



کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن کارخانه فرآوری مس میدوک با استفاده نرم افزار *USIM PAC*



چکیده:

فرآیند خردایش به دلیل مصرف بالای انرژی، پرهزینه ترین بخش در کارخانه های فرآوری مواد معدنی می باشد. مدلسازی و شبیه سازی بهترین روش طراحی و بهینه سازی فرایندهای صنعتی از جمله خردایش است. هدف از پژوهش حاضر، شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن (*SAG Mill*) در مدار خردایش اولیه کارخانه فرآوری مس میدوک با نرم افزار *USIM PAC* می باشد. مدار خردایش اولیه این کارخانه شامل یک آسیای نیمه خودشکن و مدار خردایش ثانویه شامل دو آسیای گلوله ای موازی مدار بسته با یک مجموعه هیدروسیکون است. به منظور شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن، از مدل سطح ۲ نرم افزار *USIM PAC* شامل ۳۱ پارامتر استفاده شد. مهمترین پارامترهای شبیه سازی شامل قطر داخلی آسیا، نسبت طول به قطر، ابعاد روزنه های سرند ترومل، درصد حجمی پرشدگی آسیا با گلوله، دانسیته گلوله، سرعت آسیا نسبت به سرعت بحرانی، اندازه روزنه شبکه های خروجی، زمان ماند ذرات، پارامترهای تابع شکست، پارامترهای تابع انتخاب، نرخ سایش ذرات، توزیع دانه بندی خوراک، محصول و بار برگشتی آسیا می باشند. توابع شکست، انتخاب و نرخ سایش ذرات به روش محاسبه معکوس (*Back Calculation*) تعیین شدند و توزیع زمان ماند ذرات از طریق تزریق ردیاب (محلول اشباع $NaCl$) در ورودی و اندازه گیری هدایت الکتریکی جریان خروجی اندازه گیری گردید. در مجموع ۳ مرحله نمونه برداری کامل از مدار خردایش انجام شد که از ۲ مرحله برای کالیبراسیون مدل ها و ۱ مرحله برای اعتبارسنجی مدل ها استفاده شد. نتایج شبیه سازی نشان داد که پارامترهای کارآیی آسیای نیمه خودشکن شامل دانه بندی خروجی، دانه بندی بار برگشتی و توان مصرفی آسیا با دقت مطلوبی قابل پیش بینی می باشند.

کلید واژه ها: خردایش، آسیای خودشکن، شبیه سازی، بهینه سازی



کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



Simulation of SAG Mill Circuit at Miduk Copper Concentrator by USIM PAC



Abstract:

Grinding is the most energy-intensive operation in mineral processing plants. Modeling and simulation is the most efficient technique for design and optimization of industrial operations like grinding circuits. The current research study aims to simulate the SAG mill circuit at Miduk copper concentrator. The grinding circuit comprises a SAG mill followed by two parallel ball mills in closed circuit with hydrocyclones. The level 2 SAG/AG mill models consisting of 31 parameters were used for the simulation. The most significant parameters include inside mill diameter (m), length/diameter ratio, size of the trimmer openings (mm), filling with balls (%), ball density (t/m³), fraction of critical speed, size of the discharge grate openings (mm), percentage of mean residence time in the first mixer (%), breakage and selection parameters, wear coefficient, size distribution of the SAG mill feed, discharge and extracted pebbles. The breakage and selection functions along with the wear coefficient were determined by the back-calculation method. The residence time distribution (RTD) of particles in the SAG mill was measured by injection of a saturated salt solution (NaCl) to the mill inlet and detection of the solution conductivity in the mill discharge. Three sampling campaigns were carried out, two steps for calibration of the models and one step for validation of the simulation. The results indicated that the critical SAG mill performance parameters like the mill power and size distribution of feed and extracted pebbles can be accurately predicted by the simulator.

