

Chapter2 나사

1. 나사의 개요

(1) 나사의 원리 및 구성

① 리드와 피치와의 관계

-리드(l) : 나사곡선을 따라 원통을 한 바퀴 돌 때 축방향으로 이동한 거리

-피치(p) : 나사산과 나사산 또는 골과 골 사이의 거리 $l = np$

-리드각(λ) : 나사곡선의 경사각

② 수나사(볼트)와 암나사(너트)

-나사의 호칭지름 : 수나사의 바깥지름(d_2)

③ 오른나사 왼나사

-오른나사 : 시계방향으로 돌려서 앞으로 나가는 나사. 주로 사용

-왼나사 : 반시계방향으로 돌려서 앞으로 나가는 나사

④ 여러줄나사

-보통의 나사는 한줄나사를 사용.

-빨리 풀거나 빨리 질 때는 다중나사를 사용한다. 하지만 다중나사는 풀어지기 쉬운 단점이 있다.

(2) 나사의 종류

[결합용 나사 (체결용 나사)]

-기계에 부품을 결합시킬 때 사용하는 나사로서 주로 3각나사가 사용된다.

① 미터나사

- 호칭치수와 피치의 단위 : mm

- 나사산의 각도 $\alpha=60^\circ$

- 미터보통나사 : 일반적으로 사용하는 나사로서 M호칭지름 으로 표기하고, 부품의 결합 및 위치조정에 사용

- 미터가는나사 : M호칭지름X피치 로 표기한다

: 나사의 지름에 비해 피치가 작아(유효지름이 크다) 강도를 필요로 하는곳에 주로 사용.

: 세밀한 위치 조정, 수밀이나 기밀을 필요로 하는 곳에도 사용.

② 유니파이나사

- 영국, 미국, 캐나다의 3국 협정에 의해 정한 것을 실질적으로 세계의 표준나사라 볼 수 있으며 ABC나사라고 함.

- 호칭치수 : inch

- 나사산의 각도 $\alpha=60^\circ$

- 유니파이보통나사(UNC) : 짐용에 사용.

- 유니파이가는나사(UNF) : 정밀기계, 진동부분에 사용

③ 관용나사

- 파이프의 얇은 살 두께에 사용 가능한 나사로 누설방지, 기밀유지에 사용.

- 호칭치수 : inch

- 나사산의 각도 $\alpha=55^\circ$

- 관용평행나사(PF) : 기계적 결합을 주목적으로 하는 나사.

- 관용테이퍼나사(PT) : 나사부의 기밀성, 수밀성을 주목적으로 하는 나사. 테이퍼는 1/16

[운동용 나사]

- 힘을 전달하거나 물체를 움직이게 할 목적으로 사용

① 사각나사

- 축방향의 하중을 받는 운동용나사.

- 나사잭, 나사프레스, 선반의 이송나사 등에 사용

② 사다리꼴나사 (=재형나사, 애크미나사)

- 사각나사보다 각도가 높아 저항이 크고, 나사봉우리와 골에 틈이 생기므로 물림이 좋다.

- 공작기계의 이송나사, 밸브의 개폐용, 잭, 프레스 등의 추력을 전달하는데 사용된다.

- 미터계 (TM, $\alpha=30^\circ$) : 피치 mm로 나타냄

- 인치계 (TW, $\alpha=29^\circ$) : 피치 1inch에 대한 나사산의 수로 나타냄

③ 톱나사

- 힘을 한쪽방향으로만 전달할 때 사용

- 나사잭, 바이스, 압착기에 사용

- $\alpha=30^\circ$ 인 경우 3° 의 경사, $\alpha=45^\circ$ 일 경우 5° 의 경사를 준다.

④ 너클나사 (=둥근나사)

- 나사산의 각도 $\alpha=30^\circ$

- 나사의 크기 : 1inch 내에 있는 나사산의 수

- 기밀성, 수밀성이 좋다.

⑤ 볼나사

- 공작기계의 이송나사, NC기계의 수치제어장치, 정밀기계 등에 사용

- 장점 : 나사의 효율이 좋다.

: 백래시를 작게 할 수 있다.

: 윤활에 주의하지 않아도 된다.

: 높은 정밀도를 오래 유지할 수 있다.

: 먼지에 의한 마모가 작다

: 시동토크, 작동 토크가 작다

- 단점 : 자동체결이 곤란하다.

: 피치를 작게 하는데 한계가 있다.

: 너트의 크기가 크게 된다.

: 고속회전시 소음이 발생한다.

: 가격이 비싸다.

2. 나사의 역학

① 회전력(P)과 회전토크(T)

$$\tan \lambda = \frac{p}{\pi d_e} \quad , \quad \tan \rho = \mu$$

$$P = W \tan(\lambda + \rho) = W \frac{\tan \lambda + \tan \rho}{1 - \tan \lambda \tan \rho} \quad , \quad T = P \frac{d_e}{2}$$

$$\text{삼각나사의 경우 } \mu' = \frac{\mu}{\cos(\alpha/2)} = \tan \rho'$$

② 나사의 자립조건

마찰각 > 리드각 ($\rho > \lambda$)

: 나사를 친 외력을 제거하여도 나사가 저절로 풀리지 않기 위한 조건

③ 나사의 효율

$$\eta = \frac{p W}{2\pi T} = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)} < \frac{1}{2}$$

3. 볼트와 너트

(1) 볼트의 종류

① 용도에 의한 분류

- 관통볼트 : 관통된 구멍에 볼트를 넣어 반대쪽에서 너트로 죄어 2개의 부품을 죄는 볼트.

- 탭볼트 : 관통볼트를 사용하기 어려울 때 상대방에 탭으로 암나사를 내고 부품 결합

- 스테드볼트 : 볼트머리가 없음. 자주 분해, 결합하는 경우에 사용.

② 특수볼트

- 아이볼트 : 볼트의 머리부분에 핀을 끼울 구멍이 있음. 무거운 물체 달 수 있다.

- 나비볼트 : 볼트의 머리부분을 나비모양으로 만들어 별도의 공구없이 손으로 탈착가능.

- 스테이볼트 : 두 물체사이를 일정하게 유지시키면서 결합하는데 사용.
- 기초볼트 : 기계, 구조물 등을 콘크리트 기초에 고정시키기 위해 사용하는 볼트.
- T볼트 : 공작기계로 가공할 때 공작물을 테이블에 고정
- 리머볼트 : 큰 전단력이 작용할 때 사용. 볼트부분을 테이퍼지게 하여 결합하거나 링을끼움.

(2) 여러 가지 나사

① 작은나사

- 볼트의 바깥지름 1~9mm
- 머리부분은 드라이버로 돌릴 수 있도록 홈이 파져있다.

② 멈춤나사

- 두 물체사이에 회전이나 미끄럼이 생기지 않도록 사용하는 나사.
- 키(key)의 대응 역할을 한다.

(3) 와셔 사용하는 경우

- 볼트구멍이 볼트지름보다 현저하게 클 경우
- 내압력이 약한 목재와 고무 등에 볼트를 사용할 경우
- 볼트머리나 너트를 받치는 면이 요철이 심하거나 경사졌을 경우
- 너트의 풀림을 방지할 때

(4) 볼트와 너트의 풀림방지

① 로크너트 사용

- 너트 두 개를 서로 다른방향으로 짐. 안쪽 너트가 로크너트

② 자동짐너트 사용

- ③ 분할핀 사용 : 나사의 끝부분에 구멍을 뚫어 사용

④ 와셔에 의한 방법

⑤ 멈춤나사에 의한 방법

⑥ 플라스틱 플러그에 의한 방법

⑦ 철사를 이용하는 방법

chapter3 키, 핀, 코터

1. 키

- 키 홈의 절삭방법 : 축 - 밀링커터(milling cutter), 엔드밀(endmill)
보스 - 브로치(broach), 슬로터(slotter)

(1) 키의 종류

① 문힘키 (sunk key, 성크키)

- 가장 널리 사용되는 키. 정사각형 단면은 축지름이 작은 경우, 직사각형은 축지름이 큰 경우에 사용
- 호칭방법 $b \times h \times l$
- 평행키(parallel key), 경사키(taper key, 경사 1/100) 등이있다.

② 안장키 (saddle key, 새들키)

- 축에는 키홈 가공X, 보스에만 1/100정도 기울기로 키홈을 판다.
- 축의 강도를 감소시키지 않고, 기어나 풀리를 임의의 위치에 고정할 수 있다.
- 마찰력만으로 회전력을 전달시키므로 큰 동력전달X

③ 평키 (falt key, 납작키)

- 보스에만 1/100 정도의 기울기로 키홈 가공
- 축방향으로 이동X

④ 미끄럼키 (sliding key, feather key, 페더키, 안내키)

- 보스가 축방향으로 미끄러져 움직일 수 있도록 되어있는 키.

- 회전속도가 느린 경우 사용 가능
- 기울기가 없고, 위아래가 각각 평행이다
- ⑤ 접선키 (tangential key)
 - 중심각이 120°가 되는 위치에 2개의 키를 한쌍으로 사용.
 - 2개의 키를 한 홈에 때려 박으면 단면이 직사각형이 되어 성크키보다 축의 강도를 덜 저하시킨다.
- ⑥ 케네디키
 - 중심각이 90°가 되는 위치에 2개의 키를 한쌍으로 사용
- ⑦ 반달키 (woodruff key, 우드러프키)
 - 축에 키홈이 깊게 가공되어 축의 강도가 약해지는 결점이 있다
 - 키가 자동적으로 죽과 보스사이에 자리를 잡는다.
 - 60mm이하의 작은축에 사용
 - 테이퍼축에 사용
- ⑧ 스플라인키 (spline key)
 - 축에 여러개의 키 모양의 톱니를 같은 간격으로 깎아낸 것
 - 축방향으로 이동 가능
 - 큰 토크 전달 가능 (선반의 변속장치, 클러치, 항공기, 공작기계 등)
 - 스플라인 키홈 숫자 4-20개
- ⑨ 세레이션 (serration)
 - 수많은 작은 삼각형의 스플라인
 - 같은 지름에서 스플라인 보다 큰 회전력 전달
 - 50mm이하의 작은 지름의 축에 사용

-전달력의 크기

세레이션 > 스플라인키 > 접선키 > 성크키 > 반달키 > 평키 > 안장키 > 핀키

(2) 문힘키의 설계

$$T = F \times \frac{D}{2} = W \times \frac{d}{2}$$

$$\tau = \frac{2T}{bld} \quad \sigma = \frac{W}{tl} = \frac{4T}{hld}$$

2. 핀

: 키의 대용으로 쓰이며 부품을 설치, 분해, 조립하는 경우 사용하는 반영구적인 결합

(1) 핀의 종류

① 평행핀

- 위치결정, 막대의 연결용으로 사용

② 테이퍼핀

- 1/50의 테이퍼가 달린 핀으로 부품을 고정시키는데 사용

- 호칭지름 : 핀의 가는 부분

③ 분할핀

- 너트가 풀어지는 것을 방지하거나 핀이 빠지는 것을 방지. 주로 너클이음에 사용

- 호칭지름 : 핀 구멍의 지름

- 연강, 탄소강, 구리 사용.

