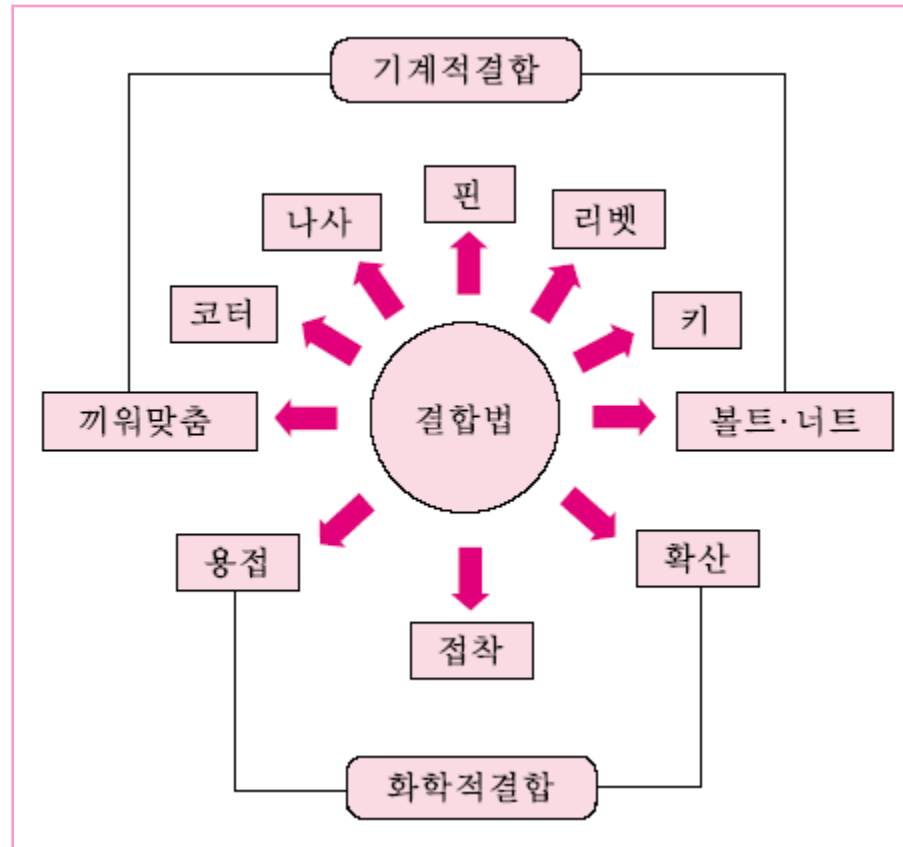


Chapter 02 나 사

자료제공: 학진북스-김남용저

2-1 ≫ 나사의 기본사항



<그림 2-1> 결합법의 종류

1. 나사의 정의

- 나사(screw thread) : 나선(helix) 곡선을 따라 원주면 위에 삼각, 사각 등의 홈을 파면, 산과 골로 된 입체
- 리드(lead) : 나사를 1회전하여 축방향으로 진행한 거리
- 리드각(lead angle) : λ 는 나선의 경사를 표시
- 나선각(helix angle) : β

- 피치(pitch) : 산과 산, 골과 골 사이의 거리

$$\tan \lambda = \frac{p}{\pi d} \quad (2 \cdot 1)$$

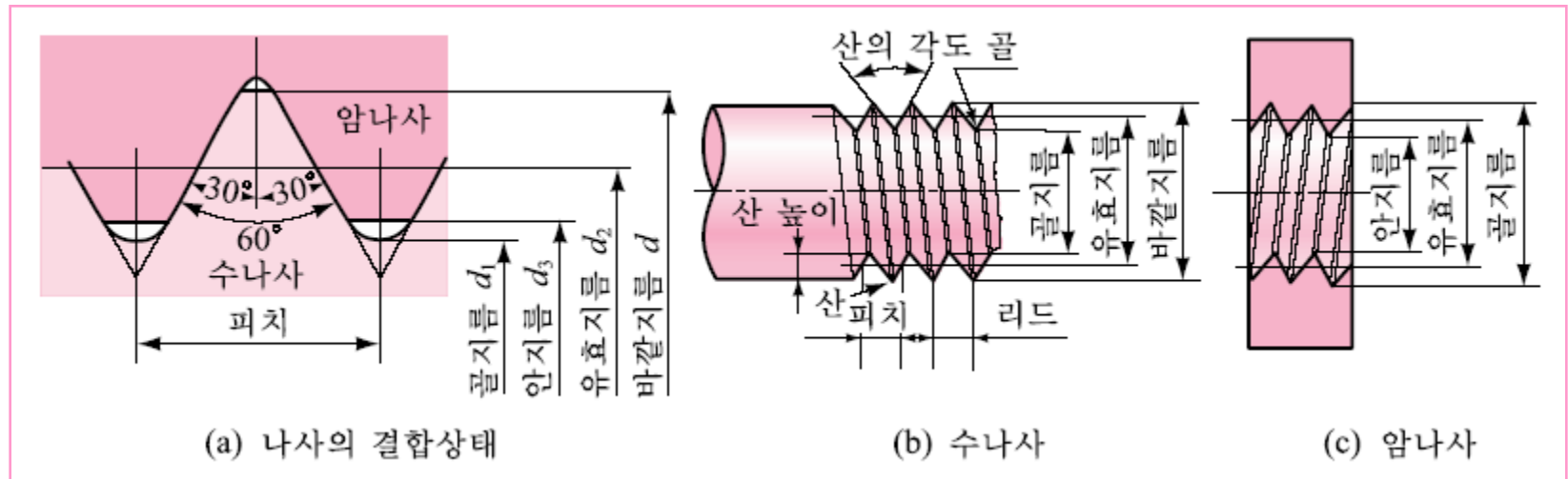
$$\ell = \pi d \cdot \tan \lambda$$

$$\ell = np \quad (2 \cdot 2)$$

- 한줄나사(single screw thread) : $\ell = p$

2. 나사 각부의 명칭

- ① 바깥지름(d) : 수나사의 축에 직각으로 측정한 최대지름
 - 미터나사의 크기 : 수나사의 바깥지름으로 표시(공칭지름)
- ② 골지름(d_1) : 수나사 \Rightarrow 최소지름, 암나사 \Rightarrow 최대지름
- ③ 안지름(d_3) : 암나사의 최소지름
- ④ 유효지름(d_2) : 바깥지름과 골지름의 평균지름 $(d+d_1)/2$
- ⑤ 나사산각(α) : 서로 인접한 2개의 플랭크가 만드는 각
- ⑥ 플랭크각($\alpha/2$) : 플랭크와 축 중심선과 직각인 단면과 이루는 각
 - \Rightarrow 나사산각의 반각(半角)
 - 플랭크(flank) : 나사면을 말하며, 나사의 봉우리와 나사골을 연결하는 나사산의 경사면



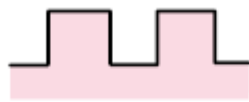
〈그림 2-3〉 나사 각부의 명칭

- 나사산의 모양에 의한 분류

- 삼각나사(triangular screw thread)
- 사각나사(square screw thread)
- 사다리꼴나사(trapezoidal screw, acme screw thread),
- 톱나사(buttruss screw thread)
- 둥근나사(round screw thread, knuckle screw thread)
- 볼나사(ball thread)



(a) 삼각나사



(b) 사각나사



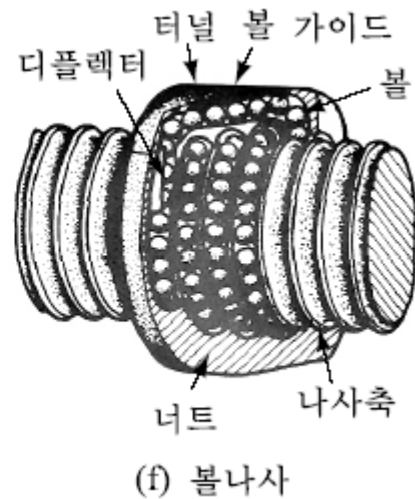
(c) 사다리꼴나사



(d) 톱니나사



(e) 둥근나사



<그림 2-4> 나사산의 모양에 따른 나사의 분류

- 기준치수의 단위에 의한 분류
 - 미터나사(metric screw thread)
 - 인치나사(inch screw thread)

- 나사의 회전방향에 의한 분류
 - 오른나사(right hand screw)
 - 왼나사(left hand screw)

2-2 ≫ 나사의 표시방법과 등급

1. 나사의 표시방법

(나사산의 감김 방향) (나사산의 줄수) (나사의 호칭) - (나사의 등급)

- **나사산의 감김방향** : 왼나사의 경우 “좌” 또는 “L”로 표시, 오른나사의 경우 생략
- **나사산의 줄수** : 두줄 나사의 경우 “2줄” 또는 “2N”, 세줄나사의 경우 “3줄” 또는 “3N”으로 표시, 한줄 나사의 경우 생략
- **나사의 호칭** : 나사의 종류에 따른 호칭 방법을 따른다.
- **나사의 등급** : 공차의 위치 및 IT등급을 표시

(1) 피치를 [mm]로 표시하는 나사의 경우

(나사 종류의 표시기호) (나사산의 호칭지름의 표시 숫자) × (피치)

(2) 피치를 산수로 표시하는 나사의 경우 (유니파이 나사 제외)

(나사 종류의 표시기호) (나사산의 호칭지름의 표시 숫자) 산(1" 마다 나사산의 수)

- 관용(管用)나사와 같이 동일 지름에 대해 산의 수가 하나만 규정되어 있을 때 산의 수를 생략 한다. 또한 혼동의 우려가 없을 때는 “산” 대신 “-”을 사용

(3) 유니파이 나사의 경우

(나사산의 호칭지름의 표시 숫자 또는 번호)
- (1" 마다 나사산의 수) (나사 종류의 표시 기호)

<표 2-1>
나사의 종류 및
표시 기호
(KS B 0200)

구 분	나사의 종류	나사 종류의 표시 기호	나사 호칭의 표시 방법	관련 규격	요약 및 용도		
일반용	ISO 규격에 있는 것	미터 보통나사	M	M 8	KS B 0201	가장 일반적인 나사. 피치 생략 가능	
		미터 가는나사		M 8×1	KS B 0204	보통나사보다 피치가 작음, 피치 표기 필수	
		미니추어 나사	S	S 0.5	KS B 0228	지름 1[mm] 이하의 나사	
		유니파이 보통나사	UNC	3/8 - 16 UNC	KS B 0203	인치계의 삼각나사 피치: 1인치에 대한 나사산 수, C: 보통나사, F: 가는나사	
		유니파이 가는나사	UNF	No.8 - 36 UNF	KS B 0206		
		미터 사다리꼴 나사	Tr	Tr 10×2	KS B 0229의 본문	운동용 나사, 나사산 각도 30°	
		관용 테이퍼 나사	테이퍼 수나사	R	R 3/4	KS B 0222의 본문	수도관, 가스관 등의 기밀용 나사 피치: 1인치에 대한 나사산 수
			테이퍼 암나사	Rc	Rc 3/4		
			평행 암나사	Rp	Rp 3/4		
		관용 평행나사	G	G 1/2	KS B 0221의 본문	관의 기계적 결합용 나사, 미터 가는나사보다 피치가 작음. 피치: 1인치에 대한 나사산 수	
	ISO 규격에 없는 것	29° 사다리꼴 나사	TW	TW 20	KS B 0226	운동용 나사, 기밀 유지용 나사, 인치계 나사, 사각 나사보다 강도가 큼	
		관용 테이퍼 나사	테이퍼 나사	PT	PT 7	KS B 0222의 부속서	기밀 유지용 나사 ISO와 같이 사용 PT: 수나사, PS: 암나사
			평행 암나사	PS	PS 7		
		관용 평행나사	PF	PF 7	KS B 0221	ISO와 같이 사용, PF 표시	
특수용	후강 전선관 나사	CTG	CTG 16	KS B 0223	나사의 종류에 부합한 용도에 사용		
	박강 전선관 나사	CTC	CTC 19				
	자전거 나사	일반용 스포크용	BC	BC 3/4		KS B 0224	
				BC 2.6			
	미싱 나사	SM	SM 1/4 산 40	KS B 0225			
	진구 나사	E	E 10	KS C 7702			
	자동차용 타이어 밸브 나사	TV	TV 8	KS R 4006의 부속서			
자전거용 타이어 밸브 나사	CTV	CTV 8 산 30	KS R 8044의 부속서				

<표 2-2> 나사의 정밀도 등급 및 끼워맞춤(KS B 0214)

등급 구분	미터 나사	유니파이 나사		끼워맞춤 (암나사/수나사)	적용 범위	사다리꼴나사		관용평행나사	
		수나사	암나사			수나사	암나사	수나사	암나사
정밀 등급	1급	3A	3B	4H/4h(M1.4이하) 5H/4h(M1.6이상)	놀음이 적은 매우 정밀한 나사	-	-		
보통 등급	2급	2A	2B	5H/6h(M1.4이하) 6H/6g(M1.6이상)	기계, 기기, 구조체 등에 사용하는 일반용 나사	7H	7e		
거친 등급	3급	1A	1B	7H/8g	건설공사 등과 같이 오염되기 쉬운 환경에 사용되는 나사, 열간 압연 봉에 나사깎기 또는 관통하지 않는 긴 구멍에 나사내기 등과 같이 나사가공이 곤란한 경우	8H	8e	A	B

〈표 2-3〉 미터나사의 등급 선택기준[암나사](KS B 0235)

공차 위치	H			G		
끼워맞춤 길이	S	N	L	S	N	L
끼워맞춤 구분	(short)	(normal)	(long)	(short)	(normal)	(long)
상(정밀등급)	4H	5H	6H	-	-	-
중(보통등급)	<u>5H</u>	<u>[6H]</u>	<u>7H</u>	<u>(5G)</u>	<u>(6G)</u>	<u>(7G)</u>
하(거친등급)	-	7H	8H	-	(7G)	(8G)

- 【주】** 1. 밑줄(-) 그은 문자로 표시된 등급을 1차, 밑줄이 없는 문자로 표시된 등급을 2차로 선택한다.
 () 안의 등급은 3차 선택으로서 되도록 선택하지 않는다.
 2. 너트류에 대해서는 []안의 등급을 우선적으로 선택한다.

