

تعیین ثابت نرخ خردایش (تابع انتخاب) کانسنگ سرب و روی

لکان

حمید رضا حکمت نیاⁱ; بهرام رضاییⁱⁱ; فرهنگ حجازیⁱⁱⁱ; مختار اعظمی^{iv}

چکیده

اهمیت خردایش در یک مدار به این دلیل است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر روی مراحل فرآوری تاثیر می‌گذارد. کنترل میزان درجه آزادی کانی‌ها و عدم تولید نرمة که در مراحل بعدی فرآوری ممکن است مشکل ساز باشد در مرحله خردایش امکان پذیر است. در تحقیق حاضر، ابتدا پس از نمونه گیری از ورودی و خروجی آسیای گلوله‌ای کارخانه فرآوری سرب و روی لکان، نمونه‌ها با طبقات سرندي ۷۵ و ۲۵، ۳۰۰، ۲۱۲، ۱۵۰، ۱۰۶ میکرون نوع ASTM آنالیز سرندي شدند. سپس آزمایش‌های خردایش در مقیاس آزمایشگاهی بر روی بار ورودی آسیا انجام شد و بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها و با استفاده از نرم افزار BFDS تابع شکست به دست آمد. برای تعیین ثابت نرخ خردایش و همچنین بررسی رابطه بین ابعاد گلوله با تابع انتخاب از نرم افزار NGOTC استفاده شد. به طور کلی تابع انتخاب با ابعاد گلوله‌ها نسبت عکس دارد که در بررسی حاضر نیز این نتیجه به دست آمد. با بررسی رابطه بین ابعاد ذرات و ثابت نرخ خردایش، پیشنهاد شد که در بار گلوله آسیا از گلوله‌های ۱۳۰ میلی متری نیز استفاده شود و این در حالی است که در حال حاضر از گلوله‌های ۸۰ و ۱۰۰ میلی متری در بار گلوله استفاده می‌شود.

کلمات کلیدی

خردایش، ثابت نرخ خردایش، تابع انتخاب، گلوله، تابع شکست

Determination of grinding rate constant of Lakan Lead and Zinc Deposit

H.Hekmatnia; B.Rezaei; F.Hejazi; M.Azami

ABSTRACT

The importance of grinding is due to its directly or indirectly effect on process stage. the control of liberation degree of minerals and generation of slime that cause problem are possible in grinding stage. Therefore a correct understanding from grinding is very important. Usually not all of particles that enter in grinding circuit have a similar grinding constant rate. In this research after the sampling from feed and product of ball mill, samples with screens 9525, 6300, 4750, 3350, 2360, 1700, 1170, 850, 600 425, 300, 212, 150, 106 and 75 micron (ASTM) analyses then the breakage test in lab scale carried out and with use of this result and BFDS software the breakage function was obtained. For determination of grinding constant rate in this paper and also for investigation the relation between the ball diameter and selection function the NGOTC software were used. Generally the selection function and ball diameter has inverse relation which this result is obtained in this paper too. Also with study of the relation between the ball

ⁱ دانشجوی کارشناسی ارشد فراوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر : Email: hamid_hekmatnia@yahoo.com

ⁱⁱ - عضو هیأت علمی، دانشکده معدن متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

ⁱⁱⁱ - کارشناس ارشد معدن، مسؤول معدن سرب و روی لکان

^{iv} - کارشناس ارشد فراوری مواد معدنی، شرکت معدنی آسه صنعت

diameter and selection function suggested that the ball 130 mm in diameter used in mill that now the ball with 80 and 100 mm in diameter are using in this mill.

KEYWORDS:

grinding - grinding constant rate -selection function - ball - breakage function

روستای عمارت استان مرکزی مورد مطالعه قرار گرفت.

ابتدا از مواد ورودی به آسیای گلوله‌ای و نیز از پالپ خروجی از آسیا نمونه گیری شد. ذکر این نکته لازم است که عوامل مورد نیاز ورودی برای نرم افزار عبارتند از ماتریس تابع شکست، زمان ماند مواد درون آسیا و نتایج آنالیز سرندي محصول و بار ورودی آسیا (با طبقات سرندي مشابه) [۴].