④ 스프링핀

- 세로방향으로 쪼개져 바깥지름보다 작은 구멍에 끼워 넣고, 스프링의 작용

(2) 핀 이음의 강도설계

$$\tau = \frac{P}{2A} = \frac{P}{2 \times \frac{\pi d^2}{4}}$$

3. 코터

: 뺄기로 된 강철편의 코터를 로드(rod)와 소켓(socket)을 연결한 수 수직으로 끼워 연결

: 압축하중을 받는 로드와 칼라를 설치한다

: 소켓이 갈라질 염려가 있을 때 지브 사용

(1) 코터의 경사각

- 일반적으로 1/20 사용
- 반영구적인 것 1/100
- 분해하기 쉬운 것 1/5 ~ 1/10

(2) 코터의 자립 조건

- 양쪽 기울기의 경우 : $\alpha < \rho$
- 한쪽 기울기의 경우 : $\alpha < 2\rho$

(3) 코터이음의 강도계산

$$\tau = \frac{P}{2bh}$$

chapter4 리벳이음

1. 리벳이음

(1) 리벳이음의 장단점

① 장점

- 열응력에 의한 잔류응력이 생기지 않으므로 취성파괴가 일어나지 않음
- 구조물 등에서 현장조립할 때 용접이음보다 쉽다
- 경합금과 같이 용접이 곤란한 접합에 유리하다

② 단점

- 리벳길이 방향으로 인장응력이 생기므로 길이방향의 하중에 약하다
- 영구적인 이음으로 분해시 파괴하여야 한다
- 리벳이음시 소음이 발생한다
- 기밀, 수밀의 유지가 곤란하다

(2) 리벳의 종류

머리와 자루로 이루어져 있으며 목밀으로부터 이벳자루길이(l)의 1/4 지점의 지름을 호칭지름으로 함

① 제조방법에 따른 분류

- 냉간성형리벳 : 호칭지름 1~13mm, 연강선재 사용
- 열간성형리벳 : 호칭지름 10~44mm, 압연선재 사용

② 용도에따른 분류

- 보일러용 리벳(강도+기밀) : 보일러, 고압탱크
- 저압용 리벳(기밀) : 물탱크, 저압탱크, 굴뚝
- 구조용 리벳(강도) ; 철교, 차량, 선박 등의 구조물

(3) 리벳의 재료

- 연강, 두랄루민, 알루미늄, 구리 황동, 저탄소강, Ni강 등 사용
- 일반적으로 결합시킬 판의 재료와 같은 계통을 사용하여 접촉전류에 의한 부식 방지
- 알루미늄 합금에 대해서 강이나 동합금의 리벳은 부식하므로 사용하지 않음

2. 리벳이음의 종류

(1) 판을 겹치는 방법에 의한 분류

① 겹치기 이음

- 결합할 두 판재를 직접 겹쳐 죄는 이음.
- 힘의 전달이 편심하중으로 된다
- 기체와 액체용기의 이음, 보일러의 원주방향 이음에 사용

② 맞대기 이음

- 결합할 두 판재의 양끝을 맞대어 리벳팅 하는 이음
- 동일 평면내에서 결합되어 마찰저항을 받는 면의 수가 2배로 증가
- 보일러의 세로방향이음에 사용

3. 리벳작업

(1) 리벳팅

- 펀치나 드릴을 사용하여 리벳구멍 뚫은 후 리머로 다듬질
- 리벳구멍은 리벳지름보다 1~1.5mm 크게 뚫는다
- 가열된 리벳생크를 끼우고 두드려 성형
- 리벳지름 25mm까지 손으로 작업 가능
- 리벳길이는 지름의 5배 이하로 하고, 접합부의 그림으로부터 1.3d~1.6d 정도로 길게 한다

(2) 코킹

- 고압탱크, 보일러 등과 같이 기밀을 필요로 할 때 리벳팅 후 작업
- 리벳머리의 주위, 강판의 가장자리를 정(chisel)으로 때려 밀착시켜서 틈을 없앤다
- 강판의 가장자리를 75°~85°정도 기울어지게 절단
- 5mm이하의 얇은 강판에는 코킹X ⇒ 베, 종이, 석면 등을 끼워 리벳팅(게스킷 작용)

(3) 플러링

- 기밀을 더욱 완전하게 하기 위해 플러링공구로 안쪽면 완전 밀착

4. 리벳이음의 강도

(1) 리벳의 강도

리벳의 전단강도 : $W = \tau \frac{\pi d^2}{4} n$ (양쪽 덮개판 맞대기 이음 n=1.8)

판의 인장강도 : $W = \sigma(p-d)t$

(2) 리벳이음의 효율

강판의 효율 : $\eta = 1 - \frac{d}{p}$, 리벳의 효율 ; $\eta = \frac{\tau \frac{\pi d^2}{4} n}{\sigma p t}$

chapter5 용접이음 (자세한건 기계제작법)