【비고】 $N : N_{\min} = 2.24pd^{0.2}, N_{\max} = 6.7pd^{0.2}, S \leq N_{\min}, L \geq N_{\max}, p : \text{나사의 피치}, d : \text{바깥지름}$

〈표 2-4〉 미터나사의 등급 선택기준 [수나사] (KS B 0235)

공차 위치	h			g			e		
끼워맞춤 길이	S	N	L	S	N	L	S	N	L
끼워맞춤 구분									
상(정밀등급)	(3h 4h)	<u>4h</u>	(5h 4h)	-	-	-	-	-	-
중(보통등급)	(5h 6h)	6h	(7h 6h)	(5g 6g)	[6g]	(7g 6g)	-	<u>6e</u>	(7e 6e)
하(거친등급)	-	-	-	-	8g	(9g 8g)		-	-

【주】 1. 밑줄(-) 그은 문자로 표시된 등급을 1차, 밑줄이 없는 문자로 표시된 등급을 2차로 선택한다.
 () 안의 등급은 3차 선택으로서 되도록 선택하지 않는다.

2. 볼트 및 소나사류에 대해서는 []안의 등급을 우선적으로 선택한다.

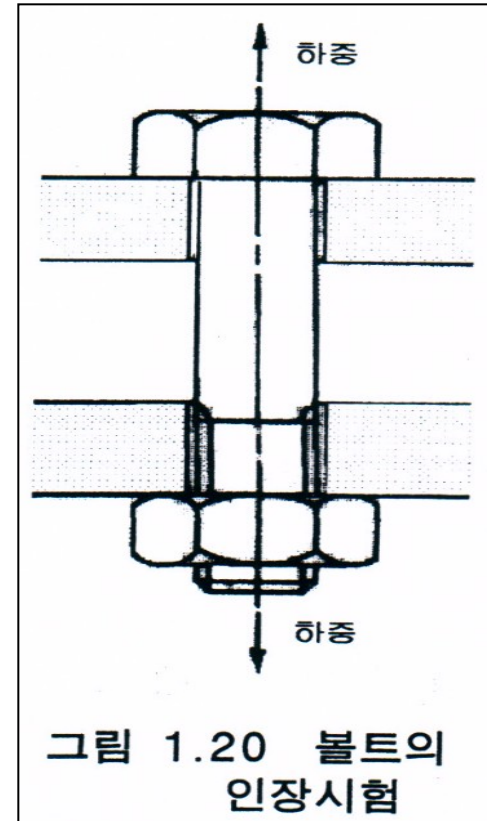
【비고】 5g 6g : 수나사의 유효지름에 대한 등급은 5g, 바깥지름에 대한 등급은 6g의 경우

1. 11. 3 기계적성질

- 체결력을 감당하는 나사 부품의 주체는 볼트이므로 규격에서도 주로 수나사의 강도와 관련한 기계적 성질에 대하여 규정하고 있다
- 기계적 성질을 대상으로 하는 항목
 - ① 인장강도 ② 경도 ③ 항복점 또는 내력 ④ 보증하중
 - ⑤ 신장도(연신율) ⑥ 썩기인장강도 ⑦ 충격강도 ⑧ 두부타격강도
 - ⑨ 나사부의 탈탄 및 비탈탄
- 너트의 시험 대상 항목
 - ① 보증하중 ② 강도

인장시험(tensile test)

- 인장시험기를 사용하여 볼트세트에 적절한 인장하중을 부여-> 하중을 증가시켜 볼트를 파단 시킴
- 주로 볼트와 너트가 물리기 시작하는 제 1 나사부에서 파단이 발생
- 인장강도는 파단하중을 나사부 유효 단면적으로 나눈 값



경도시험(hardness test)

- KS규격에서는 브리넬(H_B)경도계나 로크웰(H_R)경도계를 사용하도록 규정
- 브리넬경도계는 시편의 표면에 일정하중으로 압입시켜 패어 들어간 자국의 면적을 구함
- 로크웰경도계는 다이아몬드 원추를 압입시켜 들어간 깊이를 측정
- 볼트 경도는 측정하는 위치에 따라 그 값이 달라짐
- 긴 볼트에서는 미동변형으로 인하여 일정한 값을 얻기 어려우므로 볼트 머리 6각 측면을 이용한다.

항복점과 내력(yield point and strength)

- 시편에 가해지는 하중을 원래의 단면적으로 나눈 공칭응력을 세로축에 그리고 시편의 변형량을 원래의 길이로 나눈 변형도를 가로축에 나타내면 응력-변형도 선도가 된다
- 재료가 연강, 경강 합금강 등 그 기계적 성질이 다르면 이 선도의 모양도 달라짐
- 응력과 변형률간에 선형적인 비례관계가 유지 후 한계점을 지나면 비선형 관계를 보임
- 선형비례관계의 직선 어느 위치에서 하중을 제거하여도 원래의 상태인 변형도가 0인 위치로 되돌아가는데 이러한 성질이 바로 탄성이다
- 반대로 하중을 제거하여도 원래의 상태로 돌아가지 않는 항복 변형이 일어나며 항복이 일어나기 시작할 때의 응력이 항복점이다.
- 항복점이 명확하지 않는 경우 0.2%영구변형(잔류변형)을 일으키는 응력점을 내력점 또는 내력이라 한다

보증하중시험(proof load test)

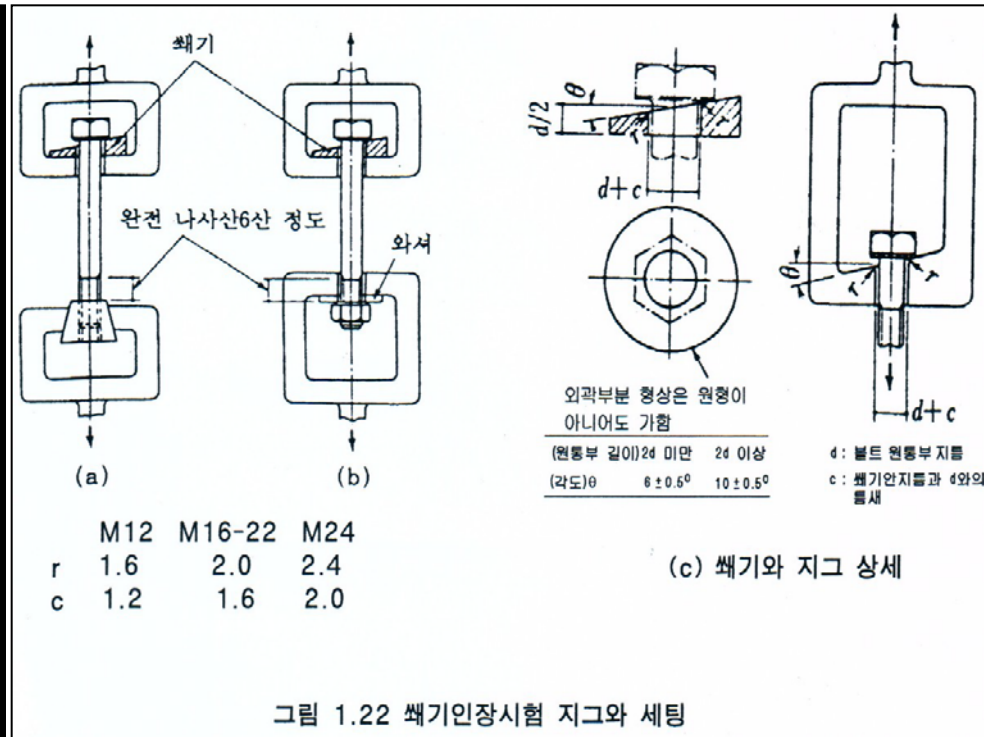
- 볼트, 너트 세트를 인장시험시에 걸고 규격에서 설정한 하중(보증하중)을 15초간 유지한 후 시험전과 비교하여 늘어난 량을 측정
- 보증하중은 항복점의 약 90%로 설정되어 있음
- 응력과 변형률간에 선형적인 비례관계가 유지 후 한계점을 지나면 비선형 관계를 보임
- 보증하중시험에서 합격은 하중을 걸기 전과 후에 차이가 $12.5\mu\text{m}$ 이내 이고 길이가 측정정밀도 $\pm 5\mu\text{m}$ 로 정하고 있음
- 반대로 하중을 제거하여도 원래의 상태로 돌아가지 않는 항복 변형이 일어나며 항복이 일어나기 시작할 때의 응력이 항복점이다.
- 항복점이 명확하지 않는 경우 0.2%영구변형(잔류변형)을 일으키는 응력점을 내력점 또는 내력이라 한다

연신율(elongation)

- KS B 0801-1981(금속재료 인장시험편)에 따른 시험편과 KS B 0802-1983(금속재료 인장시험방법) 및 KS B 5521-1992(인장시험기)에 의거 시험편이 늘어난 길이(신장)를 측정한다
- 표준 인장시험편은 평행부에 지름 5배에 해당하는 길이를 두개의 표점으로 표시하고 하중증가에 따라 이 표점거리의 변화를 측정하여 신장값으로 하고 이를 원래의 표점거리로 나눈 값이 연신율(인장변형도)이며 이 값에 100을 곱한 것이 %로 표시된 연신율 이다.

썩기인장시험(wedge tensile test)

- 볼트 머리부의 자리면에 볼트 호칭과 길이에 길이에 따라 4° , 6° , 10° 의 썩기를 대고 인장시험기와 같이 인장시험기로 하중을 가한다
- 썩기 없을 때 최저 인장강도 내에서는 파괴되지 않고 이보다 큰 하중에서 파괴되었을 때 머리부와 축부의 연결부분인 목 밑 둥근부에서 끊어지지 않아야 합격으로 한다



전단시험(shearing test)

- 금속재료의 전단강도는 보통 인장강도의 60~70% 정도로 규정
- KS에서는 인장시험을 사용하는 시험만 규정하고 있고 전단시험에 대하여는 별도로 지정하지 않고 있으나 경우에 따라 전단강도가 볼트의 내력을 좌우하는 인자가 되는 경우 전단시험을 할 필요가 있음
- 1면 전단 또는 2면 전단 형태의 지그를 사용하고 전단에 의하여 볼트를 절단한다. 2면 전단인 경우 전단 면적은 1면 전단의 2배가 된다

충격시험(impact test)

- KS B 0809-1980(금속재료 충격시험편)에 규정된 충격 시험편은 호칭 지름 16mm미만의 볼트에서는 잘라내기 곤란하다. 지름 16mm 볼트에서는 10mm 각봉 형태의 시험편 절단이 가능하다.
- 볼트축에 평행하게 10mm각의 시험편을 깎아내고 중심부근에 U형의 홈을 새겨 넣는다. 이 홈의 등쪽을 망치로 들어올려서 내려치는 샤르피(Charpy)시험기로 충격 강도를 조사한다.
- 충격치는 저온에서 사용되는 기계류에서 사용하는 나사 또는 한냉지에서 사용할 때 특히 중요한 의미를 지닌다.(저온에서 강재는 취성을 띤)

머리부 타격 시험(head impact test)

- $\beta=60^\circ$ 또는 80° 의 기울기를 가진 구멍에 볼트를 끼우고 머리가 수평하게 될 때까지 망치로 머리부레 타격을 가하여 목 및 둥근부가 갈라지거나 균열이 발생하였는지 여부를 조사
- 인성을 시험하는 간단하고 유효한 방법이기는 하나 굵은 볼트에는 적용이 곤란하다.

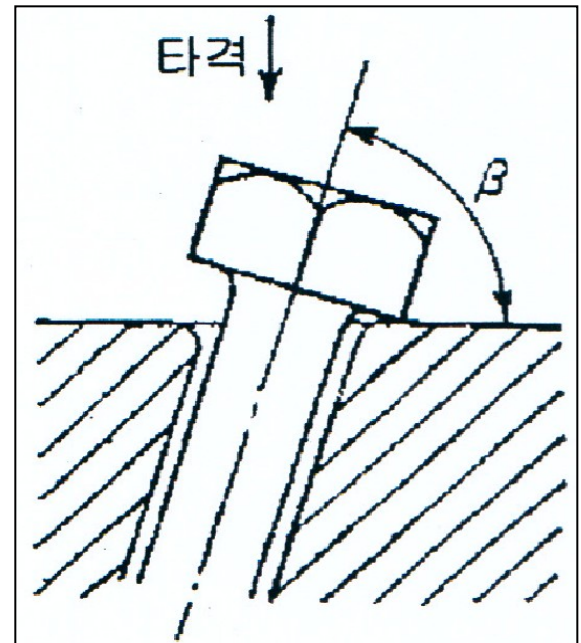
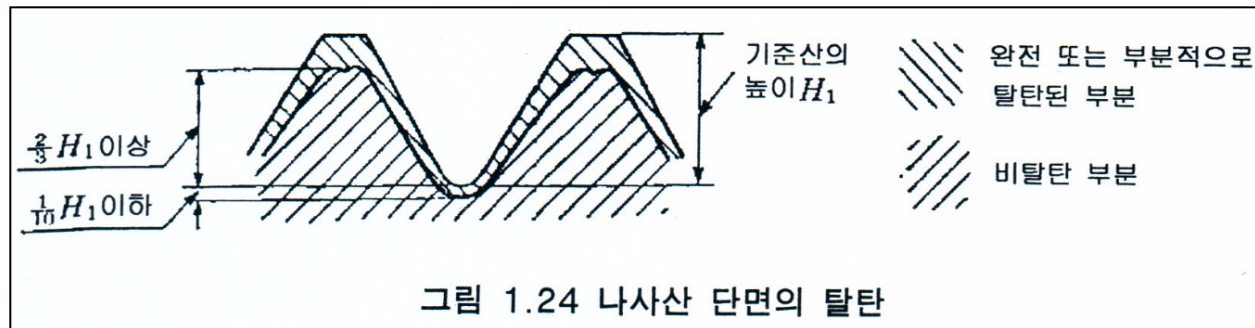


그림 1-23 보울트 머리 타격시험

탈탄시험(decarburization test)

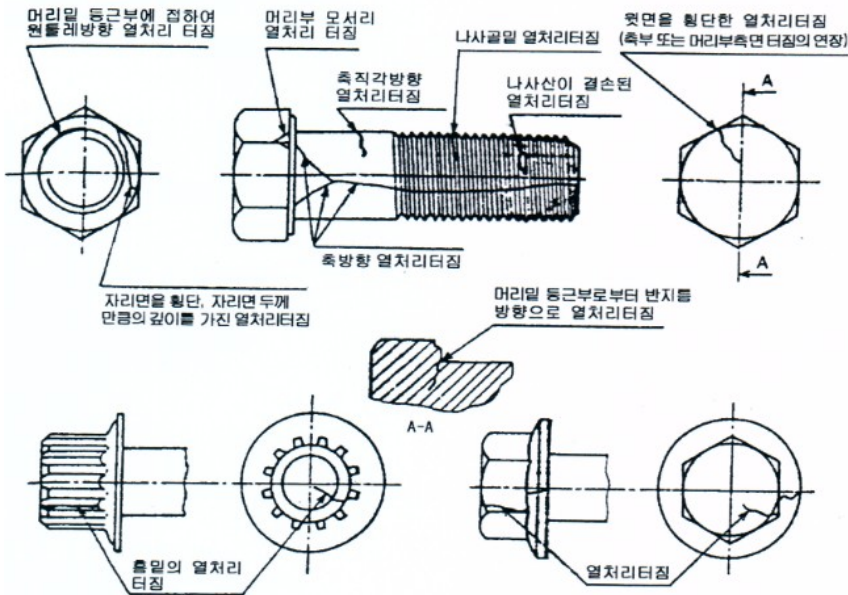
- KS D 0216-1985(강의 탈탄층 깊이 측정방법)에서는 이 탈탄층의 깊이를 측정하는 시험방법을 규정하고 있다
- 탈탄된 표피부분이 나사산이 되었을 경우 볼트의 나사부분이 탈탄으로 인하여 열처리 효과를 충분히 얻지 못하고 약해지므로 볼트의 나사산의 파손에 의한 사고 위험이 있다.
- 퀴칭-템퍼링으로 열처리 하는 조질 볼트에서는 탈탄검사가 의무화
- 선재 블랭크를 헤더에 보내기 전과 열처리한 볼트를 중심축에 따라 세로로 자르고 절단면을 연마/부식시켜 현미경으로 보거나 마이크로 비커스 경도계로 경도를 측정하여 탈탄여부 검사



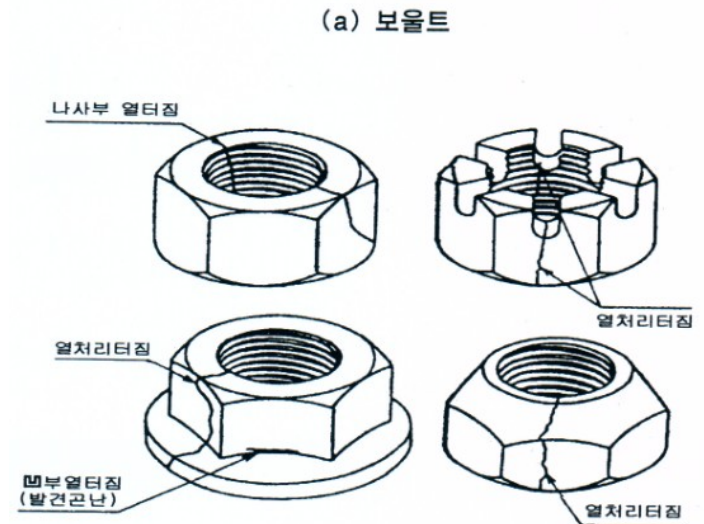
1. 11. 5 보울트, 너트에서의 표면결함

1) 열처리 터짐

- 과도한 열응력 및 상변태응력에 따라 담금질시 발생
- 통상 나사부품의 표면을 불규칙한 경로로 진행



(a) 보울트



(b) 너트

그림 1.25 열처리 터짐

2) 단조터짐

- 절단 또는 단조시 발생
- 보울트의 머리부 윗면 가장자리로부터 발생
- 너트의 윗면, 밑면 및 측면이 교차하는 부위에 위치

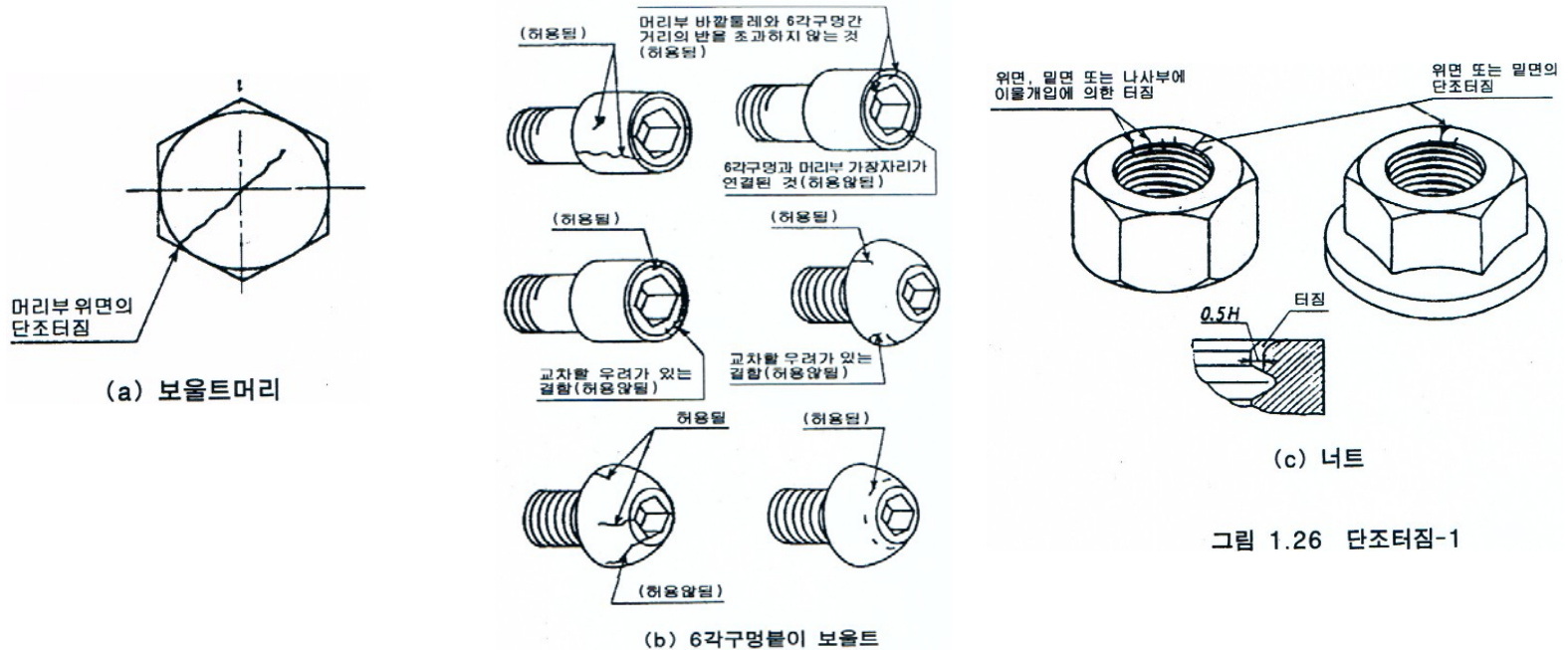
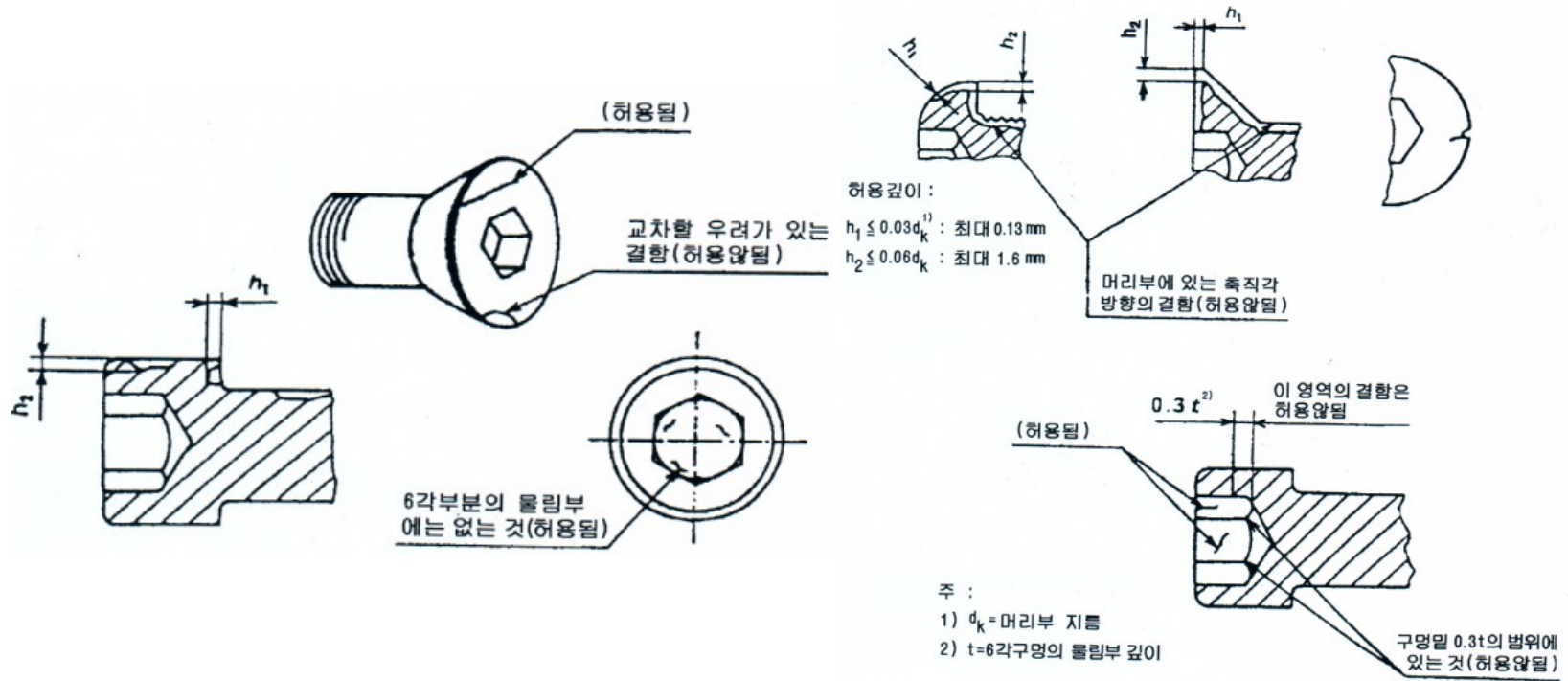


그림 1.26 단조터짐-1

2) 단조터짐



(d) 머리부 열터짐 상세

그림 1.26 단조터짐-2

3) 줄모양 흠 및 겹침

- 보울트에서 나사부, 축부 또는 머리부를 축방향으로 긁는 통상 가는 직선형 또는 곡선형의 결함
- 너트에서 재료가 용착되지 않고 겹친 주름모양의 표면결함을 말함

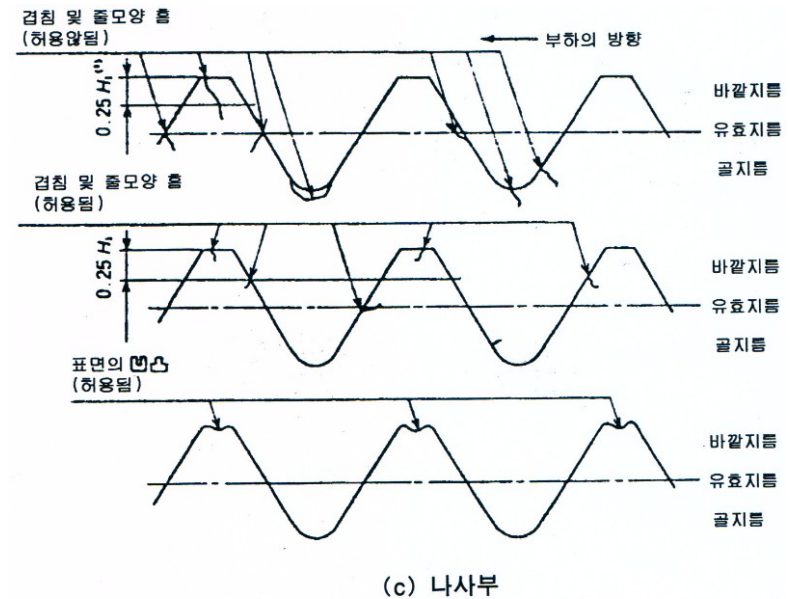
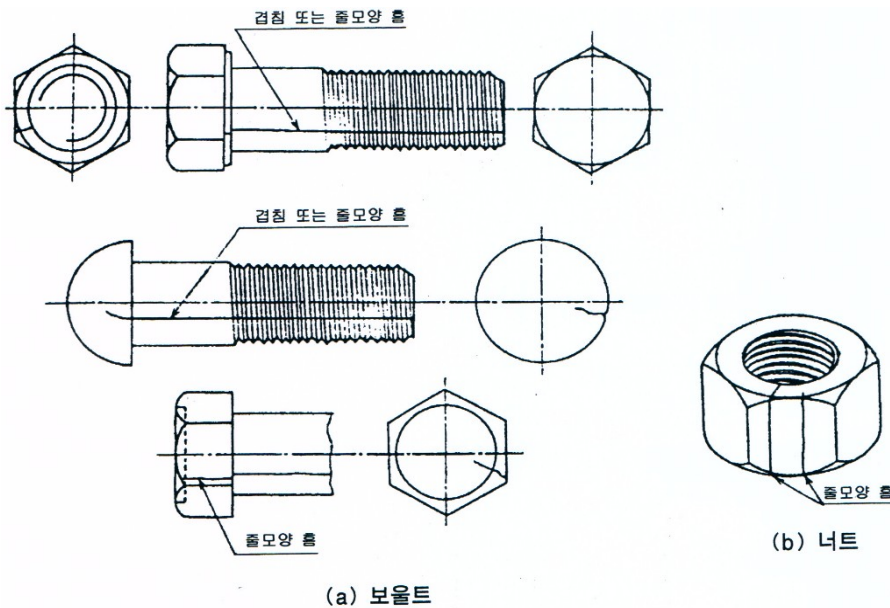


그림 1.27 줄모양 흠 과 겹침

4) 파열 흠

- 너트에서 금속의 표면에 있는 개구부 모양의 흠

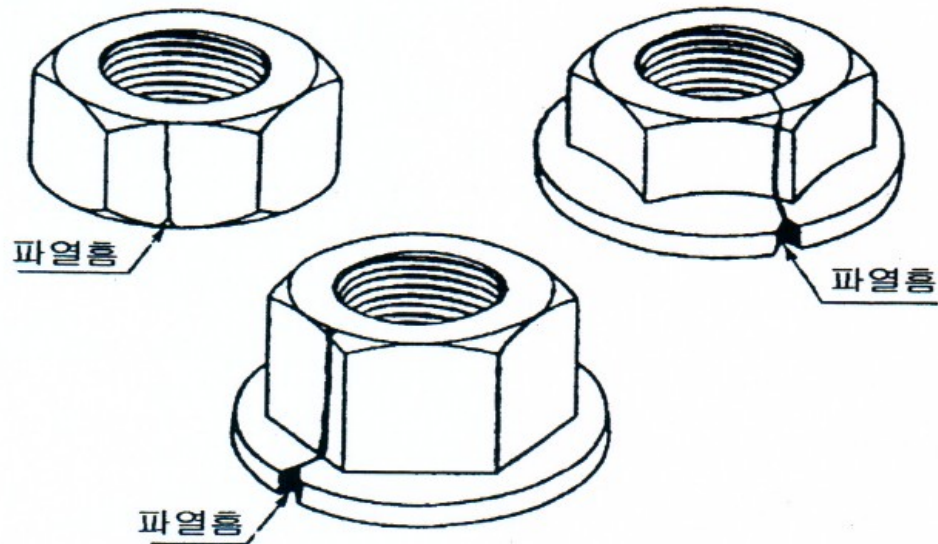


그림 1.28 파열흠

5) 전단파열 흠

- 주로 너트에서 금속표면에 있는 개구부 모양의 흠

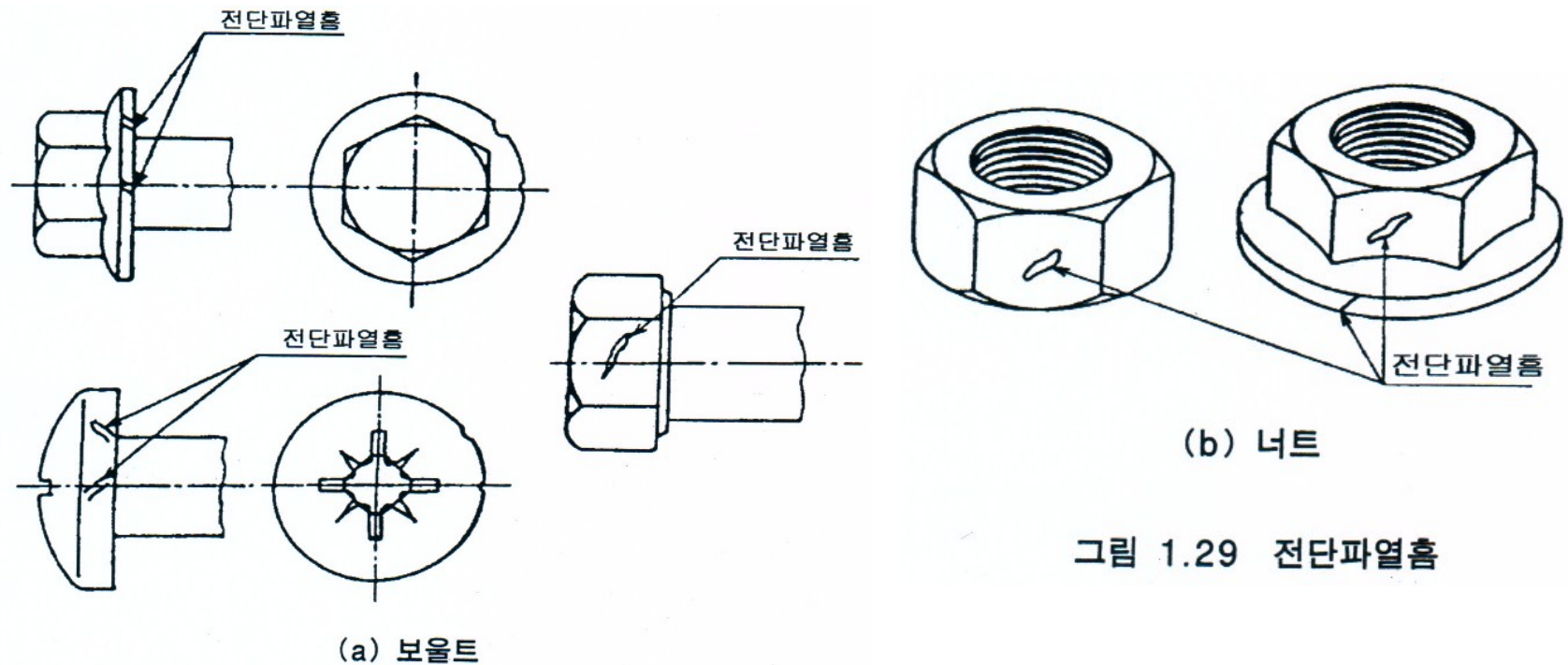
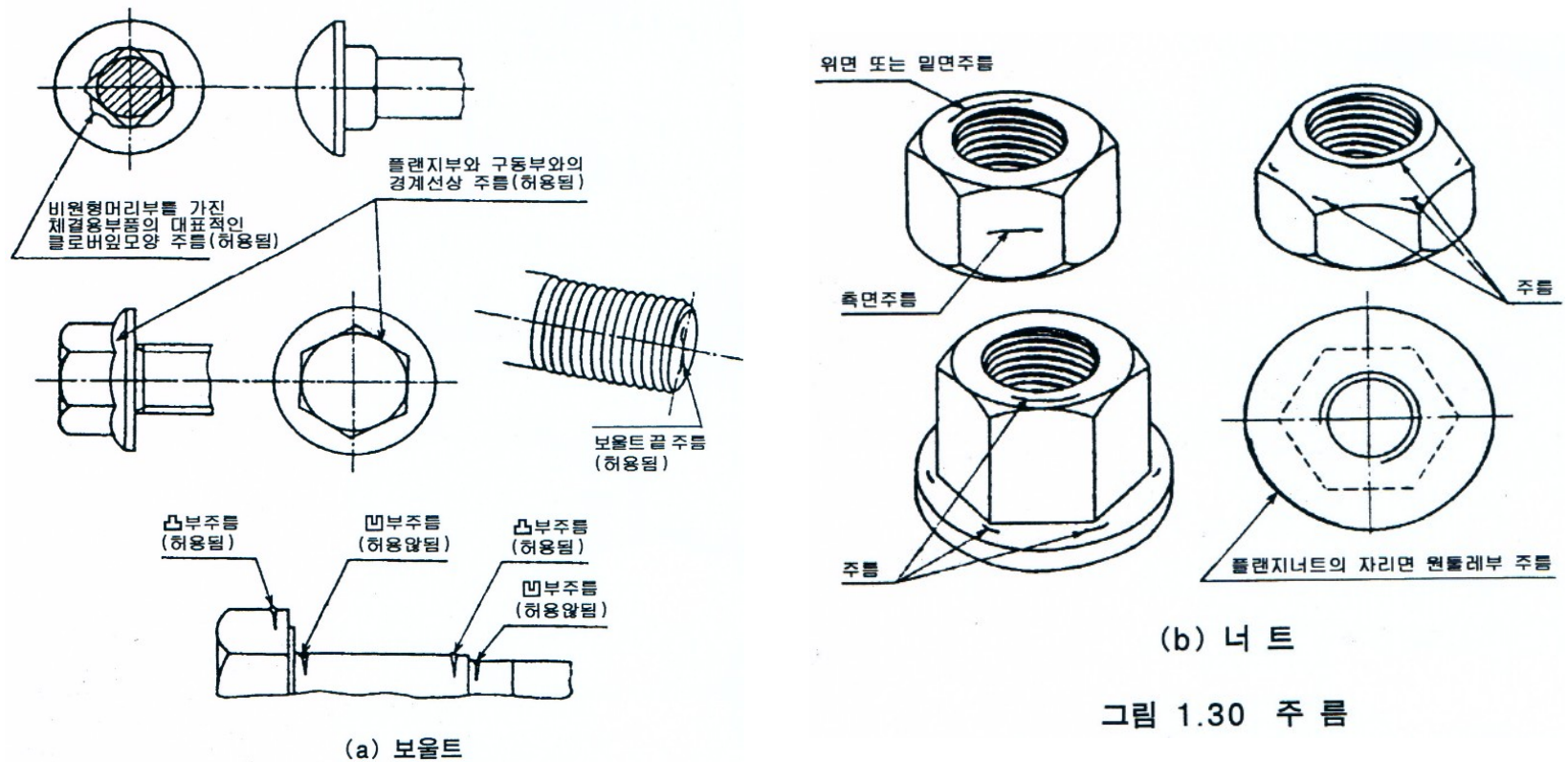


