

11장 축이음

11장 축이음 11-1

◆ 커플링

고정 커플링 (rigid coupling) — 두 축 사이의 중심이 일직선상 위치

유연성 커플링 (flexible coupling) — 양 축간의 회전력만을 전달

11장 축이음 11-2

◎ 고정 커플링(rigid coupling)

- 두 축이 일직선상에 있어야 한다
- 축 방향 이동이 없는 경우에 사용

<고정 커플링의 분류>

- 원통형 커플링**
 - 일체형 — 슬리브 커플링 (sleeve coupling = muff coupling), 반겹치기 커플링 (half lap coupling), 볼러 커플링 (Soller coupling), 마찰원통 커플링 (friction slip coupling)
 - 분할형 — 분할원통 커플링 (clamp coupling, split muff coupling)
- 플랜지 커플링**
 - 고정형 (rigid flanged coupling)
 - 유연형 (flexible flanged coupling)

11장 축이음 11-3

(1) 플랜지 고정 커플링(flange coupling)

- 양축의 끝에 플랜지를 각각 억지 끼워맞춤
- 플랜지를 리머볼트로 연결
- 가장 일반적으로 사용
- 지름이 큰 회전축이나 고속 회전축에 사용

11장 축이음 11-4

<플랜지 커플링의 각부 치수>

(단위 : [mm])

커플링 바깥지름 A	D		L	C	B	F	볼트구 Z (개)	볼트 지름 φ	앙고			볼트 높기 여유			
	최대치 구멍 지름	(앙고) 최소치 구멍지름							커플링부						
								E	S ₂	S ₃	R ₁ (각)	R ₂ (각)	c		
112	28	36	40	50	75	36	4	10	40	2	3	2	1	1	70
125	32	38	45	56	85	38	4	14	45	2	3	2	1	1	81
140	38	40	50	71	100	38	6	14	50	2	3	2	1	1	81
160	45	45	56	80	115	38	8	14	71	2	3	3	1	1	81
180	50	48	63	90	132	38	8	14	80	2	3	3	1	1	81

11장 축이음 11-5

(2) 슬리브 커플링(sleeve coupling)

- 축지름이 작고 하중이 작은 경우 사용

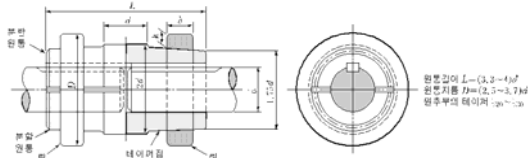
<슬리브 커플링>

$L=3d \sim 4d$
 $D=1.8d+(10 \sim 20)$ [mm]

11장 축이음 11-6

(3) 마찰원통 커플링(friction slip coupling)

- 큰 토크의 전달이 불가능
- 진동, 충격에 의해 쉽게 이완



<마찰원통 커플링>

11장 축이음

11-7

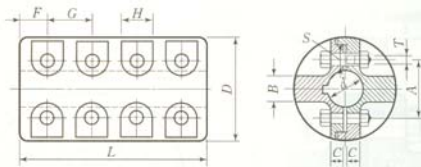
(4) 분할원통 커플링(split muff coupling)

- 클램프 커플링(clamp coupling)이라고도 함
- 두 개의 반원통은 볼트를 이용하여 결합
- 전달토크가 클 때에는 평행키를 사용

11장 축이음

11-8

<분할원통 커플링 치수>



(단위 : [mm])

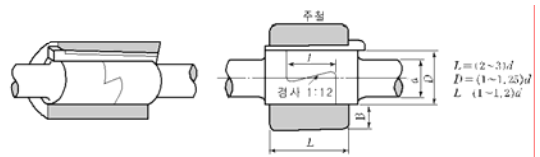
축지름 d	분 체										타입별 치수	윤활 [kg]	
	D	L	A	B	C	E	F	G	H	S			
40	115	160	70	32	20	1	27	53	38	15	1/2	6	8
45	127	180	76	36	22	1	30	60	40	15	1/2	6	11
50	138	200	82	39	24	1	33	67	43	18	3/4	6	14
55	150	220	88	42	26	1	37	73	46	18	3/4	6	18
60	162	240	96	46	28	1	40	80	50	22	3/4	6	24
65	172	260	102	50	30	1.5	43	87	52	22	3/4	6	30
70	185	280	108	53	32	1.5	47	93	55	25	3/4	6	35

11장 축이음

11-9

(5) 반겹치기 커플링(half lap coupling)

- 축방향 인장력이 작용할 때 사용



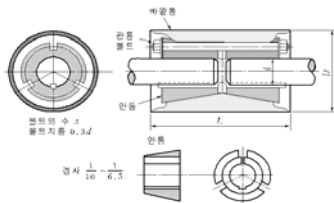
<반겹치기 커플링>

11장 축이음

11-10

(6) 셀러 원추 커플링(seller coupling)