1. 용접의 개요

(1) 용접의 장점 - 리벳과 비교

- 재료가 절감된다 (리벳과 달리 겹치여유나 덮개판 불필요)
- 이음효율이 높다 (리벳은 30~50%, 맞대기 용접의 경우 100%도 가능)
- 기밀성이 높다 (리벳은 코킹이나 플러링이 필요하지만 용접은 X)
- 사용하는 판재의 두께에 제한이 없다
- 공정수를 줄일 수 있어 제작비가 싸다 (리벳은 리벳구멍뚫기, 가열하여 리벳팅, 코킹 플러링을 해야함)
- 소음이 없고 페인트 작업도 쉽게 할 수 있다 (리벳은 구멍작업, 머리성형 작업이 시끄럽다)
- 무게를 줄일 수 있다 (주조에 비해 설계가 자유롭다)
- 제품의 생산율이 좋고 보수도 쉽다 (주조품은 기공, 크랙등의 결함이 잘 나온다)

- 소량생산에 적합하며 제작일 단축 (목형의 비용이 들지 않아 소량생산 시 비용이 적다)
- 설비비가 적게 든다 (주조나 단조와 같이 비싼 대형설비X)
- 작업자 양성이 쉽다

(2) 용접의 단점

- 진동을 감쇠시키기 어렵다
- 용접부의 비파괴 검사가 어렵다
- 용접할 때 고열이 발생하면서 변형하기 쉽고, 잔류응력이 남으면 재질이 변화한다
- 용접의 최적조건을 벗어나면 결함이 발생하기 쉽고, 노치효과가 생긴다
- 응력집중에 민감하며 크랙이 발생했을 경우 위험하다

* 용접중 변형방지 : 가접

용접후 변형방지 : (숫)피닝

잔류응력 제거 : 풀림

2. 용접부와 용접기호

(1) 용접부의 구성

- 용착부 : 용접금속(모재+용착금속)
- 열영향부 : 용융X, 열에 의해 조직과 특성만 변화
- 용접부 : 용착부+열영향부
- 덧붙임 : 용접부의 표면에 치수이상으로 올라온 용착금속

(2) 용접부의 종류

- ① 그루브용접
- ② 필릿용접 : 직교하는 두 개의 면을 결합한 용접. 용접부 단면 삼각형
- ③ 비드용접 : 용접홈을 가공하지 않고 그대로 비드를 용착시켜 용접
- ④ 플러그용접 : 접합할 모재의 한쪽에 구멍을 뚫고 판의 표면까지 용접
- ⑤ 슬롯용접 : 가늘고 긴 홈에 비드를 붙이는 용접

3. 용접이음의 효율

$$\eta = \frac{\text{용접부의강도}}{\text{모재의강도}} = k_1 k_2$$

k₁ (형상계수) k₂ (용접계수)

4. 용접이음의 강도 설계

(1) 맞대기 용접이음

$$P = \sigma_t t l = \sigma_t a l \quad , \quad \sigma_b \frac{t l^2}{6} = M$$

(2) 필릿용접이음

$$\sigma_t = \frac{P}{a l} \quad , \quad \tau = \frac{P}{a l} \quad (a = h \cos 45^\circ)$$

chapter6 축

1. 축의 일반적인 사항

(1) 축의 종류

① 차축

- 굽힘모멘트만 받는 축, 동력전달X
- 정지차축 : 바뀌는 회전하지만 축은 회전X, 자동차축
- 회전차축 : 차륜과 차축이 함께 회전, 기차

② 전동축

-비틀림과 굽힘모멘트를 동시에 받음

③ 스피들축

- 주로 비틀림을 받음. 공작기계의 주축으로 사용

(2) 축의재료

- 저하중용 : 연강, 경강

- 고속, 고하중용 : 단강, Cr-Mo강, Ni강, Ni-Cr강, Ni-Cr-Mo강

chapter7 축이음

1. 축이음종류

(1) 커플링

- 운전중에 탈착 불가능. 분해하지 않으면 연결 분리 X

① 고정커플링

- 원통형커플링 ; 가장 간단한 구조

1) 머프커플링 : 주철제의 원통속에 두 축을 맞추고 키로 고정. 축지름과 하중이 작을 때 사용

2) 반중첩커플링 : 축의 끝을 약간 크게하여 기울여지게 중첩. 인장력이 작용하는 경우에 사용.

3) 마찰원통커플링 : 2개의 반원통에 주 축을 끼우고 2개의 링을 때려박아서 고정. 마찰력으로 토크전달

4) 분할원통커플링(클램프커플링) : 분할원통에 넣고 볼트로 채결

5) 셸러커플링 : 중앙으로 갈수록 지름이 가늘어진다. 3개의 볼트로 축을 고정

- 플랜지커플링 : 큰 축과 고속정밀도회전축에 적당

② 플렉시블 커플링

- 지동에의해 축이 일직선상이 아니어도됨. 회전축이 자유롭게 이동할 수 있게 한 것.

- 플랜지의 연결은 가죽, 고무 등 비금속재료의 탄성체의 탄성을 이용.

- 기어커플링 : 고속 및 큰토크에 사용

③ 올덤커플링

- 축선의 위치가 어긋나 있을 때 사용.

- 평행하거나 축간 거리가 가까운 경우

④ 유니버설커플링 (= 유니버설조인트, 혹조인트)

- 중심선이 어느각도($\alpha < 30^\circ$)로 마주치고 있을 때 사용

- 0.5회전을 주기로 중동축의 각속도 변화

(2) 클러치

- 두 축의 연결과 분리가 간단하게 되는 축이음

① 맞물림 클러치 (= 클로클러치, 독클러치)

- 회전을 확실히 전달할수 있지만 결합할 때 충격을 수반

- 회전수가 클때는 부적당

- 패더키를 이용하여 축방향으로 이동 가능

- 턱의 형태가 3각형과 4각형은 회전방향에 문제X, 스파이럴형과 톱니형은 한쪽방향으로만 회전

② 마찰클러치

- 원판클러치와 원추클러치가 대표적.

- 접촉면이 미끄러져 일정량 이상의 하중이 원동축에 걸리지 않으므로 안정장치의 역할함

- 마찰면의 한쪽은 금속, 다른면은 가죽, 고무, 아스베스트라이닝, 목재 금속 등을 사용

③ 유체클러치

- 펌프축을 원동기에, 터빈축을 부하에 결합하여 동력전달

- 원동기의 시동이 쉬우며, 과부하의 상태가 발생하더라도 원동기를 보호한다.

- 축의 비틀림 진동과 충격을 완화한다

- 자동변속이 가능하며 철도차량, 자동차, 선박, 건설기계 등의 주동력의 전달에 널리 사용

④ 일방향 클러치

- 한쪽방향의 토크만 전달
- 썩기모양의 공간속에 볼이나 롤러와 같은 전동체가 삽입

⑤ 원심클러치

- 블록이 드럼속에 코일스프링으로 연결되어있으며 어느 회전속도 이상으로 회전하면 원심력으로 블록이 종동축 내면에 접촉되어 마찰력으로 토크 전달

chapter8 베어링

1. 베어링의 개요

(1) 베어링과 저널

베어링 : 축의 회전을 원활하게 하며, 축을지지

저널 : 축 중에서 베어링과 접하는 부분

1) 저널의 종류

- 레이디얼저널 : 힘이 축에 직각방향으로 작용. (끝저널, 중간저널)
- 스러스트저널 : 힘이 축방향으로 작용. (피봇저널, 칼라저널)
- 테이퍼저널 : 약간의 추력 지지가능

2) 베어링의 종류

① 베어링의 특성 비교

	미끄럼베어링	구름베어링
마찰	유체마찰, 마찰계수가 크다. 기동마찰 크다	구름마찰. 마찰계수가 작다. 기동마찰 작다
형상치수	바깥지름은 작고 폭이 크다	바깥지름은 크고 폭이 작다
구조	간단	복잡
회전	고속회전	저속회전
내충격성	강하다	약하다
진동/소음	X	O
하중	고하중	저하중
규격	규격화X	규격화O, 호환성이 좋다
윤활장치	필요	불필요
기동토크	크다	작다
가격	저렴	고가

2. 미끄럼베어링

(1) 미끄럼베어링의 일반사항

1) 미끄럼베어링의 구조

- 베어링메탈 : 접촉면 마찰 감소
- 윤활부 : 윤활제를 베어링 접촉면에 공급, 마찰열 흡수/방출
- 베어링하우징 : 베어링메탈지지

2) 베어링메탈의 재료

- 화이트메탈 : Sn, Zn, Pb, Sb의 합금. 베닛메탈이라고도 부른다.
- 켈릿 : Cu, Pb의 합금.
- 카드뮴(Cd) 합금
- 오일리스베어링 : 금속분말을 가압, 소결하여 성형한 후 입자사이에 윤활유 스며들게한 것.
- 알루미늄 합금 : 마찰에 의해 산화피막을 형성하기 때문에 손상되기 쉽다.

3) 윤활방법

- 적하급유법 : 오일컵사용. 모세관현상이나 사이편작용으로 윤활유공급.
- 링급유법 ; 축에 오일링을 걸쳐놓아 회전하면서 윤활유를 위쪽으로 공급. 저속회전X
- 패드급유법 : 패드의 모세관작용을 이용하여 급유. 철도차량용에 쓰인다.

- 비말급유법 : 크랭크축에 급유할 때 사용. 크랭크축에 붙어있는 국자가 오일을 퍼올린다.
- 순환급유법 : 펌프의 압력 이용.

4) 베어링계수 $\frac{\eta N}{p}$ 가 크면 유막이 두껍게 되어 유체윤활.

(2) 저널의 설계

베어링 압력 $p = \frac{F}{dl}$

끝저널 : $M = \frac{Pl}{2}$ 중간저널 : $M = \frac{Pl}{8}$

발열계수(=압력속도계수,pv) , 베어링 온도는 60°C를 안넘도록 한다.

3. 구름베어링

(1) 구름베어링의 구조

- 내륜, 외륜, 볼 또는 롤러, 리테이너로 구성. 내륜에 접하는부분(저널), 외륜에 접하는부분(하우징)

1) 볼베어링

- 깊은 홈 볼베어링 : 가장널리사용, 내륜외륜 분리 불가
- 자동조심 볼베어링 : 자동적으로 중심을 맞추고 조정하는 조심성. 축과 하우징에 처짐이 생기는 경우

2) 롤러베어링 ; 볼베어링보다 저속하중, 큰 충격에 적당

- 원추롤러베어링 : 기울기6~7°, 접촉각 12~16°
- 니들베어링 ; 롤러지름 2~5mm , 리테이너 없음. 자동차크랭크축에 사용

3) 소형베어링 : 바깥지름 9mm이하. 내륜을 생략하고 축을 내륜대신.

