بررسی تأثیر دانه بندی سنگ معدن *ورودی* بر کارآیی عملیات سنگ شکنی مجتمع مس سرچشمه

محسن امیررحمت[۱] محمد رضا صادق زاده[۲]

۱- لیسانس مهندسی استخراج معدن، امور تحقیق و توسعه مجتمع مس سرچشمه

۲- لیسانس مهندسی استخراج معدن، امور تغلیظ مجتمع مس سرچشمه

E-mail: amirrahmat@nicico.com, sadeghzadeh@nicico.com

چکیده

روزانه بیش از ۴۰۰۰۰ تن ماده معدنی از معدن مس سرچشمه استخراج میگردد و عملیات خردایش، آسیاکنی و فلوتاسیون در ادامه فرآیند جهت جدایش کانه از باطله انجام میگیرد.

با توجه به آنکه بخشی از عملیات آزاد سازی کانه از باطله توسط فرآیند سنگ شکنی عملی میگردد، بررسی و شناسایی پارامترهای موثر بر کارآیی کارخانه سنگ شکنی میتواند اثر مهمی بر کاهش هزینه عملیاتی و برنامه ریزی بهتر عملیات داشته باشد. این مقاله بررسی یکی از عوامل موثر بر کارآیی کارخانه سنگ شکنی یعنی دانه بندی سنگ معدن ورودی را مورد بررسی قرار داده است

در طول انجام این تحقیق جهت بررسی تاثیر دانه بندی خوراک بر محصول، نمونه گیری متناسب با وضعیت عملیاتی طراحی گردید و شش نمونه از خوراک و شش نمونه از محصول کارخانه سنگ شکنی تهیه شد. سپس آنالیز سرندی بر روی نمونه های فوق بعمل آمد و نتایج حاصله نشان داد که دانه بندی خوراک نسبت به طرح اولیه ریزدانه تر بوده و دانه بندی محصول نسبت به طرح اولیه درشت دانه تر میباشد. همچنین اثر تغییرات دانه بندی خوراک بر کیفیت دانه بندی محصول بررسی شد و تاثیر وضعیت دانه بندی خوراک بر زمان کارکرد سنگ شکن مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان نتیجه گیری شد که جهت کاهش هزینه های عملیاتی، تغییر دانه بندی خوراک و محصول و انطباق آن با طرح اولیه میتواند اثر مهمی بر هزینه عملیاتی داشته باشد.

واژه های کلیدی: مس سرچشمه دانه بندی سنگ شکنی کارآیی

---

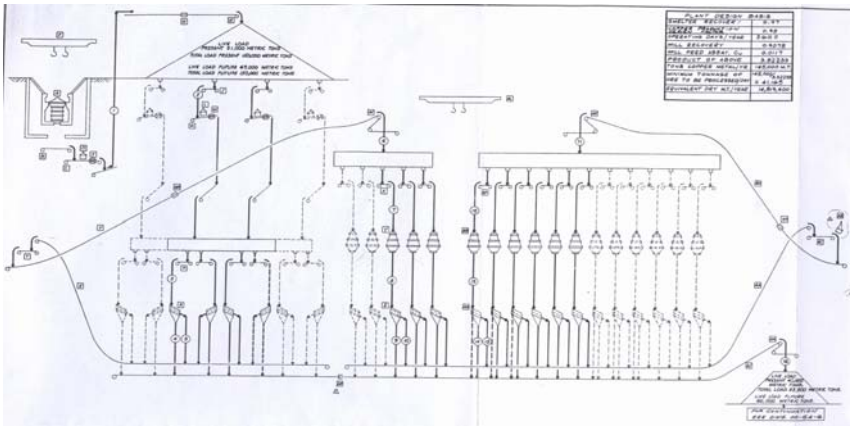
[۱] – رفسنجان- مجتمع مس سرچشمه - مرکز تحقیق و توسعه – بخش تحقیقات معدنی

مقدمه

کانسار مس سرچشمه از چهار نوع سنگ معدن که در بر گیرنده ماده معدنی است تشکیل شده و این سنگها هر یک برحسب نوع آلتراسیون و کانیهای متشکله و شرایط پیدایش دارای درجه استحکام و سختی بخصوصی میباشند. بر حسب این درجه استحکام و سختی، آتشباری انواع سنگ معدن و سنگ شکنی اولیه آنها دانه بندیهای گوناگونی را برای محصول معدن تامین مینماید. محصول معدن خوراک کارخانه تغلیظ است و در تداوم خردایش سنگ معدن توسط واحد سنگ شکنی، عوامل متعددی کارآیی عملیات سنگ شکنی را تحت تاثیر قرار میدهد. هدف این پروژه بررسی یکی از این عوامل یعنی تاثیر دانه بندی سنگ معدن ورودی بر کارآیی عملیات سنگ شکنی است.

