

성명: _____

학번: _____

Manufacturing Processes (446.305A)

Midterm Exam

October 24, 2007

답은 별도의 답안지에 작성하고, 문제지와 답안지에 성명과 학번을 기입하여 모두 제출하기 바랍니다.

1. [20점, 10분] 다음 문제에 답하십시오.

- A. 다음 중 주조 공정 (casting)의 장점이 아닌 것은? (C)
- a. 복잡한 제품/형상을 일체로 생산할 수 있다.
 - b. 형상과 치수가 동일한 제품을 얻을 수 있다.
 - c. 용융 금속이 응고 시 수축되므로 치수 정확도가 높아진다.
 - d. 대량 생산이 가능하다.
- B. 항공기 엔진에 사용되는 고온용 터빈 블레이드 (turbine blade)를 제작할 때 가장 좋은 기계적-열적 성능을 제공할 수 있는 재료는 다음 중 어느 것인가? (B)
- a. 조대결정립 초합금 (super alloy)
 - b. 단결정 (single crystal) 초합금 (super alloy)
 - c. 미세결정립 초합금 (super alloy)
 - d. 탄소강
- C. 다음 중 재료의 강도에 대해서 틀린 설명을 고르시오. (A)
- a. 결정립 (grain)의 크기가 줄어들수록 재료의 강도는 약해진다.
 - b. 재료의 결함 (defect)에는 공공 (空孔, vacancy), 전위 (dislocation), 균열 (crack) 등이 있다.
 - c. 재료의 실제 강도는 보통 이론적 강도보다 작다.
 - d. 이론적 인장 강도는 강성의 약 1/10 정도이다.
- D. 다음 중 금속의 표면에 관한 내용 중 틀린 것을 고르시오. (D)
- a. 많은 금속은 표면에 산화층을 가진다.
 - b. 이온 주입 (ion implantation)은 금속 표면의 경도를 향상 시킨다.
 - c. 마이크로 스케일의 국부적 용접 (local welding)은 마멸을 일으키는 원인 중 하나이다.
 - d. Shot peening은 재료 표면에 인장 잔류 응력을 발생시켜 피로 수명을 늘리는 방법이다.

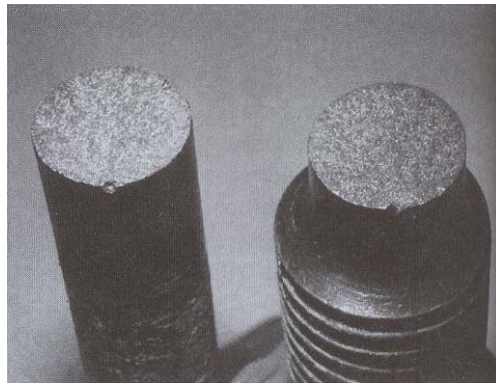
2. [20점, 10분] 다음 사진을 보고 문제에 답하십시오.

- A. 다음 사진의 재료의 종류를 쓰고, 이의 특성을 간단히 설명하십시오.

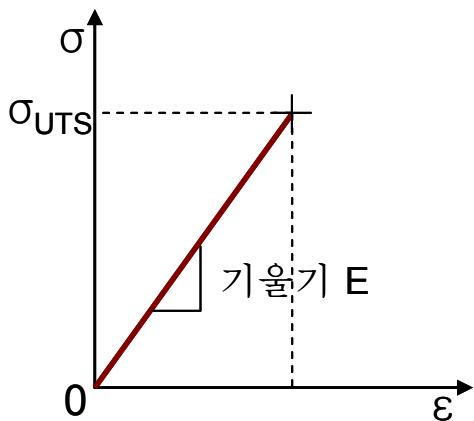


Answer: Cast iron (Ferrite gray iron with white flakes). 삐죽 삐죽한 부분에서 알 수 있듯이 응력 집중이 발생하고, fracture 물성이 나쁘다. 압축 강도가 인장 강도의 8~10 정도이다.

