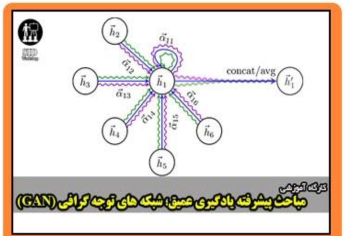
SID

فیلم های آموزشی
عضویت در خبرنامه
بلاگ مرکز اطلاعات علمی
کارگاه های آموزشی
سرویس ترجمه تخصصی
سرویس های ویژه

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI
ویژه فنی و مهندسی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی
بین المللی و
ترفند های جستجو

تعیین تابع شکست و تابع انتخاب کانسنگ فسفات اسفوردی توسط نرم افزار BFDS در آسیای میله ای

خداکرم غریبی[۱]; سعید حسنی صدرآبادی[۲] ; محمد جوانشیر[۳]; الهام حسنی صدرآبادی[۴]
۱- دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه یزد
۲- دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه یزد s_hassani_s@yahoo.com
۳- دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۴- دانشکده ریاضی، دانشگاه یزد

چکیده
تابع شکست، بیانگر توزیع دانه بندی ناشی از خردایش ماده موجود در محدوده ابعادی خاص در اثر فقط یک ضربه است. تابع انتخاب یا ثابت نرخ شکست (ثابت نرخ خردایش)، بیانگر روند ناپدید شدن ماده معدنی از یک محدوده ابعادی خاص در اثر خردایش است. با استفاده از تابع شکست و تابع انتخاب می توان بدون تغییر در مسیرهای خردایش جهت آزمایشات تجربی، تجهیزات و ابعاد تجهیزات مورد نیاز جهت بهبود کیفیت خردایش را مشخص نمود. حتی با داشتن این توابع می توان خطوط خردایش مربوط به هر ماده معدنی را جهت فرآوری آن ماده با توجه به فرآیندی که روی آن ماده انجام می پذیرد را طراحی کرد. با استفاده از این توابع می توان پارامترهایی مانند قطر میله های آسیای میله‌ای را انتخاب یا بهبود بخشید.
در این تحقیق، تابع شکست و تابع انتخاب کانسنگ فسفات اسفوردی در آسیای میله ای توسط نرم افزار BFDS محاسبه شد. زمان مناسب برای انجام تنها یک بار شکست ذرات نیز به دست آمد که ماکزیمم مقدار آن ۶۰ ثانیه می باشد. ماکزیمم میزان تابع انتخاب حاصل در این آزمایش ۰,۰۷۳۷۵۹ (S^{-1}) محاسبه گردید که مربوط به فراکسیون ابعادی (۱۱۹۰+۲۰۰۰-) میکرون می باشد که بهترین ابعاد برای انجام عمل خردایش است.

کلمات کلیدی: تابع شکست، تابع انتخاب، خردایش، آسیای میله ای، معدن فسفات اسفوردی، نرم افزار *BFDS*

Determination of Breakage And Selection Functions of Esfordi Phosphate Ore by BFDS Software in Rod Mill

Kh. Gharibi , S. Hassani , M. Javanshir , E. Hassani

Abstract
Breakage function illustrates the size distribution of ore sample comminution due to a single impact. Selection function or breakage rate coefficient, determines the rate of disappearing size fraction due to comminution. Breakage and selection functions are used for designing the comminution circuits, selecting the size of comminution devices and optimizing their performances. It is also possible to select the optimum rod diameter in rod mill and improving its performance.
In this search, the breakage and selection functions of Esfordi phosphate ore, were calculated by BFDS software. The required time for a single breakage was determined to be 60 seconds. The maximum value for selection function caculated as 0.074 (s^{-1}), was belong to size fraction (-2000+1190) microns, which was the best size fraction for comminution in this case.

Key words: Breakage function, Selection function, comminution, Rod mill, Esfordi Phosphate ore, BFDS software.

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

مجتمع فسفات اسفوردی به عنوان تنها تولید کننده فسفات آذرین و یکی از مهمترین تولید کنندگان کنسانتره فسفات در ایران می باشد. این معدن در کیلومتر ۳۵ جاده بافق- بهاباد واقع شده است. این مجتمع دارای معدنی با ذخیره۱۷ میلیون تن با عیار متوسط ۱۳,۹ درصد p_2o_5 می باشد. استخراج معدن به صورت روباز(open pit) است و مواد معدنی به وسیله کامیون به کارخانه فرآوری با ظرفیت خوراک سالیانه ۳۶۰ هزار تن در سال حمل می شوند. کانسنگ استخراجی در کارخانه فرآوری با استفاده از سنگ شکن ها (فکی و مخروطی) و آسیاها (میله ای و گلوله ای) به درجه آزادی لازم می رسد.