Keywords: Grinding, SAG Mill, Simulation, Optimization

مقدمه :

فرآیند خریدایش به دلیل مصرف بالای انرژی (بیش از ۵۰ درصد کل انرژی مصرفی)، معمولاً پرهزینه ترین بخش تولید در کارخانه های فرآوری مواد معدنی می باشد (Wills & Napier-Munn, 2006). مدلسازی و شبیه سازی بهترین روش طراحی و بهینه سازی فرایندهای صنعتی از جمله خریدایش است (King, 2001). هدف از مدلسازی فرایند، شبیه سازی و پیش بینی رفتار سیستم در شرایط مختلف بمنظور طراحی و یا کنترل و بهینه سازی آن بدون نیاز به انجام آزمایش های زمان بر، پرهزینه و گاهی غیرممکن است (Saderman et al., 1996). هدف از پژوهش حاضر، مدلسازی و شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن در مدار خریدایش اولیه کارخانه فرآوری مس میدوک با نرم افزار USIM PAC است. مدار خریدایش این کارخانه شامل یک آسیای نیمه خودشکن و دو آسیای گلوله ای مدار بسته با هیدروسیکلون است. با توجه به نقش کلیدی مدار خریدایش در راندمان کلی فرایند، شبیه سازی و بهینه سازی آن از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد (Hart et al., 2001).

USIM PAC یک نرم افزار شبیه سازی قدرتمند است که به مهندسين فرآوری مواد معدنی اجازه می دهد عملیات کارخانه را با استفاده از داده های تجربی و آزمایشگاهی در دسترس مدل کرده و وضعیت کارخانه را مطابق با اهداف تولید تعیین کند. مدل های موجود در USIM PAC به سطوح مختلف مبنی بر پیچیدگی شان دسته بندی شده اند (Brochot et al., 2006; BRGM, 2011). مراحل مختلف فرایند بهینه سازی مبتنی بر شبیه سازی عبارتند از (۱) تعیین مشخصه های خریدایش ماده معدنی براساس تست های آزمایشگاهی، (۲) کالیبراسیون مدل ها براساس مشخصات هندسی دستگاه ها و پارامترهای عملیاتی فرایند، (۳) شبیه سازی فرایند در

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شرایط مختلف و تعیین بهترین شرایط عملیاتی. با انجام شبیه سازی دقیق، میتوان اثر پارامترهای مختلف موثر بر کارآیی فرایند (از قبیل مقدار و اندازه گلوله شارژ شده به آسیا، سرعت آسیا، درصد جامد پالپ، دبی خوراک دهی) را بدون صرف هزینه و زمان بررسی نموده و بدین بهترین شرایط عملیاتی به منظور رسیدن به حداکثر کارآیی متالورژیکی تعیین می گردد.

شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن با استفاده از USIM PAC

این مدل سطح ۲ شامل ۳۱ پارامتر بوده که نتیجه پژوهش های گسترده انجام شده توسط آستین و همکارانش در زمینه مدلسازی آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن است (شکل ۱) (BRGM, 2011; Austin et al., 1987). پارامترهای مدل عبارتند از:

(۱) تعداد آسیاهای موازی در مدار، (۲) قطر داخلی آسیا (m)، (۳) نسبت طول به قطر آسیا، (۴) درصد پرشدگی حجمی آسیا با گلوله (%)، (۵) سرعت نسبی آسیا نسبت به سرعت بحرانی، (۶) دانسیته گلوله ها، (۷) اندازه روزنه شبکه های خروجی آسیا (mm)، (۸) ضریب نقص شبکه خروجی آسیا در طبقه بندی ذرات، (۹) ماکزیمم قطر ذرات برگشتی به آسیا (mm)، (۱۰) ضریب نقص شبکه خروجی آسیا در استخراج ذرات برگشتی، (۱۱) ضریب کارآیی استخراج ذرات برگشتی، (۱۲) مینیمم قطر ذرات برگشتی (mm)، (۱۳) نسبت زمان ماند متوسط ذرات در مخلوط کننده اول نسبت به کل زمان ماند ذرات در آسیا (%)، (۱۴) ضریب سایش (صفر برای سایش سطحی و یک برای سایش حجمی)، (۱۵) نرخ سایش برای هر جزء، (۱۶-۱۹) پارامترهای تابع شکست، (۲۰-۲۳) پارامترهای تابع انتخاب، (۲۴) درصد جامد داخل آسیا، (۲۵) تخلخل مفید بار، (۲۶) ضریب کالیبراسیون توان مصرفی، (۲۷) درصد حجمی بار داخل آسیا، (۲۸) نوع منحنی طبقه بندی (ایده ال، سرنند یا رزین راملر)، (۲۹) ابعاد روزنه های سرنند ترومل (mm)، (۳۰) میزان ذرات نرمه برگشتی به داخل آسیا به همراه ذرات درشت برگشتی، (۳۱) کارآیی سرنند ترومل.

این مدل از ترکیبی از یک روش سینتیک مرتبه اول برای مدلسازی خردایش ذرات با اندازه کمتر از روزنه شبکه های خروجی، یک تابع سایش برای مدلسازی خردایش ذرات درشت (سنگ ها) و یک تابع طبقه بندی برای مدلسازی خردایش ذرات برگشتی به آسیا استفاده می کند.

سایش سنگ ها

در این مدل، سایش سنگ ها مشابه سایش گلوله ها در مدل آستین (برای آسیاهای نیمه خودشکن) در نظر گرفته می شود. فرضیه اصلی مدل: جرم تولید شده بواسطه سایش ذرات در واحد زمان به صورت رابطه (۱) بیان می گردد:

$$\frac{dm}{dt} = 4 \pi r^{2+\Delta} \rho V \quad (1)$$

r : شعاع ذره ساییده شده (واحد طول)، Δ : ثابت سایش است (که در محدوده صفر تا ۰/۹۹۹ متغیر است. در صورتیکه سایش متناسب با سطح باشد این مقدار صفر و در صورتی که متناسب با حجم باشد، ۰/۹۹۹ است)، V : ثابت نرخ سایش (واحد آن به Δ وابسته است، اگر m/s $\Delta=0$)، P : دانسیته ذرات است.

کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



این معادله به این معناست که جرم تولید شده به وسیله سایش به ازای واحد زمان متناسب با جرم سنگ است اگر $\Delta=1$ و متناسب با مساحت سطحی سنگ است اگر $\Delta=0$ باشد. ضریب سایش (Δ) معمولاً در حدود ۰/۶ است. نتیجه سایش یک سنگ، تولید ذرات ریز (با اندازه کمتر از روزنه های شبکه) و درشت (که در فراکسیون های بعدی جای می گیرند) می باشد.

انتقال جرم سنگها

موازنه جرم مواد بر روی یک فراکسیون ابعادی مشخص هنگامی که آسیا در حالت پایدار کار می کند، به صورت رابطه زیر بیان می گردد:

تغییرات جرم به ازای واحد زمان = دبی خوراک ورودی + دبی ذرات وارد شده به این فراکسیون در اثر خردایش از فراکسیون های درشت تر (بالا تر) - دبی ذرات خارج شده از این فراکسیون در اثر خردایش (سایش) - دبی ذرات درشت خارج شده (رابطه ۲).

$$0 = Q_{fi} + (1 - \Delta) V \left(\frac{m_{i-1} \left(\frac{r_i}{r_{i-1}} \right)^3}{r_{i-1}^{1-\Delta} - r_i^{1-\Delta}} - \frac{m_i}{r_i^{1-\Delta} - r_{i+1}^{1-\Delta}} \right) - Q_{ei} \quad (2)$$

برای $\Delta \neq 1$ ، Q_{fi} : دبی خوراک (kg/s)، Q_{ei} : دبی بار برگشتی (kg/s)، V : نرخ سایش ($r^{1-\Delta}/s$)، m_i : جرم سنگها (kg)، r_i : شعاع سنگ (واحد طول)، i : شماره فراکسیون ابعادی.

مقدار V طبق رابطه (۳) را قطر آسیا در ارتباط است:

$$V = V_0 \times D \quad (3)$$

V_0 : نرخ سایش برای هر جز، D : قطر آسیا

استخراج ذرات درشت برگشتی

سنگ های با ابعاد بین بزرگترین و کوچکترین ذرات خارج شده به عنوان ذرات بحرانی^۱ در نظر گرفته می شوند. تابع طبقه بندی

ذرات در آسیای نیمه خود شکن (C_{maxi}) به صورت رابطه زیر (رابطه ۴) بیان می گردد:

$$\begin{cases} C_{maxi} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pmax}}{x_i} \right)^\alpha} & \text{if } x_i < d_{pmax} \\ C_{maxi} = 1 & \text{if } x_i \geq d_{pmax} \end{cases} \quad (4)$$

