

Mechanical Design I

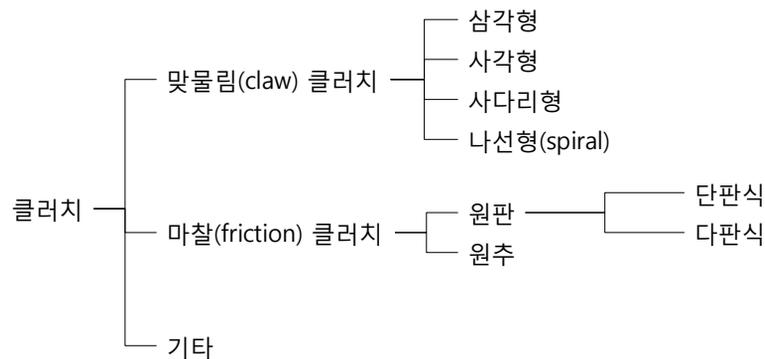
11. Coupling & Clutch (Chap. 11.2)

Bong-Kee Lee

School of Mechanical Systems Engineering
Chonnam National University

Clutch

- 클러치(clutch)
 - 운전 중 필요에 따라 축 이음을 차단
 - 클러치의 종류

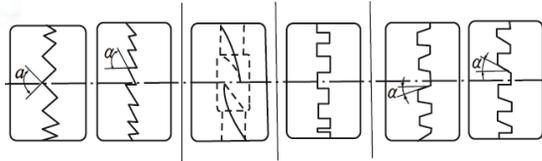
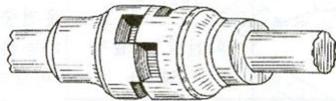


Clutch

▪ 맞물림(claw) 클러치

– 클로(claw)

- 원동축(구동축)과 종동축(피동축)의 끝을 물림 구조
- (Table 11-6) 삼각형, 사각형, 사다리형, 나선형(스파이럴), 등

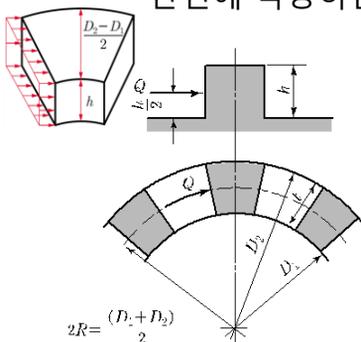


Clutch

▪ 맞물림(claw) 클러치

– 사각형 클로(claw)

- 클로의 옆 단면의 중앙에 작용하는 집중 하중, Q
- 단면에 작용하는 압력, q



$$T(=r \cdot F) = (R \cdot Q)Z = \frac{(D_1 + D_2)/2}{2} QZ = \frac{D_m}{2} QZ$$

$$\Rightarrow Q = \frac{T}{D_m} \frac{1}{Z}$$

$$\left(A = \frac{D_2 - D_1}{2} h \right) \rightarrow q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{T}{D_m} \frac{1}{Z} \right) \cdot \frac{2}{(D_2 - D_1)h}$$

$$= \frac{8T}{(D_1 + D_2)(D_2 - D_1)hZ} = \frac{8T}{(D_2^2 - D_1^2)hZ}$$

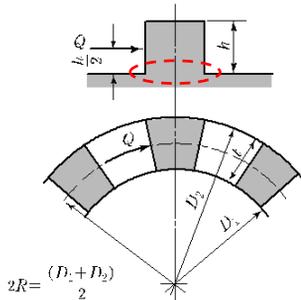


Clutch

▪ 맞물림(claw) 클러치

– 사각형 클로(claw)

- 클로 뿌리부에 작용하는 전단 응력, τ_f



$$\begin{aligned}\tau_f &= \frac{Q}{A} \leftarrow Q = \frac{T}{D_m/2} \frac{1}{Z} \\ \Rightarrow \tau_f &= \frac{T}{D_m/2} \frac{1}{ZA} \leftarrow A = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)/4}{2Z} \\ \Rightarrow \tau_f &= \left(\frac{T}{D_m/2} \frac{1}{Z} \right) \frac{2Z}{\pi(D_2^2 - D_1^2)/4} \\ &= \frac{32T}{\pi(D_1 + D_2)(D_2^2 - D_1^2)}\end{aligned}$$