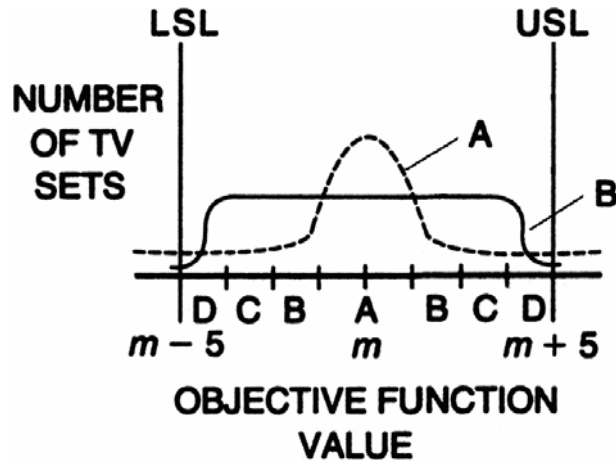
B. 아래 그림은 어떤 재료의 인장 실험 후 시편의 양쪽 단면이다. 재료의 파단 된 형상을 보고, 이 재료가 보여줄 stress-strain curve를 그리고, 그 그림 위에 Young's modulus를 정의하고, Ultimate tensile strength를 표시하시오.



Answer:



3. [20점, 20분] 다음 글을 읽고 질문에 답하시오.



1970년 후반 일본의 전자 제품 제조 회사 소니 (SONY)는 칼라 TV 생산을 위해 일본의 A 공장과 미국의 샌디에고의 B 공장을 운영하고 있었다. 두 공장은 동일한 설계도면과 사양을 기준으로 TV를 생산하고 있었다. 그러나 1979년 4월 17일자 일본의 아사히 신문의 '소니 TV 소비자 선호도 조사'에 의하면 미국의 소비자들은 B 공장에서 제조된 TV보다는 A 공장에서 제조된 TV를 훨씬 더 선호한다는 것이었다.

- A. 두 그래프의 공정 능력 지수 (process capability index) C_p 값을 각각 구하고, 일본 공장에서 생산하는 TV를 더 선호하는 이유를 설명하시오. (단, $\sigma_A \approx (USL - LSL)/6$, $\sigma_B \approx (USL - LSL)/3.6$)

Answer: $(C_p)_A = 1$, $(C_p)_B = 0.6$

$$(C_p)_A = \frac{USL - LSL}{6(USL - LSL)/6} = \frac{6}{6} = 1$$

$$(C_p)_B = \frac{USL - LSL}{6(USL - LSL)/3.6} = \frac{3.6}{6} = 0.6$$

일본 공장을 더 선호하는 이유는 일본 공장의 공정 능력 지수가 1~2 사이에 있기 때문이다.

- B. 공정의 변화가 생겨서 점선 그래프의 공정 평균이 m 에서 $m+1$ 로 바뀌었다. 기존의 공정 능력 지수 $(C_{pk})_A$ 와, 바뀐 공정 능력 지수 $(C_{pk})_{A'}$ 를 구하시오.

