

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



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



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

بررسی مدار آسیا کنی مجدد کارخانه تغلیظ مس میدوک با استفاده از روش Levine در به دست آوردن اندیس کار

پورضعیف دوست ابوذر^۱، حاجی امین شیرازی حسن^۲، شمس الدینی رضا^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فراوری مواد دانشگاه شهید باهنر کرمان E-mail: Aboozarpzd@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- سرپرست تولید کارخانه تغلیظ مجتمع مس میدوک

چکیده

به منظور محاسبه توان لازم در انتخاب آسیاها برای تولید محصول مطلوب و بررسی کارایی مدارهای آسیا کنی اولیه مبنای رایج اندیس کار می باشد. ولی اندیس کار باند برای آسیا های مجدد با توجه به نرمی خوراک کاربرد ندارد. نظر به مشکل بدست آوردن اندیس کار صحیح، لوین بر مبنای انرژی مصرفی آسیای آزمایشگاهی باند در هر دور (B) روشی ارائه کرده است که اندیس کار قابل اعتمادتری برای ذرات ریز بدست می دهد. با بکار گیری نتایج آزمایش استاندارد باند در کارخانه تغلیظ مس میدوک، انرژی B برای مدار آسیا کنی مجدد 218×10^{-7} kwh/rev بدست آمد که به میانگین B که توسط باند بدست آمده است بسیار نزدیک است. نهایتاً اندیس کار مدار آسیا کنی مجدد مس میدوک تعیین شده است. مشاهده می شود که نتیجه حاصله بمراتب بزرگتر از اندیس کار عملیاتی می باشد. این امر می تواند ناشی از توزیع اندازه نامناسب بار گلوله در آسیای استاندارد باند برای آسیا کنی ذرات ریز باشد.

کلمات کلیدی: اندیس کار باند، اندیس کار عملیاتی، آسیای مجدد، مدار بسته، مدار باز، فاکتورهای کارایی

An Investigation into the Re grind Circuit at Miduk Concentration Plant Using Levine's Method in Obtaining Work Index

Poor Zaif Doost Aboozar, Haji Amin Shirazi Hassan, Shamseddini Reza

Abstract

Work index is commonly used as the basis in calculation the power needed to produce the desired grind in selecting grinding mills and in efficiency estimation of the primary grinding circuits. However, for regrind mills the Bond work index is not applicable due to fine size feed. With the difficulty in obtaining accurate work index, Levine proposed a method based on the energy consumed in each rotation of Bond laboratory mill denoted by (B), which gives a more reliable work index for fine particles. At Miduk copper concentration plant applying Bond standard test results, the energy B for the regrind circuit was found to be 218×10^{-7} kwh/rev, which is quite close to the average B obtained by Bond. Eventually the work index for regrinding circuit at Miduk is determined. It is observed that the result obtained is considerably greater than the operation work index, which could be attributed to inappropriate ball charge size distribution in standard Bond mill for fine particles grinding.

Keywords: Bond work index, Operation work index, Re grind mill, Close circuit. Open circuit, Operation factor.

۱- مقدمه

استفاده از اندیس کار و روش باند رایج ترین شیوه انتخاب اندازه و بررسی کارایی آسیاهای اولیه است. اساس بررسی کارایی به روش باند مقایسه ۲ انرژی ویژه می باشد، انرژی مصرفی آسیای در حال کار و انرژی که آسیا باید در حالت استاندارد مصرف نماید. انرژی ویژه مصرفی آسیا را اندیس کار عملیاتی و انرژی ویژه استاندارد را اندیس کار باند می نامند و نسبت این دو انرژی (W_{i0}/W_i) نشانگر عملکرد خوب و یا بد آسیا از نظر مصرف انرژی می باشد.

مدار آسیاکنی مجدد برای خردایش کنستانتره رمق گیر پر عیارکنی اولیه، رمق گیر شستشو، ذرات قفل کنستانتره نهایی یا باطله به کار می رود. آسیایی که برای این منظور به کار می رود آسیای مجدد یا ثانویه نامیده می شود. از روش باند برای بررسی کارایی آسیاهای ثانویه به ندرت استفاده شده است. این امر بعلت نامناسب بودن روش استاندارد باند برای به دست آوردن اندیس کار ذرات ریز است. مواد در آزمایش باند باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا امکان سنگ شکنی برای تهیه خوراک مخصوص کوچکتر از ۶ مش را جهت خوراک دهی به آسیای آزمایشگاهی باند فراهم نماید. بنابراین آزمایش استاندارد باند نمی تواند برای مواد ریز همچون خوراک مدار خردایش ثانویه به کار رود و معمولاً "برای اینکار از آزمون های مقایسه ای استفاده می شود، مشکل اساسی در استفاده از روش مقایسه ای تهیه ماده مرجع مناسب و تنظیم دانه بندی خوراک می باشد. اگر مواد مرجع مختلف تحت شرایط یکسان و در آسیای آزمایشگاهی یکسانی خرد شوند می توان آسیای آزمایشگاهی را استاندارد نمود و با استفاده از آن انرژی مصرفی به ازای یک دور چرخش آسیای آزمایشگاهی را به دست آورد، که پس از اینکار نیاز به ماده مرجع نخواهیم داشت.

۲- ابزار و روش تحقیق:

۱-۲- روشی جهت تعیین اندیس کار باند ذرات ریز:

این روش نخستین بار توسط Levine در سال ۱۹۸۹ ارایه شد و در آن مقدار انرژی مصرفی در هر دور چرخش آسیای آزمایشگاهی باند که با B نشان داده می شود با استفاده از نتایج حاصل از چندین آزمون استاندارد باند بدست می آید. چراکه نتایج حاصل از چندین آزمون قابل اعتماد تر خواهد بود. انرژی حاصل از هر دور چرخش آسیای آزمایشگاهی باند با استفاده از آزمون استاندارد قابلیت خردایش باند و به صورت زیر حاصل می شود:

در آزمون استاندارد باند پس از رسیدن به حالت پایدار اندیس کار باند از رابطه زیر به دست می آید:

$$W_i = \frac{49.1}{P_1^{0.23} G_{Pb}^{0.82} \left(\frac{10}{\sqrt{P80}} - \frac{10}{\sqrt{F80}} \right)} \quad (1)$$

W_i اندیس کار باند (کیلو وات ساعت بر تن)

P_{80} اندازه سرندي که ۸۰٪ محصول از آن عبور می کند.

F_{80} اندازه سرندي که ۸۰٪ خوراک از آن عبور می کند.

G_{Pb} و U به ترتیب جرم مواد زیر سرندي تولیدی در هر دور چرخش آسیای آزمایشگاهی و درصد مواد کوچکتر از سرندي کنترلی در خوراک می باشد، بنابراین مقدار کلی تولید مواد ریزتر از سرندي کنترلی در هر دور به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{100 \times G}{100 - U} \quad (2)$$

و برای تولید 10^6 گرم مواد ریزتر از سرندي کنترلی، نیاز به تعداد زیر دور چرخش آسیا می باشد:

$$\frac{10^6 \times (100 - U)}{100 \times G} \quad (3)$$

و اگر W انرژی مورد نیاز برای کاهش اندازه 10^6 گرم ماده معدنی از اندازه F به اندازه P باشد، $\frac{10^6 \times (100 - U)}{100 \times G}$ دور، معادل مصرف $W = W_i \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right), KWh$ ، انرژی خواهد بود. بنابراین یک دور چرخش آسیای آزمایشگاهی باند:

$$\frac{10 \times W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right) \times 100 \times G}{10^6 \times (100 - U)}, KWh \quad (4)$$

انرژی مصرف خواهد کرد و اگر به جای W_i ، فرمول (۱) را جایگزین نماییم خواهیم داشت:

$$B = \frac{4.9 \times 10^{-3} \times G^{0.18}}{P_1^{0.23} (100 - U)} \quad (5)$$

که B ، انرژی مصرفی به ازای هر دور چرخش آسیای آزمایشگاهی باند می باشد. (Levine, 1989)

۲-۲- تعیین مقدار B برای مجتمع مس میدوک:

برای تعیین مقدار B آسیای آزمایشگاهی باند مجتمع مس میدوک از نتایج حاصل از ۱۰ آزمون استاندارد باند که به وسیله این آسیا در سال ۱۳۸۶ انجام شده بود استفاده شد. نتایج این آزمون ها و مقدار به دست آمده برای B در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- نتایج آزمون های باند انجام شده به وسیله آسیای آزمایشگاهی باند

مجتمع مس میدوک در سال ۱۳۸۶

G_{pb}	$U(\%)$	$W_i (KWh/t)$	$B(Kwh/rev)$
۲,۲۲	۲۰,۳۵	۶,۹	$224,7 \times 10^{-7}$
۱,۸۳	۱۷,۵۳	۸,۰۸	$209,6 \times 10^{-7}$
۱,۹۱	۱۶,۹۸	۷,۸۳	$209,7 \times 10^{-7}$
۱,۷۶	۲۴,۱۹	۱۳,۶۱	$226,3 \times 10^{-7}$
۱,۸۵	۲۴,۲۵	۱۳,۱۶	$228,6 \times 10^{-7}$
۱,۵۸	۲۷,۷	۱۲,۸	$232,8 \times 10^{-7}$
۱,۵۱	۱۹,۴۱	۱۶,۲۲	$207,2 \times 10^{-7}$
۱,۳۵	۲۱,۵۵	۱۷,۷۳	$208,5 \times 10^{-7}$
۱,۵۴	۲۷,۱۷	۱۶,۴	$230,1 \times 10^{-7}$
۱,۳۸	۱۹,۲۴	۱۶,۹	$209,6 \times 10^{-7}$
$B = 218,09 \times 10^{-7} (Kwh/rev)$ میانگین			

مقدار B ، به دست آمده برای آسیای آزمایشگاهی مجتمع مس میدوک نزدیکی بسیار زیادی با مقدار B ، به دست آمده توسط Levine ($198 \times 10^{-7} Kwh/rev$) و همچنین مقدار B ، به دست آمده از نتایج آزمون های که توسط باند انجام شده ($208 \times 10^{-7} Kwh/rev$) داشت. (Levine, 1989)

۳-۲- آزمون قابلیت خردایش برای مواد ریز

روشی که توضیح داده می شود برای مدار باز با سطح کنترل ۸۰٪ به کار می رود و از آنجاکه در خوراک مورد آزمایش مقدار زیادی نرمة وجود داشت از خردایش در حالت تر و درصد جامد حجمی ۳۰٪ استفاده شد (Tuzun, 2001). حالات عملیاتی که برای آزمایش باند به کار برده می شود مانند ابعاد آسیا، سرعت آسیا، اندازه گلوله ها و بار گلوله مورد نظر، برای آزمایش قابلیت خردایش مواد ریز نیز به کار می رود. جرم موادی که باید خرد شوند از فرمول تجربی زیر به دست می آید:

$$(۶) \quad \text{دانسیتة نسبی} * ۱۳۰۰/۲۷۵ = (g) \text{جرم}$$

$$\text{دانسیتة نسبی} * ۴۷۳ =$$

برای محاسبه انرژی مورد نیاز جهت تولید ۸۰٪ محصول کوچکتر از یک اندازه بخصوص با استفاده از مدار باز خردایشی بصورت زیر عمل می کنیم:

قبل از خوراک دهی مواد به آسیا آن را کامل مخلوط و همگن نموده، دانه بندی اش را به دست آورده و میزان محصول مورد نیاز را با توجه به اندازه ۸۰٪ عبوری محصول مورد نظر به دست می آوریم، ابتدا خوراک با جرم مشخص بر حسب گرم، برای تعداد دلخواه دور چرخش آسیا خرد می شود، سپس مواد درون آسیا تخلیه، فیلتر و خشک شده با آنالیز دانه بندی محصول خرد شده، درصد مواد کوچکتر از اندازه مورد نظر را با توجه به تعداد دور چرخش آسیا به دست آورده و تعداد دور لازم برای رسیدن به ۸۰٪ محصول کوچکتر از اندازه مورد نظر را تخمین میزنیم و خوراک دیگری با همان جرم و دانه بندی را وارد آسیا نموده و برای تعداد دور به دست آمده خرد می نمائیم، موارد بالا را تکرار می نمائیم تا به محصول مورد نظر برسیم. اگر پس از N دور به میزان محصول مورد نظر دست یابیم، آنگاه m گرم از محصول با استفاده از N دور به دست می آید، در نتیجه ۱۰^۶ گرم محصول با استفاده از ۱۰^۶ * $\frac{N}{m}$ دور حاصل خواهد شد و هر دور چرخش آسیا $10^{-7} * 218 \text{ Kwh/rev}$ انرژی مصرف خواهد کرد بنابراین انرژی لازم برای تولید ۱۰^۶ گرم محصول به صورت زیر خواهد بود:

$$(۷) \quad \frac{N}{m} * 21,8 \text{ KWh}$$

شرایط استاندارد تعریف شده توسط باند، خردایش خشک و مدار بسته با بار در گردش ۲۵۰٪ می باشد، لذا برای تبدیل شرایط آزمون پیشنهادی به شرایط استاندارد تعریف شده توسط باند از فاکتورهای کارایی که توسط باند معرفی شده استفاده می شود (Rowland (1998)).

۳- ارایه نتایج و بحث

برای بررسی کارایی مدار خردایش ثانویه مجتمع مس میدوک و تعیین اندیس کار باند خوراک مدار خردایش ثانویه از آزمون خردایشی مشروحه استفاده شد. در دو آزمون خردایشی که جهت به دست آوردن اندیس کار باند خوراک ورودی به مدار خردایش ثانویه انجام شد، اندیس کار های آزمایشگاهی به دست آمده به مراتب بزرگتر از اندیس کار عملیاتی بود. نتایج آزمون های خردایشی انجام شده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: نتایج آزمون های خردایشی انجام شده

	W_i	W_{io}	W_{io}/W_i
۱	۵۷,۱۳	۳۴,۹	۰,۶۱
۲	۴۷,۲۳	۲۱,۸	۰,۴۶

محدوده قابل قبول برای نسبت $\frac{W_{io}}{W_i}$ بین ۰,۷۸ تا ۱,۲۹۸ می باشد (Austin et al., 1984). بنابراین نمی توان از این نسبت برای بررسی کارایی عملیاتی مدار استفاده نمود.

۳-۱- اعتبار اندیس کار به دست آمده

بدیهی است که با ریزتر شدن مواد، انرژی مورد نیاز جهت خردایش آنها افزایش یافته، در نتیجه اندیس کار باند مواد با کوچکتر شدن آنها افزایش خواهد یافت، اینکه در مرحله خردایش ثانویه اندیس کار بزرگی خواهیم داشت در منابع مختلفی ذکر شده است (Shelton, 1985). انتظار اندیس کار بالا در مرحله خردایش ثانویه کاملاً منطقی است چراکه باند روش استاندارد خود را برای موادی با دانه بندی و اندازه طبیعی ارایه نموده است و در صورت به کار بردن روش استاندارد باند برای مواد ریز باید انتظار اندیس کار بالایی را داشته باشیم.

۳-۲- بحث در عدم تناسب اندیس کار آزمایشگاهی و اندیس کار عملیاتی

عدم تناسب اندیس کارهای به دست آمده با اندیس کارهای عملیاتی را می توان ناشی از متفاوت بودن ترکیب گلوله های آسیای آزمایشگاهی و آسیای در حال کار، فاکتورهای کارایی اعمال شده، خطای دانه بندی ذرات ریز، و مبنای انتخاب اندازه آسیای مجتمع مس میدوک جستجو نمود.

۳-۲-۱- مناسب نبودن ترکیب گلوله های آسیای آزمایشگاهی برای خرد کردن ذرات ریز

در آسیای آزمایشگاهی باند، دامنه اندازه ای گلوله ها از ۳۸/۱ mm تا ۱۹/۱ mm می باشد. در حالیکه درون آسیای در حال کار کارخانه، بزرگترین اندازه گلوله ۳۰ mm بوده و گلوله های کوچکتر از ۳۰ mm در اندازه های مختلف درون آسیا وجود دارد. در آسیای در حال کار گلوله های کوچکتر فضای بین گلوله های بزرگتر را پر نموده در حالیکه این پر شدگی را نمی توان در آسیای آزمایشگاهی برای مواد ریز مشاهده نمود و در واقع با این ترکیب گلوله ها، احتمال گیر افتادن ذرات ریز در بین گلوله ها بسیار کم خواهد بود، که منجر به افزایش تعداد دوره های لازم جهت رسیدن به محصول مورد نظر و باتوجه به فرمول استفاده شده، منجر به افزایش اندیس کار خواهد شد.

۳-۲-۲- فاکتورهای کارایی اعمال شده

در شرایط استاندارد می توان از ضرایب مدار باز باند با صحت بالایی استفاده نمود ولی در مورد موادی با ابعاد ریز نمی توان با قاطعیت عنوان کرد که ضرایب ذکر شده تا چه اندازه می تواند ما را به شرایط استاندارد نزدیک نماید و نمی توان فاکتوری را که باند برای موادی با ابعاد طبیعی ارایه نموده با اطمینان بالایی برای مواد بسیار ریز به کار برد. این حالت برای فاکتور مربوط به خردایش در حالت تر نیز صادق است و نمی توان در مورد صحت این فاکتور برای تبدیل شرایط آزمون به شرایط استاندارد باند با قاطعیت اظهار نظر نمود.

۳-۲-۳- خطای دانه بندی ذرات ریز

عامل دیگری که می تواند منجر به عدم تناسب دو اندیس کار شود دانه بندی در مورد ذرات بسیار ریز است، چراکه آنالیز سرنندی برای موادی با ابعاد بسیار ریز خطای زیادی به همراه خواهد داشت. مواد با ابعاد ریز در حالت خشک به خوبی سرنند نمی شوند و این عامل منجر به بروز خطا در مورد تخمین میزان محصول مورد نیاز و نیز تعیین نقطه پایان آزمون خواهد شد.

۳-۲-۴- مبنای انتخاب اندازه آسیای ثانویه مجتمع مس میدوک

در انتخاب آسیای ثانویه مجتمع مس میدوک از روش باند استفاده نشده است. در صورت استفاده از روش باند، آسیای ثانویه مورد استفاده می بایست بزرگتر از اندازه کنونی می بود که منجر به توان کشی بیشتر آسیا شده و یا می بایست تعداد بیشتری آسیا به کار میرفت که خود منجر به بزرگتر شدن اندیس کار عملیاتی می شد. روشهای مختلف تعیین اندازه آسیای ثانویه به قرار ذیل می باشند (Shelton, 1985):

۱- استفاده از روش تجربی برای مشخص نمودن توان کشی

۲- استفاده از روش باند

۳- توان کشی مورد نیاز بر اساس میزان تولید محصول زیر $45 \mu m$

۴- توان مورد نیاز بر اساس میزان انرژی مصرفی آسیای گلوله ای اولیه

به نظر می رسد از یکی از دو روش سوم یا چهارم برای طراحی مدار خردایش ثانویه مجتمع مس میدوک استفاده شده است.

۳-۲-۴-۱- توان کشی مورد نیاز بر اساس میزان تولید محصول زیر $45 \mu m$

تناژ ورودی طبق طرح: ۸۵ تا ۷۴ تن بر ساعت

میزان مواد کوچکتر از $45 \mu m$ در خوراک ورودی و محصول مدار طبق طرح: ۶۴٪ و ۸۸٪

در کارخانه های مختلف، برای تولید یک تن محصول کوچکتر از $45 \mu m$ ، انرژی در حدود ۲۵ تا $33 KW$ در نظر گرفته

می شود (Shelton, 1985) بنابراین توان کشی آسیا از طریق زیر به دست خواهد آمد:

$$\left(\frac{25+33}{2}\right) \times \left(\frac{88-64}{2}\right) \times 85 = 591.6 \quad (۸)$$

۳-۲-۴-۲- توان مورد نیاز براساس میزان انرژی مصرفی آسیای گلوله ای اولیه

مجتمع تغلیظ مس میدوک دو آسیای گلوله ای اولیه دارد که در انتخاب آنها از روش باند استفاده شده است و توان کشی هر یک از آسیاها 2984 KW می باشد. میزان انرژی مصرفی توسط آسیای ثانویه 2.5 تا 12.5% انرژی مصرفی آسیاهای اولیه موجود در کارخانه است که در انتخاب آنها از روش باند استفاده شده است و محدوده میانگین صنعتی حدود 10% می باشد (Shelton, 1985). بنابراین توان کشی آسیا از طریق زیر به دست خواهد آمد:

$$0.1 \times (2984 \times 2) = 596.8 \quad (۹)$$

۴- نتیجه گیری

با استفاده از روش Levine انرژی مصرفی در هر دور چرخش آسیای آزما یشگاهی باند (B) بسیار نزدیک به میانگین ارائه شده توسط باند بدست آمده و بر این اساس اندیس کار باند برای آسیای مجدد مس میدوک تعیین گردید. اندیس کار بدست آمده بمراتب بزرگتر از اندیس کار عملیاتی می باشد. این امر می تواند ناشی از تفاوت ترکیب اندازه گلوله های آسیای آزمایشگاهی و صنعتی، فاکتورهای کارایی اعمال شده، خطای دانه بندی ذرات ریز و مبنای انتخاب آسیای مجدد باشد. در نتیجه روش باند روش مناسبی جهت انتخاب اندازه آسیاهای ثانویه نمی باشد.

تقدیر و تشکر

از زحمات پرسنل محترم مجتمع مس میدوک و ریاست محترم واحد فرآوری مواد امور تحقیق و توسعه مجتمع مس سرچشمه خانم مهندس زید آبادی، سرپرست واحد متالورژی کارخانه تغلیظ مجتمع مس میدوک جناب آقای مهندس حکمتی و دوست عزیزم آقای مهندس گرمسیری صمیمانه سپاسگزارم.

۵- مراجع

- [1] Levine, J, "Observations On the Bond Standard Grindability Test, And A Proposal For Standard Grindability Test For Fine Materials", Minerals & Metallurgical processing, Vol.89. No. 1, South African 1989.
- [2] Shelton, D.C., "Regrind Mill Sizing", XVI International Mineral Processing Congress, 1985
- [3] Cyetkoveski, Vladimir et al., "New Efficiency Factor EF_9 For The Calculation Of Regrinding Power", Innovations in mineral processing, Sudbury. June 1994.
- [4] Rowland, C. A., "Selection of Rod Mills, Ball Mills and Regrind Mills", Mineral processing plant design practice and control proceedings, vol.1, SME, 2002.
- [5] "Miduk Metallurgical Study", 1998.
- [6] Austin, L.G., Klimpel, R.R. and Luckie, P.T., "Process Engineering Of Size Reduction: Ball Milling", Published by: Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York, 1984.
- [7] Rowland, C. A., "Using the Bond Work Index To Measure Operating Comminution Efficiency", Minerals & Metallurgical processing, Vol.15. No.4, November 1998.

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



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



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی