

Homework #2

1. α -Fe 중의 수소농도는 $C = 42.7P^{1/2} \exp(-\frac{6500}{RT})$ 의 식으로 나타내어진다.

여기서 C는 중량 ppm 이고 P는 기압단위인 외부의 수소압력이다. 그리고 α -Fe 중의 수소 확산계수 (diffusivity)는 $D = 1.4 \times 10^{-3} \exp(-\frac{3200}{RT}) \text{ cm}^2/\text{sec}$ 이다. 573 K, 2 기압의 큰 수소용기 안에 200 기압의 또 다른 수소용기가 분리되어 있고 이 용기가 10^{-2} cm 두께의 철판으로 되어 있다고 할 때, 이 용기벽을 통과하는 수소의 flux는 얼마인가 계산하여라.

2. 방사성 동위원소인 금 (Au^*)을 Au로 만든 봉의 끝에 소량 붙여서 고온에서 24시간 유지시킨 후 봉 형태의 재료를 판상으로 잘라 각 판의 방사능을 조사해보니 다음과 같았다.

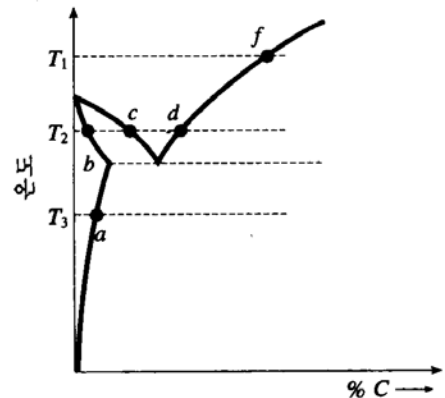
봉의 끝으로부터 각 판의

중심까지 거리 (μm)	10	20	30	40	50
Activity	83.8	66.4	42.0	23.6	8.74

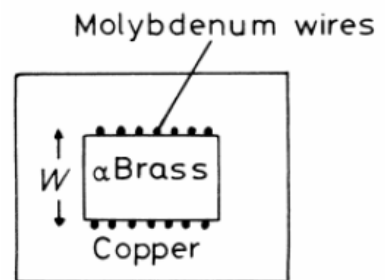
위 결과를 이용하여 D를 구하여라.

3. Ni 중에서 Ti 확산의 activation energy Q는 61,500 cal/mole 이다. 300 K, 1000 K 및 1500 K 일 때의 확산속도를 각각 구하여 서로 비교하여라. (단, $R=1.98 \text{ cal/mole}\cdot\text{deg}$).

4. 오른쪽 상태도에서 순수한 Fe의 각 온도 T_1, T_2, T_3 에서 침탄시 각각의 온도에서의 concentration profile은 어떻게 되겠는가? 도식적으로 표현하여라.



5. 오른쪽 그림과 같이 Cu-30wt% Zn의 조성인 α -Brass에 Pure Cu를 덮고 안에 표식물(maker)을 끼운 확산쌍 (Diffusion couple)을 고려해보자. 785°C 에서 56시간 유지한 후 표식물의 속도 (maker velocity)는 0.026 mm/s 였다. 또 maker에서의 조성은 $X_{\text{Zn}}=0.22, X_{\text{Cu}}=0.78$ 이며 $\frac{\partial X_{\text{Zn}}}{\partial x}$ 는 0.089 mm^{-1} 이였다. 또 complete penetration curve를 분석했더니 maker에서의 확산계수 D^a 는 $4.5 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ 였다. 22 at% Zn인 Brass에서 $D^a_{\text{Cu}}, D^a_{\text{Zn}}$ 를 계산하고, 이 확산쌍에서 $D^a_{\text{Zn}}, D^a_{\text{Cu}}, D^a$ 값이 조성에 따라 어떻게 변화할지 도시(plot)해보시오.

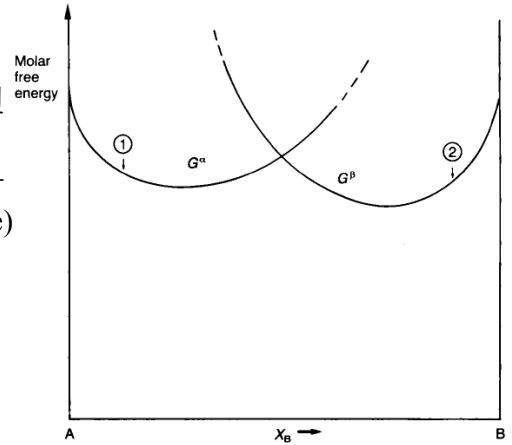


6. $C = \bar{C} + \beta_0 \sin(\frac{\pi x}{l}) \exp(-\frac{t}{\tau})$ 가 Fick 제 2 법칙의 해임을, 미분을 통해 증명하여라.

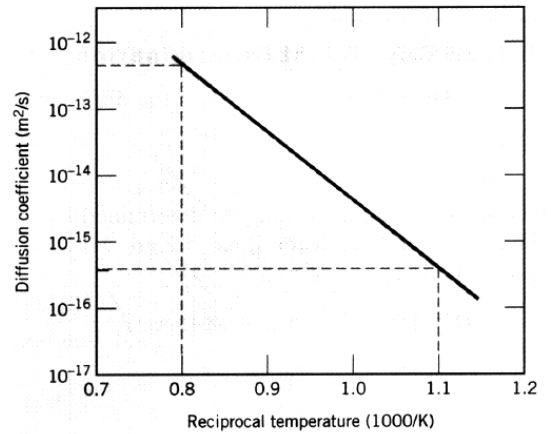
7. 확산에서 (a) Soret effect 와 (b) Electro-migration 을 각각 설명하여라.

8. Cubic crystal system 에서는 어떤 확산이라도 $D = \frac{1}{6} \Gamma \alpha^2$ 의 관계를 적용할 수 있다. 이 식을 순수한 Fcc 금속의 vacancy diffusion 에서도 적용할 수 있음을 보여라. (참조: 가까이 있는 2 개의 {111}면을 고려하고 그 두면 사이에서 공공의 이동을 나타낼 수 있는 모든 가능한 도약의 분율을 구해보라. 근접한 {100} 면들을 고려해서 얻은 결과와 같은가 비교하여라)

9. 다음 그림은 온도 T_1 에서 A-B 계의 몰당자유에너지-조성의 도표를 나타낸다. 조성 (1)의 α 와 (2)의 조성을 갖는 β 상을 용접했을 때, α 와 β 상에 존재하는 A, B 원자의 chemical potential을 고려함으로써, T_1 온도에서 확산 annealing 하는 동안 원자가 이동하는 방법을 예상하여 보아라. 이것으로부터 용접된 확산쌍(diffusion couple)의 몰당 자유에너지가 감소됨도 보여라. 또 평형에 도달했을 때의 두 상의 조성은 얼마인가?



10. 다음 그림은 Au 에서 Cu 의 확산을 절대온도의 역수 대 확산계수의 상용로그로 나타낸 것이다. Activation energy (Q)와 preexponential (선지수, D_0) 값을 구하여라.



11. Steel gear 의 외부 표면은 탄소 함량을 증가시킴으로써 경화(hardening)시킬 수 있다. 이를 위하여, 고온의 풍부한 탄소분위기 하에서 침탄처리함을 통하여 탄소를 기어 표면에 공급한다. 이 문제에서는 Steel 내부의 초기 탄소 농도는 0.20 wt%로, 탄소 분위기로 조절되는 표면 농도는 1.00 wt%로 유지될 것이다. 효과적인 탄소에 의한 강화를 위하여 표면에서 0.75 mm 인 위치에서 0.60 wt%의 탄소 농도를 가져야만 한다면, 900°C 에서 1050°C 사이의 온도들에서 적절한 열처리 시간을 50°C 도 간격으로 구하여라. 단, 계산시 아래의 γ -iron 에서 carbon 의 확산에 대한 도표를 참고하여라.

Diffusing Species	Host Metal	$D_0(m^2/s)$	Activation Energy Q_d		Calculated Values	
			kJ/mol	$eV/atom$	$T(^{\circ}C)$	$D(m^2/s)$
Fe	α -Fe (BCC)	2.8×10^{-4}	251	2.60	500	3.0×10^{-21}
					900	1.8×10^{-15}
Fe	γ -Fe (FCC)	5.0×10^{-5}	284	2.94	900	1.1×10^{-17}
					1100	7.8×10^{-16}
C	α -Fe	6.2×10^{-7}	80	0.83	500	2.4×10^{-12}
					900	1.7×10^{-10}
C	γ -Fe	2.3×10^{-5}	148	1.53	900	5.9×10^{-12}
					1100	5.3×10^{-11}

Source: E. A. Brandes and G. B. Brook (Editors), *Smithells Metals Reference Book*, 7th edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1992.