Answer: $(C_{pk})_A = 1$, $(C_{pk})_{A'} = 0.8$

$$(Z_{USL})_A = \frac{USL - m}{\sigma} = \frac{(m+5) - m}{(m+5 - m+5)/6} = 3$$

$$(Z_{LSL})_A = \frac{LSL - m}{\sigma} = \frac{(m-5) - m}{(m+5 - m+5)/6} = -3$$

$$(Z_{\min})_A = \min((Z_{USL})_A, (Z_{LSL})_A) = \min(3, 3) = 3$$

$$(C_{pk})_A = \frac{(Z_{\min})_A}{3} = \frac{3}{3} = 1$$

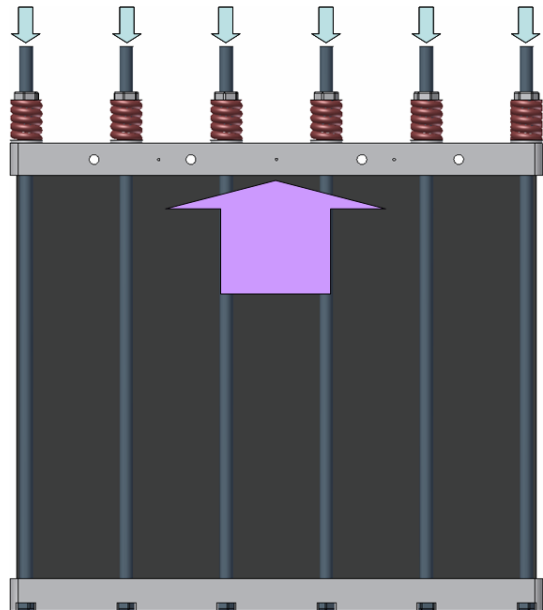
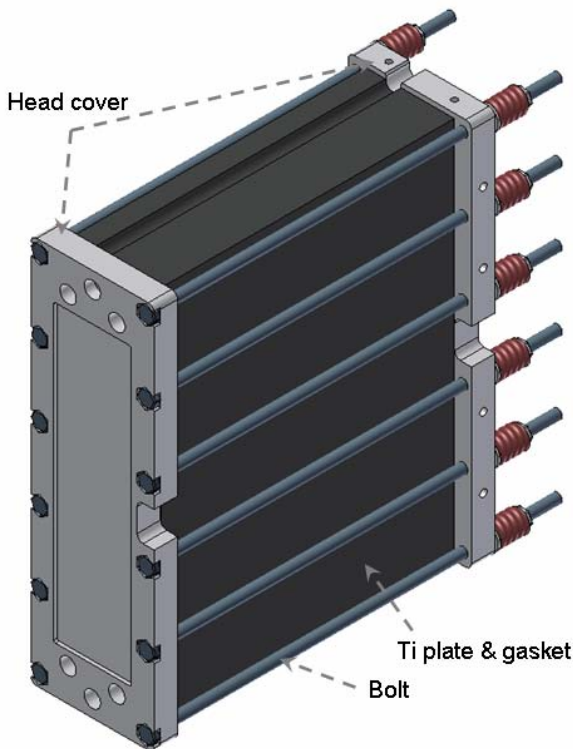
$$(Z_{USL})_{A'} = \frac{USL - m}{\sigma} = \frac{(m+5) - (m+1)}{(m+5 - m+5)/6} = 2.4$$

$$(Z_{LSL})_{A'} = \frac{LSL - m}{\sigma} = \frac{(m - 5) - (m + 1)}{(m + 5 - m + 5) / 6} = -3.6$$

$$(Z_{min})_{A'} = \min((Z_{USL})_{A'}, (Z_{LSL})_{A'}) = \min(2.4, 3.6) = 2.4$$

$$(C_{pk})_{A'} = \frac{(Z_{min})_{A'}}{3} = \frac{2.4}{3} = 0.8$$

4. [20점, 20분] 다음은 선박용 열 교환기이다. 이 중 head cover의 재료를 선정하고자 한다. Head cover는 아래 그림과 같이 굽힘 하중을 받는 평평한 판이다. Head cover의 기존 재료는 steel이다. 하지만 steel로 제작된 head cover는 무게가 무겁기 때문에, 좀 더 가벼우면서도 하중을 견딜 수 있는 재료를 선택하여 재설계하고자 한다.



A. 위의 제품에서 필요로 하는 강성과 강도에 대한 material index를 아래의 표에서 각각 찾으시오.

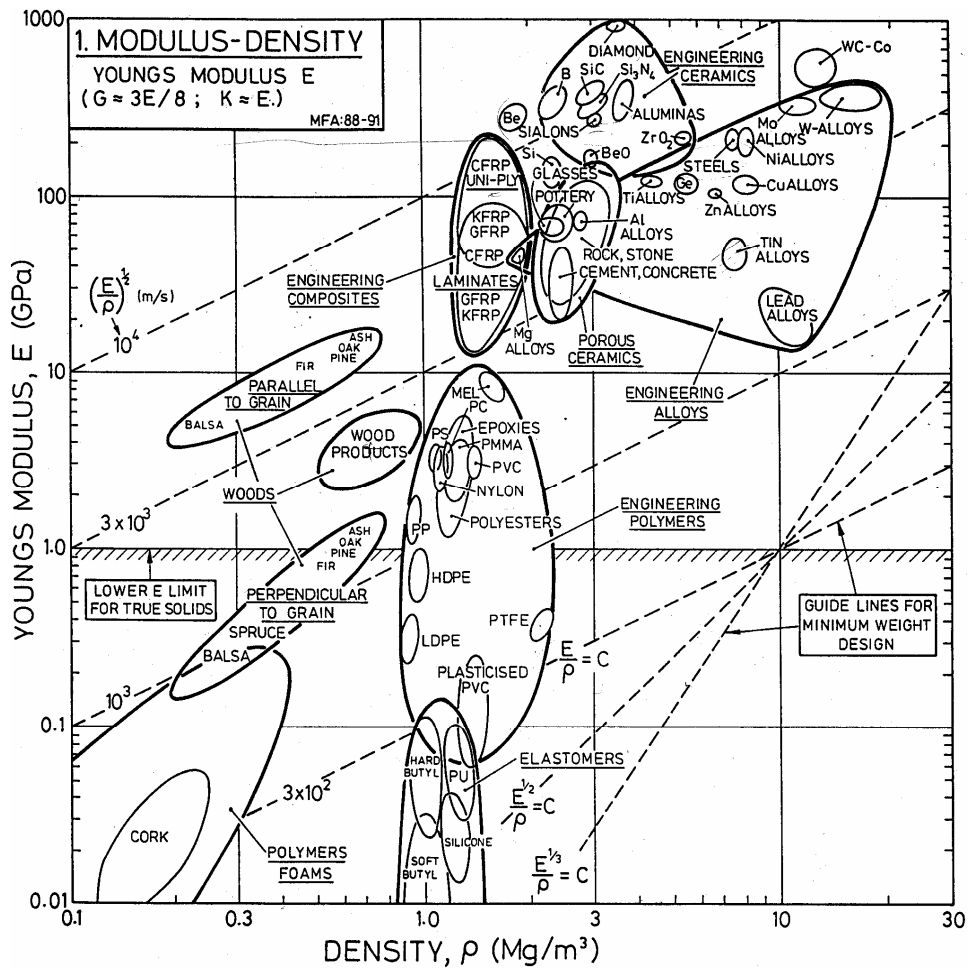
<표 4-1>

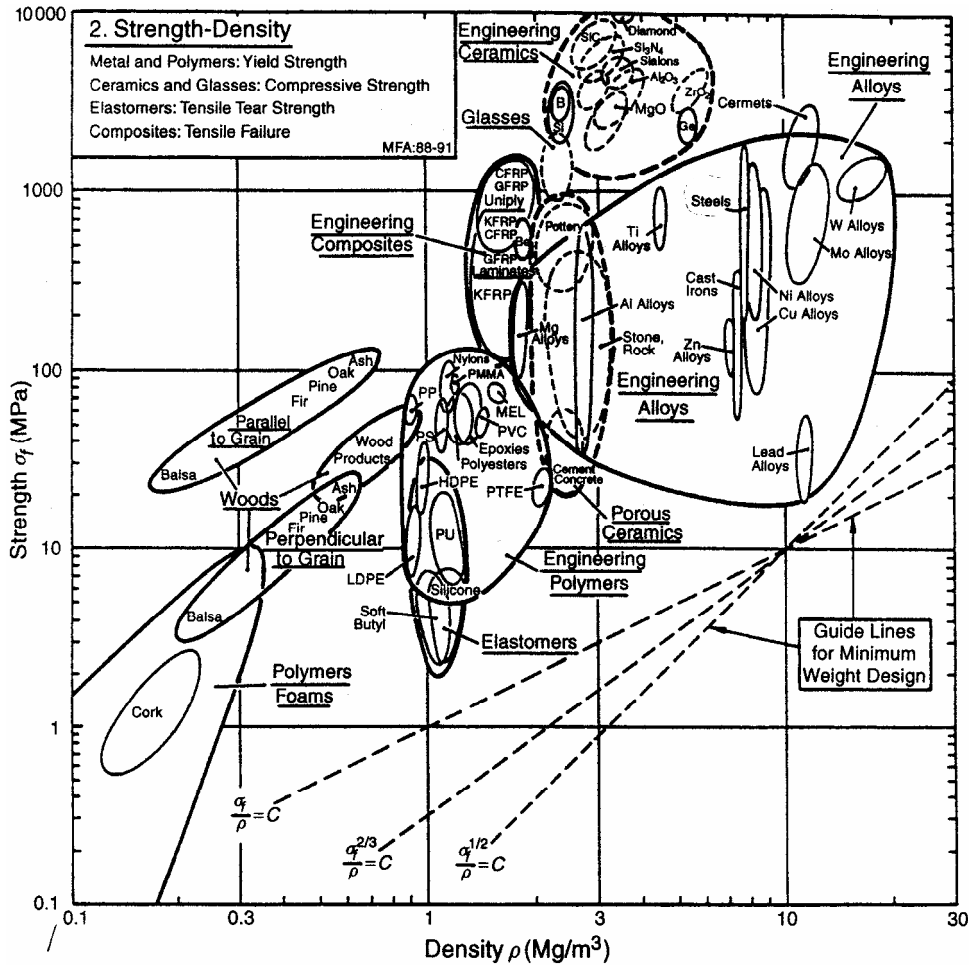
<표 4-2>

Function and constraints	Maximize	Function and constraints	Maximize
Tie (tensile strut) stiffness, length specified; section area free	σ_f / ρ	Tie (tensile strut) stiffness, length specified; section area free	E / ρ
Shaft (loaded in torsion) load, length, shape specified; section area free load, length, outer radius specified; wall thickness free load, length, wall-thickness specified; outer radius free	$\sigma_f^{2/3} / \rho$ σ_f / ρ $\sigma_f^{1/2} / \rho$	Shaft (loaded in torsion) stiffness, length, shape specified, section area free stiffness, length, outer radius specified; wall thickness free stiffness, length, wall-thickness specified; outer radius free	$G^{1/2} / \rho$ G / ρ $G^{1/3} / \rho$
Beam (loaded in bending) load, length, shape specified; section area free load length, height specified; width free load, length, width specified; height free	$\sigma_f^{2/3} / \rho$ σ_f / ρ $\sigma_f^{1/2} / \rho$	Beam (loaded in bending) stiffness, length, shape specified; section area free stiffness, length, height specified; width free stiffness, length, width specified; height free	$E^{1/2} / \rho$ E / ρ $E^{1/3} / \rho$
Column (compression strut) load, length, shape specified; section area free	σ_f / ρ	Column (compression strut, failure by elastic buckling) buckling load, length, shape specified; section area free	$E^{1/2} / \rho$
Panel (flat plate, loaded in bending) stiffness, length, width specified, thickness free	$\sigma_f^{1/2} / \rho$	Panel (flat plate, loaded in bending) stiffness, length, width specified, thickness free	$E^{1/3} / \rho$
Plate (flat plate, compressed in-plane, buckling failure) collapse load, length and width specified, thickness free	$\sigma_f^{1/2} / \rho$	Plate (flat plate, compressed in-plane, buckling failure) collapse load, length and width specified, thickness free	$E^{1/3} / \rho$
Cylinder with internal pressure elastic distortion, pressure and radius specified; wall thickness free	σ_f / ρ	Cylinder with internal pressure elastic distortion, pressure and radius specified; wall thickness free	E / ρ
Spherical shell with internal pressure elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	σ_f / ρ	Spherical shell with internal pressure elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	$E / (1 - \nu) \rho$
Flywheels, rotating discs maximum energy storage per unit volume; given velocity maximum energy storage per unit mass; no failure	ρ σ_f / ρ		

Answer: 문제에 언급된 제품은 plate이므로, 강성/밀도는 $E^{1/3}/\rho$, 강도/밀도는 $\sigma^{1/2}/\rho$ 이다.

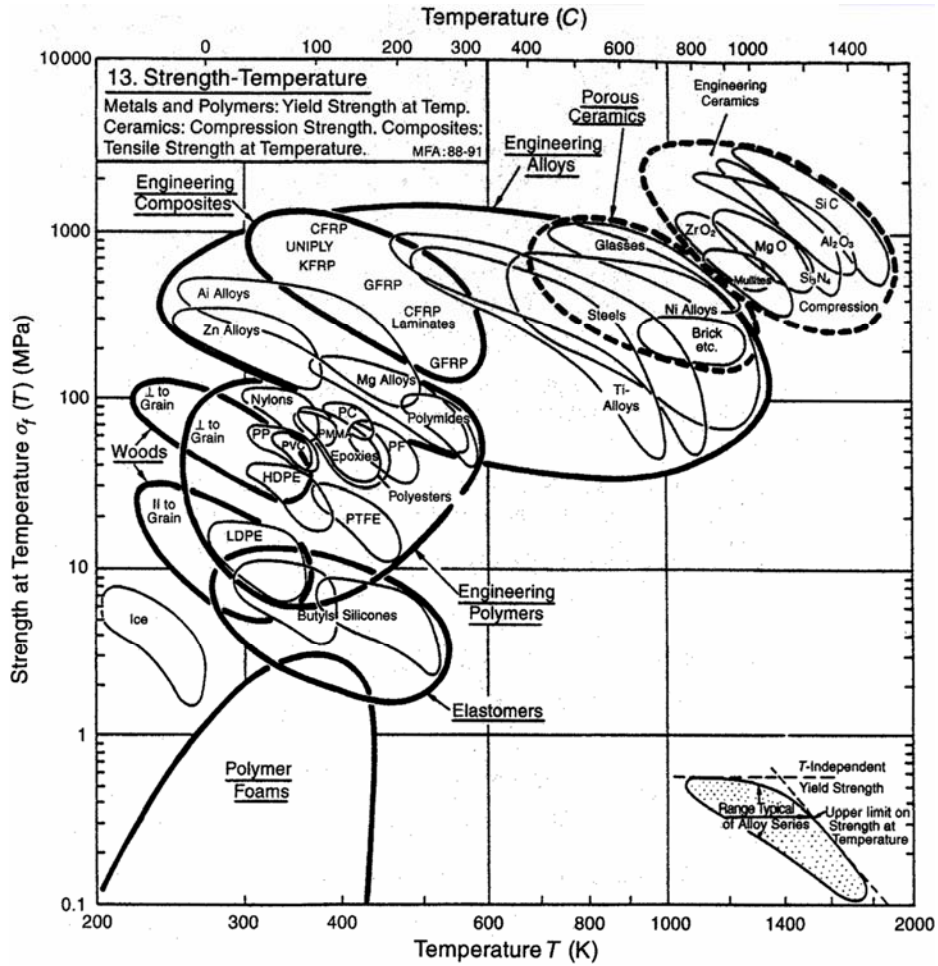
B. 위 문제 4번의 A에서 구한 값을 토대로 아래의 Ashby chart에서 재료의 후보군을 강성과 강도에 대해 각각 3개 선택하시오.





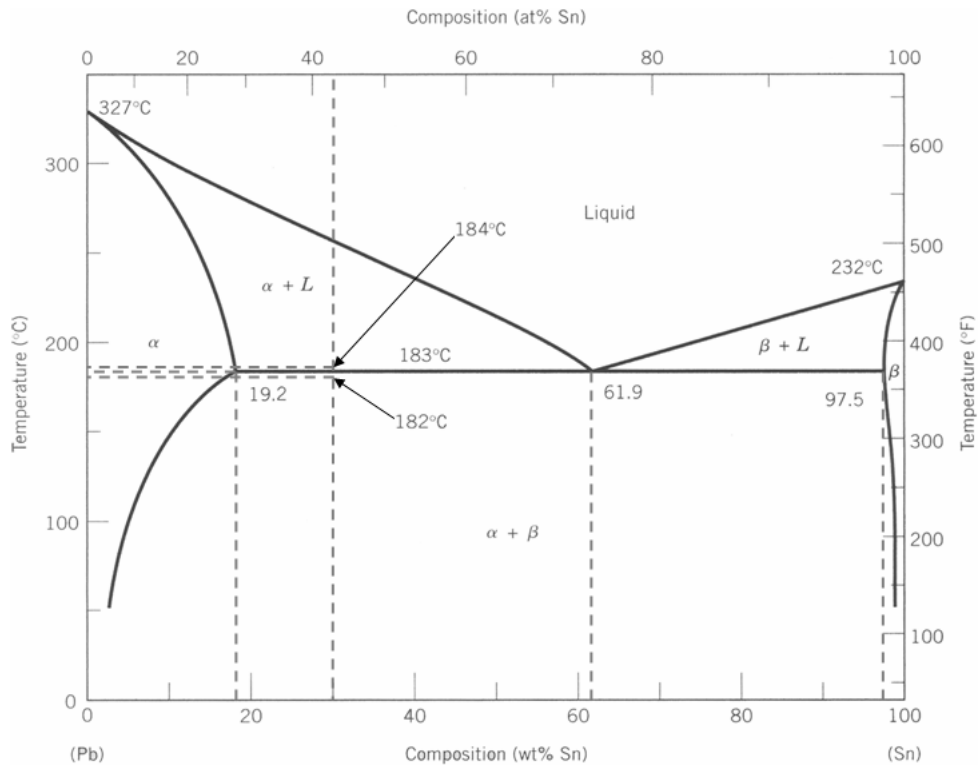
Answer: CFRP, GFRP, Wood 등. Ceramic 계열은 compressive stress에 대한 강성이므로 제외해야 한다.

C. 위 제품은 300K ~ 500K의 온도에서 작동하며, 200 MPa의 응력을 받는다. 아래의 Ashby chart를 참고하여 A, B에서 구한 재료 중 파괴가 일어나지 않는 재료를 선택하시오.



Answer: 300K 이상과 200MPa 이상의 조건을 만족하는 경우는, CFRP, GFRP 뿐이다. (Wood 제외)

5. [20점, 15분] 아래의 Sn-Pb 그래프를 보고, 다음을 각각 구하시오.



A. 182°C 30% Sn-70% Pb 합금에서 전체 α phase 중 proeutectic α의 비율은?

Answer: 182°C에서 $\alpha = \frac{97.5 - 30}{97.5 - 19.2} \times 100 = 86.2\%$

184°C에서 proeutectic $\alpha = \frac{61.9 - 30}{61.9 - 19.2} \times 100 = 74.7\%$

Proeutectic $\alpha / \alpha = \frac{74.7}{86.2} \times 100 = 86.7\%$

B. 182°C의 Sn-Pb 합금에서 α가 40%, β가 60%를 차지할 때, proeutectic α의 비율은?

Answer: $\frac{\alpha}{\alpha + \beta} = \frac{97.5 - x}{97.5 - 19.2} \times 100 = 40\%$, $\therefore x = 66.2\% (Sn)$

위 상태에서 66.2% Sn일 때 proeutectic α는 형성되지 않으므로, proeutectic α = 0%