عملیات خردایش گرانقیمت ترین و سنگین ترین تجهیزات صنعتی را به خود اختصاص داده است. این تجهیزات علاوه بر نگهداری پر هزینه ای که دارند انرژی زیادی را نیز مصرف می کنند. حدود ۵۵ تا ۷۵ درصد از هزینه های سرمایه گذاری و ۳۰ تا ۶۰ درصد از هزینه های جاری سالانه صرف عملیات خردایش می شود. همچنین این تجهیزات دارای بازدهی انرژی پایینی می باشند. تنها حدود ۱ درصد از کل انرژی مصرفی صرف خردایش می شود و بیش از ۹۹ درصد انرژی به شکل های مختلف تلف می گردد. جهت کنترل، بهینه سازی و طراحی خطوط خردایش با توجه به پر هزینه بودن عملیات خردایش، تلاش های بسیاری جهت پیش بینی رفتار سنگ در هنگام شکست و طراحی خطوط خردایش صورت گرفته است.

تابع شکست و تابع انتخاب دو پارامتر جهت بررسی چگونگی خردایش سنگ معرفی شده است. با استفاده از این دو پارامتر می توان نحوه شکست سنگ را بررسی و بر اساس آن خطوط خردایش را بهینه سازی یا طراحی نمود. همچنین این پارامترها جهت مدلسازی و طراحی دستگاه های خردایش مورد استفاده قرار می گیرند.[۴]، [۵]، [۶]، [۷].

۲- تعاریف

۲-۱- تابع شکست

تابع توزیع شکست و یا به اختصار تابع شکست، بیانگر توزیع دانه بندی ناشی از خردایش ماده موجود در محدوده ابعادی خاص در اثر فقط یک ضربه است. یک ذره با اندازه اولیه j که یک بار شکسته می شود را در نظر بگیرید. قطعات آن بین طبقه های اندازه ریزتر به صورتی تصادفی توزیع می شوند که می تواند به وسیله یک تابع چگالی احتمال نمایش داده شود. این تابع با نماد Bij نشان داده می شود و معرف احتمال متوسطی است که قسمتی از جرم Bijاز i ریزتر است هنگامی که از طبقهٔ اندازهٔ j شکسته شود. با توجه به این که در هر آسیا تعداد ذراتی که خرد می شوند بسیار زیاد است از طبیعت تصادفی تابع شکست نام برده نمی‌شود و به طور ساده می گوئیم که Bij قسمتی از مواد است که ریزتر از اندازهٔ i است هنگامی که یکبار از اندازهٔ j شکسته شود. در اینجا i و j معرف طبقه‌های اندازهٔ ذره می‌باشند و بنابراین بازه‌ای از اندازهٔ ذره را به جای یک اندازهٔ ذرهٔ خاص تعریف می‌کنند. حال می توانیم bij را تعریف کنیم که قسمتی از مواد است که در طبقه اندازهi (یعنی بین حدود پائینی و بالائی طبقهٔ اندازهٔ i) پس از یکبار شکسته شدن از هر جایی در طبقهٔ اندازهٔ j ظاهر می شود و bij با داشتن Bij به راحتی محاسبه می شود :

$$bij=Bi-1,j-Bi,j \qquad (۱)$$

به طور کلی تابع شکست به دو صورت تابع شکست تجمعی و غیر تجمعی تعریف می شود.

مقدار موادی که در اثر یک بار خردایش از ابعاد j ، از ابعاد i کوچکتر باشند، به نام تابع شکست تجمعی نامیده می شود و با نماد B_{ij} نمایش داده می شود. مقدار موادی که در اثر یک بار خردایش از ابعاد j به ابعاد i می رسند، به نام تابع شکست غیر تجمعی نامیده می شود و با نماد b_{ij} نمایش داده می شود.

۲-۲- تابع انتخاب

تابع انتخاب یکی از پارامترهای اصلی در مدلسازی آسیاها می باشد. تابع انتخاب، شاخص سینتیک فرآیند آسیا شدن مواد می باشد. تابع انتخاب یا ثابت نرخ شکست (ثابت نرخ خردایش)، بیانگر روند ناپدید شدن ماده معدنی از یک محدوده ابعادی خاص در اثر خردایش است. در اغلب موارد، ناپدید شدن مواد از داخل یک طبقه سرند در مورد آسیاهای میله ای از سینتیک

Archive of SID

www.SID.ir

مرتبه اول پیروی می کند. بیان دیگر سینتیک مرتبه اول این است که نرخ ناپدید شدن مواد از طبقه اندازه i متناسب با جرم m_i می باشد.