شرح مدار سنگ شکنی کارخانه تغلیظ

روزانه حدود ۴۰۰۰۰ تن ماده معدنی با عیار تقریباً ۱٪ مس از معدن مس سرچشمه توسط کامیون به سنگ شکن اولیه حمل میشود. در سنگ شکن اولیه، سنگ معدن خرد شده و محصولی با $D_{۹۵}$ = ۲۰ cm توسط نوار به انبار درشت ارسال میگردد. از این مرحله عملیات تکمیلی خردایش آغاز میشود. واحد سنگ شکنی کارخانه تغلیظ شامل دو مرحله سنگ شکنی ثانویه وثالثیه به اضافه سرندهای مربوطه میباشد(شکل ۱).



شکل ۱ ـ شمایی از واحد سنگ شکنی کارخانه تغلیظ مجتمع مس سرچشمه [۱]

در این مرحله ماده معدنی از انبار درشت به سرندهای اولیه هدایت شده و بعد از سرند شدن، ماده معدنی با ابعاد کمتر از نیم اینچ توسط نوار ۱۱ به انبار نرمه منتقل میشود و خاک با دانه بندی درشتتر از ۰/۵ اینچ به

مخازن سنگ شکن های ثانویه حمل میگردد و توسط سه سنگ شکن مخروطی استاندارد بـه ظرفیـت ۷۰۶ تن متریک در ساعت، عملیات خردایش ادامه مییابد. محصول سنگ شکنهای فوق وارد سـرند هـای ثانویـه میشود و ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ توسط نوار ۱۱ به انبار نرمه ارسال میشود و ذرات درشتتر از ۰/۵ اینچ بـه مرحله سوم سنگ شکنی که توسط ۶ سنگ شکن مخروطی سرکوتاه و در یک سیکل بسـته انجـام میشـود فرستاده میشود. ظرفیت سنگ شکنهای ثالثیه ۳۹۶ تن در ساعت است. محصول سـنگ شـکنهای فـوق وارد سرندهای ثالثیه میشود و ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ بر روی نوار ۱۱ ریخته شـده و ذرات درشـتتر در سـیکل بسته به صورت بار در گردش به سنگ شکن ثالثیه جهت خردایش مجدد باز میگردد. عملیات فوق تا زمـانی که دانه بندی کل ماده معدنی به زیر ۰/۵ اینچ برسد ادامه خواهد داشت. محصول واحد سنگ شکنی در انبـار نرمه جمع آوری شده و جهت ادامه عملیات خردایش خوراک آسـیاهای اولیـه را تشـکیل میدهـد. بعـد از دو مرحله عملیات نرم کنی توسط آسیا جهت رساندن کانی به درجه آزادی مناسب، عملیات فلوتاسیون بـر روی خوراک فوق انجام می شود و روزانه نزدیک به ۱۴۰۰ تن کنسانتره با عیار حـدود ۳۰٪ جهـت عملیـات ذوب فرآوری میگردد.

روش تحقیق

مطالعات نشان می دهد که بر اثر تغییر در دانه بندی سنگ معدن ورودی به کارخانه سنگ شکنی، نوساناتی در متغیرهای ذیل بوجود می آید:

۱- ظرفیت کارخانه
۲- ساعات کارکرد مفید سنگ شکن
۳- مصرف انرژی
٤- کیفیت محصول تولیدی از نظر دانه بندی
٥- هزینه عملیاتی

ارزیابی میزان تغییرات سودمند در هر یک از متغیر های ذکر شده را می توان بعنوان شاخص ارزیابی کـارآیی در نظر گرفت.

در این تحقیق از بررسی تغییرات هزینه عملیاتی به علت آنکه امکان ارسال خاک با دانه بندی ثابت و به مدت زمانی طولانی و موثر (مثلاً یکسال) و کنترل تاثیر آن بر کاهش یا افـزایش هزینـه و نمـایش کمـی آن عمـلاً امکانپذیر نبود صرف نظر شد. همچنین بدلیل اینکه بررسی میزان مصرف انرژی سنگ شکنی نیـاز بـه نصـب دستگاههایی خاص با حساسیت بالاتر از کنتورهای موجود در کارخانه داشـت و بـا توجـه بـه موجـود نبـودن دستگاههای کنترلی فوق در مجتمع، انجام این بررسی میسر نگردید.

سرانجام از بین شاخص های کارآیی، تغییرات کیفی محصول کارخانه و تغییرات کمی ساعات کارکرد سنگ شکنی به عنوان شاخص ارزیابی کارآیی انتخاب شد.

نمونه گیری

جهت بررسی تاثیر دانه بندی خوراک بر کیفیت محصول، ممکن ترین روش این بود که از خاک ورودی و خروجی کارخانه سنگ شکنی نمونه گیری شود و با انجام آنالیز سرندی، وضعیت دانه بندی تعیین گردد. لذا با توجه به متغیر بودن شرایط در طول زمان تصمیم گرفته شد که در طول مدت یک سال ۶ نمونه گرفته شود و با انجام آنالیز سرندی، وضعیت دانه بندی نمونه های فوق مشخص گردد. طراحی نمونه گیری مناسب این تحقیق شامل موارد ذیل بود:

وزن نمونه: جهت محاسبه وزن نمونه مورد نیاز در تست دانه بندی از فرمول اصلاح شده جی [۲] استفاده شد و وزن هر نمونه از خوراک برابر با ۱۰ تن و هر نمونه از محصول برابر با ۲۳ کیلوگرم محاسبه گردید. [۳]

تعداد جز نمونه: بدلیل مشکلات عملیاتی در هر بار نمونه گیری تنها یک جز نمونه تهیه گردید و نتایج آن به کل خوراک روزانه تعمیم داده شد.

