



متالورژی پودر پیشرفته

ادامه فصل هشتم کتاب درسی RAHAMAN

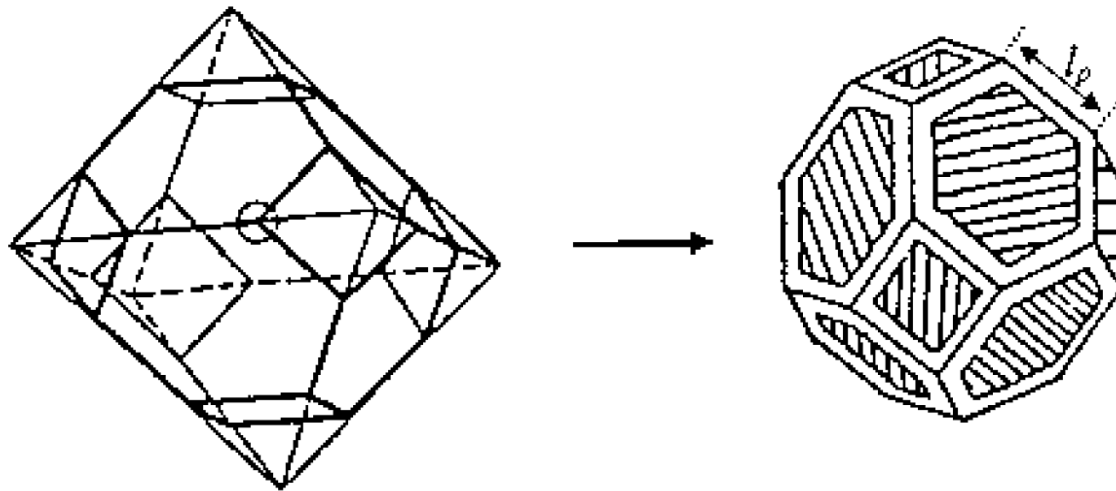
زینترینگ حالت جامد و ویسکوز

مرحله میانی

مرحله میانی زینترینگ

مرحله میانی – Intermediate Stage

تا ۹۰ درصد چگالی تئوری



$$V_t = 8\sqrt{2}l_p^3$$

حجم دانه

$$V_p = \frac{1}{3}(36\pi r^2 l_p)$$

حجم تخلخل

$$P_c = \frac{3\pi}{2\sqrt{2}} \left(\frac{r^2}{l_p^2} \right)$$

نسبت حجم تخلخل به دانه

Lattice Diffusion

شار در واحد طول تخلخل لوله ای

$$\frac{J}{l} = 4\pi D_v \Delta C$$

اختلاف غلظت جای خالی بین منبع (تخلخل) و مصرف (مرز)

ضریب نفوذ جای خالی

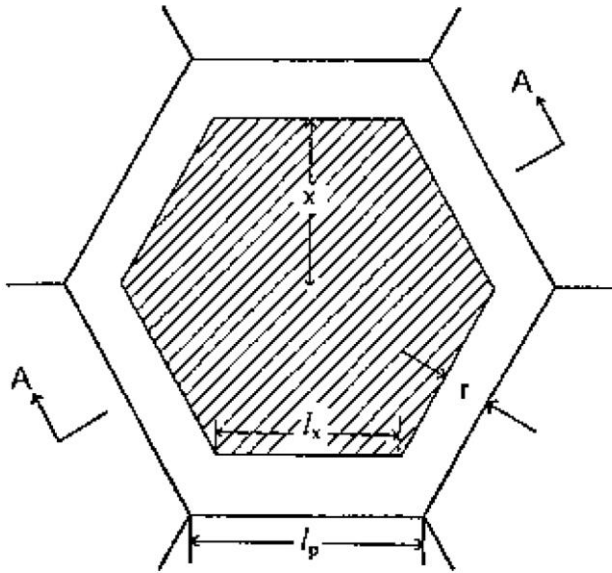
فرضیات

انجام شار به مرز، معادله شار را با توجه به وابستگی آن به شعاع تغییر نمی دهد.

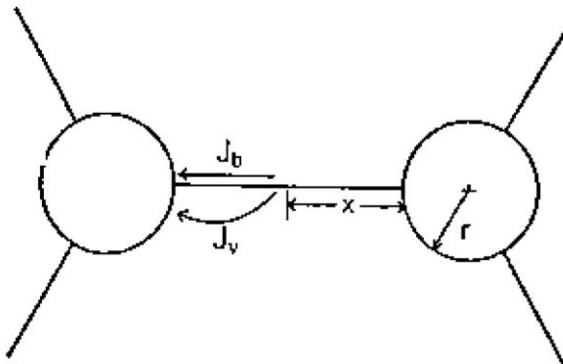
عرض مسیر شار معادل قطر منافذ است.

به دلیل آزادی جهت شار باید مقدار آن در ۲ ضرب شود. چون شار در دو طرف داریم.

$$J = 2(4\pi D_v \Delta C) 2r$$



(a)



(b)

با توجه به اینکه برای هر دانه ۱۴ وجه داریم و هر وجه بین دو دانه مشترک است

$$\frac{dV}{dt} = \frac{14}{2} J = 112\pi D_v \Delta C$$

$$\Delta C = \frac{C_{v0} \gamma_{sv} \Omega}{kTr}$$

$$D_l = D_v C_{v0}$$

$$dV = \frac{112\pi D_l \gamma_{sv} \Omega}{kT} dt$$

$$r^2 \Big|_r^0 \approx -10 \frac{D_l \gamma_{sv} \Omega}{l_p kT} t \Big|_t^{t_f}$$

ΔC اختلاف غلظت جای خالی بین سطح با شعاع r و شعاع بی نهایت است

$$V_p = \frac{1}{3} (36\pi r^2 l_p) \quad \int dV = 12\pi r^2 l_p \Big|_{r_0}^r$$

$$P_c \approx \frac{r^2}{l_p^2} \approx \frac{10 D_l \gamma_{sv} \Omega}{l_p^3 kT} (t_f - t)$$

زمان نهایی حذف تخلخل

$$P = 1 - \rho$$

رابطه تخلخل و چگالی نسبی

$$\frac{d}{dt}(P_c) = - \frac{d\rho}{dt} \approx - \frac{10D_l \gamma_{sv} \Omega}{l_p^3 kT}$$

جاگذاری رابطه بالا در رابطه آخر اسلاید قبل

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} \approx \frac{10D_l \gamma_{sv} \Omega}{\rho G^3 kT}$$

نرخ افزایش چگالی نسبی در حالت نفوذ شبکه

Grain Boundary Diffusion

با استفاده از پارامترهای حالت قبل و تبدیل انتقال جرم از حالت شبکه به مرز دانه رابطه زیر توسط کوبل حاصل شده است.

$$P_c \approx \frac{r^2}{l_p^2} \approx \left(\frac{2D_{gb} \delta_{gb} \gamma_{sv} \Omega}{l_p^4 kT} \right)^{2/3} t^{2/3}$$

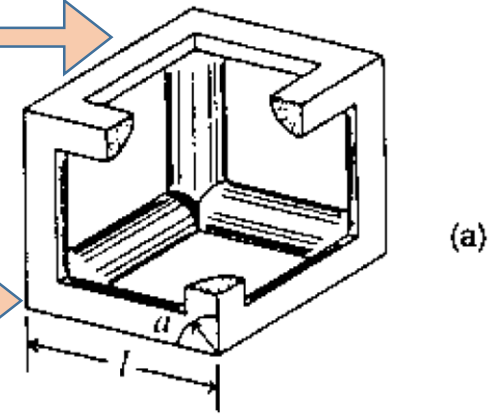
$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} \approx \frac{4}{3} \left[\frac{D_{gb} \delta_{gb} \gamma_{sv} \Omega}{\rho(1 - \rho)^{1/2} G^4 kT} \right]$$

مشابه روش قبلی جداسازی و دسته بندی پارامترها جهت بدست آوردن نرخ افزایش چگال انجام می شود.

مدل زینتریگ مواد آمورف

حجم ماده هر سلول

$$V_s = 3\pi a^2 l - 8\sqrt{2}a^3$$

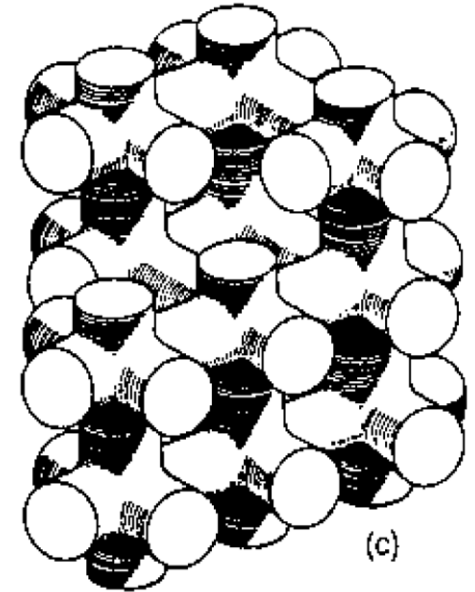
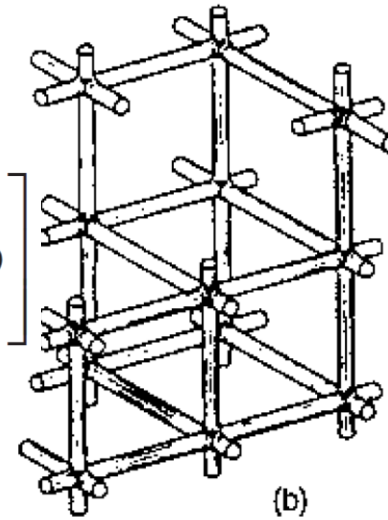


$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \frac{V_s}{V_t} = \frac{3\pi a^2 l - 8a^3\sqrt{2}}{l^3} = \frac{3\pi(lx)^2 l - 8(lx)^3\sqrt{2}}{l^3} = 3\pi x^2 - 8x^3\sqrt{2} \\ x = \frac{a}{l} \end{array} \right.$$

$$x = \frac{\pi\sqrt{2}}{8} \left[\frac{1}{2} + \cos \left(\Theta + \frac{4\pi}{3} \right) \right] \quad \Theta = \frac{1}{3} \cos^{-1} \left[1 - \left(\frac{4}{\pi} \right)^3 \rho \right]$$

$$N = \frac{1}{\rho_0 l_0^3}$$

تعداد تخلخل هر سلول بر حجم سلول



این مدل تا زمانی که میله ها بزرگ شده و به هم برسند اعتبار دارد.
 مشابه حل روش فرنکل جواب مدل شرر بصورت زیر است:

$$\int_{t_0}^t \frac{\gamma_{sv} N^{1/3}}{\eta} dt = \int_{x_0}^x \frac{2dx}{\left(3\pi - 8\sqrt{2}x\right)^{1/3} x^{2/3}} \quad y = \left(\frac{3\pi}{x} - 8\sqrt{2}\right)^{1/3}$$

$$\frac{\gamma_{sv} N^{1/3}}{\eta} (t - t_0) = F_S(y) - F_S(y_0)$$

$$F_S(y) = -\frac{2}{\alpha} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{\alpha^2 - \alpha y + y^2}{(\alpha + y)^2} \right) + \sqrt{3} \arctan \frac{2y - \alpha}{\alpha\sqrt{3}} \right]$$

and $\alpha = (8\sqrt{2})^{1/3}$

تطبيق مطلوب مدل شرر با اطلاعات واقعی حین
زینترینگ سیلیس آمورف