그림 1.29 전단파열흠

1. 11. 5 보울트, 너트에서의 표면결함

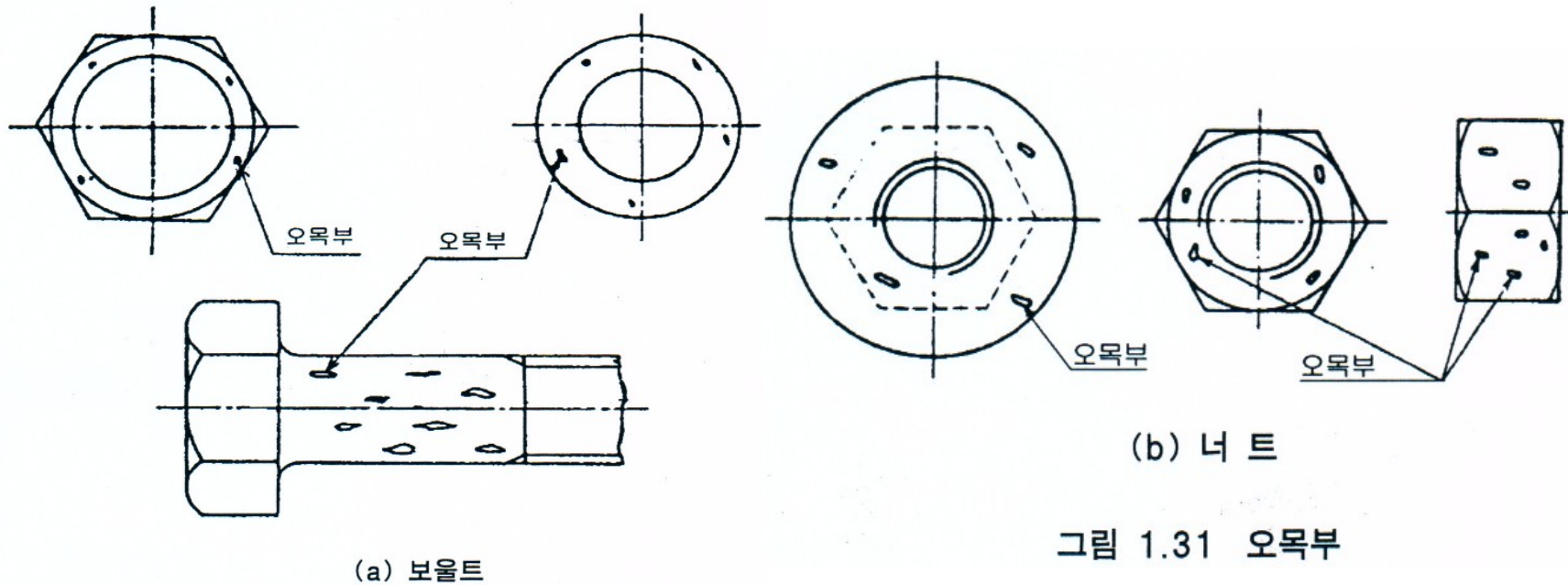
6) 주름

- 단조시 나사부품의 표면에 있는 얇은 구멍 또는 오목한 부분



ㄱ) 오목부 또는 살떨어짐

- 단조 또는 압출시 금속의 충진이 완전히 이루어지지 않아 일어나는 볼트나 너트의 표면에 있는 얇은 구멍 또는 오목한 부분



8) 공구흠

- 보울트나 너트에서 축방향 또는 원둘레방향의 깊이가 얇은 흠

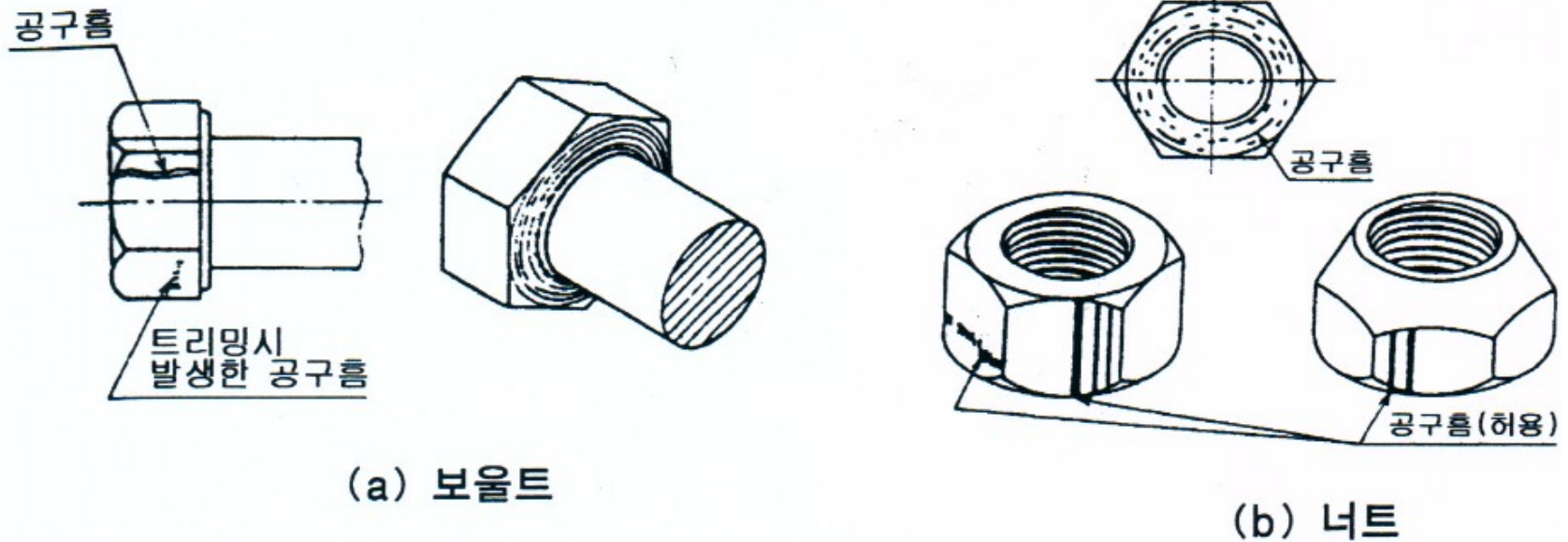


그림 1.32 공구흠

9) 손상

- 보울트나 너트의 표면에 발생한 살떨어짐과 같은 오목부

10) 이물질 혼입터짐

- 소재가 본래 가지고 있는 이물질에 의하여 발생한 터짐

11) 와셔접촉부 터짐

- 와셔를 너트에 접촉시킬 때 입구나 허브에 발생한 터짐



그림 1.33 와셔지지부 터짐



그림 1.34 토크풀림방지 너트의 표면터짐

* 표면결함의 허용한계 규정 (KS B 1024)

너트의 인장시험

- 너트를 직접 인장시험기에 거는 것은 곤란하므로 만드렐시험을 실시 함

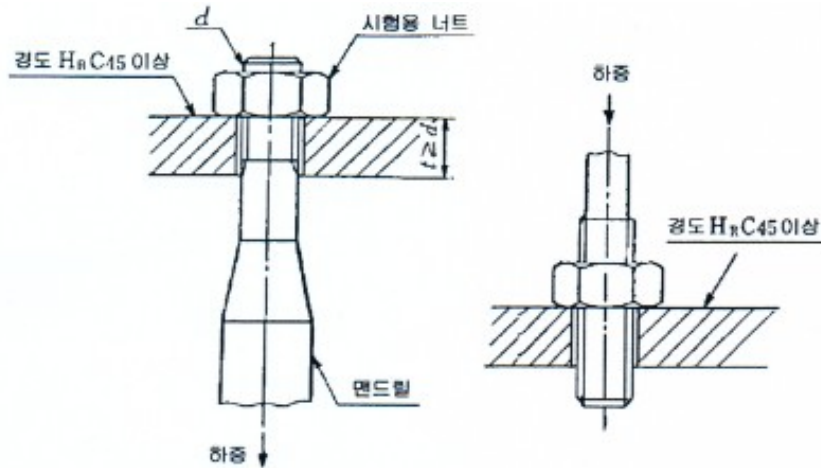


그림 1-35 너트의 인장시험

<만드렐시험>

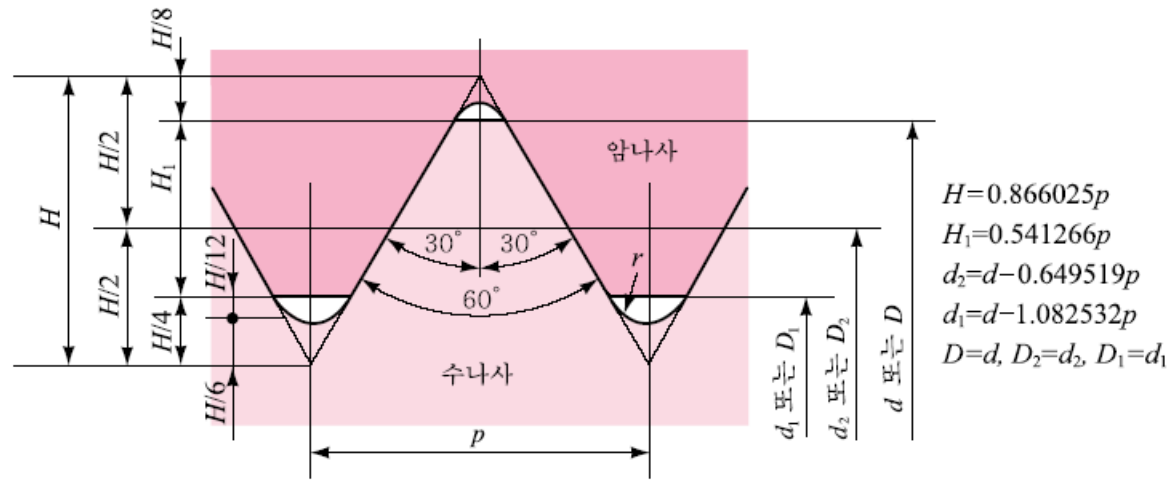
너트를 만드렐에 끼우고 인장 혹은 압축 보증하중을 15초간 가한다. 너트는 파괴되지 않아야 하며 하중을 제거한 뒤 너트를 손으로 돌려서 뺄 수 있어야 함.

2-3 ≫ 나사의 종류

1. 삼각나사

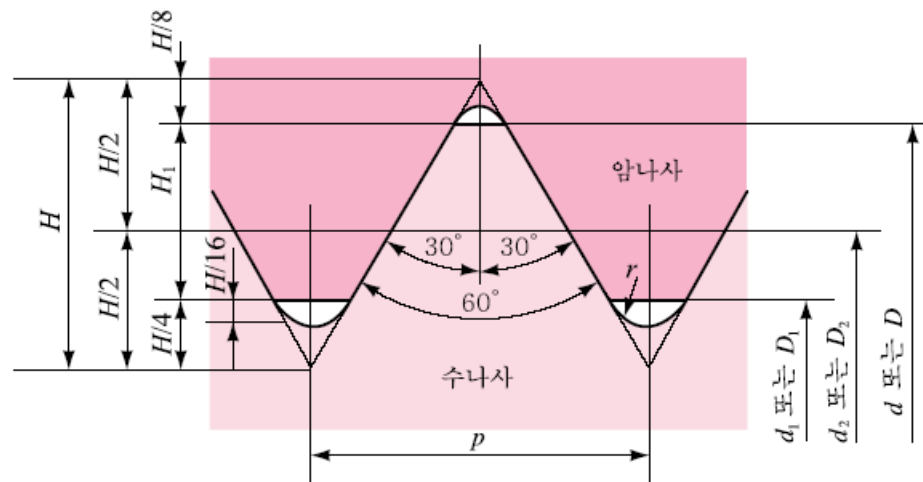
(1) 미터나사(metric screw thread)

- 나사의 지름 및 피치 ⇒ [mm] 표시
- 나사산의 각도 : 60°
- 보통나사(coarse thread), 가는나사(fine thread)
- 호칭치수 : 수나사의 바깥지름 ⇒ [mm] 표시
- 보통나사 ⇒ M 다음에 [호칭지름]을 표기
미터 가는나사 ⇒ M 다음에 [호칭지름×피치]로 표기



$$\begin{aligned}
 H &= 0.866025p \\
 H_1 &= 0.541266p \\
 d_2 &= d - 0.649519p \\
 d_1 &= d - 1.082532p \\
 D &= d, D_2 = d_2, D_1 = d_1
 \end{aligned}$$

(a) 미터 보통나사



(b) 미터 가는나사

<그림 2-5> 미터나사의 형상

〈표 2-5〉 미터 보통나사(KS B 0201) - (1)

(단위 : [mm])

나사의 호칭			피 치 p	접촉 높이 H_1	암 나 사		
					골지름 D	유효지름 D_2	안지름 D_1
1란	2란	3란			수 나 사		
					바깥지름 d	유효지름 d_2	골지름 d_1
M 1	M 1.1		0.25	0.135	1.000	0.838	0.729
M 1.2			0.25	0.135	1.100	0.938	0.829
M 1.6	M 1.4		0.3	0.162	1.400	1.205	1.075
	M 1.8		0.35	0.189	1.600	1.373	1.221
M 2	M 2.2		0.4	0.217	2.000	1.740	1.567
M 2.5			0.45	0.244	2.200	1.908	1.713
M 3	M 3.5		0.5	0.271	3.000	2.675	2.459
			M 4	0.6	0.325	3.500	3.110
M 5	M 4.5		0.7	0.379	4.000	3.545	3.242
			M 6	0.75	0.406	4.500	4.013
M 8	M 7		0.8	0.433	5.000	4.480	4.134
			M 9	1	0.541	6.000	5.350
			1	0.541	7.000	6.350	5.917
			1.25	0.677	8.000	7.188	6.647
			1.25	0.677	9.000	8.188	7.647

<표 2-5> 미터 보통나사(KS B 0201) - (2)

M 10			1.5	0.812	10.000	9.026	8.376
		M 11	1.5	0.812	11.000	10.026	9.376
M 12			1.75	0.947	12.000	10.863	10.106
	M 14		2	1.083	14.000	12.701	11.835
M 16			2	1.083	16.000	14.701	13.835
	M 18		2.5	1.353	18.000	16.376	15.294
M 20			2.5	1.353	20.000	18.376	17.294
	M 22		2.5	1.353	22.000	20.376	19.294
M 24			3	1.624	24.000	22.051	20.752
	M 27		3	1.624	27.000	25.051	23.752
M 30			3.5	1.894	30.000	27.727	26.211
	M 33		3.5	1.894	33.000	30.727	29.211
M 36			4	2.165	36.000	33.402	31.670
	M 39		4	2.165	39.000	36.402	34.670
M 42			4.5	2.436	42.000	39.077	37.129
	M 45		4.5	2.436	45.000	42.077	40.129
M 48			5	2.706	48.000	44.752	42.587
	M 52		5	2.706	52.000	48.752	46.587
M 56			5.5	2.977	56.000	52.428	50.046
	M 60		5.5	2.977	60.000	56.428	54.046
M 64			6	3.248	64.000	60.103	57.505
	M 68		6	3.248	68.000	64.103	61.505

【주】 1란을 우선적으로 선택하고 필요에 따라 2란, 3란의 순으로 선택한다.

〈표 2-6〉 미터 가는나사(KS B 0204) - (1)

(단위 : [mm])

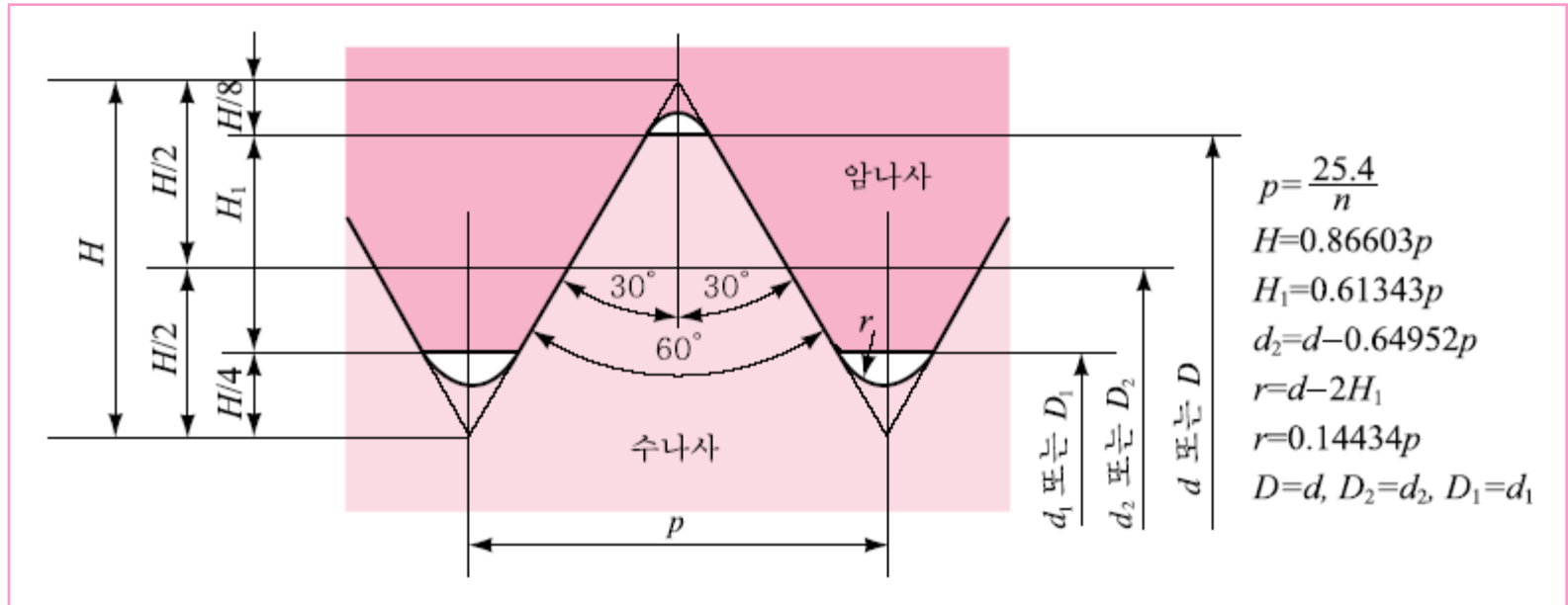
나사의 호칭	피 치 p	접촉 높이 H_1	암 나 사		
			골지름 D	유효지름 D_2	안지름 D_1
			수 나 사		
			바깥지름 d	유효지름 d_2	골지름 d_1
M 1×0.2	0.2	0.108	1.000	0.870	0.783
M 1.1×0.2	0.2	0.108	1.100	0.970	0.883
M 1.2×0.2	0.2	0.108	1.200	1.070	0.983
M 1.4×0.2	0.2	0.108	1.400	1.270	1.183
M 1.6×0.2	0.2	0.108	1.600	1.470	1.383
M 1.8×0.2	0.2	0.108	1.800	1.670	1.583
M 2×0.25	0.25	0.135	2.000	1.838	1.729
M 2.2×0.25	0.25	0.135	2.200	2.038	1.929
M 2.5×0.35	0.35	0.189	2.500	2.273	2.121
M 3×0.35	0.35	0.189	3.000	2.773	2.621
M 3.5×0.35	0.35	0.189	3.500	3.273	3.121
M 4×0.5	0.5	0.271	4.000	3.675	3.459
M 4.5×0.5	0.5	0.271	4.500	4.175	3.959
M 5×0.5	0.5	0.271	5.000	4.675	4.459
M 5.5×0.5	0.5	0.271	5.500	5.175	4.959
M 6×0.75	0.75	0.406	6.000	5.513	5.188
M 7×0.75	0.75	0.406	7.000	6.513	6.188
M 8×1	1	0.541	8.000	7.350	6.917
M 8×0.75	0.75	0.406	8.000	7.513	7.188
M 9×1	1	0.541	9.000	8.350	7.917
M 9×0.75	0.75	0.406	9.000	8.513	8.188

<표 2-6> 미터 가는나사(KS B 0204) - (2)

M 10×1.25	1.25	0.677	10.000	9.188	8.647
M 10×1	1	0.541	10.000	9.350	8.917
M 10×0.75	0.75	0.406	10.000	9.513	9.188
M 11×1	1	0.541	11.000	10.350	9.917
M 11×0.75	0.75	0.406	11.000	10.513	10.188
M 12×1.5	1.5	0.812	12.000	11.026	10.376
M 12×1.25	1.25	0.677	12.000	11.188	10.647
M 12×1	1	0.541	12.000	11.350	10.917
M 14×1.5	1.5	0.812	14.000	13.026	12.376
M 14×1.25	1.25	0.677	14.000	13.188	12.647
M 14×1	1	0.541	14.000	13.350	12.917
M 15×1.5	1.5	0.812	15.000	14.026	13.376
M 15×1	1	0.541	15.000	14.350	13.917
M 16×1.5	1.5	0.812	16.000	15.026	14.376
M 16×1	1	0.541	16.000	15.350	14.917
M 17×1.5	1.5	0.812	17.000	16.026	15.376
M 17×1	1	0.541	17.000	16.350	15.917
M 18×2	2	1.083	18.000	16.701	15.835
M 18×1.5	1.5	0.812	18.000	17.026	16.376
M 18×1	1	0.541	18.000	17.350	16.917
M 20×2	2	1.083	20.000	18.701	17.835
M 20×1.5	1.5	0.812	20.000	19.026	18.376
M 20×1	1	0.541	20.000	19.350	18.917
M 22×2	2	1.083	22.000	20.701	19.835
M 22×1.5	1.5	0.812	22.000	21.026	20.376
M 22×1	1	0.541	22.000	21.350	20.917
M 24×2	2	1.083	24.000	22.701	21.835
M 24×1.5	1.5	0.812	24.000	23.026	22.376
M 24×1	1	0.541	24.000	23.350	22.917

(2) 유니파이 나사(unified screw thread)

- 인치계 나사, 미국·영국·캐나다 3국 협정으로 제정
- ABC 나사 또는 U 나사라고도 한다.
- 호칭치수 \Rightarrow 수나사의 바깥지름
 - 인치로 표시
 - 1인치에 대한 나사산수로 표시
- 나사산의 각도 : 60°



<그림 2-6> 유니파이 나사의 형상

〈표 2-7〉 유니파이 보통나사(KS B 0203) - (1)

(단위 : [mm])

나사의 호칭			나사 산수 (25.4 mm에 대한 n)	피치 p (참고)	접촉 높이 H_1	암 나 사		
						끝지름 D	유효지름 D_2	안지름 D_1
1	2	(참 고)				수 나 사		
						바깥지름 d	유효지름 d_2	안지름 d_1
No.2-56 UNC	No.1-64 UNC	0.0730-64 UNC	64	0.3969	0.215	1.854	1.598	1.425
		0.0860-56 UNC	56	0.4536	0.246	2.184	1.890	1.694
	No.3-48 UNC	0.0990-48 UNC	48	0.5292	0.286	2.515	2.172	1.941
No.4-40 UNC		0.1120-40 UNC	40	0.6350	0.344	2.845	2.433	2.156
No.5-40 UNC		0.1250-40 UNC	40	0.6350	0.344	3.175	2.764	2.487
No.6-32 UNC		0.1380-32 UNC	32	0.7938	0.430	3.505	2.990	2.647
No.8-32 UNC		0.1640-32 UNC	32	0.7938	0.430	4.166	3.650	3.307
No.10-24UNC		0.1900-24 UNC	24	1.0583	0.573	4.826	4.138	3.680
	No.12-24 UNC	0.2160-24 UNC	24	1.0583	0.573	5.486	4.798	4.341
1/4-20UNC		0.2500-20 UNC	20	1.2700	0.687	6.350	5.524	4.976
5/6-18 UNC		0.3125-18 UNC	18	1.4111	0.764	7.938	7.021	6.411
3/8-16 UNC		0.3750-16 UNC	16	1.5875	0.859	9.525	8.494	7.805
7/16-14 UNC		0.4375-14 UNC	14	1.8143	0.982	11.112	9.934	9.149
1/2-13 UNC		0.5000-13 UNC	13	1.9538	1.058	12.700	11.430	10.584
9/16-12 UNC		0.5625-12 UNC	12	2.1167	1.146	14.288	12.913	11.996
5/8-11 UNC		0.6250-11 UNC	11	2.3091	1.250	15.875	14.376	13.376
3/4-10 UNC		0.7500-10 UNC	10	2.5400	1.375	19.050	17.399	16.299
7/8-9 UNC		0.8750-9 UNC	9	2.8222	1.528	22.225	20.391	19.169

〈표 2-7〉 유니파이 보통나사(KS B 0203) - (2)

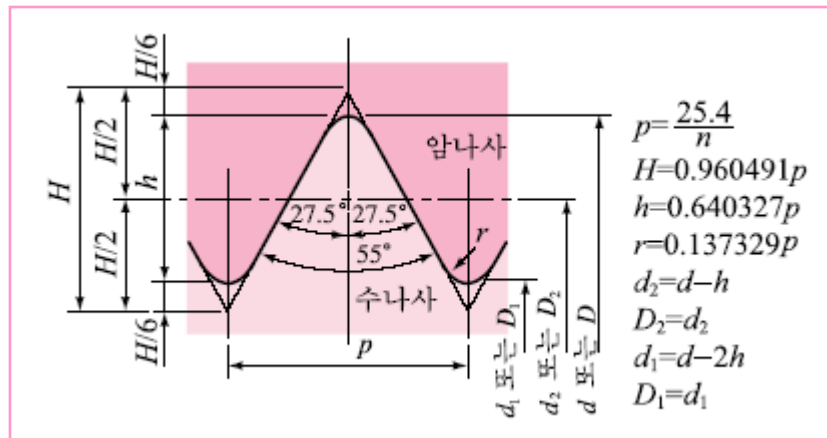
$1-8$ UNC		1.0000-8 UNC	8	3.1750	1.719	25.400	23.338	21.963
$1\frac{1}{8}-7$ UNC		1.1250-7 UNC	7	3.6286	1.964	28.575	26.218	24.648
$1\frac{1}{4}-7$ UNC		1.2500-7 UNC	7	3.6286	1.964	31.750	29.393	27.823
$1\frac{3}{8}-6$ UNC		1.3750-6 UNC	6	4.2333	2.291	34.925	32.174	30.343
$1\frac{1}{2}-6$ UNC		1.5000-6 UNC	6	4.2333	2.291	38.100	35.349	33.518
$1\frac{3}{4}-5$ UNC		1.7500-5 UNC	5	5.0800	2.750	44.450	41.151	38.951
$2-4\frac{1}{2}$ UNC		2.0000-4.5 UNC	$4\frac{1}{2}$	5.6444	3.055	50.800	47.135	44.689
$2\frac{1}{4}-4\frac{1}{2}$ UNC		2.2500-4.5 UNC	$4\frac{1}{2}$	5.6444	3.055	57.150	53.485	51.039
$2\frac{1}{2}-4$ UNC		2.5000-4 UNC	4	6.3500	3.437	63.500	59.375	56.627
$2\frac{3}{4}-4$ UNC		2.7500-4 UNC	4	6.3500	3.437	69.850	65.725	62.977
3-4 UNC		3.0000-4 UNC	4	6.3500	3.437	76.200	72.075	69.327
$3\frac{1}{4}-4$ UNC		3.2500-4 UNC	4	6.3500	3.437	82.550	78.425	75.677
$3\frac{1}{2}-4$ UNC		3.5000-4 UNC	4	6.3500	3.437	88.900	84.775	82.027
$3\frac{3}{4}-4$ UNC		3.7500-4 UNC	4	6.3500	3.437	95.250	91.125	88.377
4-4 UNC		4.0000-4 UNC	4	6.3500	3.437	101.600	97.475	94.727

【주】 1란을 우선적으로 선택하고 필요에 따라 2란을 선택한다. 참고란에 표시하는 것은 나사의 호칭을 10진법으로 표시한 것이다.

(3) 관용 나사(pipe thread)

- 관(管 ; pipe)을 연결할 때 관의 양 끝에 나사를 깎고 관의 이음쇠를 연결
- 미터나사 사용 시 관두께 감소로 강도 저하 방지
- 가는나사보다도 피치가 작은 관용나사를 사용
- 누설을 방지하고 기밀(氣密)을 유지

<표 2-9> 관용 평행나사의 규격(KS B 0221) - (1)



〈표 2-9〉 관용 평행나사의 규격(KS B 0221) - (2)

(단위 : [mm])

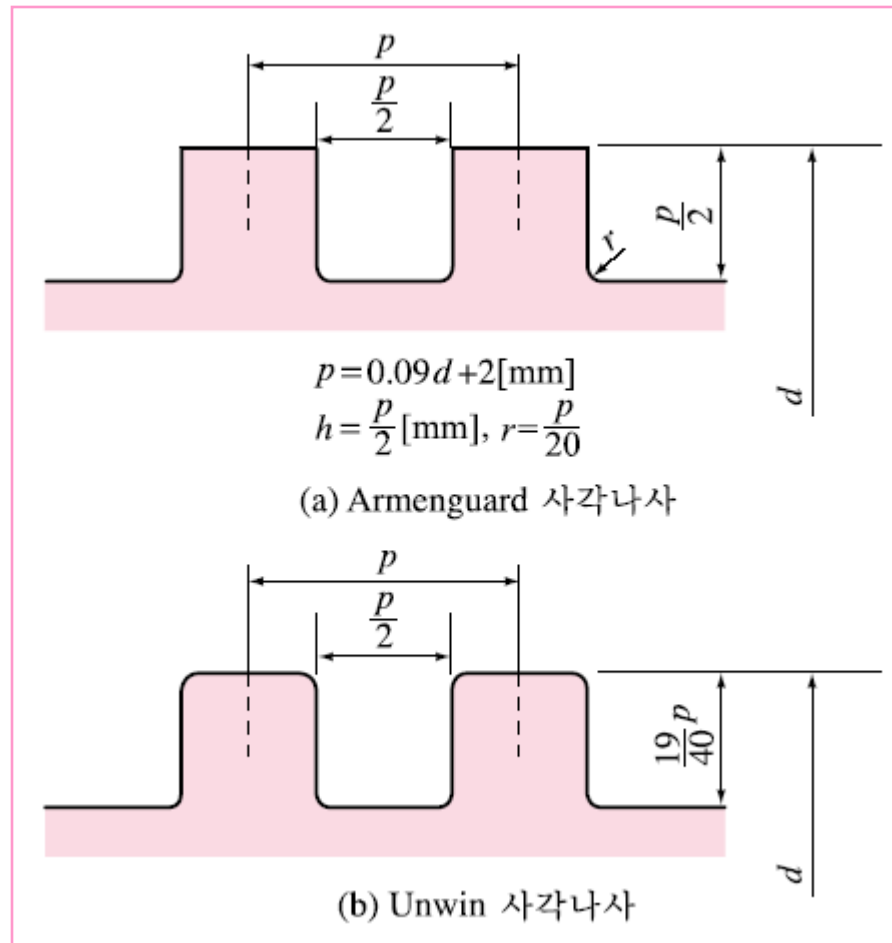
나사의 호칭	나사산 수 25.4 [mm] 에 대하여 n	피치 p (참고)	나사산의 높이 h	산 봉우리 및 골 동글기 r	수 나 사		
					바깥지름 d	유효지름 d_2	골지름 d_1
					암 나 사		
					골지름 D	유효지름 D_2	안지름 D_1
G 1/16	28	0.9071	0.581	0.12	7.723	7.142	6.561
G 1/8	28	0.9071	0.581	0.12	9.728	9.147	8.566
G 1/4	19	1.3368	0.856	0.18	13.157	12.301	11.445
G 3/8	19	1.3368	0.856	0.18	16.662	15.806	14.950
G 1/2	14	1.8143	1.162	0.25	20.955	19.793	18.631
G 5/8	14	1.8143	1.162	0.25	22.911	21.749	20.587
G 3/4	14	1.8143	1.162	0.25	26.441	25.279	24.117
G 7/8	14	1.8143	1.162	0.25	30.201	29.039	27.877
G 1	11	2.3091	1.479	0.32	33.249	31.770	30.291
G 1 $\frac{1}{8}$	11	2.3091	1.479	0.32	37.897	36.418	34.939
G 1 $\frac{1}{4}$	11	2.3091	1.479	0.32	41.910	40.431	38.952
G 1 $\frac{1}{2}$	11	2.3091	1.479	0.32	47.803	46.324	44.845
G 1 $\frac{3}{4}$	11	2.3091	1.479	0.32	53.746	52.267	50.788
G 2	11	2.3091	1.479	0.32	59.614	58.135	56.656
G 2 $\frac{1}{4}$	11	2.3091	1.479	0.32	65.710	64.231	62.752
G 2 $\frac{1}{2}$	11	2.3091	1.479	0.32	75.184	73.705	72.226
G 2 $\frac{3}{4}$	11	2.3091	1.479	0.32	81.534	80.055	78.576
G 3	11	2.3091	1.479	0.32	87.884	86.405	84.926
G 3 $\frac{1}{2}$	11	2.3091	1.479	0.32	100.330	98.851	97.372
G 4	11	2.3091	1.479	0.32	113.030	111.551	110.072
G 4 $\frac{1}{2}$	11	2.3091	1.479	0.32	125.730	124.251	122.772
G 5	11	2.3091	1.479	0.32	138.430	136.951	135.472
G 5 $\frac{1}{2}$	11	2.3091	1.479	0.32	151.130	149.651	148.172
G 6	11	2.3091	1.479	0.32	163.830	162.351	160.872

【비고】 표 중의 관용 평행나사를 표시하는 기호 G는 필요에 따라 생략하여도 좋다.

2. 운동용 나사

(1) 사각나사(square thread)

- 축방향으로 큰 하중을 받으면서 운동 전달에 적합
- 하중 방향은 일정하지 않고 교번하중 시 운동용 나사
- 나사 효율은 좋지만, 공작 곤란, 고정밀용으로 부적합
- 나사프레스, 대형선반의 이송나사(feed screw)에 사용

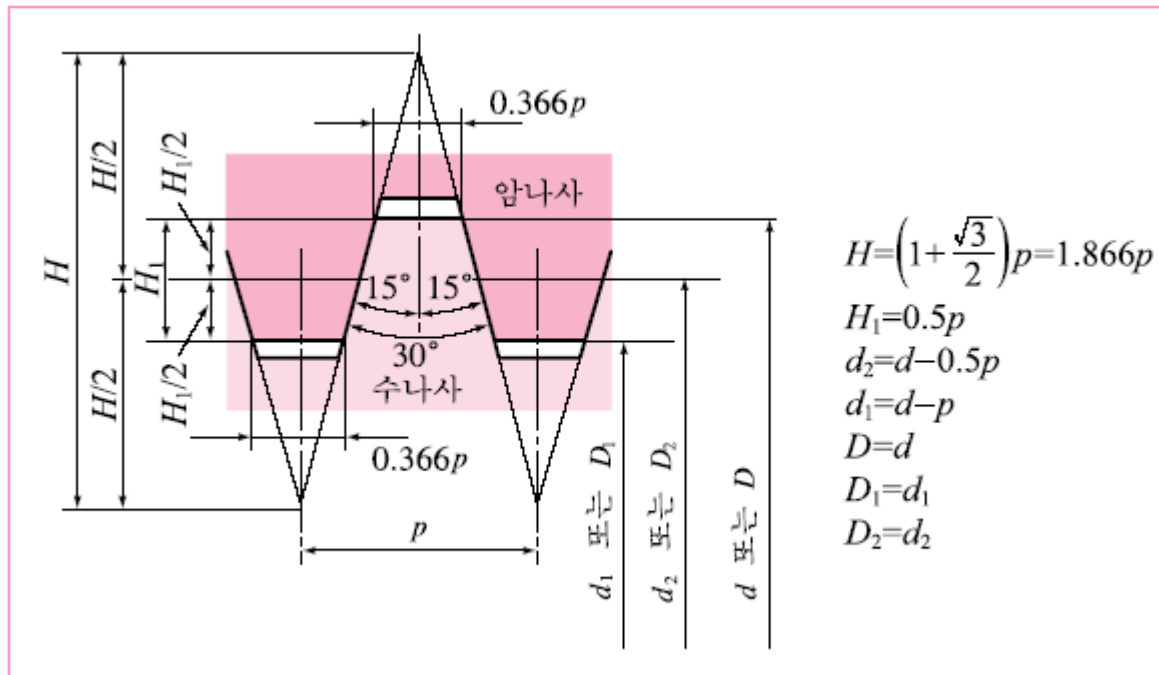


<그림 2-7> 사각나사의 형상

(2) 사다리꼴 나사(trapezoidal screw thread)

- 나사산 형상이 사다리꼴로서 운동용 나사
- 사각나사보다 더욱 강하다.
- 사다리꼴나사의 나사산 강도가 사각나사보다 크다.
- 나사의 봉우리와 골에 틈이 생기므로 공작이 쉽다.
- 나사의 물림이 좋고, 마모를 적게 할 수 있는 잇점
- 고정밀도 나사이므로 공작기계 이송나사 등에 사용
- 애크미 나사(Acme thread)라고도 한다.
- 30° 사다리꼴나사, 29° 사다리꼴나사 규정

<표 2-12> 미터 사다리꼴 나사의 기준치수(KS B 0229) - (1)



$$H = \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)p = 1.866p$$

$$H_1 = 0.5p$$

$$d_2 = d - 0.5p$$

$$d_1 = d - p$$

$$D = d$$

$$D_1 = d_1$$

$$D_2 = d_2$$

〈표 2-12〉 미터 사다리꼴 나사의 기준치수(KS B 0229) - (2)

(단위 : [mm])

나사의 호칭	피 치 p	접촉 높이 H_1	암 나 사		
			골 지 림 D	유효지름 D_2	안 지 림 D_1
			수 나 사		
			바깥지름 d	유효지름 d_2	골 지 림 d_1
Tr 8×1.5	1.5	0.75	8.000	7.250	6.500
Tr 9×2	2	1	9.000	8.000	7.000
Tr 9×1.5	1.5	0.75	9.000	8.250	7.500
Tr 10×2	2	1	10.000	9.000	8.000
Tr 10×1.5	1.5	0.75	10.000	9.250	8.500
Tr 11×3	3	1.5	11.000	9.500	8.000
Tr 11×2	2	1	11.000	10.000	9.000
Tr 12×3	3	1.5	12.000	10.500	9.000
Tr 12×2	2	1	12.000	11.000	10.000
Tr 14×3	3	1.5	14.000	12.500	11.000
Tr 14×2	2	1	14.000	13.000	12.000
Tr 16×4	4	2	16.000	14.000	12.000
Tr 16×2	2	1	16.000	15.000	14.000
Tr 18×4	4	2	18.000	16.000	14.000
Tr 18×2	2	1	18.000	17.000	16.000
Tr 20×4	4	2	20.000	18.000	16.000
Tr 20×2	2	1	20.000	19.000	18.000

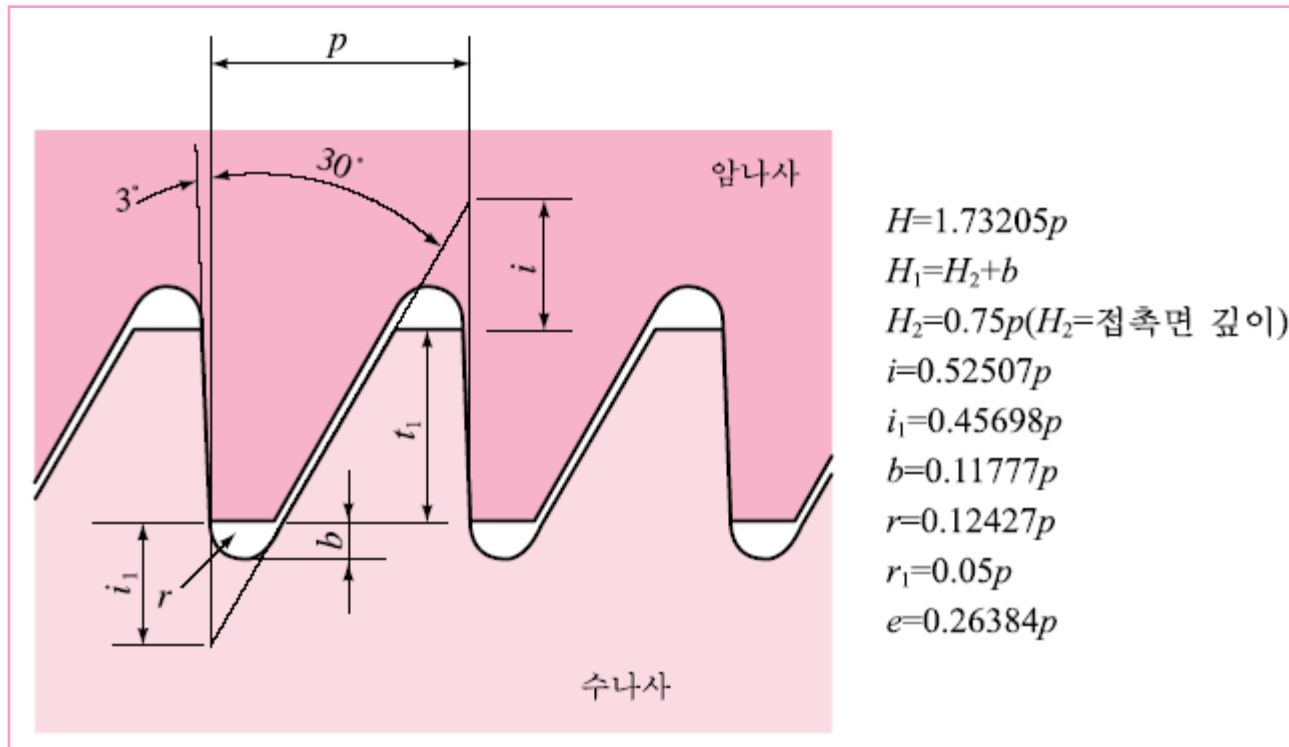
〈표 2-12〉 미터 사다리꼴 나사의 기준치수(KS B 0229) - (3)

Tr 22×8	8	4	22.000	18.000	14.000
Tr 22×5	5	2.5	22.000	19.500	17.000
Tr 22×3	3	1.5	22.000	20.500	19.000
Tr 24×8	8	4	24.000	20.000	16.000
Tr 24×5	5	2.5	24.000	21.500	19.000
Tr 24×3	3	1.5	24.000	22.500	21.000
Tr 26×8	8	4	26.000	22.000	18.000
Tr 26×5	5	2.5	26.000	23.500	21.000
Tr 26×3	3	1.5	26.000	24.500	23.000
Tr 28×8	8	4	28.000	24.000	20.000
Tr 28×5	5	2.5	28.000	25.500	23.000
Tr 28×3	3	1.5	28.000	26.500	25.000
Tr 30×10	10	5	30.000	25.000	20.000
Tr 30×6	6	3	30.000	27.000	24.000
Tr 30×3	3	1.5	30.000	28.500	27.000
Tr 32×10	10	5	32.000	27.000	22.000
Tr 32×6	6	3	32.000	29.000	26.000
Tr 32×3	3	1.5	32.000	30.500	29.000
Tr 34×10	10	5	34.000	29.000	24.000
Tr 34×6	6	3	34.000	31.000	28.000
Tr 34×3	3	1.5	34.000	32.500	31.000
Tr 36×10	10	5	36.000	31.000	26.000
Tr 36×6	6	3	36.000	33.000	30.000
Tr 36×3	3	1.5	36.000	34.500	33.000
Tr 38×10	10	5	38.000	33.000	28.000
Tr 38×7	7	3.5	38.000	34.500	31.000
Tr 38×3	3	1.5	38.000	36.500	35.000

(3) 톱니 나사(buttruss thread)

- 큰 하중이 한쪽 방향으로만 작용할 때 ⇒ 프레스, 나사잭
- 하중을 받는 면은 축에 직각인 사각나사, 힘을 받지 않는 반대쪽은 삼각나사로 형성된 것 ⇒ 두 나사의 장점 선택
- 나사산 각도 30° , 45° , 하중을 받지 않는 면 $0.2[\text{mm}]$ 틈새
- 하중을 받는 쪽 제작의 용이성을 위해 나사산의 각도가 30° 인 경우 3° 경사, 45° 인 경우 5° 경사를 준다.

<표 2-13> 톱니 나사의 규격 - (1)



〈표 2-13〉 톱니 나사의 규격 - (2)

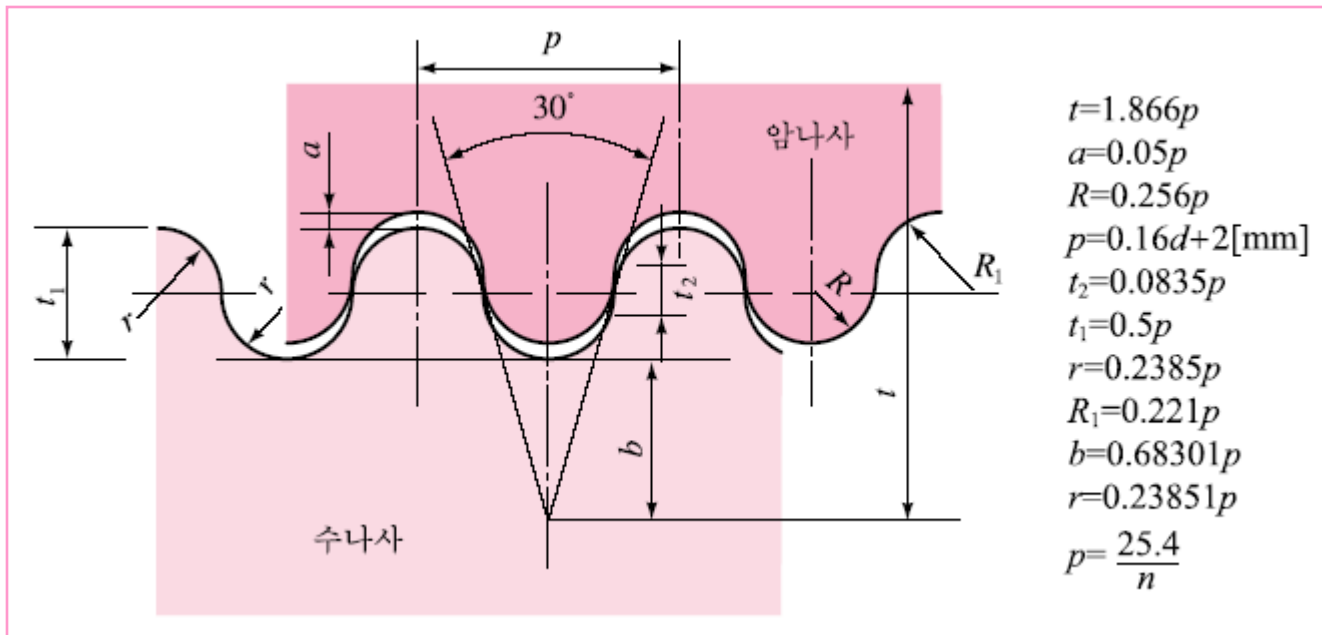
(단위 : [mm])

피 치 p	수나사의 높이 h_1	접촉면의 깊이 h_2	e	b	r	r_1
5	4.339	3.75	1.319	0.589	0.621	0.25
6	5.207	4.5	1.583	0.707	0.746	0.3
7	6.074	5.25	1.847	0.824	0.870	0.35
8	6.942	6	2.411	0.942	0.994	0.4
9	7.810	6.75	2.375	1.060	1.118	0.45
10	8.678	7.5	2.638	1.178	1.243	0.5
12	10.413	9	3.166	1.413	1.491	0.6
14	12.149	10.5	3.694	1.649	1.740	0.7
16	13.884	12	4.221	1.884	1.988	0.8
18	15.620	13.5	4.749	2.120	2.237	0.9
20	17.355	15	5.277	2.355	2.485	1.0
22	19.091	16.5	5.804	2.591	2.734	1.1
24	20.826	18	6.332	2.826	2.982	1.2
26	22.562	19.5	6.860	3.062	3.231	1.3
28	24.298	21	7.388	3.298	3.480	1.4
32	27.769	24	8.443	3.769	3.977	1.6
36	31.240	27	9.498	4.240	4.474	1.8
40	34.711	30	10.554	4.711	4.971	2.0
44	38.182	33	11.609	5.182	5.468	2.2
48	41.653	36	12.664	5.653	5.965	2.4

(4) 둥근나사(round thread 또는 knuckle thread)

- 나사산과 골의 반지름이 같은 원호로 연결된 모양
- 나사 봉우리와 골은 크고 둥글다.
- 큰 힘을 받는 부분, 먼지, 모래 등이 나사산 사이에 들어가도 나사의 작용에 별로 영향을 주지 않는 부분에 사용
- 전구와 소켓의 결합부, 또는 호스(hose) 이음부에 사용

<표 2-14> 등근 나사의 규격 - (1)



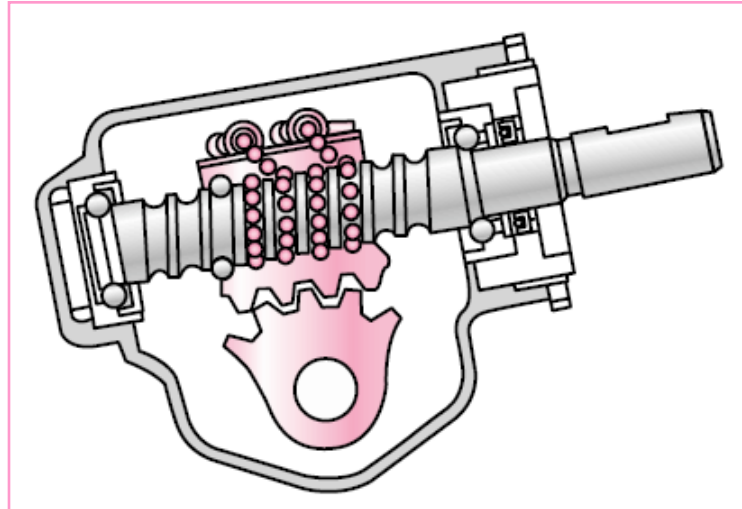
〈표 2-14〉 동근 나사의 규격 - (2)

(단위 : [mm])

동근나사 호칭지름	d	d_1	나사산 수(25.4 [mm])에 대해)	동근나사 호칭지름	d	d_1	나사산 수(25.4 [mm])에 대해)
8	8	5.46	10	40	40	35.77	6
9	9	6.46	10	44	44	39.77	6
10	10	7.46	10	48	48	43.77	6
12	12	9.46	10	52	52	47.77	6
14	14	10.83	8	55	55	50.77	6
16	16	12.83	8	60	60	55.77	6
18	18	14.83	8	65	65	60.77	6
20	20	16.83	8	68	68	63.77	6
22	22	18.83	8	70	70	65.77	6
24	24	20.83	8	75	75	70.77	6
26	26	22.83	8	80	80	75.77	6
28	28	24.83	8	85	85	80.77	6
30	30	26.83	8	90	90	85.77	6
32	32	28.83	8	95	95	90.77	6
36	36	32.83	8	100	100	95.77	6

(5) 볼나사(ball screw)

- 미끄럼 나사의 마찰계수 μ : 0.1~0.15 정도
- μ 는 0.005 이하로 극히 작아서 나사의 효율은 90[%] 이상
- 백래시(backlash)를 작게 할 수 있고, 정밀하고 마멸이 적다.
- NC 공작기계의 이송나사, 자동차의 조향장치(steering system), 항공기 날개의 플랩(flap) 작동장치 등에 널리 사용



<그림 2-8> 자동차 조향장치의 볼나사

<표 2-15> 볼나사의 특징

특 징	내 용
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ① 마찰이 매우 적고, 기계효율이 높다. ② 시동 토크, 또는 작동 토크의 변동이 적다. ③ 예압에 의한 치면놀이(backlash)가 제거되고, 강성이 높다. ④ 규격화가 가능하므로 호환성이 있다. ⑤ 일반적으로 그리스 윤활을 하므로 보수가 용이하다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ 고속에서 구동할 경우 소음이 크다. ⑦ 미끄럼 나사에 비하여 내충격성 및 감쇠성이 떨어진다. ⑧ 기계효율이 높으므로 작동유지나 역전방지용 부대요소가 필요하다.

2-4 ≫ 나사의 역학

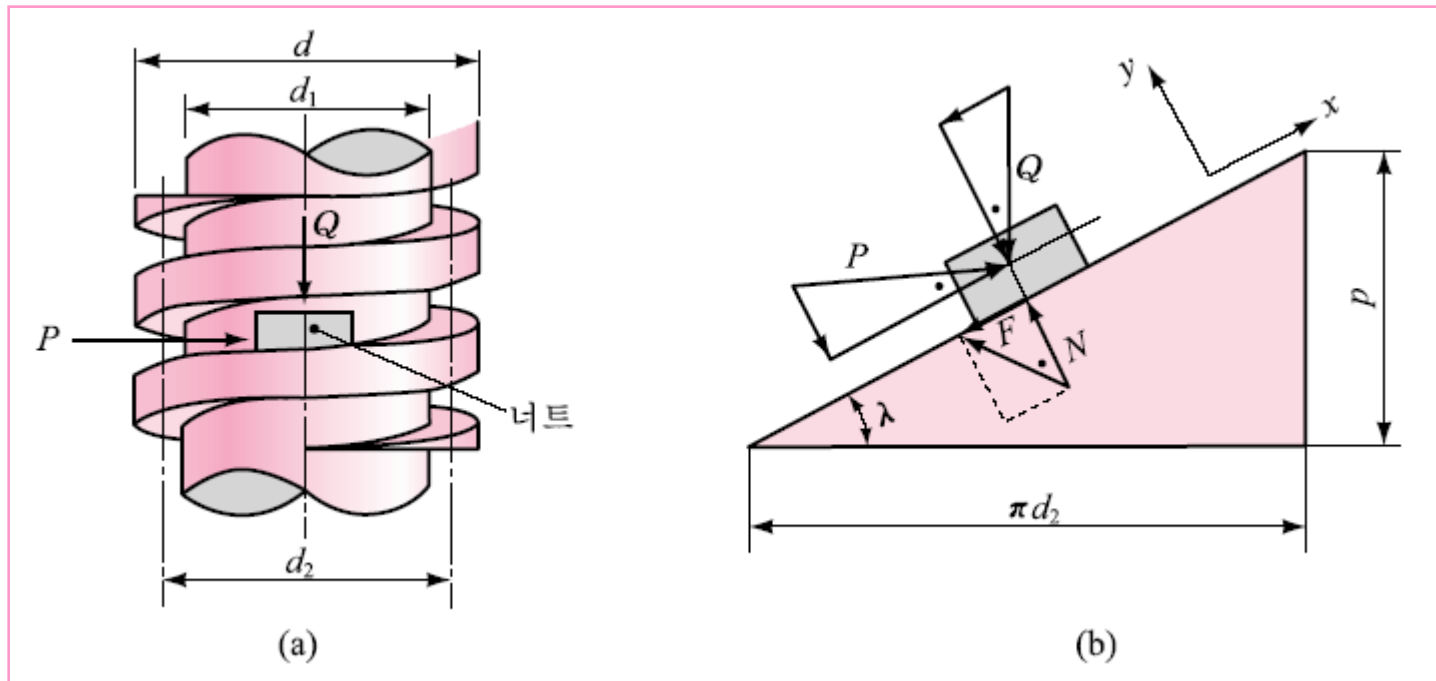
1. 나사의 회전 토크

(1) 사각나사

① 나사의 회전력 및 토크

P : 나사를 조이는 힘(접선방향 회전력)

Q : 축방향 하중, λ : 리드각



<그림 2-9> 사각나사에 작용하는 힘(나사를 조일 때)

- 나사면에 평행한 방향(x 방향)에 대한 힘의 평형

$$\sum F_x = P \cos \lambda - Q \sin \lambda - F = 0$$

$$\therefore P \cos \lambda - Q \sin \lambda = F$$

여기서 F : 마찰력 ($F = \mu N$)

- 경사면에 수직인 방향(y 방향)에 대한 힘의 평형

$$\sum F_y = -P \sin \lambda - Q \cos \lambda + N = 0$$

$$\therefore P \sin \lambda + Q \cos \lambda = N$$

$$F = \mu N = P \cos \lambda - Q \sin \lambda = \mu (P \sin \lambda + Q \cos \lambda)$$

$$\tan \rho = \mu$$

(2·4)

$$\therefore P = Q \frac{\mu \cos \lambda + \sin \lambda}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda} = Q \frac{\tan \rho \cos \lambda + \sin \lambda}{\cos \lambda - \tan \rho \sin \lambda}$$

$$= Q \frac{\tan \rho + \tan \lambda}{1 - \tan \rho \tan \lambda} = Q \tan(\rho + \lambda)$$

(2·5)

$$\tan \lambda = \frac{p}{\pi d_2} \text{ 이므로 회전력 } P \text{ 는}$$

$$P = Q \frac{p + \mu \pi d_2}{\pi d_2 - \mu p} \quad (2 \cdot 6)$$

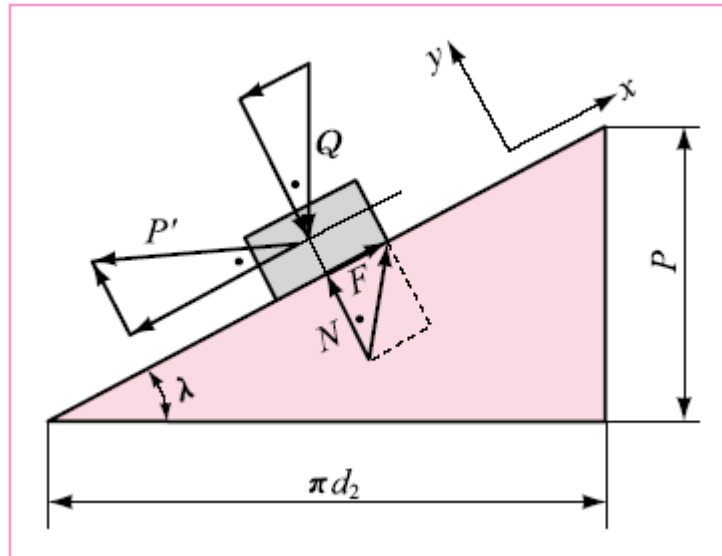
$$T = P \frac{d_2}{2} = Q \frac{d_2}{2} \tan(\rho + \lambda) = \frac{d_2}{2} Q \frac{p + \mu \pi d_2}{\pi d_2 - \mu p} \quad (2 \cdot 7)$$

▪ 나사를 풀 때

$$P' = Q \tan(\rho - \lambda) \quad (2 \cdot 8)$$

$$T = P' \frac{d_2}{2} = Q \frac{d_2}{2} \tan(\rho - \lambda) \quad (2 \cdot 9)$$

- 나사를 풀 때는 적어도 $P' = Q \tan(\rho - \lambda)$ 의 힘이 필요



<그림 2-10> 사각나사에 작용하는 힘(나사를 풀 때)

② 나사의 자립조건

(a) $P' < 0$, $\rho - \lambda < 0$ 이면 $\rho < \lambda$: 나사는 저절로 풀어진단다.

(b) $P' = 0$, $\rho - \lambda = 0$ 이면 $\rho = \lambda$: 임의의 위치에서 정지

(c) $P' > 0$, $\rho - \lambda > 0$ 이면 $\rho > \lambda$: 나사를 푸는데 힘이 필요

⇒ 나사의 자립상태(self-sustenance)

- 나사가 저절로 풀리지 않고 자립상태를 유지 조건 :

$$\rho \geq \lambda \quad (2 \cdot 10)$$

; 나사의 자립조건(self-locking condition)

- 체결용 나사의 자립상태 ⇒ 마찰각 $\rho >$ 리드각 λ

$$\mu \geq \frac{p}{\pi d_2} \quad (2 \cdot 11)$$