



기계요소설계1

기계요소설계1

제1장 기계설계 기초

1. 하중/응력/변형을

(1) 하중 (load)

1) 정하중(=사하중) : 물체에 작용하는 하중의 크기와 방향이 시간에 따라 변하지 않는 하중

① 수직하중(=법선하중) : 단면에 대해 수직하게 작용
~ 인장하중 (P_t) , 압축하중 (P_c)

② 전단하중(=접선하중) : 단면에 대하여 평행하게 작용

③ 비틀림하중 : 전단하중의 일종

④ 굽힘하중 : 수직하중의 일종

1. 하중/응력/변형률

(1) 하중 (load)

2) 동하중(=활하중) : 물체에 작용하는 하중의 크기와 방향이 시간에 따라 변하는 하중

① 반복하중 : 하중의 크기와 방향이 일정하게 반복하는 하중
(=편진하중)

② 교번하중 : 하중의 크기와 방향이 주기적으로 변화하는 하중
즉, 인장력과 압축력이 주기적으로 반복
→ 파괴를 일으키기 가장 쉽다

③ 변동하중 : 진폭과 주기가 불규칙하게 변하는 하중

④ 충격하중 : 짧은 시간에 갑자기 작용하는 하중

⑤ 이동하중 : 물체 위에서 이동하면서 작용하는 하중

1. 하중/응력/변형률

(2) 응력(stress) : $\frac{P}{A}$ (N/m², Pa, kg_f/m^2)

~ 단위 면적(A)당 작용하는 힘(P) 즉, 힘의세기



1) 수직응력 (σ)

① 인장응력 : $\sigma_t = \frac{P_t}{A}$

② 압축응력 : $\sigma_c = \frac{P_c}{A}$

여기서 **A** : 파괴 가상면적

2) 전단응력 (τ) : $\tau = \frac{P_s}{A}$

(3) 변형률(strain, 변형도)

~ 변형전의 치수에 대한 변형량의 비

1) 종변형률(=세로변형률) : ε



$$\varepsilon = \frac{\lambda}{l}$$

여기서 λ : 종변형량 (큰길이-작은길이)

1. 하중/응력/변형률

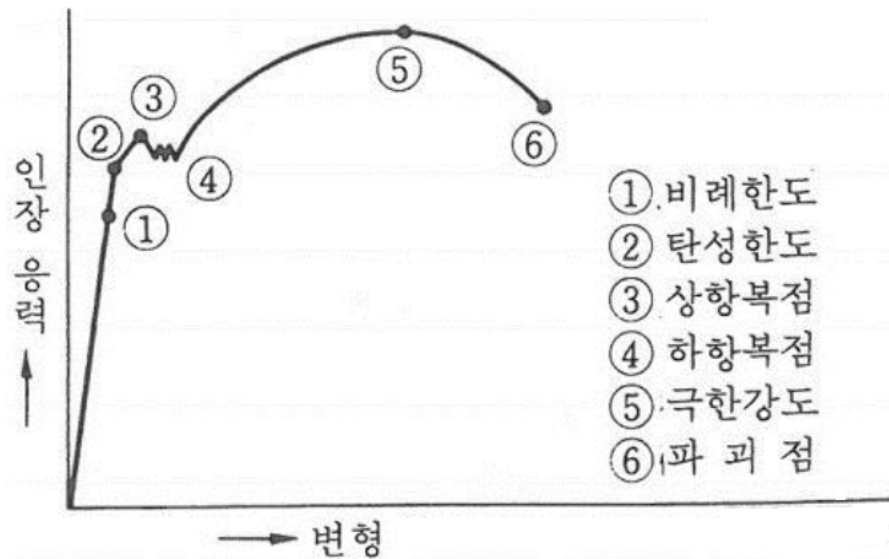
2) 횡변형률(=가로변형률) : ε'

$$\varepsilon' = \frac{\delta}{d}$$

여기서 δ : 횡변형량 (큰직경-작은직경)

(4) 응력 변형률 선도

~ 기계 구조물에서 가장 널리 사용하는 연강의 인장시험 결과.



순서 꼭 기억할 것~!!!



③ 잔류응력 : 소성영역까지 변형시킨 후 하중을 제거해도 변형된 물체에

계속해서 남아있는 응력

Ⓐ 표면에 남아있는 인장 잔류응력은 피로수명 파괴 강도를

저하시킨다.

Ⓑ 금속 상(phase)의 변화나 물체내의 온도 구배에 영향을 받는다.

Ⓒ 풀림처리 또는 소성 변형을 추가하는 방법으로 감소 또는 제거시킬

수 있다.

Ⓓ 실온에서도 충분한 시간을 두고 방치하면 줄일 수 있다.

(5) 훅의 법칙 (Hook's law)

~ 탄성한도 내에서 응력과 변형률은 비례한다.

(“연강”의 경우, 비례한도)

1) 수직응력 (σ) 인 경우 : $\sigma = E \cdot \epsilon$

또한, $\sigma = \frac{P}{A} = E \cdot \frac{\lambda}{L}$ 에서

$$\lambda = \frac{PL}{AE}$$

2) 전단응력 (τ) 경우 : $\tau = G \cdot \gamma$

(6) 푸아송비 : μ 또는 ν

$$\mu(= \nu) = \frac{\epsilon'}{\epsilon} = \frac{1}{m} \leq 0.5$$

(7) 허용응력 (σ_a) 과 안전률 (S)

1) 허용응력 (σ_a) : 부품설계시 사용되는 응력의 최대 허용치

극한강도 (σ_u) > 항복점강도 (σ_{yp}) >

탄성한도 (σ_e) > 허용응력(σ_a) \geq 사용응력 (σ_w)

2) 안전률(=안전계수 : S)

$$\text{안전률 } S = \frac{\text{기준강도}}{\text{허용응력 } (\sigma_a)} > 1$$

여기서, 기준강도 선정 : 사용상태에서의 부식, 하중의 종류나 성질,

부재의 형상, 온도의 영향(열응력) 재료의 성질 및 신뢰성, 수명,

충격등을 고려

- ① 항복점 : 정하중이 작용하는 연강과 같은 연성 재료일 때
- ② 극한강도 : 정하중이 작용하는 주철과 같은 취성 재료일 때
- ③ 피로한도 : 반복하중 작용시
- ④ 크리프한도 : 고온에서 정하중이 작용할 때
- ⑤ 좌굴응력 : 좌굴이 예상되는 긴 기둥(=장주)을 사용할 때

“강의 안전률(S)” 정하중 $S=3$

반복하중 $S=5$

교번하중 $S=8$

충격하중 $S=12$

- ① 항복점 : 정하중이 작용하는 연강과 같은 연성 재료일 때
- ② 극한강도 : 정하중이 작용하는 주철과 같은 취성 재료일 때
- ③ 피로한도 : 반복하중 작용시
- ④ 크리프한도 : 고온에서 정하중이 작용할 때
- ⑤ 좌굴응력 : 좌굴이 예상되는 긴 기둥(=장주)을 사용할 때

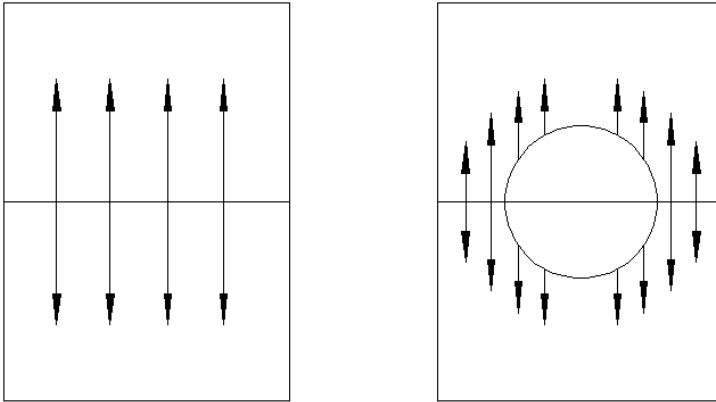
“강의 안전률(S)” 정하중 $S=3$

반복하중 $S=5$

교번하중 $S=8$

충격하중 $S=12$

(8) 응력집중



; 단면현상이 변하는 곳에서 응력이 집중되어 나타나는 현상

Ex) 노치, 구멍(hole), 키홈, 단(step), 등을 가공할 때

① 응력집중계수 : $\alpha_k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{av}(=\sigma_n)}$

σ_{max} : 최대응력
 $\sigma_{av}(=\sigma_n)$

-> 응력집중계수 (α_k)는 재료의 크기, 재질에는 관계가 없고, 노치의 현상 작용하는 하중의 종류에 따라 달라진다.

② 응력집중 경감법

Ⓐ 필렛(fillet)부의 곡률 반지름을 크게하거나 단면의 변화가 완만하게 변화하도록 테이퍼 지게한다.

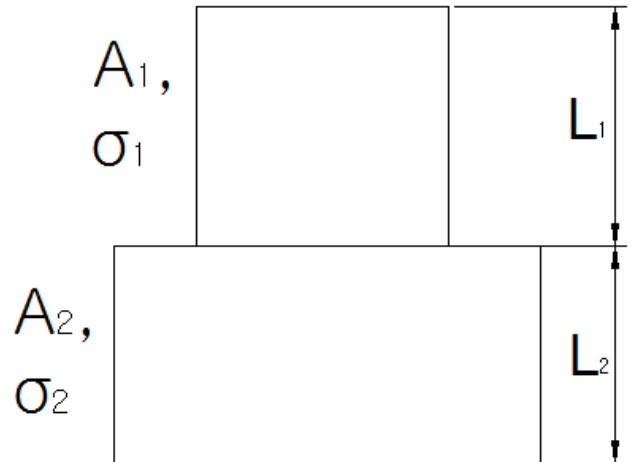
Ⓑ 축단부 가까이에 2~3단의 단부를 설치하여 응력의 흐름을 완만하게 한다.

Ⓒ 단면변화 부분에 보강재를 설치하거나 숏피닝, 롤러, 압연처리 및 열처리를 한다.

4. 재료의 정역학

- ① 조합단면 ---직렬조합 단면
 ---병렬조합 단면

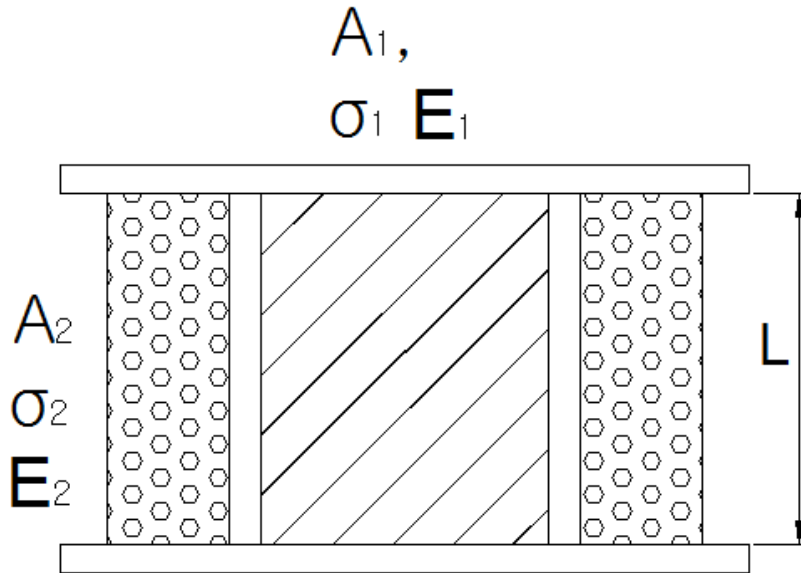
Ⓐ 직렬조합단면



$$\sigma_1 = \frac{P}{A_1}$$
$$\sigma_2 = \frac{P}{A_2}$$
$$\lambda_1 = \frac{PL_1}{A_1 E}$$
$$\lambda_2 = \frac{PL_2}{A_2 E}$$

4. 재료의 정역학

㉞ 병렬조합단면



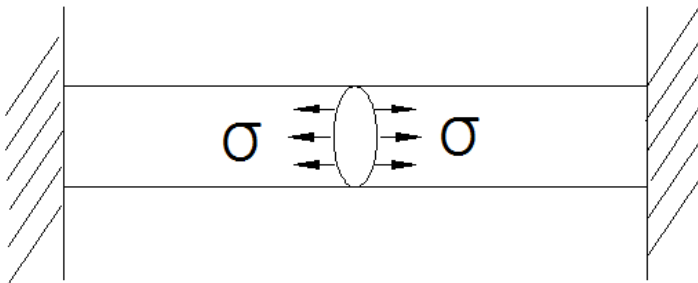
$$\sigma_1 = \frac{PE_1}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$\sigma_2 = \frac{PE_2}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$\text{변형률 } \varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \frac{P}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$\text{변형량 } \lambda = \varepsilon l = \frac{Pl}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

㉞ 열응력 ★★



$$\sigma = E \propto \Delta t$$

$$\varepsilon = \propto \Delta t$$

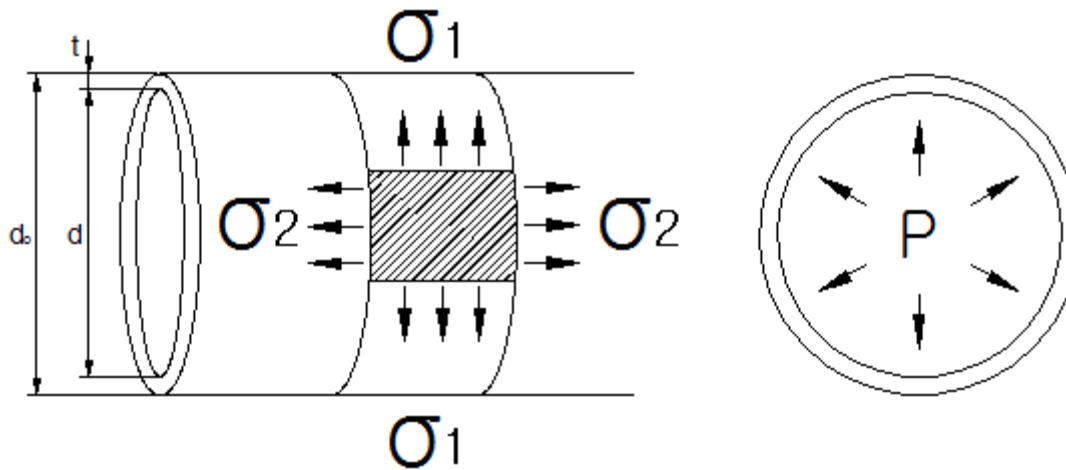
$$\lambda = \propto \Delta t l$$

$$P = E \propto \Delta t A$$

③ 수직응력(σ)에 의한 탄성에너지 (U)

$$U = \frac{1}{2} P \lambda = \frac{1}{2} P \frac{Pl}{AE} = \frac{P^2 l}{2AE}$$

④ 내압을 받는 얇은 원통 ★★



원주방향응력 $\sigma_1 = \frac{Pd}{2t}$

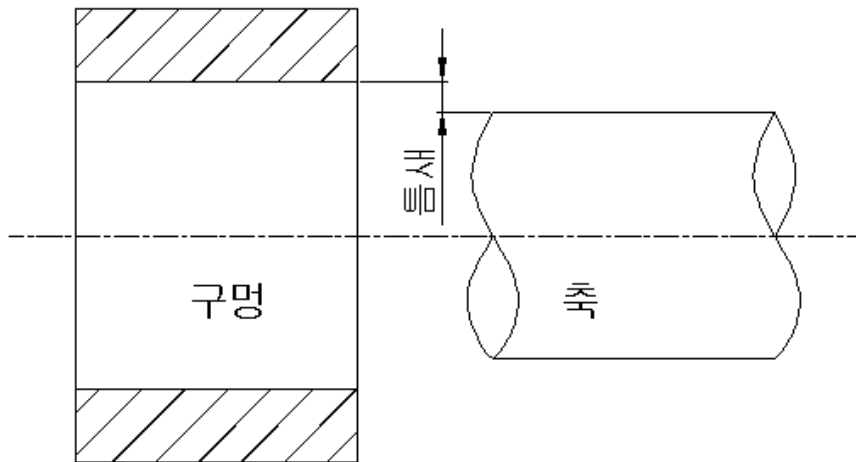
세로방향(=축방향) 응력 $\sigma_2 = \frac{Pd}{4t}$