- 안쪽은 원통형, 바깥쪽은 테이퍼진 원추형인 안통
- 내경이 양쪽방향으로 테이퍼진 바깥통



<셀러 원추 커플링>

11장 축이음

11-11

◎ 유연성 축이음(flexible coupling)

1. 기어형 축이음(gear coupling, KS B 1553)

- 고속 및 큰 토크에 견딤
- 원심펌프, 컨베이어, 교반기, 팬 등에 사용

<기어형 축이음의 종류(KS B 1553)>

(단위 : [mm])

종류	종류기호	이음호칭 바깥 지름 범위	최대 속구멍 지름 범위
양쪽 보통형	SS	100 ~ 400	25 ~ 180
보통 연장축형	SE		
양쪽 사이드 커버형	CC	450 ~ 1250	200 ~ 560
사이드 커버 연장축형	CE		

11장 축이음

11-12

<기어형 축이음(보통형)>

(a) 양면 보정형(GS) (b) 보정 일장축형(GF)

<기어형 축이음(측면 커버형)>

(c) 정시정 보정형(GSF) (d) 보정 일장축 보정형(GSF)

11장 축이음 11-13

2. 체인 축이음(chain coupling)

- 회전속도가 중간속도, 일정한 하중이 작용되는 기계에 장착
- 교반기, 컨베이어, 펌프, 기중기 등에 사용

<체인 축이음(롤러체인 형)>

11장 축이음 11-14

<체인 축이음(사이렌트체인 형)>

11장 축이음 11-15

3. 그리드형 축이음(grid coupling, KS B 1557)

- 수평분할형과 수직분할형으로 분류

(a) 수평 분할형 (b) 수직 분할형

<그리드형 축이음>

11장 축이음 11-16

4. 고무 축이음(elastomeric coupling)(KS B 1555)

- 감쇠작용이 뛰어나 진동 및 충격을 잘 흡수
- 받는 힘의 형태에 따라 압축형, 전단형으로 구분

(a) 인장-압축형 고무 축이음(타이어형)

<압축형 고무 축이음>

11장 축이음 11-17

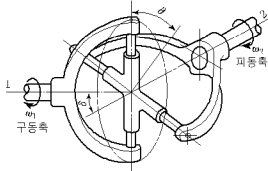
(a) 고무부 (b) 플랜지 (c) 볼트 (d) 스프링 와셔 (e) 압축형

<비틀림 전단형 고무 축이음(타이어형)>

11장 축이음 11-18

◎ 유니버설 커플링(universal coupling)(KS B 1554)

- 두 축이 같은 평면 내에서 어느 각도로 교차하는 경우
- 회전중 양 축이 맞는 각도가 변화해도 되는 특징



<유니버설 커플링>

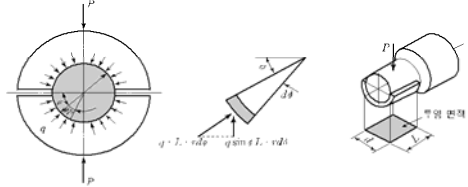
11장 축이음

11-19

◎ 커플링 역학

1. 일체형 원통 커플링의 설계

두 축의 끝을 맞대어 일직선으로 맞추고 원통으로 결합



<원통 커플링에 작용하는 힘>

11장 축이음

11-20

(1) 접촉면압

$$P = 2 \int_0^{\pi/2} (q \sin \phi) L r d \phi \quad \text{에서}$$

접촉면압 q는

$$q = \frac{P}{dL}$$

P는 커플링 원통을 조이는 힘
L은 축과 원통의 접촉길이

11장 축이음

11-21

(2) 회전토크

마찰면에 작용하는 수직력의 총합 Q는

$$Q = q(\pi dL) = \pi P$$

전달토크 T는

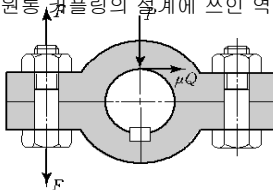
$$T = \mu Q \frac{d}{2} = \mu \cdot q(\pi dL) \left(\frac{d}{2} \right) = \mu \pi P \cdot \left(\frac{d}{2} \right)$$

11장 축이음

11-22

2. 분할형 원통 커플링의 설계

- 2개로 분할된 반원통 커플링을 나사를 이용해 결합
- 일체형 원통 커플링의 설계에 쓰인 역학적 적용



<분할원통 커플링에 작용하는 힘>

11장 축이음

11-23

볼트가 커플링을 죄는 힘 P는

$$P = q(dL)$$

마찰면에 작용하는 수직력의 총합 Q는

$$Q = q(\pi dL) = \pi P$$

전달토크 T는

$$T = \mu \cdot q(\pi dL) \left(\frac{d}{2} \right) = \mu \pi P \cdot \left(\frac{d}{2} \right)$$

