تمرین درس علم مواد – سری سوم

سوال ۱) یکی از روش های خالص سازی گاز هیدروژن عبور دادن این گاز از یک ورق پالادیومی است. فرض کنید گاز هیدروژن در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد از یک ورق پالادیومی به مساحت $0.20\ m^2$ و ضخامت ۵ میلی متر در حال عبور است. با فرض ضریب نفوذ گاز هیدروژن برابر $1.0 \times 10^{-8}\ m2/s$ وزن هیدروژن عبور کرده از این ورق در هر ساعت را محاسبه کنید. غلظت هیدروژن در دو سمت ورق پالادیومی برابر 2.4 و 0.6 کیلوگرم است. فرض کنید نفوذ در شرایط پایا انجام می شود.

$$M = JAt = -DAt\frac{\Delta C}{\Delta x}$$

$$= -(1.0 \times 10^{-8}\ m^2/s)(0.2\ m^2)(3600\ s/h)\left[\frac{0.6 - 2.4\ kg/m^3}{5 \times 10^{-3}\ m}\right]$$

سوال ۲) یک ورق فولادی به ضخامت 1.5 mm در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد در یک اتمسفر نیتروژن قرار دارد. ضریب نفوذ نیتروژن در فولاد در این دما برابر $6 \times 10^{-11}\ m^2/s$ است. شار نیتروژن عبور کرده از این ورق فولادی 1.2×10^{-7} kg/m^2-s است. غلظت نیتروژن در یک سمت این ورق فولادی برابر $4\ kg/m^3$ است. در چه فاصله ای از سطح غلظت نیتروژن به میزان $1\ kg/m^3$ می رسد؟ فرض کنید پروفیل غلظت یک پروفیل خطی است.

استفاده از قانون اول فیک. مشابه رابطه بالا

سوال ۳) فرض کنید یک فولاد با میزان کربن 0.2 درصد وزنی تحت عملیات کربوره در دمای 1000 درجه سانتی گراد قرار گرفته است. زمان لازم برای این عملیات حرارتی جهت رسیدن مقدار کربن در فاصله ۲ میلی متری از سطح به میزان 0.45 درصد وزنی را محاسبه کنید. غلظت کربن در سطح برابر 1.3 درصد وزنی است (از داده های جدول زیر جهت به دست آوردن ضریب نفوذ استفاده کنید).

Table 6.2 A Tabulation of Diffusion Data

Diffusing Species	*Host Metal*	$D_0(m^2/s)$	*Activation Energy* Q_d *kJ/mol*	*Activation Energy* Q_d *eV/atom*	*Calculated Values* $T(°C)$	*Calculated Values* $D(m^2/s)$
Fe	α-Fe (BCC)	2.8×10^{-4}	251	2.60	500 900	3.0×10^{-21} 1.8×10^{-15}
Fe	γ-Fe (FCC)	5.0×10^{-5}	284	2.94	900 1100	1.1×10^{-17} 7.8×10^{-16}
C	α-Fe	6.2×10^{-7}	80	0.83	500 900	2.4×10^{-12} 1.7×10^{-10}
C	γ-Fe	2.3×10^{-5}	148	1.53	900 1100	5.9×10^{-12} 5.3×10^{-11}
Cu	Cu	7.8×10^{-5}	211	2.19	500	4.2×10^{-19}
Zn	Cu	2.4×10^{-5}	189	1.96	500	4.0×10^{-18}
Al	Al	2.3×10^{-4}	144	1.49	500	4.2×10^{-14}
Cu	Al	6.5×10^{-5}	136	1.41	500	4.1×10^{-14}
Mg	Al	1.2×10^{-4}	131	1.35	500	1.9×10^{-13}
Cu	Ni	2.7×10^{-5}	256	2.65	500	1.3×10^{-22}

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

$$\frac{C_x - C_o}{C_s - C_o} = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

wherein, $C_x = 0.45$, $C_o = 0.20$, $C_s = 1.30$, and $x = 2\text{ mm} = 2 \times 10^{-3}$ m. Thus,

$$\frac{C_x - C_o}{C_s - C_o} = \frac{0.45 - 0.20}{1.30 - 0.20} = 0.2273 = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

or

$$\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = 1 - 0.2273 = 0.7727$$

z	erf(z)
0.85	0.7707
z	0.7727
0.90	0.7970

$$\frac{z - 0.850}{0.900 - 0.850} = \frac{0.7727 - 0.7707}{0.7970 - 0.7707}$$

$$z = 0.854 = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

$$D = \left(2.3 \times 10^{-5}\ \text{m}^2/\text{s}\right)\exp\left[-\frac{148{,}000\ \text{J/mol}}{(8.31\ \text{J/mol-K})(1273\ \text{K})}\right]$$

$$= 1.93 \times 10^{-11}\ \text{m}^2/\text{s}$$

Thus,

$$0.854 = \frac{2 \times 10^{-3}\ \text{m}}{(2)\sqrt{\left(1.93 \times 10^{-11}\ \text{m}^2/\text{s}\right)t}}$$

$$t = 7.1 \times 10^4\ \text{s} = 19.7\ \text{h}$$

سوال ۴) ضریب نفوذ کربن در آهن با شبکه BCC تقریبا ۱۰۰ برابر ضریب نفوذ کربن در شبکه کریستالی FCC است. در مورد دلیل این اختلاف توضیح دهید.

این موضوع مربوط به تفاوت فشردگی شبکه های کریستالی است.