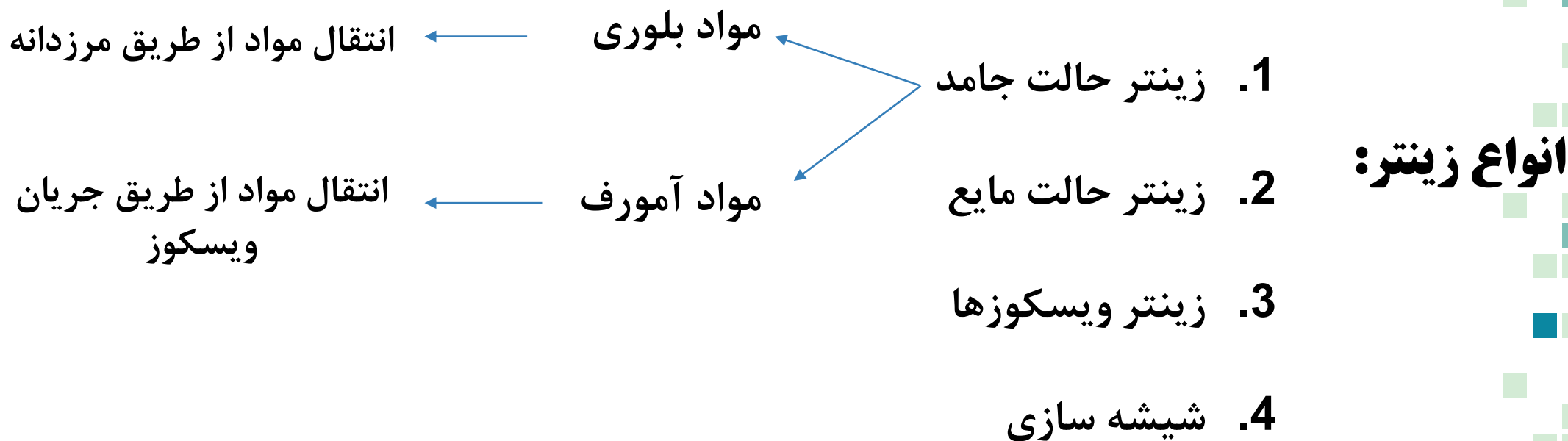


زینترینگ یا پخت سرامیک ها

تعریف: زینترینگ، فرآیندی است که در طی آن ذرات پودری یک یا چند ماده از طریق نفوذ سطحی بر اثر حرارت، همراه با فشار یا بدون آن، به یکدیگر چسبیده و ساختار به صورت یک توده جامد درمی آید.

اساس کار این روش: کاهش انرژی آزاد سطحی ذرات در اثر چسبیدن به یکدیگر



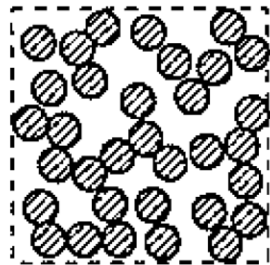
نیروهای محرکه در زینترینگ سرامیک ها

Surface Curvature

$$N = \frac{M}{m} = \frac{1}{V\rho} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho} = \frac{3V_m}{4\pi r^3}$$

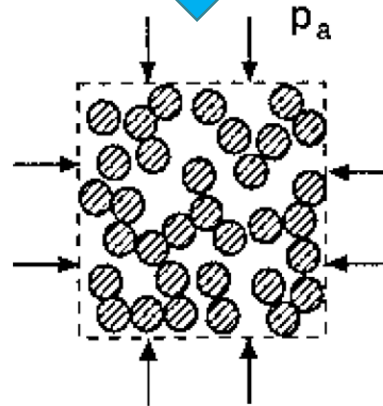
$$S_A = N4\pi r^2 = \frac{3V_m}{r}$$

$$E_s = \gamma_{sv} S_A = \frac{3\gamma_{sv} V_m}{r}$$



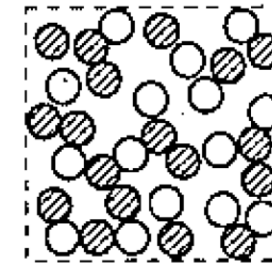
Applied Pressure

$$W = PaVm$$



Chemical Reaction

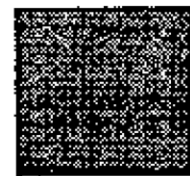
$$\Delta G^0 = -RT \ln K_{eq}$$



Surface
free energy

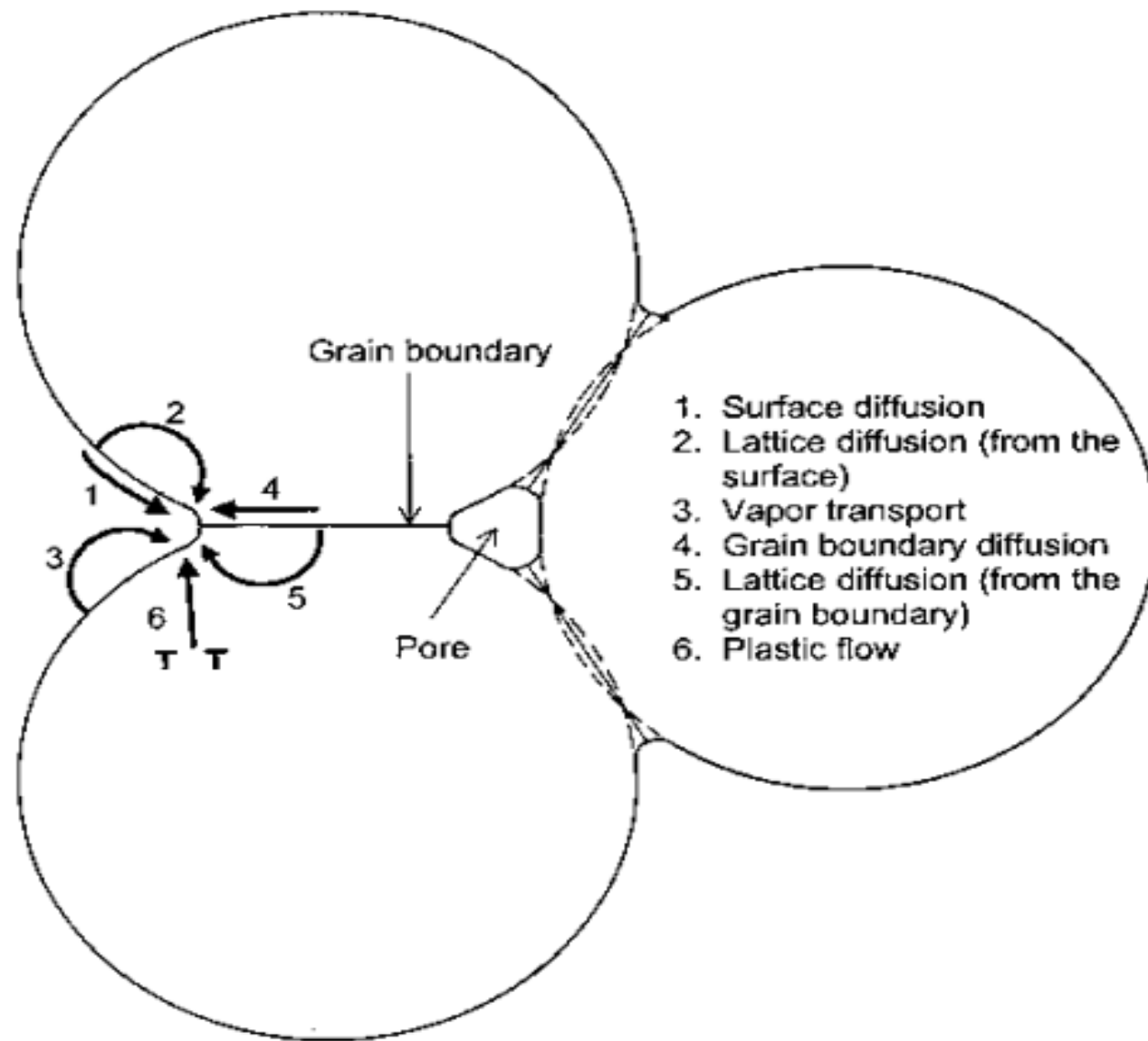
Applied
pressure

Chemical
reaction



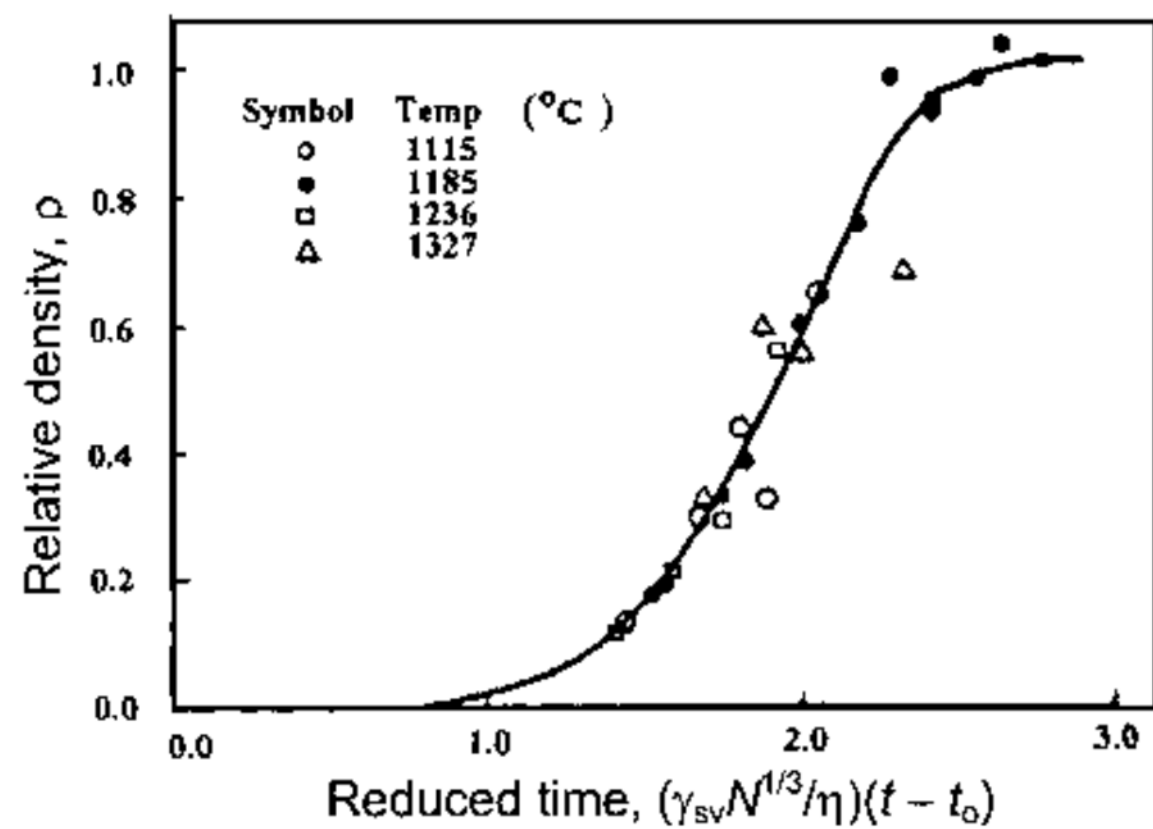
Dense solid

مکانیزم‌های زینتر در مواد پلی کریستال

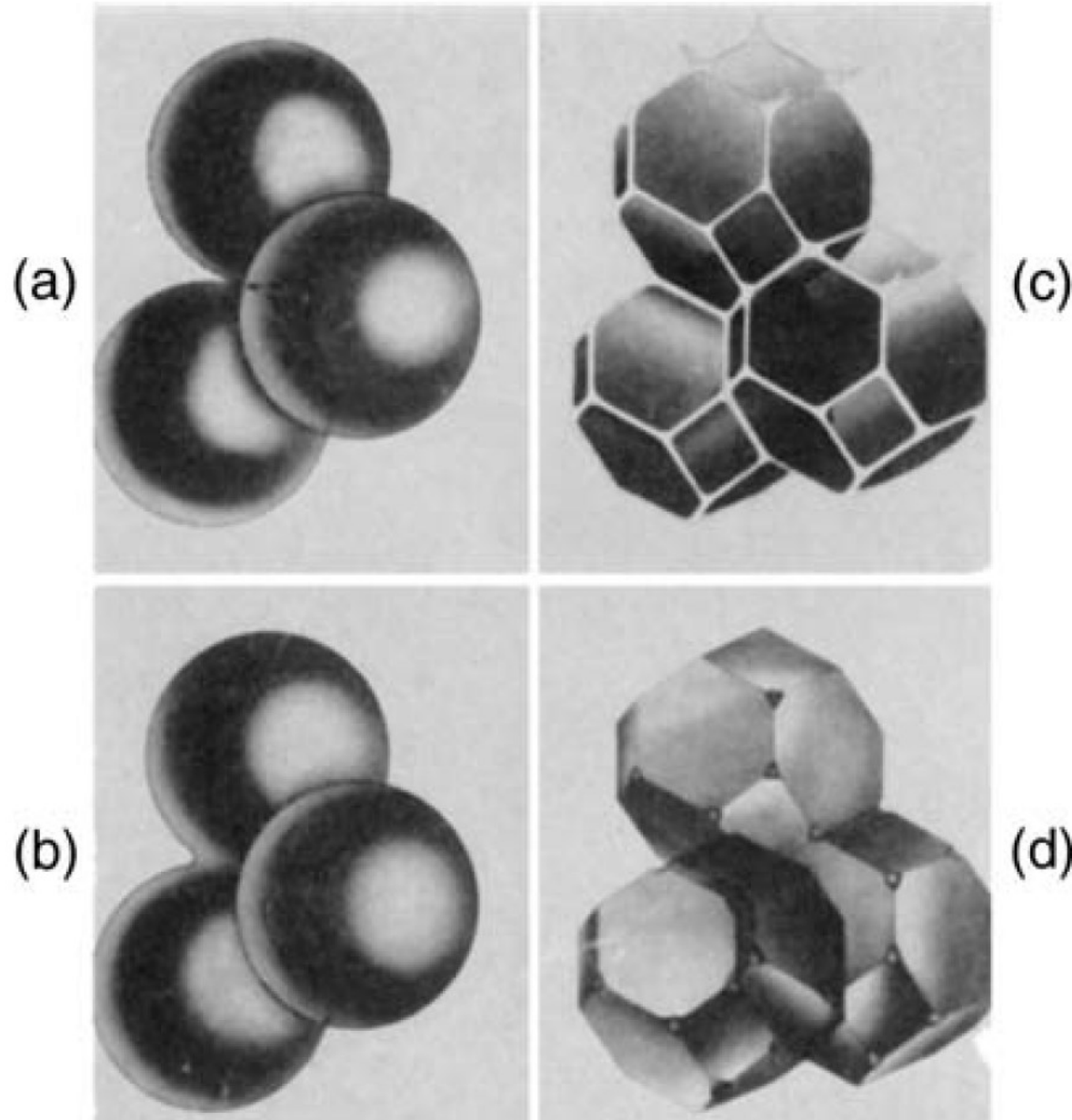


مکانیزم‌های زینتر

Type of solid	Mechanism	Source of matter	Sink of matter	Densifying	Non densifying
Polycrystalline	Surface diffusion	Surface	Neck		x
	Lattice diffusion	Surface	Neck		x
	Vapor transport	Surface	Neck		x
	Grain boundary diffusion	Grain boundary	Neck	x	
	Lattice diffusion	Grain boundary	Neck	x	
	Plastic flow	Dislocations	Neck	x	
Amorphous	Viscous flow	Unspecified	Unspecified	x	



مراحل زینترینگ



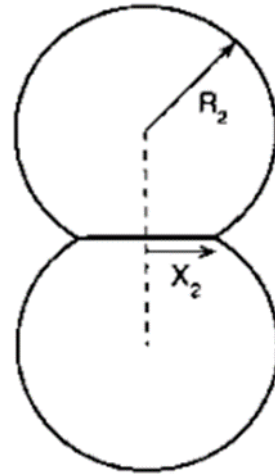
مرحلہ اول – First Stage

مرحله میانی – Intermediate Stage

مرحله پایانی – Final Stage

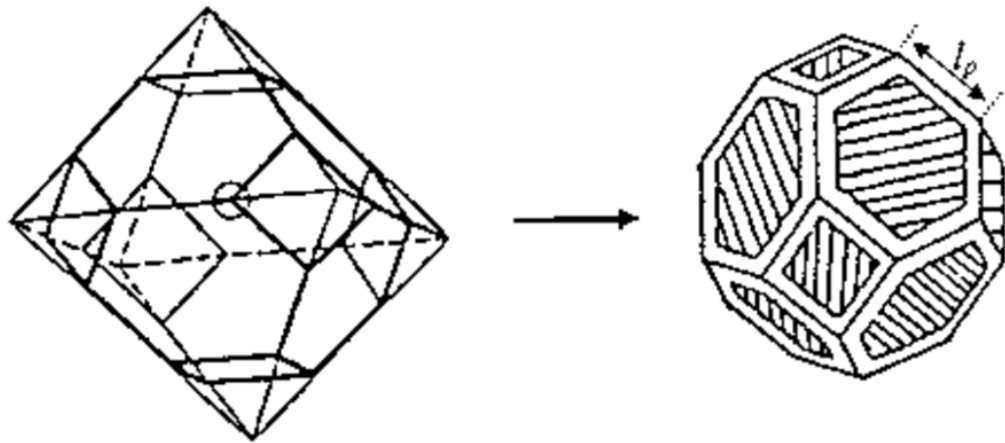
مرحله اول زیترینگ

$$\left(\frac{X}{a}\right)^m = \frac{H}{a^n} t$$



System 2

مرحله دوم زینترینگ (چگالش)

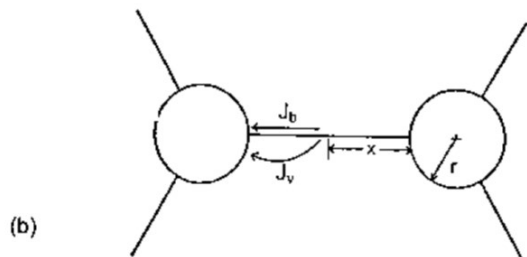
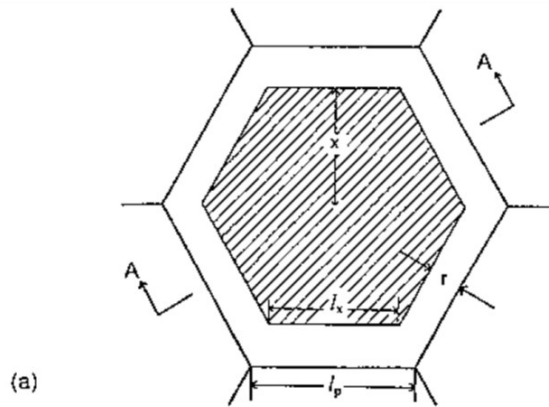


مکانیسم نفوذ شبکه ای

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

مکانیسم نفوذ مرز دانه ای

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

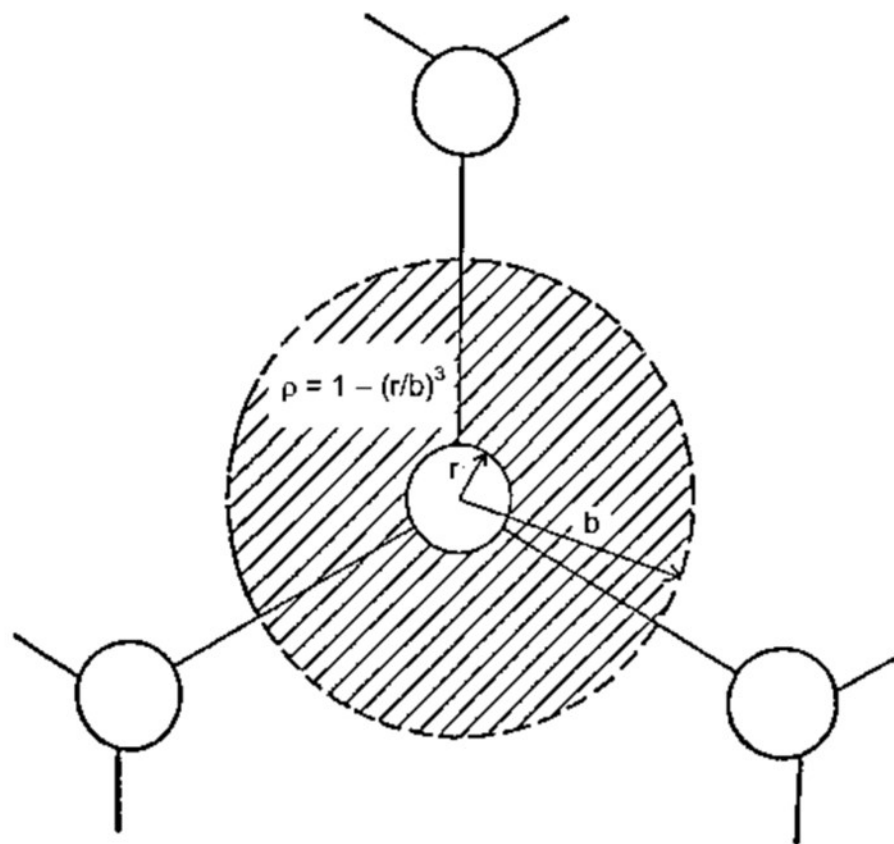


مرحله پایانی

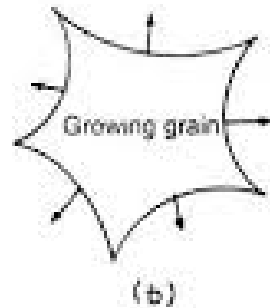
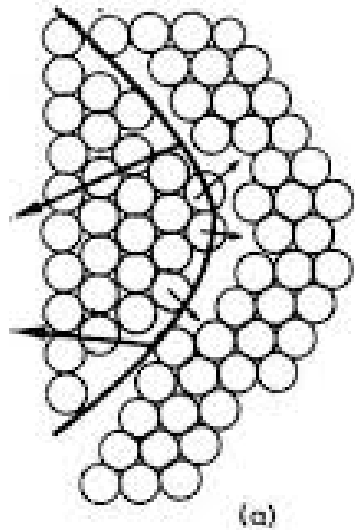
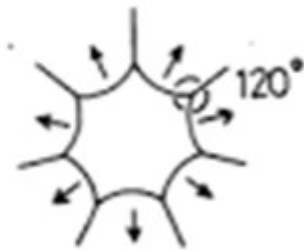
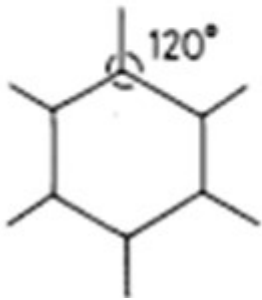
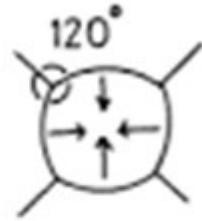
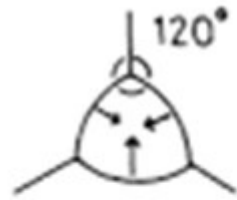
تخلخل در زمان t

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

t_f زمان به صفر رسیدن تخلخل



نیروی محرکه رشد دانه



طبق هندسه مجموع زوایای داخلی چند ضلعی $(n-2) \times 180$ درجه است.

طبق قانون تعادل استاتیکی در گوشه همه زوایا بایست 120° درجه باشد.

برقراری هر دو شرط بالا منجر به خمیدگی اضلاع چند ضلعی می شود.

برای چند ضلعی با کمتر از ۶ ضلع خمیدگی به بیرون ایجاد می شود.

همچنین برای چند ضلعی با بیش از ۶ ضلع خمیدگی اضلاع به داخل است.

اتم های سطح محدب دارای باند شکسته بیشتری نسبت به مقعر هستند.

پس اتم ها بهتر است از طرف محدب به سمت مقعر مهاجرت کنند.

بنابراین نیروی محرکه این مهاجرت همان کاهش انرژی سطح حدب است

مانند نیروی کاپیلاری در لوله موئین نیروی کشش به سمت بیرون تقعر و داخل محدب است.

تمرین

۱- نیروی های محرکه زینترینگ چگونه عمل می کنند؟

۲- هر یک از مکانیسم های زینترینگ چگونه عمل می کنند و کدام یک بیشتر باعث افزایش چگالی می شوند؟

۳- در مرحله دوم زینترینگ بمنظورافزایش چگالی کدام یک از مکانیسم های نفوذ شبکه یا مرز به اندازه ذرات اولیه حساس تر است؟ شرح دهید؟

۴- در مورد چگونگی و مکانیسم رشد یا حذف و یا پایداری دانه ها با توجه به تعداد اضلاع دانه ها و انرژی مرز دانه ای بحث کنید.