C_{maxi} : بخش ذرات مانده داخل آسیا، x_i : متوسط هندسی ابعاد ذرات فراکسیون i ام، d_{pmax} : بزرگترین ذره بحرانی و α : شیب

منحنی طبقه بندی که از رابطه (۵) محاسبه می شود:

¹ Critical

کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

$$\alpha = \frac{\log 3}{\log(I_{pmax} + \sqrt{1 + I_{pmax}^2})} \quad (5)$$

I_{pmax} : ضریب نقص

فرض شده است که شبکه برای بازگرداندن ذرات نرمه به درون آسیا به صورت تقسیم کننده کامل عمل می کند (رابطه ۶):

$$\begin{cases} C_{mini} = 0 & \text{if } x_i < d_{pmin} \\ C_{mini} = 1 & \text{if } x_i \geq d_{pmin} \end{cases} \quad (6)$$

C_{mini} : نسبت ذرات بحرانی مانده توسط شبکه، d_{pmin} : کوچکترین ذره بحرانی خارج شده

دبی قلوه های استخراج شده از آسیا طبق رابطه زیر متناسب با وزن آنها درون آسیا فرض می گردد (رابطه ۷):

$$Q_{ei} = m_i (1 - C_{maxi}) C_{mini} E \quad (7)$$

E کارآیی استخراج ذرات بحرانی است که طبق رابطه ۳-۸ تابع طول آسیا رابطه (۸) می باشد:

$$E = a_E \frac{d_{pmax}}{L} \quad (8)$$

a_E : ثابت مدل، L : طول آسیا

محاسبه توان

برای محاسبه توان آسیای نیمه خودشکن از مدل ارائه شده توسط آستین استفاده می گردد (Austin, 1990) (رابطه ۹)

$$P_w = 10/6 D^{2/5} L (1 - 10/3 T_l) \left[(1 - \varepsilon) \frac{\rho_s}{c_s} T_l + 0/6 T_b \left(\rho_b - \frac{\rho_s}{c_s} \right) \right] V_r \left(1 - \frac{0/1}{2^{9-10V_r}} \right) \quad (9)$$

P_w : توان محاسبه شده (kW)، ε : تخلخل بار (معمولاً ۰/۳)، ρ_b : دانسیته گلوله ها (t/m^3)، ρ_s : متوسط دانسیته سنگ ها (t/m^3)، c_s :

درصد جامد داخل آسیا، T_l : بخش حجمی پر شده با بار (گلوله+سنگ)، T_b : بخش حجمی پر شده با گلوله و V_r : سرعت آسیا نسبت به سرعت بحرانی

خردایش ذرات

تابع شکست ذرات از مدل آستین طبق رابطه (۱۰) محاسبه می شود:

$$B_{ij} = \varphi_j \left(\frac{d_i}{d_a} \right)^{\gamma_j} + (1 - \varphi_j) \left(\frac{d_i}{d_a} \right)^{\beta_j} \quad (10)$$

B_{ij} : تابع شکست جمعی ذرات، d_i : اندازه ذرات در فراکسیون i ، φ_j ، β_j و γ_j پارامترهای مدل، d_a : اندازه مرجع ذرات

پارامترهای مدل (β_j و φ_j) طبق روابط زیر تابع میزان پرشدگی آسیا می باشند ($T_l = 0/1 - 0/5$):



کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



$$\begin{cases} \varphi_j = \varphi_j (1 + 5(T_j - 0/3)) \\ \beta_j = \beta_j (1 + 5(T_j - 0/3)) \end{cases} \quad (11)$$

ضرایب تابع انتخاب با منطبق کردن مدل بر داده های خریدش بدست آمده از داده های کارخانه صنعتی یا نیمه صنعتی بدست می آیند. تابع انتخاب ذرات در فراکسیون های مختلف (K_i) بر طبق رابطه (۱۲) مدل سازی می شود:

$$K_i = K_1 \frac{P_u}{H_p} e^{a_1 \ln \frac{x_i}{d_g} + a_2 \left(\ln \frac{x_i}{d_g} \right)^2} \quad (12)$$

x_i : قطر متوسط ذرات در فراکسیون i ام، H_p : ماندگی ذرات درون آسیا، K_1 ، α_1 ، α_2 : پارامترهای تابع انتخاب، d_g : اندازه مرجع، P_u : توان مصرفی مفید آسیا که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P_u = P_w \frac{H - H_c + H_b}{H + H_b} \quad (13)$$