(3) 구름베어링의 규격

- 첫 번째 숫자 : 형식기호 (1,2,3,4 : 복렬자동조심, 6: 단열깊은홈, 7: 단열앵굴러, N: 원통)
- 두 번째 숫자 : 치수계열기호 (0,1: 특별경하중, 2: 경하중, 3: 중간하중, 4: 고하중)
- 세, 네 번째 숫자 : 안지름 번호 (0~9 : 그대로, 00: 10mm , 01: 12mm, 02: 15mm , 03: 17mm , 04~: *5)
- C0 : 틈새기호 - P0 : 등급기호

(4) 구름베어링의 설계

- 베어링수명 : 피로박리가 발생할 때 까지 총 회전수
- 정격수명 : 90% 이상의 베어링이 피로에 의한 손상이 생기지 않을 때까지의 총회전수나 시간
- 기본정격부하용량 : 베어링이 정지하고있을 때 견딜 수 있는 최대하중. 영구변형량의 합이 전동체 지름의 1/10000 이내가 되도록 한 정지하중.
- 기본동적부하용량 : 베어링이 회전하고있을 때 견딜 수 있는 최대하중. 외륜을 고정하고 내륜 회전시 10⁶회전, 33.3rpm , 500hr의 수명을 주는 일정하중

1) 수명계산식

정격수명 : $L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^r \times 10^6$ (볼베어링 : r=3, 롤러베어링 : $r = \frac{10}{3}$)

수명시간 : $L_h = 500 \times \frac{33.3}{N} \times \left(\frac{C}{P}\right)^r = 500 f_n^r \left(\frac{C}{P}\right)^r = 500 f_h^r$

2) 동등가하중

- 레이디얼 동등가하중 : 레이디얼하중+스러스트하중

$P = XVP_r + YP_t$

- 스러스트 동등가하중 : 스러스트하중+레이디얼하중, 호칭접촉각 $\alpha \neq 90^\circ$ 의 스러스트베어링

$P = XP_r + YP_t$

3) 한계속도지수 (dN)

chapter9 마찰차

1. 마찰차의 개요

- 동력전달장치 - 직접전달장치 : 마찰차, 치차
 - 간접전달장치 : 벨트, 로프, 체인

1) 마찰차의 적용범위

- 전달하여야 할 힘이 크지않고, 속비가 중요시 되지 않는 경우
- 회전비가 커서 기어를 사용할 수 없는 경우
- 양축사이를 단속할 필요가 있는 경우
- 무단변속을 시키는 경우

2) 마찰차의 종류

- 원통마찰차 : 주축이 평행하고 원통형 바퀴
- 홈마찰차 : 두축이 평행하고 원통형바퀴의 접촉면에 V자 홈
 - 홈의 깊이가 깊을수록 소음이 심해지므로 깊이를 되도록 작게 해야함.
 - 양 바퀴를 모두 주철로 만듦. $2\alpha=30\sim40^\circ$
- 원추마찰차 : 두축이 일정한 각도로 교차
- 무단변속마찰차 : 원판, 원추, 구면 에반스(링사용) 마찰차. 원통마찰차X

3) 마찰차의 특성

- 확실한 회전운동의 전달과 강력한 동력의 전달은 불가능
- 소음X 조용하다
- 일정한 속도비 곤란
- 효율이 안좋음

4) 마찰차의 재질

원동차(나무, 판자, 고무, 가죽), 종동차(주철, 강, 황동, 청동)

2. 원통마찰차

$$\text{속비} : i = \frac{N_b}{N_a} = \frac{D_a}{D_b} \quad , \quad \text{중심거리} : C = \frac{D_a \pm D_b}{2}$$

chapter10 기어

1. 기어의 개요

1) 기어의 특징

- 축간거리가 짧고 큰 감속을 얻을 수 있다
- 정확한 속도비로 큰 동력 전달
- 전동효율이 높다
- 소음과 진동이 발생
- 좁은장소에도 설치가능

2) 기어의 종류

- 평기어 : 가장 많이 쓰임
- 헬리컬기어 : 평기어보다 이의 물림 원활, 진동과 소음 적음. 축방향 추력발생
- 더블헬리컬기어 : 헬리컬기어의 결점인 추력을 없앴
- 직선베벨기어 : 이끝과 피치원추의 모직선과 일치
- 스파이럴베벨기어 : 비틀어져있는 베벨기어. 조용하게 회전한다.
- 마이터기어 : 직각인 두 축간의 운동 전달
- 크라운기어 : 피치면이 평면인 베벨기어
- 나사기어 : 비틀림각이 다른 헬리컬기어. 평행하지도, 교차하지도 않는 축사이 운동 전달

- 원통웜기어 ; 큰 감속비를 얻을 수 있다.
- 하이포드기어 : 베벨기어의 축을 엇갈리게 한 것. 자동차의 차동기어장치의 감속기어로 사용

3) 치형곡선

① 사이클로이드 곡선

- 구름원의 한 점이 그리는 궤적.
- 속비가 정확하다
- 마멸과 소음이 적다
- 잇면의 마멸이 균일
- 효율이 높다
- 가공이 어렵고 호환성이 작다로이드 곡선
- 압력각 불일정

②인벌류트 곡선

- 실의 한끝을 잡아당기면서 풀어나갈 때 실의 한 점이 그리는 궤적
- 치형의 가공이 쉽다
- 정밀도가 크고 호환성이 좋다
- 축간거리가 변하여도 속도비에 영향이없다
- 이뿌리가 튼튼하다
- 마멸과 소음이 크다
- 압력각 일정

2. 평기어(= 표준기어, 스퍼기어)

1) 기어의 각 부 명칭

2) 이의크기

$$D = mZ, pZ = \pi D, p_d = \frac{1}{m} [inch] = \frac{25.4}{m} [mm]$$

3) 이의간섭과 언더컷

① 이의 간섭 : 이끝이 피니언의 이뿌리에 부딪혀서 회전할 수 없게 되는 현상

*원인

- 피니언의 잇수가 적을 때
- 잇수비가 너무 클 때
- 압력각이 작을 때
- 유효이높이가 높을 때

*방지책

- 이뿌리면을 파낸다
- 이끝면을 깎아낸다
- 압력각을 크게한다(20° 이상)

② 언더컷(절하)

- 이의 간섭으로 인해 이뿌리를 깎아내어 이뿌리가 가늘어지는 현상
- 방지법 : 이의간섭방지법 + 전위기어를 만든다, 한계잇수 이상으로 한다

* 한계잇수 : $Z_g \geq \frac{2}{\sin^2 \alpha}$

4) 물림률(=접촉률)

$$\epsilon = \frac{\text{원주호의길이}}{\text{원주피치}} = \frac{\text{물림길이}}{\text{법선피치}} > 1$$

- 물림율은 1보다 커야한다
- 물림율이 클수록 진동과 소음이 적고, 기어의 수명이 길게된다

5) 미끄럼률

- 피치원에서는 구름접촉, 다른점에서는 미끄럼접촉+구름접촉

- 사이클로이드 치형에서는 피치점의 앞,뒤에서 미끄럼률 일정. 잇면에 비교적 고르게 분포
- 인벌류트 치형에서는 미끄럼률 피치점에서 0, 양끝으로 갈수록 커짐.

* 압력각을 크게 할 때 미끄럼률과 물림률의 관계

- | | |
|------------------|---------------|
| - 언더컷을 방지할 수 있다 | - 베어링 하중 증가 |
| - 물림률이 감소된다 | - 치면의 곡률반경 증가 |
| - 치면의 미끄럼률이 감소된다 | - 치의 강도 증가 |

6) 백래시 (뒤튐, 엽새, 치면놀이)

- 기어의 회전을 원활히 하기위해 이와 이사이 틈새
- 윤활유를 치면에 골고루 분포
- 너무크면 소음과 진동의 원인. 작은편이 좋다

7) 표준기어와 전위기어

- 물림길이 감소, 언더컷을 방지하기 위해 기준피치선 이동하여 절삭
- 중심거리 자유롭게 조절 가능
- 이의 강도 개선

8) 스퍼기어의 설계

① 루이스의 굽힘강도식

- 치를 한 개의 외팔보로 가정하고 굽힘에 대한 강도 계산
- 물림률은 1로하고, 전체하중이 1개의 이에 작용
- 전체하중이 이끝에 작용한다
- 포물선형 균일강도의 외팔보로 가정

② 헤르츠의 면압강도식

- 치면 접촉부에 압력이 과대하게 작용하지 않도록 해야함
- 하중이 작고 마멸이 적은 경우 굽힘강도, 장시간에 걸쳐 하중이 작용하는 경우 면압강도 고려

3. 헬리컬기어

1) 개요

① 헬리컬기어의 특징

- 진동과 소음이 작고 고속운전에 적합
- 물림률이 커서 큰 동력 전달 가능
- 축의 중심거리 조정가능
- 축방향에 추력이 생성 -> 스러스트베어링 필요
- 큰 회전비를 얻을 수 있음

4. 워기어

- 감속비를 아주크게 가능하므로, 감속장치, 공작기계의 분할기구등에 사용

1) 특징

장점

- 작은용량으로 큰 감속비
- 부하용량이 크다
- 역전 방지
- 소음, 진동 작다

단점

- 잇면의 미끄럼이 크고 효율이 낮다
- 워휠 연삭 불가능
- 교환성이 없다
- 특수공구가 필요하다

chapter11 감아걸기전동요소

1. 벨트전동

- (1) 펑벨트 ; 정확한 속도비X, 큰 하중이 작용하였을 때 미끄럼에 의한 안전장치의 역할, 비교적 조용

1) 벨트의 종류

- 레이스벨트 : 가는등근벨트, 소형공작기계, 미싱에 사용
 - 타이밍벨트 : 접촉면에 치형을 붙여 미끄러움이나 속도변동 거의 없음. 소형자동기계, 자동차엔진의 크랭크축에 사용
- 2) 평벨트폴리
- 크라운폴리 ; 벨트를 거는 림의 중앙을 높게하여 벨트가 안벗겨지도록함. (벨트가 지름의 큰쪽으로 이동)
 - 인장폴리 : 원동차, 전동차의 지름차이가 크면 접촉각이 작아지고, 효율이 낮아지는데 이를 방지

