

◆ 단위계

1. SI단위

- 단위 : 물리량을 수치로써 나타낼 때 기준
- 기본단위 : 다른 물리량과 무관
독립적으로 정해지는 단위
- 조립단위 : 기본량을 조립하여 정의된 단위

1장 기본사항 1-7

2. 단위의 환산

(1) 힘(force)

$$1(N) = 1(kg \cdot m / s^2)$$

(2) 압력 또는 응력(pressure or stress)

$$1(Pa) = 1(N / m^2)$$

1장 기본사항 1-8

(3) 일 또는 모멘트(work or moment)

$$1(J) = 1(N \cdot m)$$

(4) 각속도 및 원주속도

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

$$v(m/s) = r(m) \omega(rad/s) = \frac{D(mm)}{2000} \left(\frac{2\pi N(rpm)}{60} \right)$$

1장 기본사항 1-9

(5) 일을 또는 동력(power)

- 일을 : 단위시간당 한 일의 양

$$H = F \cdot v = F \cdot \omega = T \cdot \omega = I \cdot V$$

- 동력의 단위

$$1(W) = 1(J / s) = 1(N \cdot m / s) = 1(Amp \cdot Volt)$$

$$1(PS) = 75(kg_f \cdot m / s)$$

1장 기본사항 1-10

<회전력과 접선속도로부터 동력을 구할 때 쓰는 식>

	$P(kg), v(m/s)$	$P'(N), v(m/s)$
$H'(kW)$	$\frac{P(kg_f) \cdot v(m/s)}{102}$	$\frac{P'(N) \cdot v(m/s)}{100}$
$H(PS)$	$\frac{P(kg_f) \cdot v(m/s)}{75}$	$\frac{P'(N) \cdot v(m/s)}{735.5}$

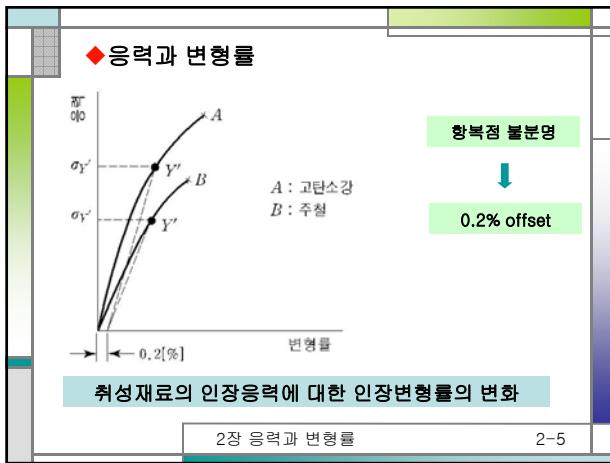
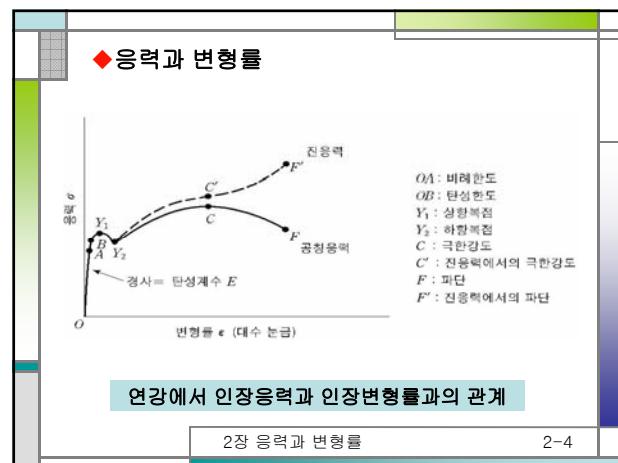
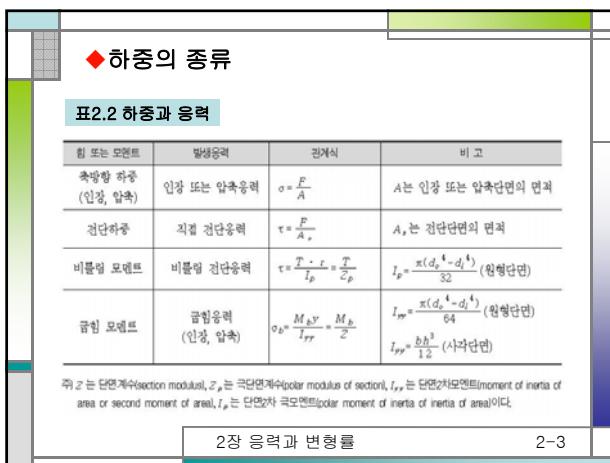
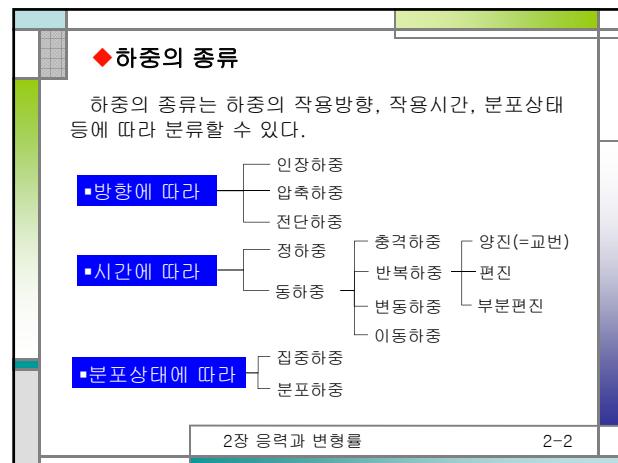
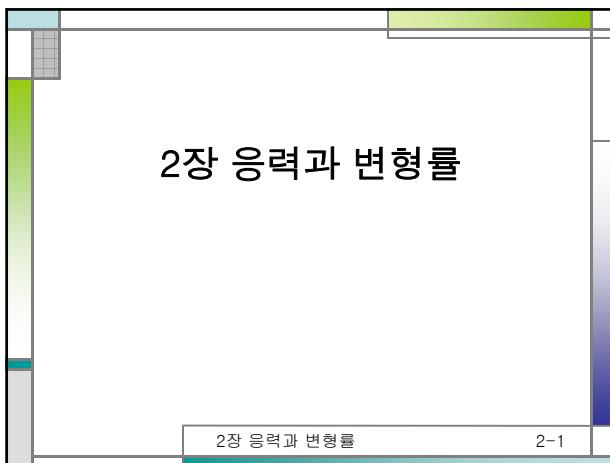
1장 기본사항 1-11

<동력과 회전수로부터 토크를 구할 때 쓰는 식>

	$T(kg_f \cdot mm), N(rpm)$
$H'(kW)$	$T(kg_f \cdot mm) = 974000 \frac{H'(kW)}{N(rpm)}$
$H(PS)$	$T'(kg_f \cdot mm) = 716200 \frac{H(PS)}{N(rpm)}$

1장 기본사항 1-12

<동력과 회전수로부터 토크를 구할 때 쓰는 식>	
	$T'(N \cdot m), N(rpm)$
$H'(kW)$	$T'(N \cdot m) = 9549 \frac{H'(kW)}{N(rpm)}$
$H(PS)$	$T'(N \cdot m) = 7023.5 \frac{H'(PS)}{N(rpm)}$



◆ 응력과 변형률

표 2.3 각종 금속의 기계적 성질

구분	재료명	밀도 (kg/m³)	탄성계수(E) (GPa)	항복응력 (kg/cm²)	파단응력 (kg/cm²)	부수응력 (%)	단신율 (%)
철	철	7850	210	130	300	0.30	45
	제단-소강 (AISI 1020)	7850	207	206	306	0.30	37
	운단-소강 (AISI 1040)	7850	207	300	350	0.30	30
	고단-소강 (AISI 1060)	7840	207	380	610	0.30	25
스틸(Stahl)	스틸(AISI 1020, STS440)	7800	300	345	552	0.30	25
	(오스테이-나트, STS316)	8000	153	207	552	0.30	60
	(마르텐이-나트, STS410)	7800	200	226	485	0.30	30
	회색-소강	7250	-	-	135	-	-
구리-나이-주철	7250	168	225	415	0.28	18	
	기계-나이	7200	172	250	345	0.26	10
	일부미(Fe > 90.5%)	7210	69	17	55	0.33	25
	일부미(Fe 90.5%)	2800	72	97	186	0.33	18
비	비금속	5950	130	69	220	0.35	45
	황동(Cu-30Zn)	8500	130	75	303	0.35	68
	청동(Cu-85Zn)	8800	130	152	380	0.35	70
	마그네슘(Al-90Mg)	1740	45	41	165	0.29	14
나이(90Ni)	10200	234	505	655	-	35	
	나이(90Ni)	8900	207	338	480	0.31	49
	온(>90Ni)	10400	76	55	125	0.37	48
	티타늄(>90Ni)	4530	107	240	330	0.34	30

주1) $E(N/mm²) = 1(MPa) \times 10^3(GPa) = 1000(MPa)$
2) 항복응력 대략적인 값은 $\sigma_c = \frac{E}{(1 + \nu)}$ 가 성립한다.
(E : 단단-소강(Steel)의 탄성계수, ν : 탄성률(Steel's modulus of elasticity))
3) AISI 1020은 미국 철강 협회(American Iron and Steel Institute)에서 제작한 단단-소강(AISI 1020)은 SMOC과 유사하다. SMOC의 성분과 유사하여, AISI 1040은 SMOC와 유사하다.

2장 응력과 변형률 2-6

◆ 응력과 변형률

▪ 공칭응력과 공칭변형률

공칭응력

최초 단면의 면적에 대한 하중의 비

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

여기서 A_0 는 최초 단면의 면적

공칭변형률

최초 길이에 대한 늘어난 길이의 비

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

여기서 L_0 은 최초 길이
 L_f 는 변형 후의 길이

2장 응력과 변형률 2-7

◆ 응력과 변형률

▪ 진응력과 진변형률

진응력(true stress)

변화된 단면에 대한 하중의 비

$$\sigma_T = \frac{F}{A_f} = \frac{F}{A_0/(1+\varepsilon)} = \sigma(1+\varepsilon) = \sigma R$$

진변형률(true strain)

변화된 길이에 대해 늘어난 길이의 비

$$\varepsilon_T = \frac{\ln L_f}{L_0} = \ln \frac{L_f}{L_0} = \ln \frac{L_0(1+\varepsilon)}{L_0} = \ln(1+\varepsilon) = \ln(R)$$

2장 응력과 변형률 2-8

◆ 응력의 합성

▪ 평면응력

기준 단면(x,y 좌표로 표시)에 대하여 반시계 방향으로 각도 θ 만큼 회전한 단면(x',y' 좌표로 표시)에서의 응력상태를 나타내는식은 다음과 같다.

$$\sigma_x' = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\sigma_y' = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta - \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\tau_{xy}' = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta$$

여기서 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ 는 xy 평면에서 미소요소의 응력

2장 응력과 변형률 2-9

◆ 응력의 합성

(a) 기준 단면(x,y 좌표)에 미소요소에서 미소요소의 응력

(b) 회전한 단면(x',y' 좌표)에 미소요소의 응력

(c) 평면응력을 받는 단면

2장 응력과 변형률 2-10

◆ 응력의 합성

모어 원(Mohr circle)

모어 원(Mohr circle)

2장 응력과 변형률 2-11

◆ 응력의 합성

▪ 모어 원으로 나타낸 식

$$\left(\sigma'_x - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau'_{xy}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2$$

$$\left(\sigma'_y - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau'_{xy}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2$$

▪ 주응력(principal stress)

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

이때의 실제면의 회전각

$$\Phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

2장 응력과 변형률 2-12

◆ 응력의 합성

- 최대 전단응력 (maximum shear stress)

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

- 최대 인장응력 σ_{\max} , 최대 전단응력 τ_{\max}

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

2장 응력과 변형률 2-13

◆ 상당 모멘트

- 원형 단면에 순수 굽힘모멘트만 작용하는 경우

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi d^3}$$
 (원형 단면으로서 $I_{yy} = \frac{\pi}{64} d^4$ 인 경우)

- 원형 단면에 순수 비틀림모멘트만 작용하는 경우

$$\tau_{\theta e} = \frac{16T}{\pi d^3}$$
 (원형 단면으로서 $I_p = \frac{\pi}{32} d^4$ 인 경우)

2장 응력과 변형률 2-14

◆ 상당 모멘트

- 굽힘모멘트와 비틀림모멘트가 동시에 작용하는 경우

- 최대 굽힘응력

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

- 굽힘모멘트만 작용하는 식의 형태

$$\sigma_{\max} = \frac{32}{\pi d^3} \left[\frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2}) \right] = \frac{32M_e}{\pi d^3}$$

- 상당 굽힘 모멘트

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

2장 응력과 변형률 2-15

◆ 상당 모멘트

- 굽힘모멘트와 비틀림모멘트가 동시에 작용하는 경우

- 최대 전단응력

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

- 비틀림모멘트만 작용하는 식의 형태

$$\tau_{\max} = \frac{16}{\pi d^3} (\sqrt{M^2 + T^2}) = \frac{16T_e}{\pi d^3}$$

- 상당 비틀림 모멘트

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

2장 응력과 변형률 2-16

◆ 응력집중

- 국부적으로 특별히 큰 응력이 발생하는 현상
- 단면이 크게 변하는 부분

예) 축의 키움, 구멍, 단이 진 부분

2장 응력과 변형률 2-17

◆ 응력집중

- 응력집중 계수(stress concentration factor) : α

- 단면부의 평균응력에 대한 최대응력의 비

$$\alpha = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$$

σ_{\max} : 최대응력
 σ_n : 평균응력

2장 응력과 변형률 2-18

◆ 응력집중

▪ 판에서의 응력집중

무한 평판에 타원구멍이 있는 경우의 응력집중계수

$$\alpha = 1 + 2 \frac{a}{b} = 1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \quad (\because \rho = \frac{b^2}{a})$$

여기서 a 는 타원에서 장반경
 b 는 타원에서 단반경
 ρ 는 노치부분에서 곡률반경이다.

2장 응력과 변형률 2-19

◆ 응력집중

▪ 판에서의 응력집중

평판의 응력집중

2장 응력과 변형률 2-20

◆ 응력집중

▪ 판에서의 응력집중

반무한 평판에 V자 노치가 있는 경우의 응력 집중계수

$$\alpha = 1 + 2 \frac{a}{r}$$

여기서 a 는 파여진 길이, r 은 흄끝의 반경이다.

2장 응력과 변형률 2-21

◆ 응력집중

▪ 봉에서의 응력집중

단이진 원형봉의 응력집중

2장 응력과 변형률 2-22

◆ 응력집중

▪ 응력집중 경감대책

- 필렛 반지름 크게
- 제1, 제3의 단면변화형상 설치
- 보강재 결합
- 열처리

2장 응력과 변형률 2-23

◆ 응력집중

응력집중 완화를 위한 형상의 변형

2장 응력과 변형률 2-24

◆ 크리프 (creep)

고온, 일정하중 아래서 장시간 방치하면 변형률이 시간에 따라 증가
예: Jet Engine, Gas Turbine, Rocket, 고압발전 Boiler

크리프 곡선 (고온 고하중의 경우)

2장 응력과 변형률 2-25

◆ 크리프 (creep)

온도, 하중의 변화에 따른 크리프 곡선

2장 응력과 변형률 2-26

◆ 재료의 파손이론

- 최대 주응력설

인장응력이나 압축응력에 의하여 재료가 파손된다는 이론
- 3차원인 경우 최대 주응력

$$\sigma_{\max} = \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|)$$
- $\sigma_3 = 0$ 인 2차원의 경우

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

2장 응력과 변형률 2-27

◆ 재료의 파손이론

- 최대 전단응력설

전단응력에 의하여 재료가 파손된다는 이론
- 3차원인 경우 최대 전단응력

$$\tau_{\max} = \max\left(\left|\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}\right|, \left|\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}\right|, \left|\frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2}\right|\right)$$
- $\sigma_3 = 0$ 인 2차원 평면응력의 경우

$$\tau_{\max} = \max\left(\left|\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}\right|, \left|\frac{\sigma_2}{2}\right|, \left|\frac{\sigma_1}{2}\right|\right)$$

2장 응력과 변형률 2-28

◆ 재료의 파손이론

- 최대 전단응력설

2차원 응력이 동시에 작용하는 경우

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

만약 $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ 인 1차원 응력의 경우 $\tau_{\max} = |\sigma_1/2|$ 된다.

2장 응력과 변형률 2-29

◆ 재료의 파손이론

- 전단변형에너지설 → von Mises condition

변형에너지 = 전단변형에너지 + 채적변형에너지

파손 = 전단변형에너지=인장시의 항복점에서의 변형에너지

⇒ 항복

2장 응력과 변형률 2-30

◆ 재료의 파손이론

- 총변형에너지

$$U = \frac{1}{2} \sigma_1 \varepsilon_1 + \frac{1}{2} \sigma_2 \varepsilon_2 + \frac{1}{2} \sigma_3 \varepsilon_3$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [(\sigma_1 - v(\sigma_2 + \sigma_3))]$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E} [(\sigma_2 - v(\sigma_3 + \sigma_1))]$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E} [(\sigma_3 - v(\sigma_1 + \sigma_2))]$$

- 총변형에너지

$$U = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2v(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)]$$

2장 응력과 변형률 2-31

◆ 재료의 파손이론

- 체적변형률 Δ

$$\Delta = (1+\varepsilon_1)(1+\varepsilon_2)(1+\varepsilon_3) - 1 \approx \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

- 체적변형에너지 (U_v)

$$U_v = \frac{1}{2} p \Delta = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \right) \times (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)$$

$$= \frac{1}{6E} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \right) \times (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - 2v(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1))$$

단, p : 평균응력

2장 응력과 변형률 2-32

◆ 재료의 파손이론

- 전단변형에너지 (U_s) $=$ 총변형에너지 - 체적변형에너지

$$U_s = \frac{1+v}{6E} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]$$

여기서 v 는 포화수 계수
 E 는 세로단성계수

2장 응력과 변형률 2-33

◆ 재료의 파손이론

- 전단변형에너지 (U_s)

단순인장을 받는 경우 ($\sigma_1 = \sigma_{VM}$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$)

$$U_s = \frac{1+v}{6E} [(\sigma_{VM} - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - \sigma_{VM})^2]$$

단, σ_{VM} 는 인장시 항복응력

2장 응력과 변형률 2-34

◆ 재료의 파손이론

- σ_{VM} 는 인장시 항복응력

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}$$

단, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, 는 주응력

2장 응력과 변형률 2-35

◆ 재료의 파손이론

- 파손이론의 비교

(a) von Mises 주변력설
 $\sigma_1 = \sigma_2$

(b) 티레 전단윤활설
 $\tau_{xy} = 0.5\sigma_z$
 $\sigma_1 = \sigma_2$

2차원 평면에서 파손이론($\sigma_2 = 0$ 의 경우)

2장 응력과 변형률 2-36

◆ 재료의 파손이론

■ 파손이론의 비교

(c) 천근 변형 에너지설: $\sigma_2 = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}$

2차원 평면에서 파손이론($\sigma_3 = 0$ 의 경우)

2장 응력과 변형률 2-37

◆ 재료의 파손이론

■ 파손이론의 비교

최대 주용응력으로 표시($\sigma_1 = \sigma_2$)
○ Ni-Cr-Mo 강
● ANSi 3125 강
□ 2024-T1 알루미늄
■ 2S-H 알루미늄
△ 최주설

극한 강도를 최단응력으로 표시($\sigma_1 = \sigma_3$)

파손이론과 실험결과($\sigma_3 = 0$ 의 경우)

2장 응력과 변형률 2-38

◆ 안전계수(safety factor)

■ 기준 강도

표2.5 기준강도와 설계응력

하중조건	파괴형태	기준강도	적용 예
재료변화	항복	항복점	연성재료(연철)
온도변화	파단	극한강도	화성재료(주철)
온도변화	정화증 고온	크리프 변형	터빈 스팬들 및 날개자
온도변화	정화증 저온	저온화성	IPCC 저장재코
시간변화	반복하중	피로파괴	피로강도(노치, 치수, 표면상태, 손상 불의 효과를 고려)
시간변화	충격하중	충격파괴	충격강도
하중방향	축방향하중	좌굴	좌굴강도

2장 응력과 변형률 2-39

◆ 안전계수(safety factor)

■ 허용응력(σ_a :allowable stress)

부품설계시 사용하는 응력의 최대 허용치

■ 안전계수 또는 안전률 (S)

허용응력에 대한 기준강도

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

여기서 S 는 안전계수(또는 안전율)
 σ_s 는 기준강도
 σ_a 는 허용응력

2장 응력과 변형률 2-40

◆ 피로파손(fatigue failure)

정의

반복 동하중 작용하에서 인장강도 혹은 항복응력 보다 낮은 응력에서 재료가 갑자기 파괴되는 현상

반복응력의 종류

2장 응력과 변형률 2-41

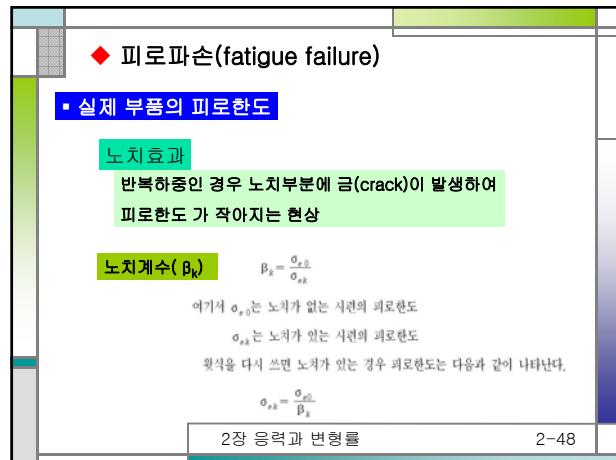
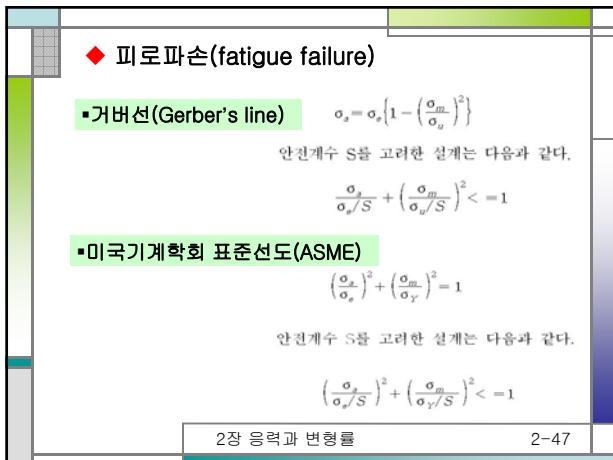
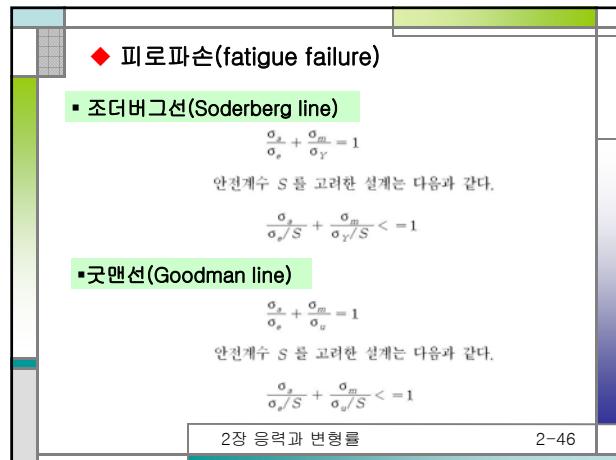
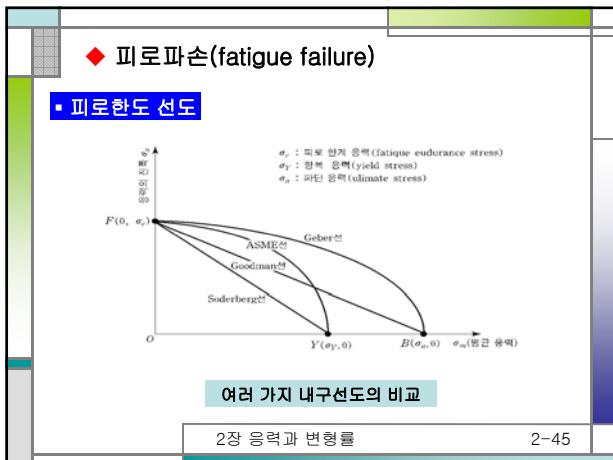
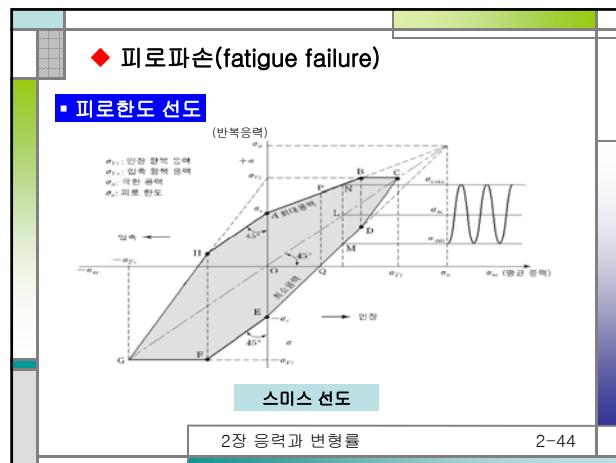
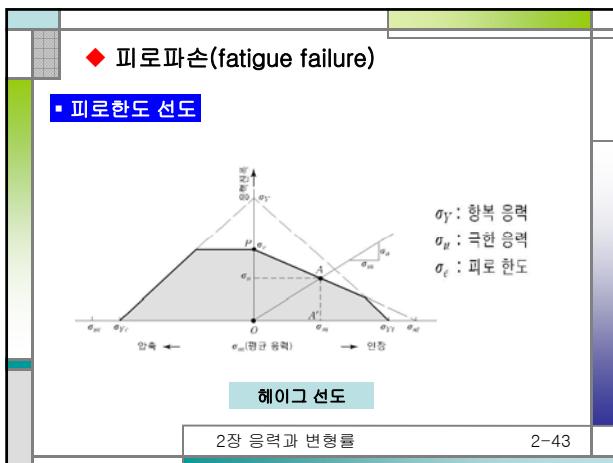
◆ 피로파손(fatigue failure)

■ 피로한도 곡선(S-N 곡선)

극한 강도
 N : 반복회수
 $\log N$

같이 양진응력을 받는 경우

2장 응력과 변형률 2-42



◆ 피로파손(fatigue failure)

■ 실제 부품의 피로한도

치수효과

치수가 다르고 형상이 같은 여러 물체의 경우
가장 큰 치수의 물체가 더 적은 피로한도 값을 갖는 현상

표면효과

표면조도, 부식, 표면경화 등에 의한
피로한도의 변화 현상

2장 응력과 변형률 2-49

◆ 피로파손(fatigue failure)

■ 실제 부품의 피로한도

압입효과

부품을 조립하는 과정에서 발생하는 압입과 열박음으로
응력이 발생하여 피로한도가 저하되는 현상

$$\sigma_{ek} = \frac{k_1 k_2}{\beta_k} \sigma_{e0}$$

여기서 β_k 는 노치개수
 k_1 는 치수 효과에 의한 피로한도 저하율
 k_2 는 다듬질 효과에 의한 피로한도 저하율
 σ_{e0} 는 원래 피로한도(양진의 경우)
 σ_{ek} 는 수정된 피로한도(양진의 경우)

2장 응력과 변형률 2-50

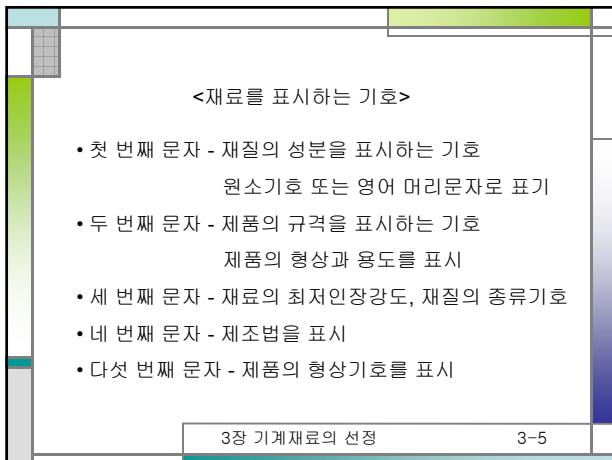
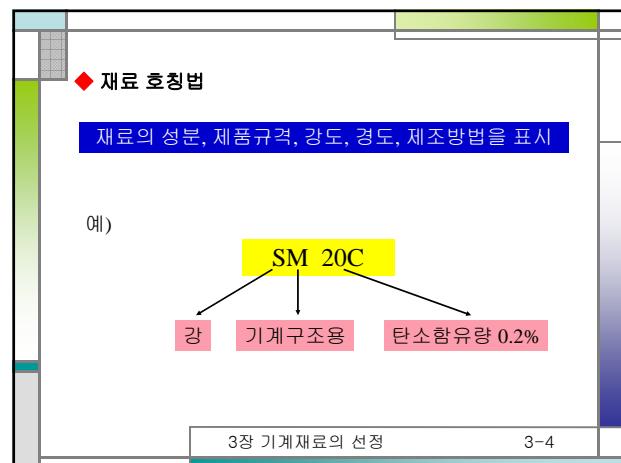
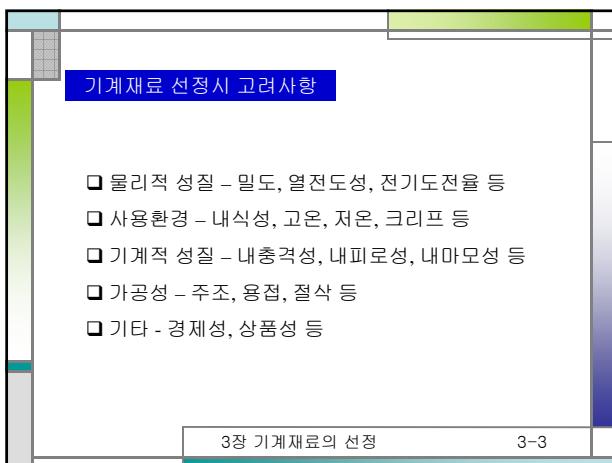
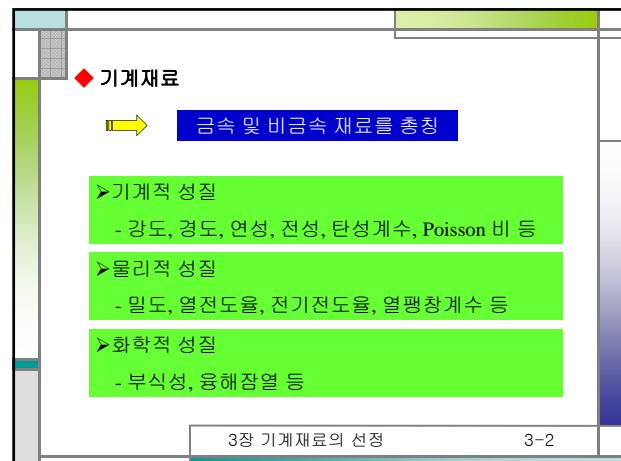
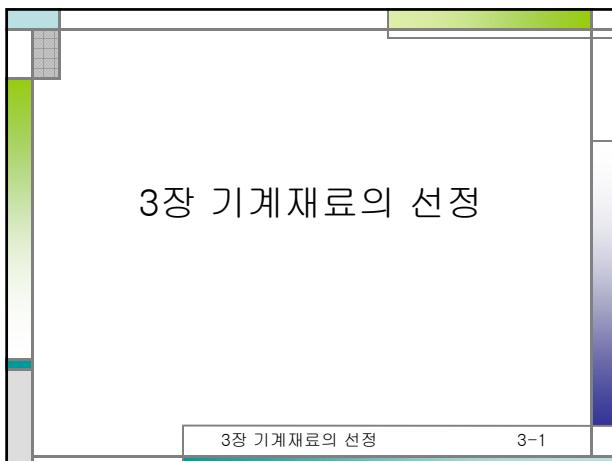
◆ 피로파손(fatigue failure)

■ 수정된 피로한도로 보정된 조디버그 내구선도

$$\frac{\sigma_e}{k_1 k_2 \sigma_{e0}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_Y} \leq 1$$

(a) 수정 전 조디버그선
(b) 수정 후 조디버그선

2장 응력과 변형률 2-51



(1) 재질의 성분을 나타내는 기호

기호	재질	기호	재질
AlA	알루미늄 합금	NiS	양은
HBs	고강도 활동	GC	회주철
HMn	고강도 망간	SC	탄소주강
MgA	마그네슘 합금	SF	단조강
MS	연강	SNC	니켈 크롬강

3장 기계재료의 선정 3-6

(2) 제품의 규격을 나타내는 기호

기호	규격명, 제품명	기호	규격명, 제품명
Au	자동차용	KH	고속도 공구강
BC	청동주물	MC	가단 주철품
DC	다이캐스팅	SW	강선
F	단조품, 박판형	W	선(wire)
HR	열간압연	WR	선재

3장 기계재료의 선정 3-7

(3) 재료의 최저 인장강도 또는 재질의 종류기호

- 인장강도의 단위 변경 → (N/mm²) 사용
- 숫자 뒤의 기호의 의미
 - A : 연질, B : 반경질, C : 경질
- 괄호 안에는 단위길이당 무게 기입

3장 기계재료의 선정 3-8

< 제품의 강도 또는 재질의 종류를 나타내는 기호 >

기호	의미	예	기호	의미	예
A	A종	SW-A	5A	5종 A	SPS 5A
B	B종	SW-B	150	최저인장강도 150(N/mm ²)	GC 150
1	1종	SHP 1	330	최저인장강도 330 (N/mm ²)	SS 330
2	2종	SHP2	12C	탄소함유량 (0.10~0.15%)	SM 12C

3장 기계재료의 선정 3-9

(4) 제조법의 표시

기본기호	기본 가공방법	상세기호	상세가공방법
C	주조(casting)	CP CD	정밀주조 다이캐스팅
P	소성가공	F R	단조 압연
M (기계가공)	C (절삭) G (연삭) SP (특수가공)	L G SP	선삭 선삭 (특수가공)

3장 기계재료의 선정 3-10

(5) 제품의 형상기호

P : 강판, ● : 둥근강, ○ : 파이프
 □ : 각재, △ : 채널, 工 : I형 강

3장 기계재료의 선정 3-11

< 재료기호 표시 예 >

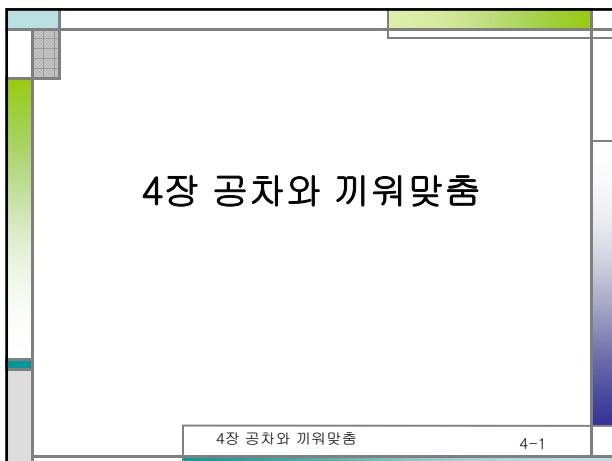
기호	명칭	용 도	구기호	참고
SF 340A	탄소강 단강품	S - 강 F - 단조품 340 - 최저인장강도	SF 34	KS D 3710
GC 150	회주철품	GC - 회주철 150 - 최저인장강도	GC 15	KS D 4301

3장 기계재료의 선정 3-12

< 주요 철강재료의 기호 >			
분류	KS 번호	규격명	기호
일반용	D 3501	열간 압연 강판 및 강대	SHP
강관	D 3507	배관용 탄소강	SPP
합금강	D 3708	니켈크롬강재	SNC
압력용기용	D 3521	압력용기용 강판	SPPV
특수용도강	D 3701	스프링 강재	SPS
공구강	D 3751	탄소공구강재	STC
탄소강/주철	D 3710	탄소강 단강품	SF

3장 기계재료의 선정

3-13



◆ 공업규격(engineering standards)		
표 4.1 각국의 공업규격		
규격 기호	규격명칭	제정 년도
ISO	국제 표준화 기구(International Organization for Standardization)	1928
KS	한국 공업규격(Korean Industrial Standards)	1962
BS	영국 공업규격(British Standards)	1991
DIN	독일 공업규격(Deutsche Institute fur Normung)	1917
ANSI	미국 공업규격(American National Standards Institute)	1918
SNV	스위스 공업규격(Schweizerish Normen-Vereinigung)	1918
NF	프랑스 공업규격(Norme Francaise)	1918
CSA	캐나다 공업규격(Canadian Standards Association)	1918
JIS	일본 공업규격(Japanese Industrial Standards)	1921

주 미국규격은 1969년에 ASA(American Standard Association)에서 USAS(United States of America Standards Institute)로 변경되었다가 1969년 현재의 ANSI로 변경됨.

4장 공차와 끼워맞춤 4-2

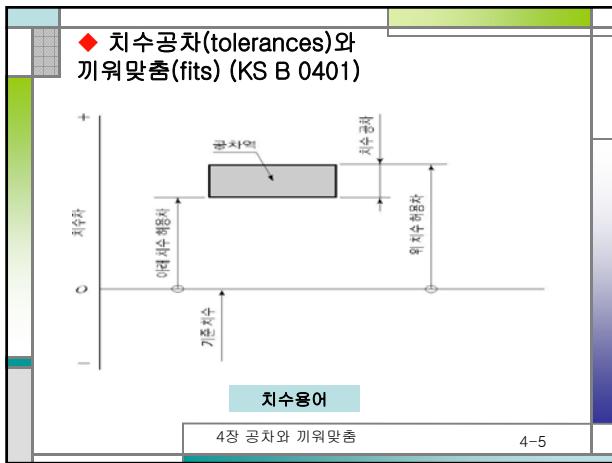
◆ 공업규격(engineering standards)			
표 4.2 KS의 부문별 기호			
부문기호	부 문	부문기호	
KS A	기본(봉식)	KS K	설유
B	기계	L	요업
C	전기	M	회학
D	금속	P	외표
E	창신	R	수송기계
F	토목, 건축	V	조선
G	일용품	W	방공
H	식료품	X	정보통신

표 4.3 기계부문(KS B)의 분류번호		
분류번호	기계부문의 실내분류	
KS B 0001 ~ B 096	기계기본	
KS B 1001 ~ B 289	기계요소	
KS B 3001 ~ B 400	기계구구	
KS B 4001 ~ B 450	광학기계	
KS B 5001 ~ B 551	측정제작용 기계기구, 물리기계	
KS B 6001 ~ B 651	일반기계	
KS B 7001 ~ B 709	산업기계	
KS B 7501 ~ B 759	농업기계	
KS B 8001 ~ B 804	열사용 및 가스기기	

4장 공차와 끼워맞춤 4-3

◆ 치수공차(tolerances)와 끼워맞춤(fits) (KS B 0401)		
▪ 치수용어		
• 실제 치수(actual size)		
• 허용 한계치수(limit of size)		
• 최대 허용치수(maximum limit of size)		
• 최소 허용치수(minimum limit of size)		
• 치수공차(tolerance)		
• 기준치수(basic size)		
• 위치수 허용차(upper limit deviation)		
• 아래치수 허용차(lower limit deviation)		

4장 공차와 끼워맞춤 4-4

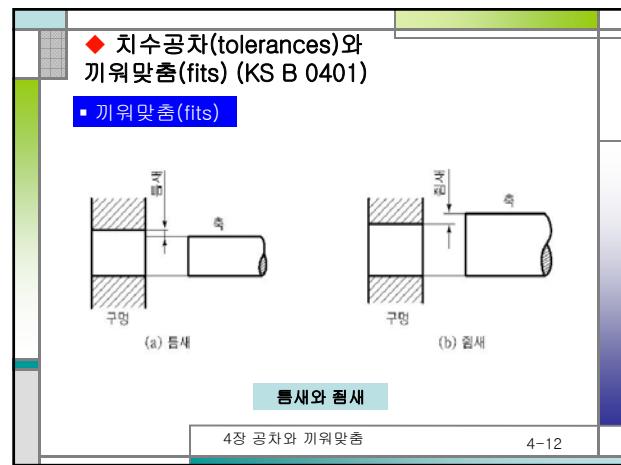
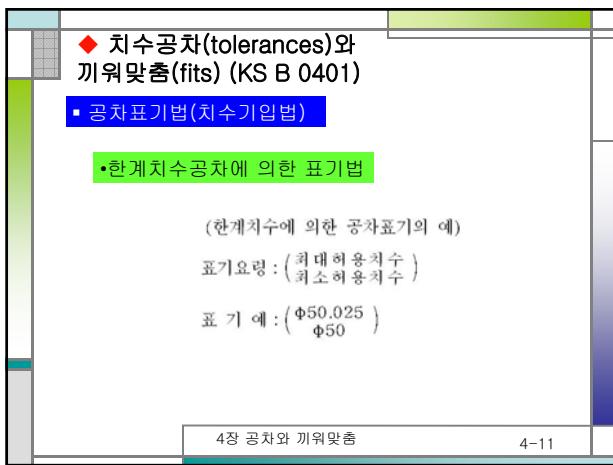
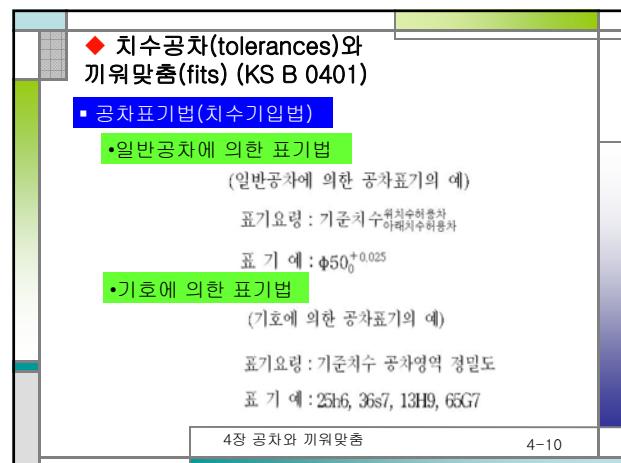
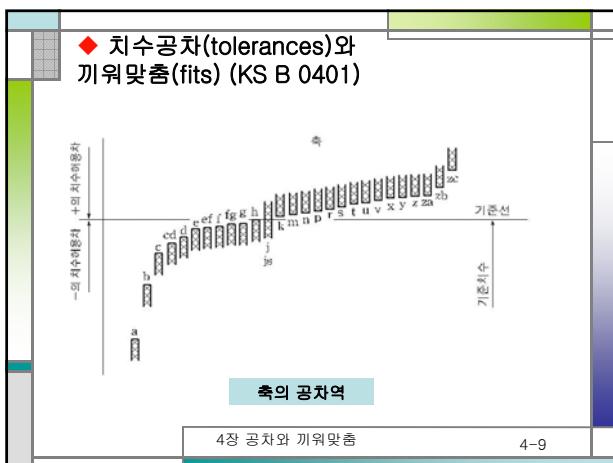
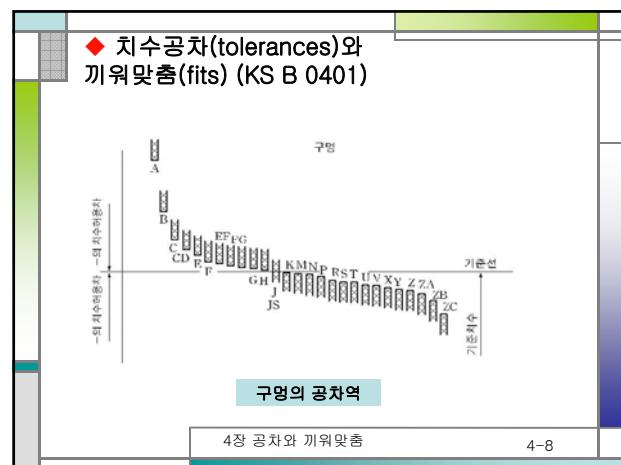
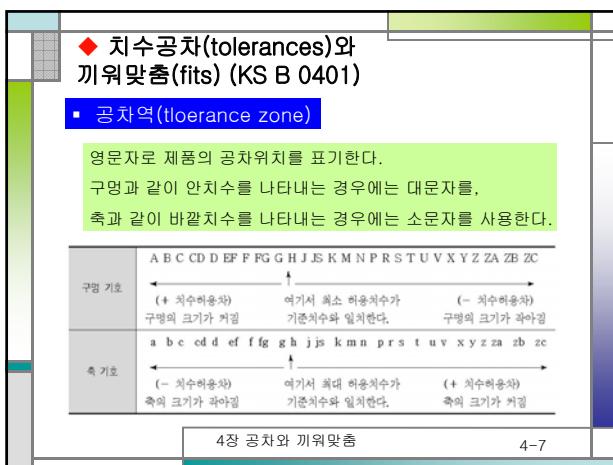


◆ 치수공차(tolerances)와 끼워맞춤(fits) (KS B 0401)		
▪ IT(ISO tolerance) 기본 공차의 정밀도 등급		
0.1급, 0.0급, 1급, 2급, ..., 18급	공차 약자집	공차 규집
기이지류 계좌공차 (고 정밀도 공차)	축	구멍
일반 끼워맞춤 부분 공차	IT 1 ~ IT 4	IT 1 ~ IT 5
거친 부분(끼워맞춤이 없는 부분)	IT 5 ~ IT 9	IT 6 ~ IT 10
	IT 10 ~ IT 18	IT 11 ~ IT 18

주 구멍의 공차등급이 축의 공차등급보다 큰 이유는 구멍의 내면가공 및 축의 축의 외연보다 아름기 때문이다.

IT공차등급의 적용 예

4장 공차와 끼워맞춤 4-6



◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

- 끼워맞춤(fits)
- 허거운 끼워맞춤(clearance fit)
 - 항상 틈새가 있는 끼워맞춤

최소 틈새 = 구멍의 최소 차수 - 축의 최대 차수
최대 틈새 = 구멍의 최대 차수 - 축의 최소 차수

- 억지 끼워맞춤(interference fit)
 - 항상 틈새가 없는 끼워맞춤

최대 편재 = 축의 최대 차수 - 구멍의 최소 차수
최소 편재 = 축의 최소 차수 - 구멍의 최대 차수

4장 공차와 끼워맞춤 4-13

◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

- 끼워맞춤(fits)
- 중간 끼워맞춤(slide fit)
 - 틈새나 편재가 생기는 끼워맞춤

(a) 허거운 끼워맞춤
(b) 억지 끼워맞춤

끼워맞춤의 종류

4장 공차와 끼워맞춤 4-14

◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

- 끼워맞춤된 제품의 공차기입법

끼워맞춤의 표시 예)

H8/f6 (H8-f6 또는 $\frac{H8}{f6}$)

4장 공차와 끼워맞춤 4-15

◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

- 끼워맞춤방식

끼워맞춤을 할 때 어느 한 쪽의 공차역과 정밀도를 정하여 가공한 후 다른 쪽은 원하는 끼워맞춤에 따라 공차역과 정밀도를 정한다.

구멍기준 끼워맞춤
축기준 끼워맞춤

4장 공차와 끼워맞춤 4-16

◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

상용하는 구멍기준 끼워맞춤(KS B 0401)

기준구멍	축의 공차역									
	허거운 끼워 맞춤			중간끼워맞춤			억지끼워 맞춤			
H5			g4	h4	js4	k4	rs4			
H6			g5	h5	js5	k5	rs5			
H7			g6	h6	js6	k6	rs6	p6	r6	s6
H8			e7	t7	h7	js7				
H9			g8	g9	h8					
H10			c9	d9	e9	h9				
	b9	c9	d9							

주 끼워맞춤 구분은 치수구분에 따라 예외가 생긴다.

4장 공차와 끼워맞춤 4-17

◆ 치수공차(tolerances)와
끼워맞춤(fits) (KS B 0401)

상용하는 축기준 끼워맞춤(KS B 0401)

기준축	구멍의 공차역																	
	허거운 끼워 맞춤			중간끼워맞춤			억지끼워 맞춤											
H4						H5	JS5	K5	M5									
H5						H6	JS6	K6	M6	N6	P6							
H6						F6	G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6					
H7						F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	X7
H8						E7	F7	H7										
H9						D8	E8	F8	H8									
						D9	E9		H9									
						D8	E8		H8									
						C9	D9	E9	H9									
						B10	C10	D10										

주 끼워맞춤 구분은 치수구분에 따라 예외가 생긴다.

4장 공차와 끼워맞춤 4-18