H : ماندگی سنگ ها داخل آسیا، H_c : ماندگی ذرات با ابعاد بحرانی داخل آسیا و H_b : ماندگی گلوله ها داخل آسیا

تابع انتقال ذرات درون آسیا توسط دو ظرف مخلوط کن کامل سری مدل سازی می شود. شبکه خروجی یک بار در گردش داخلی در مخلوط کن دوم ایجاد می نماید. ابعاد روزه های شبکه خروجی و ضریب طبقه بندی ذرات از جمله پارامترهای موثر بر کارایی شبکه خروجی آسیا است.

بحث و روش تحقیق:

به منظور تعیین دانه بندی و درصد جامد (نسبت رقت) جریان های مختلف آسیای نیمه خود شکن، ۳ مرحله نمونه برداری از کل مدار خریدش شامل محصول آسیای نیمه خود شکن، خوراک، سرریز و ته ریز هیدروسیکلون و محصول آسیاهای گلوله ای به مدت ۹۰ دقیقه با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه انجام گرفت. از نتایج سه مرحله نمونه برداری انجام شده از مدار خریدش، دو مرحله برای کالیبراسیون مدل ها و یک مرحله به منظور اعتبارسنجی مدل ها استفاده شد. اندازه گیری های انجام شده نشان دادند که میزان پرشدگی آسیای نیمه خود شکن با گلوله ۹٪ و با بار ۳۵-۳۲٪ حجم آسیا می باشد. به منظور تعیین توزیع زماند ذرات در آسیای نیمه خود شکن، ۱۵۰ کیلوگرم نمک طعام ($NaCl$) در ۴۰۰ لیتر آب حل شد و در ورودی آسیا به صورت ضربه تزریق، و جهت تعیین تغییرات هدایت الکتریکی پالپ از به مدت ۳۰ دقیقه نمونه گیری به عمل آمد و هدایت الکتریکی نمونه های گرفته شده تعیین گردید. پس از تعیین پارامترهای مختلف و برداشت داده ها از اتاق کنترل (توان، تناژ، بار موجود در آسیا) پارامترهای مختلف مدل کالیبره شدند. از نتایج دو مرحله نمونه برداری برای کالیبراسیون مدل ها و از یک مرحله به منظور اعتبارسنجی مدل ها استفاده شد.



کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

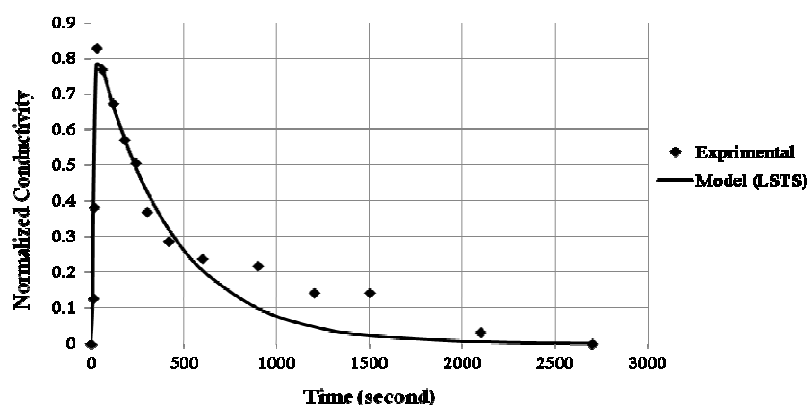


تعیین مدل توزیع زمان ماند ذرات در آسیای نیمه خودشکن

شکل ۱ تغییرات هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در خروجی آسیا را نشان می دهد. تجزیه و تحلیل نتایج با نرم افزار RTD نشان داد که بهترین مدل برازش یافته به داده ها، مدل تانک های سری بزرگ و کوچک^۱ است و متوسط زمان ماند ذرات در آسیای نیمه خودشکن ۷/۰۶ دقیقه می باشد.

کالیبراسیون مدل ها

از نتایج دو سری نمونه برداری برای کالیبراسیون مدل ها استفاده شد. ضرایب کالیبراسیون در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: منحنی توزیع زمان ماند آسیای نیمه خودشکن کارخانه فرآوری مس میدوک

جدول ۱: ضرایب کالیبراسیون مدل

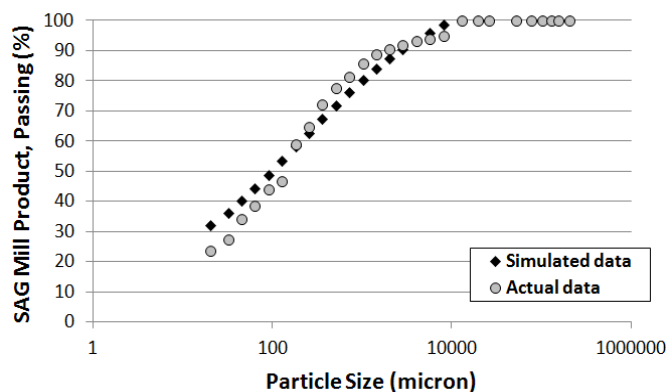
ضریب نقص شبکه خروجی	k	α_2	α_1	γ	β	ϕ	نرخ سایش	ضریب کالیبراسیون توان کشی	پارامتر
۰/۴	۰/۰۷۵	-۰/۰۰۹	۰/۴۳۸	۰/۱۵۷	۰/۱۵۱	۰/۴۳۸	۱/۲	۰/۷۰	مقدار

اعتبارسنجی نتایج شبیه سازی

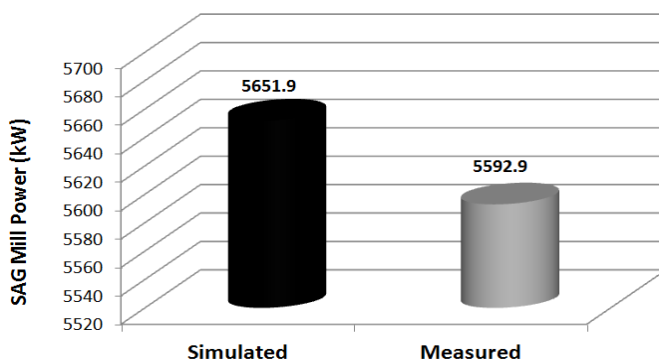
اگرچه کل مدار خریدایش کارخانه فرآوری مس میدوک شبیه سازی گردید ولی در این پژوهش فقط نتایج مربوط به شبیه سازی آسیای نیمه خودشکن ارائه می گردد. نتایج اعتبارسنجی مدل ها به صورت نمودارهای توزیع دانه بندی و توان مصرفی واقعی و شبیه سازی شده آسیای نیمه خودشکن در اشکال ۲ و ۳ ارائه شده است. تطابق بسیار خوب داده های واقعی با نتایج شبیه سازی نشان دهنده (۱) تعیین دقیق پارامترهای مورد نیاز مدل ها و (۲) توانایی بالای مدل ها در پیش بینی رفتار سیستم در شرایط عملیاتی مختلف می باشد.

¹ Large and Small Tank in Series (LSTS)

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۲: مقایسه توزیع دانه بندی شبیه سازی شده و واقعی محصول آسیای نیمه خودشکن

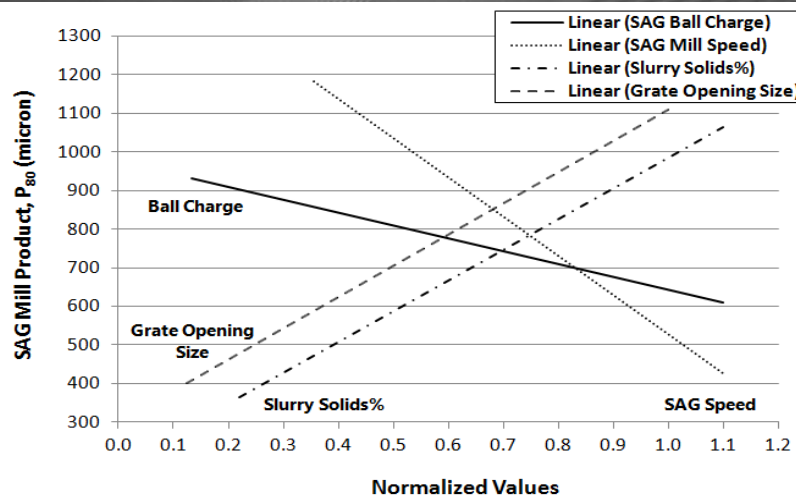


شکل ۳: مقایسه توان مصرفی شبیه سازی شده و واقعی محصول آسیای نیمه خودشکن

شبیه سازی اثر پارامترهای مختلف عملیاتی بر کارایی آسیای نیمه خودشکن

پس از اعتبارسنجی نتایج شبیه سازی، اثر پارامترهای مختلف عملیاتی (از قبیل مقدار گلوله شارژ شده، سرعت آسیا، درصد جامد پالپ داخل آسیا و ابعاد روزنه شبکه های خروجی آسیا) بر شاخص های کارایی آسیای نیمه خودشکن (از قبیل توان مصرفی، دانه بندی محصول و نرخ بار در گردش) مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل محدودیت حجم مقاله، فقط نتایج نرمالایز شده اثر پارامترهای عملیاتی مختلف بر دانه بندی محصول آسیای نیمه خودشکن ارائه می گردد (شکل ۵). شیب خط تغییرات نشان دهنده میزان تاثیر هر پارامتر بر دانه بندی محصول آسیا است. بر طبق نتایج ارائه شده مهمترین متغیرهای عملیاتی موثر بر دانه بندی محصول آسیای نیمه خودشکن به ترتیب عبارتند از: (۱) سرعت گردش آسیا، (۲) ابعاد روزنه شبکه های خروجی، (۳) درصد جامد و (۴) درصد شارژ گلوله

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۵: آنالیز حساسیت اثر پارامترهای مختلف بر دانه بندی محصول آسیای نیمه خودشکن

نتیجه گیری:

USIM PAC یک نرم افزار شبیه سازی توانمند به منظور طراحی و بهینه سازی کارخانه های فرآوری مواد معدنی است. نتایج آزمایش های توزیع زمان ماند (RTD) نشان داد که الگوی اختلاط ذرات در آسیای نیمه خودشکن، مدل تانکهای سری بزرگ و کوچک و متوسط زمان ماند ذرات در این آسیا ۷/۰۶ دقیقه است. نتایج شبیه سازی نشان داد که (۱) امکان پیش بینی شاخص های مهم کارایی آسیای نیمه خودشکن از قبیل توان مصرفی و دانه بندی محصول با دقت بسیار خوبی فراهم می باشد، (۲) مهمترین پارامترهای عملیاتی موثر بر کارایی آسیای نیمه خودشکن به ترتیب شامل سرعت، ابعاد شبکه روزنه های خروجی، درصد جامد پالپ داخل آسیا و درصد شارژ گلوله می باشند.

منابع:

- Austin, L.G., Menacho, J.M., Percy, F. (1987). "A general model for semi-autogenous and autogenous milling", *Proceeding, APCOM 87, SAIMM, Johannesburg, Vol. 2, Metallurgy, 107-126.*
- Austin, L. (1990). "A mill power equation for SAG mills. *Minerals and Metallurgical*". *Processing (February): 57-62.*
- BRGM, 2011, "USIM PAC 3.2 user manual of steady state mineral processing simulator (Unit operation model guide)".
- Brochot, S., Wiegel, R.L., Ersayin, S., Touze, S. (2006). "Modelling and Simulation of Comminution Circuits with USIM PAC." *Advances in Comminution*,: p. 495-511.
- Hart, S., Valery, W., Clements, B., Reed, M., Song, M., Dunne, R. (2001) "Optimization of the CADIA HILL SAG Mill Circuit". in *SAG 2001, University of British Columbia, Vancouver, Canada.*
- King, R.P. (2001) "Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems." : Butterworth-Heinemann.
- Saderman, P., Storeng, U., Samskog, P.O., Guyot, O., Broussaud, A. (1996) "Modelling the new LKAB Kiruna concentrator with USIM PAC. *International Journal of Mineral processing*". 44-45: p. 223-235.
- Wills, B.A., Napier-Munn, T.J. (2006) "Mineral Processing Technology" : Elsevier Science & Technology Books.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop