

متالورژی پودر پیشرفته

---

ادامه فصل هشتم کتاب درسی RAHAMAN

زینترینگ حالت جامد و ویسکوز

مرحله پایانی

494-502

## مرحله نهایی زینترینگ

$$V_p = \frac{24}{4} \times \frac{4\pi r^3}{3} = 8\pi r^3$$

حجم تخلخل هر دانه

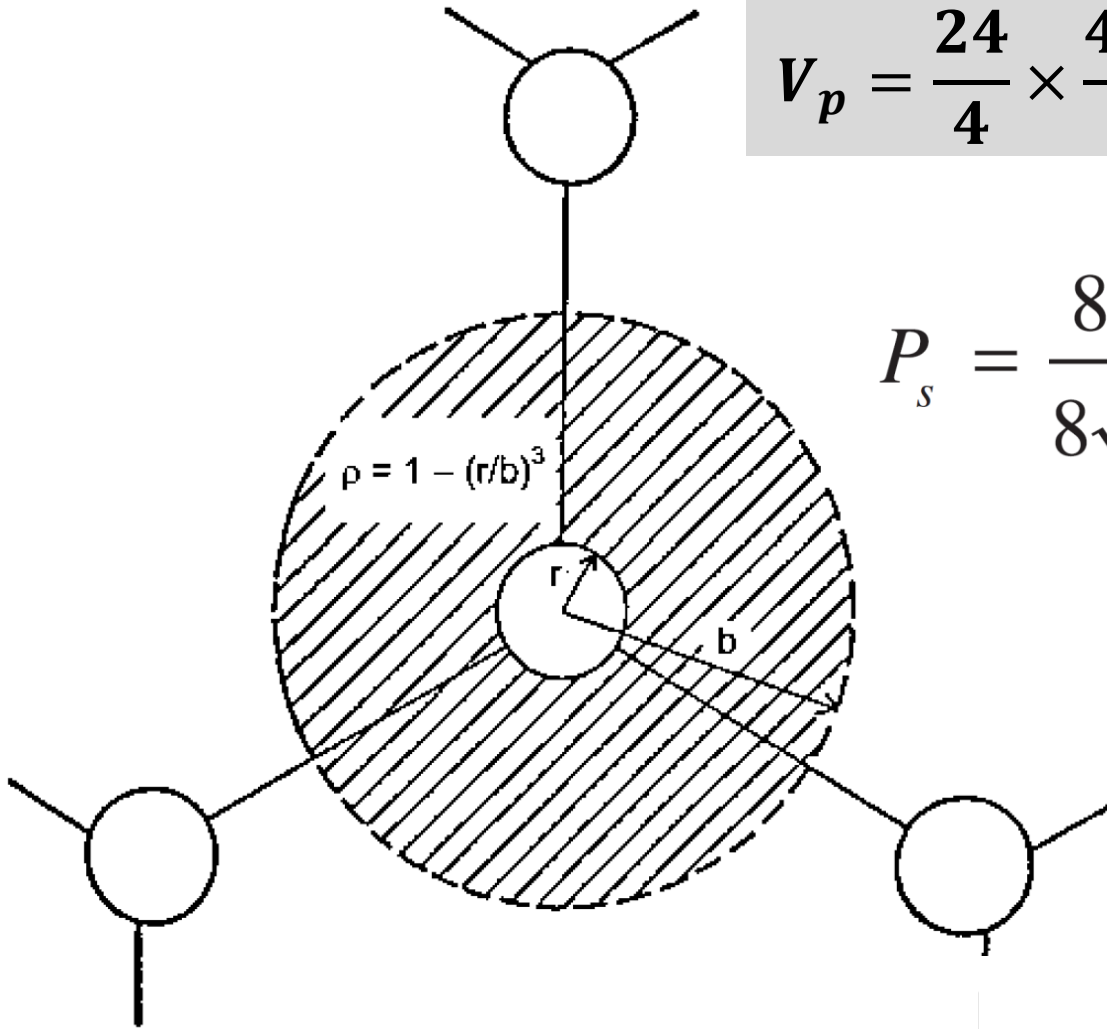
$$P_s = \frac{8\pi r^3}{8\sqrt{2}l_p^3} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \left( \frac{r^3}{l_p^3} \right)$$

سهام تخلخل هر دانه

$$\rho = 1 - \left( \frac{r}{b} \right)^3$$

$$N = \frac{3}{4\pi} \left( \frac{1 - \rho}{\rho r^3} \right)$$

تعداد تخلخل هر سلول بر حجم سلول



# *Lattice Diffusion*

تخلخل در زمان  $t$

$$P_s = \frac{6\pi}{\sqrt{2}} \left( \frac{D_l \gamma_{sv} \Omega}{l_p^3 kT} \right) (t_f - t)$$

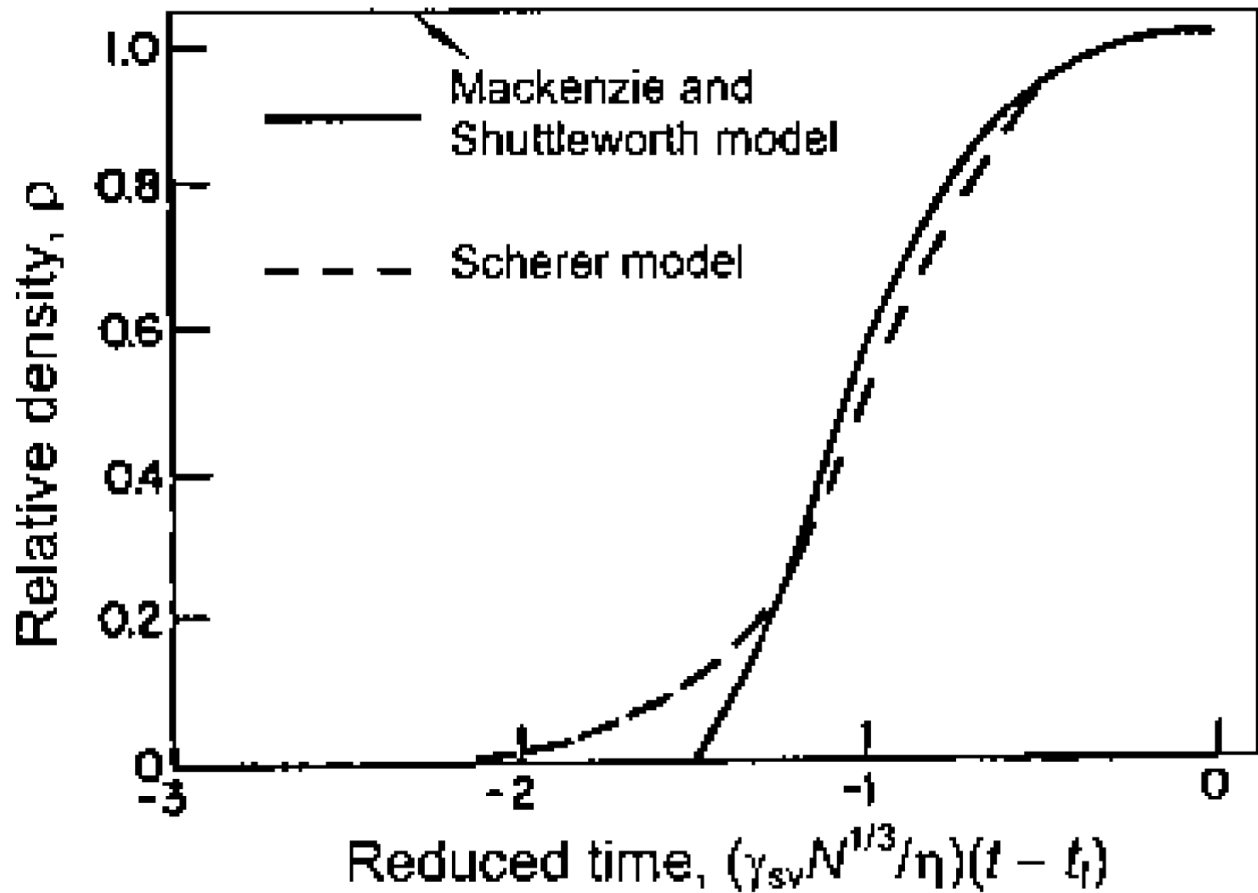
زمان به صفر رسیدن تخلخل  $t_f$

# *Grain Boundary Diffusion*

???

## مرحله نهایی زینتریتگ مواد آمورف

$$\int_{t_0}^t \frac{\gamma_{sv} N^{1/3}}{\eta} dt = \frac{2}{3} \left( \frac{3}{4\pi} \right)^{1/3} \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{(1 - \rho)^{2/3} \rho^{1/3}}$$



$$\frac{\gamma_{sv} N^{1/3}}{\eta} (t - t_0) = F_{MS}(\rho) - F_{MS}(\rho_0)$$

$t_0$  مقدار تخلخل در زمان

$$F_{MS}(\rho) = \frac{2}{3} \left( \frac{3}{4\pi} \right)^{1/3} \left[ \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 + \rho^3}{(1 - \rho)^3} \right) - \sqrt{3} \arctan \left( \frac{2\rho - 1}{\sqrt{3}} \right) \right]$$

## معادلات پدیدار شناختی-تجربی

معادله شبه لگاریتمی تجربی

$$\rho = \rho_0 + K \ln \frac{t}{t_0}$$

K تابع دما زینترینگ

رابطه کوبل در مرحله میانی

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{AD_l \gamma_{sv} \Omega}{G^3 kT}$$

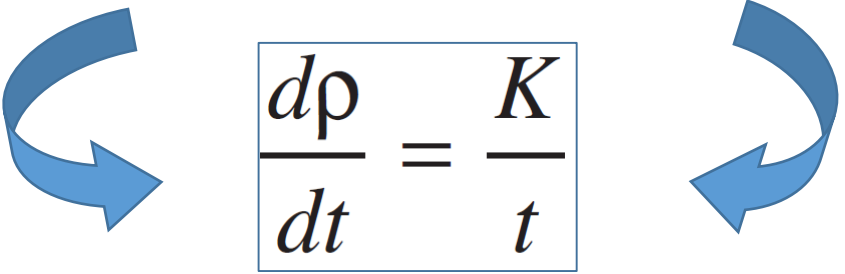
$\rho_0$  مقدار تخلخل در زمان  $t_0$

G اندازه دانه یا ذرات

تغییراندازه ذرات با زمان

$$G^3 = G_0^3 + \alpha t \approx \alpha t$$

$G_0$  اندازه دانه کوچک اولیه


$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{K}{t}$$

نرخ انقباض-شرینگیج

$$\frac{\Delta L}{L_0} = Kt^{1/\beta}$$

## معادلات پدیدار شناختی-تجربی

تغییرات حجمی قطعه

$$\frac{V_0 - V_t}{V_0 - V_f} = Kt^n$$

$V_0$  حجم پودر فشرده اولیه

$V_t$  حجم پودر پس از زمان  $t$

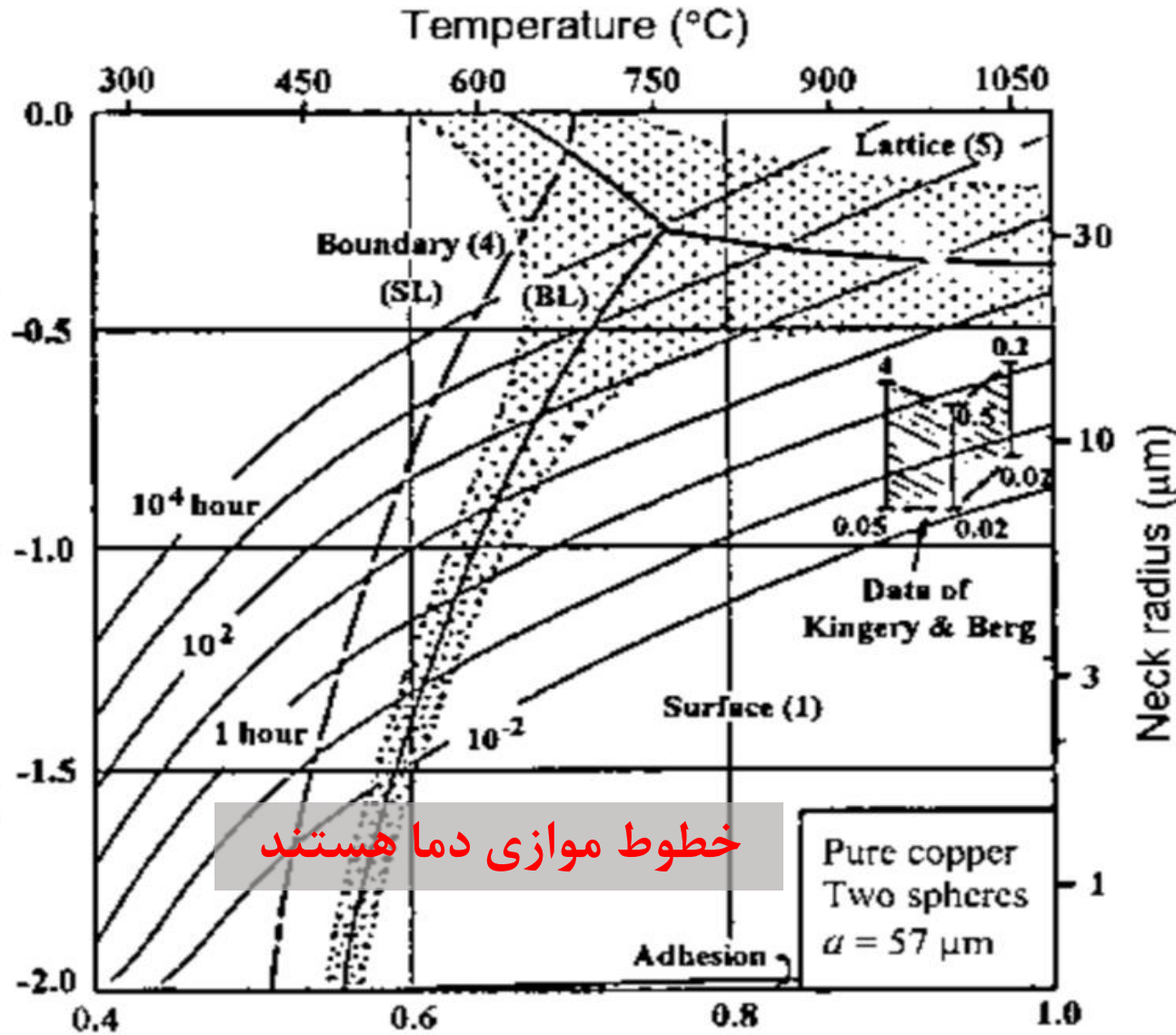
$V_f$  حجم پودر کاملاً دنس

$n$  ثابت حدود 0.5-1

تغییرات در حجم تخلخل ها

$$\frac{V_t^P}{V_o^P} = (1 + C_1 mt)^{-1/m}$$

# دیاگرام زینترینگ Ashby



محور عمودی: نسبت  $x/a$

محور افقی: نسبت  $T/T_m$

مکانیسم غالب در هر بخش

داده های زینتر ذرات کروی ۵۷ میکرونی مس