



# 기계요소설계2

기계요소설계2

# 제7장 축이음

## 1. 커플링(Coupling)

- 원동축과 종동축을 연결하여 동력을 전달하며 운전중 결합을 끊을 수 없는 영구적인 이음.

### 1) 고정커플링 ★★★

; 일직선상에 있는 두축을 연결하는 것으로 **양축사이에 이동이 허용되지 않는 커플링**

① 원통커플링 : 가장 간단한 구조

★ ② 머프커플링(muff coupling) : 두축을 수평일직선으로 맞추어 맞대고 키로 고정한것으로 축지름과 하중이 비교적 적을 때 사용.

★ ③ 반 중첩(겹치키) 커플링(half lap coupling) : 축의 끝을 약간 크게하여 경사지게 중첩시켜 키로 고정한것. (주로 축 방향에 인장력이 작용하는 경우에 사용)

ⓒ 마찰원통커플링 : 큰 토크 전달에는 부적당하나 분해 및 설치가 용이  
축상의 임의의 위치에 고정할 수 있으며 긴 전동축  
연결에 편리하다

Ⓓ 분할원통커플링(=클램프 커플링) : 긴 전동축의 연결에 적당, 상/하로  
분해할 수 있으므로 축 자체를  
축방향으로 밀어붙이지 않고 설치할  
수 있다.

★ ⓔ 셀러커플링(=테이퍼슬리브커플링) : 바깥원통에 2개의 주철제 원추통을  
양쪽에 박아 3개의 볼트로 죄어 축을  
고정시킨 것.

## ② 플랜지커플링(flange coupling) ★

; 축 끝에 플랜지를 키로 고정하고, 이 플랜지를 서로 맞대어

리머볼트로 쥘 것으로 두축간의 축경사나 편심을 흡수할 수 없다.

큰축과 고속정밀도 회전축에 적당함.

공장전동축이나 일반기계 거플링으로 널리 사용함.

## 2) 플렉시블커플링 ★★

- 두축의 중심을 완벽하게 일치시키기 어려울때나 진동이 발생하기 쉬운 경우에 고무, 가죽, 금속판등과 같이 유연성있는 재료를 매개로 사용하는 커플링. 주로 고속이나 큰 토크전달에 적당함.

## 3) 올덤 커플링 ★

- 두축이 서로 평행하고, 두축간 거리가 아주 가까울 경우, 중심선의 위치가 약간 어긋났을 경우. 각속도 변화없이 회전력을 전달시키려고 할 경우 사용.
- 진동이나 마찰저항이 커서 고속회전에는 부적당하다.

#### 4) 유니버설 조인트(=자재이음, =축 조인트) ★★

- 두 축이 교차하며 어느각( $\alpha \leq 30^\circ$ )을 이루고 만나거나 회전중에 이 각이 변화할때 사용. 두축이 만나는 각이  $45^\circ$ 가 넘으면 사용이 불가능하다.
- 반드시  $30^\circ$ 이하로 해야한다.
- 용도 : 공작기계, 자동차의 전달기구, 압연롤러의 전동축

$$\tan \emptyset = \tan \theta \times \cos \alpha$$

$\emptyset$  : 종동축의 회전각

$\theta$  : 원동축의 회전각

$\alpha$  : 두축의 교차각

## 1. 클러치(Clutch)

– 운전중 동력을 전달하며 연결 또는 분리시킬 수 있는 반 영구적인 이음.

### 1) 맞물림 클러치(claw clutch)

① 종동축을 테더키를 사용하여 축방향으로 이동이 가능

## 2) 마찰클러치

- 두개의 마찰면을 서로 강하게 접촉시켜 생기는 마찰력으로 동력을 전달
- 마찰면의 모양에 따른 분류 : 원판, 원뿔(원추), 분할링, 밴드 등
- 마찰면 : 한쪽은 금속이지만 다른쪽은 가죽이나, 고무, 목재의 재료를 사용
- 특징
  - Ⓐ 주동축의 운전중에도 단속이 가능
  - Ⓑ 과하중 작용시에는 안전장치 역할을 함.
  - Ⓒ 무단변속에도 충격없이 단속할 수 있다.

- 3) 유체클러치 ; 원동축에 고하중을 가해도 종동축에 힘을 받지않는 클러치
- 4) 일방향클러치(=한방향클러치, =비역전클러치) ; 원동축에서 한 반향의 토크만 종동축에 전달하고, 반대방향의 토크는 전달시키지 못하는 클러치
- 5) 전자클러치 : 전자력을 이용하여 마찰을 발생시키며, 전류의 가감에 의하여 접촉 마찰력의 크기를 조절할 수 있다.
- 6) 원심클러치 : 원심력에의해 원동축 블록이 종동축 드럼 내면에 접촉하여 마찰력을 발생시켜 토크를 전달하는 클러치.

★ 클러치 설계상 유의사항

- 균형상태가 좋을 것.
- 원활한 단속이 되도록 할 것.
- 관성을 적게하기 위하여 소형, 경량일 것.
- 마찰에 의해 생긴 열을 충분히 제거할 것(내열성)



# 제8장 베어링(Bearing)

## 1. 베어링의 개요

### (1) 베어링과 저널

- 베어링(Bearing) : 회전축이 마찰저항을 적게 받도록 하는 기계요소
- 저널(Journal) : 축과 베어링이 접촉하는 부분

### 1) 저널(Journal)의 종류

① 레이디얼저널 : 하중이 축에 직각으로 작용

② 스러스트저널 : 하중이 축방향으로 작용

ex) 피봇저널, 칼라저널, 킹스베리(=미첼저널)

③ 테이퍼저널(taper journal) : 축방향의 하중과 레이디얼 하중이 동시에 작용하며 원뿔형으로 만든 것.

## 2) 베어링의 종류

### ① 축과 베어링의 접촉에 따른 분류

- ① 미끄럼베어링(sliding bearing) : 윤활유막을 매개로 미끄럼접촉유막, 압력에 의하여 하중을 지지, 유체윤활에 의해 마찰을 감소
- ② 구름베어링(rolling bearing) : 축과 베어링 사이에 볼(ball), 롤러(roller)를 넣어 구름접촉(rolling contact)하는 것.

### ② 작용하중의 방향에 따른 분류

- ① 레이디얼 베어링 : 하중이 축에 직각(=수직)으로 작용하는 것을 지지하는 베어링
- ② 스러스트 베어링 : 하중이 축방향으로 작용하는 것을 지지하는 베어링
- ③ 테이퍼 베어링(=원뿔 베어링) : 축 방향 하중과 레이디얼 하중을 동시에 지지하는 것

### 3) 베어링 설계시 유의점

- ① 마찰저항이 적고 동력손실이 적을 것.
- ② 구조가 간단하고 유지보수가 용이한 것.
- ③ 내열성이 있고, 고열에도 강도가 떨어지지 않을 것.
- ④ 마모가 적고 충분한 강도를 가질 것

#### 4) 미끄럼베어링과 구름베어링의 비교 ★★★

항목 \ 종류	미끄럼베어링 (sliding bearing)	구름베어링 (rolling bearing)
마찰	크다(유체마찰)	작다(구름마찰)
형상치수	바깥지름이작고, 폭이크다	바깥지름이크고, 폭이작다
구조	간단하다	복잡하다
회전	고속회전	저속회전
충격	강하다	약하다
진동/소음	적다	크다
하중	큰 하중에 적당	큰 하중에 부적당
규격화	규격화가 되어있지 않다	규격화가 되어있다
윤활장치	필요	불필요
호환성	없다	있다
기동토크	크다	작다
열	고온에 약하다	과열의 위험이 없다
가격	저렴하다	고가이다

## 2. 미끄럼 베어링 (Sliding bearing)

### (1) 미끄럼 베어링의 일반사항

#### 1) 베어링 메탈

#### ★ ① 베어링 메탈의 구비조건

- ① 하중 및 피로에 대한 충분한 강도를 가질 것.
- ② 마찰열의 발산이 잘 되도록, 열 전도율(전도도)이 좋을 것.
- ③ 축 재료보다 연하며 압축강도가 클 것.
- ④ 축과의 마찰 계수가 작을 것.
- ⑤ 내식성이 좋을 것.
- ⑥ 가공성이 좋을 것.

## 2. 미끄럼 베어링 (Sliding bearing)

### (1) 미끄럼 베어링의 일반사항

#### 1) 베어링 메탈

#### ② 베어링 메탈의 종류

★ ㉠ 화이트메탈 : 주석(Sn)계 (베벳메탈이라고도함)  
(가장 널리사용) 납(Pb)계, 아연(Zn)계

★ ㉢ 켈밋 : Cu와 Pb의 합금. 고속, 고하중의 베어링용에 많이사용.

㉡ 카드뮴 합금(cd) : 화이트메탈에 비해 고온강도가 크다.

★ ㉤ 오일리스 베어링(oilless bearing) : 급유가 곤란한 베어링이나  
급유를 전혀 하지 않는 베어링에 사용.

ex) 식품기계, 가전제품, 인쇄기계 등

## 2. 미끄럼 베어링 (Sliding bearing)

### (1) 미끄럼 베어링의 일반사항

#### 2) 마찰과 윤활

##### ① 마찰의 종류(마찰면의 상태에 따른 분류)

① ㉠ 고체마찰(=건조마찰) : 접촉면에 윤활유가 없는 마찰로  
마찰저항이 크다. 이러한 마찰은 금지되어야 한다.

★ ① ㉡ 윤활마찰(=유체마찰) : 유막의 두께가 충분한 마찰로 마모와  
마찰을 방지할 수 있어서 가장 이상적임.

① ㉢ 경계마찰 : 고체마찰과 유체마찰의 중간.  
유막이 극히 얇은 상태의 마찰

##### ② 점도 : 윤활유의 가장 중요한 성질 중 하나

### ③ 윤활방법(=급유법)

① 적하급유 : 기름이 들어있는 용기로부터 니들벨브를 통하여 일정량의 기름을 급유하는 방법. 경하중용으로 사용.

② 링급유법 : 베어링 상면으로부터 급유하는 방법  
저속에서는 윤활이 불량

★★★③ 패드(Pad)급유법 : 패드의 모세관 작용을 이용하여 용기안의 기름을 베어링면에 바르는 방법. 철도차량용 베어링에 적당

★④ 펌프급유법 : 기어펌프, 플런저 펌프등으로 베어링에 압축 급유하는 방법. 고속 내연기관의 급유법

⑤ 원심급유법 : 회전운동을 이용하여 원심력에 의한 유압으로 급유하는 방법. 주로 크랭크 핀 등에 사용

⑥ 튀김급유법 : 기름통속의 기름을 회전체가 돌면서 튀길때 생기는 기름방울로 급유하는 방법.

주로 내연기관의 실린더, 피스톤 윤활에 사용



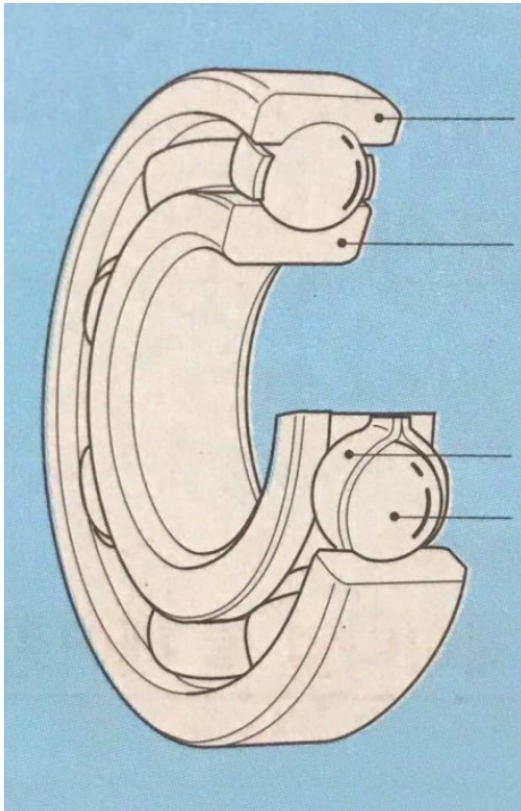
### 3. 구름 베어링 (rolling bearing)

\* 실링(sealing)의 주목적 : 윤활유의 유출방지와 유해물의 침입방지



(=오일실을 사용하는 이유)

#### (1) 구름베어링의 구조 (4가지 중요한 구성요소)



**외륜** : 외륜에 접하는 부분을 “하우징 ” 이라 한다.

**내륜** : 내륜에 접하는 부분을 “저널 ” 이라고 한다

**리테이너(Retainer)** : (=케이지) 볼을 원주에 고르게 배치하여 상호간의 접촉을 피하고 마멸과 소음을 방지하는 역할

**전동체(볼,롤러)**

## \* 구름 베어링 (rolling bearing)

→ 롤러 베어링 : 볼 베어링보다 저 하중용으로 충격이 많은곳에 적합

ex) 니들베어링 : 롤러 지름이 2~5mm로 길이에 비해 지름이 작은 베어링

- 단위면적당 부하용량이 크므로 롤러지름이 작을수록  
좋으며, 리테이너가 없다. 주로 내연기관의 피스톤 핀의  
베어링으로 사용

## (2) 구름 베어링의 규격

① 기본기호 ex) 6204

② 첫번째 숫자 : 형식기호

1,2,3,4 : 복렬 자동 조심형 볼 베어링

6 : 단일 깊은 홈 볼 베어링

7 : 단일 앵귤러 콘택트 형

N : 원통 롤러형

⑥ 두번째 숫자 : 치수계열기호

0,1 : 특별 경하중

2 : 경하중

3 : 중간하중

4 : 고하중(중하중)

⑦ 세번째, 네번째 숫자 : 안지름 번호

안지름 0~9mm : 그대로 쓴다

10mm : 00

12mm : 01

15mm : 02

17mm : 03

20mm : 04

25mm : 05

30mm : 06

...

495mm: 99

안지름/5

500mm이상:그대로쓴다

## ② 보조기호

㉑ 리테이너기호 : V

㉒ 실 또는 실드기호 : 한쪽실 (U or Z)  
양쪽실 (UU or ZZ)

㉓ 궤도륜 형상기호 : K, N, NR

㉔ 조합기호 : BD, DF, DT

㉕ 틈새기호 : C

㉖ 등급기호 : 무기호(보통등급)

H(상급)

P(정밀급)

SP(초정밀급)

### (3) 구름 베어링의 설계

① 정격수명(=계산수명) : 동일 조건하에서 베어링 그룹의 90%가 피로박리(flaking)현상을 일으키지 않고 회전할 수 있는 총 회전수

② 기본부하용량 : 구름 베어링이 견딜 수 있는 최대하중

③ 기본정적 부하용량( $C_0$ ) : ★ 가장 큰 하중이 작용하는 접촉부에서 전동체와 궤도륜과의 영구 변형량의 합이 전동체 지름의  $\frac{1}{10000}$  이내가 되도록 한 정지하중



④ 기본동적 부하용량( $C$ ) : ★★★ 외륜을 고정하고 내륜을 회전시키는 것을 조건으로 하여 견딜 수 있는 최대하중.

즉, 33.3rpm으로 500hr의 수명을 주는 일정하중

$$* \text{기본회전수} = \frac{33.3 \text{회전}}{\text{min}} \times 500 \times 60 \text{min} = 10^6 \text{회전 (rev)}$$

### (3) 구름 베어링의 설계

#### ③ 수명계산식

① 수명회전수(=정격수명=계산수명) :  $L_n$

$$L_n = \left(\frac{C}{P}\right)^r \times 10^6 (\text{rev})$$

단,  $C > P$  (항상)

☆☆☆☆  
r값 볼베어링 :  $r=3$

롤러베어링 :  $r=\frac{10}{3}$

P : 베어링하중

C : 기본 동적 부하용량

암기

② 수명시간 ( $L_h$ )

$$L_h = \frac{L_n}{60 \times N} = \left(\frac{C}{P}\right)^r \times 10^6 \times \frac{1}{60 \times N}$$

$$= \left(\frac{C}{P}\right)^r \times 33.3 \times 500 \times 60 \times \frac{1}{60 \times N}$$



$$L_h = 500 \times \frac{33.3}{N} \times \left(\frac{C}{P}\right)^r \text{ (hr)}$$



$$L_h = 500 \times \frac{33.3}{N} \times \left(\frac{C}{P}\right)^r (h_r)$$

$$= 500f_h(hr)$$

$f_h$  : 수명계수

$$f_h = f_n\left(\frac{C}{P}\right)$$

$f_n$  : 속도계수

$$f_n = \sqrt[r]{\frac{33.3}{N}}$$

#### (4) 베어링 하중(P)

$$P = f_w P_{th}$$

##### ① 동등가하중(=상당하중)

###### ① 레이디얼 베어링의 동등가하중(P)

$$P = XVP_r + YP_t$$

$P_r$  = 레이디얼 하중  
 $P_t$  = 스러스트 하중  
 $X$  = 레이디얼 계수  
 $Y$  = 스러스트 계수  
 $V$  = 회전계수

###### ② 스러스트 베어링의 동등가 하중

$$P = XP_r + YP_t$$

###### ③ 변동하중에 대한 평균 유효하중 ( $P_m$ )



$$P_m = \sqrt[r]{\frac{p_1^r t_1 + p_2^r t_2 + p_3^r t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}}$$

$P_1$  하중이  $t_1$  시간동안 작용  
 $P_2$  하중이  $t_2$  시간동안 작용  
 $P_3$  하중이  $t_3$  시간동안 작용  
...

##### ② 한계속도지수 : $d_N$

d: 베어링의 안지름  
N: 최대사용회전수



# 제9장 마찰차

## 1. 마찰차의 개요

1) 개요 : 2개의 바퀴를 직접 접촉시켜 밀어붙임으로서 그 사이에서 생기는 마찰력을 이용하여 동력을 전달시키는 장치



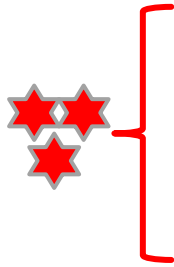
## 2) 마찰차의 적용범위

- ① 전달력이 크지않고, 속도비(회전비)가 중요하지 않을때
- ② 회전속도가 커서 기어를 사용하기 곤란한 경우
- ③ 두축사이를 단속할 필요가 있는경우
- ④ 무단 변속을 하는 경우

### 3) 마찰차의 종류

① 원통마찰차 : 두축이 평행

② 홈마찰차(=홈붙이 마찰차) : 접촉면에 마찰력을 높인 마찰차로서  
밀어붙이는 힘을 증가시키지 않고도 큰 동력을 전달  
마모 및 소음이 생기기 쉽다.  
보통 마찰차의 약 3배의 회전력을 얻는다.



ex) 원치로 물건을 서서히 들어올리는 경우 사용

① 홈의 각도 :  $2\alpha = 30^\circ \sim 40^\circ$

② 홈의 피치 :  $p=3\sim 20\text{mm} \rightarrow$  보통 10mm사용

③ 홈의 깊이 :  $h=5\sim 10\text{mm}$

④ 홈의 수 :  $Z=5\text{개}$

③ 원추(=원뿔) 마찰차 : 두 축이 어느 각도로 교차 ★

④ 무단변속 마찰차 : 두 마찰차의 속도비를 어느 범위내에서  
자유롭게 연속적으로 변화 시킬 수 있는것.

원판, 원추, 구면등을 이용. ★★

#### 4) 마찰차의 특성 ★★

- ① 운전이 정속하다
- ② 동력 전달이 무리없이 행하여 진다.
- ③ 효율은 그다지 좋지 못하다.
- ④ 무단 변속이 용이하다.
- ⑤ 일정한 속도비(=회전비=속비)를 얻기 곤란하다.
- ⑥ 큰 동력을 전달 시킬 수 없다. (동력전달이 적다)
- ⑦ 과부하의 경우 미끄럼에 의해 안전장치의 역할도 한다.

## 5) 마찰차의 재질 및 마찰계수

- ① 원동차의 표면 : 연한재질 (비금속재료 : 나무, 고무, 가죽)을 사용  
→ 이유 : 마찰계수를 크게하고 마모를 방지하기 위하여
- ② 종동차의 표면 : 단단한재질(금속재료: 주철, 황동, 청동, 강…)

# 제10장 기어(Gear)

## 1. 기어의 개요

### 1) 기어전동장치의 특징

- ① 전동효율이 높고 큰 감속비를 얻을 수 있다.
- ② 축간거리(=중심거리)가 짧다.
- ③ 정확한 속도비로 큰 동력을 얻을 수 있다.
- ④ 충격에 약하고, 소음과 진동이 있다.
- ⑤ 좁은장소에서도 설치가 가능하다.

### 2) 기어의 종류

#### ① 두축이 평행한 경우 (종류암기)

- ① 평기어(Spur gear, 표준기어) : 평행한 두 축사이에 동력전달에 가장 널리 사용.

★★★⑥ 헬리컬기어 : 이가 경사짐, 축 방향으로 추력(thrust)이 발생  
소음과 진동이 적어서 고속, 큰 하중에 적당

⑦ 더블헬리컬기어 : 추력(thrust)이 발생하지 않는다. ★

⑧ 랙과 피니언 : 랙은 직선운동, 피니언은 회전운동.

★★★⑨ 내접기어 : 두 기어의 회전방향이 같고 감속비가 크다

⑩ 두 축이 교차한 경우 (종류암기) ★★★

★⑪ 제롤베벨기어 : 이쪽의 중앙에서 비틀림각이 0인 한쌍의  
스파이럴베벨기어를 말한다.

★⑫ 마이터기어 : 축각(=교각)  $=90^\circ$  ,  $Z_1=Z_2$  직각인 두축간의  
운동을 전달.

⑬ 두 축이 평행하지도, 교차하지도 않는 경우 (=어긋난 축)

★★★⑭ 웜기어 : 기어중에서 가장 큰 감속비를 얻을 수 있다.

⑮ 하이포이드기어 : 베벨기어의 축을 엇갈리게 한 것.

(주로 자동차의 차동기어장치의 감속기어로 사용.)

㉔ 나사기어 : 엇갈린 축에 동력을 전달할 때 사용.

## 2) 치형곡선

① 사이클로이드 곡선 : 원 둘레의 외측/내측에 구름원을 놓고  
미끄럼없이 굴렀을 때 구름원의 한 점이 그리는 궤적.

 <특징>

㉑ 미끄럼이 적어 마멸과 소음이 작다.

㉒ 잇면의 마멸이 균일하다.

㉓ 효율이 높다.

㉔ 피치점이 완전히 일치하지 않으면 물림이 불량해진다.

㉕ 가공이 어렵고, 호환성이 적다.

## ② 인벌류트 곡선

② 인벌류트 곡선 : 기초원에 실을 감아 실의 한 끝을 잡아당기면서 풀어나갈 때 실의 한 점이 그리는 궤적.



- ① 치형의 가공이 쉽다(호환성이 있다.)
- ② 정밀도가 크다
- ③ 물림에서 축간거리가 다소 변하여도 속도비에 영향이 없다.
- ④ 이뿌리부분이 튼튼하다.
- ⑤ 미끄럼이 많아 마멸과 소음이 크다.

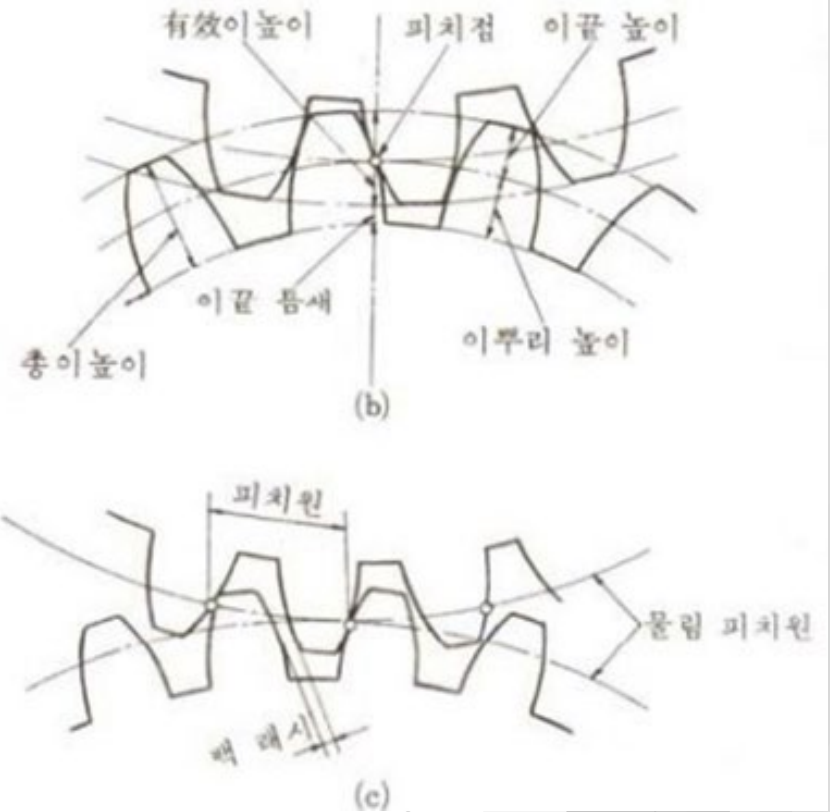
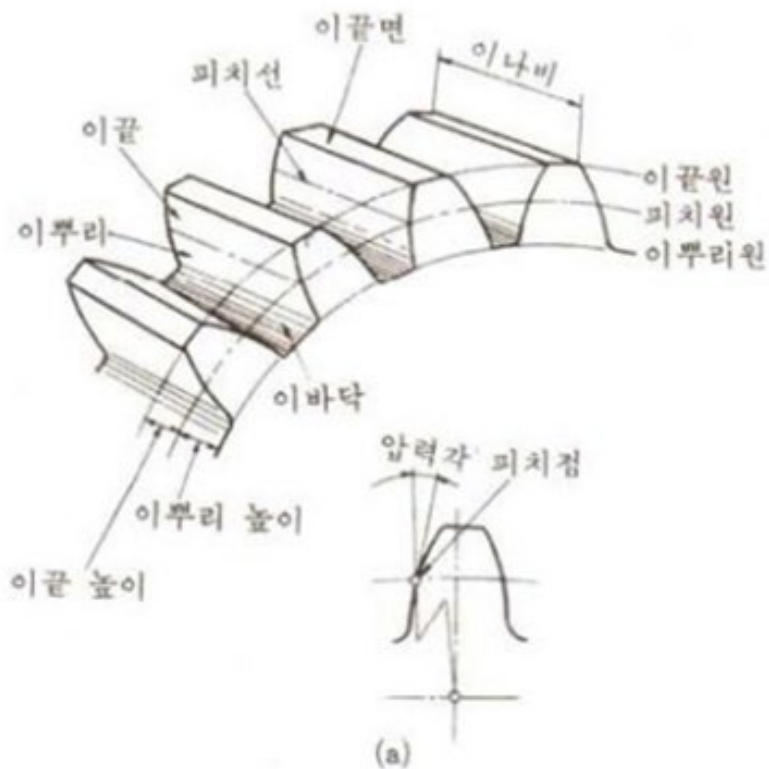


#### 4) 압력각( $\alpha$ )

- 피치원상에서 치형의 접선과 기어의 반경이 이루는 각  
14°, 20°를 가장 많이 사용
- 압력각( $\alpha$ )이 클수록 이의 강도가 크다.
- 인벌류트 치형을 사용한 기어 : 압력각이 일정하다.
- 사이클로이드 치형을 사용한 기어 : 압력각이 일정하지 못하다

## 2. 평기어 (Spur gear, 표준기어)

### 1) 기어의 각부명칭



## 2. 평기어 (Spur gear, 표준기어)

### 2) 이의 크기와 공식

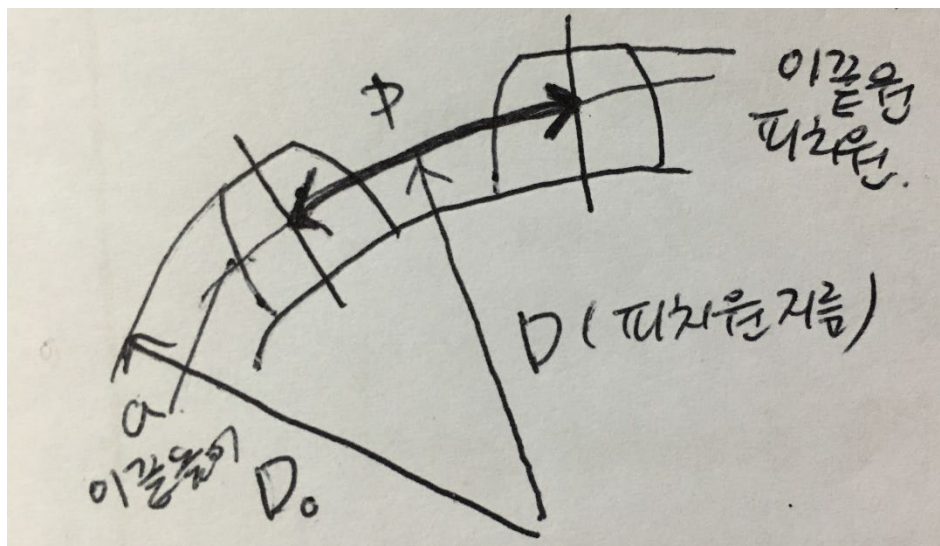
① 모듈( $m$ ) :  $\frac{D}{Z}$  즉,  $D=mz$

② 원주피치 ( $p$ ) :  $\pi D = pz \rightarrow p = \frac{\pi D}{Z} = \pi m$

$p = \pi m$

$\pi D_o = P_o z$

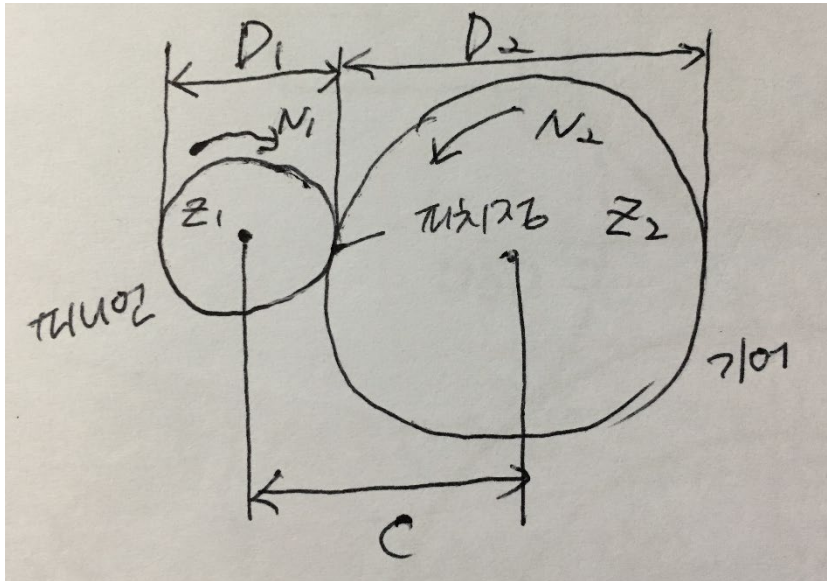
$P_o$  : (이끝원 피치)



ⓒ 직경피치 ( $p_d$ )

$$p_d = \frac{1}{m} \text{ (inch)} \xrightarrow{\text{★}} \frac{25.4}{m} \text{ (mm)}$$

3) 평기어 (spur gear)의 계산식



Ⓐ 속비(=속도비, =회전비) :  $i$  or  $\varepsilon$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Ⓑ 중심거리 (=축간거리)

$$C = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$$

ⓒ 원주속도

$$v = v_1 = v_2 = \frac{\pi D_1 N_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi D_2 N_2}{60 \times 1000}$$



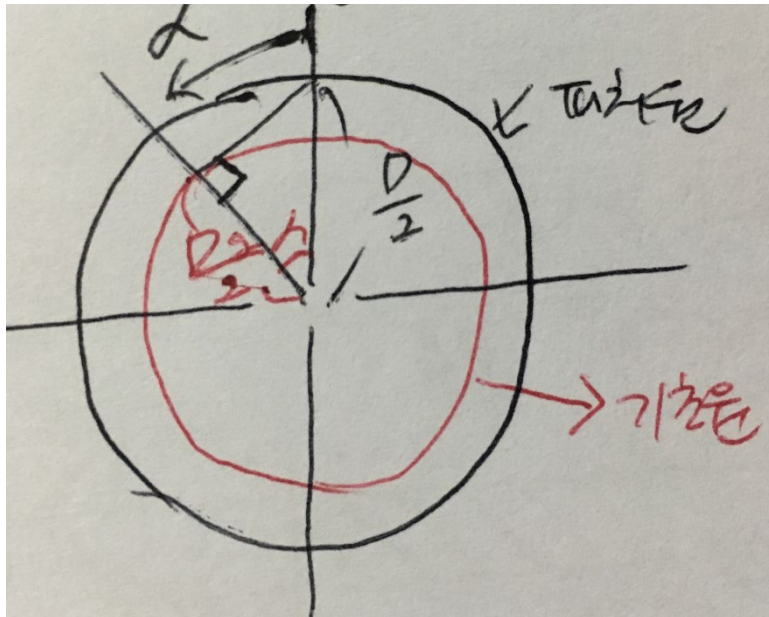
㉔ 외경 ( $D_o$ ) :  $D_o = D + 2a = mz + 2m$  (표준기어=a=m)  
 $= m(z + 2)$

㉕ 피치원지름 (D)과 기초원지름 ( $D_g$ )의 관계식  
 (Ground diameter)

여기서  $\alpha$  = 압력각 ( $14.5^\circ$  or  $20^\circ$ )

$$\cos \alpha = \frac{(\frac{D_g}{2})}{(\frac{D}{2})} = \frac{D_g}{D}$$

$$D_g = D \cos \alpha$$



여기서,  $D_{g1} = D_1 \cos \alpha$   
 $D_{g2} = D_2 \cos \alpha$

㉖ 기초원피치 (ground diameter pitch :  $p_g$ )  
 = 법선피치 (normal pitch :  $p_n$ )

$$\pi D_g = p_g Z \quad \text{에서} \quad p_g = \frac{\pi D_g}{Z}$$

#### 4) 이의 간섭과 언더컷

㉠ 이의간섭 : 한쌍의 기어를 물려 회전시킬 때 큰 기어의 이끝이  
피니언의 이 뿌리에 부딪혀서 회전할 수 없게 되는 현상

★ ① 원인 : 피니언의 잇수가 극히 작을 때

잇수비가 매우 클 때

압력각이 작을 때

유효높이가 높을 때

★ ② 방지책 : 이의높이를 줄인다.

압력각을  $20^\circ$  이상으로 크게한다.

치형의 이끝면을 깎아준다.

피니언의 반경방향 이뿌리면을 파낸다.


#### 4) 이의 간섭과 언더컷

- ⑥ 언더컷 (under cut : 절하) : 이의간섭이 심할 경우 간섭에 의하여 피니언의 이 뿌리를 깎아내어 이 뿌리가 가늘게 되는 현상


<방지책>

- ① 이의 높이를 낮춘다.
- ② 한계 잇수 이상으로 한다.
- ③ 전위기어를 만든다.
- ④ 압력각을  $20^\circ$  이상으로 크게한다.

언더컷을 일으키지 않는 한계 잇수( $Z_g$ )는


$$Z_g = \frac{2a}{m(1-\cos^2\alpha)} = \frac{2a}{m\sin^2\alpha}$$

if 표준기어 (=평기어) 이면  $m=a$  이므로


$$Z_g = \frac{2}{\sin^2\alpha}$$

5) 물림률(=접촉률 :  $\varepsilon$  )

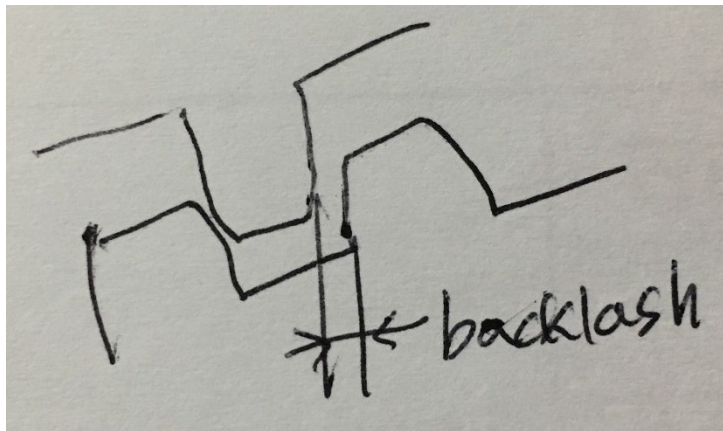
$$\varepsilon = \frac{\text{접촉호의 길이}}{\text{원주피치}} = \frac{\text{물림길이}(s)}{\text{법선피치}(=\text{기초원피치}:p_n)} > 1$$

6) 압력각 ( $\alpha$ ) 을 크게 할 경우 나타나는 현상

- ㉠ 언더컷을 방지할 수 있다.
- ㉡ 물림률(=접촉률)이 감소한다.
- ㉢ 치면에서 미끄럼률이 감소된다.
- ㉣ 베어링에 걸리는 하중이 증가한다.
- ㉤ 치면의 곡률반경이 커진다.
- ㉥ 받칠 수 있는 접촉 압력이 커진다.
- ㉦ 이(=치)의 강도가 증대된다.



7) 백래쉬 (backlash 뒤튐, 엽새, 치면놀이) : 한쌍의 기어가 물렸을 때  
잇면사이의 간격



- 너무크면 진동소음의 원인이 되므로  
지장이 없는 한 작게한다.

8) 전위기어 : 언더컷이 생기지 않도록 절삭공구의 이끝을 간섭점보다 낮게  
레크공구의 피치원선을 기준위치보다 낮게하여 절삭한 기어

㉠ 특징 : 모듈에 대해 강한 이가 얻어진다.

최소 잇수를 극히 작게할 수 있다.

물림률을 증대시킨다.

교환성이 없고 베어링 압력을 증대시킨다.

- ⑥ 사용목적 : 중심거리를 자유로이 변형시키려고 할 때  
이의강도를 개선 시키려고 할 때  
언더컷을 방지하려고 할 때  
물림률을 증대시키려고 할 때

⑦ 전위계수( $x$ ) :  $x = 1 - \frac{Z}{2} \sin^2 \alpha$  ★★

여기서,  $\alpha$  = 압력각,  $Z$  = 잇수

- ⑧ 이론적 한계 전위계수 ( $x$ )

①  $\alpha=14.5^\circ$  일 때  $x = 1 - \frac{Z}{32}$  ★

②  $\alpha=20^\circ$  일 때  $x = 1 - \frac{Z}{17}$  ★

- ⑨ 전위량 :  $xm$  단,  $m$ =모듈

-> 양(+)전위시키면 : 이의높이는 같지만 이끝원과 이뿌리원이  
크게되므로 그만큼 이 두께도 크게된다

-> 음(-)전위시키면 : 반대

## 9) 평기어(Spur Gear)의 설계

### ① 굽힘강도에 의한 설계 – Lewis의 굽힘 강도식

$$\begin{aligned} F &= f_r f_w \sigma_b p b y \\ &= f_r f_w \sigma_b \pi m b y \\ &= f_r f_w \sigma_b m b Y \end{aligned}$$



동력  $H = Fv$

$$= \frac{Fv}{75} \rightarrow (PS)$$

$$= \frac{Fv}{102} \rightarrow (kw)$$

여기서,

$$f_v: \text{속도계수, 단 } f_v = \frac{3.05}{3.05 + v}$$

$f_w$ : 하중계수

$\sigma_b$ : 허용굽힘응력

$p(= \pi m)$ : 원주피치

$b$ : 치폭(=이나비)

$y$ : 치형계수

$Y(= \pi y)$ :  $\pi$ 를 포함한 치형계수

## 9) 평기어(Spur Gear)의 설계

### ② 면압 강도에 의한 설계 -Hertz의 면압 강도식

$$F = f_v k m b \left( \frac{2Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) \star$$

결국, 둘다 모두 고려할 때는,

허용하중의 둘 중에서 작은 값을 선택한다. 

\* 루이스(Lewis)식을 유도할 때 필요한 가정

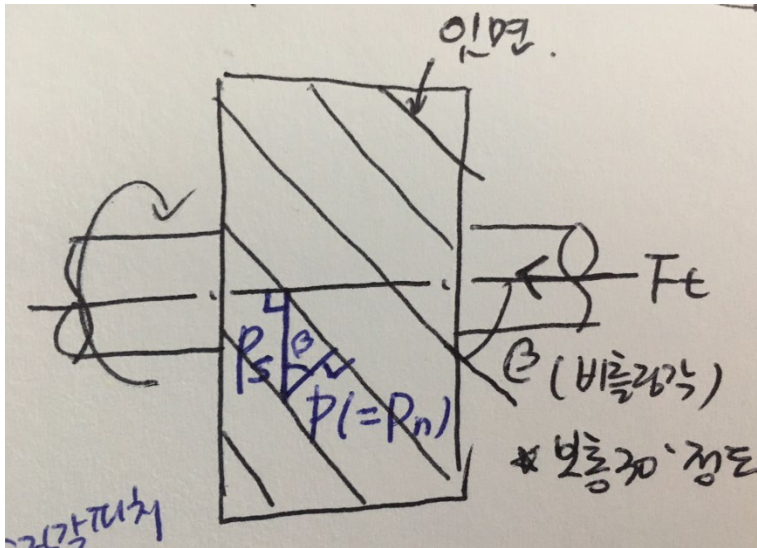
- ① 물림률(=접촉률)은 1로 하고, 전체 하중은 1개의 이에 작용하는 걸로 본다.
- ② 전체 하중은 이 끝에 작용하는 걸로 본다.
- ③ 이의 모양은 이 뿌리 곡선에 내접하는 포물선형 균일 강도의 외팔보로 고려한다.

### 3. 헬리컬기어

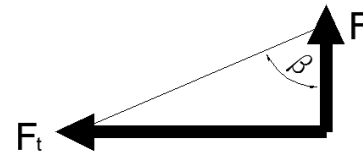
#### 1) 특징

- ① 진동이나 소음이 적어 고속 회전에 적합하다.
- ② 물림률(=접촉률)이 커서 큰 동력을 전달한다.
- ③ 전동효율이 좋고, 축간거리(=중심거리)의 조정이 가능하다.
- ④ 축 방향으로 추력(thrust)이 있으므로 스러스트 베어링이 필요하다.
- ⑤ 최소잇수가 평기어 보다 적으므로 큰 회전비(=속비,=속도비)를 얻을 수 있다.

## 2) 치형방식

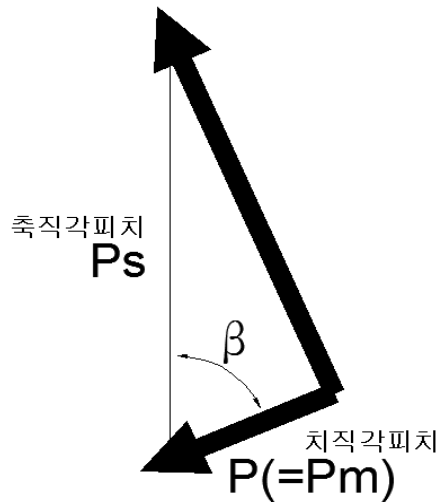


(축방향의 힘 = 추력 : thrust)



(접선력=회전력)

$$\tan\beta = \frac{F_t}{F} \rightarrow F_t = F \tan\beta$$



$$\cos\beta = \frac{p(=p_n)}{p_s} \rightarrow \text{즉, } p_s = \frac{p(=p_n)}{\cos\beta}$$

$$\text{축직각의 값} = \frac{\text{치직각의 값}}{\cos\beta}$$

## 2) 치형방식

– 치형방식 치직각 방식 :  $p, \alpha, D, m$

축직각 방식 :  $p_s, \alpha_s, D_s, m_s$

$$p_s = \frac{p}{\cos\beta}, \quad \alpha_s = \frac{\alpha}{\cos\beta}, \quad D_s = \frac{D}{\cos\beta}, \quad m_s = \frac{m}{\cos\beta},$$

\*\* 헬리컬 기어에서는 지름 - 축직각  
모듈 - 치직각 을 쓴다.

① 중심거리 (C) :  $C = \frac{D_{1s} + D_{2s}}{2} = \frac{\frac{D_1}{\cos\beta} + \frac{D_2}{\cos\beta}}{2}$

$$= \frac{D_1 + D_2}{2\cos\beta} = \frac{mz_1 + mz_2}{2\cos\beta} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2\cos\beta}$$

② 외경 ( $D_o$ ) :  $D_o = D_s + 2a = \frac{D}{\cos\beta} + 2m$  (표준기어  $a=m$ )

$$= m \left( \frac{z}{\cos\beta} + 2 \right)$$

③ 원주속도

$$v = v_1 = v_2 = \frac{\pi D_1 N_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi D_2 N_2}{60 \times 1000}$$

④ 상당 평치차의 잇수 ( $Z_e$ )

$$Z_e = \frac{z}{\cos^3\beta} \quad \text{에서} \quad z: \text{잇수}, \beta: \text{비틀림각}$$



#### 4. 베벨기어

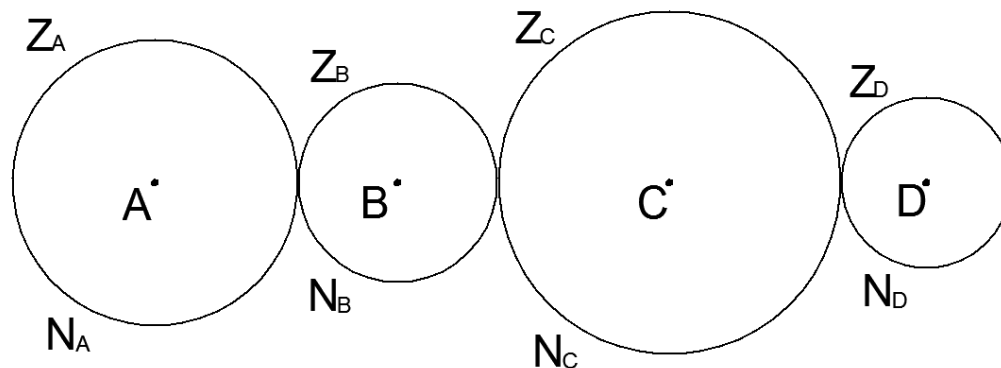
~ 자동차에서 직교하는 사각구조의 차동 기어열에 사용

\* 상당 평치차의 잇수 ( $Z_e$ )

$$Z_e = \frac{Z}{\cos \gamma} \quad \text{에서} \quad z: \text{잇수}, \gamma: \text{비틀림각}$$

#### 5. 기어열 (=치차열)

##### ① 단식치차열

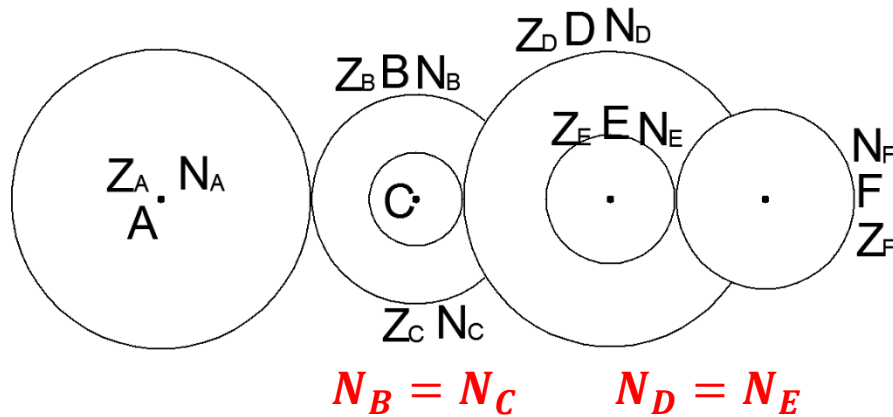


$$\text{속비 } i = \frac{\text{종동의 회전수}}{\text{원동의 회전수}} = \frac{\text{원동의 잇수}}{\text{종동의 잇수}}$$

$$\text{속비 } i = \frac{N_B}{N_A} \times \frac{N_C}{N_B} \times \frac{N_D}{N_C} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_B}{Z_C} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\text{속비 } i = \frac{N_D}{N_A} = \frac{Z_A}{Z_D}$$

## ② 복식 치차열



$$\text{속비 } i = \frac{\text{종동의 회전수}}{\text{원동의 회전수}} = \frac{\text{원동의 잇수}}{\text{종동의 잇수}}$$

$$\text{즉, } i = \frac{N_B \times N_D \times N_F}{N_A \times N_C \times N_E} = \frac{Z_A \times Z_C \times Z_E}{Z_B \times Z_D \times Z_F}$$

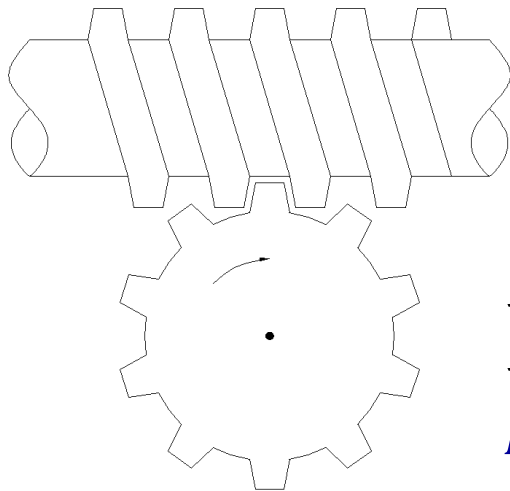
$$\text{결국, } i = \frac{N_F}{N_A} = \frac{Z_A \times Z_C \times Z_E}{Z_B \times Z_D \times Z_F}$$

## 6. 웜기어

### (1) 특징

- ① 큰 감속비를 얻을 수 있다
- ② 운전중 소음이 없고 진동이 적다.
- ③ 역회전이 어렵고 부하용량이 크다.
- ④ 효율이 적다
- ⑤ 잇면의 미끄럼이 크고, 호환성이 없다.
- ⑥ 웜휠(=웜기어)은 공작이 어렵고 측정이 곤란하며 고가이다.
- ⑦ 웜과 웜휠은 추력하중이 생긴다.

### (2) 웜과 웜기어



웜(worm) - 원동  
 $N_w, Z_w (= n), D_w$

웜 휠(worm wheel),  
웜기어(worm gear) - 종동  
 $N_g, Z_g (= n), D_g$

① 웜의 리드( $l$ ) :  $l = p \cdot Z_w$  단,  $Z_w (= n)$ : 웜의 줄 수 (=잇수)  
 $p$ : 웜의 축직각 피치

② 웜의 리드각( $\gamma$ ) :  $\tan \gamma = \frac{l}{\pi D_w}$   $D_w$ : 웜의 피치원지름

③ 웜 또는 웜기어의 속비 (=속도비, =회전비) :  $i (= \varepsilon)$

$$i = \frac{N_g}{N_w} = \frac{Z_w}{Z_g} = \frac{\left(\frac{l}{p}\right)}{\left(\frac{\pi D_g}{p}\right)} = \frac{l}{\pi D_g}$$

④ 웜기어의 피치원지름

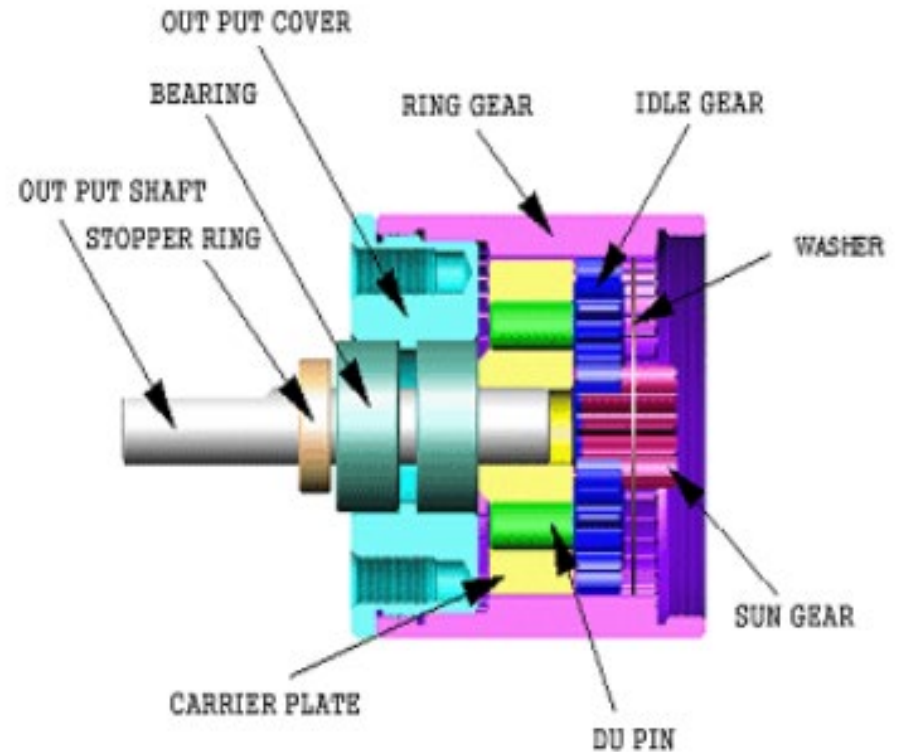
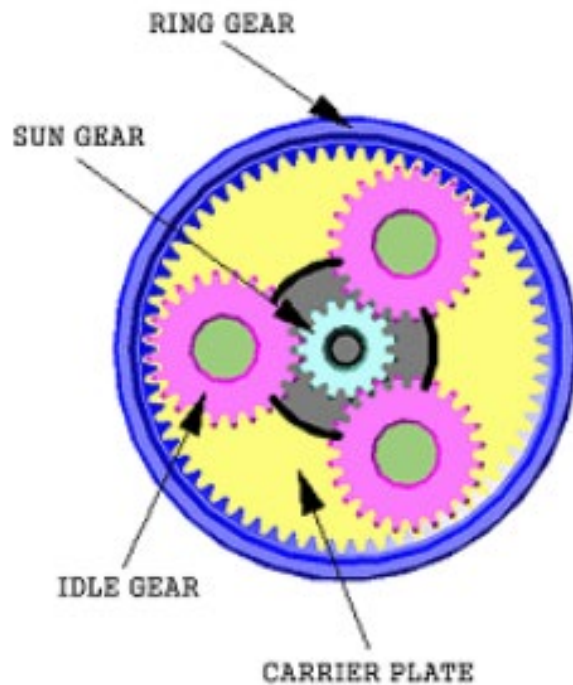
$$\pi D_g = p Z_g \quad \rightarrow \quad D_g = \frac{p Z_g}{\pi}$$

## 7. 유성기어

## 7. 유성기어

지구가 자전을 하면서 태양을 돈다.

이처럼 태양 입장에서는 지구가 유성기어임.



# 11장 감아걸기 전동요소

- \* 동력전달장치 → 직접 전동장치 : 기어, 마찰차, 캠  
→ 간접 전동장치 : 벨트, 체인, 로프

## 1. 벨트전동 - 평벨트, V벨트

### (1) 평벨트 전동

#### 1) 평벨트 전동의 특징

- ① 마찰력을 이용하여 동력을 전달
- ② 정확한 속도비를 기대하기 어렵다
- ③ 과부하가 걸리면 미끄럼에 의한 안전장치 역할을 함.
- ④ 축간 거리가 멀어도 사용이 가능하다
- ⑤ 구조가 간단하고 가격이 싸다.


#### 2) 벨트 재료의 구비조건

- ① 인장강도, 굽힘강도가 커야한다
- ② 마찰계수가 커야한다
- ③ 열이나 기름에 강해야 한다.
- ④ 유연성과 탄성이 좋아야 한다. ⑤ 벨트재료 : 가죽, 직물, 고무

### 3) 평벨트의 종류

- ① 가죽벨트 : 소가죽을 약품처리하여 사용한 벨트
- ② 섬유(직물)벨트 : 직물을 이음매없이 만든것으로 고속회전에 적합
- ③ 고무벨트 : 섬유벨트에 고무를 입힌 것.  
습기에 강하고, 인장강도가 크다.  
장시간 운전에는 부적합하다
- ④ 강철벨트 : 수명이 아주길다. 인장강도가 매우크다.

### 4) 벨트의 형상

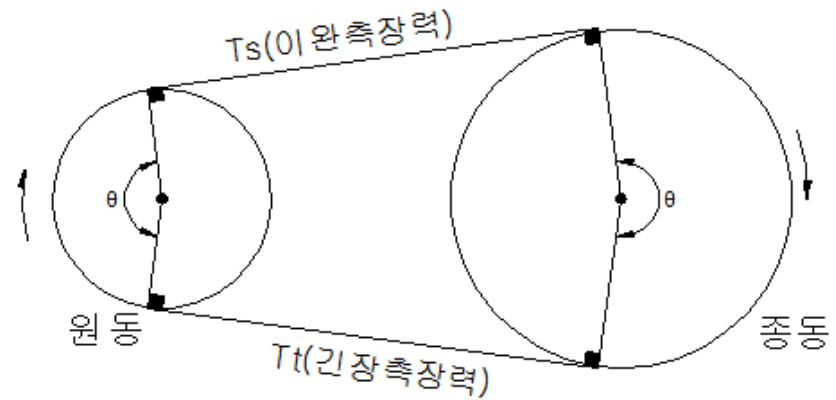
- ① 타이밍 벨트 : 미끄럼을 방지하기 위하여 안쪽 표면에 이가 있는 벨트.  
 정확한 속도가 요구되는 경우 사용. 저속,고속운전  
모두 적합 (자동차)
- ② 레이스벨트 (=끈벨트) : 전달 마력이 작은 소형 공작기계에 사용
- ③ 링크벨트(=체인벨트) : 축간거리가 짧고, 속도비가 클 때 사용.  
고속회전에는 부적합.
- ④ 보통벨트 : 일반적으로 가장 많이 사용

## 5) 벨트를 거는 방법

### ① 바로걸기 (open type, 평행걸기)

회전방향이 동일

접촉각이 한쪽은  $180^\circ$  보다 작고  
다른쪽은  $180^\circ$  보다 크다.



### ② 엇걸기 (cross type, 십자걸기) : 회전방향이 반대

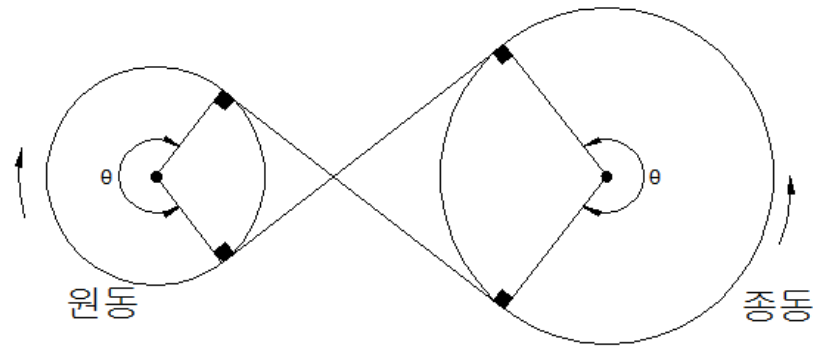


접촉각은 둘다  $180^\circ$  보다 크다.

각의 크기는 거의 같다.

바로걸기보다 크므로

큰 동력을 전달할 수 있다.





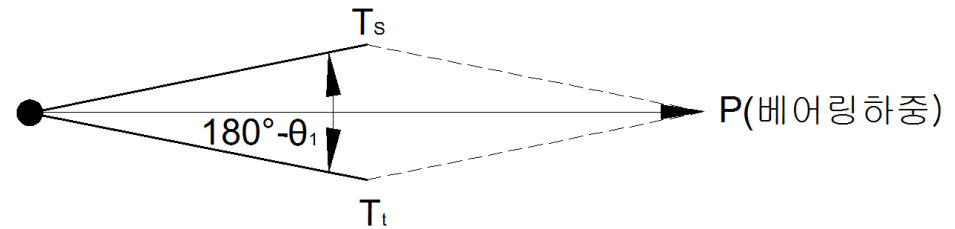
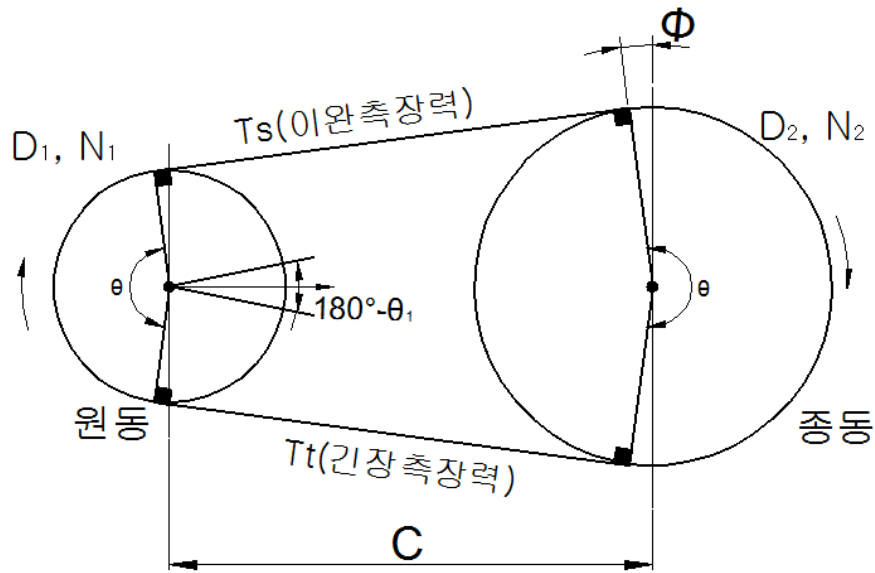
\*\* 안내풀리 : 벨트가 풀리에서 벗겨지는 것을 막기 위해 벨트의 방향을 안내해 주는 풀리

\*\* 인장풀리(**tension pulley**) : 전동효율을 높이며 접촉각을 크게 하기 위해 이완측에 사용. 원동차와 종동차의 지름차가 매우 클 때 사용

\*\* 벨트가 접촉하는 면인 림(**rim**)의 중앙을 높게 하는 이유?

→ 벨트가 잘 벗겨지지 않게 하기 위하여

## 6) 평벨트의 설계



$$P = \sqrt{T_t^2 + T_s^2 + 2T_tT_s \cos(180 - \theta_A)} \\ - \cos \theta_A$$

$$\therefore P = \sqrt{T_t^2 + T_s^2 + 2T_tT_s \cos \theta}$$

## 6) 평벨트의 설계

### ① 원주속도 ( $v$ )

$$v = v_1 = v_2 = \frac{\pi D_1 N_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi D_2 N_2}{60 \times 1000}$$

### ② 속비 (=속도비, =회전비) : $i (= \varepsilon)$

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

→ 실제로 종동풀리는 미끄럼이나 크리핑, 플래핑  
현상 때문에 보통 2~3% 정도 낮다. ★★

① 크리핑(creeping) : 벨트의 탄성에 의한 미끄럼으로서 벨트가  
★  
풀리의 림(rim)면을 기어가는 현상

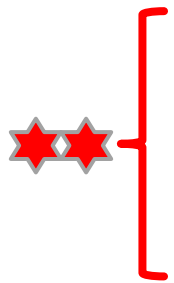
② 플래핑(Flopping) : 축간거리가 멀고, 고속으로 벨트 전동을 할 때  
★★★★  
벨트가 마치 파도치는 듯한 현상

### ③ 벨트길이 (L)

① 바로걸기 :  $L = 2C + \frac{\pi(D_1+D_2)}{2} + \frac{(D_2-D_1)^2}{4C}$

② 엇걸기 :  $L = 2C + \frac{\pi(D_1+D_2)}{2} + \frac{(D_2+D_1)^2}{4C}$

### ④ 접촉 중심각 ( $\theta$ )



① 바로걸기       $\theta_1 = 180^\circ - 2\sin^{-1} \frac{(D_2-D_1)}{2C}$   
                     $\theta_1 < \theta_2$        $\theta_2 = 180^\circ + 2\sin^{-1} \frac{(D_2-D_1)}{2C}$   
② 엇걸기       $\theta_1 = \theta_2 = 180^\circ + 2\sin^{-1} \frac{(D_2+D_1)}{2C}$

→ 벨트의 미끄럼을 작게하려면 접촉 중심각을 되도록이면 크게한다.

⑤ 장력비 :  $e^{\mu\theta} \sim$  아이텔바인식

여기서  $\mu$  : 마찰계수

$\theta$  : 작은 접촉 중심각 (rad)

ex)  $\theta = \cancel{150^\circ} = 150 \times \frac{\pi}{180} \text{ (rad)}$

open type :  $\theta_A < \theta_B$

cross type :  $\theta_A = \theta_B$

①  $v \leq 10\text{m/s}$  일때 :  $e^{\mu\theta} = \frac{T_t}{T_s}$

②  $v > 10\text{m/s}$  일때 :  $e^{\mu\theta} = \frac{T_t - T_c}{T_s - T_c}$

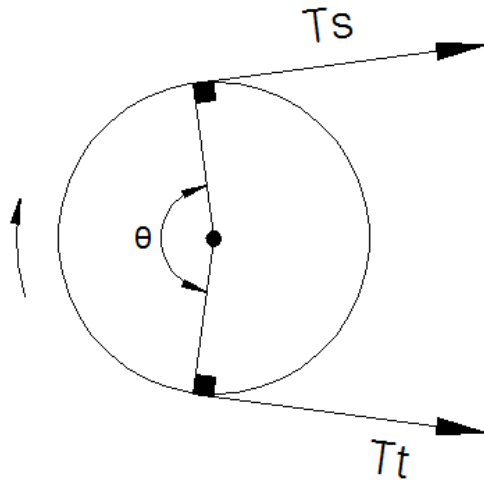
여기서 부가장력(=원심장력) :  $T_c = \frac{wv^2}{g}$  (중력단위)

$= mv^2$  (SI단위)

단,  $w$  : 단위길이당 무게

$m$  : 단위길이당 질량

## ⑥ 벨트의 장력



- 초기장력을 가하는 방법
  - 중간풀리를 이용하는 방법
  - 벨트의 자중을 이용하는 방법
  - 벨트의 탄성변형을 이용하는 방법

① 초기장력 ( $p_o$ ) : 동력전달에 필요한 마찰력을 주기위해 정지하고 있을 때 벨트에 준 장력

$$p_o = \frac{T_s + T_t}{2}$$

② 유효장력 ( $p_e$ ) :  $p_e = T_t - T_s$  (속도의 크기와 상관없다)

③ 전달토크(T) :  $T = P_e * \frac{D}{2}$

$$= (T_t - T_s) * \frac{D}{2}$$

⑦ 유효장력( $p_e$ ) 와 장력비 ( $e^{\mu\theta}$ )의 관계

①  $v \leq 10\text{m/s}$  일 때

(1),(2)식 연립하면

$$p_e = T_t - T_s \sim (1)\text{식}$$

$$e^{\mu\theta} = \frac{T_t}{T_s} \sim (2)\text{식}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_s = \frac{p_e}{e^{\mu\theta}-1} \\ T_t = e^{\mu\theta} T_s = \frac{p_e \cdot e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta}-1} \end{array} \right.$$

②  $v > 10\text{m/s}$  일 때

(1),(2)식 연립하면

$$p_e = T_t - T_s \sim (1)\text{식}$$

$$e^{\mu\theta} = \frac{T_t - T_c}{T_s - T_c} \sim (2)\text{식}$$

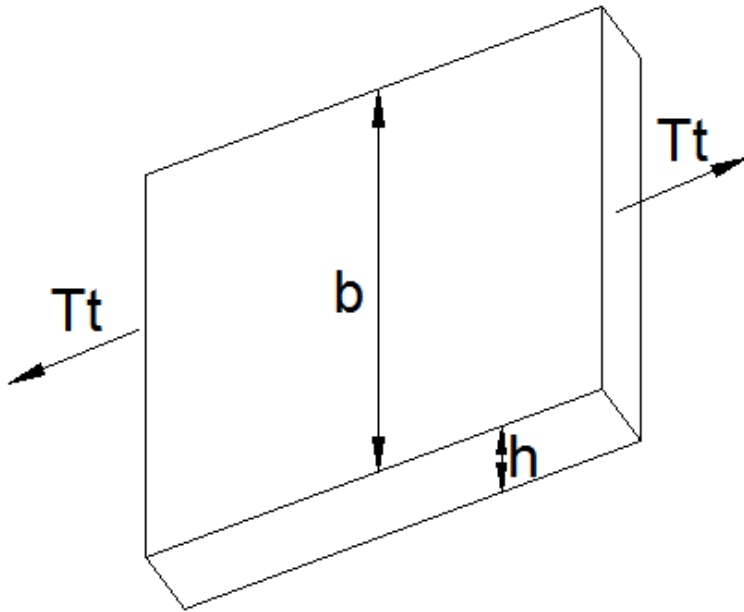
$$\left\{ \begin{array}{l} T_s = \frac{p_e}{e^{\mu\theta}-1} + T_c \\ T_t = \frac{p_e \cdot e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta}-1} + T_c \end{array} \right.$$

⑧ 전달동력 (H)

$$H = P_e \cdot v \quad - SI\text{단위}$$

$$= \frac{P_e \cdot v}{75} (PS) = \frac{P_e \cdot v}{102} (kw) \quad - \text{중력단위}$$

### ⑨ 벨트의 인장응력



$T_t$  : 긴장축장력

$b$  : 벨트의 폭

$h$  : 벨트의 두께

$$\sigma_t = \frac{T_t}{A} = \frac{T_t}{bh\eta}$$

단,  $\eta$  : 벨트의 효율



## (2) V벨트의 전동

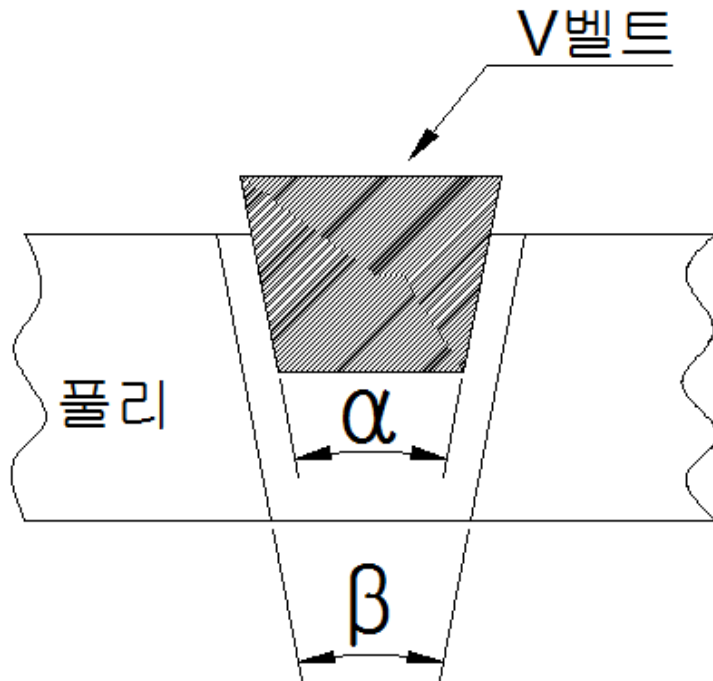


### 1) V벨트 전동의 특징

- ① 운전중 소음이나 진동이 적고, 충격을 완화시킨다.
- ② 축간거리(=중심거리)가 짧아도 되며 설치면적을 절약할 수 있다.
- ③ 미끄럼이 적어 큰 속도비를 얻을 수 있다. (1:7~10)
- ④ 장력이 작으므로 베어링의 부담하중이 작다.
- ⑤ 작은 장력으로도 큰 회전력을 얻을 수 있다.
- ⑥ 고속 운전이 가능하다 (보통 10~18 m/s)
- ⑦ 전동 효율이 높다 (96%정도)
- ⑧ 벨트가 벗겨지는 일이 없다.
- ⑨ 바로걸리(open type)만 가능하다.
- ⑩ 길이 조정이 불가능하므로, 축간거리를 조정할 수 있도록 설계되어야 한다.



## 2) V벨트의 형식 (6종류)



단면이 작다

: M. A. B. C. D. E.

단면치수  
인장강도  
허용장력

동력전달용으로 사용

호칭번호 : '유효둘레' (inch)

호칭번호 : 바깥둘레로 표시 (inch)

A30 : 단면 A형  
30x25.4mm 유효둘레

• 벨트의 각도 :  $\alpha = 40^\circ$  (정해져있음)

• 풀리 홈의 각도 :  $\beta = 35^\circ, 37^\circ, 38^\circ, 39^\circ$

• 마찰을 증가시키기 위해 벨트의 각도보다 약간 작게 한다.



### 3) 상당마찰계수 ( $\mu'$ )

평벨트에서  $\mu$ 대신에 V벨트에서는  $\mu'$ 를 대입하면 된다.

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2}}$$

여기서  $\alpha$  : 벨트의 각도  
 $\mu$  : 마찰계수

### 4) 가닥수 (=구루수 : $Z$ ) ➔ 항상 정수로 올림한다

$$Z = \frac{H}{K_1 \cdot K_2 \cdot H_0}$$

$H$  : 전체의 전달동력

$H_0$  : 1가닥의 전달동력

$H_1$  : 접촉각 수정계수

(= 권계각도 수정계수)

$k_2$  : 부하 수정 계수

## 2. 로프전동

### 1)로프전동의 특징

- ① 대동력을 전달할 수 있고, 미끄럼이 적다.
- ② 장거리 동력전달이 가능하고, 초기장력이 불필요하다.
- ③ 전동 경로가 직선이 아니여도 사용가능하다.
- ④ 고속 운전이 가능
- ⑤ 전동 효율이 **90%**이상이다.
- ⑥ 소음과 진동이 크며 수리가 어렵다.
- ⑦ 설비가 복잡하고, 영김이 생기는 수가 많다.
- ⑧ 조정이 어렵고 전동이 불확실하다.

2) 와이어 로프의 크기 : 로프 중앙의 가상원주와 유효둘리(inch)로 표시



3) 로프의 꼬임방법 :

① 꼬임 방향에 따른 분류 :

① Z꼬임 (=오른꼬임) : 오른나사와 같은 방향으로 되어있는 꼬임

② S꼬임 (=왼꼬임) : 왼나사와 같은 방향으로 되어있는 꼬임

② 가닥과 로프의 꼬임방향에 따른 분류

① 보통꼬임 : 가닥과 로프의 꼬임 방향이 반대인 꼬임

→ 소선의 마멸이 빠르다.

② 랭꼬임 : 가닥과 로프의 꼬임 방향이 동일한 꼬임



→ 소선의 마멸에 의한 손상이 적기 때문에 내구성이 높고,  
유연성도 보통꼬임 보다 좋다.

#### 4) 로프를 거는방법

① 병렬식(단독식, 영국식) 일반적으로 널리 사용

① a 로프1가닥이 끊어져도 계속 운전이 가능

① b 로프전체의 초기 장력을 가지게 하기가 곤란

① c 진동이 발생하기 쉽다 (\*이음매수가 많아서)

② 연속식(미국식)

② a 운전중 진동이 적고, 초기장력 조절이 쉽다

② b 로프가 한곳이라도 끊어지면 운전이 불가능

### 3. 체인전동

#### 1) 체인전동의 특징

- ① 미끄럼이 없어 일정 속도비를 얻을 수 있다.
- ② 초기 장력을 줄 필요가 없으므로 정지시에 장력이 작용하지 않고 베어링에도 하중이 걸리지 않는다.
- ③ 축간거리(중심거리)에는 제한이 없다.
- ④ 내열성, 내습성, 내유성이 강하다.
- ⑤ 큰 동력을 전달할 수 있고, 효율이 **95%**이상으로 높다.  
즉, 벨트나 로프보다 효율이 높다.
- ⑥ 탄성에 의해 충격하중을 어느정도 흡수할 수 있다.
- ⑦ 유지 및 수리가 용이하다
- ⑧ 여러 개의 축을 동시에 구동할 수 있다.
- ⑨ 진동과 소음이 나기 쉽다 → 작게하려면 피치를 작게, 잇수를 많게
- ⑩ 고속 회전에는 부적당하다
- ⑪ 원주속도를 **5m/s**이내로, 감속비는 **7:1** 정도가 적당

## 2) 체인의 종류

- ① 롤러체인 : 가장 널리사용, 강철제의 링크를 핀으로 연결하고 핀에는  
부시와 롤러를 끼워 만든다. 고속에서 소음이 나는 결점이 있다.

- ② 사일런트체인 : 가장 소음이 적으며 고속 운전시에는 적합  
→ 면각(4종류) :  $52^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$

(링크의 양끝 경사면이 맺는각)

- ③ 블록체인 : 저속도, 경하중에 적합  
 마찰부분이 많아서 고(중)하중에는 부적합.


### 3) 스프로킷 휠 (sprocket wheel)

→ 롤러 체인을 감을 수 있도록 이가 달린 바퀴


① 피치원지름 (D) :  $D = \frac{p}{\sin \frac{Z}{2}}$        $p$  : 피치  
 $Z$  : 잇수



② 이끝원지름 (=외경) :  $D_o$



$$D_o = p(0.6 + \cot \frac{180}{Z})$$

③ 스프로킷휠의 잇수(Z)



: 보통 10~70개 정도이나 최소 17개 이상으로 하는것이 좋다

→ 마멸을 균일하게 하기 위하여 홀수로 하는것이 좋다.



#### 4) 체인의 설계

① 링크수(link) (링크수는 짝수개로 올림한다)  $101.3 \rightarrow 102$

$$L_n = \frac{2C}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{0.025p(Z_1 - Z_2)^2}{C} \quad \text{if : 홀수가 되려면 오프셋링크(offsetlink)사용해야함}$$

C : 축간거리(체인피치의 40~50배정도)

② 체인의 속도

$$v = v_1 = v_2 = \frac{pZ_1N_1}{60 \times 1000} = \frac{pZ_2N_2}{60 \times 1000} \quad (4\text{m/s이하 } 2 \sim 5\text{m/s가 가장 적당) 최대 } 8\text{m/s정도}$$

③ 속비  $i (= \varepsilon)$

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

④ 속도변동률 ( $\varepsilon$ )

#### ④ 속도변동률 ( $\varepsilon$ )

$$v_{max} = R_{max}\omega$$

$$v_{min} = R_{min}\omega$$

$$= v_{max}\cos\frac{\pi}{Z}$$

$R_{max}$  : 최대반지름  
 $\omega$  : 체인의 각속도  
 $R_{min}$  : 최소반지름

결국,

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{v_{max}-v_{min}}{v_{max}} \times 100(\%) = 1 - \frac{v_{min}}{v_{max}} \times 100(\%) \\ &= 1 - \frac{v_{max}\cos\frac{\pi}{Z}}{v_{max}} \times 100(\%) \\ &= 1 - \cos\frac{\pi}{Z} \times 100(\%)\end{aligned}$$

#### ⑤ 체인의 전달동력

동력  $H = F \cdot v$  - SI단위

$$= \frac{F \cdot v}{75} (PS) = \frac{F \cdot v}{102} (KW) \quad - \text{중력단위}$$

여기서  $F$  : 안전하중(=유효하중)

$$F = \frac{F_B e}{sk} \text{ 주어진다면 넣는다.}$$

$F_B$  : 파단하중(= 절단하중)  
 $e$  : 다열계수  
 $S$  : 안전율  
 $K$  : 부하수정계수

## 제12장 브레이크와 플라이 휠

### 1. 블록브레이크(=단식 블록브레이크)

#### (1) 개요

- ① 가장 간단한 구조로 되어있으며 1개의 브레이크 블록이 회전하는 드럼을 레버의 조작력으로 누르는 장치
- ② 드럼측에 굽힘모멘트가 작용하므로 큰 제동토크에는 적합하다.
- ③ 레버를 손으로 누르는 힘 : 100~150N(약 10~15kgf) 200N(약 20kgf)을 초과하지 않는다.
- ④ 브레이크 블록과 드럼사이의 틈새 : 2~3mm정도

#### (2) 브레이크 드럼의 재료 : 주철, 주강

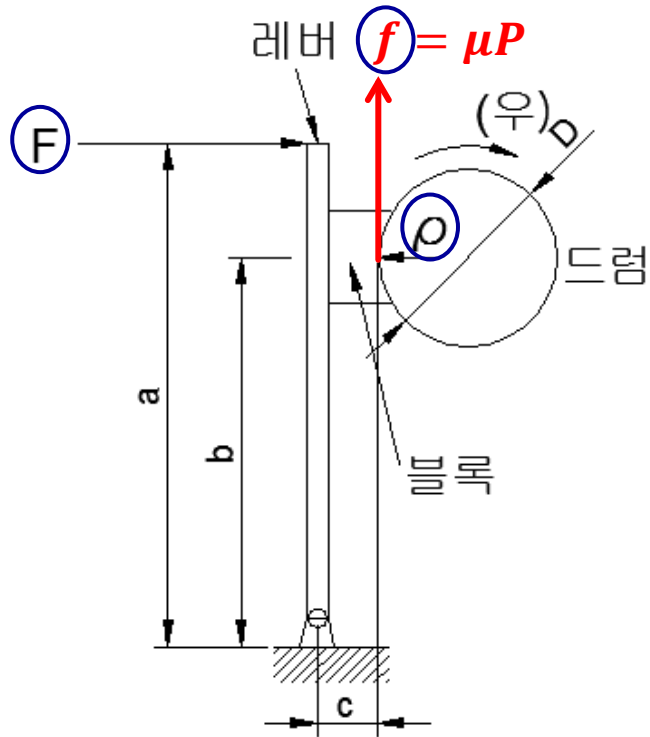
블록의 재료 : 주철에 가죽, 목재, 석면 등을 라이닝한것.

\*\* 라이닝의 구비조건

- 1) 내열성, 내마멸성이 클 것.
- 2) 제동효과가 클 것.

### (3) 단식블록 브레이크의 형식

#### ① 내작용선



$F$  : 브레이크 조작력

$P$  : 브레이크 드럼을 누르는 힘

$\mu$  : 블록과 드럼사이의 마찰계수

#### 1) 우회전시

$$Fa - Pb - fc = 0$$

$$Fa - Pb - \mu Pc = 0$$

$$F = \frac{P(b + \mu c)}{a}$$

#### 2) 좌회전시

$$Fa - Pb + fc = 0$$

$$Fa - Pb + \mu Pc = 0$$

$$F = \frac{P(b - \mu c)}{a}$$

\*\* 자동체결조건

→ 좌회전시만 가능 ( $F \leq 0$ )

$$b - \mu c \leq 0$$

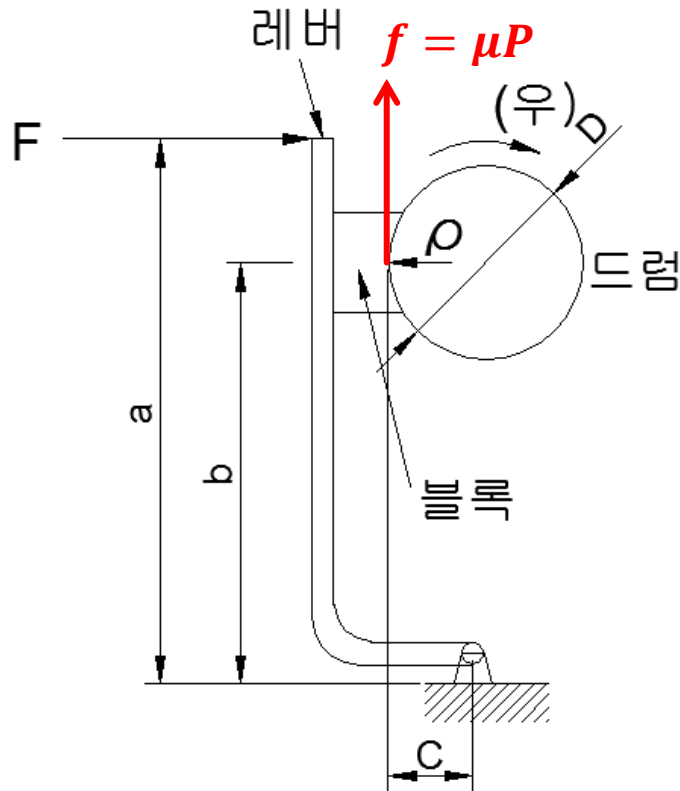
$$b \leq \mu c$$

우선, 제동력  $f = \mu P$

또한 제동토크  $T = f \frac{D}{2} = \mu P \frac{D}{2}$

### (3) 단식블록 브레이크의 형식

#### ② 외작용선



#### 1) 우회전시

$$Fa - Pb + fc = 0$$

$$Fa - Pb + \mu Pc = 0$$

$$F = \frac{P(b - \mu C)}{a}$$

#### 2) 좌회전시

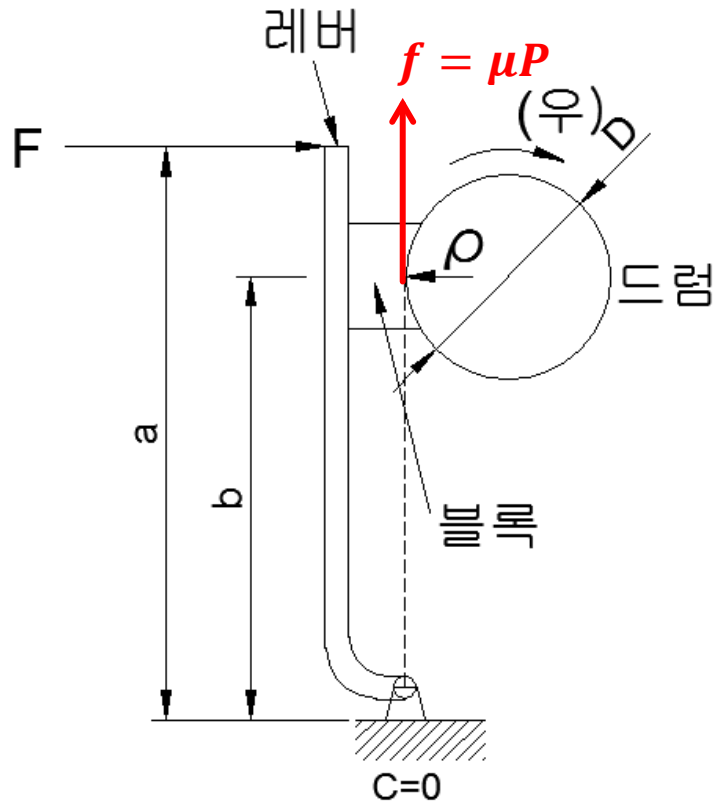
$$Fa - Pb - fc = 0$$

$$Fa - Pb - \mu Pc = 0$$

$$F = \frac{P(b + \mu C)}{a}$$

### (3) 단식블록 브레이크의 형식

#### ② 중작용선



1) 우회전시=좌회전시

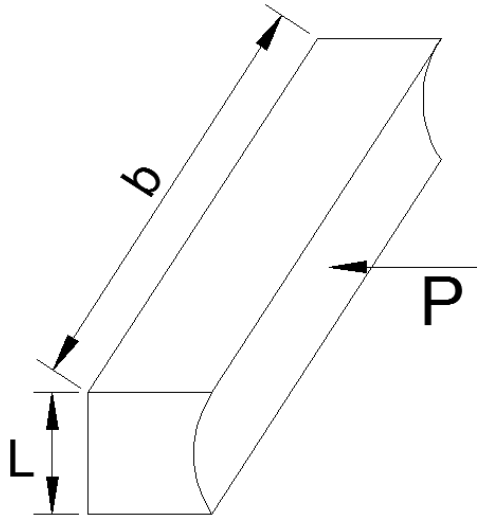
$$Fa - Pb = 0$$

$$F = \frac{Pb}{a}$$

#### (4) 복식블록 브레이크

용도 : 전동원차, 기중기 등에 많이 사용

#### (5) 브레이크의 압력



$b$  : 블록의 폭(나비)

$L$  : 블록의 길이

$$q = \frac{P}{A} = \frac{P}{bL}$$

#### (6) 브레이크용량 : $\mu qv$

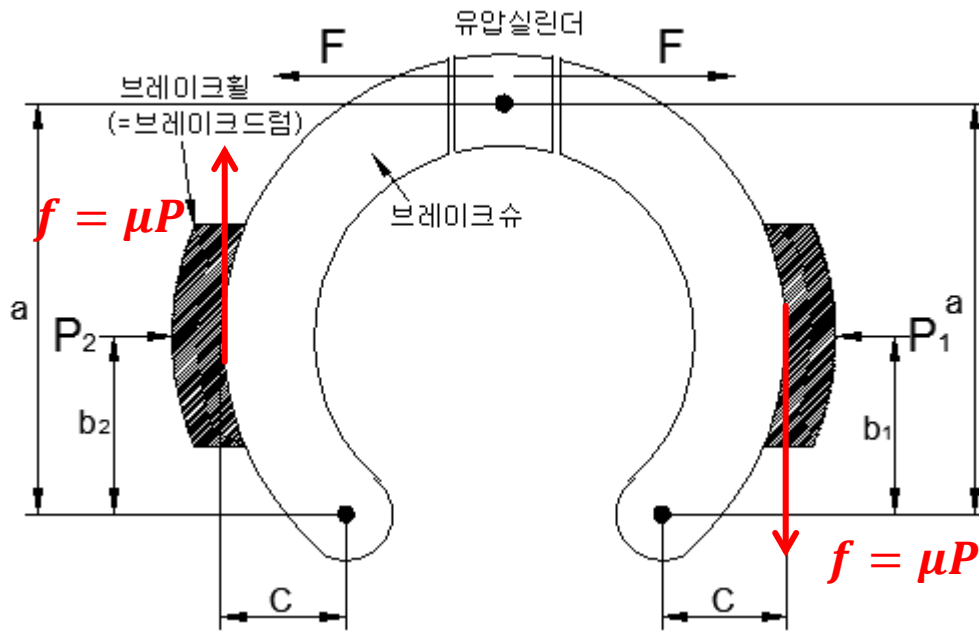
$\mu qv$  = 마찰계수  $\times$  압력  $\times$  속도

$$= \mu \frac{P}{A} v = \frac{\text{마찰력}(\mu P) \times \text{원주속도}(v)}{\text{블록의 접촉투상면적}(A)}$$



## 2. 내확브레이크(=내부확장식 브레이크, =드럼브레이크)

~ 2개의 브레이크 슈(shoe)가 드럼의 안쪽에서 바깥쪽으로 확장하여  
브레이크 드럼에 접촉되어 제동한다. 주로 자동차의 제동에 많이 응용된다.



$$\text{제동력 } f = f_1 + f_2 = \mu P_1 + \mu P_2 \\ = \mu(P_1 + P_2)$$

$$\text{제동토크 } T = f \cdot \frac{d}{2} \\ = \mu(P_1 + P_2) \cdot \frac{d}{2}$$

$$\sum M_{O1} ; Fa - P_1 b + \mu P_1 C = 0$$

$$\sum M_{O2} ; Fa - P_2 b + \mu P_2 C = 0$$

\*\* 제동에 필요한 유압  $\left( q: \frac{N}{mm^2} \right)$

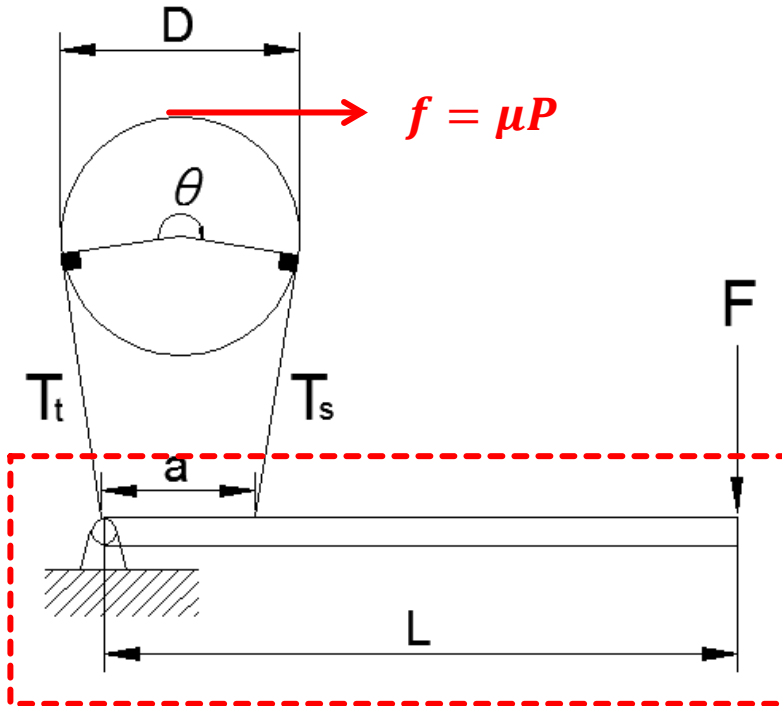
$$q = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

F : 블록을 밀어서 여는 힘

d : 유압 실린더의 안지름

### 3. 밴드 브레이크

#### ① 단동식인 경우



$\Theta$  : 접촉중심각 (보통  $180^\circ \sim 270^\circ$ )

제동력  $f = T_t - T_s$

장력비  $e^{\mu\theta} = \frac{T_t}{T_s}$

→ 연립하면

$$T_s = \frac{f}{e^{\mu\theta} - 1}$$

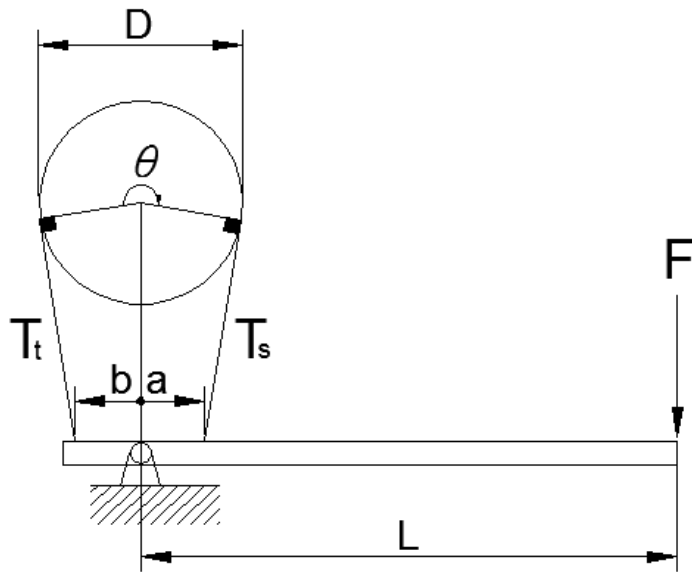
$$T_t = \frac{f \cdot e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$$

제동토크  $T = f \cdot \frac{d}{2} = (T_t - T_s) \cdot \frac{d}{2}$

우회전시  $0 = -fl + T_s \cdot a$

좌회전시  $0 = -fl + T_t \cdot a$

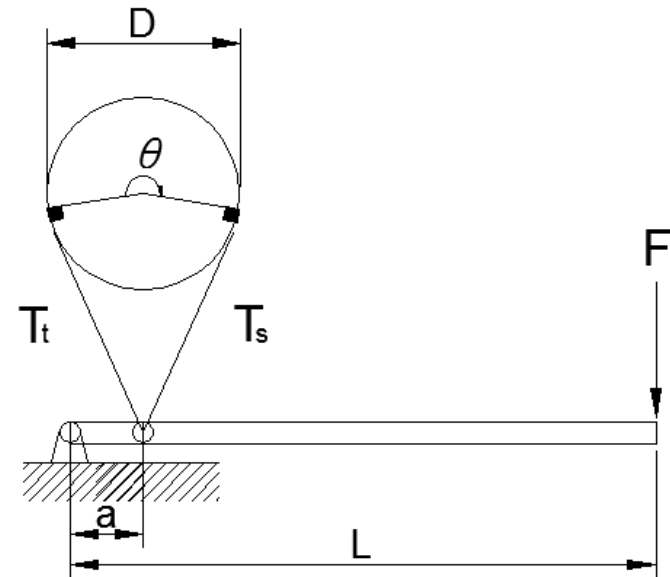
## ② 차동식인 경우



우회전시  $T_t b = T_s a - FL$

좌회전시  $T_s b = T_t a - FL$

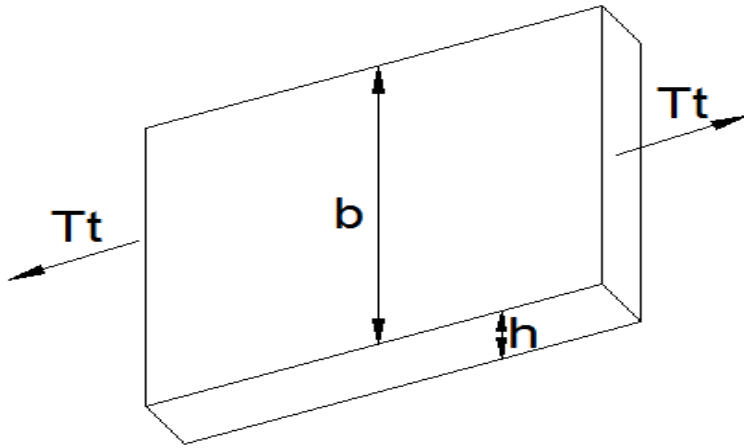
## ③ 합동식인 경우



우회전시  $0 = T_t a + T_s a - FL$

좌회전시  $0 = T_s a + T_t a - FL$

#### ④ 벨트의 설계



$T_t$  : 긴장축장력

$b$  : 벨트의 폭

$h$  : 벨트의 두께

$$\sigma_t = \frac{T_t}{A} = \frac{T_t}{bh\eta}$$

단,  $\eta$  : 벨트의 효율

## 4. 축압브레이크

~ 원판, 원추 브레이크

(1) 개요 : 마찰력을 원판형이나 원추형으로 하여 나사나 지레등 축방향으로 밀어붙이는 형식

‘원판 브레이크’의 경우 - 단판

~ 축방향 하중에 의하여 발생하는 마찰력으로 제동하는 브레이크

~ 냉각이 쉽고, 큰 회전력을 제동에 유리

제동력  $f = \mu P$

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

If 다판이면

$$f = \mu P Z$$
$$T = \mu P \frac{D_m}{2} Z$$

$D_m$  : 평균지름  
 $P$  : 축방향 미는힘

## 5. 자동하중 브레이크

기중기 등에서 물체를 내릴 때 하중 자신에 의하여 브레이크 작용을 행하여 속도를 억제하는 브레이크

→ 종류 : 웜브레이크, 로프 브레이크, 나사브레이크, 캠 브레이크, 원심 브레이크, 코일 브레이크, 전자기 브레이크

## 6. 플라이 휠 (flywheel) =관성차

절단기의 전동모터를 설계할 때 모터의 동적용량을 최소화 하기 위해 요구되는 기계요소

## 제 13장 스프링 (Spring)

### 1. 스프링의 사용목적(용도,기능)

- ① 진동 또는 탄성 에너지를 흡수 (=충격흡수)
- ② 에너지를 저축
- ③ 운동의 제한
- ④ 힘의 측정


### 2. 스프링의 종류

#### (1) 사용 재료에 따른 분류

##### 1) 금속 스프링의 종류

- ① 강 스프링 : 인장, 압축, 비틀림 코일스프링
- ② 비철금속 스프링 : 동(구리)합금 스프링, 니켈 합금 스프링

#### (2) 형상에 따른 분류

- ① 코일 스프링 : 인장, 압축, 비틀림 코일 스프링
-  ② 겹판 스프링 : 에너지의 흡수 능력이 가장 크다. 주로 철도차량, 자동차의 현가장치로 사용

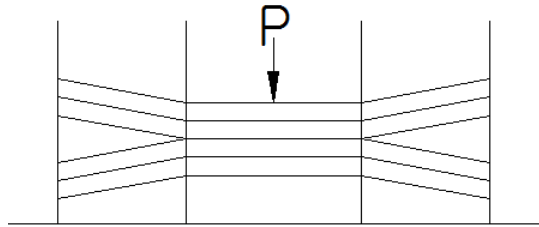
### ③ 태엽스프링(spiral spring)

좁은 장소에서 비교적 큰 에너지를 축적, 에너지의 흡수량이 크다  
장난감, 시계의 태엽에 사용

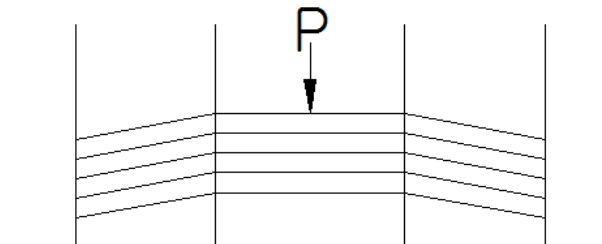
### ④ 접시스프링 : 중심에 구멍이 뚫린 원판을 원추형 모양으로 가공한 ☆☆☆☆ 비선형 스프링

→ 접시 스프링의 조합


① 직렬조합 : 스프링을 서로 다른 조합으로 겹쳐서 연결



② 병렬조합 : 스프링을 서로 같은 방향으로 겹쳐서 연결






- ⑤ 토션바 : 비틀림 변형을 이용한 스프링으로 큰 에너지를 저축할 수 있고,  
 중량이 가볍고 구조가 간단하다. 주로 자동차의 현가장치에 사용

$$\text{비틀림 스프링 상수 } k_1 = \frac{T}{\theta} = \frac{T}{\left(\frac{Tl}{G \cdot I_p}\right)} = \frac{G \cdot I_p}{l} = \frac{G \pi d^4}{32l} \quad \text{단, } I_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

- ⑥ 벌류트 스프링 : 주로 압축용에 사용

- ⑦ 와이어 스프링 : 탄성에 의한 복원력을 이용

\*\* 스프링 재료가 갖추어야할 구비조건

-  {
- ① 탄성계수가 크고, 탄성한도, 피로한도, 크리프한도가 높아야한다.
  - ② 내열성, 내식성이 좋아야한다.

### 3. 원통형 코일 스프링

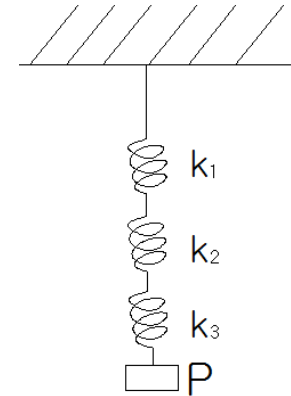
① 스프링 상수( $k$ ) :  $k = \frac{P(\text{하중})}{\delta(\text{처짐량})}$

② 직렬연결



$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \dots\dots\dots$$

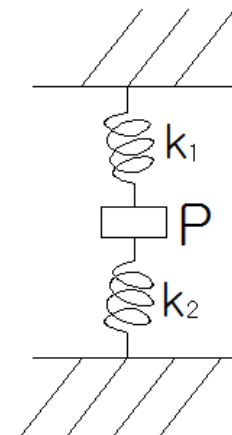
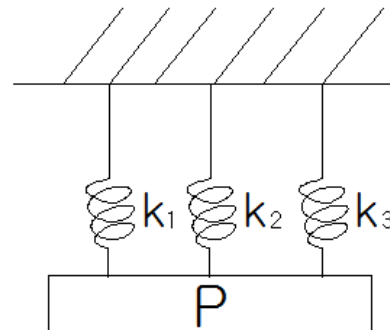
여기서  $k$ : 전체의 스프링상수



③ 병렬연결



$$k = k_1 + k_2 + k_3 \dots\dots\dots$$



## ② 스프링의 전단응력

압축 코일 스프링의 축방향 하중을 받을 때 소선에 가장 큰 영향을 준다.

$$\tau_{max} = \frac{16PRk}{\pi d^3} = \frac{8PDk}{\pi d^3} \leq \tau_a \quad \text{단, } k : \text{응력수정계수}$$

$$k = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$

여기서 **C**는 스프링 지수  $C = \frac{D(\text{코일의 평균지름})}{d(\text{소선의 지름})}$

## ③ 스프링의 처짐량 ( $\delta$ )

$$\delta = R\theta = R \times \frac{Tl}{GI_p} = R \times \frac{PR2\pi Rn}{G \times \frac{\pi d^4}{32}} = \frac{64nPR^3}{Gd^4} = \frac{8nPD^3}{Gd^4}$$



여기서 비틀림 모멘트 (Torque) =  $T=PR$

스프링길이 :  $l = \pi dn$

단,  $\eta$  : 스프링의 유효감김수(=유효권수)

$$\text{소선의 비틀림각 } \theta = \frac{Tl}{GI_p}$$

## ④ 스프링 내부에서 탄성에너지 (U)

$$U = \frac{1}{2}P\delta = \frac{1}{2}k\delta^2$$

$$[k = \frac{P}{\delta} \text{ 에서 } P = k\delta] C$$

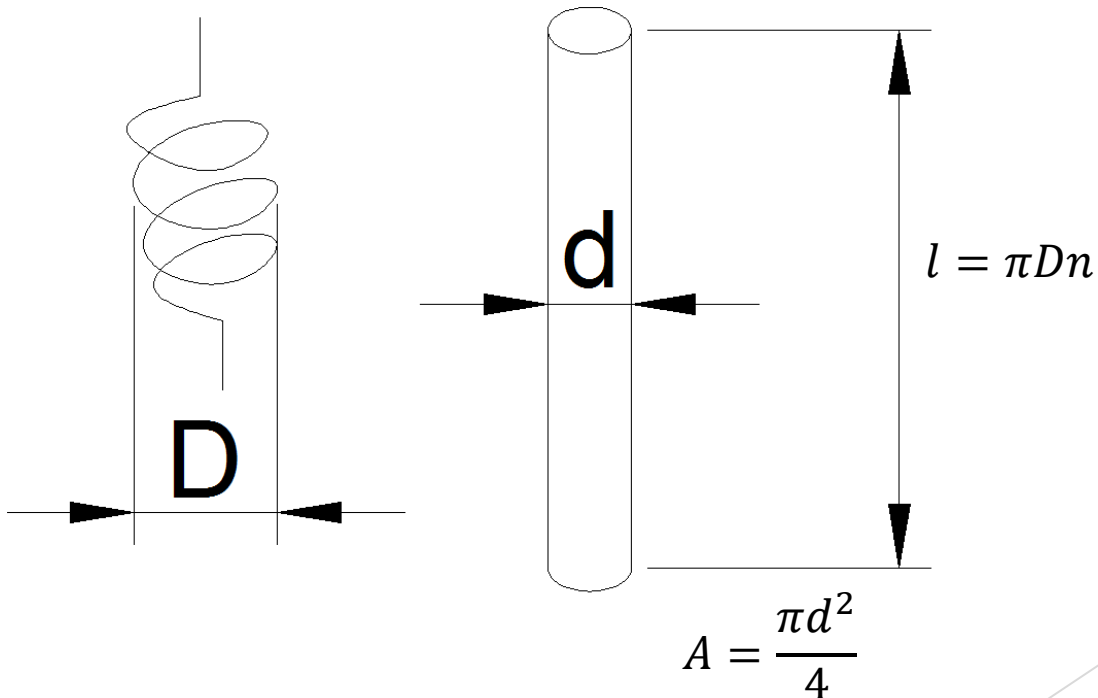
⑤ 종횡비 ( $\gamma$ )

$$\gamma = \frac{H}{D}$$

보통  $\gamma = 0.8 \sim 4$ 가 적당

여기서,  $H$  : 자유높이 - 하중이 작용하지 않고있을때 높이  
 $D$  : 코일의 평균지름

⑥ 소선의 체적 :  $V = A \cdot l = \frac{\pi d^2}{4} \times \pi D n$



⑦ 스프링의 총 감긴수 ( $n_t$ )

$$n_t = n + (x_1 + x_2)$$

여기서  $n$  유효감김수 (=유효권수)

$$\delta = \frac{64nPR^3}{Gd^4} \quad \text{에서} \quad x_1, x_2 : \text{코일 양끝 부분의 자리 감긴수 (=유효감긴수)}$$

⑧ 서징현상(Surging) : 스프링에 작용하는 진동수가 스프링의 고유진동수가 같거나 또는 공진을 하여 국부적으로 큰 응력이 생기는 현상

## 4. 판스프링

### ① 외팔보형 판 스프링

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{굽힘응력} & \sigma = \frac{6Pl}{nbh^2} \\ \text{처짐량} & \delta = \frac{6Pl^3}{nbh^3E} \end{array} \right.$$

### ② 단순보형 겹판 스프링

$$P \rightarrow \frac{P}{2} \quad , \quad l = \frac{l}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{굽힘응력} & \sigma = \frac{3Pl}{2nbh^2} \\ \text{처짐량} & \delta = \frac{3Pl^3}{8nbh^3E} \end{array} \right.$$

## 제14장 관(Pipe)계 기계요소

### 1. 관(Pipe)

#### (1) 관(Pipe)의 종류

★① 주철관 : 강관에 비해 충격에 약하나 내식성 내압송이 우수, 값이 싸다.

용도 : 수도용, 배수용, 가스 수송용, 저압증기 배관용  
전선의 지하 케이블용 등, 매설용으로 사용.

② 강관 : 가장 널리사용 강도가 높고 충격에 강하다.

→ 스테인리스 강관 : 호칭치수는 “바깥지름”으로 나타낸다.

③ 동관 : 내식성 및 굴곡성 우수, 전기와 열의 전달이 우수

→ 호칭치수는 “바깥지름x두께”로 나타낸다.

④ 황동관 : 강도가 크므로 가열기, 냉각기, 복수기, 열 교환기에 쓰인다.

→ 호칭치수는 “바깥지름x두께”

⑤ 납관 : 호칭치수는 “안지름x두께”

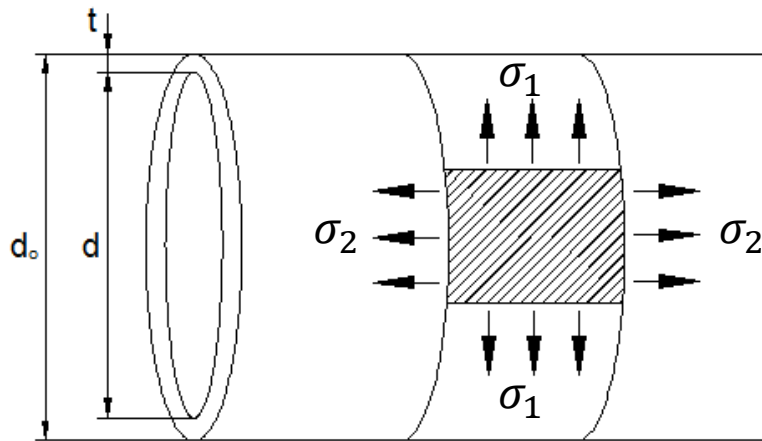
⑥ 알루미늄관 : 호칭치수는 “바깥지름x두께”

⑦ 휨관 : 호칭치수는 “안지름”

⑧ 고무호스 : 호칭치수 “안지름”

## (2) 관의 설계

- ① 파이프 선택시 고려사항 : 유체의 종류, 압력, 습도, 유량 등
- ② 배관 색깔 과 기호 : 물(청색 : W), 증기(진한적색 : S), 공기(백색 : A)  
가스(황색 : G) , 기름(진한황적색 : O)



우선, 원주 방향의 응력  $\sigma_1 = \frac{pd}{2t}$

세로방향의 응력  $\sigma_2 = \frac{pd}{4t}$   
(=축방향)

### ③ 관의 두께(t)

내압을 얇은 원통이음과 동일하게 취급하므로

$$\sigma_1 = \frac{pd}{2t} = \sigma_{max} \leq \sigma_a$$

$$t \geq \frac{pd}{2\sigma_a \eta} + C$$



$\eta$  : 이음효율  
 $C$  : 부식여유(계수)  
 $\sigma_a$  : 허용응력

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{S}$$



#### ④ 관의 안지름 (d)

= 호칭치수 : 안지름으로 한다

$$\text{유량 } Q = Av_m = \frac{\pi d^2}{4} \times v_m \quad \text{에서} \quad d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_m}}$$

#### ⑤ 관의 바깥지름 ( $d_o$ )

$$d_o = d + 2t$$

## 2. 관이음

① 플랜지 이음 : 지름이 비교적 큰 관에 사용, 분해 및 조립이 용이

플랜지두께

$$t = \sqrt{\frac{6Pl}{\pi d_f \sigma_b}}$$

$D_f$  : 플랜지 보스 (BOSS) 지름

$\sigma_b$  : 굽힘응력

$P$  : 플랜지에 작용하는 전하중

$l$  : 암(arm)의 길이

② 나사이음 : 지름이 적고, 압력이 낮은  
파이프에 사용.

③ 신축이음 : 열응력에 따른 신축을 고려한 이음.

\* 리턴밴드 : 유체의 흐름을  $360^\circ$ 로 바꾸는 관이음쇠

### 3. 밸브 (valve)

① 스톱밸브 (=리프트밸브) : 유체의 흐름을 차단하거나 유량을 조절

② 글로브밸브 : 입구와 출구의 중심선이 일직선이며 유체의 흐름이 S자모양

③ 앵글밸브 : 유체의 흐름을  $90^\circ$ 로 바꾸어 흐르게 하며 썰기형,  
평행형이 있다.

→ 기능 : 유체의 유량조절, 방향전환, 흐름의 단속, 압력조절

④ 니들밸브


⑤ 슬루스밸브(=게이트밸브) : 밸브관이 흐름에 대하여 직각으로 놓여지며

밸브시트에 대하여 미끄러지는 운동을 하는 구조로 되어있다.

⑥ 체크밸브(check valve : 척밸브) : 유체를 한 방향으로만 흐르게 하는 밸브  
즉, 역류방지밸브

⑦ 버터플라이 밸브(Butterfly valve : 교축밸브) : 원판상의 밸브를 흐름가  
직각인 축의 돌레에 회전시켜서 유량을 조절하는 밸브

⑧ 안전밸브(=릴리프밸브, =이스케이프밸브) : 용기내의 유체가 제한된  
최고압력을 초과했을 때 자동적으로 밸브가 열려서  
유체를 외부로 방출하는 밸브

- ⑥  회전밸브 : 원뿔면 또는 원통면의 밸브시트 안에서 밸브가 회전하고 유체가 그 회전축에 직각으로 유동하는 구조로 되어있는 밸브

#### 4. 콕(COCK)

- ① 플러그 모양은 원뿔형으로 1/5의 테이퍼가 있으며  $90^\circ$  또는 그 이하의 각도로 회전시켜 콕을 개폐한다.
- ② 개폐속도가 빠르고 콕이 완전히 열린상태에서 저항이 가장 작다.