برای مواد سرند اول که هیچ موادی از سرندهای بالاتر(درشت‌تر) اضافه نمی شود، می توان نوشت:

$$\frac{dm_i}{dt} = -s_i m_i \quad \text{یا} \quad \frac{dm_i}{m_i} = -s_i dt \quad \Rightarrow m_i(t) = m_i(0)\ell^{-s_i t} \qquad (۲)$$

ثابت نرخ (s_i) ناپدید شدن مواد، تابع انتخاب نامیده می‌شود و واحد آن همیشه عکس زمان (S^{-1}) می باشد. اگر مقدار مانده روی سرند اول نسبت به مقدار اولیه در زمان های مختلف خردایش به صورت نیمه لگاریتمی نسبت به زمان خردایش (t) رسم شود، معمولا" خط راستی حاصل می شود که ضریب زاویه آن تابع انتخاب است. البته روشن است که خط برازش داده شده باید دارای بیشترین ضریب همبستگی باشد، زیرا که در غیر این صورت، امتداد نقاط با افزایش زمان خردایش از حالت خطی خارج می شود که دلالت بر خردایش بیش از یک بار ذرات دارد. با معلوم بودن مقدار تابع انتخاب و با فرض ثابت ماندن در طول خردایش، می توان مقدار مانده روی سرند اول را در هر زمان محاسبه کرد.[۱]، [۲]، [۳].

۳- نحوه انجام آزمایشات خردایش جهت محاسبه تابع شکست و انتخاب کانسنگ فسفات اسفوردی در آسیای میله‌ای

جهت به دست آوردن توابع انتخاب و شکست برای کانسنگ معدن فسفات اسفوردی، نیاز به انجام آزمایشات خردایش از این کانسنگ بود. این آزمایشات باید به طور دقیق، با زمان های خردایش مشخص و آنالیز سرندی انجام شود. آزمایشات در آزمایشگاه کانه آرایی گروه معدن دانشگاه یزد انجام شده است.

۳-۱- مواد، تجهیزات و نرم افزار مورد استفاده

سرندهای با ابعاد مختلف، آسیای میله ای،کرنومتر، ترازوی دیجیتالی دقیق،۳۵۰ گرم نمونه تک سایز شده، نرم افزار. BFDS

تمامی این تجهیزات در آزمایشگاه کانه آرایی گروه معدن دانشگاه یزد با مشخصات زیر مورد استفاده قرار گرفتند:

۳-۱-۱- سرند با ابعاد مختلف

سرندهای مورد استفاده باید قبل و بعد از هر آزمایش کاملا" تمیز شوند، زیرا عدم انجام این کار باعث تغییر در وزن محصولات خواهد شد. ابعاد سرندهایی که مورد استفاده قرار گرفت بر حسب میکرون و مش در سیستم ASTMدر جدول ۱ آورده شده اند.

جدول۱- سرندهای مورد استفاده در تجزیه سرندی

ردیف	مش	میکرون
۱	۱۰	۲۰۰۰
۲	۱۶	۱۱۹۰
۳	۳۰	۵۹۰
۴	۵۰	۲۹۷
۵	۷۰	۲۱۰
۶	۱۰۰	۱۴۹
۷	۱۴۰	۱۰۵
۸	۱۷۰	۸۸
۹	۲۰۰	۷۴
۱۰	۲۳۰	۶۲
۱۱	۲۷۰	۵۳

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱-۲- آسیا

آسیای مورد استفاده در این آزمایش، آسیای میله‌ای ساخت شرکت دنور (DENVER) می‌باشد. این آسیا یک آسیای استاندارد آزمایشگاهی است.

۳-۱-۳- ترازوی دیجیتالی دقیق

با توجه به این که در این آزمایش مقادیر به دست آمده باید دقیق باشد، جهت توزین مواد از ترازوی دیجیتالی دقیقی استفاده شد که دقت آن تا ۰/۰۱ گرم می‌باشد.

۳-۱-۴- ماده معدنی

ماده معدنی مورد استفاده در این آزمایش از خوراک آسیای میله ای کارخانه کانه آرائی معدن فسفات اسفوردی تهیه شد. نمونه مورد تجزیه سرندی واقع شد و از هر یک از فراکسیون های ابعادی۱۱۹۰+۲۰۰۰-، ۵۹۰+۱۱۹۰-، ۲۹۷+۵۹۰-، ۲۱۰+۲۹۷- و ۱۴۹+۲۱۰- میکرون، ۲ تا ۳ کیلوگرم ماده معدنی تهیه گردید. جهت انجام آزمایشات در هر زمان، ۳۵۰ گرم ماده معدنی لازم می باشد.