Clutch

▪ 마찰(friction) 클러치

– 원판 클러치

- 1개(단판형) 또는 여러 개(다판형)의 마찰원판을 설치
- 마찰원판의 마찰력으로 축의 토크를 전달
- 회전 중심부에서의 접촉 발생
 - 회전 중심의 변화가 없을 경우: 마찰면적 및 마찰력이 작아 토크 전달 저하
 - (진동 등에 의하여) 회전 중심의 변화가 있을 경우: 마찰력의 방향 전환 → 불안정한 클러치 작동



Clutch

■ 마찰(friction) 클러치

– 원판 클러치

• 단판형 원판 클러치

– 원판의 마찰에 의한 마모 발생: 균일한 마모를 가정

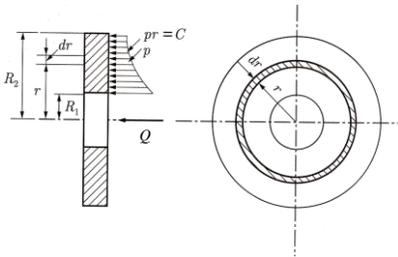
$$Q = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi r dr \cdot p = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi C dr = 2\pi C \int_{R_1}^{R_2} dr = 2\pi C (R_2 - R_1)$$

$$(pr = C) \rightarrow C = \frac{Q}{2\pi(R_2 - R_1)}$$

$$T = \int_{R_1}^{R_2} \mu(2\pi r dr \cdot p)r = 2\pi\mu C \int_{R_1}^{R_2} r^2 dr = 2\pi\mu C \frac{R_2^3 - R_1^3}{3}$$

$$= \pi\mu \cdot \frac{Q}{2\pi(R_2 - R_1)} \cdot (R_2^2 + R_1^2) = \mu Q \frac{R_2 + R_1}{2} = \mu Q R_m$$

$$\Rightarrow T = \frac{D_m}{2} \mu Q$$



Mechanical Design I

School of Mechanical Systems Engineering



Clutch

■ 마찰(friction) 클러치

– 원판 클러치

• 단판형 원판 클러치

– 원판 사이의 압력이 일정한 경우

$$p = \frac{Q}{A} \Leftrightarrow Q = pA = p \cdot \pi(R_2^2 - R_1^2)$$

$$T = \int_{R_1}^{R_2} \mu(2\pi r dr \cdot p)r = 2\pi\mu p \int_{R_1}^{R_2} r^2 dr = 2\pi\mu p \frac{R_2^3 - R_1^3}{3}$$

$$= 2\pi\mu \cdot \frac{Q}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3} = \frac{2}{3} \mu Q \frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2}$$

$$(R_2 = 0.6R_1 \sim 0.7R_1) \Rightarrow T \approx \mu Q R_m = \frac{D_m}{2} \mu Q$$

Mechanical Design I

School of Mechanical Systems Engineering



Clutch

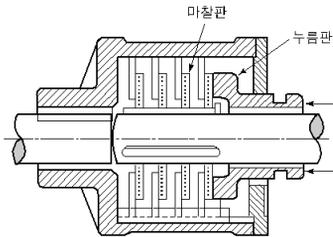
■ 마찰(friction) 클러치

- 원판 클러치

• 다판형 원판 클러치

- 단판형 원판 클러치의 전달 토크(T) 증가: 마찰계수(μ), 축 방향으로 미는 힘(Q), 원판의 평균 반지름(R_m) 증가

→ 원판의 접촉면 수를 증가: 다판형 원판 클러치



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

$$\Rightarrow T = \frac{D_m}{2} \mu Q$$

■ 원판의 수를 증가시킴으로써, 축 방향으로 밀 수 있는 힘을 증가 → 최대 전달 토크 증가



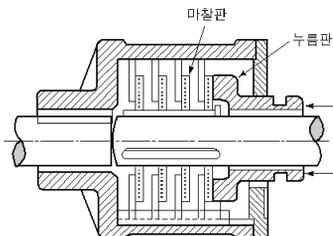
Clutch

■ 마찰(friction) 클러치

- 원판 클러치

• 다판형 원판 클러치

- (가정) 축 방향으로 미는 힘(Q)에 의한 접촉면에서 발생하는 평균 면압력(q)이 일정



$$Q = (qA)Z = q \cdot \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \cdot Z = q \cdot \pi \cdot \frac{D_2 + D_1}{2} \cdot \frac{D_2 - D_1}{2} \cdot Z$$