11장 축이음

11-24

(1) 볼트의 인장력

축을 죄는 힘 P와 볼트 인장력 F의 관계는

$$P = \left(\frac{Z}{2}\right) F$$

Z는 볼트의 총 개수

볼트 1개에 작용하는 인장력과 응력과의 관계

$$F = \sigma_t \left(\frac{\pi}{4} \delta^2\right)$$

δ 는 볼트의 안지름

11장 축이음 11-25

(2) 회전 토크

토크 T와 힘 P는

$$T = \mu\pi P \cdot \left(\frac{d}{2}\right)$$

토크 T로 인해 나사의 단면에 발생하는 응력과의 관계

$$T = \mu\pi \left(\frac{Z}{2} F\right) \frac{d}{2} = \mu\pi \left(\frac{d}{2}\right) \left(\sigma_t \frac{\pi}{4} \delta^2\right) \frac{d}{2}$$

11장 축이음 11-26

(3) 볼트의 수(Z)

축에 작용한 비틀림 모멘트 T'와 축단면에서 전단응력의 관계

$$\tau_s = \frac{T'(d/2)}{\frac{\pi}{32} d^4} \rightarrow T' = \tau_s \cdot \left(\frac{\pi}{16} d^3\right)$$

커플링이 전달할 수 있는 토크 $T = T'$ 축이 전달할 수 있는 토크

볼트의 수는

$$Z = \frac{\tau_s d^2}{\mu\pi\sigma_t \delta^2}$$

11장 축이음 11-27

3. 플랜지 커플링(flange coupling)의 설계

(1) 전달토크

$$T = T_1 + T_2$$

T는 플랜지가 전달할 수 있는 토크의 크기
T1은 전단저항을 받는 볼트가 전달할 수 있는 토크
T2는 마찰저항에 의하여 전달할 수 있는 토크

<볼트의 전단저항이 전달할 수 있는 토크>

11장 축이음 11-28

① 볼트가 전달할 수 있는 토크

$$T_1 = \left(\frac{\pi}{4} \delta^2\right) \tau_b \cdot Z \cdot \left(\frac{D_B}{2}\right)$$

② 마찰저항에 의해 전달할 수 있는 토크

$$T_2 = Z\mu F \frac{D_m}{2}$$

D_m 은 마찰면의 평균지름 $\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)$

11장 축이음 11-29

③ 커플링이 전달할 수 있는 전체토크는

$$T = T_1 + T_2$$

$T_1 \gg T_2$ 이므로 T_2 무시

$$T \approx \left(\frac{\pi}{4} \delta^2\right) \tau_b \cdot Z \cdot \left(\frac{D_B}{2}\right)$$

11장 축이음 11-30

(2) 볼트의 지름

축이 전달할 수 있는 토크 T'는

$$\tau_s = \frac{T' \left(\frac{d}{2} \right)}{I_p} \rightarrow T' = \tau_s \cdot \frac{\pi}{16} d^3$$

$\begin{cases} T = T' \\ \tau_s = \tau_b \end{cases}$ 이면 볼트 안지름은

$$\delta = 0.5 \sqrt{\frac{d^3}{Z \cdot (D_B/2)}}$$

11장 축이음

11-31

볼트에서의 응력집중을 고려하면

$$\delta = 0.5 \sqrt{\frac{d^3}{Z \cdot (D_B/2)} + 10} [mm]$$

볼트의 수는

$$Z = 0.075d + 2.5$$

11장 축이음

11-32

(3) 플랜지 뿌리부의 응력

플랜지 뿌리부가 전달할 수 있는 토크 T''는

$$T'' = \tau_f \left(\pi D_f t \right) \frac{D_f}{2} \rightarrow \tau_f = \left(\pi D_f t \right) \frac{D_f}{2}$$

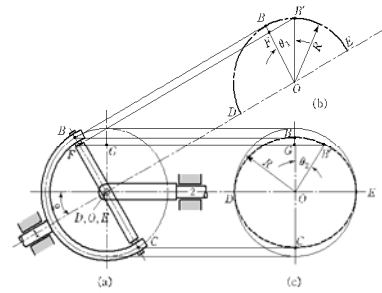


<플랜지 커플링의 뿌리부 전단>

11장 축이음

11-33

◎ 유니버설 조인트의 각속비



<유니버설 조인트의 각속도 변화>

11장 축이음

11-34

(b)에서

$$\overline{OF} = R \cos \theta_1$$

$$\overline{B'F} = R \cos \theta_1$$

(c)에서

$$\overline{OG} = \overline{OF} \cos \delta = R \cos \theta_1 \cos \delta$$

(b), (c)에서

$$\overline{B'G} = \overline{B'F}$$

정리하면

$$\tan \theta_2 = \frac{\overline{B'G}}{\overline{OG}} = \frac{\overline{B'F}}{\overline{OF} \cos \delta} = \frac{R \sin \theta_1}{R \cos \theta_1 \cdot \cos \delta} = \frac{\tan \theta_1}{\cos \delta}$$