5. 공차와 끼워맞춤

① IT공차 등급의 적용 ★★

용도	구멍	축
게이지공차	IT01~IT05	IT01~IT04
끼워맞춤 기계부품 공차	IT06~IT10	IT05~IT09
끼워맞춤이 없는 부분공차	IT11~IT18	IT10~IT18

② 끼워맞춤 ★★★



① 헐거운 끼워맞춤 : 틈새가 존재

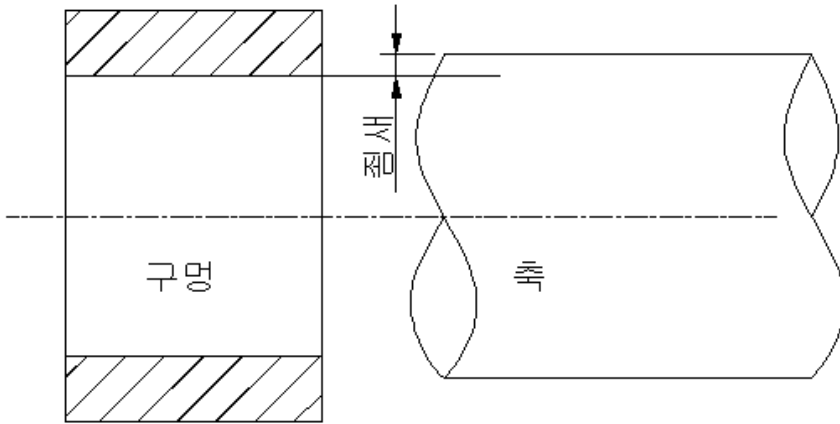
1) 최대틈새 :

구멍의 최대치수-축의 최소치수

2) 최소틈새 :

구멍의 최소치수-축의 최대치수

② 끼워맞춤



⑥ 억지끼워맞춤 : 짐새가 존재

1) 최대짐새 :

축의 최대치수-구멍의 최소치수

2) 최소짐새 :

축의 최소치수 - 구멍의 최대치수

⑦ 중간끼워맞춤 : 틈새와 짐새가 모두 존재

③ 기하공차 ★

Ⓐ 도면에 지정되는 대상물의 모양/자세/위치의 편차 흔들림의 허용값 등을 표시한다.

Ⓑ 특별한 지시가 없는 한 치수공차를 규제하지 않는다.

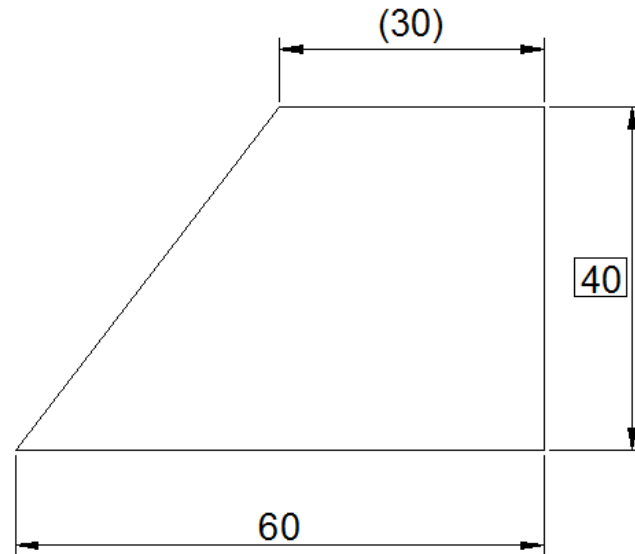
Ⓒ 기능상의 요구 호환성등에 의거하여 필요한 곳에만 지정한다.

* 기하공차의 종류와 기호

공차 종류	특성 종류	기호	데이터 지시여부	참조
모양공차 (Form)	진직도(Straightness)	—	없음	18.1
	평면도(Flatness)		없음	18.2
	진원도(Roundness)	○	없음	18.3
	원통도(Cylindricity)		없음	18.4
	선의 윤곽도(Profile of line)	∩	없음	18.5
	면의 윤곽도(Profile of surface)	∪	없음	18.7
자세공차 (Orientation)	평행도(Parallelism)	//	필요	18.9
	직각도(Perpendicularity)	⊥	필요	18.10
	경사도(Angularity)	∠	필요	18.11
	선의 윤곽도(Profile of line)	∩	필요	
	면의 윤곽도(Profile of surface)	∪	필요	
위치공차 (Location)	위치도(Position)		필요 또는 없음	18.12
	동심도(또는 동축도)	◎	필요	18.13
	대칭도(Symmetry)	≡	필요	18.14
	선의 윤곽도(Profile of line)	∩	필요	18.6
	면의 윤곽도(Profile of surface)	∪	필요	18.8
흔들림 (Run-out)	원주 흔들림(Circular run-out)		필요	18.15
	온 흔들림(Total run-out)		필요	18.16

④ 도면의 기호표시 ★★

- 지름 : \varnothing → 구의 지름 : S \varnothing
- 반지름 : R → 구의 반지름 : SR
- 정사각형의 변 : \square
- 이론적으로 정확한 치수 :
- 두께 : t
- 45° 모따(떼)기 : C
- 원호의 길이 : \frown
- 참고치수 : ()



⑤ 강재기호

- ① SS400 : 일반구조용 압연강재 / 최저인장강도 = 400N/mm^2 (=Mpa)
- ② SWC520C : 용접구조용 압연강재 / 최저인장강도 = 520N/mm^2 (=Mpa)/ C종
- ③ SCM3 : 크롬-몰리브덴 강재 / 3종
- ④ SF400 : 탄소강 단조품 / 최저인장강도 400N/mm^2 (=Mpa)
- ⑤ SM30C : 기계구조용 탄소강재 / 탄소함유량 0.3%
- ⑥ SC360 : 탄소강주강품 / 최저인장강도 360N/mm^2 (=Mpa)
- ⑦ GC200 : 최저인장강도 = 200N/mm^2 (=Mpa)
- ⑧ BrC3 : 청동주물 / 3종

제2장 나사(screw)

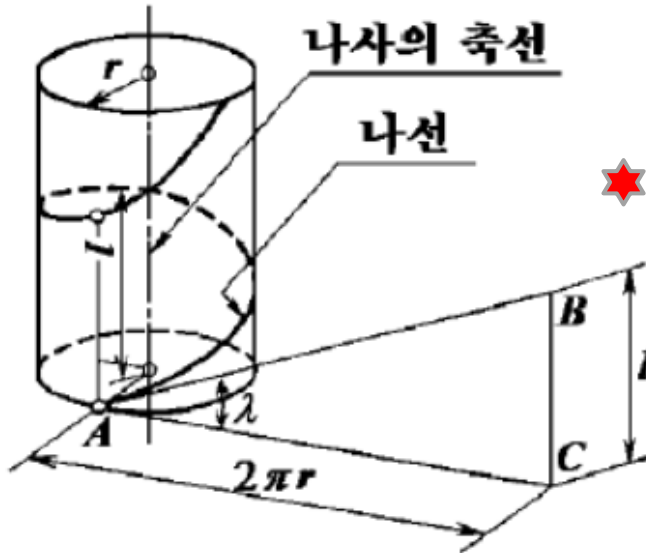
1. 나사

(1) 나사의 일반적 사항

유효지름 : d_e

리드각(=경사각, = 나선각) : λ

여기서 l : 리드(lead) - 나사를 1회전 시켰을 때 축 방향으로 나아간 거리



$$l = np$$

n = 줄수
 p = 피치(pitch)

If 1줄나사 ($n=1$) : $l = p$

2줄나사 ($n=2$) : $l = 2p$

$$\therefore l \geq p$$

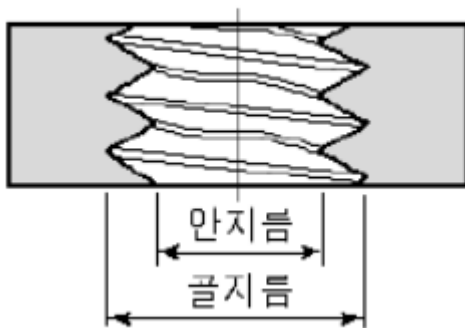
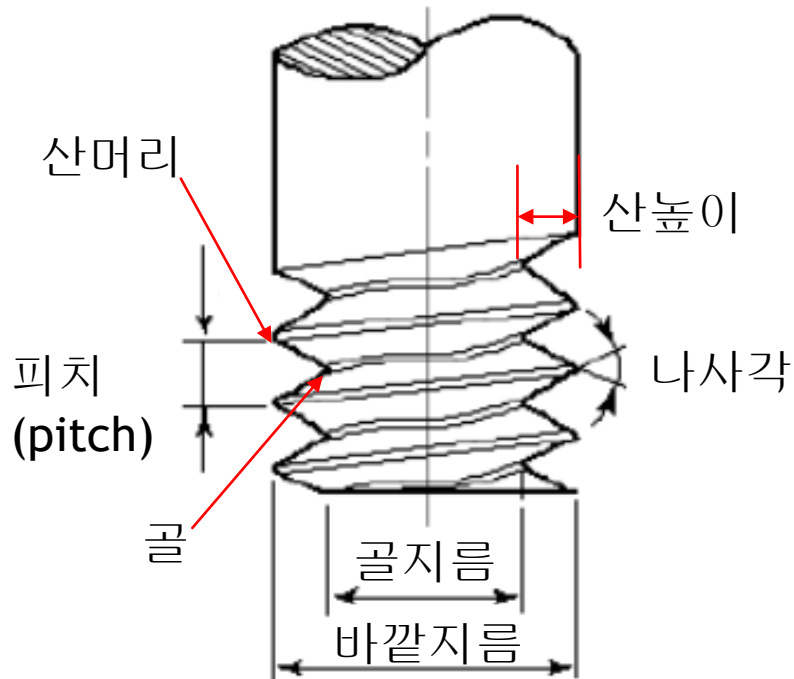


$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi d_e}$$

If 1줄나사 ($l = p$) : $\tan \lambda = \frac{p}{\pi d_e}$

2줄나사($l = 2p$) : $\tan \lambda = \frac{2p}{\pi d_e}$

(2) 나사의 각부명칭



Cf. 수나사(bolt) - 호칭지름 : 수나사의 바깥지름
암나사(nut) - 호칭지름 : 결합되는 수나사의 바깥지름

Cf. 오른나사 : 축방향에서 볼 때 시계방향
왼나사 : 축방향에서 볼 때 반 시계방향

바깥지름 (=외경) : $d_2 = d$

골지름 : d_1

유효지름 : d_e

(3) 나사의 종류와 용도



① 체결용(=결합용)나사 : 주로 삼각나사가 사용

Ⓐ 미터나사(M) : 나사각 $\alpha = 60^\circ$

호칭치수 : mm단위

종류 : 미터보통나사 (ex. M20) - 바깥지름이 20mm 체결용

미터가сна사 (ex.M20x1.5) - 바깥지름이 20mm, 피치1.5mm

Ex) 원 2 줄 M8 x 1 - 2

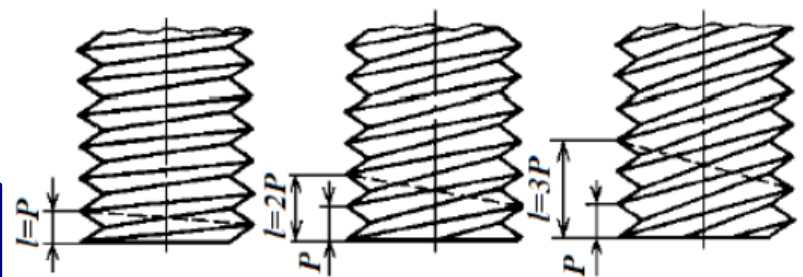
정밀도 2급

미터가сна사(8mm에 피치 1)

2줄

원나사

오른나사와 1줄나사는 표시가 없다(생략)
두줄나사는 2줄 또는 2N으로 표시



③ 유니파이나사 (=ABC나사=세계표준나사 : 미국, 영국, 캐나다)

나사각 $\alpha = 60^\circ$

호칭치수 : inch단위

종류 : [유니파이 보통나사 (UNC)

[유니파이 가는나사 (UNF) : 인장강도가 더 크다

Ex) $\frac{5}{8}$ - 16 UNC

유니파이 보통나사

1inch 당 나사산 수 16개 (피치가 16개)

바깥지름(=외경): $\frac{5}{8} \times 25.4mm$

$$1inch = 16p$$

$$p = \frac{1}{16} inch$$

$$\text{피치구하기 } p = \frac{1}{16} \times 25.4mm$$

© 관용나사(pipe screw) → 기밀유지, 누설방지용

→ 파이프의 얇은 살두께에 사용

→ 나사산의 높이를 낮게한다

(기밀유지, 누설방지를 위하여)

나사각 $\alpha = 55^\circ$

호칭치수 : inch단위

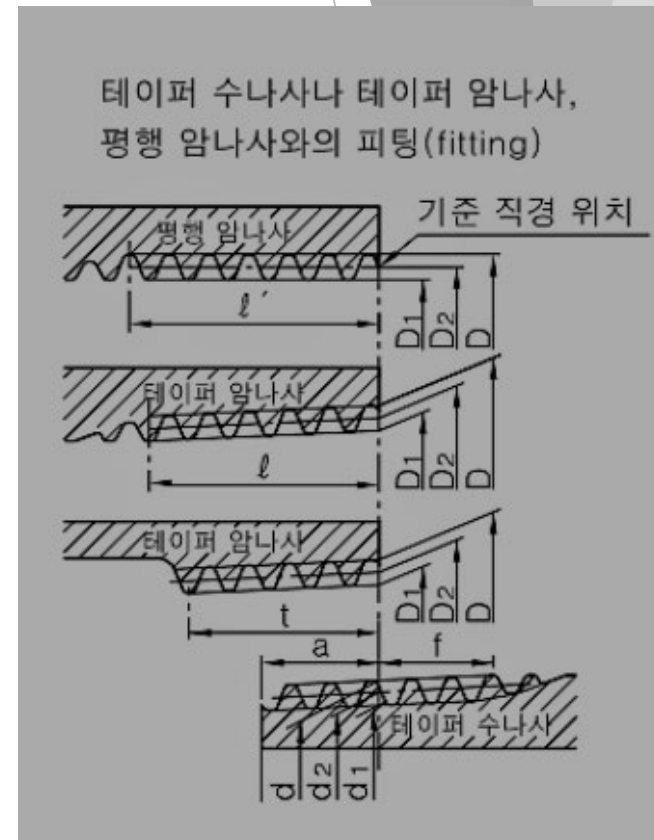
종류 : [관용테이퍼나사 : PT → 테이퍼 1/16
관용평행나사 : PF

④ 휘트워드 나사 : 영국 규격나사 -삼각

(= KS규격에서 1972년에 폐지)

나사각 $\alpha = 55^\circ$

호칭치수 : inch단위



㉔ 셀러나사 : 미국의 표준나사

나사각 $\alpha = 60^\circ$

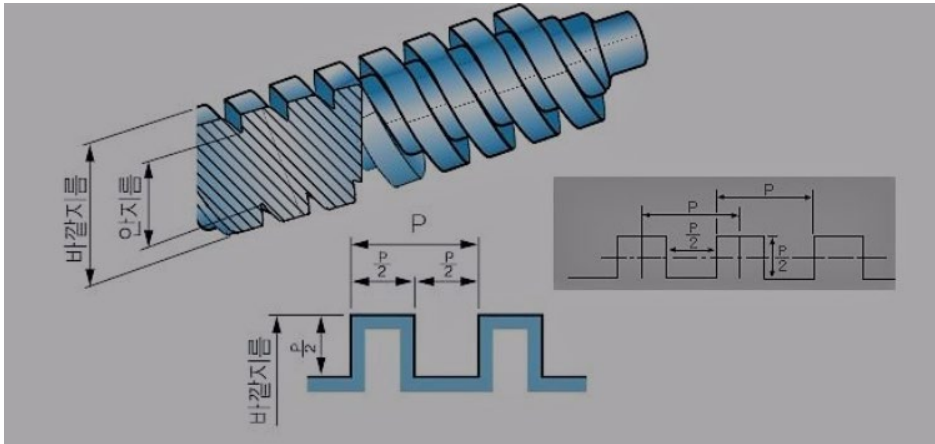
호칭치수 : inch단위

㉕ ISO나사 : 국제 표준화 기구에 의해 재정된 나사



㉖ 운동용 나사 : 동력전달 및 힘의 전달용

㉖㉗ 사각나사 (=각나사)



$$h (= \text{산의 높이}) = \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{p}{2}$$
$$d_e = \frac{d_2 + d_1}{2}$$

- 축 방향의 큰 하중을 받아 운동 전달용으로 적합
(=추력 : thrust, 스러스트)
- 하중의 방향이 일정하지 않아 교번하중일 때 효과적

② 사다리꼴 나사 (=애크미나사)

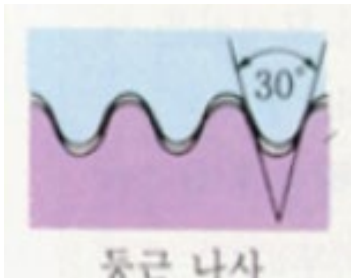
종류 [미터계(TM) : $\alpha = 30^\circ$

인치계(TW) : $\alpha = 29^\circ$

~ 양방향의 추력을 받아 정확한 운동을 전달하는데 적합

용도 : 공작기계의 이송나사로 적합

③ 둥근나사 (=너클나사, =전구나사, = 원형나사)



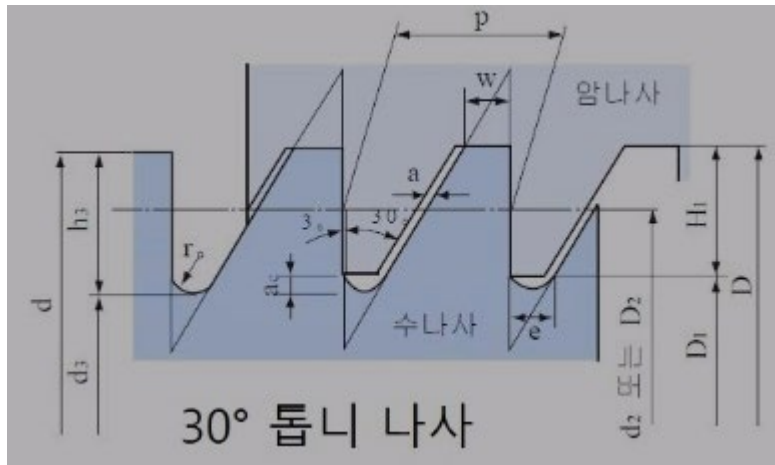
산마루와 골이 둥글게 되어있다.

→ 이물질의 침입을 방지하기 위하여 사용

→ 충격이 심한곳에 사용

→ 용도 : 전구나 호스연결용

㉔ 톱니나사



→ 축하중이 한쪽 방향으로만 받는 경우 사용.

→ 용도 : 바이스, 프레스, 나사잭

㉕ 태핑나사 : 끝부분이 '침탄처리'가 되어있다.

→ 얇은판, 연한 금속에 암나사를 만들면서 조여지는 나사

㉔ 볼나사 : 수나사, 암나사 양쪽에 홈을 따서 홈 사이에 수많은 볼을 배치

→ 구름접촉 (rolling contact)

→ 장점 : 나사의 효율이 매우 좋다(마찰이 매우 적다)

백레스를 작게 할 수 있다.

먼지에 의한 마모가 작다.

윤활에 주의를 주지 않아도 된다.

높은 정밀도를 오래 유지할 수 있다.

용도 : NC공작기계, 항공기의 이송나사로 사용

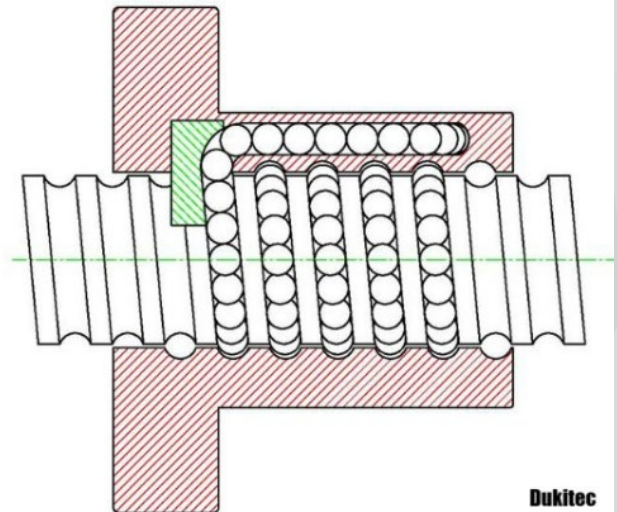
→ 단점 : 자동체결이 곤란하다







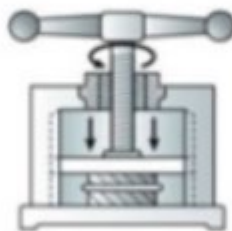

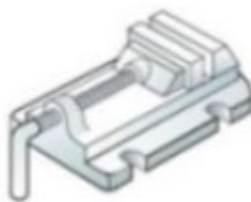

피치를 작게하는데 한계가 있다.

너트의 크기가 크게 된다.

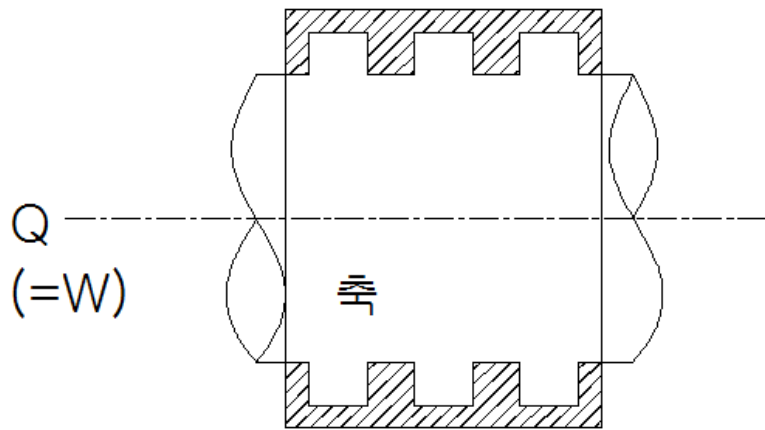
고속으로 회전하면서 소음이 크다

가격이 비싸다.



나사의 종류 구 분	삼각나사	사각나사	사다리꼴나사	톱니나사	둥근나사
나사산의 모양					
사용의 실제 모 양	 볼트 (수나사) 너트 (암나사) 볼트와 너트	 프레스	 선반의 리드 나사	 기계 바이스	 백열 전구의 나사
용 도	일반 기계의 조립용	큰 힘을 전달하는 프레스, 잭 등에 사용	• 선반의 리드스크류 • 스톱밸브의 밸브대	밀링 머신의 일감 고정	• 백열 전구의 끼움나사 • 시멘트 믹서 기계

2. 나사의 역학



$Q (=w)$: 축방향의 힘

P : 나사를 죄는 힘

P' : 나사를 푸는 힘

① 나사를 질때

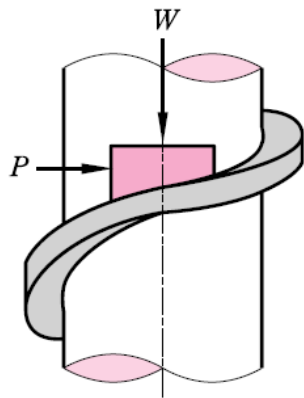
Ⓐ 나사를 죄는 힘

$$P = Q \tan(\lambda + \rho)$$

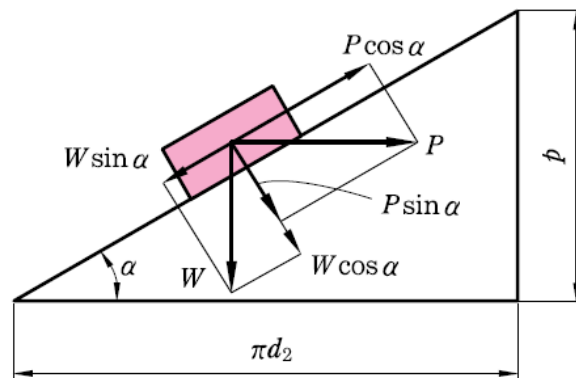
여기서 λ : 리드각

$$\tan \lambda(\alpha) = \frac{l(p)}{\pi d_e}$$

마찰계수 $\mu = \tan \rho$ (단, ρ =마찰각)



(a)



(b)

⑥ 회전토크(=전달토크) $T = P \frac{d_e}{2} = Q \tan(\lambda(\alpha) + \rho) \frac{d_e}{2}$

② 나사를 풀때

① 나사를 푸는 힘 $P' = Q \tan(\rho - \lambda(\alpha))$

③ 나사의 자립조건 (풀리지 않는 조건)

$P' = Q \tan(\rho - \lambda(\alpha))$ 에서

① $P' > 0$ 이면 $\rho - \lambda > 0$ 즉, $\rho > \lambda$ (나사를 푸는데 힘이 소요된다)

② $P' = 0$ 이면 $\rho - \lambda = 0$ 즉, $\rho = \lambda$

(나사가 풀리다가 임의의 위치에서 정지, 자동체결)

③ $P' < 0$ 이면 $\rho - \lambda < 0$ 즉, $\rho < \lambda$

(나사를 푸는데 힘이 전혀 들지 않고 저절로 풀린다.)

결국, 나사의 자립조건은 즉, 저절로 풀리지 않기 위해서는 $P' \geq 0$

$$P \geq \lambda$$



또한 여기서 $\mu = \tan \rho, \tan \lambda = \frac{l(=np)}{\pi d_e}$

즉, $\mu \geq \frac{l(=np)}{\pi d_e}$



(2)삼각나사

상당마찰계수 $\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \tan \rho'$

α = 나사각

μ = 마찰계수

ρ' : 상당마찰각

(3) 나사의 효율 (η)

$$\eta = \frac{\text{마찰이 없는 경우의 회전력}}{\text{마찰이 있는 경우의 회전력}} = \frac{Q \tan \lambda}{Q \tan(\lambda + \rho)}$$

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)}$$

$$\text{단, } \tan \lambda = \frac{l(=np)}{\pi d_e}$$
$$\mu = \tan \rho$$

우선, 나사의 효율이 최대가 되는 리드각

$$\lambda = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2} = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$$

또한, 최대 효율 $\eta_{max} = \tan^2 \left(45 - \frac{\rho}{2} \right)$

그리고 나사의 자립 상태를 만족시키는 한계는 $\rho = \lambda$ 이므로

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)} = \frac{\tan \rho}{\tan(\rho + \rho)} = \frac{\tan \rho}{\tan 2\rho}$$

참고)

$$\tan(\alpha + \beta)$$

$$= \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

$$= \frac{\tan \rho}{\left(\frac{\tan \rho + \tan \rho}{1 - \tan \rho \tan \rho} \right)} = \frac{\tan \rho (1 - \tan^2 \rho)}{2 \tan \rho} = \frac{1}{2} (1 - \tan^2 \rho)$$

$$\eta = \frac{\tan \rho}{\tan 2\rho} = \frac{1}{2} (1 - \tan^2 \rho) < 0.5 (= 50\%)$$



결국, 자립상태를 유지하는 나사의 효율은 **0.5(=50%)** 이하이다.

② 삼각나사 → 삼각나사는 사각나사에 비해 효율이 떨어짐 ($\rho \rightarrow \rho'$)

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho')} \quad \text{단, } \mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \tan \rho'$$

3. 나사의 설계

(1) 축방향 하중만 받는 경우 (ex: 아이볼트, हु)

- 바깥지름(=외경) $d \sqrt{\frac{2Q}{\sigma_a}}$ 단 σ_a : 허용인장응력

(2) 축방향 하중과 비틀림을 동시에 받는 경우 (ex : 나사잭, 압력용기)

- 바깥지름(=외경) $d \sqrt{\frac{8Q}{3\sigma_a}}$ 단 σ_a : 허용인장응력

- 축에 인장응력(σ_t)과 비틀림 응력(τ)이 동시에 작용하면
우선, 최대 주응력설을 적용하면

$$\text{최대인장응력 } \sigma_{max}(=\sigma_e) = \frac{1}{2}\sigma_t + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

또한 최대 전단응력설을 적용하면

$$\text{최대전단응력 } \tau_{max}(=\tau_e) = \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

4. 볼트와 너트 (수나사, 암나사)

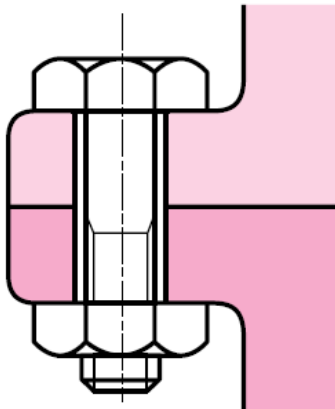
(1) 볼트의 종류

① 일반용(=점용)볼트

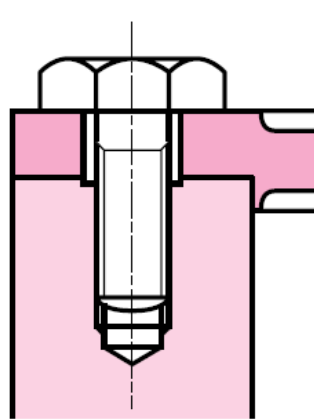
Ⓐ 관통볼트 : 관통된 구멍에 볼트를 집어넣어 반대쪽에서 너트를 죄어 2개의 기계부품을 죄는 볼트. 일반적으로 널리사용

★★★★ Ⓑ 탭볼트 : 너트를 사용하지 않고 체결하는 상대쪽에 암나사를 내고 머리끝이 볼트를 나사 박음하여 체결하는 볼트

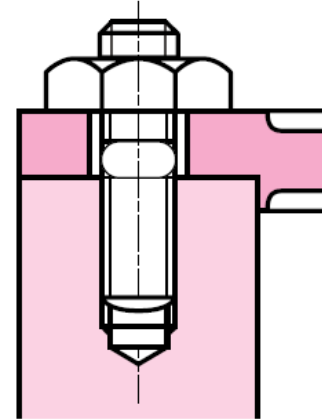
★★★★ Ⓒ 스톨드 볼트 : 볼트에 머리가 없으며 한쪽은 미리 박아놓고 다른쪽에 너트를 끼어진다. 주로 자주 분해 결합하는 경우에 사용



(a) 관통 볼트



(b) 탭 볼트



(c) 스톨드 볼트

(1)볼트의 종류

② 특수용 볼트

★① 아이볼트 : 무거운 물체를 달아 올리기 위해 훅(Hook)을 걸 수 있는 고리가 있는 볼트

→ 볼트 머리부에 핀을 끼울 수 있는 구멍이 있어 자주 탈착하는 물체에 적합

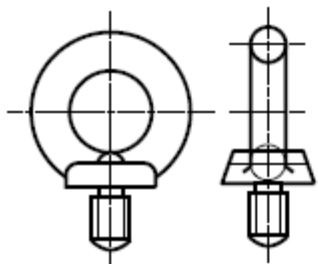
★② T볼트 : 공작기계의 테이블에 공작물을 고정할 때 사용

★③ 기초볼트 : 기계 구조물 등을 콘크리트 기초에 고정시키기 위하여 사용

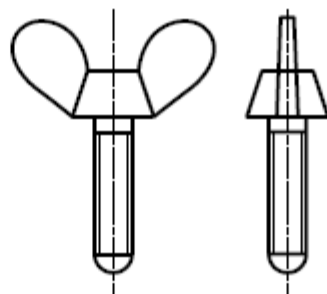
★★④ 스테이볼트 : 두 물체 사이의 간격을 일정하게 유지할 필요가 있을때 사용

⑤ 리머볼트 : 전단력을 받거나 두 부품사이의 관계 위치를 정확하게 유지할 필요가 있는 경우 사용

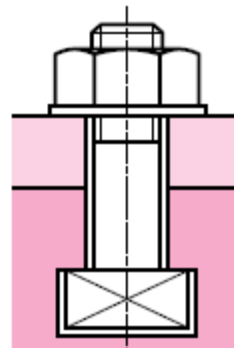
⑥ 충격볼트 (=연신볼트) : 축의 단면적을 작게해서 늘어나기 쉽게하여 충격력을 흡수하는 볼트



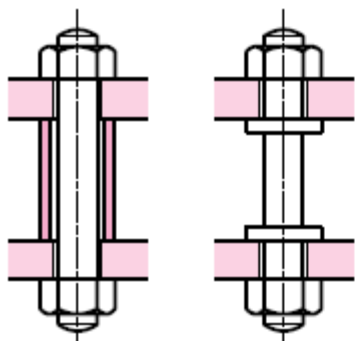
(a) 아이볼트



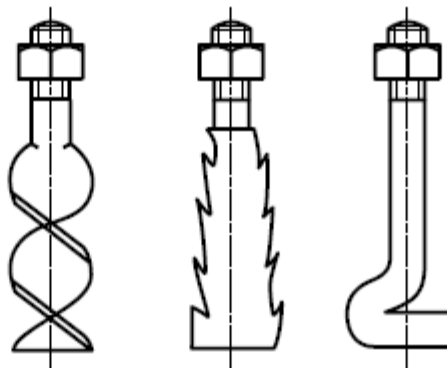
(b) 나비 볼트



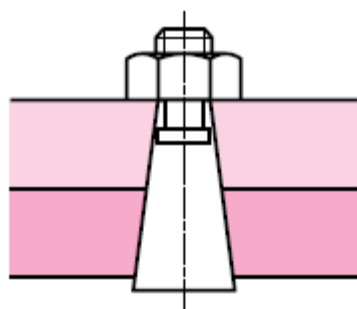
(e) T 볼트



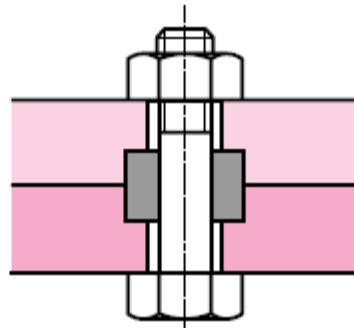
(c) 스테이 볼트



(d) 기초 볼트



(f) 리머볼트



(2) 너트의 종류

Ⓐ 사각너트 : 사각모양, 목재 결합에 사용

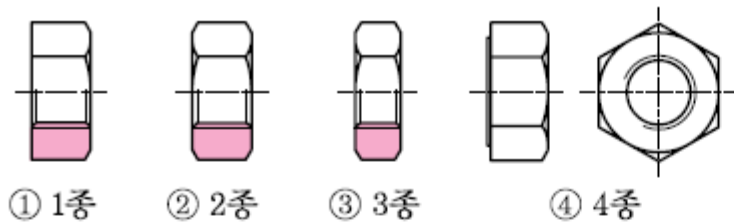
Ⓑ 육각너트 : 육각모양, 가장 널리사용

★Ⓒ 캡너트 : 유체의 누설을 방지하기 위하여 사용

★★Ⓓ 와셔붙이 너트 (=플랜지너트) : 너트의 밑면에 넓은 원형의 플랜지가 있는
너트

→볼트 구멍이 클 때, 접촉압력을 작게 하고자 할 때 사용

㉠ 둥근너트 : 자리가 좁아 육각너트를 사용할 수 없는 경우에 쓰임



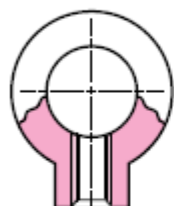
(a) 6각 너트



(b) 4각 너트



(c) 6각 캡 너트



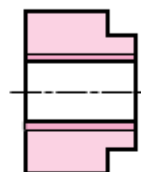
(d) 아이 너트



(e) 나비 너트



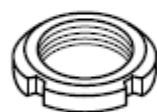
(f) 와셔 붙이 너트



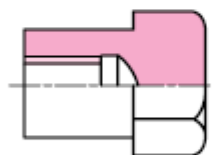
(g) T 너트



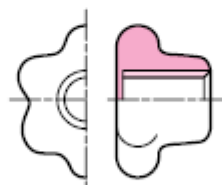
(h) 원형 너트



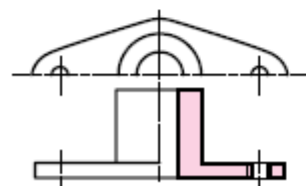
(i) 홈붙이 둥근 너트



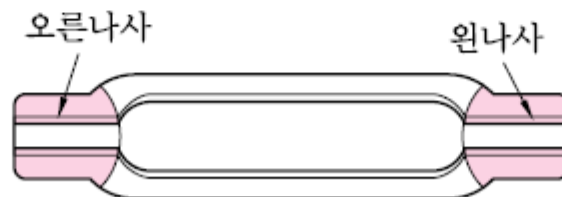
(j) 슬리브 너트



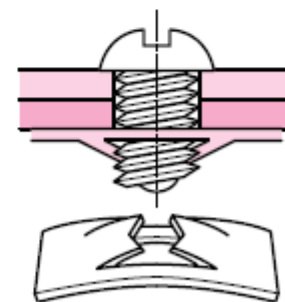
(k) 손잡이 너트



(l) 플레이트 너트



(m) 턴 버클



(n) 스프링 판 너트

그림 2-25 너트의 종류

(3) 작은나사와 세트 스크류(=멈춤나사)

★★★① 작은나사 : 일명 기계나사, 태핑나사라 한다.

호칭지름(=바깥지름) 1~9mm 에서 사용.

작은 부품이나 박판등에 사용

→ 머리의 홈을 중심선에 대하여 45° 방향의 굽은 실선을 그린다

② 멈춤나사 (setscrew) : 나사의 끝을 이용하여 축에 바퀴를 고정하거나 위치를
조정할때 사용

(4) 스패너

① 종류 : 양구스패너, 단구스패너

② 특징 : 개구부는 자루 중심선에서 15° 기울인다.

(5)와셔 (washer)

; 볼트나 너트 등의 자리면과 짐부에 끼우는 얇은 강판

★★(용도)

- ① 볼트 구멍에 볼트 지름보다 매우 클 경우
- ② 내압력이 약한 목재나 고무 등에 볼트를 사용할 경우
- ③ 볼트 머리부분과 너트를 받치는 면에 요철이 심하거나 경사졌을 경우
- ④ 너트의 풀림을 방지할 경우

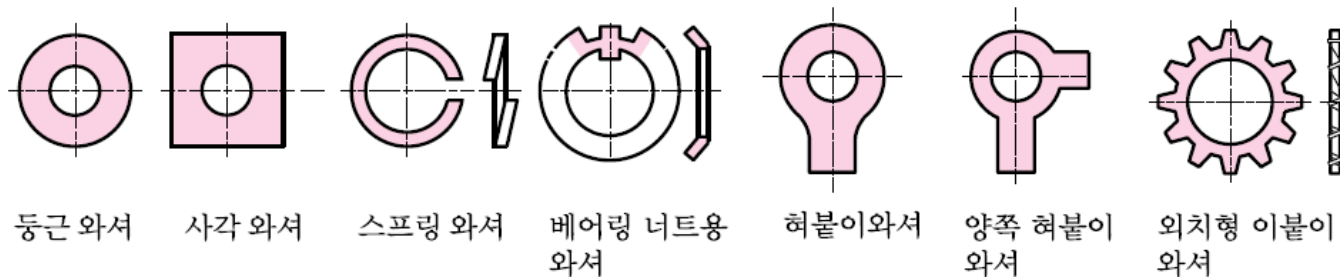
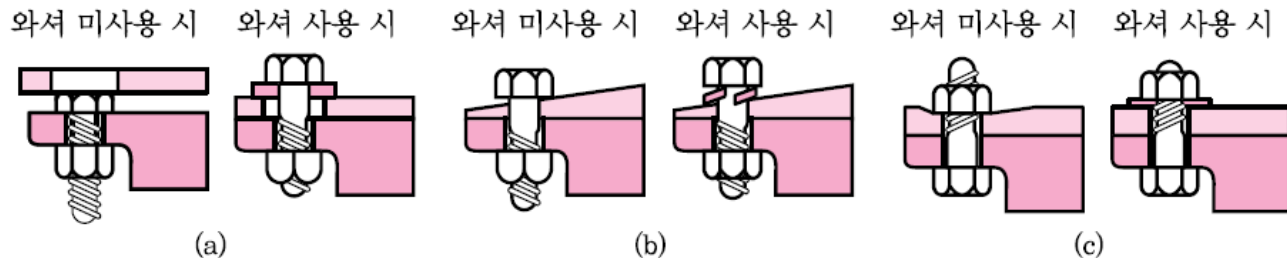


그림 2-30 와셔의 종류



(6) 너트의 풀림방지법 (=나사의 풀림방지법)

① 와셔를 이용하는 방법

② 로크너트에 의한 방법 : - 가장많이 사용하는 방법

- 두개의 너트를 조인 후 아래의 너트를 약간 풀어서
마찰 저항면을 엇갈리게 한 것.

③ 자동 잠 너트에 의한 방법

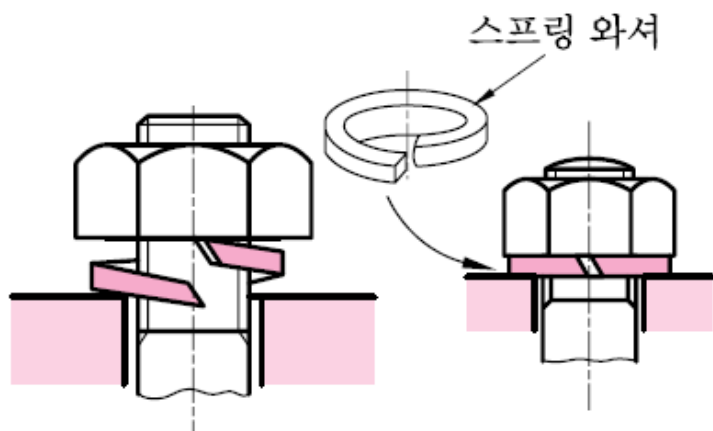
④ 분할핀이나 멈춤 나사(세트스크류)에 의한 방법

- 볼트와 너트에 핀을 끼워 풀림을 방지

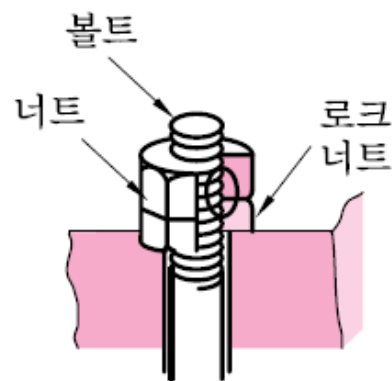
⑤ 철사에 의한 방법 - 철사를 감아서 풀림을 방지

⑥ 너트에 회전 방향에 의한 방법 - 자동차 바퀴의 고정 나사처럼 반대방향으로
너트를 조이면 풀림이 방지

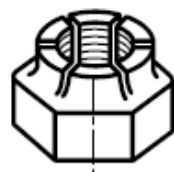
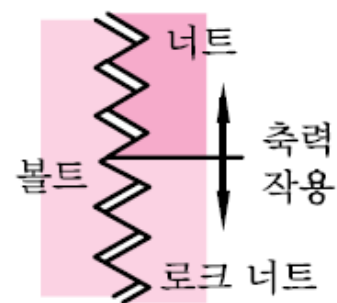
⑦ 플라스틱 플러그에 의한 방법 - 나사면에 플라스틱이 들어간 너트를 사용



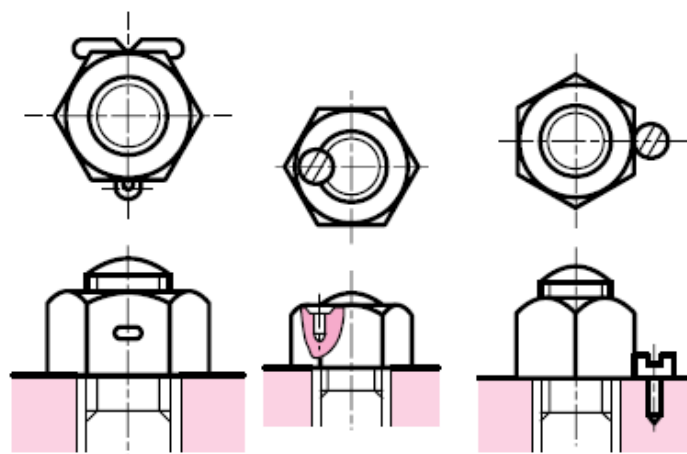
(a) 와셔를 이용한 방법



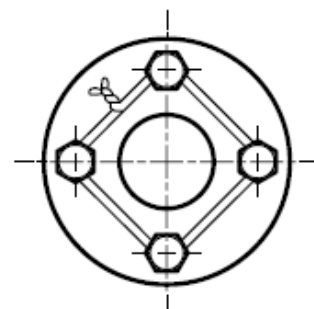
(b) 로크 너트를 이용한 방법



(c) 자동 잠 너트를 이용한 방법



(d) 핀, 작은 나사, 멈춤 나사를 이용한 방법

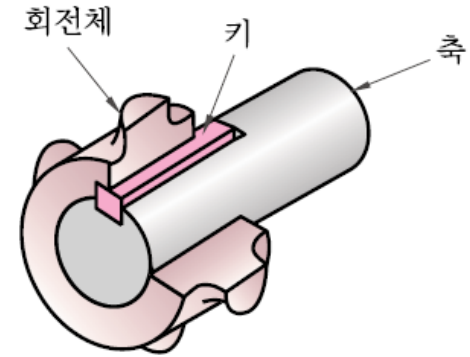


(e) 철사를 이용한 방법

제3장 키,핀,코터

1. 키(key)

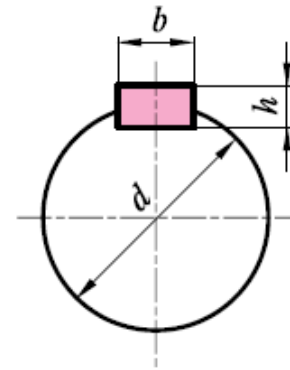
-회전체를 고정시키고 축과 회전체를 일체로 하여 회전을 전달시키는 결합용 기계요소



(1) 키의 종류 특징

① 묻힘키 (sunk key : 성크키)

~축과 보스양쪽에 키홈이 있으며 가장 많이 사용. 키 윗면은 기울기가 1/100 이다.

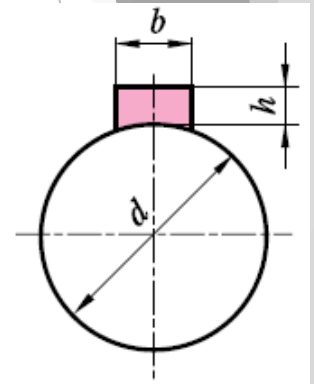


② 안장키(saddlekey : 새들키)

~ 축의 키 홈을 가공하지 않는다.

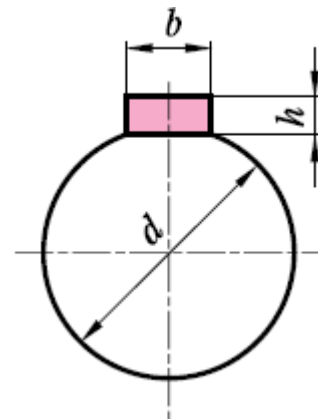
마찰력만으로 회전력 전달

큰 힘 전달에는 적당하지 않다



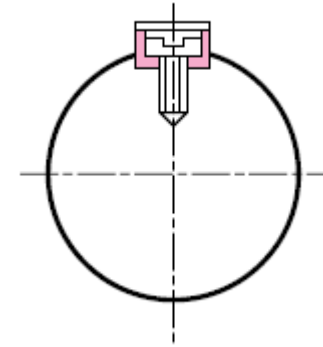
③ 평키 (flat key : 납작키)

~ 키가 닿는 면의 축을 평평하게 가공하는 것.



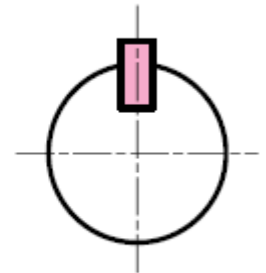
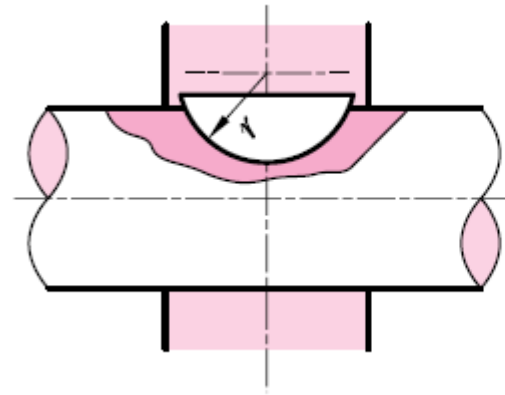
④ 안내키(=feather key : 패더키, 미끄럼키)

~ 키의 구배가 없는 키로써 보스가 축 방향으로 이동할 경우에 사용



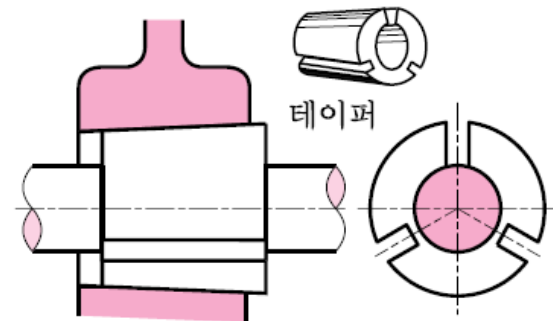
⑤ 반달키 (Woodruffkey : 우드러프키)

- ~ 축과 보스를 키웠을 때 위치가 자동 조정된다
- ~ 축의 홈이 깊어서 축이 약해지는 결점이 있다.
- ~ 60mm이하의 작은 축에 사용
- ~ 테이퍼 축에 사용하면 편리
- ~ 자동차 공작기계등에 사용



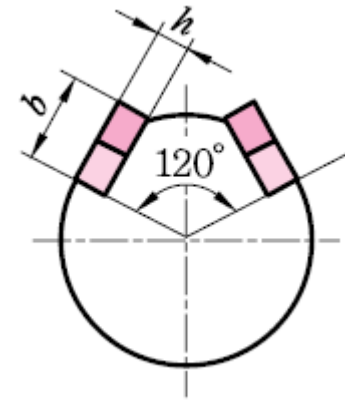
⑥ 원뿔키 (Cone key : 원추키)

- ~ 축과 보스의 홈을 가공하지 않고 축에 편심되지 않고 임의의 위치에 고정할 수 있는 키



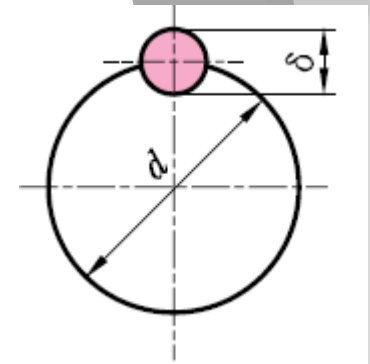
⑦ 접선키(tangential key)

- ~ 큰 동력을 전달
- ~ 역전을 가능하게 하기 위해 120° 각도로 두 곳에 키를 설치
- ~ 만약 90° 로 배치하면 캐네디키라 한다



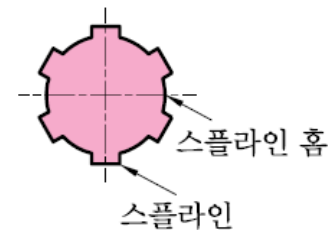
⑧ 둥근키(Pinkey : 핀키)

- ~ 회전력이 극히 작은 곳에 사용

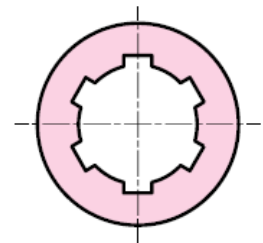
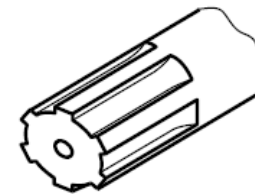


⑨ 스플라인 키

- ~ 축에 여러 개의 (4~40개) 키 모양의 톱니를 같은 간격으로 깎아낸 것
- ~ 큰 토크를 전달, 축 방향으로 이동이 가능
- 미끄럼키와 같은 역할을 한다.
- ~ 용도 : 선반의 변속장치나 자동차의 변속기, 클러치, 항공기, 공작기계 등의 속도 변환기구등에 사용



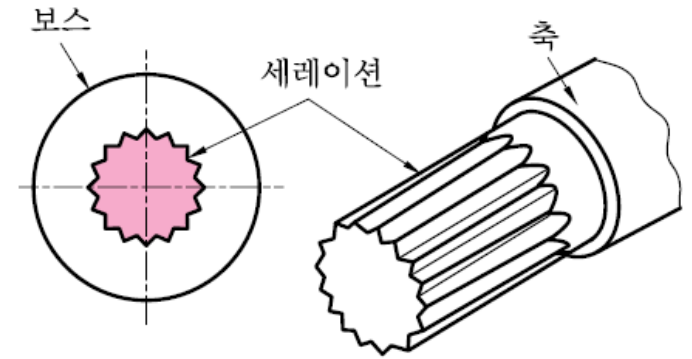
(a) 스플라인 축



(b) 보스

⑩ 세레이션

- ~ 스플라인보다 이가 작아 면압 강도가 크다
- ~ 축 방향으로 이동이 가능



- 전단력 회전력 토크의 크기



세레이션 > 스플라인 > 점선키 > 성크키 > 반달키 > 평키 > 안장키 > 핀키

<2> 키의 강도계산 ~ 묵힘키 (sunkkey)인 경우

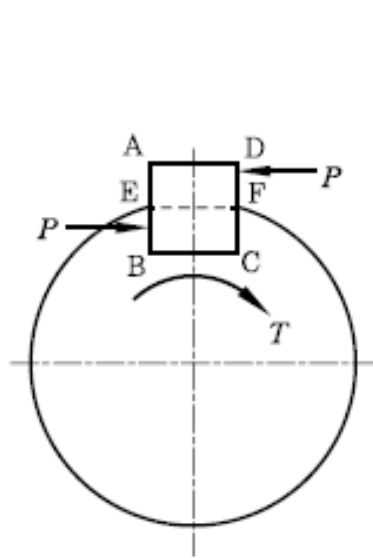
① 전달토크 $T = W \times \frac{D}{2} = \frac{H'}{\omega}$

$$= 716200 \times \frac{H}{N} (PS) = 97400 \times \frac{H'}{N}$$

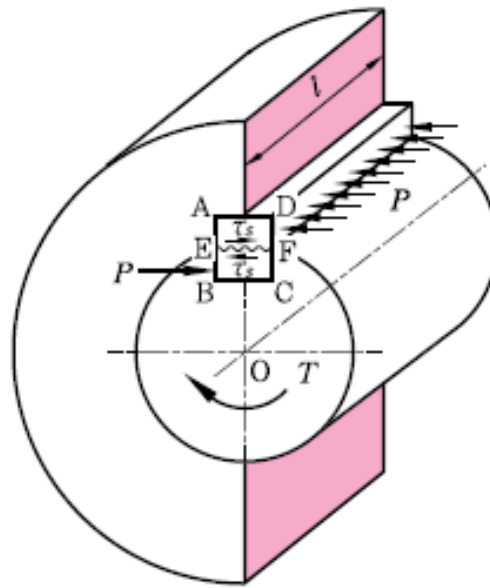
$$= \tau_a \cdot Z_p = \tau_a \cdot \frac{\pi d^3}{16}$$

$$\begin{aligned} \text{동력 } H &= T \cdot \omega \\ T &= \frac{H}{\omega} \\ \text{단, } \omega &= \frac{2\pi N}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \end{aligned}$$

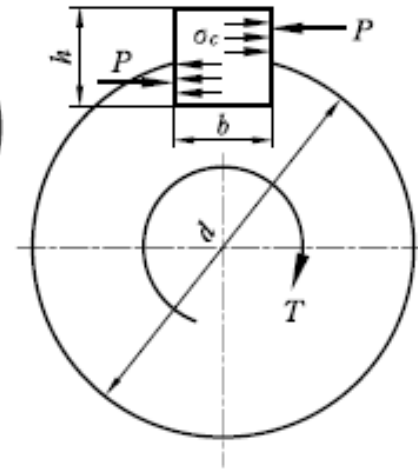
② 키의 호칭 : $b \times h \times l$



(a) 키의 전달 토크



(b) 키의 전단응력



(c) 키의 압축응력

③ 키의 강도

Ⓐ 키에 작용하는 전단응력 (τ_k)

$$\tau_k = \frac{P}{A} = \frac{P}{bl} = \frac{\left(\frac{2T}{d}\right)}{bl} = \frac{2P}{bld}$$

Ⓑ 키에 작용하는 압축응력 (=면압강도 : σ_c)

$$\sigma_c = \frac{P}{A} = \frac{P}{tl} = \frac{\left(\frac{2T}{d}\right)}{\left(\frac{h}{2} \times l\right)} = \frac{4T}{hld}$$

2. 핀(pin)

~ 핸들을 축에 고정할때나 부품을 설치 분해/조립할 때 사용하는 반 영구적인 결합

(1)핀의 종류

① 평행핀 : 기계부품을 조립/안내위치를 결정할 때 사용

★★② 분할핀 (split pin : 스플릿핀) : 너트의 풀림방지 또는 핀이 빠지는 것을 방지

- 호칭지름 : 핀 구멍의 지름으로 표시

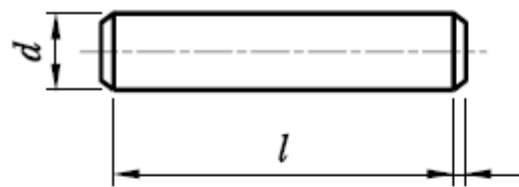
③ 테이퍼 핀 : 작은 핸들이나 축이음등을 축에 장치하는데 사용

-정밀한 위치를 결정할 때 사용

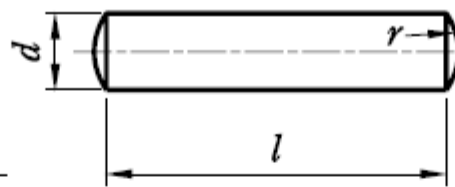
-호칭지름 : 작은쪽의 지름으로 표시

④ 스프링핀 : 세로방향으로 쪼개져 있어서 구멍의 크기가 정확하지 않아도 해머로 때려서 박을 수 있다.

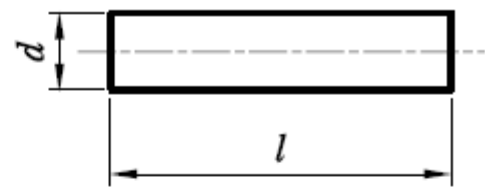
⑤ 너클핀 : 2개의 막대를 그 축을 포함하는 평면내에서 회전할 수 있게 연결



(A형)

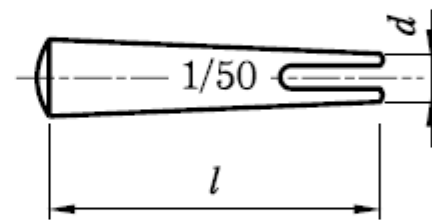
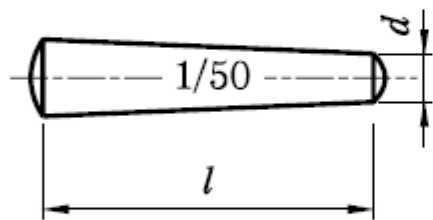


(B형)

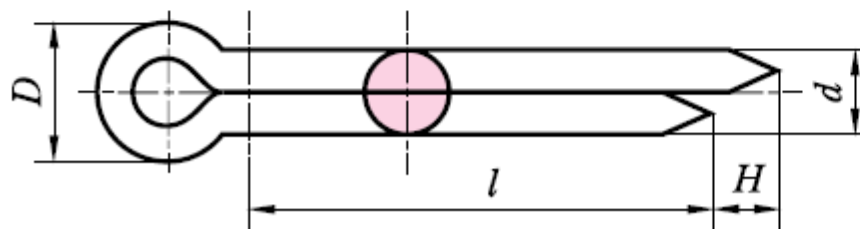


(C형)

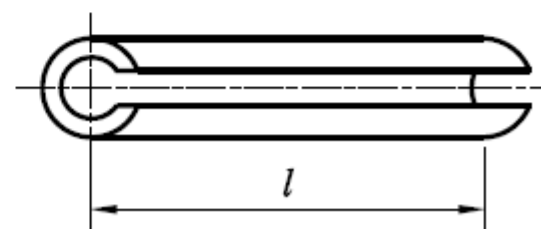
(a) 평행 핀



(b) 테이퍼 핀



(c) 분할 핀



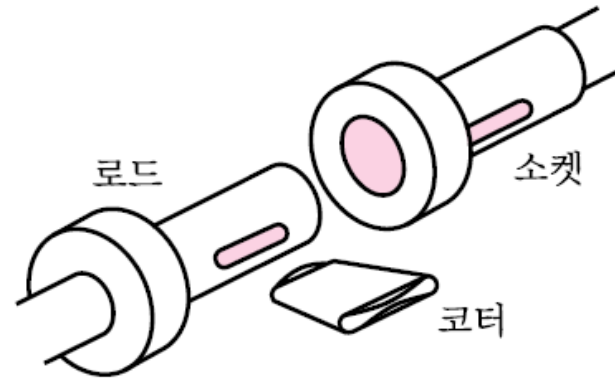
(d) 스프링 핀

3. 코터 (cotter)

~ 축 방향에 인장 또는 압축이 작용하는 두 축을 연결하는 것으로 분해할 필요가 있는곳에 사용.

★ 코터의 3요소 : 로드, 코터, 소켓

① 코터의 자립조건



한쪽에 기울기가 있는 코터

$$\alpha \leq 2\rho$$

양쪽에 기울기가 있는 코터($\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$)

$$\alpha \leq \rho$$

② 코터의 기울기 (=구배, 경사도)

- Ⓐ 일반적인것 : 1/20
- Ⓑ 반 영구적인것 : 1/100
- Ⓒ 분해하기 쉬운것 : 1/5~1/10

③ 코터의 전단응력 (τ)

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

b : 코터의 너비
h : 코터의 높이
P : 코터에 작용하는 힘

(2) 핀의 호칭법

- ★★ ① 평행핀 : 명칭, 종류, 형식, d_{xl} , 재질
- ② 분할핀 : 명칭, d_{xl} , 재질
- ③ 테이퍼핀 : 명칭, 등급, d_{xl} , 재질

제4장 리벳이음(rivet joint)

1. 리벳이음

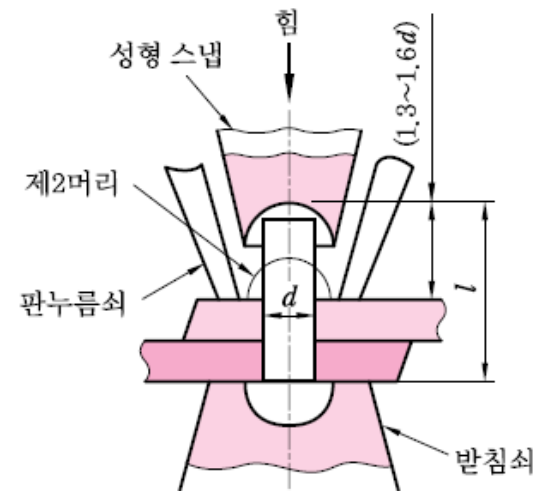
<1> 리벳이음의 장단점

① 장점

- Ⓐ 열응력에 의한 잔류응력이 생기지 않아 취성 파괴가 일어나지 않는다.
- Ⓑ 구조물 등 현장 조립이 용이하다.
- Ⓒ 용접이 곤란한 경 합금의 접합에 유리하다.

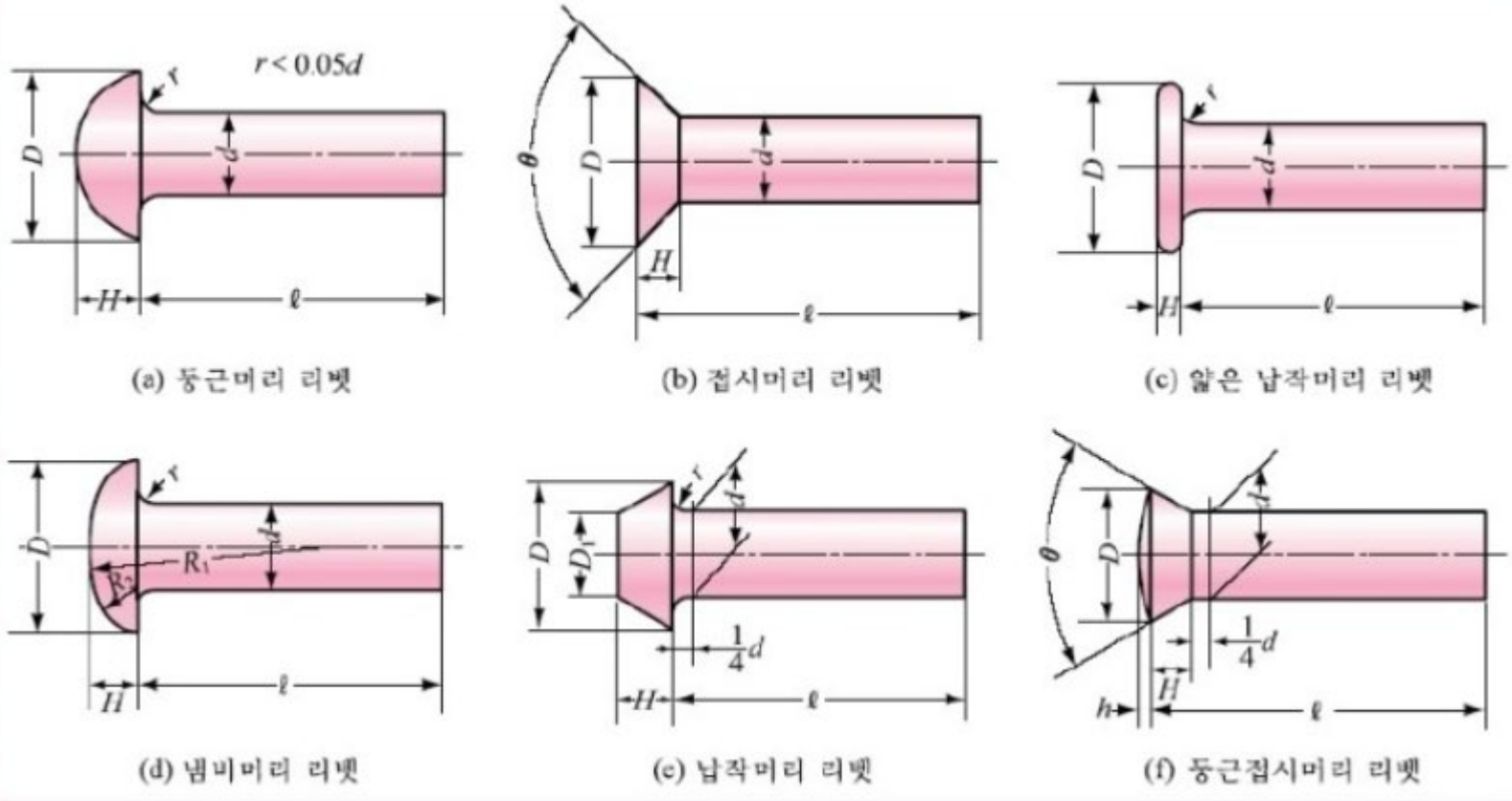
② 단점

- Ⓐ 용접이음보다 효율이 낮다.
즉 기밀, 수밀이 곤란하다.
- Ⓑ 길이 방향의 하중에는 약하다.
- Ⓒ 분해시에 파괴해야 한다.
- Ⓓ 리벳이음시 소음이 많다.



<2> 리벳의 종류

① 머리 모양에 따른 분류



<2> 리벳의 종류

② 용도에 따른 분류

Ⓐ 보일러용 리벳 : 기밀, 강도, 모두 필요시 → 보일러, 고압탱크에 사용

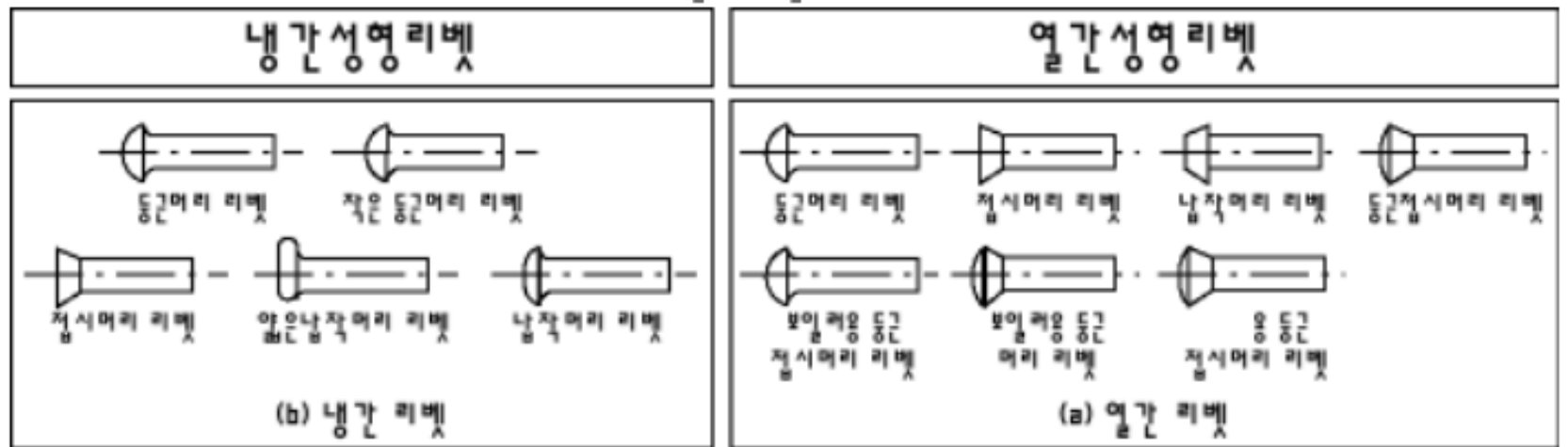
Ⓑ 저압용 리벳 : 기밀만을 필요시 → 물탱크, 저압탱크 등에 사용

Ⓒ 구조용 리벳 : 강도만을 필요시 → 철교, 차량, 선박등의 구조물에 사용

③ 제조 방법에 따른 분류

Ⓐ 냉각 리벳 : 리벳지름이 1~13mm 의 작업

Ⓑ 열간 리벳 : 리벳지름이 10~44mm의 작업



<3> 리벳의 재료

~ 연강, 두랄루민, 알루미늄, 구리, 황동, 저탄소강, Ni강 등

2. 리벳 작업

<1> 리벳팅 (riveting)

① 리벳팅 : 가열된 생크(shank)끝에 머리를 만드는 스냅(snap)을 대고 두드려서

제2의 리벳머리를 만드는 작업

② 리벳 구멍은 리벳 지름보다 1~1.5mm 정도 크게 뚫는다.

③ 리벳길이

$$l = t_t + (1.3 \sim 1.6)d$$

t_t : 짐두께
(=강판 두께의 합)
 d : 리벳지름

<2> 기밀/수밀 유지작업

~ 가스, 액체가 새어나오는 것을 방지하는 작업

① 코킹(Caulking)

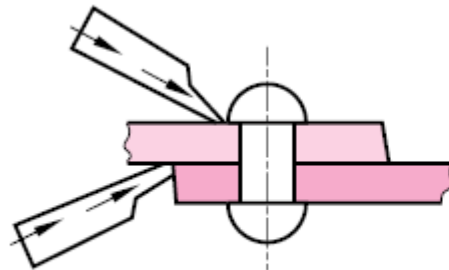
① 강판의 가장자리를 $75\sim 85^\circ$ 경사시켜서 정으로 때려 밀착시켜서 틈을 없애는 반 영구적인 작업

② 5mm이하의 얇은 강판은 곤란

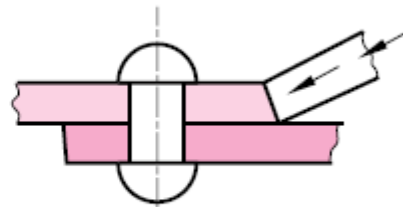
② 플러링 (fullering)

① 강판과 같은 나비의 플러링 공구로 판재의 안쪽면을 완전히 밀착시키는 영구적인 작업

② 5mm이하의 얇은 강판에 사용



(a) 코킹



(b) 플러링

3. 리벳이음의 강도

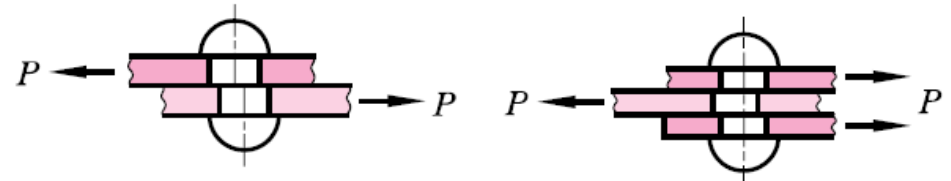
<1> 리벳의 강도

~ 파괴의 견지에서 파악

㉠ 리벳의 전단 (전단파괴)



$$P = \frac{\pi d^2}{4} \tau_r$$



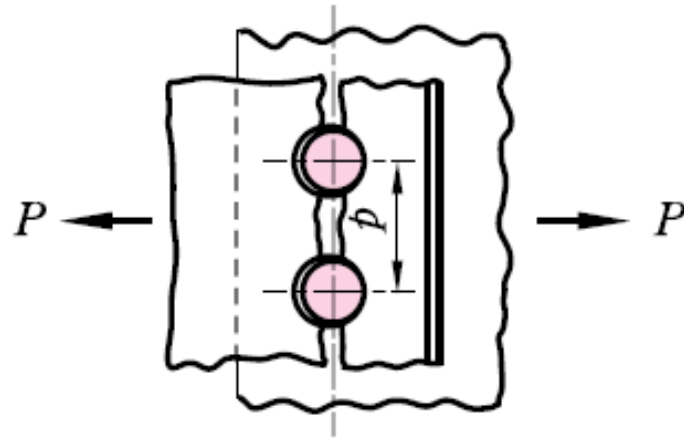
(a) 리벳의 전단

- 양쪽 덮개판 맞대기 이음은 2곳이나 2배로 하지 않고 1.8배로 한다



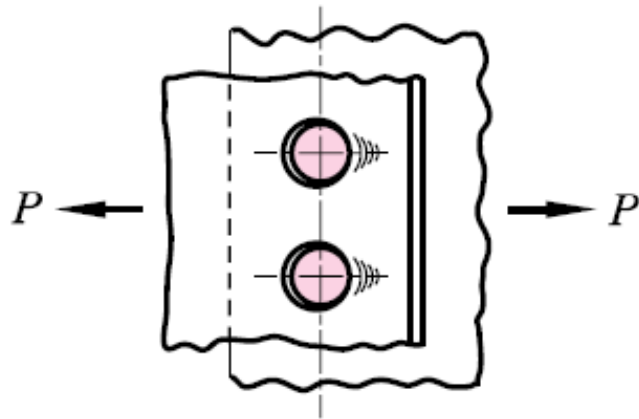
$$P = 1.8 \times \frac{\pi d^2}{4} \tau_r$$

㉞ 강판의 절단 (인장파괴)



$$P = (p - d)t\sigma_t$$

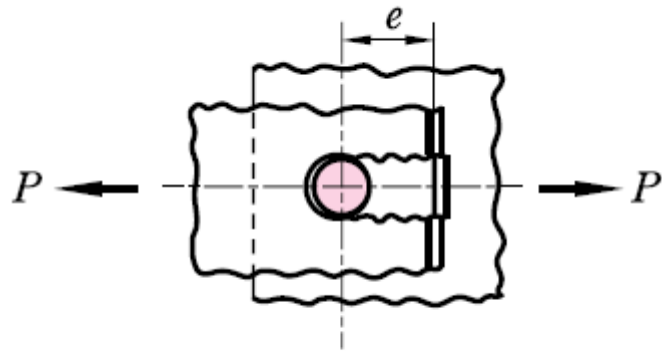
㉟ 리벳구멍의 압괴 (압축파괴)



$$P = dt\sigma_c$$

(c) 리벳 또는 리벳 구멍의 압축

㉔ 판이 리벳의 폭으로 갈라지는 경우

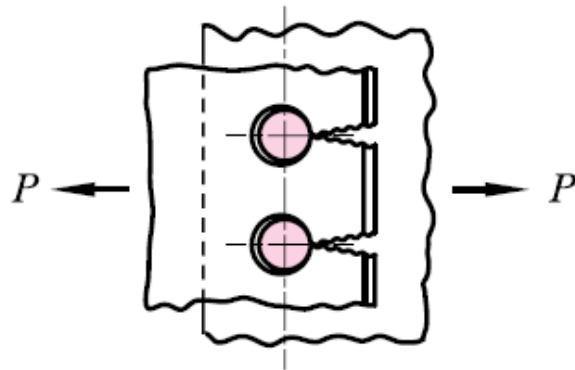


(d) 판 끝의 전단



$$P = 2et\tau_s$$

㉕ 판의 가장자리가 갈라지는 경우



(e) 판 끝의 갈라짐



$$P = \frac{\sigma_b t (2e - d)^2}{3d}$$


(2) 리벳의 직경(d)와 피치(p)의 설계

$$P = \tau \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n \quad \text{-----} \textcircled{1}$$


$$P = \sigma_t \cdot (p - d) \cdot t \quad \text{-----} \textcircled{2}$$

$$P = \sigma_c \cdot d \cdot t \cdot n \quad \text{-----} \textcircled{3}$$

우선 ①=③ 식에서 $\tau \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n = \sigma_c \cdot d \cdot t \cdot n$

리벳지름 $d = \frac{4\sigma_c t}{\pi \tau}$ 

우선 ①=② 식에서 $\tau \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n = \sigma_t \cdot (p - d) \cdot t$

리벳지름 $p = d + \frac{\tau \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n}{4 \cdot \sigma_t \cdot t}$ 


(3) 리벳이음의 효율

$$P = \tau \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n \quad \text{-----} \textcircled{1}$$


$$P = \sigma_t \cdot (p - d) \cdot t \quad \text{-----} \textcircled{2}$$

$$P = \sigma_c \cdot d \cdot t \cdot n \quad \text{-----} \textcircled{3}$$

㉠ 강판의 효율 (η_t) “인장”의 견지에서 파악

$$\begin{aligned} \eta_t &= \frac{\text{1피치내의 리벳 구멍이 있는 경우 인장강도}}{\text{1피치내의 리벳 구멍이 없는 경우 인장강도}} \\ &= \frac{\sigma_t \cdot (p - d) \cdot t}{\sigma_t \cdot p \cdot t} = \frac{p - d}{p} = \boxed{1 - \frac{d}{p}} \end{aligned}$$


㉡ 강판의 효율 (η_s) ~ “전단”의 견지에서 파악

$$\begin{aligned} \eta_s &= \frac{\text{1피치내의 리벳 구멍이 있는 경우 인장강도}}{\text{1피치내의 리벳 구멍이 없는 경우 인장강도}} \\ &= \frac{\tau \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n}{\sigma_t \cdot p \cdot t} = \boxed{\frac{\tau \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n}{4 \cdot \sigma_t \cdot p \cdot t}} \end{aligned}$$


5장 용접이음(Welding joint)

1. 용접이음의 개요

(1) 용접이음의 장단점

1) 장점

- ① 이음효율이 높다
- ② 중량을 경감시킬 수 있다.
- ③ 재료가 절약된다.
- ④ 기밀성, 수밀성이 우수하다.
- ⑤ 판 두께에 제한이 없다.
- ⑥ 공정수가 적어진다.
- ⑦ 제품의 성능과 수명이 향상된다.

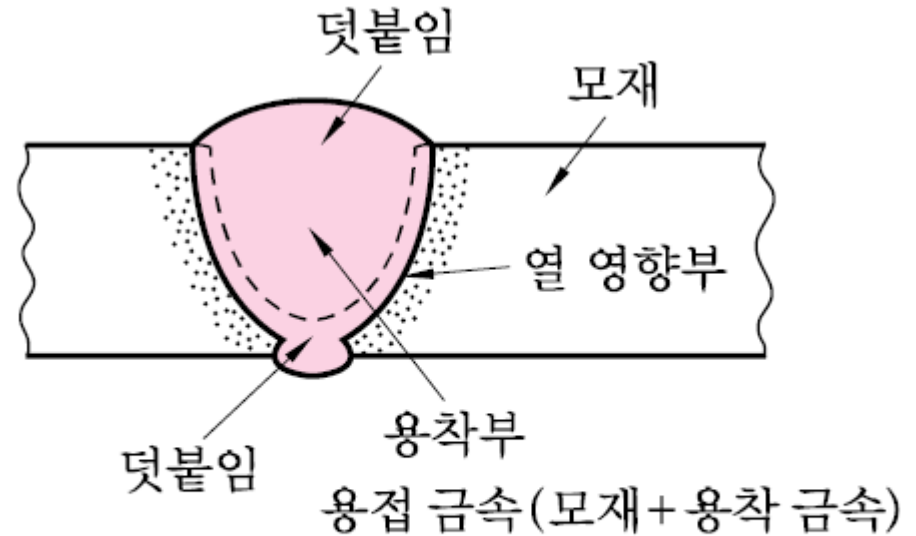


그림 5-1 용접부

2) 단점

- ① 진동을 감소 시키기 어렵다.
- ② 용접부의 비파괴 검사가 어렵다.
- ③ 용접자의 기술에 의해 용접 신뢰도가 좌우된다.
- ④ 열을 받기 때문에 변형이나 잔류응력이 있다.



→용접 중 변형을 방지하려면 ‘가접’을 한다

→용접 후 변형을 방지하려면 ‘피닝(peening)’을 한다

→잔류응력을 없애려면 풀림(Annealing)처리 해야한다.

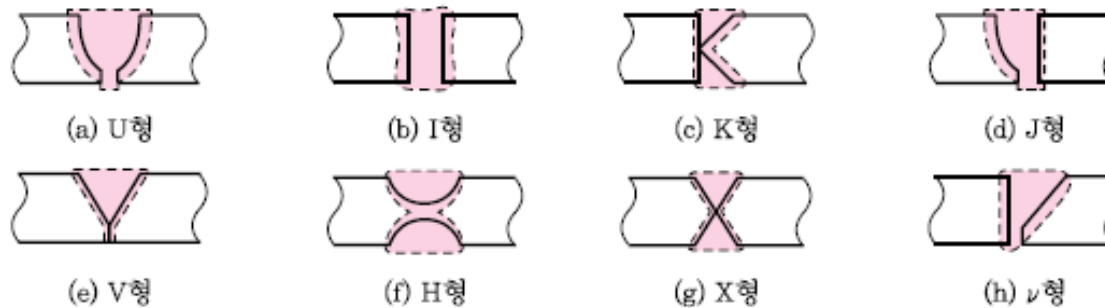
피닝(peening)

용접부 표면을 끝이 둥근 해머 등으로 연속해서 두드리는 것.

(2) 용접이음의 종류

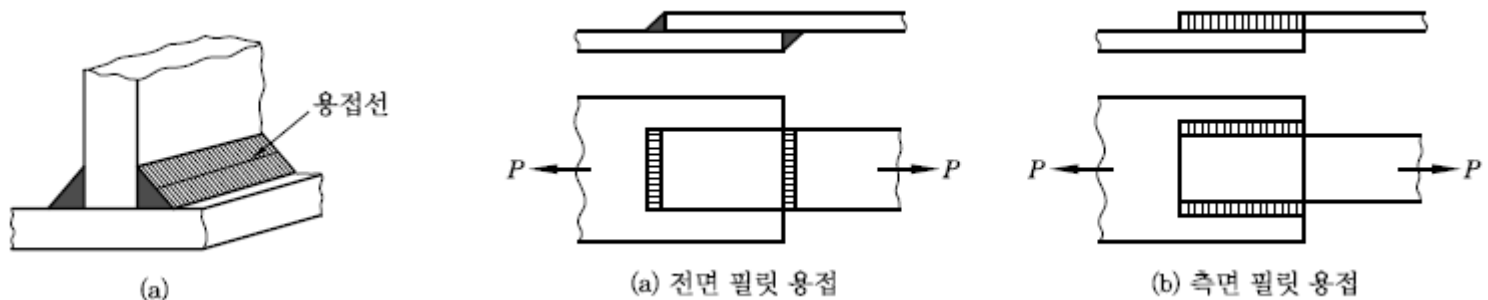
① 그루브용접(groove weld) : 접합하는 모재사이의 홈을 그루브(groove)라 하며 그루브 부분에 행하는 용접

→종류 : H형, I형, J형, K형, L형, U형, V형, X형



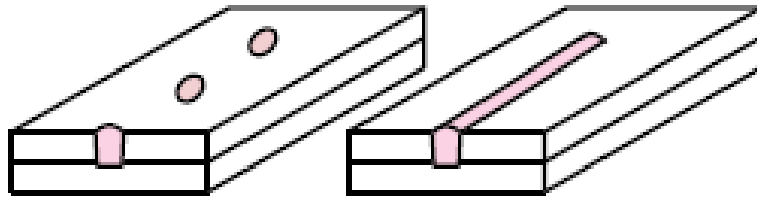
② 필릿용접(fillet weld) : 직교하는 2개의 면을 결합하는 용접. 용접부의 단면 모양은 삼각형이다.

→겹치기 이음, T형 이음, 모서리 이음 등에 사용

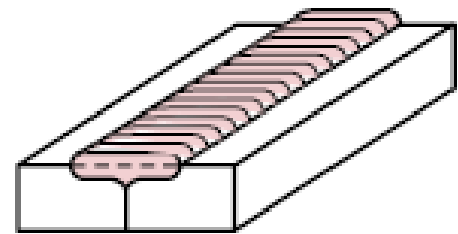


(2) 용접이음의 종류

- ③ 비드용접(bead weld) : 용접 홈을 가공하지 않고 두 판을 맞대어 그 위에 그대로 비드(bead)를 용착시켜 용접하는 방법
- ④ 플러그 용접(plug weld) : 접합할 모재의 한쪽에 구멍을 뚫고 판의 표면까지 용접하여 다른 쪽 모재와 접합하는 용접
- ⑤ 슬롯용접(slot weld) : 플러그 용접의 둥근 구멍 대신에 가늘고 긴 홈의 비드를 붙이는 용접



(a) 플러그 용접



(b) 비드 용접

(3) 용접이음의 효율(η)

$$\eta = \frac{\text{용접부의 강도 (인장강도, 전단강도)}}{\text{모재의 강도 (인장강도, 전단강도)}} = k_1 \times k_2$$

2. 용접이음의 강도설계

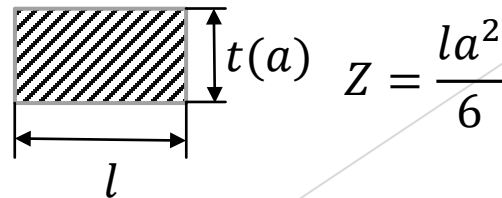
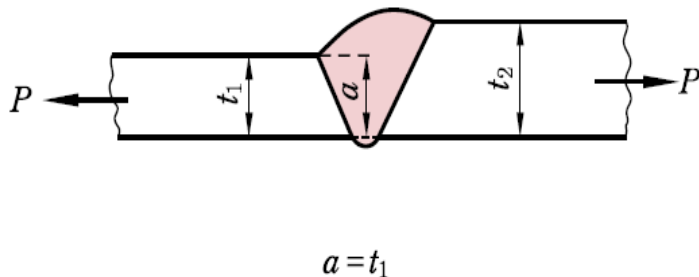
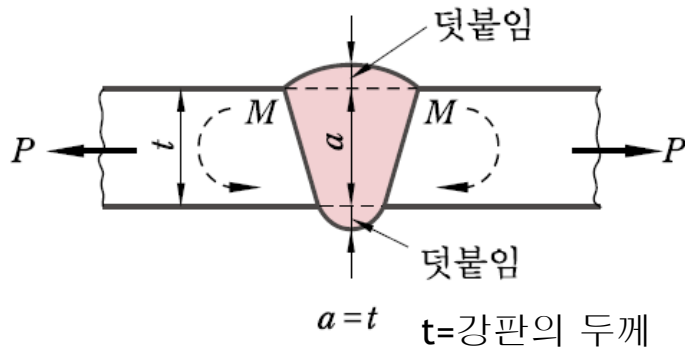
<1> 맞대기 용접이음

① 인장응력

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{al} = \frac{P}{tl}$$

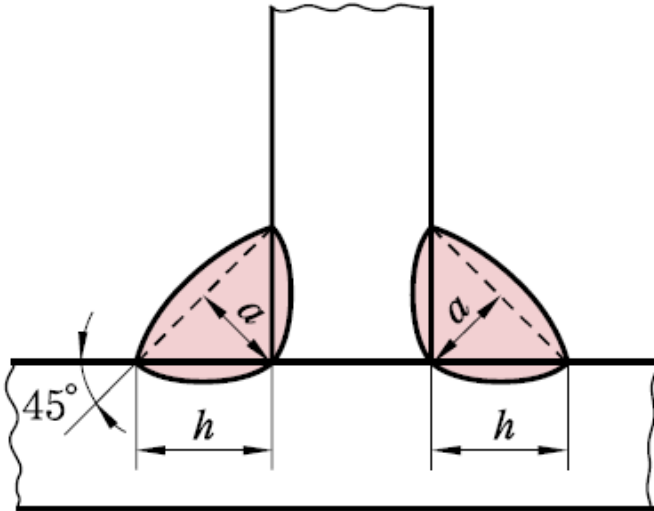
② 굽힘응력

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M}{\left(\frac{la^2}{6}\right)} = \frac{6M}{la^2} = \frac{6M}{lt^2}$$



<2> 필렛 용접이음(fillet weld joint)

① 전면(앞면) 필렛 용접이음



$$a = h \cos 45^\circ = \frac{h}{\sqrt{2}} = 0.707 h$$



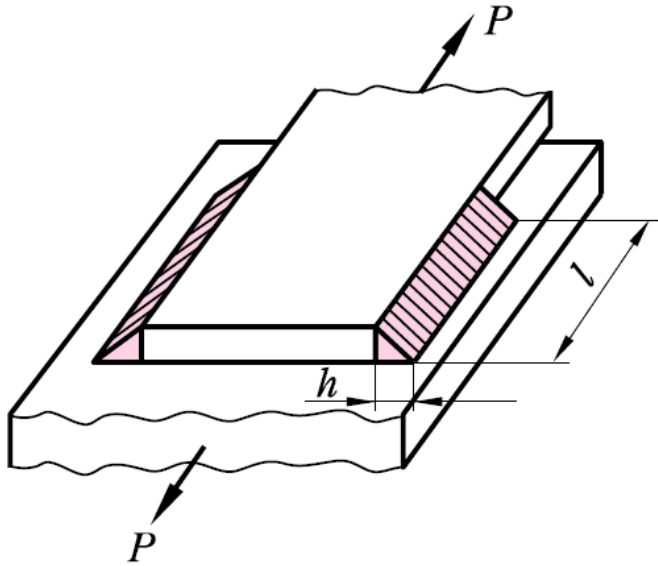
① 인장응력 (용접이 두군데 있으므로) x2

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{2al} = \frac{P}{2h \cos 45^\circ l} = \frac{0.707P}{hl}$$

② 전단응력

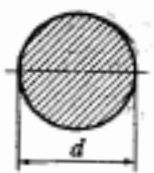
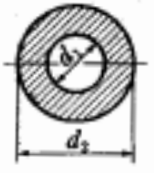
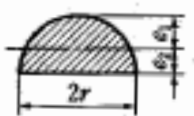
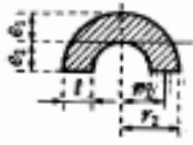
$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{2al} = \frac{P}{2h \cos 45^\circ l} = \frac{0.707P}{hl}$$

② 측면(옆면) 필렛 용접이음

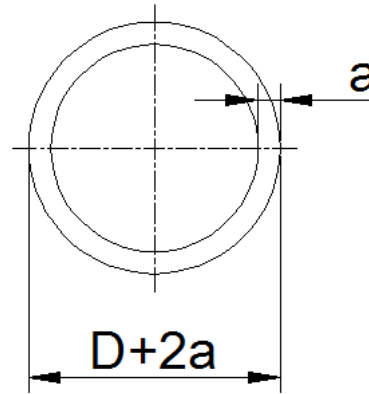
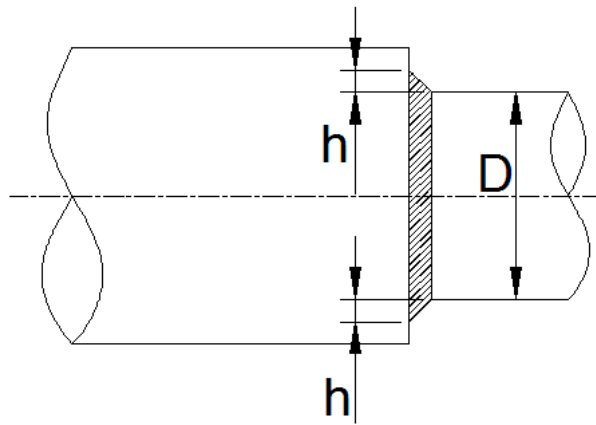


전단응력

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{2al} = \frac{P}{2h \cos 45^\circ l} = \frac{0.707P}{hl}$$

번호	단면형	A	I	Z	k ²
17		$\frac{\pi}{4} d^2$	$\frac{\pi}{64} d^4$	$\frac{\pi}{32} d^3$	$\frac{1}{16} d^2$
18		$\frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$	$\frac{\pi}{64} (d_2^4 - d_1^4)$	$\frac{\pi}{32} \times \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \approx 0.8 d_m^3 t$ (t/d _m 가 작을 경우)	$\frac{1}{16} (d_2^2 + d_1^2)$
19		$\frac{\pi}{2} r^2$	$\left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) r^4$ $= 0.1098 r^4$	$e_1 = 0.5756 r$ $e_2 = 0.4244 r$ $Z_1 = 0.1908 r^3$ $Z_2 = 0.2587 r^3$	$\frac{9\pi^2 - 64}{36\pi^2} r^2 = 0.0697 r^2$ (k = 0.264 r)
20		$\frac{\pi}{2} (r_2^2 - r_1^2)$	$\frac{0.1098 (r_2^4 - r_1^4) - 0.283 r_2^2 r_1^2 (r_2 - r_1)}{r_2 + r_1}$ $\approx 0.3 t r_m^3$ (t/r _m 가 작을 경우)	$e_2 = \frac{4(r_2^3 + r_2 r_1 + r_1^3)}{3\pi(r_2 + r_1)}$ $e_1 = r_2 - e_2$	$\approx 0.096 r_m^2$ (k ≈ 0.31 r _m)

③ 원형단면의 필렛용접



$$A = \frac{\pi\{(D + 2a)^2 - D^2\}}{4}$$

$$I(\text{단면 2차}) = \frac{\pi\{(D + 2a)^4 - D^4\}}{64}$$

$$I_p = \frac{\pi\{(D + 2a)^4 - D^4\}}{32}$$

$$y_{max} = \frac{D + 2a}{2}$$

Ⓐ 인장하중(P)이 작용하는 경우

$$P = \sigma_t A = \sigma_t \frac{\pi\{(D + 2a)^2 - D^2\}}{4}$$

Ⓑ 비틀림 모멘트(T)가 작용하는 경우

$$T = \tau Z_p = \tau \frac{I_p}{y_{max}} = \tau \times \frac{\pi\{(D + 2a)^4 - D^4\}}{32} \times \frac{2}{(D + 2a)}$$

Ⓒ 굽힘 모멘트(M)가 작용하는 경우

$$M = \sigma Z = \sigma \frac{I}{y_{max}} = \sigma \times \frac{\pi\{(D + 2a)^4 - D^4\}}{64} \times \frac{2}{(D + 2a)}$$

제6장 축(shaft)

1. 축의 일반적인 사항

<1> 축의 종류

① 사용 목적에 따른 분류

Ⓐ 차축 : 주로 굽힘만 받는다

→종류 : 정지차축, 회전차축

Ⓑ 스피들축 : 주로 비틀림만 받는다. 형상치수가 정확, 정밀하다

Ex) 공작기계용

Ⓒ 전동축 : 주로 굽힘과 비틀림을 동시에 받는다

Ex) 동력전달용

→전동축의 동력 전달순서 : 주축 → 선축 → 중간축

주축 : 전동기에서 직접 동력을 받는 축

선축 : 각 공장으로 분배하는 역할

중간축 : 각기계에 동력을 전달

② 모양에 의한 분류 (종류)



㉠ 직선 축 : 흔히 많이 사용되는 곧은 축

㉡ 크랭크 축 : 직선운동과 회전운동을 상호 변환하는데 사용하는 축으로
곡선으로 구성되어 있는 축

㉢ 플렉시블 축 : 축이 자유롭게 휠 수 있도록 강선을 2중 또는 3중으로 감은
나사 모양의 축

힘성을 이용하여 충격을 완화하는데 널리 사용

(2) 축의 재료

~ 일반적으로 탄소강이 가장 널리사용

① 저하중용 : 연강, 경강

② 고속, 고하중용 : 단강, Ni강, Ni-Cr강, Cr-Mo강

Ni-Cr-Mo강

(3) 축의 설계에 고려해야 할 사항

~ 강성, [굽힘강성(=처짐, 변형), 비틀림변형], 강도, 부식, 진동
열팽창, 열응력, 응력집중

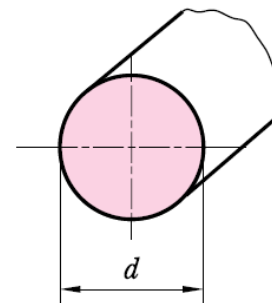
2. 축의 강도에 의한 설계

(1) 비틀림만 받는 경우

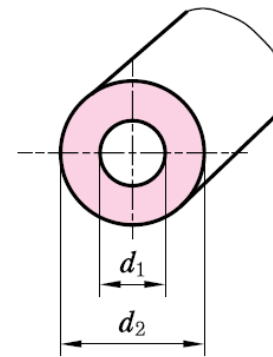
$$T = \tau_a Z_p$$

① 중실원 축 : $\sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau_a}}$

② 중공원 축 : $\sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau_a(1-x^4)}}$



(a) 중실축



(b) 중공축

$$Z_p = \frac{\pi d^3}{16}$$

$$Z_p = \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{16}$$

$$= \frac{\pi d_2^3(1 - x^4)}{16}$$

단,
 x : 내외경비

$$x = \frac{d_1}{d_2}$$

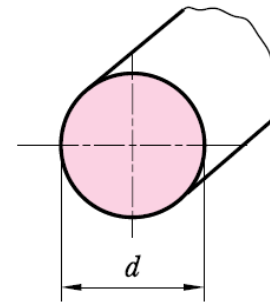
2. 축의 강도에 의한 설계

(2) 굽힘만 받는 경우

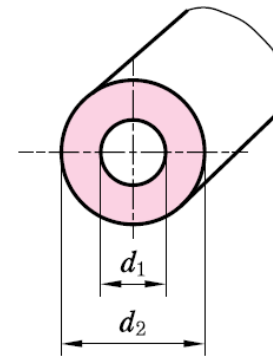
$$M = \sigma_a Z$$

① 중실원 축 : $\sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_a}}$

② 중공원 축 : $\sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_a(1-x^4)}}$



(a) 중실축



(b) 중공축

$$Z = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$Z = \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{32d_2}$$

$$= \frac{\pi d_2^3(1 - x^4)}{32}$$

단,
x: 내외경비
 $x = \frac{d_1}{d_2}$

(3) 비틀림과 굽힘을 동시에 받는 경우

상당비틀림 모멘트 : $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$

상당굽힘 모멘트 : $M_e = \frac{1}{2}(M + \sqrt{M^2 + T^2}) = \frac{1}{2}(M + T_e)$

- 비틀림 모멘트 (Torque) : T

$$\textcircled{1} \text{ 동력 } H' = T\omega = FV \rightarrow V = \frac{s(\text{거리})}{t(\text{시간})}$$

$$\rightarrow 1\text{J}=1\text{Nm} \quad 1\text{kJ}=1\text{kNm}$$

$$\rightarrow 1\text{W}=1\text{J/s} \quad 1\text{kW}=1\text{kJ/s}$$

$$\textcircled{2} T=716200(H/N) \text{ (kgf.cm)}$$

$$=97400(H'/N) \text{ (kgf.cm)}$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ (rad/s)}$$