$$\left(D_m = \frac{D_2 + D_1}{2}, b = \frac{D_2 - D_1}{2} \right) \rightarrow Q = q \cdot \pi D_m b \cdot Z$$

$$\Rightarrow q = \frac{Q}{\pi D_m b Z} \leftarrow T = \frac{D_m}{2} \mu Q$$

$$\Rightarrow q = \frac{1}{\pi D_m b Z} \cdot \frac{2T}{\mu D_m} = \frac{2T}{\mu \pi D_m^2 b Z}$$



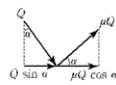
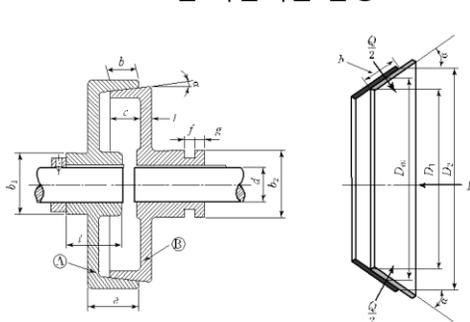
Clutch

마찰(friction) 클러치

- 원추(cone) 클러치

- 원추 형상의 접촉면

- 동일한 축 방향의 힘이 작용할 경우, 원판 클러치에 비하여 더 큰 마찰력을 발생



$$P = Q \sin \alpha + \mu Q \cos \alpha$$

$$= (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) Q$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} P$$

$$f = \mu Q = \mu \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} P$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow f = \mu' P$$

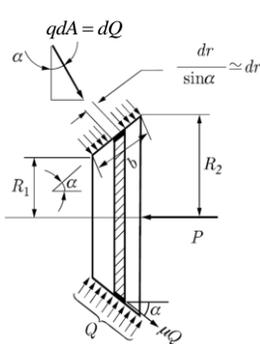


Clutch

마찰(friction) 클러치

- 원추(cone) 클러치

- 접촉면 압력, q



$$Q = \int_{R_1}^{R_2} q dA = \int_{R_1}^{R_2} q \cdot \left(2\pi r \frac{dr}{\sin \alpha} \right)$$

$$(q = \text{const}) \rightarrow Q = \frac{2\pi q}{\sin \alpha} \int_{R_1}^{R_2} r dr = \frac{\pi q (R_2^2 - R_1^2)}{\sin \alpha} = \pi (R_2 + R_1) \frac{(R_2 - R_1)}{\sin \alpha} q$$

$$D_m = \frac{D_2 + D_1}{2} = R_2 + R_1$$

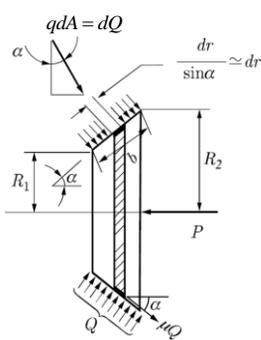
$$R_2 - R_1 = b \sin \alpha \Rightarrow b = \frac{R_2 - R_1}{\sin \alpha}$$

$$\Rightarrow Q = \pi D_m b q \Leftrightarrow q = \frac{Q}{\pi D_m b}$$



Clutch

- 마찰(friction) 클러치
 - 원추(cone) 클러치
 - 회전 토크, T



$$T = r \cdot f = \frac{D_m}{2} \cdot \mu Q = \frac{D_m}{2} \cdot \mu' P$$

$$(1) T = \frac{D_m}{2} \cdot \mu Q \Leftrightarrow Q = \frac{2T}{\mu D_m}$$

$$\rightarrow q = \frac{Q}{\pi D_m b} = \frac{1}{\pi D_m b} \cdot \frac{2T}{\mu D_m} = \frac{2T}{\mu \pi D_m^2 b}$$

$$(2) T = \frac{D_m}{2} \cdot \mu' P$$

$$\rightarrow P = \frac{T}{\mu' (D_m / 2)}$$