بعد از گرفتن نمونه و تهیه نمونه معرف، نمونه‌ها آنالیز سرندي شدند. با توجه به ابعاد خوراک ورودی به آسیا، مجموعه سرندي ۹۵۲۵، ۶۳۰۰، ۴۷۵۰، ۳۳۵۰، ۲۳۶۰، ۱۷۰۰، ۱۱۸۰، ۸۵۰، ۶۰۰، ۴۲۵، ۲۱۲، ۱۵۰، ۷۵ و ۱۰۶ میکرون (نوع ASTM) برای آنالیز سرندي خوراک و محصول آسیا انتخاب شدند.

با توجه به اطلاعات موجود زمان ماند مواد درون آسیا به طور متوسط ۶ دقیقه است؛ ولی برای وارد کردن این عدد به نرم افزار با توجه به اینکه نرم افزار بر اساس مدل یک واحد plug flow یک واحد small plug flow و یک واحد large perfect mixer طراحی شده است؛ لذا رابطه بین زمان‌های ماند باید به صورت زیر باشد [۵]:

$$\frac{\tau_{PF}}{\tau_{SPM}} = \frac{\tau_{SPM}}{\tau_{PF}} = 1 \quad (۲)$$

$$\frac{\tau_{PF}}{\tau_{LPM}} = \frac{\tau_{SPM}}{\tau_{LPM}} = \frac{1}{7} \quad (۴)$$

$$\tau_{LPM} = 0.7 \quad (۵)$$

$$\tau_{PF} = \tau_{SPM} = 0.1 \quad (۶)$$

نرم افزار، سه زمان ماند از ما می‌گیرد که باید روابط بالا بین آنها برقرار باشد. با توجه به اینکه زمان ماند مواد درون آسیا ۶ دقیقه است پس $\tau_{PF} = \tau_{SPM} = 0.1$ و $\tau_{LPM} = 0.7$ برای دست آوردن ماتریس شکست از نرم افزار BFDS استفاده شد.

۲-۱- روش به دست آوردن تابع شکست و انتخاب

برای به دست آوردن تابع شکست از روش آزمایشگاهی استفاده گردید. در این روش، پس از انجام طبقه بندی سرندي مواد اولیه، بار موجود روی هر طبقه سرندي در یک آسیای آزمایشگاهی به مدت معینی مورد خردایش قرار گرفت. پس از طبقه بندی سرندي محصول آسیا، جرم مواد باقیمانده روی هر سرندي یادداشت شد. عمل فوق مجدداً روی نمونه‌ها انجام

۱- مقدمه

یکی از عوامل مهم در خردایش، ثابت نرخ خردایش یا تابع انتخاب ذرات است که بیانگر سینتیک عمل خردایش است. ثابت نرخ خردایش به عوامل مختلفی مثل خصوصیات کانه، قطر آسیا، سرعت گردش آسیا، اندازه و جنس گلوله‌ها بستگی دارد. معمولاً خردایش را فرآیندی با سینتیک مرتبه یک در نظر می‌گیرند. اهمیت این عوامل به این دلیل است که با مشخص بودن آن علاوه بر اینکه تصویری کلی از نحوه خردایش مواد در هر طبقه سرندي و همچنین توانایی انتخاب ابعاد گلوله‌های مناسب فراهم می‌شود، برای شبیه سازی مدار خردایش نیز قابل استفاده است که می‌تواند به عنوان یک هدف کلی مورد نظر باشد [۱].

ثابت نرخ خردایش به شکل بار خرد کننده نیز بستگی دارد که در این رابطه از نوع خاصی از بار خرد کننده به نام Cylpebs (در مقیاس آزمایشگاهی) استفاده شد و نتایج حاصل، در مقایسه با گلوله‌های معمولی نشان دادند که با استفاده از این بار خرد کننده مواد دارای سینتیک خردایش بالاتری هستند [۲].

به طور کلی، رابطه تابع انتخاب یا ثابت نرخ خردایش با زمان را می‌توان با معادله زیر تعریف نمود [۲،۳]:

$$\frac{dw_D}{dt} = -S_1 W_D \quad (۱)$$

که در آن W_D و S_1 به ترتیب جرم و سرعت خرد شدن ذراتی با ابعاد D هستند. با حل معادله فوق رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$\ln \left(\frac{W_D(t)}{W_D(0)} \right) = -S_1 t \quad (۲)$$

که S_1 همان تابع انتخاب یا ثابت نرخ خردایش و $W_D(t)$ و $W_D(0)$ به ترتیب جرم موادی به ابعاد D در زمانهای t و صفر هستند [۲،۳].

