Selection of Ball Screws 2 (การเลือกบอลสกรู 2)

ขณะไม่มีโหลด

$$T_P = K\frac{P_L L}{2\pi}\ (N\cdot cm) \quad \cdots\cdots ⑤$$

$K=0.05(\tan\beta)^{-\frac{1}{2}}$

โดยที่

P_L : พรีโหลด (N)
L : ระยะลีด (Lead) (cm)
K : สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานภายใน

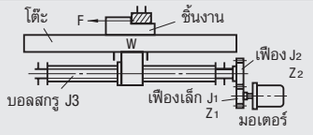
$$\beta \fallingdotseq \tan^{-1}\left(\frac{L}{\pi D}\right)$$

β : มุมเอียงของเกลียว
D : เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเกลียว

การเลือกมอเตอร์ขับ

ในการเลือกมอเตอร์ขับ จำเป็นต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้

1. มอเตอร์มีแรงบิดที่มากพอและส่งผ่านไปยังการหมุนของเกลียวเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนโหลดได้
2. มีกำลังพอสำหรับการหยุดและออกตัวกรณีต้องการการเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบเป็นจังหวะสั้นๆ และต้องมีกำลังพอที่จะขับเคลื่อนโมเมนต์ความเฉื่อยของบอลสกรูและชิ้นส่วนอื่นที่หมุนตาม
3. ใช้กำลังเพียงพอที่จะรักษาความเร็งหรือหน่วงได้มากพอกับโมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุน



● แรงบิดหมุนเพื่อรักษาความเร็วคงที่
วิธีการคำนวณหาขนาดแรงบิดที่ต้องใช้เพื่อขับโหลด ที่ความเร็วคงที่

$$T_1=\left(\frac{PL}{2\pi\eta}+T_P\frac{(3P_L-P)}{3P_L}\right)\frac{Z_1}{Z_2}\ (N\cdot cm) \quad \cdots\cdots ⑥$$

โดยที่ $P \leqq 3P_L$

T_1: แรงบิดขับที่ความเร็วคงที่ (N·cm)
P : โหลดตามแนวแกนภายนอก (N)

$$P=F+\mu Mg$$

F : ปฏิกิริยาแรงผลักที่เกิดจากแรงตัดเฉือนของ Catter (N)
M : มวลของโต๊ะ และชิ้นงาน (Kg)
μ : สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นผิวสไลด์
g : อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (9.8m/s²)
L : ระยะลีดบอลสกรู (cm)
η : ประสิทธิภาพเชิงกลของบอลสกรู หรือเฟือง
T_P: แรงบิดเสียดทานอันเกิดจากพรีโหลด (N·cm) ให้ดูสูตร ⑤
P_L: พรีโหลด (N)
Z_1: จำนวนฟันของเฟืองขับ
Z_2: จำนวนฟันของเฟืองตาม

● แรงบิดเพื่อสร้างความเร่งบนบอลสกรู
วิธีการคำนวณหาขนาดแรงบิดที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดความเร่งในขณะเริ่มต้นออกตัว

$$T_2=J_M\omega=J_M\frac{2\pi N}{60t}\times10^{-3}(N\cdot cm) \quad \cdots\cdots ⑦$$

$$J_M=J_1+J_4+\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2\left\{(J_2+J_3)+(J_5+J_6)\right\}(kg\cdot cm^2) \quad \cdots\cdots ⑧$$

โดยที่

T_2 : แรงบิดขับเผื่อร่องความเร่ง (N·cm)
ω : ความเร่งเชิงมุมของเกลียวของบอลสกรู (rad/s²)
N : ความเร็วของบอลสกรู (min⁻¹)
t : เวลาที่ใช้เร่งออกตัวจนถึงความเร็วที่ต้องการ (s)
J_M : โมเมนต์ความเฉื่อยของบอลสกรู (kg·cm²)
J_1 : โมเมนต์ความเฉื่อยของเฟืองขับ (kg·cm²)
J_2 : โมเมนต์ความเฉื่อยบนเฟืองตาม (kg·cm²)
J_3 : โมเมนต์ความเฉื่อยของบอลสกรู (kg·cm²)
J_4 : โมเมนต์ความเฉื่อยบนโรเตอร์ของมอเตอร์ (kg·cm²)
J_5 : โมเมนต์ความเฉื่อยของส่วนที่กำลังเคลื่อนที่
J_6 : โมเมนต์ความเฉื่อยของคับปลิ้ง
M : มวลของโต๊ะ และชิ้นงาน (Kg)
L : ระยะลีดของบอลสกรู (cm)

โมเมนต์ความเฉื่อยบนรูปทรงกระบอกแบบสกรู และทรงกระบอกแบบเฟือง (การคำนวณ J_1~J_4,J_6)

$$J=\frac{\pi\gamma}{32}D^4\ell(kg\cdot cm^2) \quad \cdots\cdots ⑨$$

โดยที่

D : เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของทรงกระบอก (cm)
ℓ : ความยาวของทรงกระบอก (cm)
γ : ความถ่วงจำเพาะของวัสดุ
$\gamma=7.8\times10^{-3}(kg/cm^3)$

$$J_5=M\left(\frac{L}{2\pi}\right)^2(kg\cdot cm^2)$$

● แรงบิดทั้งหมดบนเกลียวของบอลสกรู
แรงบิดทั้งหมดสามารถคำนวณได้โดยการบวกผลลัพธ์จากสูตร ⑥ และ ⑦

$$T_M=T_1+T_2=\left(\frac{PL}{2\pi\eta}+T_P\frac{(3P_L-P)}{3P_L}\right)\frac{Z_1}{Z_2}+J_M\frac{2\pi N}{60t}\times10^{-3}\ (N\cdot cm) \quad \cdots\cdots ⑩$$

โดยที่

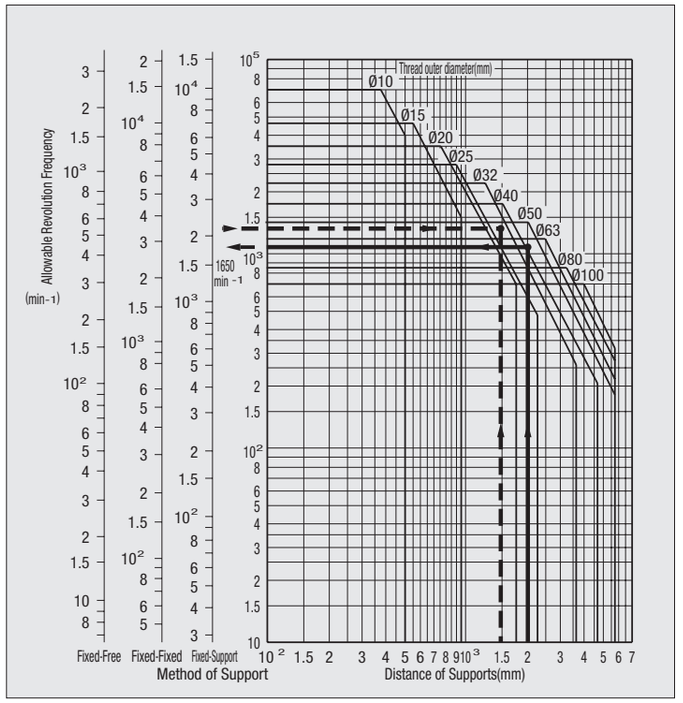
T_M : แรงบิดทั้งหมดบนเกลียวขาออกของมอเตอร์ (N·cm)
T_1 : แรงบิดขับที่ความเร็วคงที่ (N·cm)
T_2 : แรงบิดขับเมื่อมีความเร่ง (N·cm)

เมื่อท่านได้มอเตอร์แบบที่ท่านต้องการแล้ว ให้ตรวจสอบดังต่อไปนี้

1. แรงบิดที่ได้จริง (effective torque)
2. ความเร่งคงที่ และ
3. มอเตอร์ต้องสามารถทนต่อสภาพการรับภาระและอุณหภูมิการทำงานที่เกิดขึ้นจากการออกตัวและหยุดๆ ซ้ำๆ กันตลอด

(อ้างอิง)
1daN = 10N ≒ 1.02 kgf

กราฟความเร็วรอบที่สามารถใช้ได้



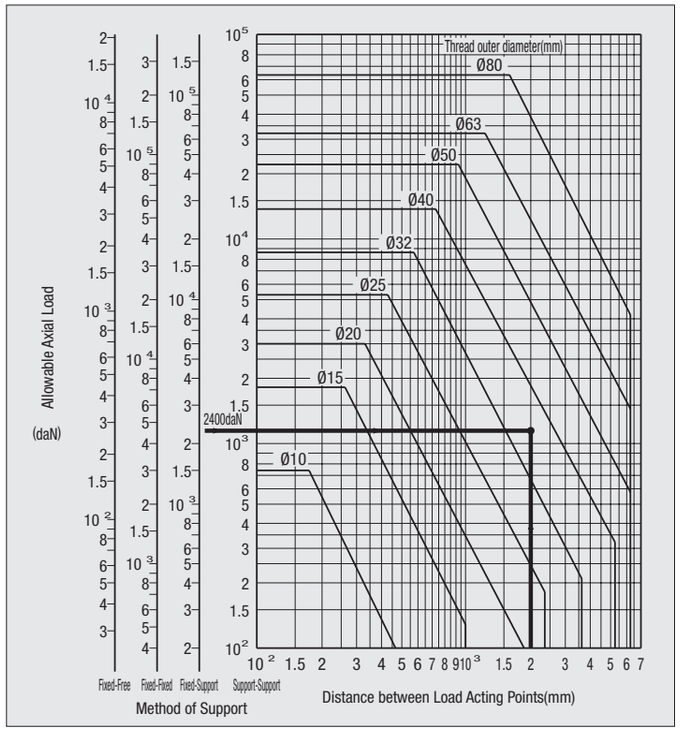
ตัวอย่างที่ 1 วิธีหาค่าความเร็วรอบที่สามารถใช้ได้
การคำนวณค่าความถี่การหมุนที่สามารถใช้ได้ เมื่อบอลสกรูมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเกลียว 40 mm คงที่ และระยะห่างของจุดรองรับ 2000 mm

1. หาจุดตัดของค่าระยะห่างของจุดรองรับ 2000 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเกลียว 40 mm
2. อ่านค่าความเร็วรอบที่สามารถใช้ได้ที่จุดตัดบนกราฟค่าตรึง-ประคอง (fixed-support) ค่าความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถใช้ได้คือ 1650 min⁻¹

ตัวอย่างที่ 2 วิธีหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว
การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา เมื่อความเร็วรอบสูงสุดที่ 2000 min⁻¹ คงที่ และระยะห่างของจุดรองรับ 1500 mm

1. หาจุดตัดระหว่างระยะห่างของจุดรองรับ 1500 mm และค่าความถี่การหมุนที่ 2000 min⁻¹ (จากสเกลของกราฟค่าตรึง-ประคอง)
2. อ่านค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว ได้ 32 mm ของเส้นทแยงไปยังจุดตัดด้านนอก ความเร็วรอบสูงสุด คือ 2000 min⁻¹ สอดคล้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว กราฟโหลดตามแนวแกนที่สามารถใช้ได้

กราฟโหลดตามแนวแกนที่สามารถใช้ได้



ตัวอย่างที่ 3 วิธีหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว
ตัวอย่างนี้ ถือว่าระยะห่างระหว่างจุดรับโหลดมีค่า 2000 mm วิธีรับโหลดเป็นแบบตรึง-ประคอง และโหลดตามแนวแกนมีค่าสูงสุด 2400daN

1. หาจุดตัดระหว่างระยะห่างของจุดรับโหลด 2000 mm กับค่าโหลดตามแนวแกน 2400 daN (จากกราฟคงที่-รองรับ)
2. อ่านเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาของเส้นทแยงที่ใกล้จุดตัดด้านนอกมากที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา มีค่าต่ำสุดได้ 40 mm

นาที⁻¹ = min⁻¹ = รอบ/นาที = rpm
1daN=10N≒1.02kgf