محل نمونه گیری : نوار ۳A که در تونلهای زیر انبار درشت کارخانه تغلیظ قرار دارد بعنوان محل نمونه گیری خاک ورودی و نوار ۱۱ بعنوان محل نمونه گیری از خاک خروجی در نظر گرفته شد.

شرح عملیات نمونه گیری و سرند کنی

در طول انجام این تحقیق، شش نمونه تقریباً ۱۰ تنی از انبار درشت(بعنوان نمونه از خوراک کارخانه سنگ شکنی) و شش نمونه تقریباً ۲۳ کیلوگرمی از نوار ۱۱ (بعنوان نمونه از محصول کارخانه سنگ شکنی)گرفته شد. سپس نمونه های بدست آمده به کارخانه آزمایشی تغلیظ حمل و در محوطه کارخانه سرند گردید. چشمه های سرندهایی که از آنها برای سرند کنی خوراک استفاده شد بترتیب ۵ ، ۴ ،۳ ، ۲ ، ۱/۷۵، ۱/۲۵ ، ۰/۷۵ و ۰/۵ اینچ و چشمه های سرندهایی که از آنها برای سرند کنی محصول استفاده شد بترتیب ۱۹ و۱۲/۷ میلیمتر و ۳ و ۶ و۱۰ و ۱۵ و ۲۰ و ۲۸ مش بود. پس از سرند کنی و جدایش و طبقه بندی کامل نمونه های گرفته شده، عملیات توزین خاک باقیمانده بر روی هر سرند انجام گرفت و در نهایت پس از جمع آوری داده ها، جدول توزیع ابعادی هر نمونه تهیه و نمودار مربوطه ترسیم شد.

ارائه یافته ها

در این قسمت نتایج آنالیز سرندی شش نمونه ای که از خوراک و محصول واحد سنگ شکن گرفته شد در مقایسه با وضعیت آنالیز سرندی خوراک و محصول کارخانه سنگ شکنی طبق طرح اولیه در دو حالت سرسیت پایین (خاک با سختی بالا) و سرسیت بالا(خاک نرم) در جداول (۱) و (۲) و اشکال شماره (۲) و (۳) منعکس گردیده است.

جدول ۱ـ وضعیت توزیع ابعادی شش نمونه گرفته شده از خوراک در مقایسه با طرح اولیه [۳]

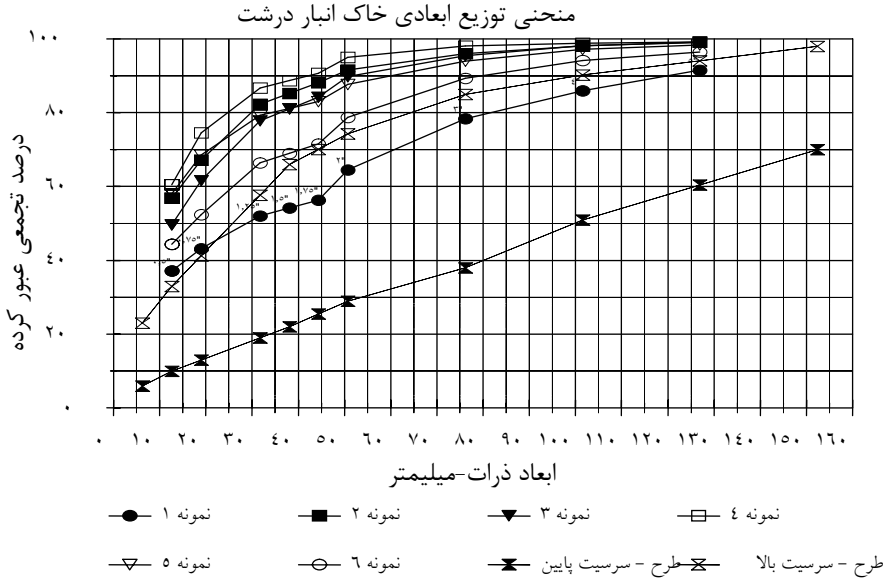
طرح اولیه – سرسیت بالا	طرح اولیه- سرسیت پایین	نمونه ۶	نمونه ۵	نمونه ۴	نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱	درصد تجمعی عبوری	ابعاد دهانه سرند (mm)
۲۳	۶								۶,۳۵*
۳۳	۱۰	۴۴,۳۷	۵۸,۱	۶۰,۵۳	۴۹,۶۷	۵۶,۸۹	۳۷,۱۴		۱۲,۷
۴۱,۲۵	۱۳	۵۲,۴۲	۶۸,۶	۷۴,۵۵	۶۱,۶۶	۶۷,۲۳	۴۳,۲۳		۱۹,۰۵
۵۷,۷۵	۱۹	۶۶,۵	۷۹,۳	۸۶,۶۸	۷۷,۸۹	۸۲,۳	۵۲,۰۳		۳۱,۷۵
۶۶	۲۲	۶۹,۰۴	۸۱,۲	۸۸,۷	۸۱,۰۹	۸۵,۲۶	۵۴,۲		۳۸,۱**
۷۰,۱۵	۲۵,۴۹	۷۱,۵۷	۸۳,۱	۹۰,۷۱	۸۴,۲۸	۸۸,۲۱	۵۶,۳۸		۴۴,۴۵
۷۴,۲۹	۲۸,۹۸	۷۸,۸	۸۷,۷	۹۵,۰۱	۸۹,۸	۹۱,۶۳	۶۴,۵۲		۵۰,۸
۸۵	۳۸	۸۹,۴	۹۴	۹۸,۱۷	۹۵,۴۹	۹۶,۰۴	۷۸,۴۴		۷۶,۲
۹۰,۲۵	۵۰,۹۲	۹۴,۱۷	۹۷,۲	۹۸,۸۵	۹۸,۲۴	۹۸,۱۲	۸۶,۰۱		۱۰۱,۶
۹۴,۱۲	۶۰,۴۶	۹۶,۴۷	۹۸,۴	۹۹,۲۵	۹۹	۹۹,۲۵	۹۱,۵۴		۱۲۷
۹۸	۷۰								۱۵۲,۴*

*این سرند مربوط به طرح اولیه می باشد.** درصد عبوری از این سرند برای شش نمونه جدید توسط اینترپوله محاسبه شده است.

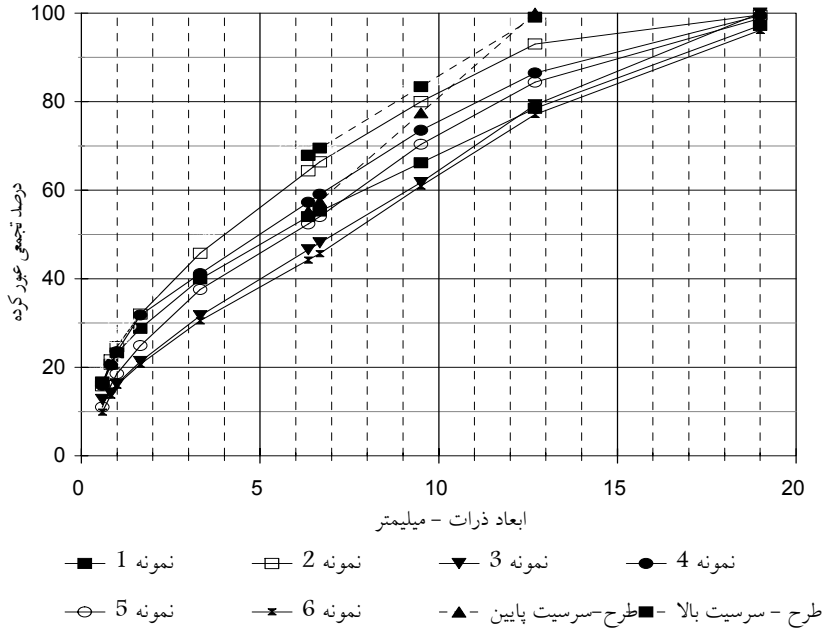
جدول ۲ـ وضعیت توزیع ابعادی شش نمونه گرفته شده از محصول در مقایسه با طرح اولیه [۳]

طرح اولیه – سرسیت بالا	طرح اولیه- سرسیت پایین	نمونه ۶	نمونه ۵	نمونه ۴	نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱		ابعاد دهانه سرند (mm)
		۹,۹۴	۱۱,۰۱	۱۵,۹۷	۱۲,۷۶	۱۵,۸۹	۱۶,۷	درصد تجمعی عبوری	۰,۵۸۹*
		۱۳,۸	۱۵,۹۶	۲۰,۵۵	۱۴,۱۸	۲۱,۶۶	۲۰,۶۸		۰,۸۳۳*
		۱۶,۰۱	۱۸,۵۷	۲۳,۵۵	۱۶,۳۲	۲۴,۷۴	۲۳,۳		۱*
		۲۰,۷۵	۲۴,۹۳	۳۱,۸۶	۲۱,۳۱	۳۲,۰۲	۲۸,۷۸		۱,۶۵۱*
		۳۰,۵۶	۳۷,۶۱	۴۱,۱۶	۳۱,۶۸	۴۵,۷۷	۳۹,۹۹		۳,۳۲۷*
۶۷,۹	۵۵,۲	۴۴,۲۶	۵۲,۴۱	۵۷,۳۱	۴۶,۵۵	۶۴,۴۲	۵۴,۰۳		۶,۳۵
۶۹,۵۲	۵۷,۵۳	۴۵,۷۵	۵۴,۰۳	۵۹,۰۷	۴۸,۱۷	۶۶,۴۶	۵۵,۳		۶,۶۸*
۸۳,۴۲	۷۷,۴۹	۶۰,۹۸	۷۰,۳۶	۷۳,۵۴	۶۱,۷۳	۸۰,۰۵	۶۶,۲		۹,۵۱
۹۹,۱	۱۰۰	۷۷,۱۵	۸۴,۴۶	۸۶,۴۹	۷۹,۳۳	۹۳,۰۴	۷۸,۴۹		۱۲,۷*
		۹۶,۱۵	۹۸,۸۳	۹۹,۴۸	۱۰۰	۹۹,۶۱	۹۷,۲۵		۱۹*
۱۰۰									۳۸,۱

*این سرندها مربوط به سرندکنی ۶ نمونه جدید از محصول می باشد. سایر سرند ها مربوط به طرح اولیه بوده و درصد عبوری از آنها برای شش نمونه جدید توسط اینترپوله محاسبه شده است.



شکل ۲ ـ وضعیت دانه بندی شش نمونه گرفته شده از خوراک و مقایسه با طرح [۳]



شکل ۳ـ وضعیت دانه بندی شش نمونه گرفته شده از محصول و مقایسه با طرح [۳]

محاسبات آماری بر روی داده های دانه بندی سنگ معدن ورودی(خوراک)

با استفاده از نتایج بدست آمده از آنالیز سرندی شش نمونه گیری، متوسط مقادیر عبوری از سرند ها محاسبه شد و پس از محاسبه انحراف معیار و میزان ضریب آماری t student از جدول مرجع مربوطه (با ضریب آزادی r =۵ و سطح اعتماد c=۸۰٪)، با توجه به اینکه تعداد نمونه ها کمتر از ۲۰ داده بود از فرمول(۱) جهت محاسبه حد پایین و حد بالای درصد عبوری از سرند استفاده شد.

$$\bar{X} - (t_{\frac{\alpha}{2},r} \cdot \frac{S_X}{\sqrt{n}}) \le \mu \le \bar{X} + (t_{\frac{\alpha}{2},r} \cdot \frac{S_X}{\sqrt{n}}) \qquad (۱)$$

متغیرها:

n : تعداد نمونه ها

r : ضریب آزادی

c : سطح اعتماد

t : ضریب آماری t student

$\overline{X}$: میانگین نمونه گیری

μ : میانگین جامعه

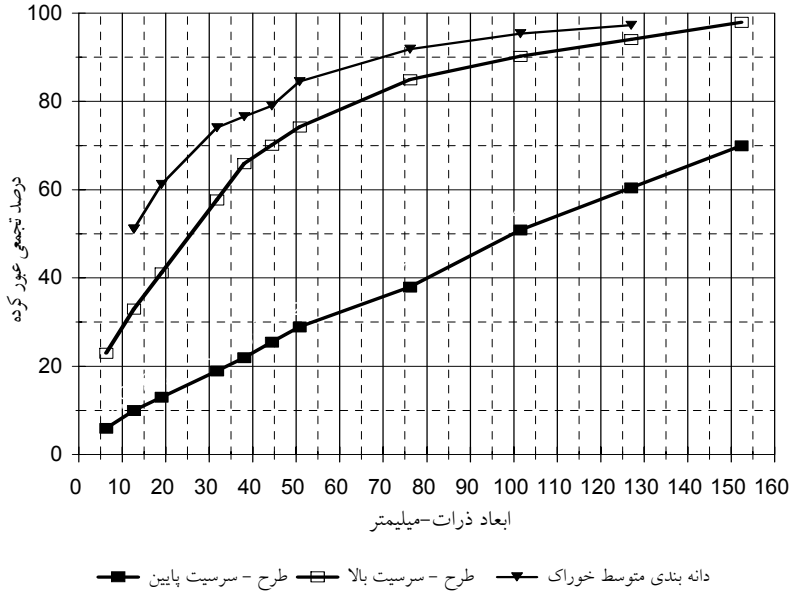
S_x: انحراف معیار نمونه گیری

$(\alpha = 1 - c)$

بازه فرمول (۱) نشان دهنده فاصله أی است که با احتمال ۸۰٪، میزان درصد عبوری از سرند در این فاصله قرار دارد. خلاصه نتایج محاسبات فوق در جدول (۳)آورده شده است. وضعیت متوسط دانه بندی خوراک و مقایسه با طرح اولیه در شکل (۴) نشان داده شده است.

جدول۳ـ خلاصه محاسبات آماری مربوط به دانه بندی خوراک [۳]

	در صد تجمعی عبوری ٪					
چشمه سرند (میلیمتر)	متوسط شش نمونه	انحراف معیار شش نمونه	انحراف معیار نسبی٪	(درسطح اعتماد ۸۰٪) $t_{\frac{\alpha}{2},r} \cdot \frac{S_X}{\sqrt{n}}$	حد پایین	حد بالا
۱۲۷	۹۷,۳۲	۳,۰۲	۳,۱۰	۱,۸۲	۹۵,۵۰	۹۹,۱۴
۱۰۱,۶	۹۵,۴۳	۴,۹۰	۵,۱۴	۲,۹۶	۹۲,۴۸	۹۸,۳۹
۷۶,۲	۹۱,۹۲	۷,۲۳	۷,۸۶	۴,۳۶	۸۷,۵۷	۹۶,۲۸
۵۰,۸	۸۴,۵۸	۱۱,۲۴	۱۳,۲۹	۶,۷۷	۷۷,۸۱	۹۱,۳۵
۴۴,۴۵	۷۹,۰۴	۱۲,۹۱	۱۶,۳۳	۷,۷۸	۷۱,۲۶	۸۶,۸۲
۳۸,۱	۷۶,۵۸	۱۲,۸۲	۱۶,۷۴	۷,۷۳	۶۸,۸۶	۸۴,۳۱
۳۱,۷۵	۷۴,۱۲	۱۲,۷۴	۱۷,۱۹	۷,۶۸	۶۶,۴۴	۸۱,۸۰
۱۹,۰۵	۶۱,۲۸	۱۱,۵۷	۱۸,۸۸	۶,۹۷	۵۴,۳۱	۶۸,۲۶
۱۲,۷	۵۱,۱۲	۹,۱۰	۱۷,۷۹	۵,۴۸	۴۵,۶۴	۵۶,۶۰



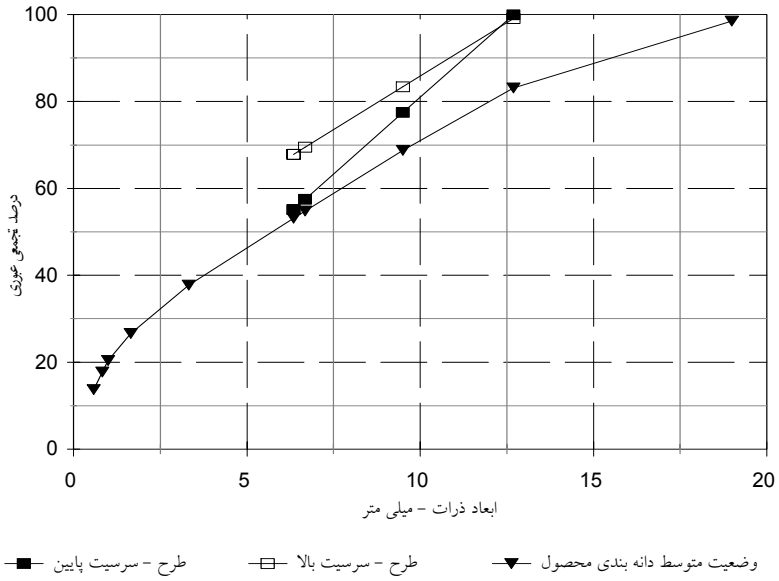
شکل ۴ ـ وضعیت دانه بندی متوسط خوراک و مقایسه با طرح [۳]

محاسبات آماری بر روی داده های دانه بندی سنگ معدن خروجی(محصول)

محاسبات آماری جهت تعیین میزان متوسط دانه بندی محصول و حد بالا و پایین با سطح اعتماد ۸۰٪ به طریق مشابه محاسبات آماری مربوط به خوراک انجام گرفت. خلاصه نتایج محاسبات در جدول (۴)آورده شده و منحنی وضعیت متوسط دانه بندی محصول در شکل (۵)نمایش داده شده است.

جدول ۴ ـ خلاصه محاسبات آماری مربوط به محصول [۳]

در صد تجمعی عبوری ٪						
حد بالا	حد **پایین**	(در سطح اعتماد ۸۰٪) $t_{\frac{\alpha}{2},r}\cdot\frac{S_X}{\sqrt{n}}$	انحراف معیار نسبی٪	انحراف معیار	متوسط شش نمونه	چشمه سرند (میلیمتر)
۹۹,۴۷	۹۷,۶۳	۰,۹۲	۱,۵۵	۱,۵۲	۹۸,۵۵	۱۹
۸۶,۸۱	۷۹,۵۱	۳,۶۵	۷,۲۷	۶,۰۵	۸۳,۱۶	۱۲,۷
۷۳,۲۳	۶۴,۳۹	۴,۴۲	۱۰,۶۷	۷,۳۴	۶۸,۸۱	۹,۵۱
۵۹,۳۱	۵۰,۲۸	۴,۵۲	۱۳,۶۸	۷,۵۰	۵۴,۸۰	۶,۶۸
۵۷,۵۸	۴۸,۷۵	۴,۴۱	۱۳,۷۸	۷,۳۲	۵۳,۱۶	۶,۳۵
۴۱,۳۰	۳۴,۲۹	۳,۵۱	۱۵,۴۱	۵,۸۲	۳۷,۸۰	۳,۳۲۷
۲۹,۶۴	۲۳,۵۷	۳,۰۳	۱۸,۹۳	۵,۰۴	۲۶,۶۱	۱,۶۵۱
۲۲,۷۷	۱۸,۰۶	۲,۳۶	۱۹,۱۵	۳,۹۱	۲۰,۴۲	۱
۱۹,۹۵	۱۵,۶۶	۲,۱۴	۱۹,۹۸	۳,۵۶	۱۷,۸۱	۰,۸۳۳
۱۵,۴۴	۱۱,۹۸	۱,۷۳	۲۰,۹۴	۲,۸۷	۱۳,۷۱	۰,۵۸۹



شکل ۵ـ وضعیت دانه بندی متوسط محصول و مقایسه با طرح [۳]بحث

بررسی کیفیت خاک خروجی

در صورتی که وضعیت دانه بندی نمونه ها ی تهیه شده از خوراک را بر حسب D_{80} به ترتیب نزولی مرتب کرده و تاثیر کاهش D_{80} خوراک را بر D_{80} محصول مطالعه نماییم(جدول ۶)، مشخص میگردد که در نمونه های شماره ۶ و ۳ و ۵ و ۲ با کاهش D_{80} خوراک D_{80} محصول نیز کاهش می یابد. این بدین معنی است که دانه بندی خاک ورودی اثر مستقیم بر کیفیت خاک خروجی دارد. وضعیت غیر قابل انتظار و متفاوت نمونه های ۱ و ۴ میتواند ناشی از بهم خوردن تنظیم دهانه سنگ شکنها در مواقع نمونه گیری و محدودیت نمونه گیری مناسب باشد.

بررسی زمان مورد نیاز جهت سنگ شکنی

با توجه به جدول(۱)، درصد عبوری خاک بزرگتر از ۰/۵ اینچ(۱۲/۷ میلی متر) در نمونه های گرفته شده مشخص شد. همانطوریکه در جدول (۶)ملاحظه میشود این پارامتر نیز خودبخود به شکل نزولی مرتب شده است و حاصلضرب درصد فوق در میزان ثابتی از تناژ خوراک(۴۰۰۰۰ تن در روز) با فرض کارآیی ۹۰٪ برای سرند، میزان تناژ خاک با دانه بندی بزرگتر از ۰/۵ اینچ در خوراک روزانه را تعیین مینماید. با توجه به اینکه میزان ظرفیت سنگ شکن ثانویه طبق طرح ۷۰۶ تن در ساعت میباشد، از تقسیم میزان تناژ خاک درشتتر از ۰/۵ اینچ بر ظرفیت سنگ شکن، زمان مورد نیاز سنگ شکنی ثانویه در هر حالت از دانه بندی بدست می آید.

در جدول(۶) با مقایسه زمانهای مورد نیاز سنگ شکنی در میزان ثابتی از تناژ خوراک (۴۰۰۰۰ تن در روز)، میتوان عملاً نتیجه گیری نمود که خاک ریز دانه تر به زمان کمتری جهت سنگ شکنی ثانویه نیازمند بوده و زمان کمتر، هزینه عملیاتی کمتر(هزینه قطعات یدکی و مصرف انرژی) را بدنبال دارد و درضمن زمان آزاد کارخانه سنگ شکنی جهت عملیات تعمیرات و نگهداری نیز افزایش مییابد.

جدول ۶ - بررسی زمان سنگ شکنی در میزان خوراک ثابت [۳]

	نمونه ۱	نمونه ۶	نمونه ۳	نمونه ۵	نمونه ۲	نمونه ۴
$D_{۸۰}$ (mm)خوراک	۸۱	۵۴	۳۶	۳۲	۳۰	۲۵
$D_{۸۰}$ (mm)محصول	۱۳/۳	۱۳/۷	۱۳	۱۱/۸	۹/۵	۱۱
$D_{۸۰}$ خوراک/ $D_{۸۰}$ محصول	۶/۰۹	۳/۹۴	۲/۷۷	۲/۷۱	۳/۱۶	۲/۲۷
درصد عبوری از سرند ۰/۵ اینچ(۱۲/۷ میلی متر)	۳۷/۱۴	۴۴/۳۷	۴۹/۶۷	۵۸/۱	۵۶/۸۹	۶۰/۵۳
درصد باقیمانده بر روی سرند ۰/۵ اینچ	۶۲/۸۶	۵۵/۶۳	۵۰/۳۳	۴۱/۹	۴۳/۱۱	۳۹/۴۷
تناژ سنگ معدن فرآوری شده در روز نمونه گیری	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰
تناژ ذرات بزرگتر از ۰/۵ اینچ موجود در خوراک	۲۵۱۴۴	۲۲۲۵۲	۲۰۱۳۲	۱۶۷۶۰	۱۷۲۴۴	۱۵۷۸۸
تناژ ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ موجود در خوراک	۱۴۸۵۶	۱۷۷۴۸	۱۹۸۶۸	۲۳۲۴۰	۲۲۷۵۶	۲۴۲۱۲
تناژ ذرات بزرگتر از ۰/۵ اینچ به اضافه ۱۰٪ تناژ ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ(بابت کارایی سرند)	۲۶۶۲۹	۲۴۰۲۶	۲۲۱۱۸	۱۹۰۸۴	۱۹۵۱۹	۱۸۲۰۹
زمان اسمی مورد نیاز سنگ شکنی ثانویه(ساعت)[۱]	۳۷/۷۲	۳۴/۰۳	۳۱/۳۳	۲۷/۰۳	۲۷/۶۵	۲۵/۷۹

نتیجه گیری

۱- در شش نمونه گرفته شده از خوراک، مقدار ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ(۱۲/۷ میلی متر) بین ۳۷ تا ۶۰ درصد بوده و این پارامتر در طرح اولیه بین ۱۰ تا ۳۳ درصد میباشد. بر این مبنا میتوان نتیجه گرفت که خوراک کارخانه سنگ شکن در زمان این تحقیق ریز دانه تر از طرح اولیه بوده است(جدول ۱).

[۱] - ظرفیت سنگ شکن ثانویه ۷۰۶ تن در ساعت است.

۲ – در شش نمونه گرفته شده از محصول، ۷۷ تا ۹۳ درصد ذرات کوچکتر از ۰/۵ اینچ بوده، در حالیکه میزان این متغیر در طرح اولیه ۱۰۰ ٪ میباشد(جدول۲). این به این معنی است که محصول کارخانه سنگ شکن در زمان این تحقیق بدلیل پاره گی توریهای سرند و وجود فاصله بین توریها درشت دانه تر از طرح اولیه بوده است و این باعث افزایش هزینه آسیا کردن و دورریز تولیدی میگردد.

۳ – با توجه به آنکه $D_{۸۰}$ خوراک در نمونه های ۲و۵و۳و۶ بین ۵۴ تا ۳۰ میلی متر سیر نزولی داشته و $D_{۸۰}$ محصول بدست آمده از آنها نیز از ۱۳/۷ تا ۹/۵ میلیمتر کاهش یافته است ، نتیجه گیری میشود که سنگ شکنی سنگ معدن درشت دانه، محصول درشت دانه تری را حاصل مینماید و بالعکس(جدول ۶).

۴ – با کاهش اندازه $D_{۸۰}$ خوراک از ۸۱ میلیمتر به ۲۵ میلیمتر در شش نمونه گرفته شده و محاسبه زمان سنگ شکنی مورد نیاز جهت تناژ ثابت خوراک(فرض ۴۰۰۰۰ تن با دانه بندی مشابه نمونه های فوق) ، این نتیجه بدست آمد که زمان سنگ شکنی از ۳۷/۷ ساعت به ۲۵/۸ ساعت کاهش می یابد(جدول ۶). این نتیجه به این معنا است که زمان سنگ شکنی مورد نیاز جهت خاک درشت دانه بیشتر از خاک ریز دانه است و بالتبع هزینه عملیاتی بالاتری را بدنبال خواهد داشت.

پیشنهادات

۱ – با توجه به ارتباط بین دانه بندی پس از انفجار سنگ معدن با دانه بندی خوراک سنگ شکن ثانویه پیشنهاد می گردد دو حالت ذیل بررسی فنی- اقتصادی شده و با مقایسه هزینه عملیاتی حالت بهینه انتخاب گردد:

الف: افزایش ابعاد دانه بندی خاک معدن بعد از انفجار و نزدیک شدن به طرح اولیه با تغییر الگوی حفاری و انفجار(خرج ویژه) در معدن

ب: ادامه خردایش با وضعیت فعلی دانه بندی پس از انفجار

۲ - کاهش اندازه دهانه سنگ شکن ثانویه و ثالثیه جهت خردایش بهتر خوراک، رفع مشکل پاره گی و فاصله بین توریها و نتیجتاً نزدیک شدن دانه بندی محصول به طرح اولیه

سپاسگزاری

نگارنده مقاله برخود لازم می داند که بدینوسیله از آقای دکتر صمد بنیسی مشاور محترم مرکز تحقیق و توسعه مجتمع مس سرچشمه به جهت راهنمایی های ارزشمندشان تشکر و قدردانی نماید. همچنین بدینوسیله از سایر مسئولین محترم شرکت ملی صنایع مس ایران که امکان این تحقیق را فراهم آوردند سپاسگزاری میگردد.

مراجع

[۱]Parsons-Jurden International Corporation,(۱۹۷۶), "*Sarcheshmeh concentrator operation manual*", section ۳, "Fine crushing and fine ore storage"

[۲] Gy, P.M., ۱۹۷۹, *"Sampling of Particulate Matter, Theory and Practice*", Elsevier, Amsterdam

(بنیسی، صمد، جزوه آموزشی کلاس کانه آرایی در مجتمع مس سرچشمه)

[۳] امیررحمت، محسن، صادق زاده، محمد رضا، (۱۳۸۱)، « بررسی تاثیر دانه بندی سنگ معدن ورودی بـر کارآیی عملیات سنگ شکنی مجتمع مس سرچشمه» ، مرکز تحقیق و توسعه، مجتمع مس سرچشمه