۳-۱-۵- نرم افزار محاسباتی

جهت محاسبات تابع شکست و تابع انتخاب از نتایج آزمایشگاهی به دست آمده، از نرم افزار **BFDS** "**B**reakage **F**unction **D**etermination **S**oftware" استفاده شد. این نرم افزار قابلیت محاسبه پارامترهای توابع انتخاب و شکست را از روش های بروبه، هربست و هربست اصلاح شده را دارا می باشد. همچنین ارایه نمودارهای مربوط به توابع انتخاب و شکست، مقادیر α و ϕ و β و درصد مواد باقیمانده روی سرندها در زمان های مختلف خردایش، از خصوصیات این نرم افزار می باشد.

۳-۲- شرح آزمایش

اولین مرحله کار، انجام نمونه برداری بوده است. نمونه از خوراک آسیای میله ای (خروجی واحد سنگ شکنی کارخانه کانه آرائی فسفات اسفوردی که به صورت خشک می‌باشد) تهیه شد و به آزمایشگاه ارسال شد. با سرند کردن نمونه ارسال شده به آزمایشگاه، مقدار ۲ تا ۳ کیلوگرم ماده لازم برای انجام آزمایشات در هر فراکسیون به دست آمد. آنالیز سرندی با دقت انجام شد تا حتی الامکان تمامی مواد باقیمانده در روی سرند از چشمه های سرندی بزرگتر باشند.

پس از آماده سازی نمونه برای انجام عملیات آسیا کردن، از هر فراکسیون برای هر آزمایش ۳۵۰ گرم ماده معدنی جدا شد.(مقدار ۳۵۰ گرم حالت استاندارد برای انجام آزمایشات مربوط به محاسبه توابع انتخاب و شکست است). ماده معدنی را در آسیای آزمایشگاهی دنور ریخته و ۱۵ ثانیه مورد عمل خردایش قرار دادیم. ماده حاصل از این عملیات برای آنالیز سرندی از آسیا خارج شد. بعد از خروج ماده معدنی از آسیا، تمامی ماده معدنی در زمان های ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ ثانیه و در تمامی فراکسیون های ابعادی موجود، در آسیای میله ای خرد گردید. پس از هر عمل خردایش، ماده خرد شده آنالیز سرندی گردید.

ماده خرد شده در هر فراکسیون را روی سرندهایی که اندازه چشمه های سرندی آن ها کمتر از سایز خرد شده است ریخته و سپس آنالیز سرندی کرده ایم. توصیه می شود که در زیر هر فراکسیون ابعادی که قرار است مورد آنالیز سرندی قرار گیرد، حداقل ۵ سرند موجود باشد تا خطای موجود به حداقل ممکن برسد. بعد از آنالیز سرندی، ماده معدنی سرندها خارج شده و مواد داخل هر سرند توسط دستگاه توزین دقیق، وزن شدند و مقدار آن ها ثبت شد. خردایش نمونه در زمان هایی با فواصل ۱۵ ثانیه و تا زمانی که منحنی تابع انتخاب برای هر فراکسیون از حالت خطی خارج شود، ادامه یافت. موقعی که نمودار از حالت خطی خارج شد نشان می دهد که ذرات بیشتر از یک بار مورد عمل خردایش قرار گرفته اند. زیرا بنا به تعریف، اعتبار توابع انتخاب و شکست محاسباتی منوط به آن است که ماده معدنی در حین آسیا کردن، صرفا" یک بار تحت عمل خردایش قرار گیرد که کنترل این امر بسیار دشوار می باشد. این آزمایش ها در همه فراکسیون های مورد نظر انجام گرفت و نتایج حاصل از رسم نمودارها نشان داد که بهترین زمان پایانی برای انجام عمل خردایش ۶۰ ثانیه می باشد.

