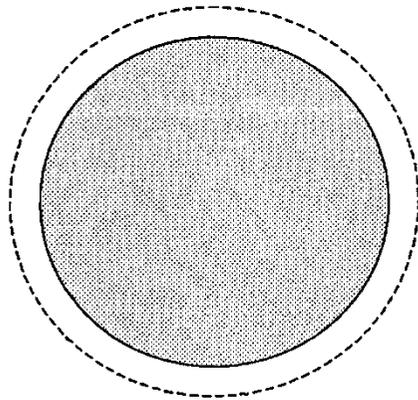


8장 치수공차와 끼워맞춤

치수공차와 기하공차의 시작점

- **치수공차**

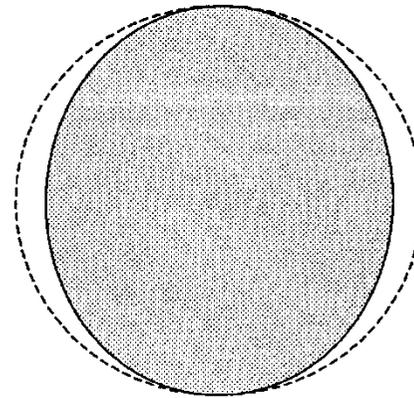
어떤 제작자도 이론적으로 참값의 치수를 가진 부품을 대량으로 만들 수 없다.



직경 $\phi 100.000$

- **기하공차**

어떤 제작자도 이론적으로 완벽한 형상을 가진 부품을 대량으로 만들 수 없다.



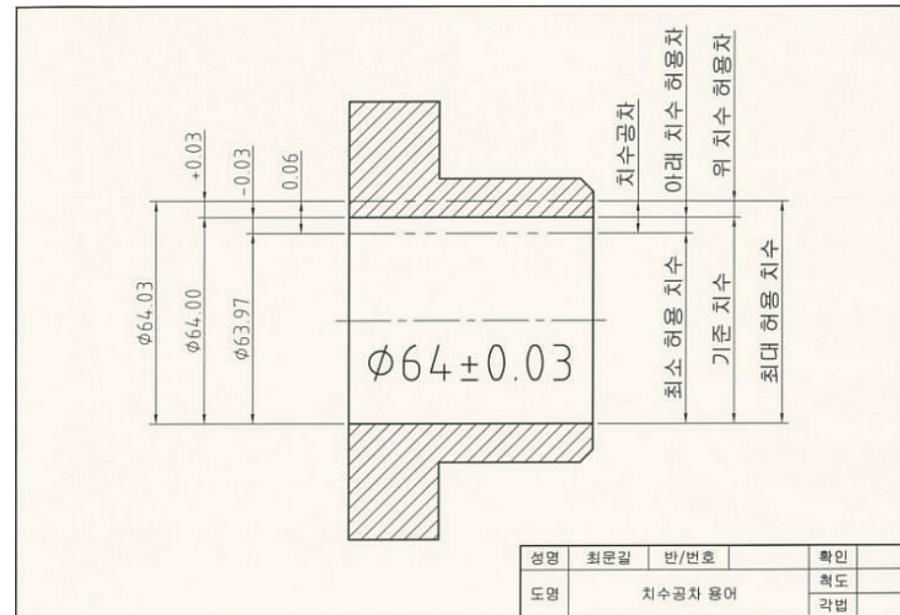
진원

8장 치수공차와 끼워맞춤

치수공차(dimensional tolerance)의 필요성

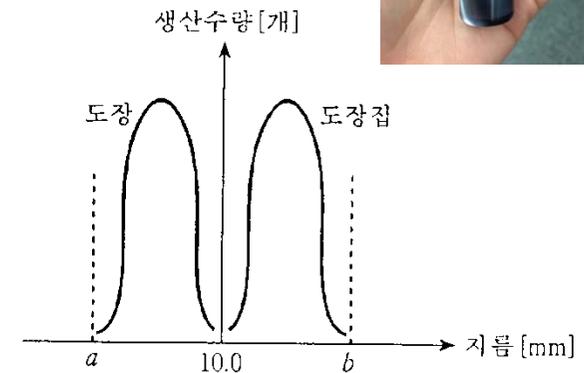
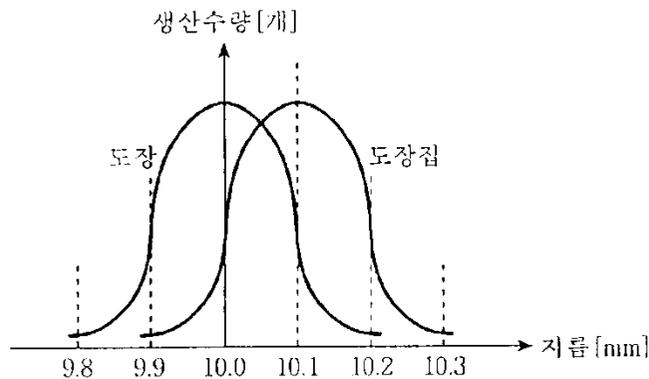
- 기계는 여러 부품으로 구성되므로 끼워 맞춤이 필요
[예) 축과 베어링]
- 기계의 정밀도와 가공자의 숙련도에 의해 부품의 치수 오차가 달라짐
 - ➔ 호환성 확보를 위하여 끼워 맞추는 부분에 치수 공차 부여해야
[1900년대 초, Ford 자동차가 도입]
 - ➔ 대량생산 가능, 가공비를 절감

* 치수공차 : 치수의 허용범위



- 다음과 같은 조합의 호환성은 ?