3) 평벨트 거는법

① 바로걸기

- 아래쪽이 긴장측 장력 -> 접촉각증가 -> 동력전달증가
- 접촉각 한쪽은 180°보다 작고, 다른 한쪽은 180°보다 큼

② 엇걸기 (십자걸기)

- 양쪽의 접촉각이 모두 180°보다 크다
- 바로걸기에 비하여 고속운전이 가능하며 폭이 좁은 벨트 사용

* 벨트 결함

- 크리핑(creeping) : 벨트의 탄성에 의한 미끄러짐
- 플래핑(flapping) : 고속으로 벨트 전동시 벨트가 파도치는 듯한 현상
- 벨트의 두께, 미끄러움, 크리핑, 플래핑 등의 현상에 의해 속비 2~3% 늦어짐

*벨트의 길이 : $L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$

4) 평벨트의 장력과 전달동력

- 유효장력 $P_e = T_t - T_s$
- 초기장력 $T_0 = \frac{T_t - T_s}{2}$

(2) V벨트

- 운전중 소음, 진동이 적다. 충격완화
- 축간거리 짧아도 된다.
- 큰 속도비
- 베어링 부담하중 작다
- 효율높다 (95%정도)
- V벨트의 치수 $\alpha = 40^\circ$
- V벨트 폴리는 홈에 끼워 전동하므로 40°보다 작음 (34°, 36°, 38°)
- 작은장력으로 큰 회전력
- 고속운전 가능
- 바로걸기만 가능
- 길이조정 불가능

2. 로프전동장치

장점

- 긴거리 동력전달 가능
- 큰 전동에도 폴리너비를 작게가능
- 큰 동력전달에 벨트전동보다 유리
- 벨트에 비해 미끄러움 작음
- 고속운전에 적합
- 경로가 직선이 아니어도 가능

단점

- 장치가 복잡하다
- 절단되었을 때 수리가 곤란
- 미끄러움이 적으나 전동이 불확실

1) 로프의 꼬는 방법

① 보통꼬임

- 스트랜드와 소선의 꼬임이 서로 반대, 접촉면적이 적고 마멸이 빠름, 풀리지 않음

② 랭꼬임

- 스트랜드와 소선의 꼬임이 같은방향, 내구성 좋음. 유연성 좋음. 풀리기 쉬움

③ Z꼬임(오른나사)

④ S꼬임(왼나사)

2) 로프폴리

휨의각도 45°, 와이어로프(D≥50d), 대마로프(D≥40d), 면로프(D≥30d)

3) 로프거는방식

① 병렬식(단독식, 영국식) : 여러개의 로프를 독립적으로 감는 방식

- 하중 고르게 분배. 1가닥 끊어져도 운전가능, 진동발생, 초기장력 같게하기 힘들

② 연속식(미국식) : 긴 로프 1가닥을 여러번 감는 방식

- 장력이 전체로프에 균등, 로프가 끊어지면 운전 불가능, 비쌘

3. 체인전동장치

1) 체인의 특징

-장점

일정한 속비 (미끄럼X)

초기장력X (벨트는 초기장력필요)

효율95% 이상 (벨트나 로프보다 우수)

길이 조절 가능

-단점

진동, 소음이 심하다

고속회전X, 전달정확도X

윤활 필요

2) 체인의 종류

① 롤러체인 : 가장널리사용

② 부시체인 : 롤러와 부시를 일체로

③ 오프셋체인 : 구부린 오프셋 형상. 중하중, 저속전동용

④ 핀틀체인 : 링크와 핀삽입부를 일체로 주조 후 핀으로 연결

⑤ 사일런트체인 : 소음이 가장 적다. 고속, 중하중용. 가격이 비쌘

⑥ 리프트체인 : 승강기용, 평형용, 동력전달용

⑦ 블록체인 : 블록과 플레이트의 링크를 핀으로 연결. 저속전달에 적당

3) 롤러체인의 구조

체인의 링크수: 짝수(홀수일땐 오프셋링크 사용) , 스프로킷 휠 잇수: 홀수(17개이상)

chapter13. 스프링

1. 스프링의 형상에 의한 분류

① 코일스프링

② 겹판스프링 : 판을 여러장 겹쳐서 사용. 자동차 현가장치

③ 스파이럴스프링 : 얇은 판을 감아 만듦. 시계태엽

④ 토션바 : 원형봉에 비틀림모멘트. 자동차의 현가장치

⑤ 벌류트스프링 : 스파이럴스프링 잡아당긴모양(죽순모양), 오토바이 완충용

2. 코일스프링

$$\tau = \frac{8PDK}{\pi d^3} \quad (K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}, C = \frac{D}{d}), \quad \delta = R\theta = \frac{8nPD^3}{Gd^4}$$

3. 겹판스프링

1) 외팔보형 겹판스프링

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{Pl}{\left(\frac{Bh^2}{6}\right)} = \frac{6Pl}{nbh^2}, \quad (B = nb), \quad \delta = \frac{6Pl^3}{nbh^3E}$$

2) 단순보형 겹판스프링

$$\sigma = \frac{6(P/2)(l/2)}{nbh^2} = \frac{3Pl}{2nbh^2}, \quad \delta = \frac{6(P/2)(l/2)^3}{nbh^3E} = \frac{3Pl^3}{8nbh^3E}$$