در این مقاله، به نحوه دست یابی به تابع انتخاب با استفاده از نرم افزار NGOTC و تحلیل رابطه ابعاد گلوله با تابع انتخاب اشاره شده است.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق کانسنگ معدن سرب و روی لکان واقع در

تقریباً یکسان است و در اینجا تنها روش هربست و فورستانو بررسی شده است.

در جدول (۳) نیز نتایج حاصل از نرم افزار NGOTC برای تعیین تابع انتخاب ارائه شده است. در جدول (۴) نتایج تابع انتخاب برای ابعاد مختلف گلوله برای روش هربست و فورستانو آورده شده است

جدول (۱): نتایج آنالیز سرندهی بار ورودی و محصول آسیا

ابعاد سرنده (میکرون)	درصد مانده روی سرنده (خوراک)	درصد مانده روی سرنده (محصول)
۹۵۲۵	۷/۴۶	.
۶۲۰۰	۱۳/۶۷	.
۴۷۵۰	۴/۸۷	.
۳۳۵۰	۹/۴	.
۲۳۶۰	۵/۸۳	.
۱۷۰۰	۵/۷۳	۰/۰۲۶
۱۱۸۰	۸/۲۴	۰/۲۹
۸۵۰	۹/۲۹	۱/۲۱
۶۰۰	۶/۰۷	۳/۷۳
۴۲۵	۳/۴۷	۵/۶۴
۳۰۰	۴/۸۵	۱۰/۶۵
۲۱۲	۲/۴۱	۱۳/۱۲
۱۵۰	۲/۶۶	۹/۰۸
۱۰۶	۱/۷۱	۱۲/۴۱۴
۷۵	۲/۱۹	۷/۹۲
۷۵	۸/۰۵	۳۵/۹۱

می‌شود تا زمانی که ۴۵ تا ۵۰ درصد نمونه‌ها از اولین سرنده عبور کند [۴].

اعداد به دست آمده وارد نرم افزار BFDS شده و تابع شکست به دست می‌آید. ذکر این نکته لازم است که ابتدا آزمایش را برای چند طبقه سرندهی انجام داده و نتایج را به نرم افزار می‌دهیم اگر تابع شکست نرمال شونده باشد کار برای بقیه توابع سرندهی ادامه پیدا نمی‌کند. در این آزمایش چون تابع شکست نرمال شونده نبود آزمایش برای تمام طبقات سرندهی انجام شد.

نرم افزار BFDS قادر است تا به سه روش مختلف بقوبه^۱، هربست و فورستانو^۲ و اصلاح شده هربست و فرستانو^۳ تابع شکست را به دست آورد.

بعد از به دست آوردن تابع شکست و وارد نمودن آن به نرم افزار و همچنین وارد نمودن سایر اطلاعات مورد نیاز، نتایج زیر برای ثابت نرخ خردایش به دست آمد.

ذکر این نکته لازم است که به ازای سه ماتریس تابع شکست، سه ماتریس تابع انتخاب نیز به دست آمده است.

۳- ارائه نتایج

همانطور که گفته شد برای تعیین تابع انتخاب به آنالیز سرندهی بار ورودی و محصول آسیا نیاز است که در جدول (۱) نشان داده شده است. در جدول (۲) تابع شکست حاصل از نرم افزار BFDS بر اساس روش هربست و فورستانو ارائه شده است. ذکر این نکته لازم است که اعداد حاصل از هر سه روش

جدول (۲): ماتریس تابع شکست حاصل از نرم افزار BFDS

مقادیر تابع شکست (b _{ij})														ابعاد سرنده (میکرون)	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۹۵۲۵
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۶۶۱	۶۲۰۰
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۴۲۴۵	۰/۱۰۲	۴۷۵۰
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۶۷۸	۰/۲۷۸۱	۰/۰۲۲	۳۳۵۰
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۴۰۴	۰/۰۷۲۰	۰/۰۵۵۱	۰/۰۵۰	۲۳۶۰
.	۰/۶۰۰۶	۰/۲۱۰۴	۰/۰۵۱۲	۰/۰۴۰۲	۰/۰۱۷	۱۷۰۰
.	۰/۰۴۶۴	۰/۱۳۹۳	۰/۰۹۵۶	۰/۰۴۱۴	۰/۰۲۸۸	۰/۰۱۶	۱۱۸۰
.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵۹۸	۰/۰۲۲۸	۰/۰۹۱۶	۰/۰۷۸۵	۰/۰۳۱۷	۰/۰۲۳۲۳	۰/۰۰۸	۸۵۰
.	.	.	.	.	.	۰/۴۲۹	۰/۱۵۲	۰/۰۹۱۹	۰/۰۳۰۸	۰/۰۴۰۷	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۰۲۸	۰/۰۰۷	۶۰۰
.	.	.	.	.	۰/۰۲۹۸	۰/۱۹۲	۰/۰۷۵۵	۰/۰۵۳۲	۰/۰۲۴۴	۰/۰۲۹۵	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۲۳۲	۰/۰۰۱	۴۲۵
.	.	.	.	۰/۰۴۲۱	۰/۰۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۲۵۳	۰/۰۱۷۹	۰/۰۲۲۵	۰/۰۲۰۹	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۶	۳۰۰	
.	.	.	۰/۰۴۷۳	۰/۰۱۵۰۱	۰/۰۸۰۲	۰/۰۴۳۹	۰/۰۳۵۸	۰/۰۲۵۳	۰/۰۱۰۹۷	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۲۵	۰/۰۱۲۲	۰/۰۰۲	۲۱۲	
.	.	۰/۰۶۴۸	۰/۰۱۰۳	۰/۰۱۵۴۲	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۲۷۲	۰/۰۰۱۳۱	۰/۰۰۱۰۶۶	۰/۰۰۱۲۸	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۱۲۰۲	۰/۰۰۴	۱۵۰	
.	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۱۷۱	۰/۰۰۴۰۲	۰/۰۰۲۷۱	۰/۰۰۱۷۴	۰/۰۰۳۷۳	۰/۰۰۱۰۳	۰/۰۰۱۷۷	۰/۰۰۱۰۰۶	۰/۰۰۱۲۵	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۱۲۶۴	۰/۰۰۱۴۹	۱۰۶	
۰/۰۶۴۵	۰/۰۰۲۵۹	۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۰۴۰۲	۰/۰۰۵۸۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۰۰۱۶	۷۵	

جدول (۳): ثابت نرخ خردایش (تابع انتخاب) به روشهای مختلف

ثابت نرخ خردایش (تابع انتخاب) (l/min)			طبقه سرنندی (میکرون)
روش اصلاح شده هربست و فورستانو	روش هربست و فورستانو	روش بقوبه	
۲/۱۰۹۶	۲/۱۰۹۶	۲/۱۰۹۶	۹۵۲۵
۵/۳۹۷۵	۵/۴۵۹۲	۵/۳۱۴۲	۶۲۰۰
۵/۴۷۹۵	۵/۸۴۱۹	۵/۲۶۳۹	۴۷۵۰
۷/۲۴۵۲	۷/۶۸۹۵	۸/۳۸۵۷	۳۲۵۰
۶/۳۳۳۴	۷/۴۵۱۶	۷/۴۳۵۶	۲۳۶۰
۴/۱۴۲۲	۴/۴۱۴۰	۴/۶۵۹۰	۱۷۰۰
۱/۹۹۶۵	۲/۲۰۲۰	۲/۱۱۲۴	۱۱۸۰
۱/۳۱۷۴	۱/۴۲۶۲	۱/۴۳۵۱	۸۵۰
۰/۶۷۰۰	۰/۷۴۰۹	۰/۷۴۵۱	۶۰۰
۰/۴۴۷	۰/۵۱۹۵	۰/۴۸۱۸	۴۲۵
۰/۲۳۲۰	۰/۲۴۲۵	۰/۲۵۳۸	۳۰۰
۰/۱۵۶۱	۰/۱۴۹۳	۰/۱۹۲۵	۲۱۲
۰/۱۴۹۸	۰/۱۳۶۰	۰/۱۵۱	۱۵۰
۰/۱۲۴۲	۰/۱۳۱۲	۰/۱۱۲۱	۱۰۶
۰/۱۱۵۹	۰/۱۲۷۴	۰/۱۰۲۵	۷۵

جدول (۴): تغییرات تابع انتخاب نسبت به ابعاد گلوله ها (روش هربست و فورستانو)

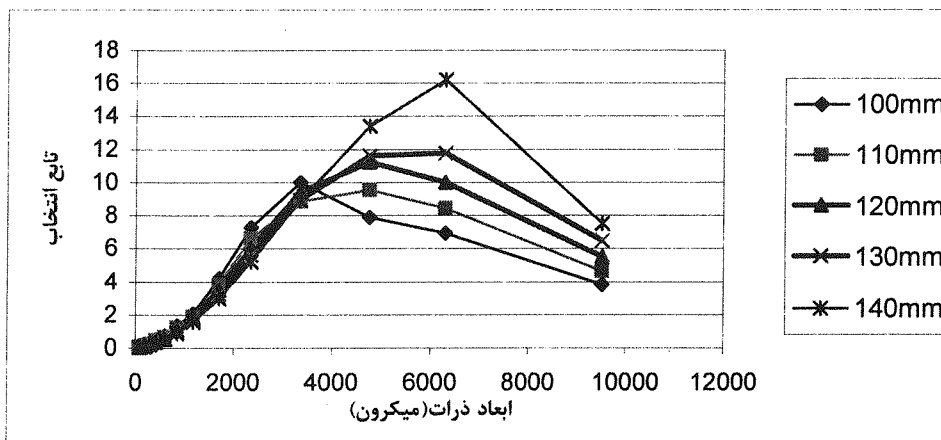
قطر گلوله (mm)										ابعاد سرنند
۱۴۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	
۷/۵۲۴۵	۶/۴۸۷۸	۵/۵۲۸	۴/۶۳۵۲	۳/۸۳۹	۳/۱۰۹۶	۲/۴۵۷	۱/۸۸۱۱	۱/۳۸۲	۰/۹۵۹۷	۹۵۲۵
۱۶/۲۰۸۴	۱۱/۷۴۸	۱۰/۱۰۰۶	۸/۴۱۰۵	۶/۹۵۰۹	۵/۶۳۰۲	۴/۴۴۸۶	۳/۴۰۵۹	۲/۵۰۲۷	۱/۷۴۱۷	۶۲۰۰
۱۳/۳۹۵	۱۱/۵۹۵۴	۱۱/۲۱۵۹	۹/۵۳۴۲	۷/۸۷۹۵	۶/۳۸۲۴	۵/۰۴۲۹	۳/۸۶۰۹	۲/۸۳۸۵	۱/۹۴۷۷	۴۷۵۰
۸/۹۲۹۴	۸/۹۵۹۶	۹/۴۲۲۱	۸/۸۴۹۱	۹/۹۸۱۹	۸/۲۹۰۸	۶/۵۵۰۸	۵/۰۱۵۵	۳/۶۸۵۶	۲/۶۰۱۵	۳۲۵۰
۵/۲۱۴۷	۵/۵۸۹	۶/۰۴۶۳	۶/۶۲۶۸	۷/۲۸۹۵	۸/۰۹۹۴	۹/۱۱۱۸	۷/۲۸۰۶	۴/۵۰۲۱	۲/۳۰۶۱	۲۳۶۰
۲/۹۷۲۸	۲/۲۴۵۵	۳/۵۳۱۴	۳/۸۳۹۲	۴/۲۳۳۱	۴/۶۹۲۴	۵/۲۷۹	۶/۰۳۱۸	۴/۳۷۷۸	۳/۳۸۱۵	۱۷۰۰
۱/۵۵۹۶	۱/۶۹۱۵	۱/۸۳۳	۱/۸۷۳۵	۲/۰۶۰۸	۲/۲۸۹۶	۲/۵۷۵۸	۲/۹۵	۳/۴۳۲۹	۲/۹۳۰۷	۱۱۸۰
۰/۸۹۲۳	۰/۹۴۹۲	۱/۰۲۱۹	۱/۲۱۱۹	۱/۳۳۳۴	۱/۴۸۲۲	۱/۶۶۷۵	۱/۸۸۸۷	۲/۲۲۵۴	۲/۳۱۹۶	۸۵۰
۰/۵۲۴۴	۰/۵۴۵۴	۰/۵۸۵۹	۰/۶۵۴۵	۰/۷۱۸۷	۰/۷۹۶۲	۰/۸۹۵۷	۱/۰۶۰۷	۱/۱۹۴۴	۱/۶۶۴۵	۶۰۰
۰/۳۲۶	۰/۳۳۴۶	۰/۳۶۰۴	۰/۴۴۷۳	۰/۴۹۴۸	۰/۵۵۷۵	۰/۶۲۷۲	۰/۶۵۳۷	۰/۸۲۹۶	۱/۱۲۴۵	۴۲۵
۰/۲۰۷۲	۰/۲۱۳۸	۰/۲۳۱۵	۰/۲۳۵۶	۰/۲۵۵۸	۰/۲۶۵۸	۰/۲۹۹	۰/۴۰۸۸	۰/۴۱۹۵	۰/۷۱۱۱	۳۰۰
۰/۱۳۲۹	۰/۱۴۱۲	۰/۱۵۴	۰/۱۶۳۶	۰/۱۸۱	۰/۲۲۵۸	۰/۲۵۴	۰/۲۶۳۹	۰/۳۰۶	۰/۴۱۱۶	۲۱۲
۰/۰۸۴۲	۰/۰۹۵۳	۰/۱۰۵	۰/۱۲۱۱	۰/۱۳۴۸	۰/۱۳۹	۰/۱۵۶۴	۰/۱۶۹	۰/۲۲۷۷	۰/۱۹۸۴	۱۵۰
۰/۰۵۱۳	۰/۰۶۵۶	۰/۰۷۲۷	۰/۰۷۰۸	۰/۰۷۶۶	۰/۰۷۷۴	۰/۰۸۷۱	۰/۱۰۰۴	۰/۱۲۱۵	۰/۰۴۶۵	۱۰۶
۰/۰۲۸۷	۰/۰۴۵۷	۰/۰۵۱	۰/۰۲۲۵	۰/۰۲۴۸	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸۲	۰/۰۴۹۸	۰/۰۴۴	۰/۰۲۳۸	۷۵

در آسیای گلوله‌ای معدن سرب و روی لکان از دو نوع گلوله به ابعاد ۸۰ و ۱۰۰ میلی متر استفاده می‌شود که متوسط قطر آنها ۹۰ در نظر گرفته شده است و سپس قطرهای مختلفی را به نرم افزار داده و در هر مورد نتایج یادداشت می‌شود. در ادامه، تغییرات ثابت نرخ خردایش (حاصل از روش هربست و فورستانو) نسبت به ابعاد ذرات برای گلوله‌های ۱۰۰،

۴- بررسی رابطه ابعاد گلوله با ثابت نرخ خردایش

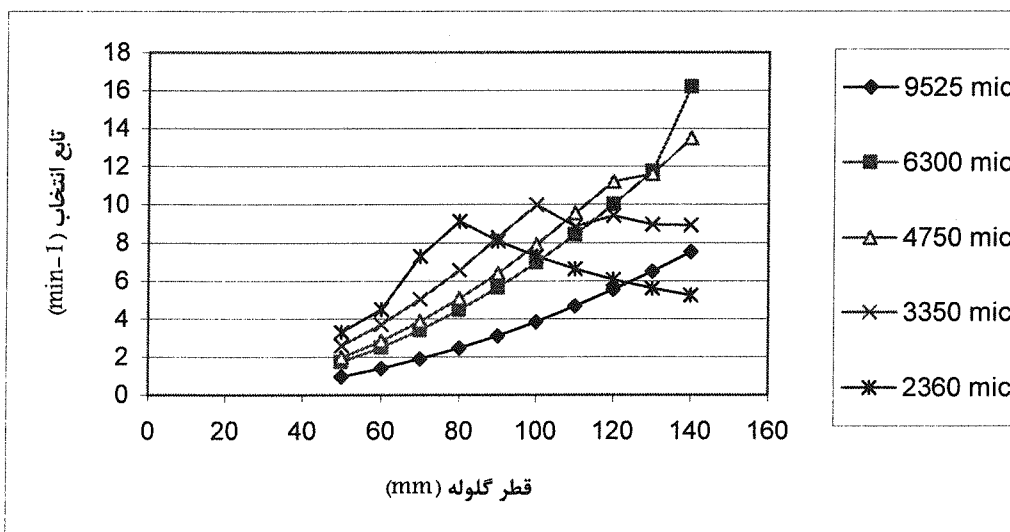
نرم افزار NGOTC این توانایی را دارد تا با بر اساس ابعاد گلوله نیز تابع انتخاب را تعیین کند. برای این کار به قطر متوسط گلوله‌های مورد استفاده در آسیا و همچنین قطر جدید گلوله‌های مورد نظر نیاز است.

۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ میلی متر رسم شد که در نمودار (۱) آورده شده است.

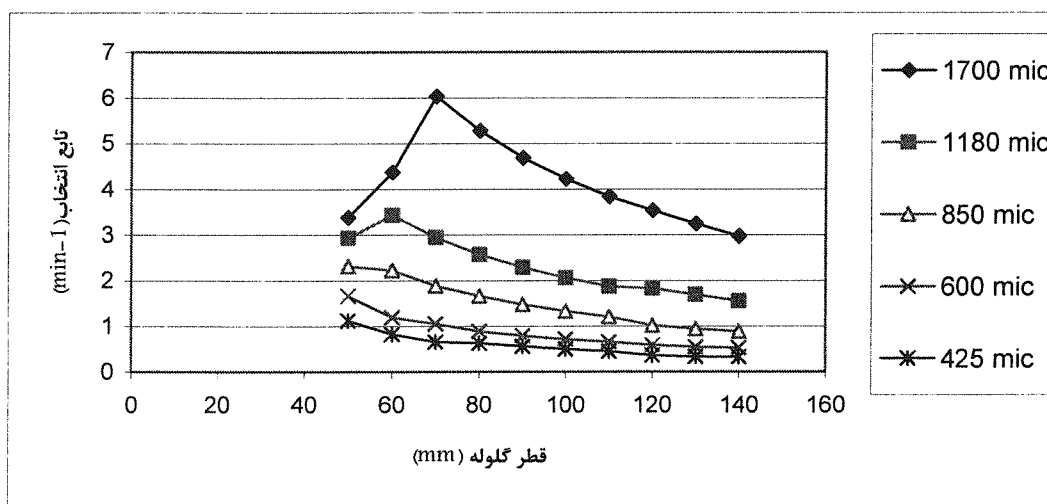


نمودار (۱): تغییرات ثابت نرخ خردایش با ابعاد ذرات (گلوله های ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰ میلی متری)

همچنین نمودار تغییرات ثابت نرخ خردایش (حاصل از روش نمودارهای (۲) و (۳) برای سرندهای مختلف ارائه شده است. هریست و فورستانو) نسبت به ابعاد گلوله رسم شد که در



نمودار (۲): تغییرات ثابت نرخ خردایش با ابعاد گلوله (طبقات سرندهای ۹۵۲۵ تا ۲۳۶۰ میکرون)



نمودار (۳): تغییرات تابع انتخاب با ابعاد گلوله ها (طبقات سرندهای ۱۷۰۰ تا ۴۲۵ میکرون)

۳۳۵۰ و ۶۳۰۰ میکرون آغاز می‌شود؛ پس در صورت استفاده از گلوله‌های ۱۳۰ میلی متری می‌توان ثابت نرخ خردایش دوطبقة سرندي ۴۷۵۰ و ۳۳۵۰ را نیز افزایش داد.

۴- طبقه سرندي ۹۵۲۵ میکرون نرخ خردایش پایینی دارد و در صورت امکان اگر بتوان این طبقه سرندي را به نحوی از بار ورودی حذف کرد راندمان آسیا افزایش خواهد یافت.

۷- منابع و مراجع

- [۱] Kotake.N, Daibi.K, Yamamoto.T, Kanda.Y; Experimental Investigation on a grinding rate constant of solid materials by a ball mill_ effect of ball diameter and feed size; Powder Technology; vol 144;2004 .
- [۲] Ipek.H; The effect of grinding media shape on breakage rate; Mineral Engineering ; vol 19 (p:91-93); 2006
- [۳] King , RP; modeling and simulation of minerals processing system ; Butterworth Heinemann, oxford , England; 2001
- [۴] فرزندگان، اکبر، کنترل و مدلسازی فرایندهای فراوری مواد معدنی (جزوه درسی)، ۱۳۸۲.
- [۵] Kamal, mohammad; grinding kinetiocs of some Egyptian feldspar; Powder Technology; vol 121; 2002
- [۶] Katake.N , Suzuki.K , Asahi.S , Kanada.H ; Experimental study on the grinding rate constant of solid materials in a ball mill ; Powder Technology; vol 122; 2002
- [۷] Deniz , v; A study on the specific rate of breakage of cement materials in a laboratory ball mill ; cement and concrete research ; vol 33 2003.

۸- زیر نویس

- 1-belgube
2-herbest and furestano
3-modifeid herbest & furestano

همان طور که در نمودار (۱) دیده می‌شود با افزایش ابعاد ذرات تا اندازه خاصی ثابت نرخ خردایش نیز افزایش می‌یابد؛ ولی از جایی این روند بر عکس می‌شود. در واقع قسمت صعودی هر نمودار قسمت نرمال آن است و از جایی که نمودار روند نزولی به خود می‌گیرد قسمت غیر نرمال نامیده می‌شود [۴].

همچنین با توجه به نمودار (۱) می‌توان دید برای گلوله‌های ۱۰۰ و ۸۰ میلی متری قسمت غیر نرمال به ترتیب از ابعاد ۲۳۶۰ و ۳۳۵۰ میکرون شروع می‌شود. با توجه به اینکه حدود ۲۵ درصد از خوراک ورودی در محدوده ۹۵۲۵-۳۳۵۰ قرار دارد، لذا بهتر است اندازه گلوله افزایش یابد. با افزایش گلوله‌ها تا ۱۳۰ میلی متر مشاهده می‌شود که بخش غیر نرمال از ۶۳۰۰ میکرون شروع می‌شود. در صورت استفاده از گلوله‌های با قطر بیش از ۱۳۰ (۱۴۰ به بالا) تغییری در قسمت غیر نرمال نمودارها ایجاد نمی‌گردد و آخرین طبقه سرندي همچنان به صورت غیر نرمال خرد می‌شود؛ پس افزایش قطر گلوله‌ها به بیش از ۱۳۰ میلی متر تغییری در قسمت غیر نرمال ایجاد نخواهد کرد. با توجه به نمودارهای (۲) و (۳) برای اکثر طبقات سرندي با افزایش ابعاد گلوله‌ها ثابت نرخ خردایش کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش را می‌توان به این صورت بیان کرد که با افزایش قطر گلوله‌ها تعداد گلوله در واحد حجم کاهش می‌یابد و در نتیجه، تعداد برخوردها بین ذره و گلوله کاهش خواهد یافت و متعاقباً ثابت نرخ خردایش نیز کاهش می‌یابد [۶،۷].

گلوله‌های کوچک تر از اندازه بهینه نیز سبب انباشته شدن ذرات دانه درشت درون آسیا می‌شوند که به شرایط بار بیش از حد منجر می‌شود [۶،۷].

در واقع، این امر نشان می‌دهد که هر طبقه سرندي به ابعاد گلوله خاصی برای خردایش بهینه احتیاج دارد و باید در بار گلوله ورودی به آسیا از چند نوع گلوله با ابعاد مختلف استفاده کرد [۷].

۶- نتیجه گیری

- ۱- طبقات سرندي ۶۳۰۰، ۴۷۵۰، ۳۳۵۰ و ۲۳۶۰ بیشترین نرخ خردایش را دارند که حدود ۲۵ درصد از بار ورودی نیز در این محدوده قرار دارد.
- ۲- طبقات سرندي ۲۱۲-۱۵۰-۱۰۶ و ۷۵ میکرون کمترین نرخ خردایش را دارند.
- ۳- با توجه به نمودار (۱) قسمت نزولی نمودار برای ابعاد گلوله ۶۰-۸۰-۱۰۰ و ۱۳۰ به ترتیب از ابعاد ذرات ۲۳۶۰-۲۳۶۰-