11장 축이음

11-35

미분하면

$$\sec^2 \theta_2 \frac{d\theta_2}{dt} = \frac{\sec^2 \theta_1}{\cos \delta} \cdot \frac{d\theta_1}{dt}$$

$$\omega_1 = \frac{d\theta_1}{dt}, \omega_2 = \frac{d\theta_2}{dt} \text{ 라 하면}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sec^2 \theta_2 \cdot \cos \delta}{\sec^2 \theta_1} = \frac{\sec^2 \theta_2 \cdot \cos \delta}{1 + \tan^2 \theta_2 \cdot \cos^2 \delta}$$

$$\therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\cos \delta}{1 - \sin^2 \theta_2 \cdot \sin^2 \delta}$$

11장 축이음

11-36

유니버설 조인트의 회전

속도비 $\frac{1}{\cos \delta}$

각속도비 $\frac{\omega_1}{\omega_2}$

가속 가속 감속 가속 감속

90° 180° 270° 360° θ_1 (중동축의 회전각도)

<유니버설 조인트의 1회전시 두 축의 각속도비>

<유니버설 조인트의 중간축 설치>

11장 축이음 11-37

예제 11-1

지름 50 [mm]의 축을 연결하는 분할원통 커플링에서 안지름이 11.835 [mm]인 볼트를 8개 사용한다. 축에 의한 전달토크가 커플링에 의한 전달 토크와 같도록 설계하는 경우 다음을 구하여라. 단, 축의 허용전단응력 2 [kg_f/mm²] 이고, $\mu = 0.20$ 이며 마찰력으로만 동력을 전달한다.

- (1) 축이 전달할 수 있는 토크 : T [kg_f · mm]
- (2) 전체 볼트가 커플링을 조이는 힘 : P [kg_f]
- (3) 볼트에 생기는 인장응력 : σ_t [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-38

풀이

- (1) $\tau_s = \frac{T \cdot r_{max}}{I_p} = \frac{T \left(\frac{d}{2} \right)}{\frac{\pi}{32} d^4}$ 에서 $T = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \tau_s = \frac{\pi \times 50^3}{16} \times 2 = 49087.39$ [kg_f · mm]
- (2) $T = \mu \pi P \frac{d}{2}$ 에서 $P = \frac{2T}{\mu \pi d} = \frac{2 \times 49087.39}{0.2 \times \pi \times 50} = 3125$ [kg_f]
- (3) $P = \frac{Z}{2} \cdot F = \frac{Z}{2} \cdot \frac{\pi \delta^2}{4} \cdot \sigma_t$ 에서 $\sigma_t = \frac{8P}{\pi \delta^2 Z} = \frac{8P}{\pi \times 11.835^2 \times 8} = \frac{8 \times 3125}{\pi \times 11.835^2 \times 8} = 7.10$ [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-39

예제 11-2

300 [rpm]으로 20 [PS]의 동력을 전달하는 전동축을 플랜지 커플링으로 연결하고자 한다. 축의 허용 전단응력은 $\tau_s = 3$ [kg_f/mm²], 볼트의 안지름이 $\delta = 13.835$ [mm], 볼트의 개수 6, 볼트의 중심원 지름 $D_B = 145$ [mm], 플랜지 부리의 두께 $t = 22.4$ [mm], 축의 중심부터 플랜지 부리부까지의 거리 50 [mm]이다. 축과 커플링에 의한 전달토크가 같도록 설계하는 경우 다음을 구하여라(단, 마찰력에 의한 영향은 무시한다).

- (1) 축지름 : d [mm]
- (2) 볼트에 생기는 전단응력 : τ_s [kg_f/mm²]
- (3) 플랜지 부리부분에 생기는 전단응력 τ_t [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-40

풀이

- (1) $T = 716200 \times \frac{H_{PS}}{N} = 716200 \times \frac{20}{300} = 47747$ [kg_f · mm]
 $\tau = \frac{Tr}{I_p}$ 에서 $d = \sqrt[3]{\frac{16 \times T}{\pi \tau_s}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 47747}{\pi \times 3}} = 43.3$ [mm]
- (2) $T = \left(\frac{\pi}{4} \delta^2 \right) \tau_s Z \frac{D_B}{2}$ 에서 $\tau_s = \frac{8T}{\pi \delta^2 Z D_B} = \frac{8 \times 47747}{\pi \times 13.835^2 \times 6 \times 145} = 0.730$ [kg_f/mm²]
- (3) $T = \tau_t (\pi D_f t) \frac{D_f}{2}$ 에서 $\tau_t = \frac{2T}{\pi D_f^2 t} = \frac{2 \times 47747}{\pi \times 100^2 \times 22.4} = 0.13$ [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-41

예제 11-4

교차각 20°인 유니버설 조인트에서 원동축의 회전각도 1000 [rpm]일 때 중동축의 회전각 속도는 어떤 범위 내에서 변화하는가?

풀이

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\cos \delta}{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \delta}$$

에서 $\frac{N_1}{N_2}$ 의 최소값은 $\cos \delta$, 최대값은 $1/\cos \delta$ 이므로

최소값 $N_2 = N_1 \cos \delta = 1000 \times \cos 20^\circ = 939.69$ [rpm]

최대값 $N_2 = N_1 / \cos \delta = 1000 / \cos 20^\circ = 1064.18$ [rpm]

$\therefore N_2 = 939.69 \sim 1064.18$ [rpm]

11장 축이음 11-42

◆ 클러치(clutch)

운전 중 필요에 따라 축이음을 차단시킬 수 있는 것
동력전달방법을 기준으로 분류

<클러치의 분류>

- 맞물림 클러치 (claw clutch)
- 마찰 클러치 (friction clutch)
 - 원판 클러치 (단판식, 다판식)
 - 원추 클러치
- 유체 클러치 (fluid clutch)
- 마그네틱 클러치 (magnetic clutch)

11장 축이음 11-43

◎ 맞물림 클러치(claw clutch)

1. 이의 접촉면압

$$q = \frac{T / (D_m / 2)}{Z \cdot A_2} = \frac{8T}{(D_2^2 - D_1^2) h \cdot Z}$$

A₂는 클로 한 개의 접촉면 단면적
 $A_2 = h(D_2 - D_1) / 2$
 h는 접촉면 높이

<사각형 클로 클러치의 토크>

11장 축이음 11-44

<맞물림 클러치의 종류 및 특성>

종류	도면	하중	회전방향	착탈
상각형		비교적 소하중	회전방향 변화	운전 중 탈착 가능 (비교적 낮은 회전 속도일 때)
			회전방향 일정	
나선형		비교적 대하중	회전방향 일정	

11장 축이음 11-45

<나선형 맞물림 클러치의 주요치수>

(단위 : [mm])

d	40	50	60	70	80	90	100	110	120
D	100	125	150	175	200	225	250	275	300
a	30	23	25	30	35	40	45	50	55
b	40	50	60	70	80	90	100	110	120
c	30	25	30	35	40	45	50	55	60
e	16	18	20	22	24	26	28	30	32
f	30	32	34	36	38	40	42	44	46
g	72	86	100	114	128	142	156	170	183
이의 수 Z	3	3	4	4	4	5	5	6	6

11장 축이음 11-46

2. 클로 뿌리에 생기는 전단응력

$$\tau_f = \frac{T / (D_m / 2)}{Z \cdot A_1} = \frac{32T}{\pi(D_1 + D_2)(D_2^2 - D_1^2)}$$

A₁은 클로 한 개의 이뿌리면의 단면적
 $A_1 = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4 \cdot Z}$

11장 축이음 11-47

◎ 원판 클러치(disk clutch)

구동축과 피동축 사이에 마찰원판을 설치

↓

마찰력으로 토크를 전달

마찰원판의 수

- 단판클러치
- 다판클러치

 축방향 힘을 발생시키는 방법

- 유압식
- 기계식

 접촉면의 건조

- 건식
- 습식

11장 축이음 11-48

1. 전달토크

(1) 회전력(F)

토크가 충분히 전달될 수 있기 위해서는
마찰력이 회전력보다 커야 한다

클러치와 마찰면 사이에 상대운동이 없는 경우 : $F < \mu_s P$

클러치와 마찰면 사이에 상대운동이 있는 경우 : $F = \mu_k P$

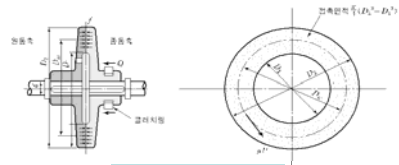
μ_s 는 정지마찰계수

μ_k 는 동마찰계수

11장 축이음

11-49

(2) 단판 클러치



<원판 클러치(단판)>

$$T = \left(\frac{D_m}{2}\right) F = \left(\frac{D_m}{2}\right) \mu P$$

F는 정지마찰에 의한 회전력

P는 축방향으로 미는 힘

11장 축이음

11-50

(3) 다판 클러치

$$P = Z \cdot P_1$$

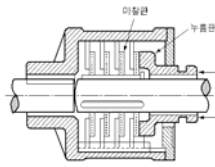
P는 축방향으로 미는 힘

P_1 은 각 클러치면에서 축방향 반력

마찰에 의한 회전토크는

$$T = Z \left(\frac{D_m}{2}\right) \cdot F_1$$

F_1 은 마찰면 1개당 원주방향 마찰력



<원판 클러치(다판)>

11장 축이음

11-51

최대 전달토크는

$$T = Z \left(\frac{D_m}{2}\right) \cdot \mu P_1$$

다시 쓰면

$$T = \frac{D_m}{2} \cdot \mu P$$

클러치판의 수가 증가하여도 같은 크기의 축방향 힘에
대하여 같은 크기의 토크를 전달

11장 축이음

11-52

2. 접촉면 압력과 축방향 힘

축방향으로 미는 힘 P

$$P = q \cdot (\pi D_m b) \cdot Z$$

접촉면 압력 q는

$$q = \frac{P/Z}{\pi(D_2^2 - D_1^2)/4} = \frac{P/Z}{\pi D_m b}$$

$T = \mu P \cdot \frac{D_m}{2}$ 에서

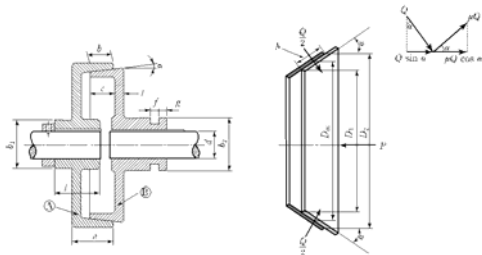
$$q = \frac{2T}{\mu \pi D_m^2 b \cdot Z}$$

11장 축이음

11-53

◎ 원추 클러치(cone clutch)

1. 축방향 추력과 마찰력



<원추 클러치의 마찰력>

11장 축이음

11-54

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

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

P는 축방향 추력
 Q는 접촉면에 수직한 힘

상대적인 속도가 있을 경우 마찰력은

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

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

11장 축이음 11-55

2. 전달토크

(1) 회전력(F)

마찰력(μQ)은 토크가 전달될 수 있는 회전력(F)보다 커야 한다

클러치와 마찰면 사이에 상대운동이 없는 경우 : $F < \mu_s Q$

클러치와 마찰면 사이에 상대운동이 있는 경우 : $F = \mu_k Q$

μ_s 는 정지마찰계수
 μ_k 는 동마찰계수

11장 축이음 11-56

(2) 전달토크

전달토크는

$$T = \frac{D_m}{2} \cdot F$$

최대 전달토크는

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

토크를 전달하기 위해 축방향에 가해야 할 최소한의 힘은

$$P = \frac{T / (D_m / 2)}{\mu'}$$
 μ' 는 상당마찰계수

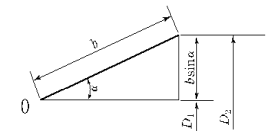
11장 축이음 11-57

3. 원추 클러치의 기하학

원추각(α)은 꼭지각(2α)의 절반

$$\sin \alpha = \frac{D_2 - D_1}{2b}$$

$$D_2 = D_1 + 2b \cdot \sin \alpha$$



평균반지름으로 나타내면

$$D_1 = D_m - b \cdot \sin \alpha$$

$$D_2 = D_m + b \cdot \sin \alpha$$

<원추 클러치의 기하학>

11장 축이음 11-58

4. 접촉면의 평균 면압력

접촉면의 면압은 재료의 압축허용응력보다 작아야 한다

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

Q는 접촉면에 수직하게 작용하는 힘

T로 표현하면

$$q = \frac{2T}{\pi D_m^2 b}$$

11장 축이음 11-59

<클러치 재료의 성질>

마찰 재료	마찰계수		허용면압력 [kgf/mm ²]	허용온도 [°C]
	건 식	습 식		
주철	0.15 ~ 0.25	0.04 ~ 0.12	10 ~ 18	300
담금질강 ¹⁾	-	0.05 ~ 0.07	7 ~ 20	250
청동	0.1 ~ 0.2	0.05 ~ 0.1	5 ~ 8	150
소결합금	0.2 ~ 0.5	0.05 ~ 0.1	10 ~ 30	350
목재	0.2 ~ 0.35	0.1 ~ 0.15	2 ~ 4	100
화이버	0.25 ~ 0.45	0.1 ~ 0.2	0.5 ~ 3	100
코르크	0.25 ~ 0.5	0.15 ~ 0.25	0.5 ~ 1	90
벨트	0.2 ~ 0.25	0.1 ~ 0.2	0.3 ~ 0.7	130
가죽	0.3 ~ 0.55	0.1 ~ 0.15	0.5 ~ 3	90
석면 직물(수수분계)	0.3 ~ 0.65	0.1 ~ 0.2	0.7 ~ 7	200
석면 연물(모음드계)	0.2 ~ 0.5	0.1 ~ 0.25	3.5 ~ 18	300

주: 상대재료로 ¹⁾에는 담금질강, 기타에는 주철 또는 주강으로 한다.

11장 축이음 11-60

예제 11-5 속지름이 50 [mm]이고, 허용전단응력이 2 [kg_f/mm²] 인 회전축이 전달할 수 있는 최대 토크를 구하라. 이 토크를 전달하는 사각형 맞물림 클러치에서 클로의 수가 3개, 바깥지름이 125 [mm], 안지름이 86 [mm], 클로의 높이가 23 [mm]일 때 클로의 접촉면압과 클로 부리에 생기는 전단응력을 구하라.

풀이 전달토크 $T = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \tau_s = \frac{\pi \times 50^3}{16} \times 2 = 49087.39$ [kg_f · mm]

접촉면압 $q = \frac{8T}{(D_2^2 - D_1^2)hZ} = \frac{8 \times 49087.39}{(125^2 - 86^2) \times 23 \times 3} = 0.692$ [kg_f/mm²]

클로의 부리부분에 생기는 전단응력은

$$\tau = \frac{32T}{\pi(D_2^2 - D_1^2)(D_1 + D_2)} = \frac{32 \times 49087.39}{\pi(125^2 - 86^2)(125 + 86)} = 0.288$$
 [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-61

예제 11-7 회전각속도 1200 [rpm]으로 30 [PS]의 동력을 전달하는 단판 클러치의 안지름과 바깥지름은 각각 몇 [mm]인가? 단, 클러치 접촉면의 재료는 강과 석면으로서 마찰계수는 $\mu = 0.20$, 접촉면 허용 압력은 0.02 [kg_f/mm²], 접촉면 평균지름은 $D_m = 250$ [mm] 이다.

풀이 전달토크 $T = 716200 \frac{H_{PS}}{N} = 716200 \times \frac{30}{1200} = 17906$ [kg_f · mm]

접촉너비 $b = \frac{2T}{\mu q \pi D_m^2} = \frac{2 \times 17906}{0.2 \times 0.02 \times \pi \times 250^2} = 45.59$ [mm]

$D_1 + D_2 = 2D_m = 2 \times 250$
 $D_2 - D_1 = 2b = 2 \times 45.59$

윗 식으로부터 $D_2 = 295.59$ [mm], $D_1 = 204.41$ [mm]

11장 축이음 11-62

예제 11-9 접촉면의 안지름 40 [mm], 바깥지름 60 [mm]인 단판 클러치가 500 [kg_f · mm]의 토크를 전달시키는데 필요한 접촉면압 [kg_f/mm²]을 구하라(단, 접촉면에서의 마찰계수는 0.2이다).

풀이 평균지름 $D_m = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{40 + 60}{2} = 50$ [mm]

접촉너비 $b = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{60 - 40}{2} = 10$ [mm]

$T = \frac{\mu q b D_m^2}{2}$ 에서 $q = \frac{2T}{\mu b D_m^2} = \frac{2 \times 500}{0.2 \times \pi \times 10 \times 50^2} = 0.064$ [kg_f/mm²]

11장 축이음 11-63

예제 11-10 안지름이 40 [mm], 바깥지름이 60 [mm], 접촉면의 수가 6개인 단판 클러치를 이용하여 1500 [rpm]으로 4 [PS]의 동력을 전달한다. 마찰계수 $\mu = 0.25$ 일 때 다음을 구하라.

(1) 전달토크 : T [kg_f · mm]
 (2) 축방향으로 미는 힘 : Q [kg_f]
 (3) qv 값을 검토하시오(단, 허용 qv 값은 0.2 [kg_f/mm² · m/s] 이다).

11장 축이음 11-64

풀이

(1) $T = 716200 \frac{H_{PS}}{N}$ 에서 $T = 716200 \times \frac{4}{1500} = 1909.87$ [kg_f · mm]

(2) $D_m = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{40 + 60}{2} = 50$ [mm]

$Q = \frac{2T}{\mu D_m} = \frac{2 \times 1909.87}{0.25 \times 50} = 305.58$ [kg_f]

(3) $q = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2)Z} = \frac{305.58}{\frac{\pi}{4}(60^2 - 40^2) \times 6} = 0.0324$ [kg_f/mm²]

한편 $v = \frac{\pi D_m N}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 50 \times 1500}{60 \times 1000} = 3.93$ [m/s]

$qv = 0.0324 \times 3.93 = 0.127$ [kg_f/mm² · m/s]
 0.127 < 0.2 이므로 안전하다.

11장 축이음 11-65

예제 11-12 단판 클러치를 사용하여 회전각속도 1000 [rpm]으로 15 [PS]의 동력을 전달하고자 한다. 원판의 바깥지름 300 [mm], 안지름 240 [mm]이고 마찰계수가 0.15 이며, 마찰면의 허용 평균압력 0.8 [kg_f/cm²] 이다. 원판 클러치의 마찰면수를 구하라.

풀이 $D_m = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{240 + 300}{2} = 270$ [mm]

$b = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{300 - 240}{2} = 30$ [mm]

$T = 716200 \frac{H_{PS}}{N}$ 에서 $T = 716200 \times \frac{15}{1000} = 10743$ [kg_f · mm]

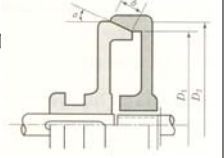
$q = \frac{2T}{\mu \pi D_m^2 b Z}$ 에서 $Z = \frac{2T}{\mu \pi D_m^2 b q} = \frac{2 \times 10743}{0.15 \times \pi \times 270^2 \times 30 \times 0.008} = 2.61$

마찰면의 수는 3개로 한다.

11장 축이음 11-66

문제 11-14 회전 각속도 800 [rpm]으로 40 [PS]의 동력을 전달하는 원추 클러치가 있다. 클러치의 재질은 주철로서 허용 접촉면 압력은 0.014 [kg_f/mm²]이다. 클러치의 평균지름은 400 [mm]이고, 꼭지각은 $2\alpha = 30^\circ$, 접촉면 마찰계수는 $\mu = 0.2$ 일 때 다음을 구하여라.

(1) 마찰면의 폭 : b [mm]
 (2) 마찰면의 안지름과 바깥지름 : D_1 , 및 D_2 [mm]
 (3) 축방향으로 밀어야 되는 힘 : P [kg_f]



11장 축이음 11-67

풀이

(1) $T = 716200 \frac{H_{PS}}{N} = 716200 \times \frac{40}{800} = 35810$ [kg_f · mm]
 마찰면의 폭은 $q = \frac{2T}{\mu D_m^2 b}$ 에서 $b = \frac{2T}{\mu D_m^2 q} = \frac{2 \times 35810}{0.2 \times \pi \times 400^2 \times 0.014} = 50.89$ [mm]
 (2) $\sin \alpha = \frac{D_2 - D_1}{2b}$ 와 $D_m = \frac{D_1 + D_2}{2}$ 으로부터
 $D_1 = D_m - b \sin \alpha = 400 - 50.89 \sin 15^\circ = 386.83$ [mm]
 $D_2 = D_m + b \sin \alpha = 400 + 50.89 \sin 15^\circ = 413.17$ [mm]
 (3) 접촉면에 작용하는 수직 힘은 $T = \mu Q \frac{D_m}{2}$ 에서
 $Q = \frac{2T}{\mu D_m} = \frac{2 \times 35810}{0.2 \times 400} = 895.25$ [kg_f]
 축방향으로 밀어야 하는 힘은 $Q = \frac{P}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$ 에서
 $P = Q(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 895.25 \times (\sin 15^\circ + 0.2 \cos 15^\circ) = 404.66$ [kg_f]

11장 축이음 11-68

문제 11-15 회전 각속도 1800 [rpm]으로 4 [kW]의 동력을 전달하는 원추 클러치가 있다. 클러치의 안지름은 100 [mm], 바깥 지름은 130 [mm], 원추면 경사각 10° , 접촉면 허용압력 0.01 [kg_f/mm²]이며, 접촉면의 마찰계수는 0.25이다. 필요한 축방향 하중의 범위는 얼마인가? (단, 접촉면의 압력은 균일하게 분포되었다고 가정한다)

11장 축이음 11-69

풀이 전달동력을 전달할 수 있도록 충분히 누르되 접촉면 압력을 초과하여서 누르면 안된다.

(1) 전달 동력의 관점에서 필요한 축방향 하중
 필요한 토르는 $T = 974000 \times \frac{H_{kW}}{N}$ 에서
 $T = 974000 \times \frac{4}{1800} = 2164.44$ [kg_f/mm]
 축방향 하중 $T = \mu Q \frac{D_m}{2} = \frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \cdot P \cdot \frac{D_1 + D_2}{4}$ 에서
 $P = \frac{T}{\frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \cdot \frac{D_1 + D_2}{4}} = \frac{2164.44}{\frac{0.25}{\sin 10^\circ + 0.25 \cos 10^\circ} \cdot \frac{100 + 130}{4}}$
 $= 63.2167$ [kg_f]

11장 축이음 11-70

(2) 허용면압의 관점에서 필요한 축방향 하중
 접촉면을 누르는 힘은 $Q = \pi D_m \cdot b \cdot q = \pi \times \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot \frac{D_2 - D_1}{2 \sin \alpha} \cdot q$ 에서
 $Q = \pi \times \frac{100 + 130}{2} \cdot \frac{130 - 100}{2 \sin 10^\circ} \cdot 0.01 = 312.08$
 축방향 하중은
 $P = Q(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 312.08 \times (\sin 10^\circ + 0.25 \cos 10^\circ) = 131.02$ [kg_f]
 따라서 64 [kg_f] 이상 131 [kg_f] 미만의 축방향 힘을 가한다.

11장 축이음 11-71