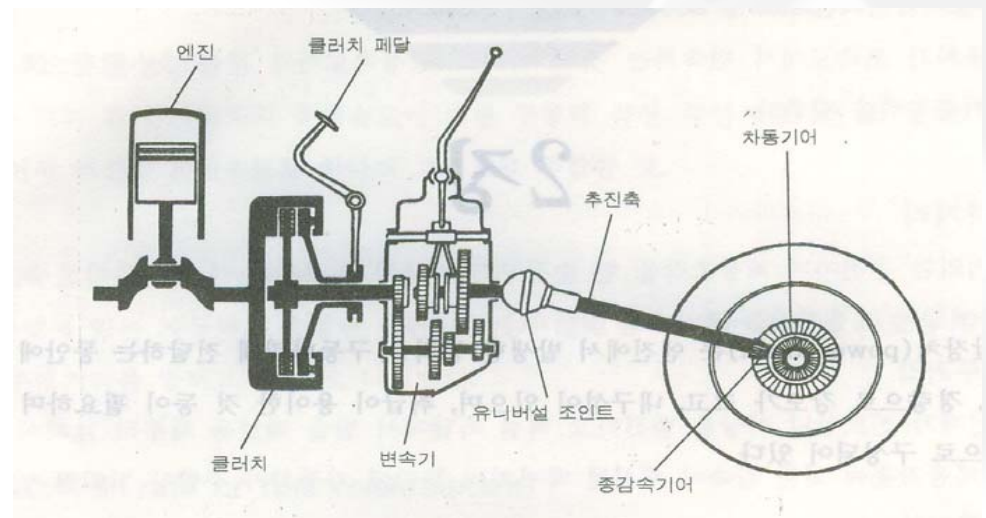
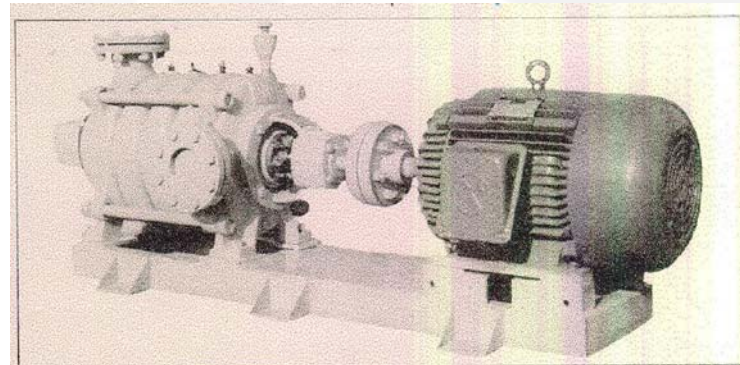


제5장 축이음

5.1 커플링

5.2 클러치





제 5장 축이음

➤ 축이음

→ 축과 축을 연결하여 주로 회전력을 전달하는 기계요소

➤ 축이음 설계시 고려 사항

- ✓ 전달동력의 크기
- ✓ 축심간의 편차(偏差)
- ✓ 축의 회전속도

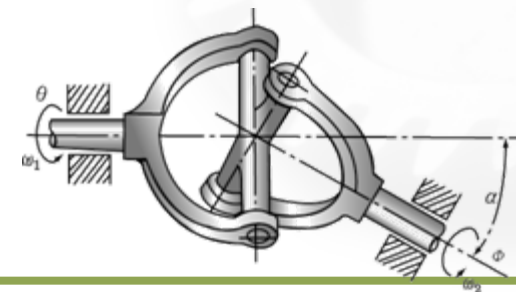
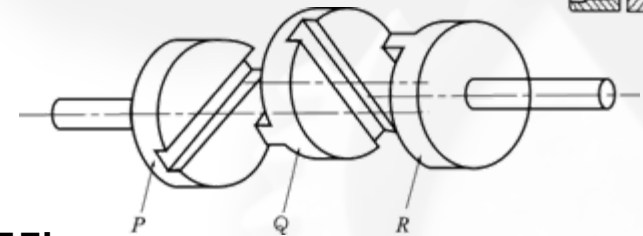
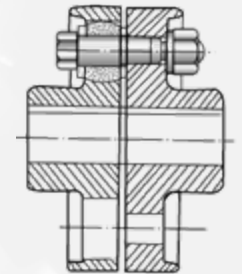
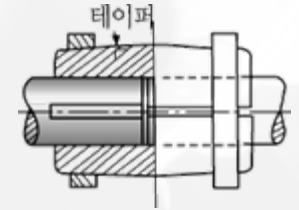
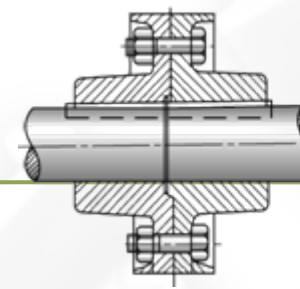
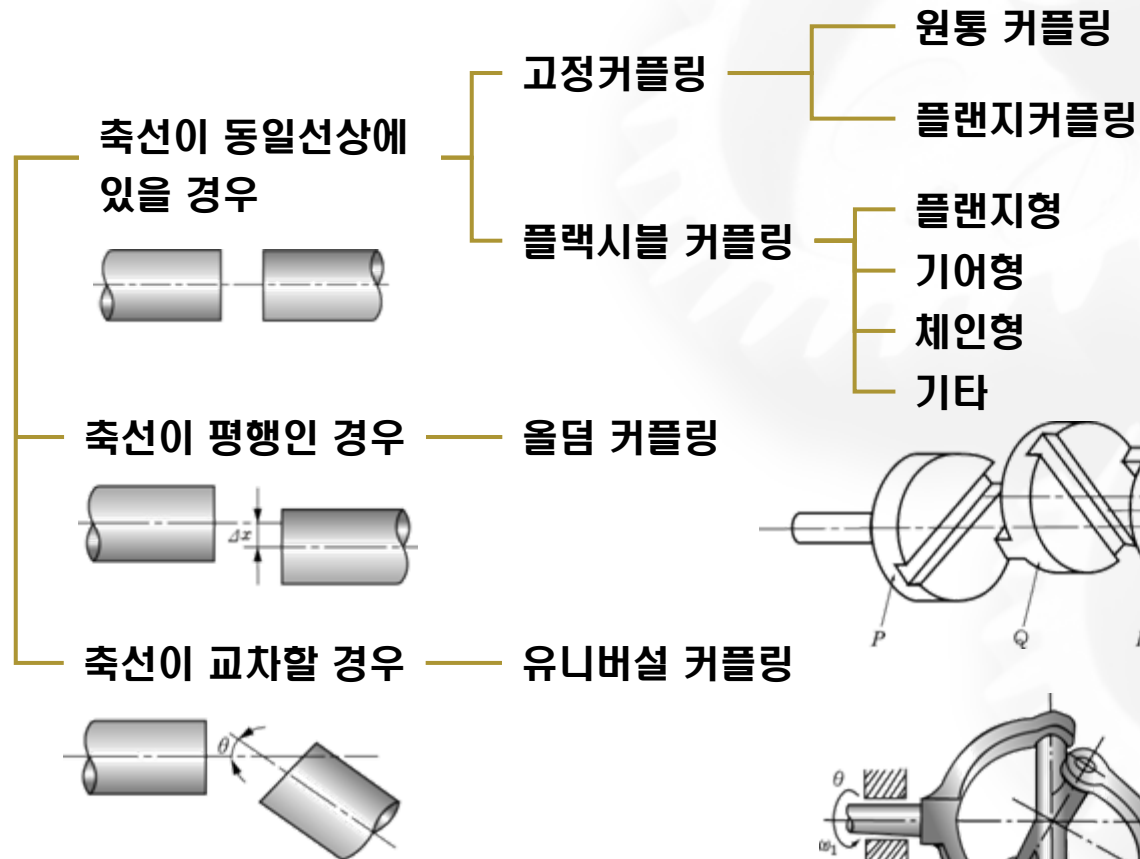
➤ 축이음의 분류

- ✓ 클러치(clutch) : 필요에 따라 단속 가능
[the act to holding something in the hands]
- ✓ 커플링(coupling) : 회전중에 접속과 분리가 불가능
[to link or associate something with something]



5.1 커플링

➤ 커플링의 종류

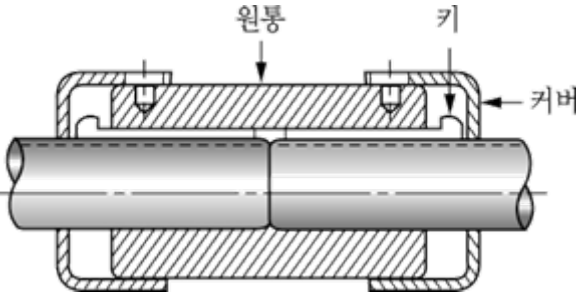
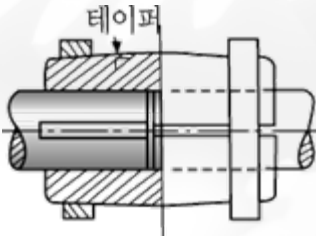
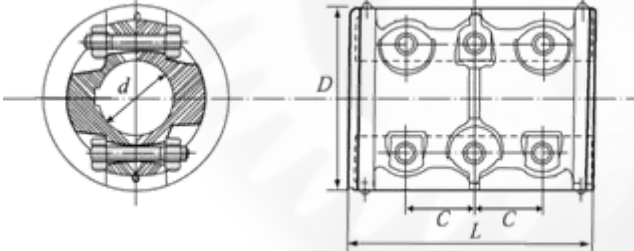




5.1 커플링

(1) 머프 커플링(muff coupling)

→ 두 축이 일직선상에 있을 때, 가장 간단한 이음 방식

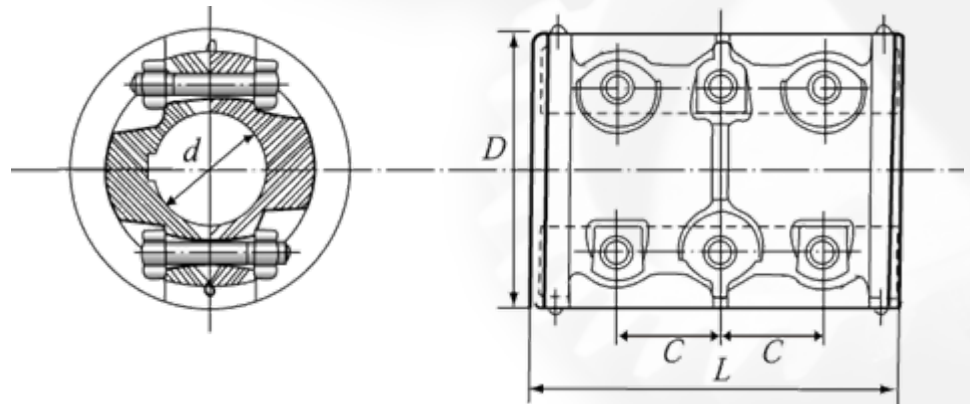
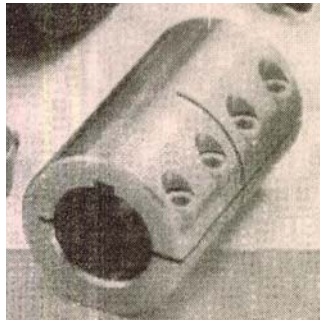
키 박음형	분할 원통형
✓ 주철 재질의 슬리브와 키로 고정 ✓ 원통을 축에서 착탈하는 것이 불편함 ✓ 하중이 작고 축 직경이 작은 경우 ✓ 슬리브(sleeve) 커플링 	✓ 원통을 분리 → 링 또는 볼트로 결합 [클립 커플링]: friction slip coupling → 작은 토크, 진동 충격에 약함, 분해 용이  [클램프 커플링]: split muff coupling 



5.1 커플링

➤ 클램프 커플링의 제원

d (mm)	25	30	35	40	45	50	55	60	80	100
D (mm)	82	100	115	125	140	155	170	185	220	280
L (mm)	90	110	125	145	160	180	200	220	275	350
C (mm)	40	52	58	68	78	85	95	65	92	110
Z (볼트 개수)	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6
δ (볼트의 지름)	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	3/4"	1"

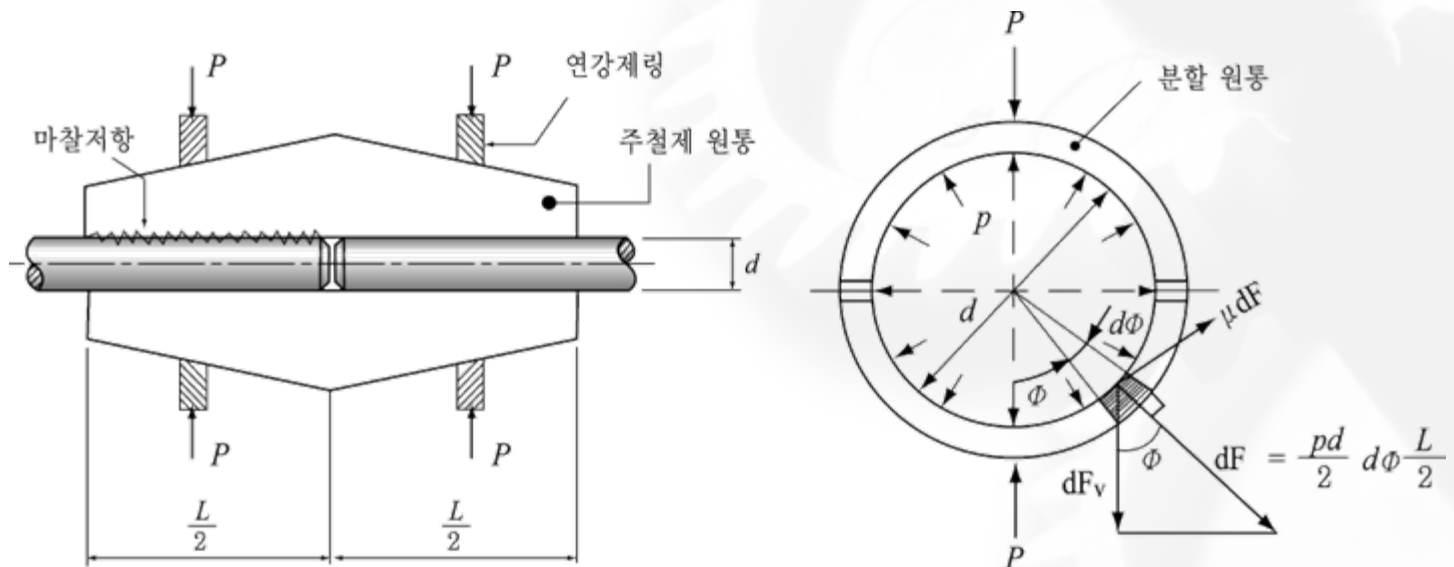


5.1 커플링

➤ 링조임 원통 커플링

링의 압축력 : P

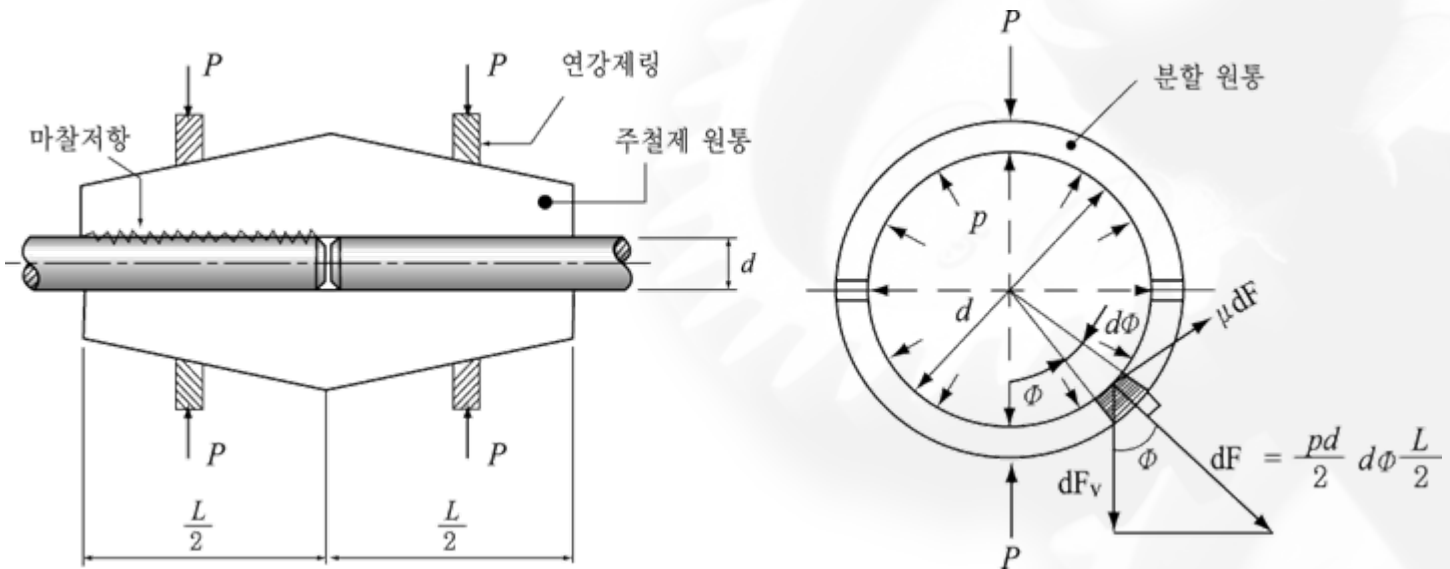
- p : 원통과 축 사이의 접촉압력
- L : 원통의 길이
- μ : 마찰계수



$$P = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d}{2} \cdot d\phi \cdot p \cdot \cos \phi \cdot \frac{L}{2} = \frac{pdL}{2}$$

5.1 커플링

링조임 원통 커플링의 전달 토크 : T



$$T = \int_0^{2\pi} \frac{d}{2} \cdot d\phi \cdot p \cdot \frac{L}{2} \cdot \mu \cdot \frac{d}{2} = \frac{\mu \pi p L d^2}{4}$$

$$T = \frac{\mu \pi P d}{2}$$

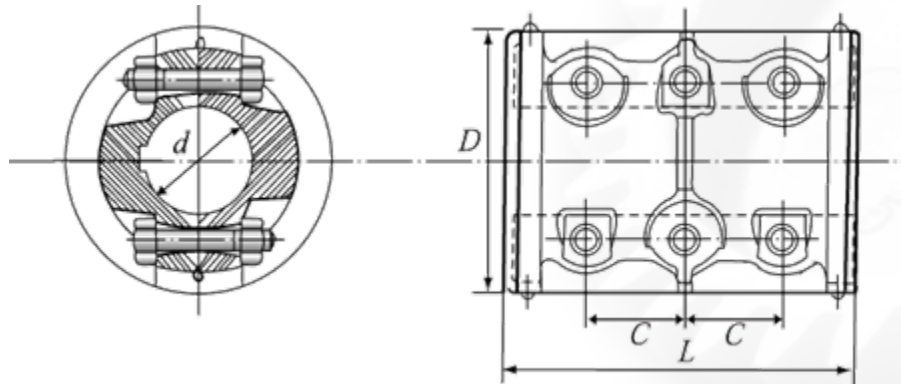
$$\leq P$$

- δ_1 : 볼트의 굵기
- Z : 볼트의 개수
- d : 축의 지름
- τ_s : 축의 허용전단응력



5.1 커플링

➤ 볼트조임 원통 커플링의 볼트 개수



- δ_1 : 볼트의 골지름
- Z : 볼트의 개수
- d : 축의 지름
- τ_s : 축의 허용전단응력

볼트조임 원통 커플링의 전달토크

$$T = \frac{\mu \pi P d}{2}$$

$$P = \frac{\pi}{4} \delta_1^2 \sigma_t \frac{Z}{2}$$

$$T = \frac{\mu \pi d}{2} \left(\frac{\pi}{4} \delta_1^2 \sigma_t \frac{Z}{2} \right)$$

축의 전달토크

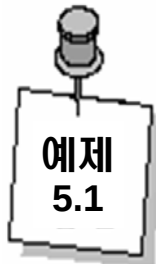
$$T = \frac{\pi}{16} d^3 \tau_s$$

[커플링의 전달토크 = 축의 전달토크]

$$\rightarrow Z = \frac{d^2 \tau_s}{\mu \pi \delta_1^2 \sigma_t}$$



5.1 커플링



지름 $d=50\text{mm}$ 인 축을 연결하는 분할 원통형 커플링에서 골지름 $\delta_1=11.835\text{mm}$ 인 볼트를 8개 사용한다. 축에 의한 전달토크가 커플링에 의한 전달토크와 같도록 설계하는 경우 축의 전달토크 T , 볼트가 커플링을 조이는 힘 P , 볼트의 인장응력 σ_t 를 구하라. 단, 축의 허용전단응력 $\tau_s = 2.0\text{kg/mm}^2$ 이고, $\mu = 0.20$ 이며 마찰력으로만 동력을 전달한다.

축의 전달토크

$$T = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \tau_s = \frac{\pi \times 50^3}{16} \times 2 = \underline{49087.39(\text{kg/mm}^2)}$$

볼트가 커플링을 조이는 힘

$$T = \mu \pi P \frac{d}{2} \text{ 에서 } P = \frac{2T}{\mu \pi d} = \frac{2 \times 49087.39}{0.2 \times \pi \times 50} = \underline{3125(\text{kg})}$$

볼트의 인장응력

$$\sigma_t = \frac{8P}{\pi \delta_1^2 Z} = \frac{8P}{\pi \times 11.835^2 \times 8} = \frac{8 \times 3125}{\pi \times 11.835 \times 8} = \underline{7.10(\text{kg/mm}^2)}$$

5.1 커플링

[2] 셀러 커플링(Seller's coupling)

✓ 원통형 커플링의 한 종류

✓ 결합 방식

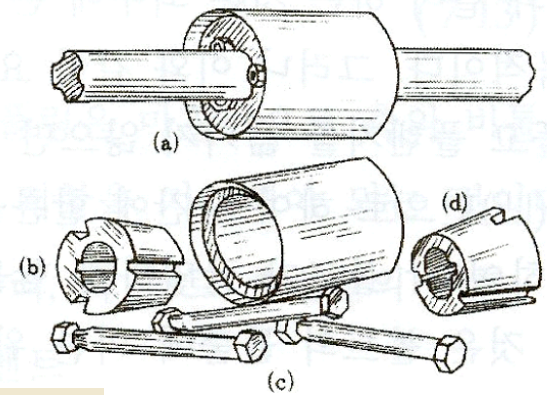
- ① 양축단에 내면이 원추면으로 되어 있는 바깥 슬리브를 끼움
- ② 양축단에 외면이 원추면으로 되어 있는 안 슬리브 2개를 끼움
- ③ 3개의 볼트로 결합

✓ 특징

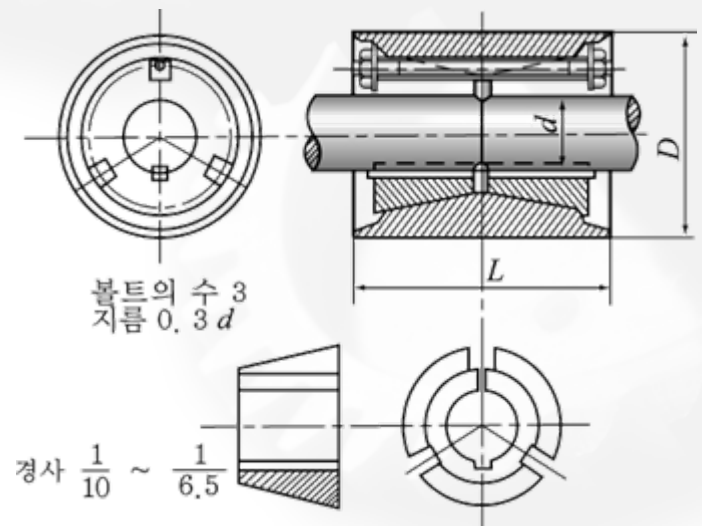
- 안전을 위한 별도의 덮개가 없어도 가능
- 양축의 지름이 다소 달라도 가능

✓ 주요 설계치수

- 축 지름이 작은 경우 : $L = 4d$, $D = 3.5d$
- 축 지름이 큰 경우 : $L = 3.3d$, $D = 2.7d$



셀러 커플링의 분해도

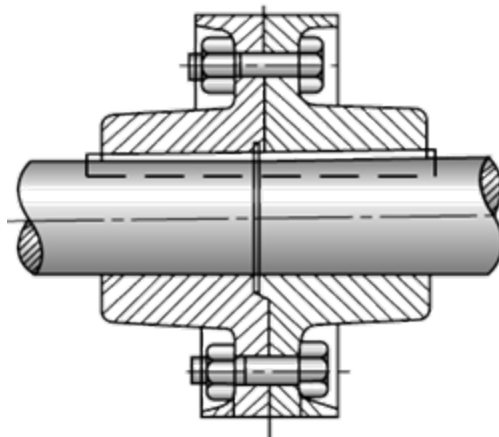




5.1 커플링

[3] 플랜지 커플링(flange coupling)

- ✓ 키로 양축단에 플랜지를 억지끼워맞춤 후에 키로 고정, reamer bolt로 결합
→ 확실하게 토크를 전달 → 고정 커플링에서 가장 널리 사용됨
- ✓ 축지름이 큰 경우(20mm 이상)
→ 축단의 일부를 단조하여 플랜지를 축과 일체
→ 조립식에 비해 소형화
→ 고속 회전의 프로펠러 축, 선박의 엔진 축





5.1 커플링

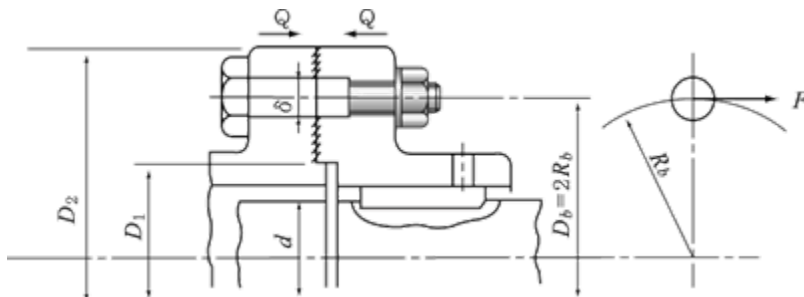
➤ 플랜지 커플링의 강도설계

✓ 전달 토크

볼트(전단저항)가 전달할 수 있는 토크	플랜지(마찰저항)가 전달할 수 있는 토크
$T_1 = \left(\frac{\pi}{4}\delta^2\right)\tau_b \cdot Z \cdot (D_b/2)$ - τ_b: 볼트의 허용전단응력	$T_2 = Z\mu Q \frac{D_m}{2}$ - μ: 마찰계수

커플링이 전달할 수 있는 토크 = $T_1 + T_2$

$$T = \left(\frac{\pi}{4}\delta^2\right)\tau_b \cdot Z \cdot \frac{D_b}{2} + Z\mu Q \frac{D_m}{2} \xrightarrow{T_1 \gg T_2} T \approx \left(\frac{\pi}{4}\delta^2\right)\tau_b \cdot Z \cdot \frac{D_b}{2}$$



- δ : 볼트의 바깥지름
- $D_b/2 = R_b$: 축 중심 ~ 볼트중심까지의 거리
- Q : 볼트 한 개에 작용하는 인장력
- D_m : 접촉면의 평균지름 [= $(D_1 + D_2)/2$]



5.1 커플링

✓ 볼트 바깥지름

$$T \doteq (\frac{\pi}{4} \delta^2) \tau_b \cdot Z \cdot \frac{D_b}{2}$$

커플링의 전달 토크
=
축의 전달 토크



축의 전단응력 τ_s
=
볼트의 전단응력



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

$$T = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \tau_s$$

- KS규격(KS B 1551) : 볼트 응력집중을 고려하여, 10mm 크게 제시

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

- 볼트의 개수 : 축지름 d 를 기준으로 계산한 값에 가까운 짝수로 선정

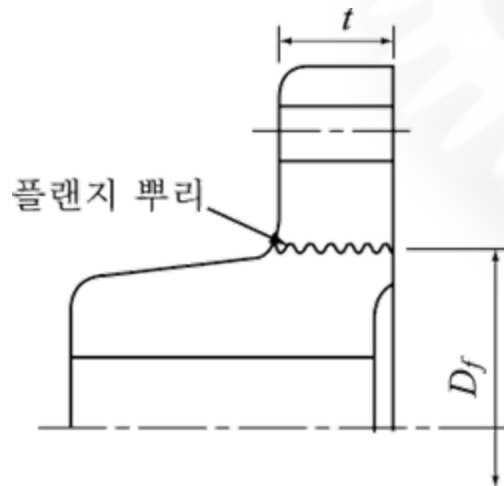
$$Z = 0.075d + 2.5$$



5.1 커플링

✓ 플랜지 부리부의 응력

$$T = \tau_f (\pi D_f t) \frac{D_f}{2}$$



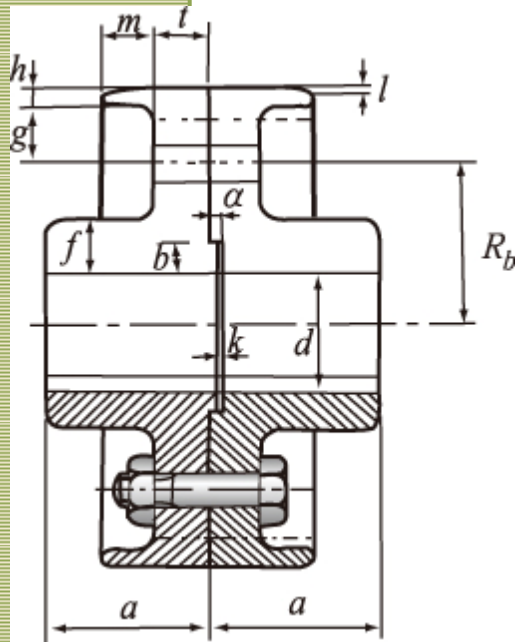
- τ_f : 플랜지 부리부의 허용전단응력
- t : 플랜지 부리부의 두께
- D_f : 플랜지 부리부의 지름



5.1 커플링

➤ 플랜지 커플링의 설계치수

[단위 : mm]



d	a	j	k	f	g	H	m	t	l	R _b	볼트	
											Z	δ [inch]
50	90	20	6	2	27	17	22	23	6	80	4	5/8
60	100	24	6	2	32	17	25	25	6	90	4	3/4
70	112	28	7	2	35	17	26	29	6	105	4	7/8
80	125	32	8	2	41	17	30	32	6	120	4	1
90	135	35	9	2	43	17	30	35	7	130	4	1
100	145	40	9	2	50	17	30	40	7	150	4	1
110	155	44	10	2	52	18	30	45	7	155	6	1
120	167	48	11	2	55	20	33	50	7	165	6	1
130	178	52	12	2	57	22	35	55	8	175	6	1+1/8
140	190	56	12	2	60	23	40	60	8	185	8	1+1/4
150	200	60	12	2	63	24	40	65	8	200	8	1+1/4

5.1 커플링

예제 5.2

$H = 50\text{ps}$, $N = 800\text{rpm}$ 을 전달시키는 플랜지 커플링을 설계하라.

a) 연강축의 지름을 d , Bach의 공식을 이용[Bach 의 제한조건 : 길이 1m에 비틀림각 $1/4^\circ$]

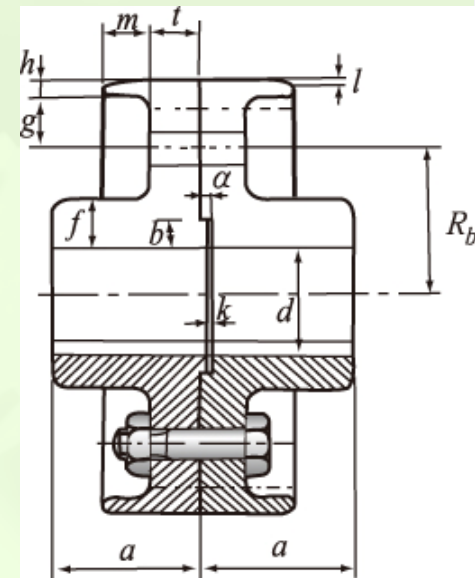
$$d = 12 \left(\frac{H}{N} \right)^{\frac{1}{4}} = 12 \left(\frac{50}{800} \right)^{\frac{1}{4}} = \underline{6\text{cm} = 6\text{mm}}$$

b) 키 : 축지름 60mm에 대하여 묻힘키를 표 4.3c에서 선택

→ $b \times h = 18 \times 12$, 키홈의 깊이 $t = 40\text{mm}$ 이다.

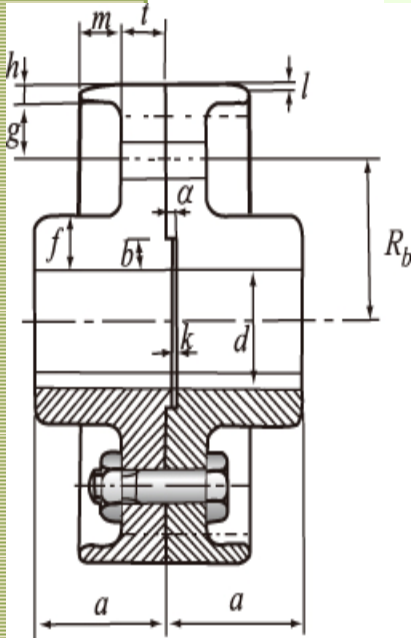
c) 플랜지 커플링 : 축지름 60mm에 대하여 표 5.3을 참조

→ $f = 32$, $R_b = 90$, $t = 25$, $\delta = 3/4 \text{ in}$, $Z = 4$





5.1 커플링



d) 강도계산 [축 재료의 전단응력 : 2.1 kg/mm²]

- 볼트 : 축의 전달토크 = 볼트(전단저항)가 전달할 수 있는토크

$$\frac{\pi}{16} d^3 \tau_s = \left(\frac{\pi}{4} \delta^2 \right) \tau_b \cdot Z \cdot \frac{D_b}{2} = \frac{Z \pi \delta^2 \tau_b R_b}{4}$$

$$Z = 4, \delta = \frac{3''}{4} = 19\text{mm}, R_b = 90\text{mm}$$

$$\frac{\pi}{16} \times 60^3 \times 2.1 = \frac{4 \times 3.14 \times 19^2 \times \tau_b \times 90}{4} \quad \rightarrow \quad \tau_b = \underline{0.8 \text{ kg/mm}^2}$$

- 플랜지 : 축의 전달토크 = 플랜지 부리부(전단저항)가 전달할 수 있는 토크

$$\frac{\pi}{16} d^3 \tau_s = 2 \pi R_f^2 t \tau_f$$

$$\tau_f = \frac{60^3 \times 2.1}{16 \times 2 \times (62)^2 \times 25} = \underline{0.148 \text{ kg/mm}^2}$$

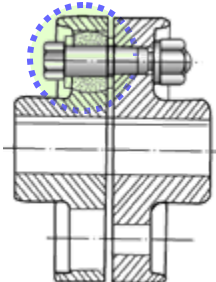
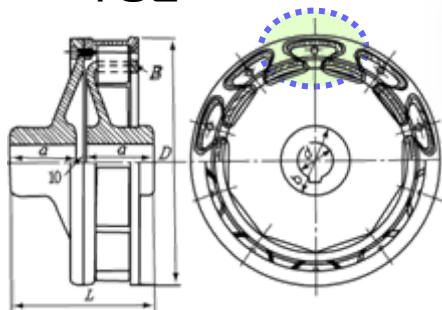
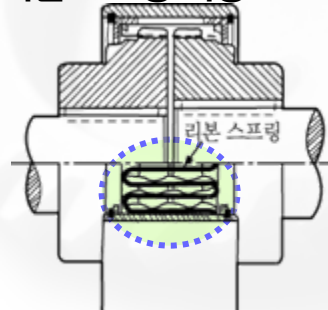
→ 주철의 허용전단응력은 1.5 kg/mm² 정도이므로 안전

5.1 커플링

[4] 플렉시블 커플링(flexible coupling)

- ➔ 진동, 충격, 축심이 다소 이완될 가능성이 있는 곳에 사용
 - ➔ 원동기의 축을 발전기, 원심펌프, 공작기계 등의 기계 축에 직접 연결
- 탄성을 이용하여 유연성을 주는 형식 : 가죽, 고무, 강판 스프링 등을 매개로 사용
- 간격을 활용하는 형식 : 이음부위의 간격을 넓혀 축간의 편심을 이완

➤ 탄성을 이용한 플렉시블 커플링

고무링을 이용한 커플링	벨트를 이용한 커플링	스프링을 이용한 커플링
✓ 한 쪽 플랜지의 볼트 구멍에 고무 링 삽입 ✓ 고무가 볼트와 마찰로 마멸 → 수명이 짧음	✓ 한 개의 벨트를 파형 연결 ✓ 장시간 사용시 탄성 감소 ✓ 유연성과 전기적 절연작용이 좋음	✓ 리본 형상의 강판 스프링을 양축의 돌기부에 감아 연결 ✓ 스프링의 전단 탄성 이용 ✓ 리본 스프링 적용
		

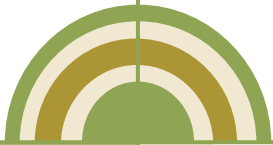


5.1 커플링

➤ 간격을 활용한 플렉시블 커플링

기어형 커플링	체인형 커플링
✓ 외치내통[外齒內筒]을 축에 고정 플랜지 형상: 내치외통[內齒外筒] ✓ 기어의 백래시와 이끝 틈새 → 축상의 편심을 완화 ✓ 치면의 허용면압에 따라 전달토크 결정 ✓ 고속-대토크 용도로 사용	✓ 양축단의 스프로킷 휠에 2열 체인 연결 → 축간의 편심여유를 흡수 ✓ 롤러와 스프로킷 사이의 내압에 의해 전달 토크 결정

치면 크라우닝: 응력 집중완화를 위해 치면에 볼록한 부분을 만듦

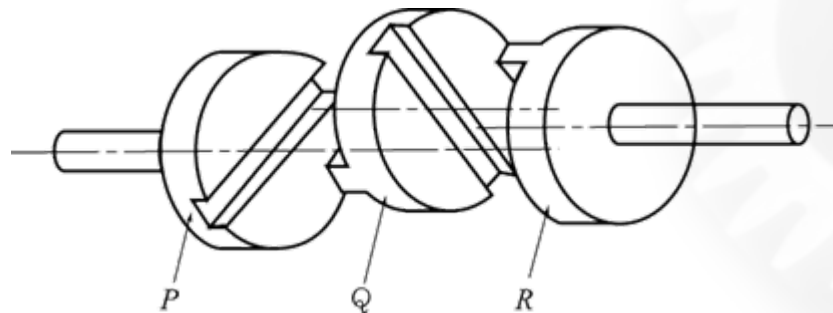


5.1 커플링

5.1.2 축선이 평행할 경우

➤ 올덤 커플링(oldham coupling)

- ✓ 두 축이 평행하면서 어긋나 있는 경우, 각속도의 변화 없이 회전동력 전달
- ✓ 한 쪽 축 회전 → 중앙 십자원판이 홈을 따라 미끄러짐 → 다른 쪽 축 회전
- ✓ 중앙원판 : 양축의 중심거리를 지름으로하는 원주 운동
→ 속도의 제곱에 비례하는 원심력 발생 → 진동 발생
→ 고속회전에 부적합



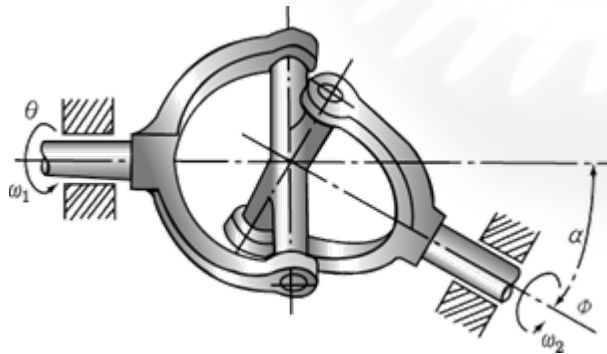


5.1 커플링

5.1.3 축선이 교차할 경우

➤ 유니버설 커플링(universal coupling)

- ✓ 두 축이 같은 평면에 존재, 중심선의 교차각 $\alpha \leq 30^\circ$
- ✓ 구면삼각(球面三角) 크랭크기구를 응용 → 출력축의 각속도 변화



- ω_1 : 원동축의 각속도
- ω_2 : 종동축의 각속도
- θ : 원동축의 임의 회전각
- α : 두 축사이의 교차각



5.1 커플링

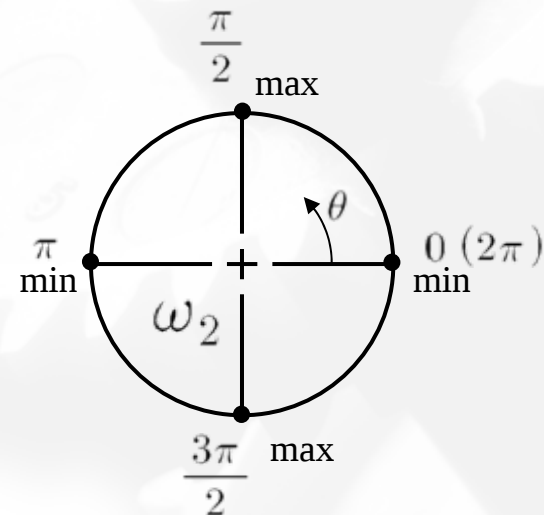
* 유니버설 조인트의 각속도 변화

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \theta \cdot \sin^2 \alpha}$$

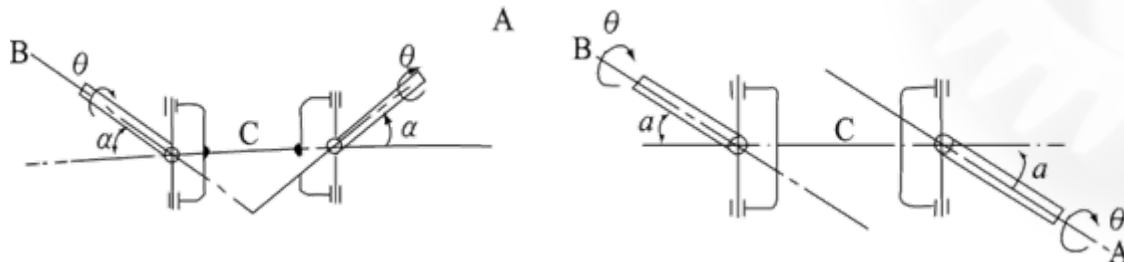
$$\omega_2 = \omega_1 \left(\frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \theta \cdot \sin^2 \alpha} \right)$$

$$(\omega_2)_{\min} = \omega_2|_{\theta=0} = \omega_1 \cdot \cos \alpha$$

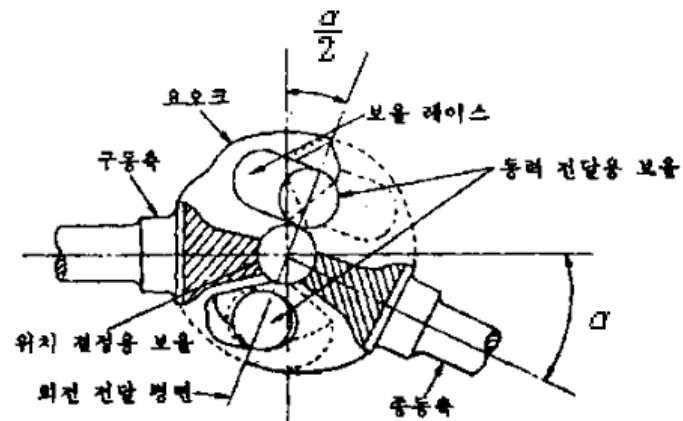
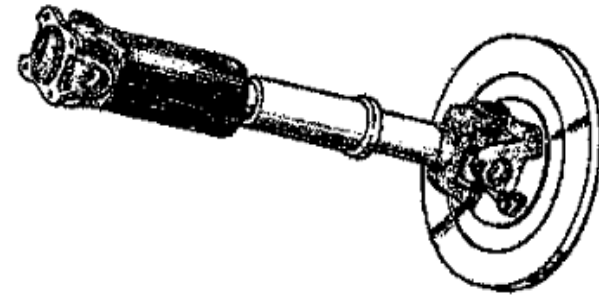
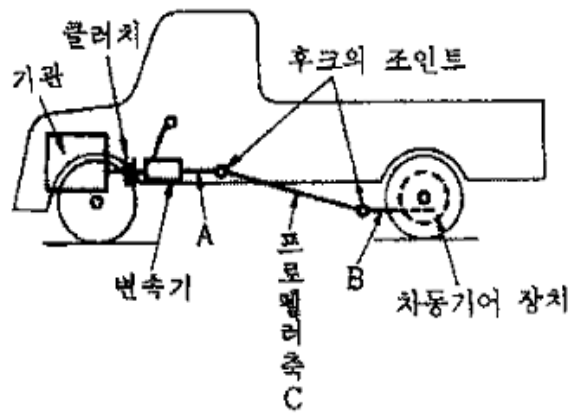
$$(\omega_2)_{\max} = \omega_2|_{\theta=\frac{\pi}{2}} = \frac{\omega_1}{\cos \alpha}$$



→ 중간축 설치 : 등속 유니버설 커플링



등속 조인트의 사용 예



벤딕스 커플링