มู่เล่ (Pulley) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขับสายพาน, ดึงสายพานให้ตึง ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการติดตั้ง
- 2.1.4 ชุดดึงปรับสายพาน (Take-up unit) ใช้ปรับสายพานให้ตึง
- 2.1.5 ลูกกลิ้งรองรับสายพาน (Idlers)
- 2.1.6 อ่างรับวัสดุ (Hopper)
- 2.1.7 อุปกรณ์ทำความสะอาดสายพาน (Belt cleaner)
- 2.1.8 ระบบควบคุมการทำงานของสายพาน (Belt control system)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง

2.2 การส่งกำลังขับเคลื่อนสายพาน (Power transmission of Belt)

การส่งกำลังขับเคลื่อนสายพานจะเกิดขึ้นที่มู่เล่ขับเคลื่อน (Drive pulley) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การส่งกำลังขับเคลื่อนสายพาน (Kenneth, S. Edwards Jr. and Robert B. Mckee, 1991)

การส่งกำลังระหว่างมู่เล่ขับเคลื่อนสายพาน จะมีค่าสูงสุดที่จุดเริ่มเกิดการลื่น (Just slip) และมีองค์ประกอบของแรงเสียดทานดังนี้

$$dF = \mu dN_F \quad \text{โดยที่ } dN_F = (2T + dT)\sin(d\theta/2)$$

ขณะที่มุม θ มีค่าน้อยมาก $\sin\theta \approx \theta$ และผลคูณของ $dT d\theta \approx 0$

$$\text{ดังนั้น } dN_F = T d\theta$$

เนื่องจาก $dF = dT$ จะได้ว่า $dT = \mu T d\theta$

$$\text{หรือ } dT/T = \mu d\theta$$

ถ้าอินทิเกรตเทียบกับมุมสัมผัส (Wrap angle) $\alpha = \theta_1 - \theta_2$

$$\text{จะได้ว่า } T_1/T_2 = e^{\mu\alpha} \quad (1)$$

สมการที่ (1) เรียกว่าสมการความเสียดทานของเชือก (Rope friction equation) ซึ่งเสนอโดย Leonhard Euler ชาวเยอรมัน เมื่อ ค.ศ.1762 (Kuhnert and Schultz, 1995)

กำลังขับที่ส่งผ่านสายพานทำให้สายพานมีแรงดึง (T) และความเร็ว (v) ถ้าแสดงค่ากำลังขับเป็นกิโลวัตต์ (kW) โดยใช้หน่วย นิวตัน, เมตร และวินาที จะได้สมการดังนี้

$$P = (T_1 - T_2)v/1000 \quad ; \text{ kW} \quad (2)$$

$$\text{หรือ } P = T_1 v(1 - e^{-\mu\alpha})/1000 \quad ; \text{ kW} \quad (3)$$

ความแตกต่างระหว่างแรงดึงด้านตึง (Tight side tension) และแรงดึงด้านหย่อน (Slack side tension) เป็นแรงดึงที่มีผลในการขับเคลื่อนสายพาน เรียกว่าแรงดึงยังผล (Effective tension, T_E)

$$T_E = T_1 - T_2 \quad ; \text{ N} \quad (4)$$

$$\text{จะได้ว่า } P = T_E v/1000 \quad ; \text{ kW} \quad (5)$$

แรงดึงสูงสุดในสายพานที่ยอมรับได้ จะกำหนดโดยคุณสมบัติของสายพาน แรงดึงสูงสุดจะเกิดที่ด้านตึง (Tight side tension) ขณะที่สายพานเริ่มเคลื่อนที่อย่างนิ่มนวลจากหยุดนิ่งสายพานจะถูกดึง แรงดึงสายพานจะเพิ่มขึ้นถึง 35 % จากแรงดึงปกติ (Yokohama Conveyor Belts Technical Information Catalog, 1974)

สายพานลำเลียงที่มีความยาวมาก หรือมีระดับยกสูงมาก แรงดึงด้านตึงจะมีค่ามาก เนื่องจากสถานะที่ไม่เกิดการลื่น $T_1/T_2 \leq e^{\mu\alpha}$ ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสายพานโดยวิธีดังต่อไปนี้

- 2.2.1 เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) โดยเคลือบผิวมู่เล่ขับเคลื่อนด้วยวัสดุที่เพิ่มความเสียดทาน เช่นยาง หรือเซรามิค
- 2.2.2 เพิ่มค่ามุมสัมผัส (Wrap angle, α) โดยติดตั้งมู่เล่กด (Snub Pulley) หรือใช้มู่เล่ขับเคลื่อนหลายตัว
- 2.2.3 เพิ่มแรงดึงสายพานด้านหย่อน (Pre tension)

2.3 การหาลำเลียงสายพานลำเลียง

2.3.1 DIN 22101

$$F_1 = C f l g M \quad ; \text{ N} \quad (6)$$

$$F_2 = C f l g Q_T / (3.6v) \quad ; \text{ N} \quad (7)$$

$$F_3 = \pm Q_T g h / (3.6v) \quad ; \text{ N} \quad (8)$$

$$F_p = F_1 + F_2 + F_3 \quad ; \text{ N} \quad (9)$$

$$F_p = C f l g [M + Q_T / (3.6v)] \pm Q_T g h / (3.6v) \quad ; \text{ N} \quad (10)$$

$$\text{กำลังขับสายพานลำเลียง } P = F_p v / 1000 \quad ; \text{ kW} \quad (11)$$

2.3.2 JIS B8805

$$P_1 = 0.06fMV_m(1 + l_0)/367 \quad ; \text{ kW} \quad (12)$$

$$P_2 = fQ_T(1 + l_0)/367 \quad ; \text{ kW} \quad (13)$$

$$P_3 = Q_T h/367 \quad ; \text{ kW} \quad (14)$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad ; \text{ kW} \quad (15)$$

กำลังขับเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงที่ได้จากการออกแบบ

$$P_M = P/\eta \quad ; \text{ kW} \quad (16)$$

2.4 แรงต้านการเคลื่อนที่ของสายพาน

2.4.1 แรงต้านการเคลื่อนที่ของสายพานด้านวิ่งกลับ (F_R) หาค่าได้ดังนี้

$$DIN 22101: \quad F_R = Cflg(M_B + M_R) \quad ; \text{ N} \quad (17)$$

$$JIS B8805: \quad F_R = fg(M_B + M_R)(1 + l_0) \quad ; \text{ N} \quad (18)$$

2.4.2 แรงต้านการเคลื่อนที่ของสายพานด้านลำเลียงวัสดุ (F_C) หาค่าได้ดังนี้

$$F_C = F_P - F_R \quad ; \text{ N} \quad (19)$$

2.5 การหาค่าแรงดึงสายพาน (Tension calculation)

2.5.1 แรงดึงสายพานด้านหย่อน (Slack side tension, T_2)

$$\text{จากสมการที่ (1) และ (4) จะได้ว่า} \quad T_2 = T_E/(e^{\mu\alpha} - 1) \quad ; \text{ N} \quad (20)$$

2.5.2 แรงดึงสายพานที่ลดการตกท้องช้าง (Sag tension), T_s

$$\text{ด้านที่สายพานรองรับวัสดุ} \quad T_{SC} = K_S l_C g(M_T + M_B) \quad ; \text{ N} \quad (21)$$

$$\text{ด้านที่สายพานวิ่งกลับ} \quad T_{SR} = K_S l_R M_B g \quad ; \text{ N} \quad (22)$$

แรงดึงสายพานที่มีค่ามากกว่า จะพิจารณาเป็นแรงดึงสายพานที่น้อยที่สุด (Minimum tension) หากพิจารณาให้ระยะตกท้องช้างมีค่า 1 % จะหาค่าแรงดึงสายพานได้ดังนี้

$$T_s = l_C g(M_T + M_B)/0.08 \quad ; \text{ N} \quad (23)$$

2.5.3 แรงดึงสายพานขณะเริ่มเดินเครื่อง

ขณะที่สายพานเริ่มเดินเครื่อง จะมีแรงดึงสายพานเพิ่มขึ้น มอเตอร์ไฟฟ้าจะใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่าขณะทำงานปกติ แรงดึงที่ใช้ขับเคลื่อนสายพาน หาค่าได้ดังนี้

$$T_{EA} = K_A T_E P_I / P_M \quad ; \text{ N} \quad (24)$$

2.5.4 แรงดึงที่เกิดจากน้ำหนักสายพาน (*Belt slope tension*), T_B

$$T_B = M_B gh \quad ; N \quad (25)$$

2.6 การปรับแรงดึงสายพาน (*Pre tension*) มีวิธีดังนี้

2.6.1 ใช้เกลียวปรับ (*Screw take-up*)

2.6.2 ใช้น้ำหนักถ่วง (*Gravity take-up*)

2.6.3 ใช้ระบบไฮดรอลิกหรือลมอัด (*Hydraulic/Pneumatic take-up*)

2.6.4 ใช้ระบบไฟฟ้า (*Power take-up*)

สายพานลำเลียงถ่านหินที่เหมืองแม่เมาะมีการปรับแรงดึงสายพานแบบใช้เกลียวสำหรับสายพานลำเลียงที่มีความยาวไม่มาก และใช้ระบบไฟฟ้าช่วยผ่อนแรงในการปรับสำหรับสายพานลำเลียงที่มีความยาวมากกว่าซึ่งมีแรงดึงสายพานมาก