برای رسم نمودار تابع انتخاب از فرمول زیر استفاده می شود:

Archive of SID

www.SID.ir

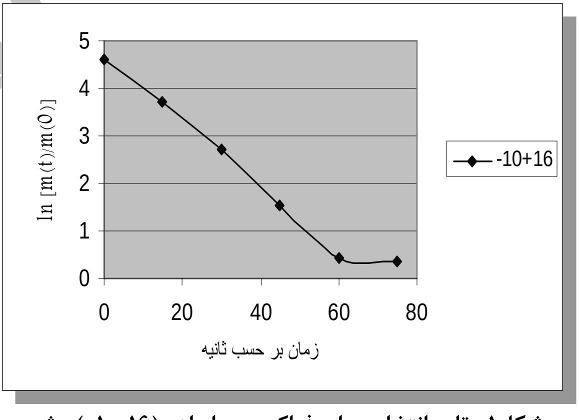
$$log\left(\frac{w(t)}{w(0)}\right) = -\frac{s*t}{2.303} \qquad (۳)$$

که در این فرمول $w(0)$ میزان کل ماده معدنی و $w(t)$ وزن ماده باقیمانده در این فراکسیون بعد از عمل خردایش در زمان t ثانیه می باشد. باید توجه نمود که در این فرمول میزان $\frac{w(t)}{w(0)}$ باید به شکل درصدی در فرمول قرار گیرد. این کار برای زمان های مختلف خردایش و برای یک فراکسیون ابعادی انجام می شود. بنابراین مقدار $log\left(\frac{w(t)}{w(0)}\right)$ برای تمامی زمان های انجام شده در فراکسیون محاسبه شده و بر حسب زمان های مختلف رسم می شود. باید توجه نمود که زمان های انتخابی جهت خردایش تا بدانجا افزایش یابد که خط رسم شده از حالت خطی خارج نشود. اگر از حالت خطی خارج شد، نشان می دهد که ذرات بیشتر از یک بار مورد عمل خردایش قرار گرفته اند. در این آزمایش زمان بیشینه جهت انجام این کار ۶۰ ثانیه می باشد. شیب خط به دست آمده برابر $-\frac{s}{2.303}$ می باشد که از آن می توان مقدار تابع انتخاب(S) را برای هر فراکسیون محاسبه نمود. پس از به دست آوردن تابع انتخاب تمام فراکسیون ها، نمودار تابع انتخاب بر حسب سایز ذرات در مقیاس لگاریتمی رسم شد که با این عمل سایز بهینه ذرات برای خردایش در آسیا که همان ماکزیمم مقدار تابع انتخاب است، به دست آمد و لذا می توان با بزرگنمایی مقیاس، نتایج را برا ی مقیاس صنعتی به کار گرفت.

پس از آنالیز سرندی برای هر فراکسیون، تابع شکست تجمعی (B_{ij}) برای ماده معدنی مذکور به وسیله نرم افزار BFDS محاسبه و نمودار آن بر حسب سایز ذرات در مختصات لگاریتمی رسم شد. به منظور محاسبه تابع شکست، روش هربست و فیورستنا (H&F) به کار گرفته شد که در نرم افزار BFDS لحاظ شده است. این نرم افزار همچنین نمودارهای مربوط به تابع شکست و تابع انتخاب و نرخ تولید نرمه را برای هر فراکسیون رسم می نماید.

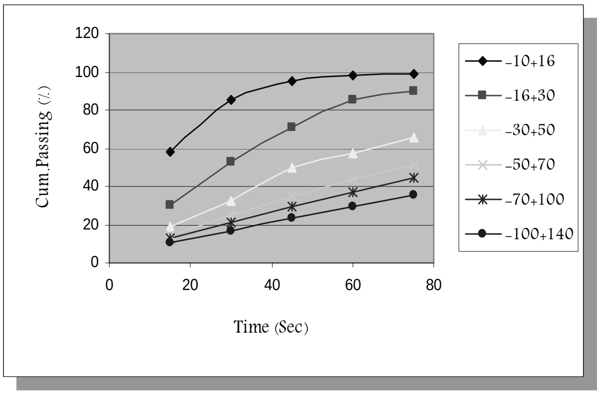
۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از آزمایش های خردایش در زمان های مختلف در شکل های ۲ تا ۶ ارایه شده اند. مقادیر حاصل بر حسب درصد می باشد و آنالیز سرندی در این زمان ها برای فراکسیون های ابعادی ۱۶+۱۰-، ۳۰+۱۶-، ۵۰+۳۰-، ۷۰+۵۰- و ۱۰۰+۷۰- مش انجام شده است. اولین آزمایش در فراکسیون ابعادی ۱۶+۱۰- مش انجام شد. در این آزمایش مشاهده شد که نمودار تابع انتخاب بعد از ۶۰ ثانیه از حالت خطی خارج شد و لذا زمان بهینه برای یک بار خردایش ذرات، ۶۰ ثانیه به دست آمد که نمودار مربوطه در شکل ۱ آمده است.

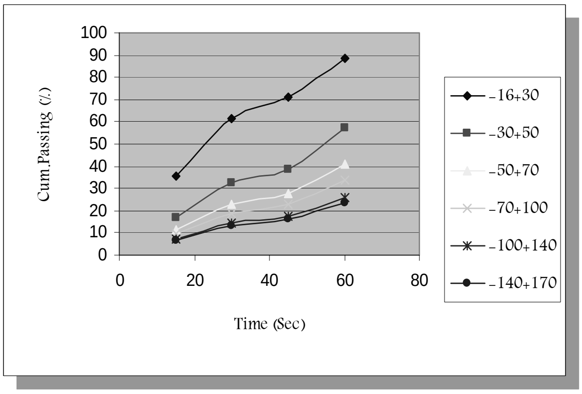


شکل۱- تابع انتخاب برای فراکسیون ابعادی(۱۶+۱۰-) مش

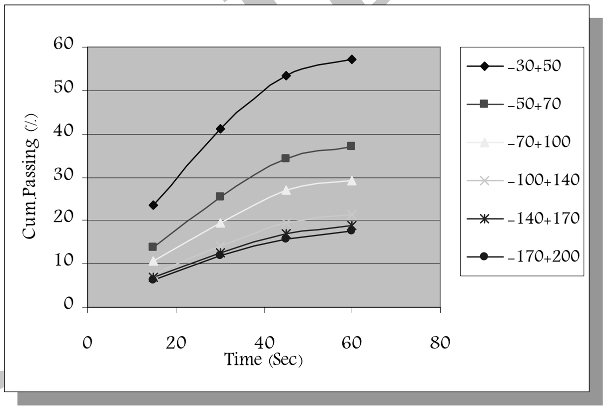
Archive of SID
www.SID.ir



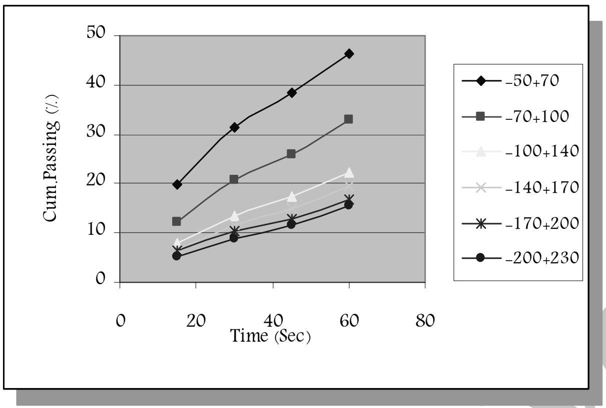
شکل۲- توزیع دانه بندی ذرات در زمان های مختلف خردایش برای ماده اولیه (۱۶+۱۰-) مش



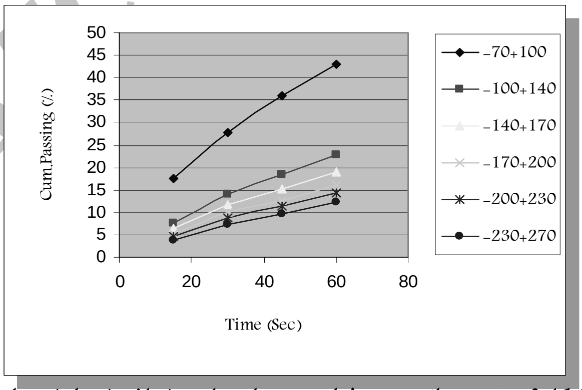
شکل۳- توزیع دانه بندی ذرات در زمان های مختلف خردایش برای ماده اولیه (۳۰+ ۱۶-) مش



شکل۴- توزیع دانه بندی ذرات در زمان های مختلف خردایش برای ماده اولیه (۵۰+۳۰-) مش



شکل۵- توزیع دانه بندی ذرات در زمان های مختلف خردایش برای ماده اولیه (۷۰+۵۰-) مش



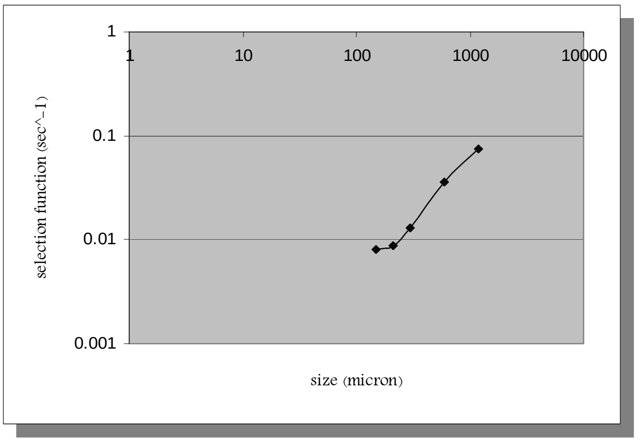
شکل۶- توزیع دانه بندی ذرات در زمان های مختلف خردایش برای ماده اولیه (۱۰۰+۷۰-) مش

با استفاده از نتایج حاصل از شکل های ۲تا۶، مقادیر تابع انتخاب برای فراکسیون های ابعادی موجود، توسط نرم افزار BFDS محاسبه گردید که نتایج حاصل در جدول ۲ و شکل۷ ارایه شده است.

www.SID.ir
Archive of SID

جدول۲- مقادیر تابع انتخاب محاسبه شده برای هر سایز

Size (micron)	Selection function values (sec^-1)
۱۱۹۰	۰,۰۷۳۷۵۹
۵۹۰	۰,۰۳۶۱۸۷
۲۹۷	۰,۰۱۳۱۰۲
۲۱۰	۰,۰۰۸۸۰۵
۱۴۹	۰,۰۰۸۱۵۳

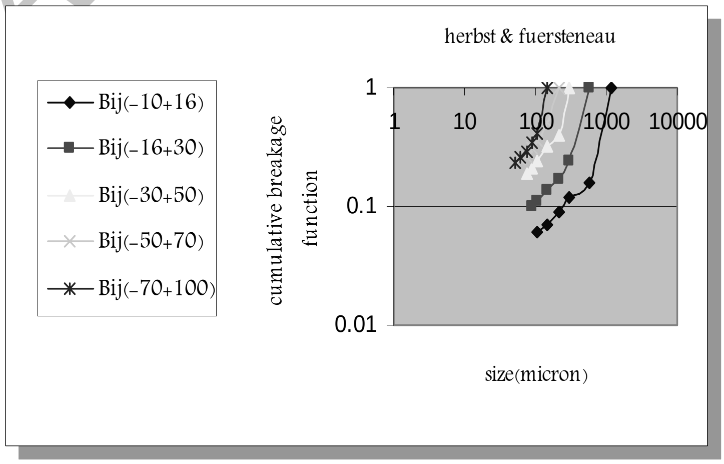


شکل۷- نمودار تابع انتخاب- سایز برای سنگ فسفات معدن اسفوردی

پس از محاسبات تابع انتخاب، محاسبات مربوط به تابع شکست (نحوه توزیع ذرات پس از خردایش) انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ ارایه شده است. نمودار مقادیر تابع شکست بر حسب سایز ذرات برای فراکسیون های مختلف ابعادی در شکل ۸ ارایـه شده است.

جدول۳- مقادیر تابع شکست تجمعی محاسبه شده به روش هربست و فیورستنا (H&F)

Size (μm)	۱۱۹۰	۵۹۰	۲۹۷	۲۱۰	۱۴۹	۱۰۵	۸۸	۷۴	۶۲	۵۳
Bij (-10+16)	۱,۰۰	۰,۱۶	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۷	۰,۰۶				
Bij(-16+30)		۱,۰۰	۰,۲۴	۰,۱۷	۰,۱۴	۰,۱۱	۰,۱۰			
Bij(-30+50)			۱,۰۰	۰,۴۰	۰,۳۲	۰,۲۴	۰,۲۱	۰,۱۹		
Bij(-50+70)				۱,۰۰	۰,۵۱	۰,۳۶	۰,۳۱	۰,۲۶	۰,۲۵	
Bij(-70+100)					۱,۰۰	۰,۴۱	۰,۳۴	۰,۲۹	۰,۲۶	۰,۲۳



شکل۸- نمودار مقادیر تابع شکست تجمعی محاسبه شده به روش هربست و فیورستنا (H&F)

Archive of SID

www.SID.ir

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

با استفاده از نرم افزار BFDS، تابع انتخاب برای سایزهای مختلف محاسبه گردید که نتایج حاصل در جدول ۲ ارایه شده است. نمودار شکل۷ که مقادیر تابع انتخاب فراکسیون های ابعادی مختلف را بر حسب سایز ذرات نشان می دهد، دلالت بر این نکته دارد که در فراکسیون های ریزتر، مقدار تابع انتخاب کاهش می یابد و با افزایش ابعاد ذرات، تابع انتخاب آن ها نیز افزایش می یابد. البته این امر بدان علت است که ذرات در سایزهای ریزتر به دلیل قرارگیری در فضاهای خالی بین میله ها، احتمال کمتری در انتخاب برای شکسته شدن دارند(و این احتمال با افزایش اندازه ذرات بیشتر می شود). شایان توجه می داند که از سایز ۱۱۹۰ میکرون به بالاتر، تابع انتخاب کاهش می یابد که دلیل بر کاهش احتمال ذرات برای خرد شدن می باشد. علت روند نزولی، در واقع عدم توانایی کافی میله ها در شکستن ذرات بزرگ تر است و این روند با افزایش ابعاد ذرات کاهش می یابد. ماکزیمم اندازه تابع انتخاب حاصل در این آزمایش ۰٫۰۷۳۷۵۹(S^{-1}) می‌باشد که مربوط به فراکسیون ابعادی ۱۱۹۰+۲۰۰۰- میکرون است و بیانگر آن است که در این سایز(با افزایش زمان خردایش)، ذرات بیشتری برای خرد شدن انتخاب می شوند و البته با افزایش یا کاهش فراکسیون های ابعادی، این نسبت به صورت پیوسته کاهش می یابد.

با استفاده از نرم افزار BFDS، تابع شکست برای تمام فراکسیون های ابعادی مورد آزمایش محاسبه گردید. این نرم افزار توانائی انجام محاسبات تابع شکست را به سه روش بروبه، هربست و هربست اصلاح شده دارد، که در اینجا ترجیحا" نتایج حاصل از روش هربست و فیورستنا در جدول ۳ ارایه گردید و از آن ها برای ترسیم نمودار شکل۸ استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل در هر فراکسیون ابعادی، با افزایش اندیس i، کاهش تابع شکست غیر تجمعی و تابع شکست تجمعی ملاحظه می شود که این امر بدان علت است که ذرات صرفا" یک بار تحت عمل خردایش قرار گرفته اند. لازم به ذکر مجدد می داند که ماکزیمم زمان خردایش ذرات در آسیا که در محاسبات تابع شکست مورد استفاده قرار گرفت، ۶۰ ثانیه می باشد. علت این امر در آن است که در زمان های خردایش بیش از ۶۰ ثانیه، نمودار تابع انتخاب از حالت خطی خارج شده بود و یا ذرات بیش از یک بار تحت عمل خرد شدن قرار گرفته بودند. بیشترین مقدار تابع شکست(B_{21} برای هر فراکسیون) در درشت ترین سایز ابعادی می باشد و کمترین مقدار آن در ریزترین سایز قرار دارد. افزایش مقدار تابع شکست با کاهش ابعاد ذرات سیر صعودی را در پی دارد.

۶- مراجع

[۱] فرزانگان، اکبر، **جزوه درسی درس کنترل و مدلسازی فرآیندهای فرآوری مواد معدنی**، دانشگاه یزد، سال ۱۳۸۲

[۲] بنیسی، صمد، **جزوه درسی درس کنترل و مدلسازی سیستم های فرآوری مواد معدنی**، دانشگاه شهید باهنر کرمان، پاییز ۱۳۸۴

[۳] نوعپرست، محمد، **جزوه درسی درس کنترل و مدلسازی در سیستم های کانه آرایی**، دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۷

[۴] نعمت اللهی، حسین، **کانه آرایی**(جلد اول)، انتشارات دانشگاه تهران، بهار ۱۳۸۱

[۵] رضائی، بهرام، **تکنولوژی فرآوری مواد معدنی(خردایش و طبقه بندی)**، شهریور ۱۳۷۶

[۶] پایگاه ملی داده های علوم زمین: کارخانه های فرآوری مواد معدنی، آدرس وب سایت: http: //www.ngdir.com

[۷] آرشیو مجتمع فسفات اسفوردی

[۸] یوسفی، علی اصغر، **توسعهٔ نرم افزاری جهت تعیین توابع شکست مواد معدنی**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک تهران)، سال ۱۳۸۱

[9] Herbst, J.A., and fuerstenau D.W., (1968): "the zero order production of fine sizes in comminution and its implication in simulation". Transaction No.241, PP. 538-48.

[10] Prasher, C.L. (1987): "crushing and Grinding process Handbook" john willey and sons.

[11] Kelly, E.G., and spottiswood D.J.(1989): "the breakage function; what is it really?" minerals Engineering.

Archive of SID

www.SID.ir

SID

سرویس های ویژه

سرویس ترجمه تخصصی

کارگاه های آموزشی

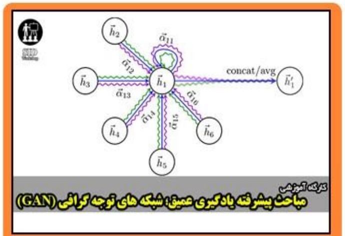
بلاگ مرکز اطلاعات علمی

عضویت در خبرنامه

فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترفند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)

کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی