کنترل و مدلسازی سیستم های کانه آرایی

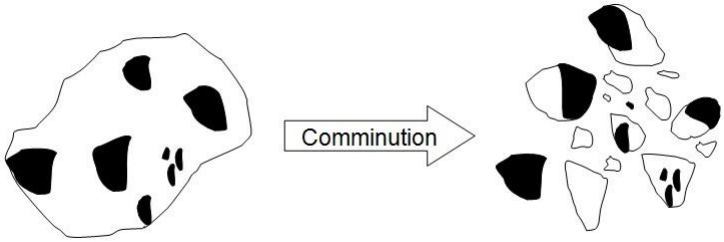
جلسه هفتم

مهدی نصیری سروی
دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان
۱۳۹۷

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

اهمیت خردایش

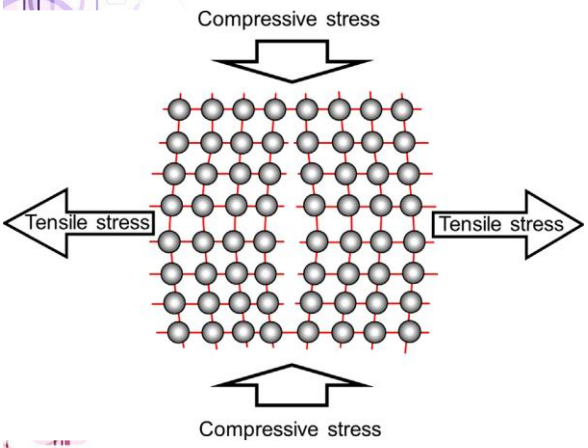
اولین هدف خردایش؟
اولین مرحله خردایش؟
انواع مسیرهای خردایش؟
انواع تجهیزات خردایش؟
انواع محیط خردایش؟



مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مبانی خردایش

- مواد معدنی کریستاله هستند.
- تنش فشاری و تنش کششی.
- تاثیر تنوع مینرالها
- تاثیر ناهمسانگردی ها
- تاثیر شکستگی ها
- مکانیزم های مختلف؟



مهدی نصیری سروی

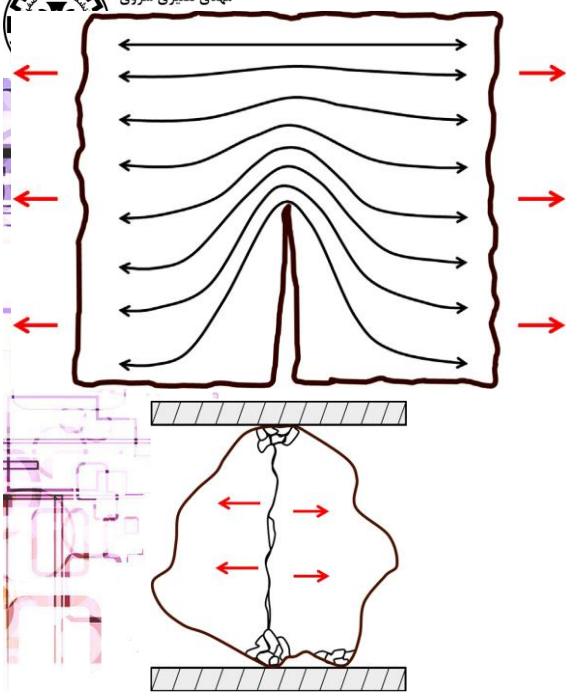
مبانی خردایش

رشد ترک و تاثیر آن بر تمرکز تنش:

تئوری گریفیث؟

انرژی وارده به مواد باعث رشد ترک در آنها می شود

مواد ترد و مواد چقرمه چگونه در مقابل تنش واره بر طبق تئوری گریفیث واکنش نشان می دهند؟



مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدلسازی خردایش

مدلسازی خردایش برای درک مفهوم خردایش و امکان پیاده سازی عملی آن به سه شیوه انجام شده است:

- مدلسازی تجربی (empirical)
- مدلسازی پدیده شناسانه (phenomenological)
- مدلسازی بنیادی (fundamental)

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدلسازی تجربی (empirical)

روشهای ارزیابی انرژی به کار گرفته می شود.

هدف:

- طراحی اولیه
- طراحی جزئیات
- ارزیابی کارآیی خردایش
- ارزیابی کارآیی متالورژیکی

اساس روش انرژی محور:

به بررسی رابطه بین انرژی مصرف شده توسط دستگاه جهت تولید محصول با اندازه ابعاد خاص می پردازد.

اولین نظریه توسط واکر (Walker 1937) ارائه شد:

$$dE = -K\,x^{-n}\,dx \longrightarrow E = -K\int_F^P x^{-n}dx$$

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

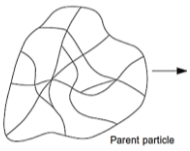
مدلسازی پدیده شناسانه (phenomenological)

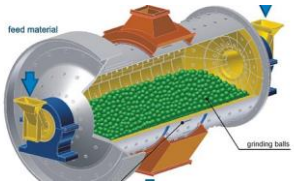
هدف این شیوه مدلسازی و کاربرد آن چیست؟

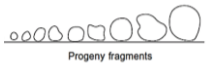
Population balance or mass-size balance

نرم افزارهای قدرتمندی در این راستا وجود دارد:

- USIMpac
- JKSimMet
- Moly-Cop



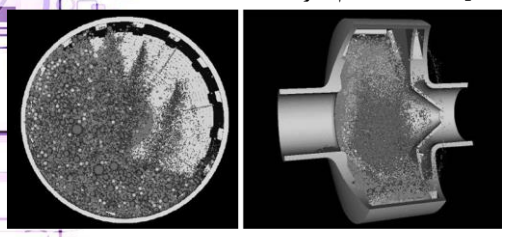




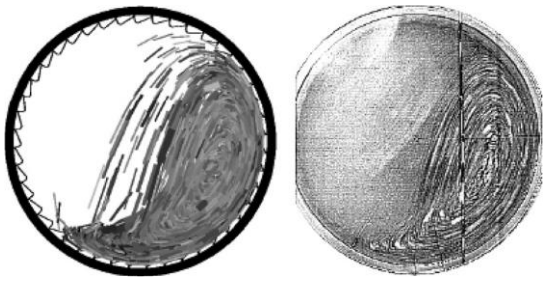
مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدلسازی بنیادی (fundamental)

با استفاده از روش مدلسازی المان مجزا (Discrete Element Method) و محاسبات دینامیکی سیال (Computational Fluid Dynamics) به انجام میرسد.



کاربرد این روش و اطلاعاتی که به دست میدهد؟



مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

فرآیند خردایش

در مدلسازی خردایش سه پدیده بایستی تشریح شود:
۱- توصیف انتقال مواد درون یک آسیا:
چگونه می توان آنرا توصیف کرد؟

۲- سینتیک خردایش و یا سینتیک تولید ذرات ریز

۳- توصیف اندازه ذرات حاصل از شکست

مفاهیم مورد بررسی:
- شکستن مواد ترد و شکننده
- الگوهای شکست
- تابع شکست

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

شکستن مواد ترد و شکننده

مواد شکننده (در اینجا بحث در مورد مواد معدنی است) در اثر اعمال نیروی فشاری که غالباً به صورت ضربه ای اعمال می شوند شکسته می شوند که این شکست در راستای ریز ترک های موجود در سنگ است.
برای تعیین نیروی لازم برای شکست تعیین دو واژه hardness و toughness اهمیت دارد.

Hardness (سختی) معادل مقاومت مواد جامد در برابر تغییر شکل پلاستیک است.
Toughness (چقرمگی) معادل مقاومت مواد در برابر شکست در اثر اعمال تنش است.

در فرآیند خردایش در فرآوری مواد معدنی کدام پارامتر مورد توجه است؟ چرا؟

تئوری شکست مواد ترد و شکننده (مانند مواد معدنی) توسط Griffith ارائه شد که در حال حاضر نیز مدل به روز شده همان تئوری مورد استفاده قرار می گیرد.
بنابر این اصول توزیع تنش در مجاورت درزه باز شده را به صورت زیر محاسبه کرد:
L برابر نصف پهنای ترک و r برابر شعاع قوس ترک است

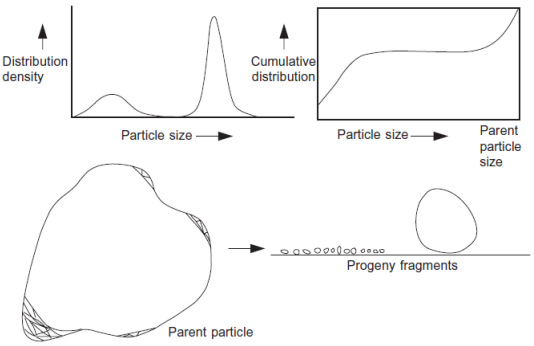
$$\sigma_e = 2\sigma \left(\frac{L}{r}\right)^{1/2}$$

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

الگوهای شکست

مکانیزم Attrition and chipping (ساییدگی و لبپر شدن):

این مکانیزم زمانی اتفاق می افتد که ذرات درشت دانه باشند و نیرو به اندازه کافی برای شکست سنگ نباشد (مانند؟ دقیقاً در این مکانیزم چه سیستم هایی اتفاق می افتد؟)



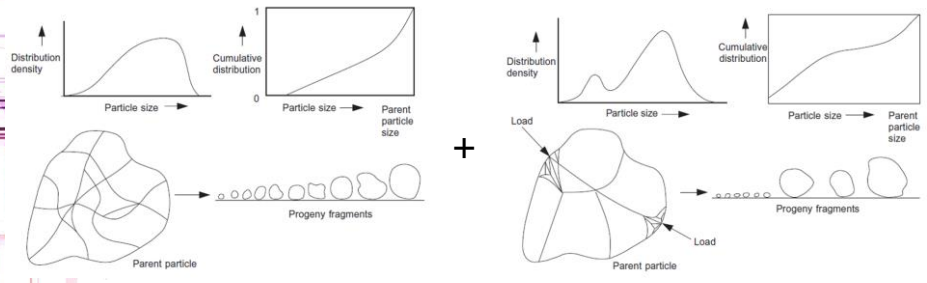
مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدل های تجربی تابع توزیع شکست

ترکیبی از جوامع تولیدی با توزیع لگاریتمی:

تلاشهای زیادی برای به دست آوردن تابع توزیع شکست $B(x; y)$ انجام شده است ولی هیچ توزیع اثبات شده ای که بتواند یک برخود تک ضربه ای را مدل کند وجود ندارد و تنها روش های تجربی برای چنین منظوری استفاده می شود.

معمول ترین آنها بر این اساس است که جامعه مولد از شکست بوسیله دو مکانیزم تشکیل می شود:



مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدل های تجربی تابع توزیع شکست

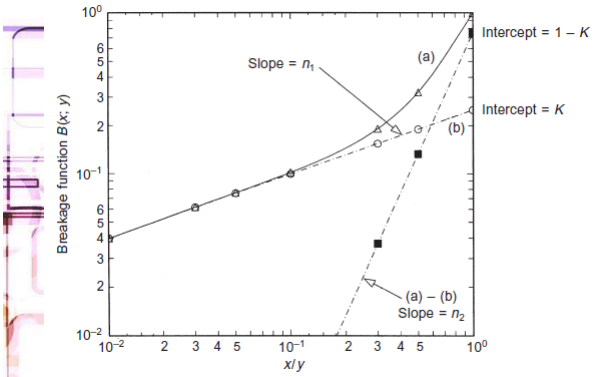
و هرکدام توزیع تجمعی دارد به شکل زیر:

$$B(x;y) \propto \left(\frac{x}{y}\right)^{n}$$

در صورت جمع دو توزیع می توان نوشت:

$$B(x;y) = K\left(\frac{x}{y}\right)^{n_1} + (1-K)\left(\frac{x}{y}\right)^{n_2}$$

نحوه تعیین ضرائب؟
مکانیزم شکست در ذرات ریز؟
مکانیزم شکست در ذرات درشت؟

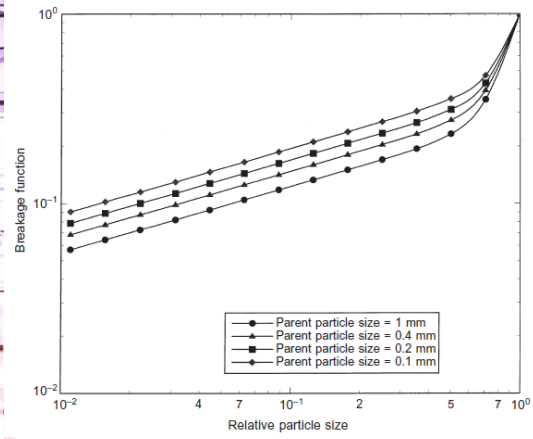


تمامی مطالب گفته شده برای نتایج نرمالایز شده استفاده دارد. در صورتی که نتایج غیر نرمالایز باشند مقدار K بایستی بر حسب اندازه سنگ اولیه قبل از خردایش محاسبه شود

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدل های تجربی تابع توزیع شکست

تمامی مطالب گفته شده برای نتایج نرمالایز شده استفاده دارد. در صورتی که نتایج غیر نرمالایز باشند مقدار K بایستی بر حسب اندازه سنگ اولیه قبل از خردایش محاسبه شود:



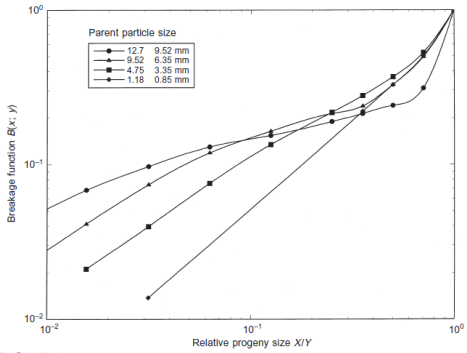
$$K(y_0) = K_0\left(\frac{y_0}{y}\right)^{\delta}$$

مقدار y_0 معمولا معادل ۵ میلیمتر در نظر گرفته می شود.

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدل های تجربی تابع توزیع شکست

زمانی که توزیع ابعادی ذرات به صورتی باشد که ذرات تمایل بیشتری به لبپرشدن داشته باشند تا خرد شدن بر اثر ضربه بایستی نوشت:



$$B(x;y) = K\left(\frac{x}{y_0}\right)^{n_3}\left(\frac{x}{y}\right)^{n_1} + (1-K)\left(\frac{x}{y}\right)^{n_2} \quad for\ x < y_0$$

$$B(x;y) = K\left(\frac{x}{y}\right)^{n_1} + (1-K)\left(\frac{x}{y}\right)^{n_2} \quad for\ x > y_0$$

مهدی نصیری سروی
استادیار گروه فراوری مواد معدنی
دانشکده معدن

مدل های تجربی تابع توزیع شکست

اما مقادیر معمول این پارامتر ها عبارتند از:

$0.5 < K < 1$
$0.5 < n_1 < 1.5$
$2.5 < n_2 < 5$