- 바깥지름 10.0인 도장 1,000개와 안지름 10.1인 도장집 1,000개를 무작위로 조립하는 경우
- Pilot사의 0.5mm 샤프연필 50,000개와 문화연필사의 0.5mm 샤프심 50,000개를 무작위로 조립하는 경우



- 도장집 : 10^{+b}
- 도장 : 10^{-a}

치수공차

기하공차

부품의 호환성 확보

대량생산

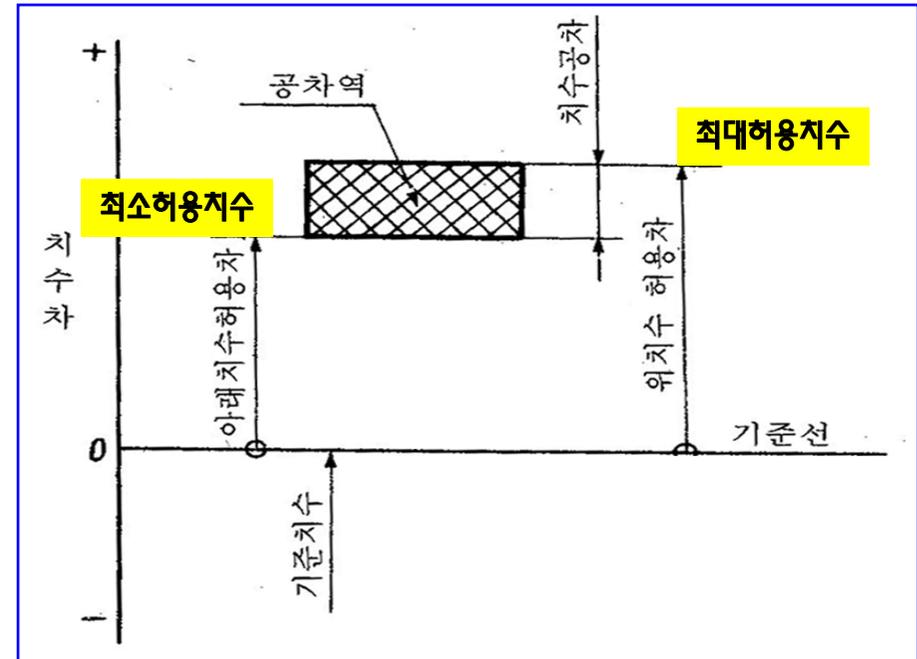
8.1 치수공차에 관한 용어

1) 용어 정의

※ 치수: 부품의 크기를 나타내는 양

- 실제치수 : 부품의 실측 치수
- 기준치수 : 허용한계의 기준이 되는 치수(도면에 기재된 치수)
- 허용한계치수 : 제품의 실제치수가 허용되는 범위를 나타내는 치수
→ 최대 허용치수, 최소 허용치수
- 치수공차 : 최대허용치수 - 최소허용치수

(예) $40 \pm 0.008mm$)
기준치수 = 40mm
최대허용치수 = 40.008mm
최소허용치수 = 39.992mm
치수공차 = $40.008 - 39.992$
= 0.016mm



치수공차의 용어정의

$$40 \begin{matrix} \delta_{\max} \\ \delta_{\min} \end{matrix} \quad 40 \begin{matrix} +0.016 \\ 0 \end{matrix} \quad 40 \begin{matrix} +0.033 \\ +0.017 \end{matrix}$$

δ_{\max} : 위 치수허용차

δ_{\min} : 아래 치수허용차

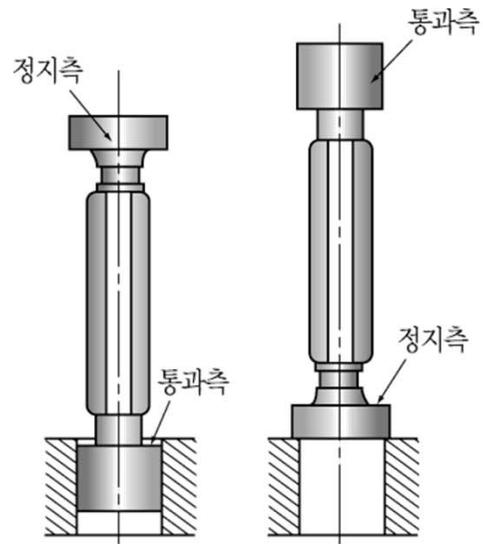
40.016, 40.033: 최대 허용치수

40.000, 40.017: 최소 허용치수

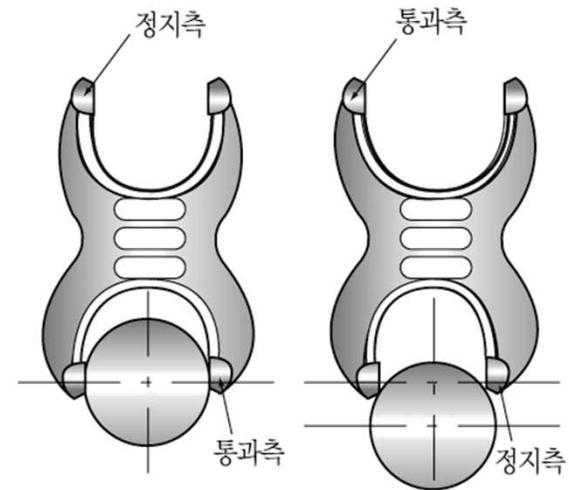
$\Delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$: 공차의 크기 (여기서는 0.016)

한계게이지: 끼워맞춤 치수검사

부품을 측정기로 하나씩 치수를 측정하지 않고 게이지를 이용하여 제품을 검사하는 것이 편리함.

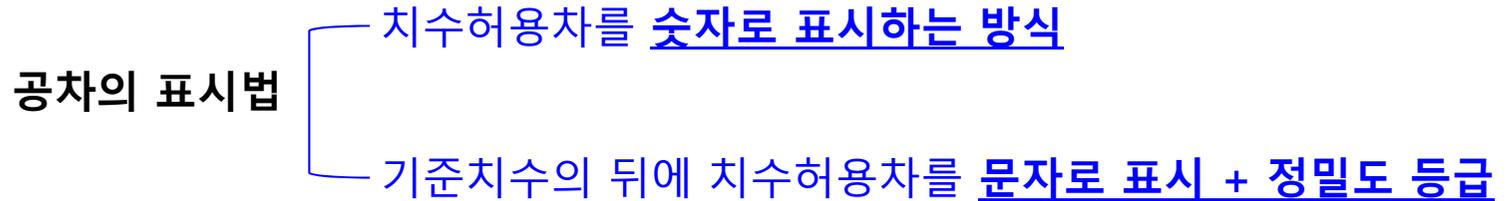


(a) 플러그 게이지



(b) 스냅 게이지

2) 공차의 표시



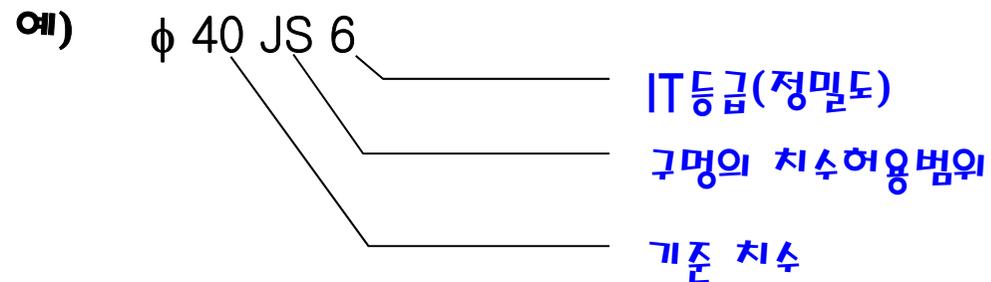
[구멍의 경우] - 치수허용차를 숫자(단위 mm)로 표시

예) 40 ± 0.008

- 치수허용차와 공차를 문자와 IT등급으로 표시

치수허용차 → A ~ ZC의 대문자로 표시

공차(정밀도) → IT등급으로 표시



* 공차등급 : IT(ISO Tolerance) : ISO 공차

기준 치수에 따라 공차의 등급을 18등급으로 구분한 국제표준 규격

2) 공차의 표시

[축의 경우] - 치수허용차를 숫자(단위 mm)로 표시

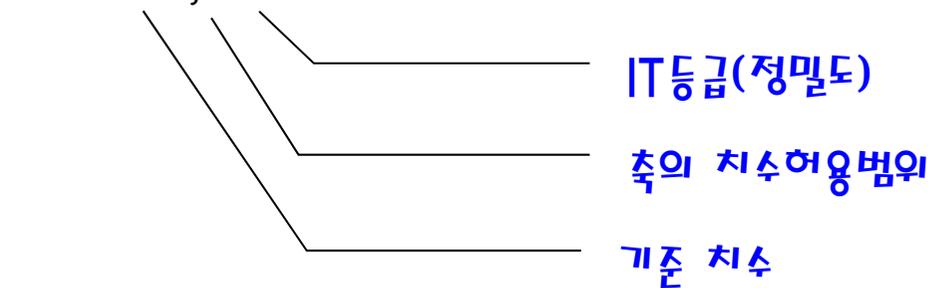
예) 100 ± 0.011

- 치수허용차와 정밀도를 문자와 IT등급으로 표시

치수허용차 → a ~ zc의 소문자로 표시

공차(정밀도) → IT등급으로 표시

예) 100 js 6

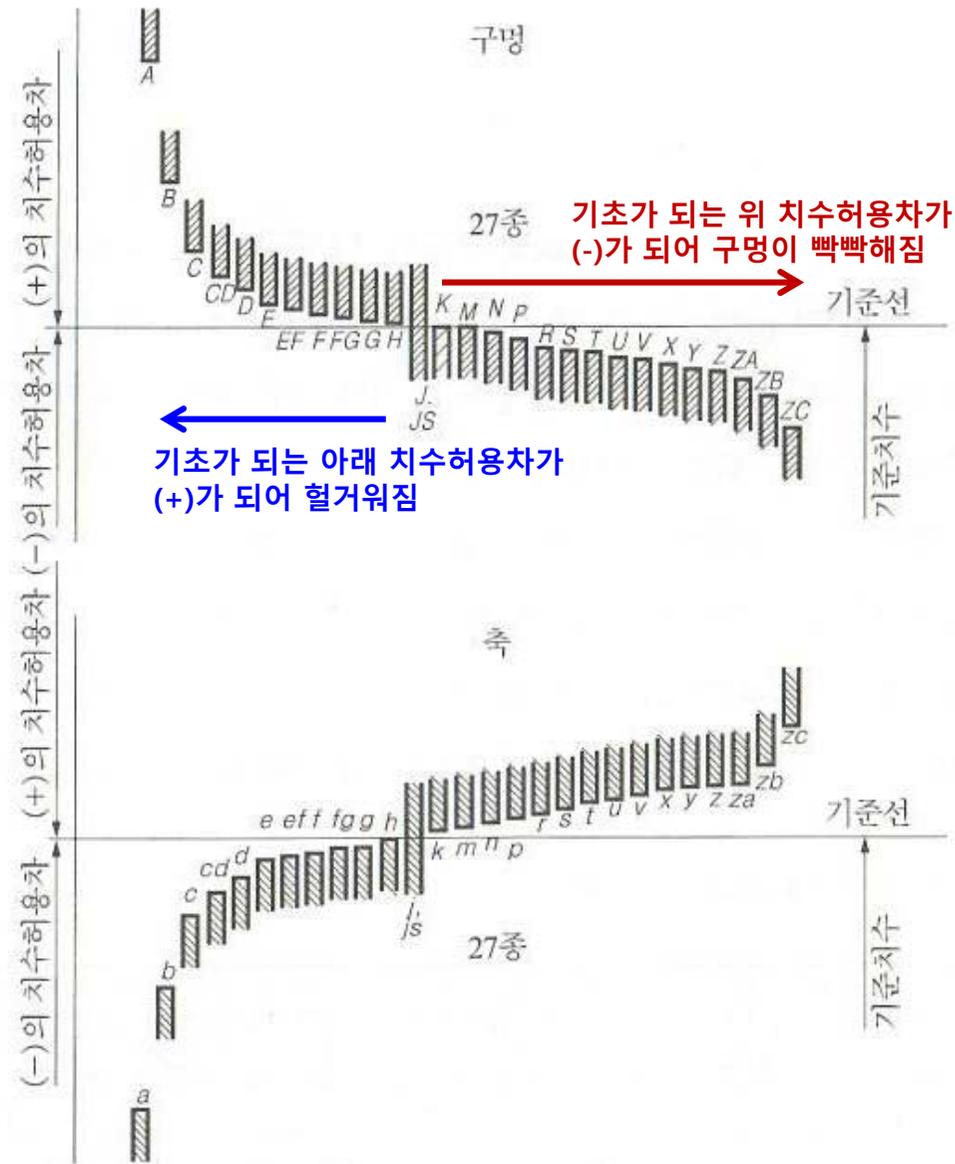


문제: 두 치수 중에서 어느 쪽이 정밀한가?

40 ± 0.008

100 ± 0.011

2) 공차의 표시 – 허용치수의 문자표시



2) 공차의 표시 - 정밀도의 표시

※ 크기에 상관없이 정밀도를
정확히 판단할 수 있음

500 mm 이하의 IT 기본공차표

(단위 : μm)

등급 치수 구분 [mm]	등급																	
	IT01 (01급)	IT0 (0급)	IT1 (1급)	IT2 (2급)	IT3 (3급)	IT4 (4급)	IT5 (5급)	IT6 (6급)	IT7 (7급)	IT8 (8급)	IT9 (9급)	IT10 (10급)	IT11 (11급)	IT12 (12급)	IT13 (13급)	IT14 (14급)	IT15 (15급)	IT16 (16급)
초과 이하	기위 맞춤에 주로 사용																	
- 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

기준치수 40mm : IT6급 공차 = 0.016mm [40 ± 0.008]

기준치수 100mm : IT6급 공차 = 0.022mm [100 ± 0.011]

같은
정밀도

2) 공차의 표시 - IT등급으로 치수허용차 계산 (구멍)

[표 8.3] 구멍의 치수허용차

기준치수의 구분 [mm]		전체 IT 등급에 적용				$JS^{(1)}$	IT 8급 이하				IT 8급 이상
		아래 치수허용차값[μm]			$S^{(2)}$		위 치수허용차값[μm]				
초과	이하	C	F	H		K (오른쪽값 을 대입)	IT 등급에 따른 Δ 의 값				
							5급	6급	7급	8급	
-	3	+60	+6	0	0	0	0	0	0	-14	
3	6	+70	+10	0	$-1+\Delta$	1	3	4	6	-19	
6	10	+80	+13	0	$-1+\Delta$	2	3	6	7	-23	
10	18	+95	+16	0	$-1+\Delta$	3	3	7	9	-28	
18	30	+110	+20	0	$-2+\Delta$	3	4	8	12	-35	
30	40	+120	+25	0	$-2+\Delta$	4	5	9	14	-43	
40	50	+130									
50	65	+140	+30	0	$-2+\Delta$	5	6	11	16	-53	
65	80	+150								-59	
80	100	+170	+36	0	$-3+\Delta$	5	7	13	19	-71	
100	120	+180								-79	

예) $\phi 40 JS 6 \rightarrow 40 \pm 0.008$
 $\phi 40 H 6 \rightarrow 40_0^{+0.016}$

2) 공차의 표시 - IT등급으로 치수허용차 계산 (축)

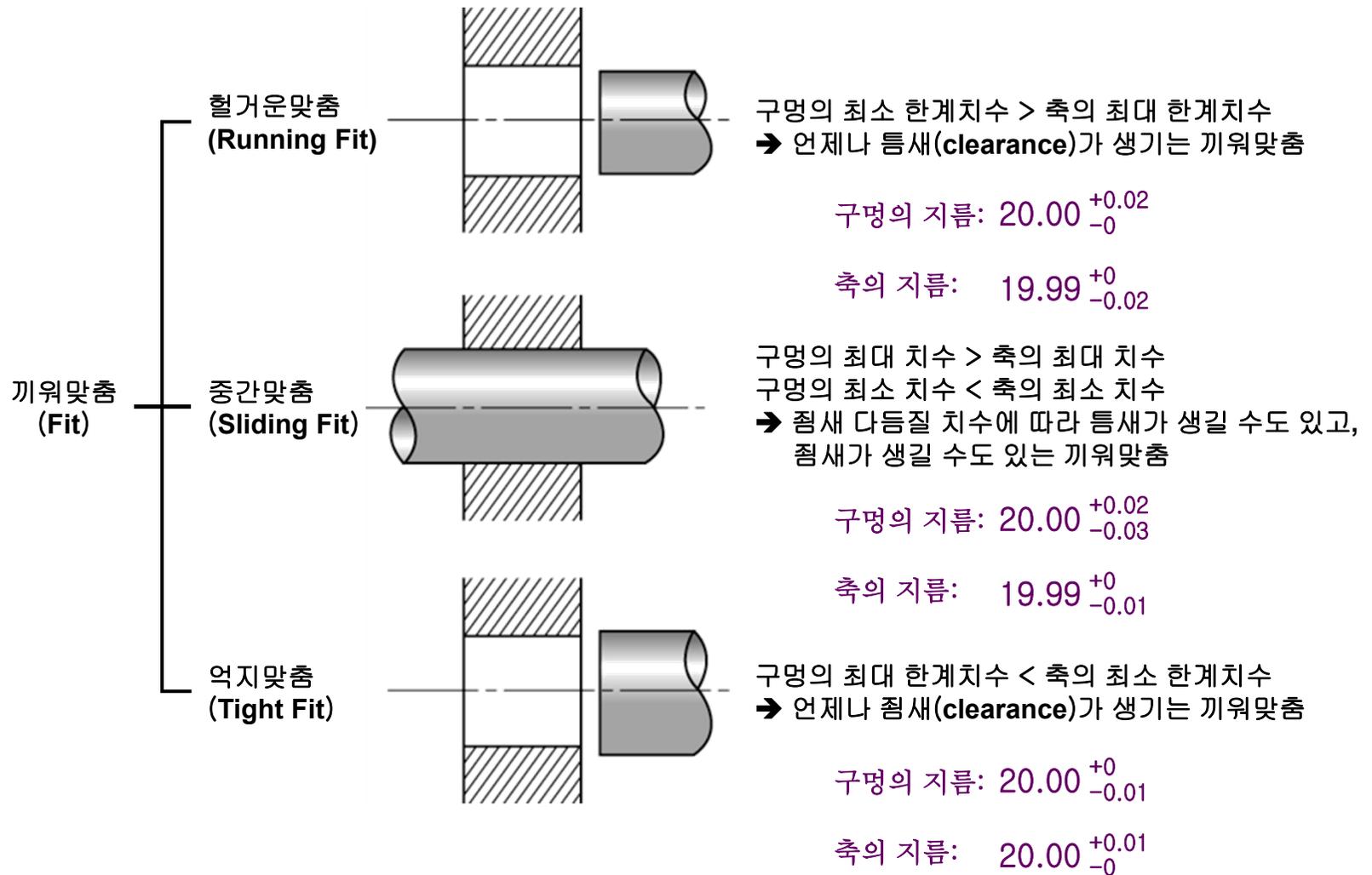
[표 8.4] 축의 치수허용차

기준치수의 구분 [mm]		전체 IT 등급에 적용			적용되는 IT 등급		전체 IT 등급에 적용	
					IT 4, 5, 6, 7급	IT 3급 이하 IT 8급 이하		
		초과	이하	c	f	h	$j_s^{1)}$	위 치수허용차값[μm]
							k	s
-	3	-60	-6	0	IT공차 2	0	0	+14
3	6	-70	-10	0		+1	0	+19
6	10	-80	-13	0		+1	0	+23
10	18	-95	-16	0		+1	0	+28
18	30	-110	-20	0		+2	0	+35
30	40	-120	-25	0		+2	0	+43
40	50	-130		0		+2	0	+53
50	65	-140	-30	0		+2	0	+59
65	80	-150		0		+3	0	+71
80	100	-170	-36	0		+3	0	+79
100	120	-180		0		+3	0	+92
120	140	-200	-43	0		+3	0	+100
140	160	-210		+108				
160	180	-230						

예) $100 \text{ js } 6 \rightarrow 100 \pm 0.011$

$100 \text{ f } 6 \rightarrow 100 \begin{matrix} -0.036 \\ -0.058 \end{matrix}$

끼워맞춤의 종류



끼워맞춤의 적용

① 헐거운 끼워맞춤

- 구멍의 최소치수 > 축의 최대치수 [틈새]
- 힘을 가하지 않아도 끼워 맞춰지는 부품, 상대운동 가능
[예) 피스톤과 피스톤링]

② 억지 끼워맞춤

- 구멍의 최대치수 < 축의 최소치수 [짐새]
- 부품을 가열하여 조립하고 분해 불가능, 상대운동 불가능
[예) 자동차엔진 실린더]

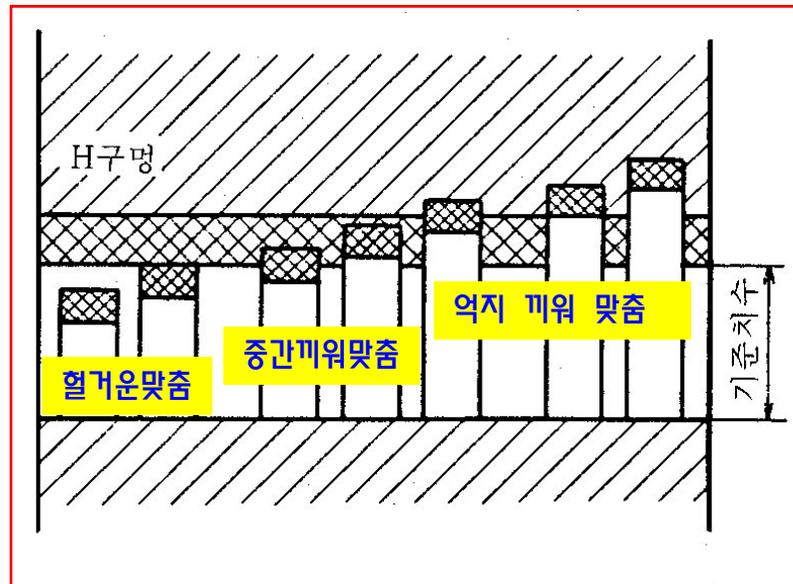
③ 중간 끼워맞춤

- 구멍의 최대치수 > 축의 최소치수 [틈새]
- 구멍의 최소치수 < 축의 최대치수 [짐새]
- 공구를 사용하여 때려 박아야 조립되는 부품, 상대운동 불가능
[예) 베어링이나 키를 축에 끼움]

2) 끼워 맞춤 방식

(1) 구멍 기준식

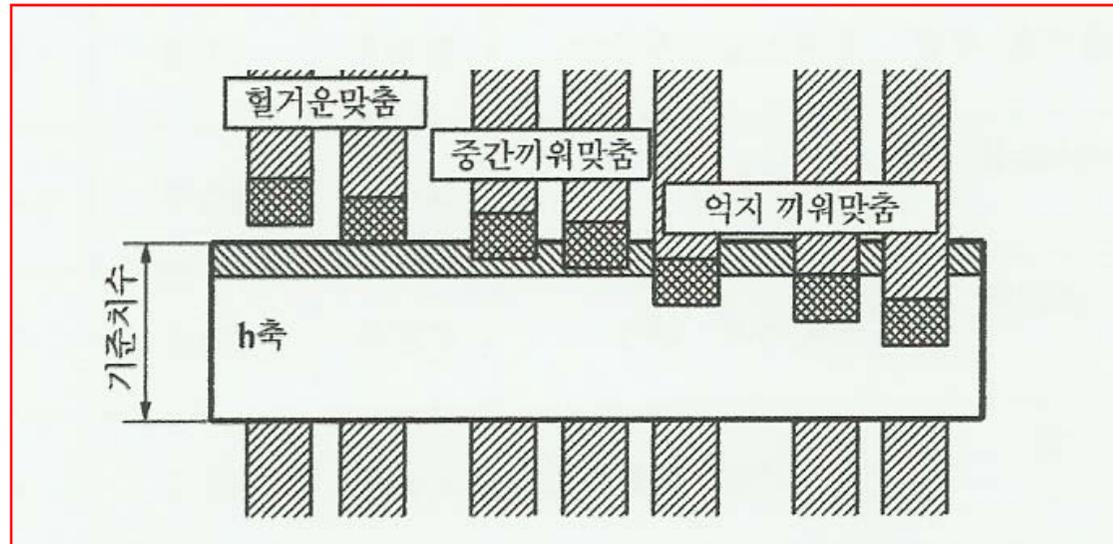
- H5 ~ H10의 6종의 '기준구멍'을 기준으로 축의 공차의 종류를 지정
- 기준 구멍의 아래치수 허용차는 0
- 일반적으로 많이 채택



2) 끼워 맞춤 방식

(2) 축 기준식

- h4 ~ h9의 6종의 '기준축'을 기준으로 구멍의 공차의 종류를 지정
- '기준 축'의 위 치수 허용차는 0



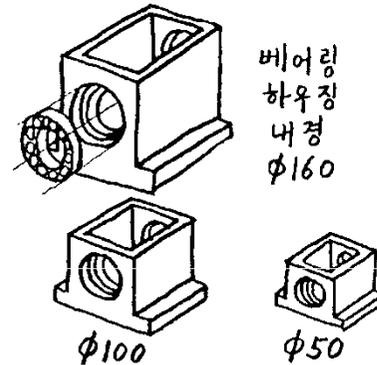
사례

- 제조업 현장에서의 한 장면

세계베어링(주)의 설계부



한국자동차(주)의 설계부



주문

사례: 완합(緩合) - 느슨하게 결합

- 책상서랍과 책상틀
- 창문과 창틀
- 발과 구두
- 엔진의 피스톤링과 실린더 내부
- 볼링공과 손가락



자유상태에서 아무런 힘을 가하지 않아도 서로 조립 또는 분해된다.

사례: 전합(轉合) - 구름발생 정도로 결합

- 자동차 바퀴와 차축
- PC HDD box와 PC frame
- 도장집과 도장
- 샤프연필과 샤프심
- 시계 큰 바늘과 작은 바늘



약간의 힘으로 서로 조립되거나 분해가 가능하다.
두 부품이 서로 받쳐 주면서 상대 운동을 한다.

사례: 활합(滑合) - 미끄럼 분리가능 정도로 결합

- 장남감 레고 블록들
- 스플라인 축과 기어
- 정밀 베어링 외륜과 베어링 하우징
- 키 홈과 키



손으로 위치정렬을 잘 해서 밀어 넣으면 조립이 된다.

어느 정도 강한 힘으로 당기면 분해가 된다.

사례: 타합(打合) - 때려서 결합

- 포도주 병과 코르크 마개
- 핀 구멍과 핀



망치로 때리거나 프레스로 압력을 가하지 않으면 조립
이나 분해가 불가능하다.

사례: 열합(熱合) - 열팽창이용 결합

- 전기모터의 로터뭉치와 축
- 고강성 베어링과 회전축

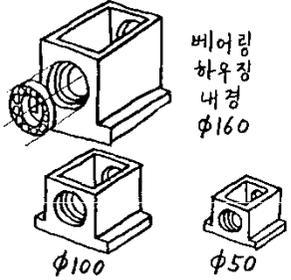


일단 조립이 되면 절대로 분해가 불가능하다.
한 부품을 가열/냉각시킨 후 다른 부품에 결합한다.

베어링 외륜 직경의
치수공차는 7급 공차에
치수허용치 h 이다.
(치수공차 $h7$ 이다)



트랜스미션 베어링
하우징 내경의 치수공차는,
중간끼워맞춤 滑合으로
하기 위하여, 8급공차에
치수허용치 H 이다.
(치수공차 $H8$ 이다)



	구멍의 치수공차(먼저 선정함)				원하는 끼워맞춤의 정도		
	$H6$	$H7$	$H8$	$H9$			
끼워맞춤 되는 축의 치수공차	-	-	-	$c9$	완합(緩合)	헐거운 끼워맞춤	상대운동 가능
	$f6$	$f7$	$f7, f8$	-	전합(轉合)		
	$h5$	$h6$	$h7, h8$	$h9$	활합(滑合)	중간 끼워맞춤	상대운동 불가능
	$js5$	$k6$	-	-	타합(打合)		
	$r6$	$s6$	-	-	열합(熱合)		

문제

- 1) 여러분은 도장집과 도장을 제작하는 회사의 설계자입니다. 아래와 같이 전합(轉合) 조건의 끼움맞춤이 되도록 도장집과 도장의 치수공차를 선정하시오.

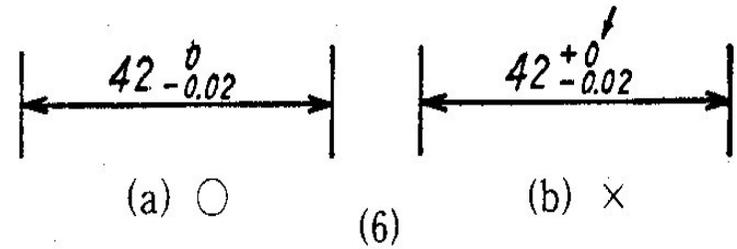
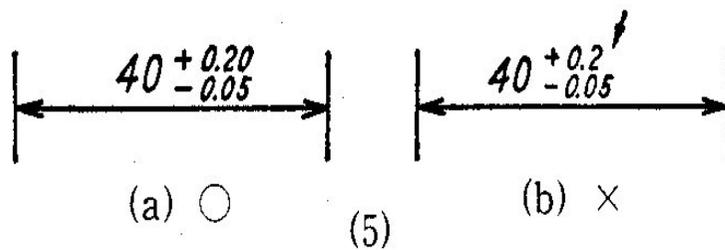
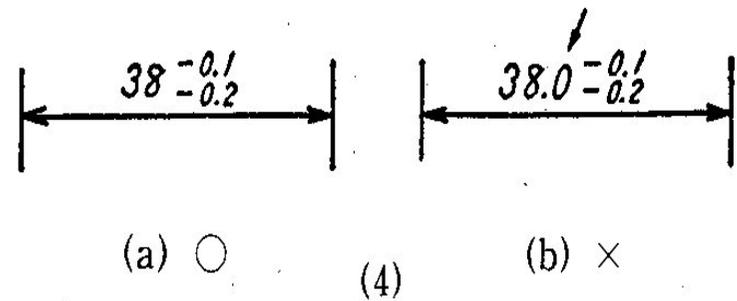
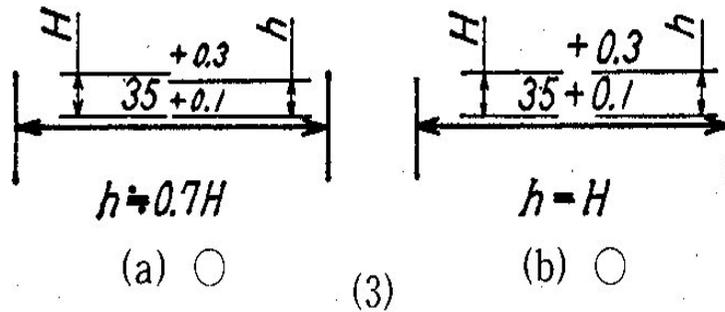
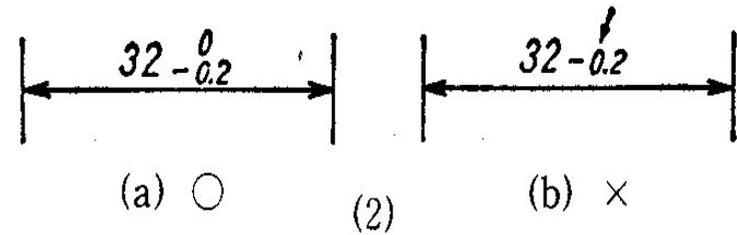
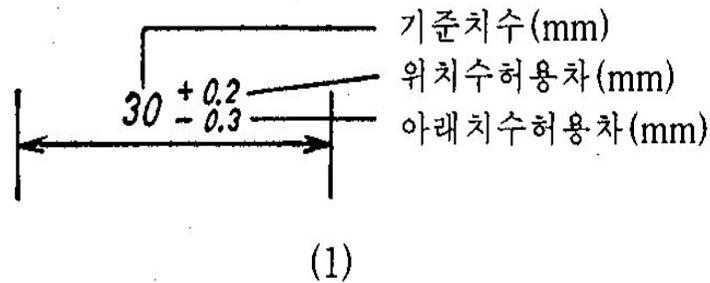
	도장집	도장
A-model	10H8	10f8
B-model	20H8	<input type="text"/>
C-model	<input type="text"/>	30f8

- 2) C-model의 경우 도장의 치수관리는 어떻게 해야 할까요? 수치로 나타내세요. (text, 그림8.2, table 8.1, 8.4이용)

8.3 치수공차 기입법

1) 길이 치수의 공차기입

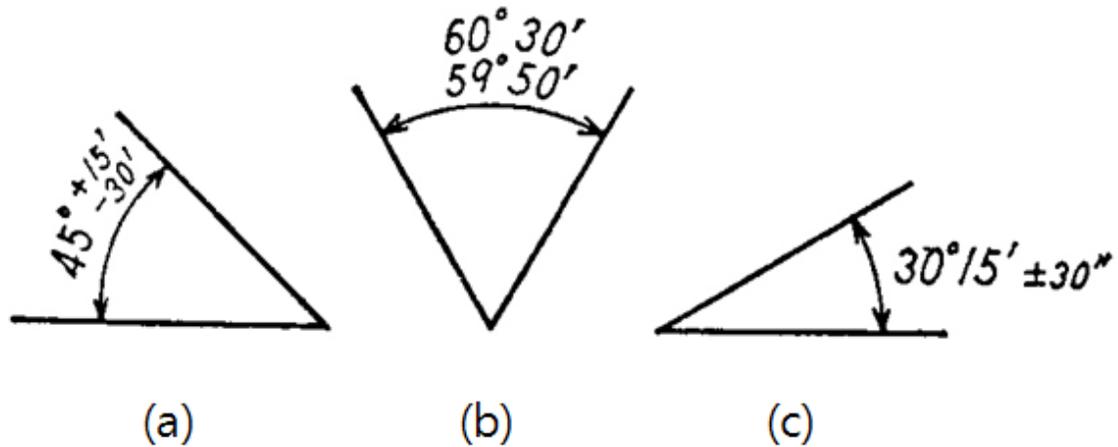
→ 위, 아래 치수의 허용범위를 기입



8.3 치수공차 기입법

2) 각도 치수의 공차기입

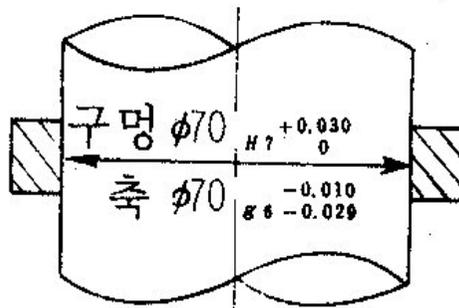
- 길이 치수의 기입 방법을 사용
- 단위기호를 반드시 병기



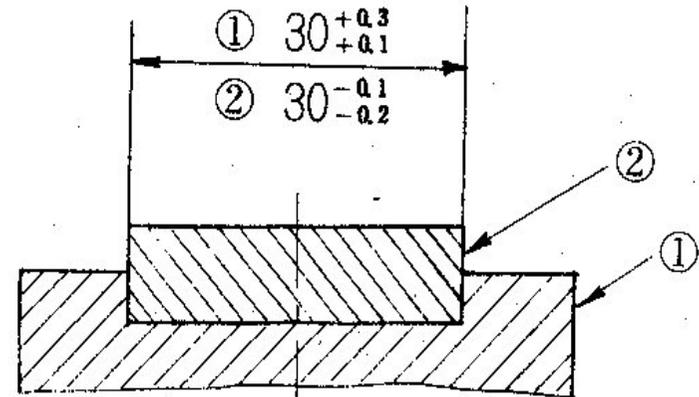
8.3 치수공차 기입법

3) 조립한 상태의 공차기입

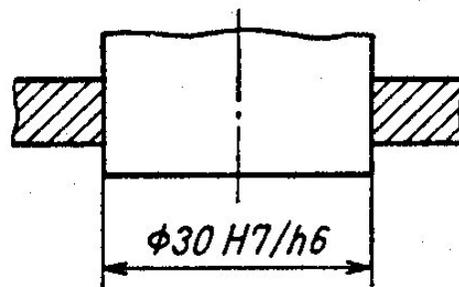
- 수치에 의하여 지시: 구멍의 치수는 치수선 위에, 축의 치수는 아래에
- 기호에 의한 지시: 기준치수 뒤에 구멍과 축의 공차를 IT등급으로



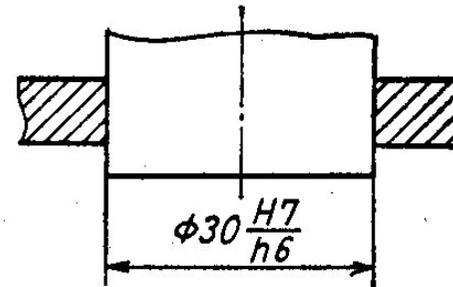
(1)



(2)



(1)



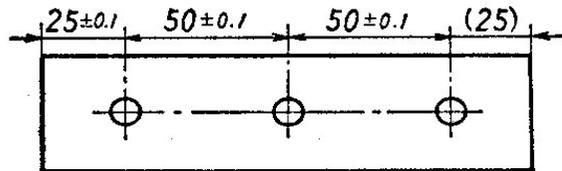
(2)

8.3 치수공차 기입법

4) 공차 기입의 일반 사항

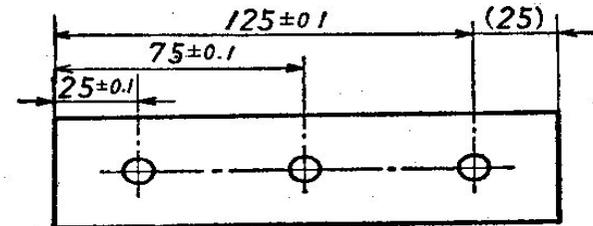
형체에 직접 기입

직렬치수 기입



공차의 누적으로 허용 최대치수에
모순 발생 → 기준면을 정해야

병렬치수 기입



기준면을 정해서 치수기입
→ 측정과 가공 편리

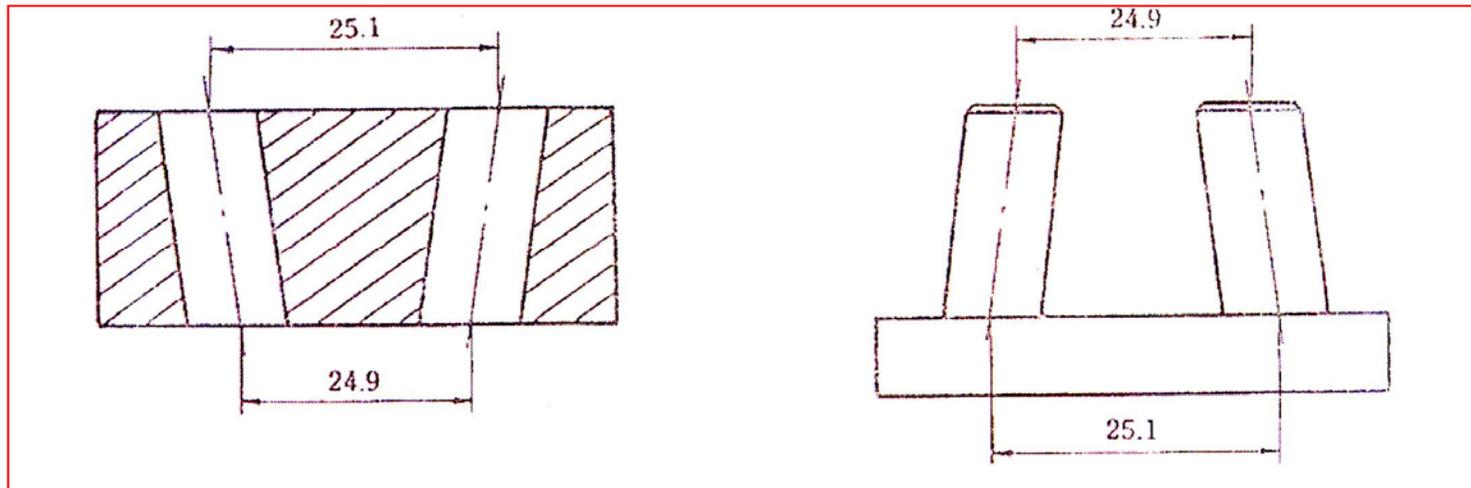
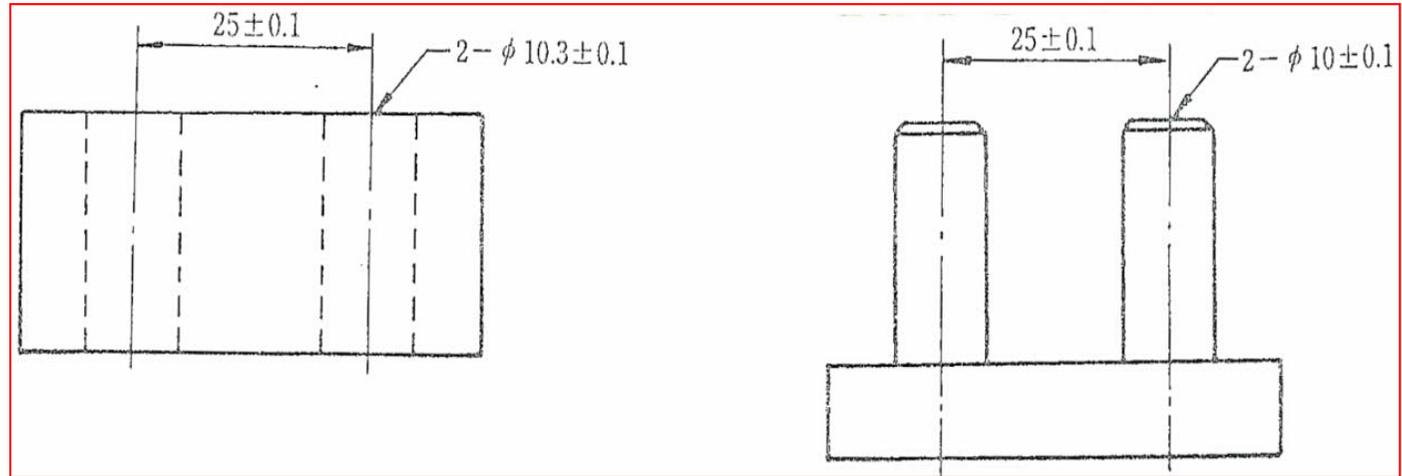
8.3 치수공차 기입법

다음의 부품들이 조립이 될까? 그 이유는?

도면



제품



→ 치수공차의 한계