



بررسی تأثیر سختی خوراک بر توان مصرفی آسیاهای خودشکن در مدار خردایش کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر

احمد اکبری نسب^{۱*}، عباس سام^۲ و صمد بنیسی^۳

۱- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، شرکت سنگ آهن گل گهر، واحد فرآوری

۲- استادیار بخش مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار بخش مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

Email:a_akbari_nasab@yahoo.com

Email:sam@mail.uk.ac.ir

چکیده

معمولًا تغییر سختی سنگ معدن در آسیاهای نوع خودشکن باعث نوسان چشمگیر در ظرفیت و نهایتاً تولید کارخانه می شود. به عبارت دیگر، ظرفیت این نوع آسیاهای سخت وایسته به شدت وایسته به خصوصیات خوراک ورودی به آنهاست بطوریکه کارآبی مناسب فرآیند نرم کنی در آسیاهای نوع خودشکن به خصوصیات قطعاتی از سنگ معدن که واسطه خردایش را تشکیل می دهند، بستگی دارد. در این ارتباط، یکی از مهمترین پارامترها، سختی (grindability) یا قابلیت خردشدن سنگ معدن است که بیانگر میزان مقاومتی است که سنگ معدن در مقابل خردایش از خود نشان می دهد. بنابراین، روشی که قابلیت پیش بینی رفتار و ارزیابی عملکرد آسیاهای نوع خودشکن در مقابله سنگهای معدنی با خصوصیات خردایشی مختلف را با زمانبندی و هزینه معقول داشته باشد، مورد نیاز است. در این تحقیق، ضمن مروری بر تحقیقات گذشته در این زمینه، با ارائه روشنی سازگار با استاندارد موجود و بررسی بازه تغییرات سختی در سنگ معدن ورودی به کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر، ارتباط بین سختی سنگ معدن و توان مصرفی آسیای خودشکن مشخص گردید. میزان نوسانات انرژی مصرفی آسیای خودشکن در گذشته نیز مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین قابلیت اطمینان به روشهای نمونه گیری از کارخانه و تقسیم نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه نتایج دانه بندی خوراک و محصول آزمایش تعیین سختی در حد واسطه دانه بندی خوراک و محصول آسیای خودشکن نشان داد که محدوده دانه بندی آزمایش تعیین سختی در حد واسطه دانه بندی خوراک و محصول آسیای خودشکن قرار دارد و اندازه $P_{4\%}$ محصول آزمایش تعیین سختی تقریباً برابر با اندازه $P_{8\%}$ محصول آسیای خودشکن کارخانه است.

واژه های کلیدی : آسیای خودشکن، سختی(قابلیت خردایش)، انرژی مصرفی، گل گهر، دانه بندی، آزمایش تعیین سختی

* سیرجان، کیلومتر ۵۰ جاده شیراز، شرکت سنگ آهن گل گهر، امور فرآوری



۱- مقدمه

استفاده از آسیاهای نوع خودشکن بدليل بکارگیری ماده معدنی به عنوان واسطه خردایش که منجر به افزایش تولید و نیز کاهش هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی می شود، عمومیت یافته است. خردایش سنگ معدن با هدف رساندن ابعاد بار اولیه به حد مطلوب جهت عملیات بعدی، اولین بخش هر واحد فرآوری بعد از مرحله سنگ شکنی است که نقش مهمی را در عملکرد و اقتصاد این واحدها بر عهده دارد؛ بطوريکه بیش از ۵۰٪ هزینه فرآوری و بالغ بر ۷۰٪ انرژی مصرفی را به خود اختصاص می دهد.

کنترل فرآيند مناسب بستگی به نحوه طراحی کارخانه بخصوص مراحل همگن سازی ماده معدنی دارد. زیرا با همگن سازی مناسب ماده معدنی، از نوسانات کمی و کیفی آن کاسته شده و شرایط عملیاتی کارخانه بهتر خواهد بود. در این جهت، با ايجاد ارتباطی مناسب بين مرحله استخراج و مرحله فرآوری می توان ترکيبی مناسب از ماده معدنی را جهت پرعيارکنی آماده نمود. از جمله مسائل موجود در اين زمينه، متغير بودن خصوصيات خردایشي خوراک ورودی به کارخانه فرآوری و همچنین توزيع دانه بندی آن است که باعث بروز مشکل در ايجاد و حفظ شرایط بهينه و پايدار در آسیاهای نوع خودشکن می گردد. به عنوان مثال، تغيير توزيع دانه بندی خوراک بر انرژي مصرفی آسيا و بارگيری حجمي آن تأثير می گذارد.

زمانیکه سختی بار ورودی به کارخانه مشخص است، کاهش تولید کارخانه در اثر نوسان سختی ماده معدنی می تواند از قبیل و با صرف هزینه ای اندک برطرف گردد. با الگو گرفتن از يك روش استاندارد آزمایش سختی که در ادامه تشریح خواهد شد، پیش بینی گردید که می توان رابطه ای خاص بين سختی سنگ معدن و انرژي مصرفی مورد نیاز جهت خردایش در آسیاهای خودشکن مجتمع سنگ آهن گل گهر ارائه داد.

۲- مروری بر تحقیقات گذشته

هزینه زياد و مشکل تهيه نمونه به روش متداول، شرکتهای مختلف را بر آن داشت تا روش ساده تری را جهت پیش بینی انرژي مورد نیاز آسیاهای نوع خودشکن پیدا کنند. شرکت Minnovex آزمایش شاخص توان برای آسیاهای نيمه خودشکن^۱ (SPI) را پیشنهاد کرد. در روشهاي قبلی برای اندازه گيری سختی ماده

^۱ SAG Power Index



معدنی باید نمونه های کلی بالغ بر ۲۰ تن و یا بیشتر، جهت انجام آزمایش‌های نیمه صنعتی آماده می شد. در سال ۱۹۹۳ این شرکت امکان استفاده از آزمایش کوچک مقیاس آسیای نیمه خودشکن (نمونه ای به وزن ۲ kg متشکل از مغزه های حفاری اکتشافی) را جهت پیش بینی توان مورد نیاز آسیاهای نوع نیمه خودشکن و خودشکن مورد بررسی قرار داد. [۱]

پس از بررسیها و آزمایش‌های بسیاری که توسط شرکت Minnovex در معادن مختلفی که از آسیاهای نیمه خودشکن استفاده می کردند، به عمل آمد، در نهایت، پیش بینی توان مصرفی این نوع آسیاهای به صورت فرمول زیر ارائه گردید : [۳]

$$(P_{\text{A}}) = \frac{(T)}{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)^{-0.33}} \quad (1)$$

که در آن :

P_{A} = اندازه محصول آسیای نیمه خودشکن صنعتی (میکرون)

T = زمان حاصل از آزمایش سختی (دقیقه)^۱

۳- روش تحقیق

۱-۱- تجهیزات و وسائل مورد نیاز

بطور کلی تجهیزات و وسائلی که در انجام این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، به شرح زیر است:

- آسیای نیمه خود شکن آزمایشگاهی به قطر ۳۰/۵ cm و طول ۱۰/۲ cm برای نرم کردن نمونه ۲ کیلوگرمی
- گلوله های فولادی به قطر ۲/۵cm و ۳/۵cm به عنوان واسطه خردایش
- سرندهای استاندارد از ۱۹mm تا $150\mu\text{m}$ جهت دانه بندی مواد
- ترازوی دیجیتالی برای توزین مواد

^۱ این پارامتر در ادامه تشریح خواهد شد.



- سنگ شکن فکی آزمایشگاهی به منظور آماده سازی خوارک آزمایش

- تقسیم کننده مجرایی یا هر وسیله تقسیم نمونه

- زمان سنج برای اندازه گیری زمان

۲-۳- تشریح آزمایش سختی

آزمایش شامل یک سری مراحل سنگ شکنی، سرندکنی و دانه بندی خشک است. در ابتدا باید نمونه مورد نظر آماده سازی شود. بدین منظور کل نمونه توسط یک سنگ شکن فکی تا ۱۰۰٪ عبوری از سرند ۱۹ mm خردمند شود بطوریکه $K_{8.7} = 12/7 \text{ mm}$ باشد. خروجی سنگ شکن فکی باید طوری تنظیم شود که از لحظه دانه بندی، $K_{8.0}$ مورد نظر را ایجاد نماید. پس از انجام یک آنالیز سرندی و ثبت نتایج، مقدار ۴۰۰ گرم از مواد کاملاً مخلوط شده روی سرند ۱۲/۷ mm را با ۱۶۰۰ گرم از مواد کاملاً مخلوط شده زیر سرند (جمعاً ۲۰۰۰ گرم) با هم ترکیب شده و به همراه گلوله به داخل آسیا شارژ می گردد (۱۵٪ حجمی آسیا گلوله هایی به قطر ۲/۵ cm و ۲۱٪ [۲]).

آسیا و زمان سنج به طور هم زمان شروع به کار می کنند. اولین زمان نرم کنی (به طور تجربی) در حدود نصف زمانیکه برای نرم کنی کامل مورد نیاز است، تخمین زده می شود (بایستی احتیاط نمود که یک نمونه جدید یا ناشناخته، بیش از حد نرم نشود). پس از اولین مرحله نرم کنی، نمونه از داخل آسیا برداشته شده و با سرند ۱۰ mesh (۱/۷ mm) سرند می شود. در صورتیکه وزن مواد مانده روی این سرند بیش از ۴۰۰ گرم باشد، نمونه به همراه گلوله جهت نرم کنی بیشتر به آسیا برگردانده می شود. زیرا باید ۸۰٪ مواد از سرند ۱۰ mesh (۱/۷ mm) عبور کند. بدین منظور دوباره یک زمان برای نرم کنی بیشتر تخمین زده می شود.

با تکرار این روش (در صورت لزوم تا چندین بار)، نمونه تا اندازه تعیین شده (۱۰ mesh) نرم می شود. زمان به دست آمده از آزمایش یادداشت می گردد. این زمان (بر حسب دقیقه) نمایانگر میزان سختی نسبی نمونه مزبور است که در ادامه به کاربرد آن خواهیم پرداخت. هنگامیکه عملیات نرم کنی به پایان رسید، آنالیز سرندی کاملی روی نمونه انجام می شود.

در این تحقیق، به دلیل زمانبر بودن آزمایش به هنگام استفاده از گلوله های ۲/۵ cm (به علت سختی کانسار گل گهر)، از گلوله های ۳/۵ cm به عنوان واسطه خردایش جهت انجام آزمایشها استفاده گردید. [۳]



۳-۳- روش نمونه گیری از کارخانه [۴]

سنگ آهن استخراج شده از معدن سنگ آهن گل گهر پس از یک مرحله سنگ شکن ژیراتوری با استفاده از نوار نقاله وارد سیلوهای تغذیه کارخانه فرآوری می شود. در زیر هر سیلو چهار عدد خوراک دهنده لرزشی عمل خوراک دهی به سه آسیای خود شکن خشک را که به طور موازی با یکدیگر کار می کنند، انجام می دهند. خوراک ورودی به آسیا در اثر گردش آسیا و عمدتاً با ایجاد مکانیزم سایش و ضربه نرم می شود. مواد نرم شده درون آسیا توسط یک سیستم مکش هوا به خارج از آسیا هدایت می شود. خروجی آسیا پس از طبقه بندی توسط یک کلاسیفایر هوایی و سیکلون، بر روی یک سرند دو طبقه با دهانه های ۲۰ و ۳ میلیمتر منتقل می شود. مواد زیر ۳ میلیمتر به عنوان خوراک وارد جداکننده های مغناطیسی خشک شده و مواد بالای ۲۰ میلیمتر به دلیل کیفیت پایین و مقدار کم از مدار خارج می گردد. در حال حاضر ذرات بین ۳ تا ۲۰ میلیمتر از مدار فرآوری خارج می گردند و قرار است در آینده، خرد و فرآوری شوند.

برای انجام مراحل اولیه تحقیق لازم بود از ورودی کارخانه نمونه گیری انجام شود. بدین منظور در نهایت تصمیم بر این شد که نمونه ها در یک دوره زمانی یک ساعته از نوار نقاله ورودی آسیای خودشکن خط(۱) گرفته شوند. شایان ذکر است که در یک دوره نمونه گیری، داده های عملیاتی مربوط به آن دوره (توان مصرفی آسیا، تناژ ورودی به آسیا، دانه بندی محصول آسیا، درجه حرارت و فشار قبل و بعد از آسیا) نیز باید ثبت گردد.

روش نمونه گیری بدین صورت انجام گرفت که هر دو دقیقه یک بار توسط یک بیلچه یا با دست، یک تکه سنگ (تقریباً به اندازه کف دست) بصورت تصادفی از نوار نقاله بار ورودی خط (۱) برداشته شد. در همین زمان از محصول آسیا نیز نمونه برداری انجام گردید. در نهایت به میزان ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم نمونه از خوراک آسیا و در حدود ۱۰ کیلوگرم نمونه از محصول آسیا برداشته شد. نمونه های خوراک پس از انتقال به کارخانه نیمه صنعتی و آماده سازی، طبق روشی که تشريح گردید، جهت تعیین سختی مورد آزمایش قرار گرفتند.

۳-۴- بررسی قابلیت اطمینان به روش نمونه برداری و روش تقسیم نمونه

وجود نوسان در سیستمهای عملیاتی معدنی، طبیعی است. ممکن است این سؤال پیش آید که اگر بدليل نوسان موجود در سیستم، دو سری نمونه گیری بطور همزمان انجام گیرد، آیا این دو نمونه نتیجه یکسانی را در بر خواهند داشت یا خیر؟ به عبارت دیگر آیا سختی این دو نمونه یکی است؟



بدین منظور دو سری نمونه گیری بطور همزمان از ورودی آسیای خودشکن خط (۱) کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر انجام شد و بر روی هر کدام از این نمونه‌ها، آزمایش سختی انجام گرفت که نتیجه رضایت‌بخشی را در پی داشت (جدول ۱). ملاحظه می‌شود که اختلاف زمانهای حاصله (۱ دقیقه) در مقایسه با میانگین زمان بدست آمده (۵۰/۵ دقیقه)، بسیار ناچیز است؛ بنابراین می‌توان به روش نمونه گیری از کارخانه اعتماد نمود.

جدول ۱- نتیجه بررسی روش نمونه برداری از ورودی آسیا

میانگین دو زمان (دقیقه)	اختلاف دو زمان (دقیقه)	زمان آزمایش سختی نمونه دوم (دقیقه)	زمان آزمایش سختی نمونه اول (دقیقه)
۵۰/۵	۱	۵۱	۵۰

همچنین جهت تأیید روش تقسیم نمونه‌ها (تکرار پذیری آزمایش) نیز یک آزمایش به صورت زیر انجام گردید. در ابتدا یک نمونه توسط تقسیم کننده مجرایی به چهار قسمت تقسیم شد. سپس (پس از آماده سازی نمونه‌ها) روی هر کدام از بخش‌های تقسیم شده یک آزمایش سختی انجام گرفت. نتایج این بررسی در جدول (۲) آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود اختلاف در زمان‌های بدست آمده ناچیز بوده و لذا روش تقسیم نمونه، روش مناسبی است (البته این رویکرد در مورد تمام نمونه‌هایی که بعداً در کارخانه نیمه صنعتی مورد آزمایش قرار گرفتند نیز صادق بود اما این بررسی صرفاً به منظور تأیید تکرارپذیری آزمایش انجام گردید).

جدول ۲- نتیجه بررسی تکرار پذیری آزمایش

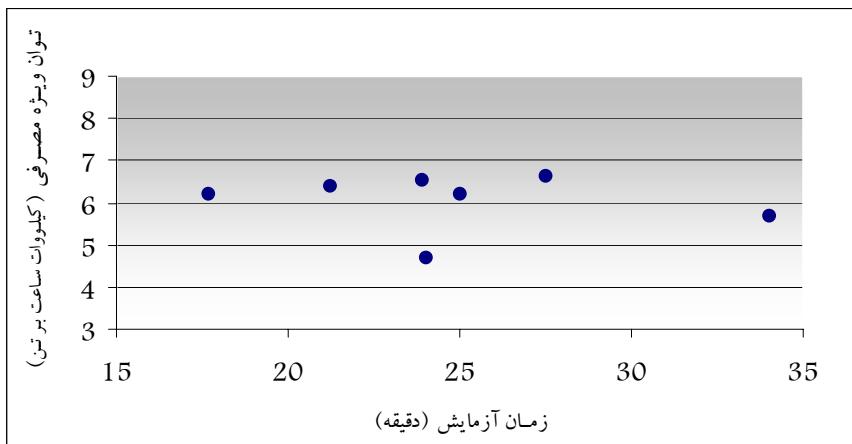
شماره نمونه	زمان آزمایش سختی (دقیقه)	k .۰ محصل آزمایش سختی (میکرون)
۱	۳۵	۱۶۰۰
۲	۳۵/۱	۱۵۶۰
۳	۳۴/۸	۱۴۸۰
۴	۳۶	۱۶۲۷
میانگین انحراف معیار	۴۵/۲	۱۵۶۶
انحراف معیار نسبی	۰/۵۴	۶۴
	٪ ۱/۵۴	٪ ۴



۴- ارائه نتایج و بحث

۱-۴- نتیجه بررسی های اولیه

به دلیل عدم آگاهی از توزیع زمان ماند مواد(RTD)^۱ در آسیای خودشکن و مشکل بودن تعیین این پارامتر(بخصوص در مورد آسیاها)ی که بصورت خشک کار می کنند، نتایج مربوط به دوره های زمانی نمونه گیری یک ساعته، چندان رضایت‌بخش نبود. بدین معنی که هر چه توان مصرفی آسیا در طول یک دوره نمونه گیری بیشتر باشد(سختی نمونه بالاتر)، قطعاً بایستی زمان آزمایش سختی نیز بیشتر باشد. این مسئله هنگامیکه نمونه ها در دوره های زمانی یک ساعت اخذ شدند، در مورد تمامی نمونه ها صدق نبود(شکل ۱). در نهایت، این مشکل با افزایش طول دوره نمونه گیری از یک ساعت به دو ساعت، مرتفع گردید (شکل ۲).



شکل ۱- توان ویژه مصرفی در کارخانه نسبت به زمان بدست آمده از آزمایش سختی
(نمونه گیری یک ساعته)

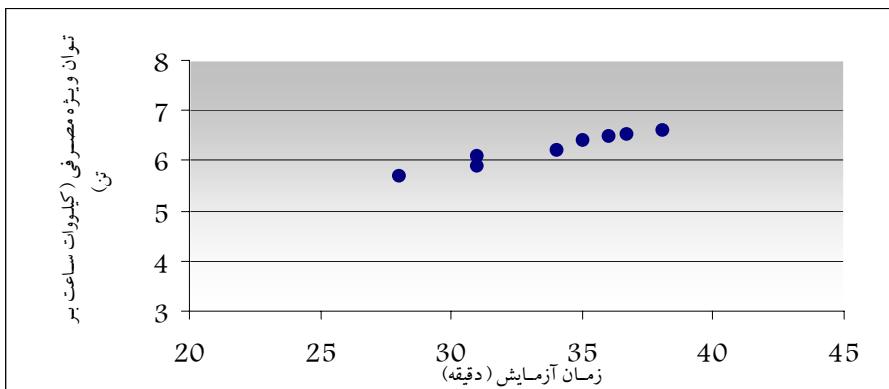
^۱Residence Time Distribution



مشکل دیگر مربوط به استفاده از گلوله های $2/5$ سانتیمتری بود که به دلیل عدم توانایی کافی در نرم کنی نمونه، زمان آزمایش را تا حد زیادی طولانی می ساخت (در بعضی موارد تا ۷ یا ۸ ساعت). به نظر می رسد که در هنگام استفاده از این گلوله ها، مکانیزم اصلی نرم کنی، سایش است. برای حل این مشکل نیز تصمیم به استفاده از گلوله های $3/5$ سانتیمتری موجود در کارخانه نیمه صنعتی مجتمع گل گهر گرفته شد.

۲-۴- تعیین رابطه بین سختی خوراک و توان مصرفی آسیا

پس از انجام یک سری نمونه گیری از خوراک آسیای خودشکن خط (۱) و انتقال و آماده سازی نمونه ها و انجام آزمایش سختی بر روی آنها، نهایتاً ارتباط بین نتیجه آزمایشها (زمان حاصل از آزمایش) و انرژی ویژه مصرفی آسیا، بصورت شکل (۲) مشخص گردید. همانطور که ملاحظه می شود به دلیل عدم نوسان زیاد در توان مصرفی آسیا در وضعیت فعلی، نقاط بدست آمده در یک ناحیه تمرکز یافته اند.



شکل ۲- توان ویژه مصرفی در کارخانه نسبت به زمان بدست آمده از آزمایش سختی
(نمونه گیری دو ساعته)

با توجه به شکل (۲) ملاحظه می گردد که تمام نقاطی که زمان آزمایش سختی در آنها بین $25-40$ دقیقه است به توانی معادل $5-7 \text{ kWh/t}$ نیاز دارند. این مسئله در مورد پیش بینی توان مصرفی در آینده، می تواند به عنوان یک محدودیت مطرح شود. زیرا به عنوان مثال اگر زمان بدست آمده از یک نمونه خاص برابر با 15 دقیقه باشد، در این صورت نمی توان در مورد توان نیاز آن جهت نرم کنی در آسیای خودشکن صنعتی پیش بینی انجام داد.



این مشکل نیز با همکاری دفتر طراحی معدن رفع گردید. بدین صورت که تغذیه کارخانه طی چندین روز بصورت مستقیم (بدون همگن سازی) انجام گرفت و در این مدت نمونه هایی از بار سخت (نمونه های A-۹ و A-۱۰ و A-۱۱ و A-۱۲ و A-۱۳) و بار نرم (نمونه های A-۱۴) ورودی به کارخانه گرفته شد. سپس آزمایش سختی بر روی آنها انجام گردید که نتایج آن در جدول های (۳) و (۴) آورده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمایش سختی نمونه های مربوط به بار سخت

شماره نمونه	توان ویژه مصرفی (kWh/t)	زمان آزمایش سختی (دقیقه)
A-۹	۸/۷	۵۱
A-۱۰	۸/۶	۵۰
A-۱۱	۸/۷	۵۰

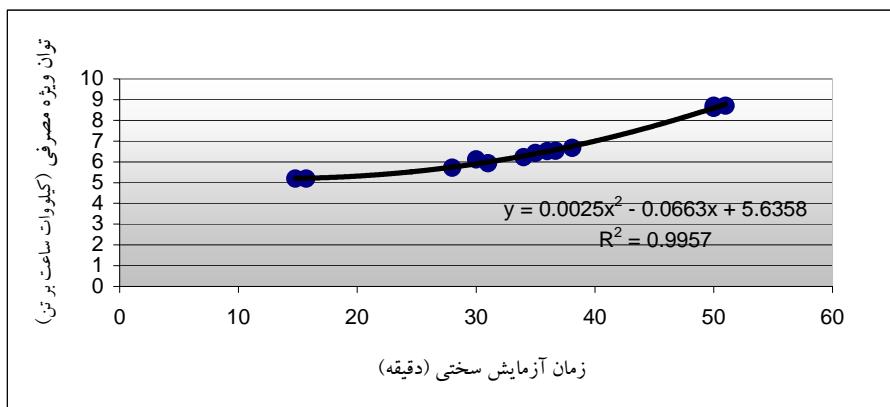
جدول ۴- نتایج آزمایش سختی نمونه های مربوط به بار نرم

شماره نمونه	توان ویژه مصرفی (kWh/t)	زمان آزمایش سختی (دقیقه)
A-۱۲	۵/۲	۱۵/۷
A-۱۳	۵/۲	۱۴/۸

در نهایت بر اساس تحقیق انجام شده، رابطه کلی زیر بین توان مصرفی آسیا و سختی بار ورودی به آن حاصل گردید.

$$(2) \quad (kWh/t) = ۰/۰۰۲۵ T^2 - ۰/۰۰۶۶۳ T + ۵/۶۳۵۸$$

که در آن T زمان حاصل از آزمایش سختی است. مقدار R^2 (ضریب رگرسیون) نیز برابر با $0/۹۹۵۷$ بdst آمد که میزان بسیار مطلوبی است(شکل ۳).



شکل ۳- برآشن ن نقاط بدست آمده از آزمایشها

۳-۴- بررسی اعتبارسنجی مدل بدست آمده

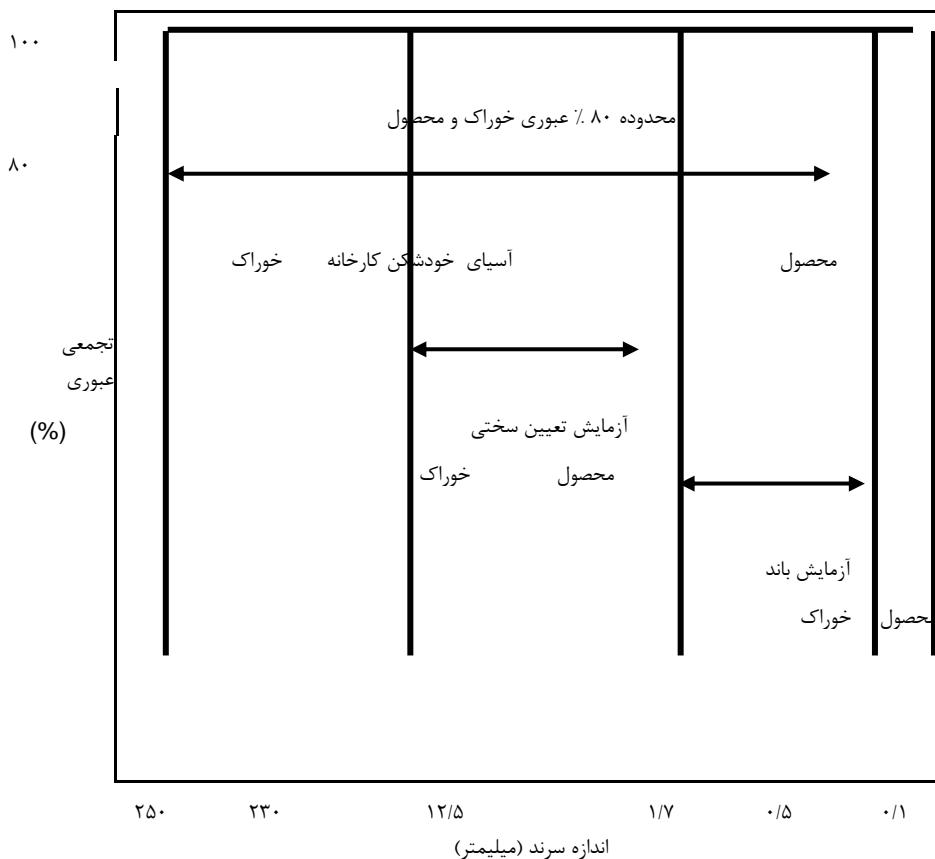
به منظور بررسی اعتبار فرمول بدست آمده، سه سری نمونه گیری از بار ورودی آسیای خودشکن انجام گردید. سپس سختی هر یک از این نمونه ها تعیین شد و در مورد هر نمونه، بر اساس فرمول ارائه شده (معادله ۲)، توان مصرفی آسیای خودشکن کارخانه پیش بینی گردید. در نهایت، توان پیش بینی شده با توان واقعی آسیای کارخانه مقایسه گردید که نتایج آن در جدول (۵) ملاحظه می گردد.

جدول ۵- مقایسه نتایج پیش بینی شده با نتایج واقعی کارخانه

شماره نمونه	زمان آزمایش سختی (دقیقه)	توان مصرفی پیش بینی شده (kWh/t)	توان مصرفی واقعی (kWh/t)	اختلاف
۱	۳۱/۵	۶	۶/۲	۰/۲
۲	۳۵	۶/۴۳	۶/۴	۰/۰۳
۳	۳۹	۶/۸۵	۶/۹	۰/۰۵



۴-۴- بررسی محدوده ابعادی عملکرد آزمایش تعیین سختی از نظر دانه بندی
 بدین منظور با انجام آنالیز سرندی خوارک و محصول آزمایش سختی و مقایسه آن با دانه بندی خوارک و محصول آسیای صنعتی و نیز مقایسه با دانه بندی خوارک و محصول آزمایش باند، محدوده دانه بندی آزمایش تعیین سختی، مشخص شد و در یک نمودار ارائه گردید (شکل ۴).



شکل ۴- محدوده عملکرد دانه بندی آزمایش تعیین سختی



همچنین به منظور بررسی امکان پیش بینی دانه بندی محصول آسیای کارخانه، دانه بندی محصول این آزمایش با دانه بندی محصول آسیای خودشکن کارخانه مقایسه گردید (جدول ۶).

جدول ۶ - مقایسه نتایج دانه بندی حاصل از آزمایش سختی با دانه بندی محصول آسیای خودشکن در زمان نمونه گیری

اختلاف (میکرون)	اندازه P ₈₀ محصول آسیای خودشکن (میکرون)	اندازه P ₆₄ محصول آزمایش سختی (میکرون)	شماره نمونه
۱۸	۴۸۰	۴۶۲	B - ۱
۱۸	۵۲۰	۵۰۲	B - ۲
۱۹	۴۹۵	۵۱۴	B - ۳
۲۰	۴۸۰	۵۰۰	B - ۴
۱۴۶	۵۹۰	۷۳۶	B - ۵
۱۵	۵۰۰	۵۱۵	B - ۶
۲۰	۴۶۰	۴۴۰	B - ۷
۵۳	۴۵۳	۴۰۰	B - ۸
۳۰	۵۷۰	۴۴۰	B - ۹
۸۰	۵۱۰	۴۳۰	B - ۱۰
۶۰	۴۷۰	۴۱۰	B - ۱۱
۴۰	۵۲۰	۴۸۰	B - ۱۲
۲۵	۴۹۰	۴۶۵	B - ۱۳

همانگونه که در جدول (۶) ملاحظه می گردد، اندازه P₆₄ محصول آزمایش سختی تقریباً در محدوده P₈₀ محصول آسیای خودشکن کارخانه می باشد. به عبارت دیگر، نتیجه کاربردی این بررسی این است که با انجام آزمایش سختی بر روی یک نمونه خاص، می توان اندازه P₈₀ محصول حاصل از خردایش آن در آسیای خودشکن کارخانه را پیش بینی نمود.



۵- نتیجه گیری

- با بررسی نتایج آزمایشهای انجام شده، رابطه تجربی بین توان مصرفی آسیای خودشکن و سختی (قابلیت خردایش) خوراک ورودی به کارخانه ارائه گردید.
- مطالعه دانه بندی خوراک و محصول آزمایشهای انجام شده در طی یکسال نشان داد که محدوده دانه بندی آزمایش تعیین سختی در حد واسط دانه بندی خوراک و محصول آسیای خودشکن قرار دارد.
- با مقایسه دانه بندی محصول آسیای خودشکن و محصول بدست آمده از آزمایش سختی مشخص شد که اندازه P_{64} محصول آزمایش سختی تقریباً برابر با اندازه P_8 محصول آسیای خودشکن است.
- حداکثر خطای روش نمونه گیری مورد استفاده و روش تقسیم نمونه های اخذ شده، به ترتیب ۲ و ۴ درصد بدست آمد.
- روش نمونه گیری در بازه زمانی دو ساعته نسبت به بازه یک ساعته از قابلیت اعتماد خوبی برخوردار است.

پیشنهادها

- به منظور همگن سازی بار ورودی به کارخانه (از لحاظ سختی) با نمونه گیری از سینه کارهای معدن و انجام آزمایش سختی، می توان بار مناسبی را جهت خوراک دهی به کارخانه آماده نمود.
- با انجام آزمایش سختی بر روی مغزه های حفاری اکتشافی، می توان به طراحی و برنامه ریزی استخراج معدن کمک نمود.
- با انجام آزمایش سختی بر روی نمونه های حاصل از انفجار، می توان پروفیل تغییر پذیری سختی در کانسار گل گهر را تعیین نمود.
- امکان پیش بینی دانه بندی محصول آسیای صنعتی با توجه به نتایج آزمایش سختی وجود دارد.
- این روش را می توان در هر معدنی که از آسیای نوع خودشکن استفاده می کند، جهت پیش بینی توان مورد نیاز آسیا در فرآیند نرم کنی، بکار گرفت.



تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسؤولین محترم مجتمع سنگ آهن گل گهر بخصوص مدیریت محترم امور فرآوری و پرسنل شرکت گوهر روش که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

کتابنامه

- ۱) Andre McKen, Hans Raabe, John Mosher. "Application of Operating Work Indices to Evaluate Individual Sections in Autogenous-Semiautogenous/Ball Mill Circuits", SAG ۲۰۱ Conference, Canada, pp. ۱۵۱-۱۶۴.
- ۲) Starkey, John and Dobby, Glenn."Application of the Minnovex SAG Power Index at Five Canadian SAG Plants", International Autogenous and Semiautogenous Grinding Technology, ۱۹۹۶, pp. ۳۴۵-۳۶۰..
- ۳) Starkey, John, "Private Commuinucation", ۲۰۰۳
- ۴) Starkey, John. "A New Tool for SAG Hardness Testing", Annual General Meeting of The CIM, Vancouver, ۱۹۹۴. No. V.
- ۵) Starkey, John.Hhndstrom, Sami.Orser, Travis. "Choosing a SAG Mill to Achieve Design Performance", ۲۵th Annual General Meeting of the Canadian Mineral Processors, January ۲۱-۲۲, ۲۰۰۳. Ottawa, Canada, pp. ۳۰۵-۳۱۶.
- ۶) Press Look-Minnovex Technologies, January ۱۹۹۸, pp. ۴.
- ۷) Kosick, Glenn and Bennet, Chris," The Value of Orebody Power Requirement Profile for SAG Circuit Design", ۳۱st Annual General Meeting of the Canadian Mineral Processors, Ottawa, ۱۹۹۹, pp. ۲۴۱-۲۵۳.
- ۸) Peter Amelunxen, Chris Bennet, Patrick Garretson, Heidi Mertig."Use of Geostatistics to Generate an Orebody Hardness Dataset and to Quantify the Relationship between Sample Spacing and the Precision of the Throughput Predictions", SAG ۲۰۱ Conference, Canada, pp. ۲۰۷-۲۲۰..
- ۹) John Mosher and Tony Bigg, "SAG Mill Test Methodology for Design and Optimization", SAG ۲۰۱ Conference, Canada, pp. ۳۴۸-۳۶۱.
- ۱۰) John Starkey, Jean Robitaille, Paul Cousin, James Jordan and Glenn Kosick."Design of the Agnico-Eagle Laronde Division SAG Mill", SAG ۲۰۱ Conference, Canada, pp. ۱۶۵-۱۷۸.