بررسی علل افزایش ذرات ریزدانه در محصول کارخانه سنگ شکنی چغارت و راه‌های کاهش آن

سید عباس طباطبایی[۱]، علی اصغر یوسفی[۲]، آسیه حکمت[۳]

۱- کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

۲- کارشناس ارشد استخراج معدن - پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور

۳- کارشناس ارشد استخراج معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

E-mail: Tabatabayi@yahoo.com

E-mail: yousefi@ngdir.ir

چکیده

یکی از مشکلات فعلی کارخانه سنگ شکنی معدن سنگ آهن چغارت، افزایش ذرات ریزدانه زیر cm ۶ در محصول کارخانه است. جهت رفع این مشکل در کوتاه مدت بررسی‌های مختلفی شامل مطالعات کانی‌شناسی، خردایش و تعیین دانه‌بندی حاصل از آتشباری صورت گرفت. در مطالعات کانی‌شناسی مشخص شد که کانی اصلی آهن‌دار در سنگ آهن چغارت منیتیت می باشد و کانی‌های باطله‌ای همچون کلسیت، تالک و اسفن (تیتانیت) آن را احاطه کرده اند. کانسنگ از بافت سنگ‌شناسی ضعیفی برخوردار است و به سادگی در اثر اعمال تنش متلاشی می شود. در مطالعات خردایش مشخص شد که قابلیت خردایش کانسنگ بیش از ۳۰ درصد کاهش یافته است. با تعیین تابع شکست کانسنگ به کمک نرم افزار BFDS مشخص شد که کانسنگ آهن موجود نرمه‌زا بوده و ذرات کانی باطله و کانی منیتیت درگیر با آن در اثر خردایش به سادگی به بخش های ریزدانه منتقل می شوند. با تعیین دانه‌بندی توده کانسنگ خرد شده در اثر آتشباری ۴ بلوک استخراجی در معدن چغارت به کمک نرم افزار Goldsize، آشکار شد که بیش از ۸۰ درصد از خوراک ورودی به کارخانه سنگ شکنی زیر cm ۳۰ و بیش از ۶۰ درصد آن زیر cm ۱۸ است که تقریباً برابر با دانه بندی محصول سنگ‌شکن فکی می باشد. بنابراین مشخص شد که ۸۰ درصد خوراک ورودی به کارخانه سنگ شکنی نیازی به خردایش در سنگ شکن فکی ندارد و می تواند مستقیماً وارد مراحل بعدی مدار شود. پیشنهاد گردید با نصب یک دستگاه گریزلی شیب دار با ابعاد چشمه ۳۰cm و طول و عرض متناسب با ظرفیت کارخانه، ذرات زیر cm ۳۰ را جدا نموده و به مراحل بعدی مدار انتقال داد. این امرعلاوه بر جلوگیری از تولید ذرات ریزدانه زیر cm ۶، موجب کاهش زمان کاری و مصرف انرژی دستگاه سنگ شکن فکی خواهد شد.

مقدمه

معدن سنگ آهن چغارت واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شهرستان بافق از سال ۱۳۵۱ به عنوان بزرگ ترین تولید کننده سنگ آهن مورد نیاز برای کارخانه ذوب آهن اصفهان فعالیت می کند. عملیات طراحی این معدن در سال ۱۹۷۰ میلادی توسط مهندسین مشاور اتحاد شوروی سابق انجام شد که بر اساس طراحی اولیه ۱۳۴ میلیون تن ذخیره قابل بهره برداری برای تولید سنگ آهن دانه بندی شده قابل مصرف در کوره بلند ذوب آهن اصفهان با تولید سالانه ۳ میلیون تن برآورد شده است[۱].

یکی از مشکلات فعلی معدن چغارت، افزایش میزان ذرات ریزدانه زیر mm ۶ در محصول کارخانه سنگ شکنی است که موجب شد مشکلاتی در عرضه محصول کارخانه در بازار داخلی پیش آید. با احداث کارخانه آگلومراسیون بافق در آینده این مشکل تاحد زیادی برطرف خواهد شد. با در نظر گرفتن شرایط موجود، پژوهش حاضر به منظور یافتن یک راهکار بهینه در کوتاه مدت جهت رفع این مشکل صورت گرفته است.

روند مطالعات اولیه

به منظور انجام مطالعات پایه با هدف بررسی علل کاهش ابعاد ذرات در محصول کارخانه سنگ شکنی، در ابتدا نمونه برداری از بلوک های در حال کار در معدن چغارت که عملیات استخراج بر روی آنها در حال انجام است، صورت گرفت. در این راستا حدود ۱۰۰ کیلوگرم نمونه از بلوک های مختلف در حال کار تحت نظارت کارشناسان معدن به عنوان نمونه نماینده کانسنگ آهن چغارت که خوراک کارخانه سنگ شکنی می باشد، برداشته شده و جهت انجام مطالعات بعدی شامل مطالعات کانی شناسی و مطالعات خردایش آماده سازی گردید.

مطالعات کانی شناسی

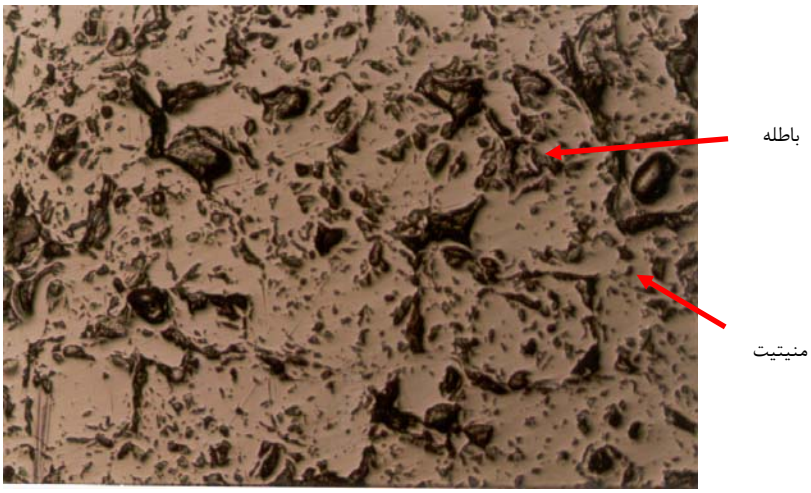
مطالعات کانی شناسی میکروسکوپی پس از تهیه مقاطع نازک و صیقلی با اهداف زیر انجام شد:

۱- تعیین کانی های اصلی آهن دار و کانی های باطله همراه

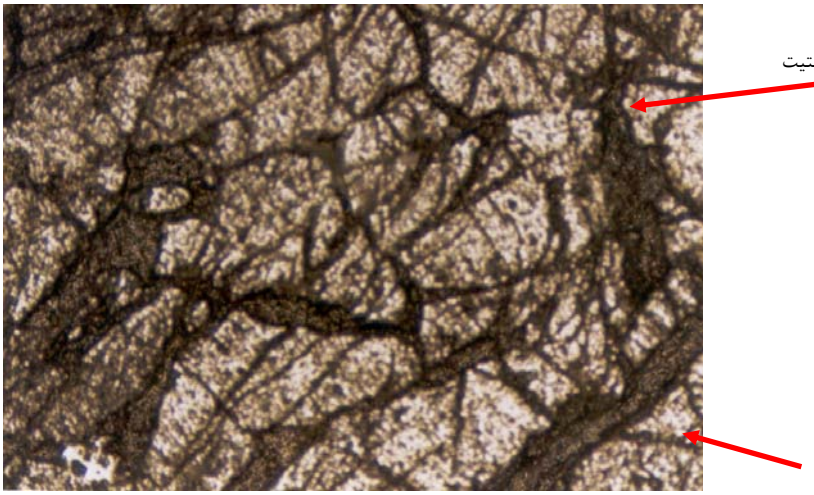
۲- تعیین ابعاد کانی های آهن دار و کانی های باطله

۳- تعیین نحوه درگیری کانی ها و بافت های اصلی کانسنگ

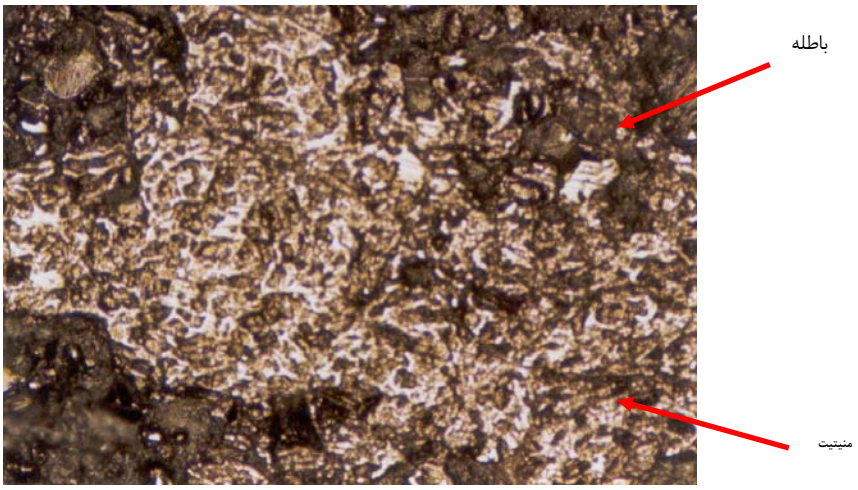
۴- تعیین کانی های سخت و نرم در بافت کانسنگ



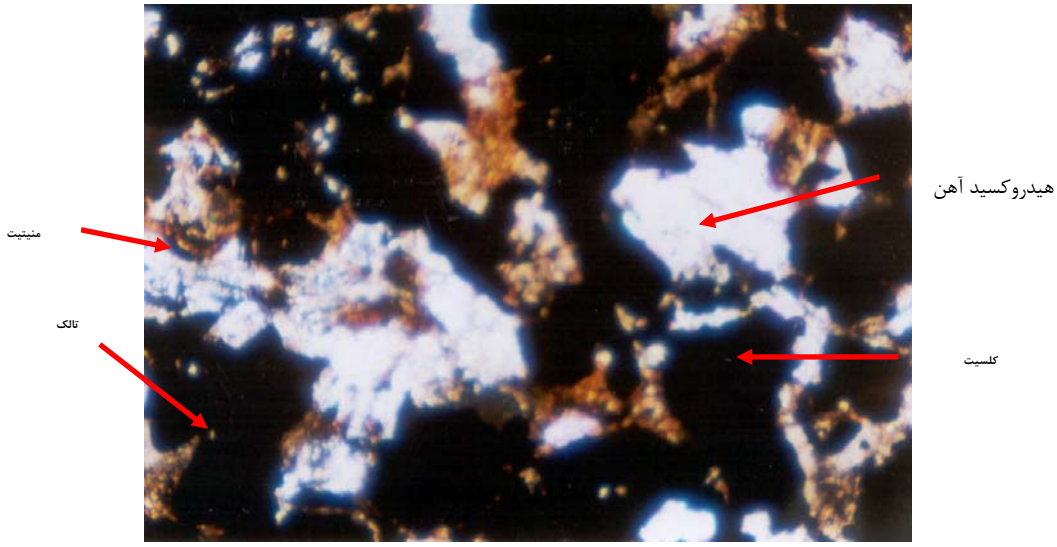
شکل ۱- کانی منیتیت که به صورت هم رشد با کانی های باطله مشاهده می شود.
(بزرگنمایی ۱۰۰ برابر)



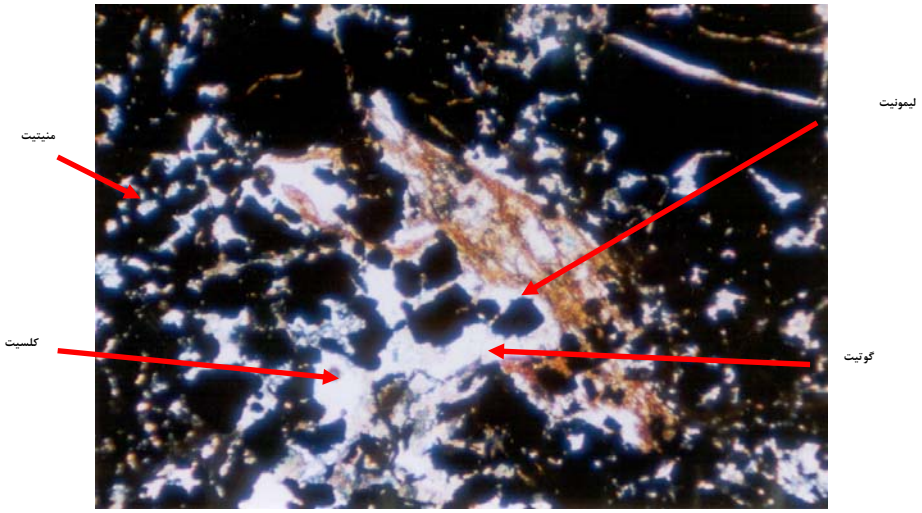
شکل۲- بافت کاتاکلاستیک در داخل کانی منیتیت که نشان دهنده پر شدن فضاها توسط کانی های باطله است (بزرگنمایی ۱۰۰ برابر)



شکل ۳- بافت پراکنده در منیتیت که نمایانگر پر شدن فضاها توسط منیتیت است (بزرگنمایی ۱۰۰ برابر)



شکل ۴- کانی های تالک، کلسیت و هیدروکسید های آهن همراه با منیتیت(بزرگنمایی ۴۰ برابر)



شکل۵- کانی های کلسیت همراه با گوتیت و لیمونیت که فضاهای
بین بلورهای منیتیت را پر کرده است(بزرگنمایی ۴۰ برابر)

با انجام مطالعات مقطع صیقلی ملاحظه گردید که کانی فراگیر در کانسنگ آهن چغارت منیتیت می باشد. منیتیت اغلب به صورت دانه درشت است و سطحی ناصاف و تا حدی حفره‌دار دارد. این کانی اغلب به صورت هم رشد با باطله بوده (شکل ۱) و در بعضی نقاط مارتیتی شده و همراه با هماتیت می‌باشد. در بسیاری از موارد در سطح منیتیت، هماتیت و گوتیت مشاهده می‌گردد و هماتیتی شدن منیتیت از چند درصد تا صد درصد قابل رویت است. کانی آپاتیت نیز در مقاطع دیده می‌شود که در بعضی نقاط به صورت ادخال در داخل منیتیت مشاهده می شود. کانی ایلمنیت که در مقاطع به مقدار بسیارکمی دیده می‌شود، دارای ابعاد بسیار ریز (در حد چند میکرون) بوده واغلب به صورت تیغه هایی در داخل منیتیت وجود دارد.

درکانسنگ آهن چغارت بافت کاتاکلاستیک که احتمالاً معرف شرایط تکتونیکی منطقه است، مشاهده می‌گردد (شکل۲). در مورد منیتیت و هماتیت بافت آشیانه‌ای بین این کانی‌ها و باطله همراه قابل توجه است، به طوری که این دو کانی توسط کانی‌های باطله احاطه می‌گردند.

بافت پراکنده از دیگر بافت‌های دیده شده برای منیتیت در مقاطع است که منیتیت به صورت آغشته با کانی های باطله ملاحظه می‌گردد و این امر نشان می‌دهد که در هنگام تشکیل کانی‌ها، منیتیت فضاهای خالی بین کانی‌های باطله را پر کرده است (شکل ۳). ابعاد بلورهای منیتیت بین ۶۰ تا ۴۰۰ میکرون می‌باشد. با بررسی و مطالعه مقاطع نازک، کانی‌های آپاتیت، کلسیت، تالک، گوتیت و کمی آمفیبول، فلدسپات و

پیروکسن شناسایی گردید. کانی آپاتیت اغلب به صورت بلورهای شکل‌دار و گاه بدون شکل در مجاورت کانی منیتیت دیده می‌شود که در بعضی موارد در بین شکاف‌های این کانی و یا در اطراف آن هیدروکسیدهای آهن، مانند گوتیت ملاحظه می‌گردد. کانی تالک و کلسیت در بیشتر موارد فضاهای بین بلورهای منیتیت را پر کرده و گاه آن را در بر گرفته است. این کانی‌ها در اکثر نقاط همراه با کانی‌های گوتیت و لیمونیت مشاهده می‌گردند (شکل های۴و۵).

با انجام مطالعات کانی شناسی مشخص شد که کانی اصلی آهن دار در کانسنگ آهن چغارت منیتیت است که کانی های باطله مختلف از جمله کلسیت، تالک و اسفن(تیتانیت) در بافت کانسنگ پیرامون آن را پر کرده اند. بنابراین علیرغم این که کانی منیتیت از استحکام بلوری بالایی برخوردار است، به علت سست بودن کانی های باطله همراه آن در بافت کانسنگ، پیش بینی می شود در هنگام خردایش، کانسنگ با اعمال کمترین تنش در اثر آتشباری و یا خردایش در مدار سنگ شکنی به سادگی متلاشی گردد و به قطعات خرد شده ریزدانه ای تبدیل شود.

مطالعات قابلیت خردایش

در مطالعات پیشین بر روی کانسنگ آهن چغارت که به منظور بررسی امکان استحصال عنصر وانادیوم از این کانسنگ صورت گرفته است، قابلیت خردایش کانسنگ به کمک روش استاندارد باند در حدود ۱۷ تا ۱۹ کیلو وات ساعت بر تن به دست آمده است[۲].

این در حالی است که با انجام مطالعات تعیین قابلیت خردایش به همان روش و در شرایط مشابه بر روی نمونه های برداشته شده جدید، قابلیت خردایش این کانسنگ در حدود ۱۰ تا ۱۲/۵ کیلو وات ساعت بر تن تعیین شد که نشان دهنده کاهشی در حدود ۳۵ درصد می باشد.

مطالعات سینتیک خردایش

مطالعات سینتیک خردایش با هدف بررسی سرعت خرد شدن کانسنگ آهن چغارت مطابق با روش های استاندارد از جمله روش بقوبه انجام شد. تعیین تابع شکست کانسنگ آهن چغارت در هنگام خرد شدن از جمله اهداف این مطالعات بود. در این مرحله از نرم‌افزار BFDS در جهت تعیین این دو پارامتر کمک گرفته شد.

وسایل مورد نیاز برای آزمایش تعیین تابع شکست شامل آسیای گلوله‌ای، حدود ۴۰۰ گرم نمونه با ابعاد یکسان، تعداد ۱۰ سرند (ترجیحاً سری استاندارد تایلر) با ابعاد متفاوت، دستگاه لرزاننده برای آنالیز سرندی و ترازوی دیجیتالی هستند.

مدل تابع شکست را در موارد نرمال شونده می توان از رابطه (۱) به تعیین کرد[۳].

$$B_{i,j} = \varphi\,(x_i/x_j)^{\alpha} + (1-\varphi)\,(x_i/x_j)^{\gamma} \quad (1)$$

که $B_{i,j}$ تابع شکست تجمعی و x_i, x_j طبقه‌های ابعادی i و j و مقادیر α, γ, φ نیز پارامترهای مدل هستند. با استفاده از نرم افزار BFDS ، نمودارهای تابع شکست با سه روش و نمودارهای تابع انتخاب و نرخ تولید ذرات نرمه به دست آمد[۳].

با محاسبه تابع شکست کانسنگ آهن چغارت و تعیین ضرایب α, γ, φ برای آن مشخص شد که این کانسنگ نرمه زا بوده و ذرات تشکیل دهنده آن در هنگام خردایش دو رفتار متفاوت نشان می دهند:

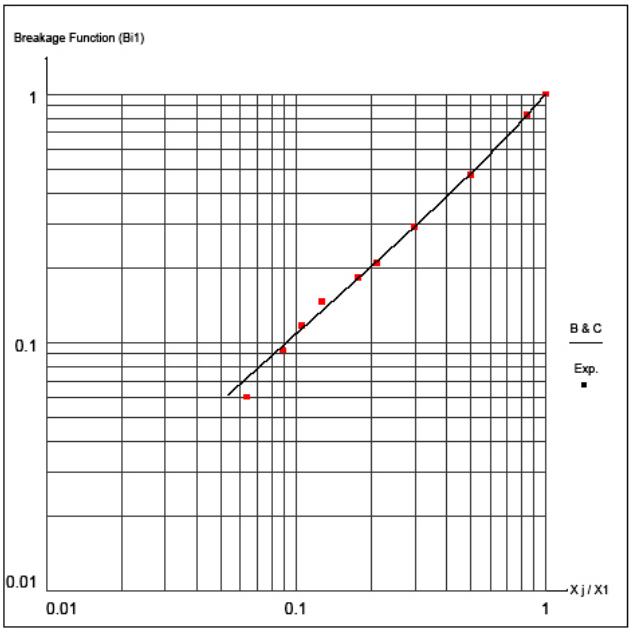
۱- بخشی از ذرات که بیشتر از جنس کانی های منیتیت هستند، از استحکام بالایی برخوردارند و به سختی خرد می شوند. بنابراین در هنگام خردایش اغلب در بخش های درشت دانه آنالیز سرندی متمرکز شده اند.

۲- گروهی دیگر از ذرات که اغلب شامل کلسیت، تالک و کانی تیتانیت هستند به سرعت خرد شده و به بخش های ریزدانه آنالیز سرندی منتقل می شوند. در این شرایط بخشی از ذرات ریزدانه منیتیت نیز که در بافت این کانی ها درگیر هستند، در بخش های نرمه متمرکز می شوند[۳].

جدول ۱- نتایج انجام آزمایش تعیین سینتیک خردایش بر روی کانسنگ آهن چغارت[۳]

Number of Grinding Times = 7
Selected Times (S) : 0 5 10 20 40 60 90
Number of screens = 10
Selected Screens (Micron) : 710 600 355 212 150 125 90 75 63 45
Type of Size Distribution Data : Mass On Screen
Initial weight: 350 gr
Mass On Screen Values :

Time / Screen	0	5	10	20	40	60	90
710	326.2	294.27	272	225.13	186.76	138.38	102.9
600	17.59	20.66	22.16	32.96	24.15	32.42	29.27
355	1.58	14.48	21.93	37.38	52.22	63.04	67.15
212	0.27	5.89	10.27	17.71	29	37.41	46.55
150	0.2	2.84	4.94	8.31	13.82	18.59	25.33
125	0.1	1.01	1.43	2.6	3.82	6.85	8.52
90	0.14	1.3	2.7	4.35	7.38	9.98	12.07
75	0.1	1.01	1.7	2.78	4.72	6.02	10.65
63	0.1	0.65	1.46	2.22	4.17	4.2	8.98
45	0.1	1.43	2.35	4.38	7.02	9.3	12.07
Pan	3.62	6.46	9.06	12.18	16.94	23.81	26.51



Three parameters of Broadbent & Callcott equation are :

$\phi = 0.842910748993066$ $\gamma = 0.894418892646844$ $\beta = 2.69193497094955$

Sum of least square is : 0.000354526965871729

شکل ۷- نمودار تابع شکست کانسنگ آهن چغارت که به کمک نرم افزار BFDS ترسیم شده است[۳]

ارزیابی راهکار های اولیه

در بررسی های اولیه مشخص شد که اصولاً آنچه که درحال حاضر به عنوان کانسنگ آهن از بلوک های استخراجی معدن چغارت تولید می شود، با نمونه های کانسنگی که سال ها پیش کارخانه سنگ شکنی بر اساس آن طراحی شده بود، از لحاظ قابلیت خردایش و نرم شوندگی تفاوت زیادی دارد. بنابراین باید تغییراتی در مدار خردایش داده شود تا محصول کارخانه سنگ شکنی با دانه بندی مطلوب به دست آید.

بر طبق رابطه باند، انرژی مصرفی یک واحد خرد کننده مانند سنگ شکن جهت خردایش تناژ معینی از کانسنگ از ابعاد اولیه F تا ابعاد کوچکتر P از رابطه (۲) به دست می آید:

$$W = Q * W_i * (1/P^{0.5} - 1/F^{0.5}) * k \quad (2)$$

که در آن Q تناژ کانسنگ خرد شده توسط دستگاه، W_i قابلیت خردایش (اندیس باند) کانسنگ بر حسب کیلو وات ساعت بر تن، k راندمان واحد خردایش و W انرژی مصرف شده توسط دستگاه بر حسب کیلو وات ساعت است[۴].

از رابطه بالا می توان چنین برداشت نمود که تغییرات اندیس باند کانسنگ نسبت به تغییرات دانه بندی خوراک اثر بسیار شدیدتری بر روی میزان انرژی مصرفی و نیز ابعاد محصول خرد شده دارد. بنابراین با توجه به این که توان موتور دستگاه‌های خردایش نصب شده در خط تولید کارخانه ثابت است، می توان مصرف انرژی را در ظرفیت های یکسان ثابت در نظر گرفت. بنابراین هر گونه بهبود در ابعاد محصول خرد شده تولیدی نیازمند بهبود قابلیت خردایش کانسنگ (اندیس باند) و یا دانه بندی خوراک ورودی به دستگاه است. پس در یک مدار سنگ شکنی نوعی همچون مدار سنگ شکنی کارخانه چغارت، جهت اصلاح دانه بندی محصول تولیدی خرد شده از لحاظ تئوری دو راه حل وجود دارد:

۱- اصلاح قابلیت خردایش کانسنگ خوراک ورودی به مدار؛ از لحاظ عملی این کار غیر ممکن است، چرا که این پارامتر جزو ویژگی های ذاتی سنگ محسوب می شود و ثابت می باشد. تنها راه ممکن در جهت بهبود قابلیت خردایش کانسنگ ورودی به کارخانه سنگ شکنی، همگن کردن کانسنگ آتشباری شده از چند جبهه کار و یا بلوک مختلف با قابلیت خردایش متفاوت است. این کار نیز علاوه بر نیاز به برنامه ریزی دراز مدت در چرخه استخراج، به علت اتمام بخش های کانسنگ با قابلیت خردایش بالاتر در معدن چغارت که درگذشته از افق های بالاتر استخراج شده است، تا حدی غیرممکن می باشد.

۲- اصلاح دانه بندی خوراک ورودی : تنها راه حل ممکن، اصلاح دانه بندی کانسنگ خرد شده در اثر آتشباری است. این امر با اصلاح پارامتر های آتشباری به ویژه آرایش چال ها، ماده منفجره مصرفی و عمق، قطر و فاصله چال ها از سطح آزاد بلوک کانسنگ امکان پذیر است.

با توجه به برخی مشکلات از جمله عدم امکان تغییر نوع و کیفیت ماده منفجره و برخی دیگراز پارامترهای عملیات چالزنی و آتشباری، اجرای چنین طرحی درکوتاه مدت مشکل است.

برای راه حل دوم در نخستین گام دانه بندی کانسنگ خرد شده حاصل از آتشباری که همان دانه بندی خوراک ورودی به کارخانه سنگ شکنی است، مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی دانه بندی کانسنگ خرد شده حاصل از آتشباری

به منظور تعیین دانه بندی کانسنگ خرد شده حاصل از آتشباری در معدن چغارت جهت تعیین ابعاد خوراک کارخانه سنگ شکنی، روش های تعیین دانه بندی سنگ مورد استفاده قرار گرفت. روش های تعیین توزیع ابعادی و میانگین ابعاد قطعات خرد شده سنگ، بر اساس ارتباط بین روش اندازه‌گیری و آزمایش به دو گروه

روش های مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند. تجزیه سرندی قطعات خرد شده تنها تکنیک روش های مستقیم، و در میان سایر روش ها دقیق ترین آنها می‌باشد. اما به علت این که هزینه و زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک منحنی کامل دانه‌بندی بسیار بالاست، امروزه در عملیات معدنی از روش های شبیه سازی استفاده می گردد. روش آنالیزهای دیداری کیفی و برآورد چشمی دانه‌بندی حاصل از انفجار، عکاسی از توده کانسنگ خرد شده و تعیین دانه بندی آن از روی تصاویر تهیه شده، فتوگرامتری با امکان مطالعه سه بعدی توده سنگ و آنالیز تصویری دیجیتال از جمله روش های مرسوم شبیه سازی دانه بندی هستند.

امروزه با وجود سیستم های کامپیوتری جدید و پیشرفته و دوربین های ویدیویی، آنالیز تصویری دیجیتال روشی سریع و عملی برای اندازه‌گیری خردایش فراهم کرده است. به طور که این روش، تنها روش عملی ممکن برای اندازه‌گیری توزیع ابعادی خردایش حاصل از انفجار است.

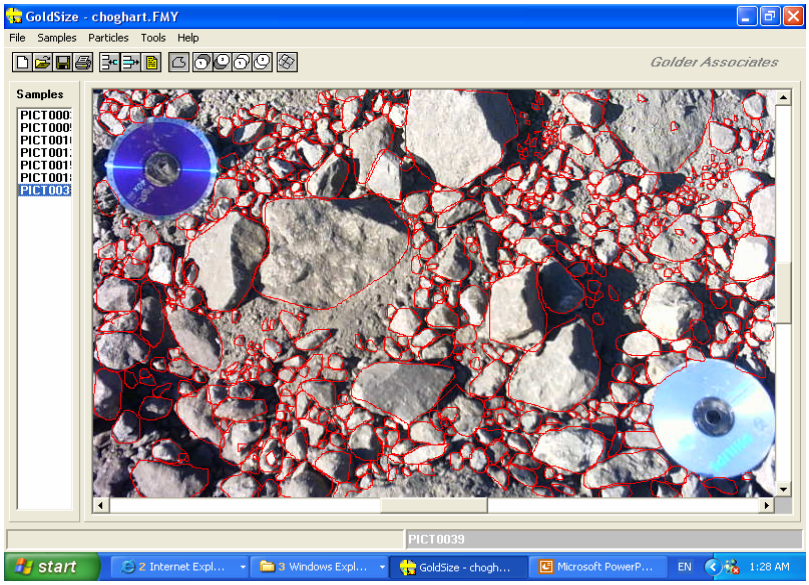
در این پژوهش، از روش آنالیز تصویری جهت اندازه‌گیری ابعاد سنگ پس از انفجار استفاده شده است. به این منظور، ابتدا تصاویری از سنگ خرد شده حاصل از انفجار تهیه شده و پس از دیجیتایز کردن تصاویر و تحلیل آنها توسط یکی از نرم‌افزار آنالیز تصویری Gold size ۲,۰، نمودارهای دانه‌بندی ترسیم شده است. انجام دانه‌بندی در این روش نیاز به نمونه برداری از حجم زیاد ندارد و تنها با گرفتن تصاویری از خردایش می‌توان با دقت بیشتر و صرف وقت و هزینه کمتر، توزیع دانه‌بندی سنگ حاصل از انفجار را به دست آورد.

در شکل ۸ تصویری از یک جبهه کار آتشباری شده در معدن چغارت مشاهده می شود. از این جبهه کار، تعداد زیادی تصویر به کمک دوربین دیجیتال تهیه شد. با ورود تصاویر به نرم افزار Goldsize و دیجیتایز نمودن آنها (شکل ۹) نمودار های مربوط به دانه بندی هر تصویر به دست آمد (شکل ۱۰). با ترکیب این نمودار ها به کمک نرم‌افزار، نمودار دانه‌بندی این بلوک تعیین گردید. با انجام همین روند برای سه بلوک دیگر در معدن سنگ آهن چغارت که در حال حاضر خوراک کارخانه سنگ شکنی از آنها تأمین می گردد و ترکیب نمودارهای دانه بندی به دست آمده از این ۴ بلوک که در شکل ۱۱نشان داده شده نتایج زیر به دست آمد.

- بیش از ۸۰ درصد قطعات خرد شده کانسنگ، ابعادی کوچکتر از ۲۹ سانتیمتر دارند.
- بیش از ۵۰ درصد قطعات خرد شده کانسنگ، ابعادی کوچکتر از ۱۶ سانتیمتر دارند.

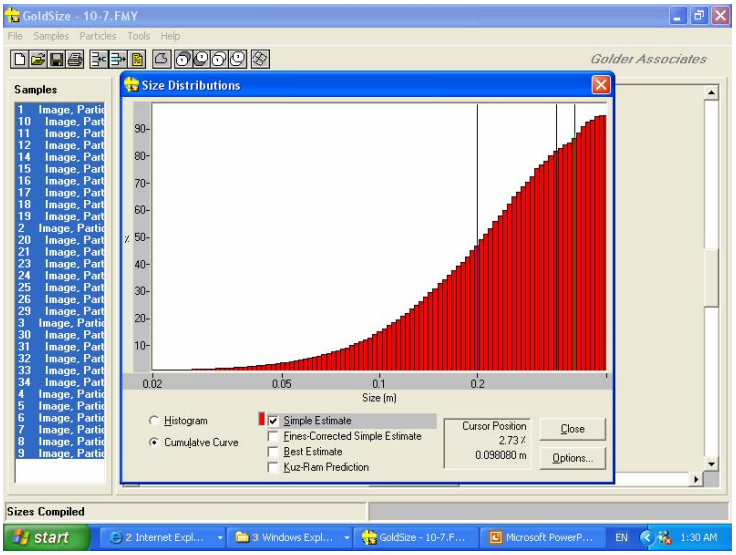
با توجه به این که کانسنگ خرد شده در اثر آتشباری به طور مستقیم راهی کارخانه سنگ شکنی چغارت می شود، می توان این نمودار دانه بندی را به عنوان نمودار دانه بندی خوراک کارخانه در نظر گرفت[۵].

شکل ۸- تصویری از توده کانسنگ خرد شده چغارت در اثر آتشباری[۵]

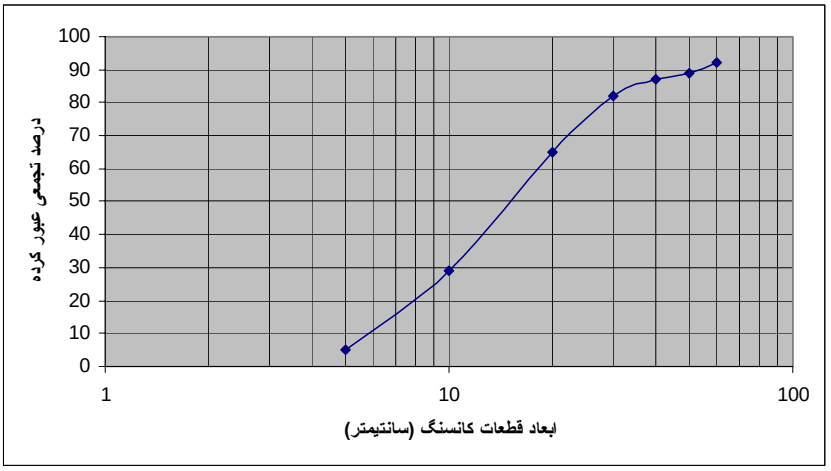


شکل ۹- تصویر دیجیتایز شده توده کانسنگ خرد شده چغارت در اثر

آتشباری به کمک نرم افزار Goldsize [۵]



شکل ۱۰- نمودار دانه بندی توده کانسنگ خرد شده چغارت در اثر آتشباری که به کمک نرم افزار Goldsize ترسیم شده است[۵]



شکل ۱۱- نمودار دانه بندی خوراک ورودی به کارخانه سنگ شکنی چغارت[۵]

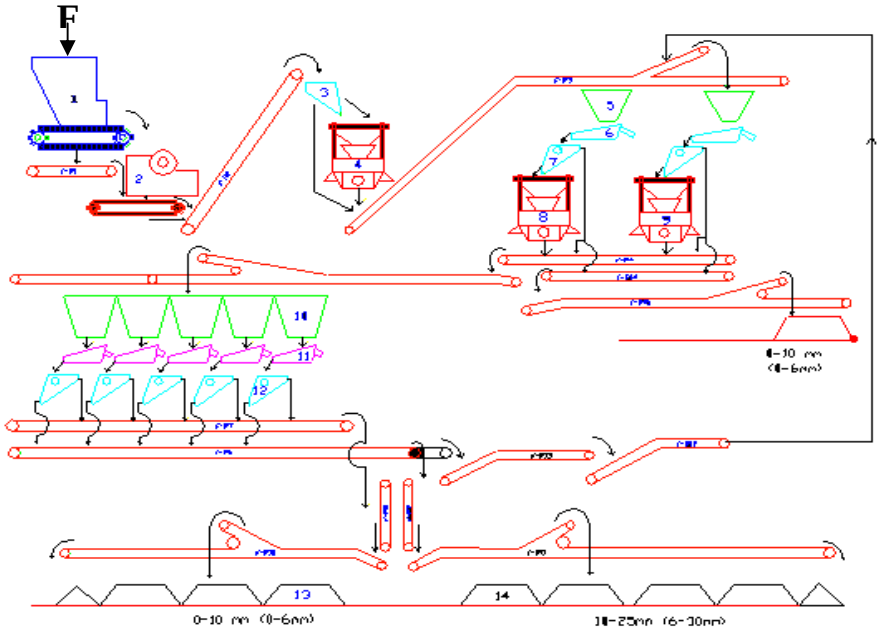
مدار کارخانه سنگ شکنی چغارت

مدار خردایش کارخانه سنگ شکنی چغارت از سه مرحله سنگ شکنی شامل سنگ شکن های فکی به عنوان مرحله اول، سنگ شکن مخروطی KCD به عنوان مرحله دوم و سنگ شکن KMDT به عنوان مرحله سوم و سه مرحله سرند کردن تشکیل شده (شکل ۱۲). در جدول ۲ مشخصات فنی این دستگاه ها ارائه گردیده است. بر اساس مدار طراحی شده خوراک ورودی به سنگ شکن فکی باید با ابعاد حداکثر ۸۰ درصد دهانه آن (حدوداً زیر ۱۲۰ سانتیمتر) باشد و در این شرایط ابعاد محصول خرد شده این سنگ شکن ۸۰ درصد زیر ۳۰cm و ۶۵ درصد زیر ۱۸cm خواهد بود.

جدول ۲- مشخصات دستگاه های خردایش مدار کارخانه سنگ شکنی چغارت[۶]

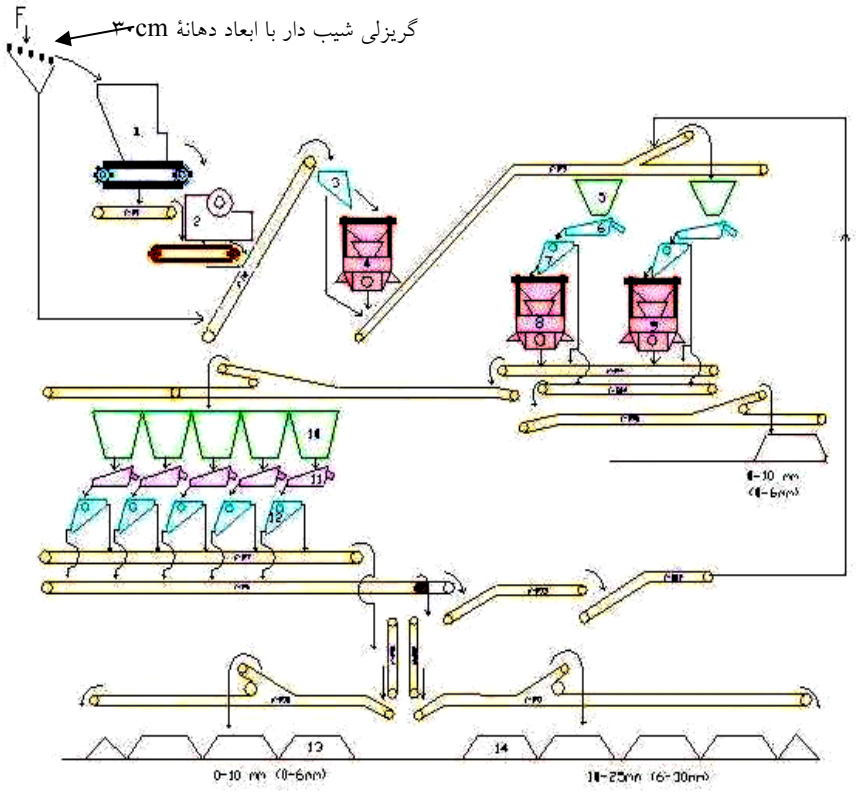
نام سنگ شکن	ظرفیت t/h	توان الکتروموتور KW	قدرت خرد کنندگی Kg/cm^2	ابعاد دهانه cm	ابعاد گلوگاه در حالت باز cm	ابعاد گلوگاه در حالت بسته cm
فکی CMD۶۰	۸۵۰	۲۵۰	۲۵۰۰	۱۵۰	۳۰	۱۸
مخروطی KCD	۷۵۰	۲۵۰	۱۲۰۰	۳۵	۳/۵	۳
مخروطیKMD	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۰۰	۶۰	۲/۵	<۱۰
مخروطیKMDT	۴۵۰	۲۵۰	۱۲۰۰	۶۰	۲/۵	<۱۰

اما با در نظرگرفتن خوراک فعلی و با انجام مطالعات یاد شده در پژوهش حاضر مشخص شد که ابعاد خوراک ورودی ۸۰ درصد زیر۳۰ سانتیمتر و ۶۰ درصد زیر۱۸ سانتیمتر است (شکل ۱۱). بنابراین با توجه به ارقام یاد شده، در نخستین نتیجه گیری می توان گفت در حال حاضر بیش از ۸۰ درصد خوراک ورودی به سنگ شکن فکی نیازی به خردایش در این سنگ شکن ندارد و می تواند بدون خرد شدن راهی مرحله بعد مدار گردد. بنابراین به عنوان یک راهکار می توان با نصب یک گریزلی شیب دار در مدار با ابعاد دهانه ۳۰ سانتیمتر و طول و عرض متناسب با ظرفیت کارخانه و قبل از سنگ شکن فکی ۸۰ درصد بار اولیه را از خوراک ورودی به سنگ شکن فکی جدا نمود و راهی مرحله بعد کرد (شکل ۱۳). از طرف دیگر با در نظر گرفتن این که سنگ شکن فکی در سه شیفت ۸ ساعته فعال است، با اجرای این راهکار می توان این مدت زمان کاری را به کمتر از ۵ ساعت در شبانه روز کاهش داد و از اتلاف بیهوده انرژی جلوگیری نمود. ضمناً با در نظر گرفتن این مسأله که خردایش کانسنگ با ابعاد زیر ۳۰cm در بار ورودی به سنگ شکن فکی کاری بیهوده است و موجب افزایش تولید نرمه زیر ۶ cm در ادامه مدار خردایش می شود، می توان از افزایش ذرات ریزدانه در محصول کارخانه سنگ شکنی نیز جلوگیری کرد.



شکل ۱۲- مدار کارخانه سنگ شکنی چغارت بر اساس طراحی اولیه[۶]

۱-بونکر قبل از سنگ شکن فکی، ۲- سنگ شکن فکی، ۳- سرند قبل از سنگ شکن مخروطی اول، ۴- سنگ شکن مخروطی اولیه، ۵- بونکر قبل از سنگ شکن مخروطی ثانویه، ۶- فیدر، ۷- سرند قبل از سنگ شکن مخروطی، ۸- سنگ شکن مخروطی KMD ، ۹- سنگ شکن مخروطی KMDT ، ۱۰- بونکر های سرند، ۱۱- فیدر های سرند، ۱۲- سرند ها، ۱۳- انبار محصول آگلومره ، ۱۴- انبارمحصول کوره بلند



شکل ۱۳- مدار پیشنهادی کارخانه سنگ شکنی چغارت با در نظر گرفتن خوراک فعلی

نتیجه گیری

۱- با توجه به مشکل فعلی کارخانه سنگ شکنی چغارت مبنی بر افزایش ذرات ریزدانه زیر ۶ cm در محصول خرد شده کارخانه، جهت رفع آن در کوتاه مدت بررسی های مختلفی شامل مطالعات کانی شناسی و سنگ شناسی، مطالعات خردایش و دانه بندی و مطالعات تعیین دانه بندی کانسنگ خرد شده پس از انفجار صورت گرفت.

۲- در مطالعات کانی شناسی مشخص گردید که کانی اصلی آهن دار در کانسنگ آهن چغارت منیتیت می باشد و با توجه به بافت کانسنگ، این کانی توسط کانی های باطله عمدتا" شامل کلسیت، تالک و اسفن(تیتانیت) احاطه شده است. علیرغم استحکام بلوری بالای منیتیت، کانسنگ از بافت سنگ شناسی ضعیفی برخوردار است و پیش بینی می شود با اعمال تنش به سادگی متلاشی گردد.
۳- در مطالعات خردایش مشخص شد که قابلیت خردایش کانسنگ تا حدود ۳۵ درصد کاهش پیدا کرده است. با تعیین تابع شکست کانسنگ به کمک نرم افزار BFDS آشکار گردید که کانسنگ نرمه زا است و در اثر خردایش کانی های باطله و کانی منیتیت درگیر با آنها به سادگی به بخش های ریزدانه ابعادی منتقل می شوند.
۴- با تعیین دانه بندی توده کانسنگ خرد شده در اثر آتشباری ۴ بلوک مختلف استخراجی در معدن چغارت به کمک نرم‌افزار Goldsize ، آشکار شد که بیش از ۸۰ درصد قطعات خرد شده زیر ۳۰cm و بیش از ۶۰ درصد آنها زیر ۱۸cm هستند که تقریبا" برابر با دانه بندی محصول سنگ شکن فکی در مدار کارخانه می باشد.
۵- با توجه به شرایط موجود می توان گفت حدود ۸۰ درصد از خوراک کارخانه سنگ شکنی نیازی به خردایش در سنگ شکن فکی ندارد و می تواند مستقیما" راهی مراحل بعدی در مدار گردد.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در مدار کارخانه سنگ شکنی چغارت قبل از سنگ شکن فکی یک دستگاه گریزلی شیب دار با ابعاد چشمه ۳۰ سانتیمتر و طول و عرض متناسب با ظرفیت کارخانه نصب گردد. کانسنگ استخراج شده از معدن چغارت پس از آتشباری به محل این گریزلی انتقال یافته و در آن تخلیه گردد. سپس بخش ریزدانه آن به کمک یک نوار نقاله به اولین سرند پس از سنگ شکن فکی ارسال شود. بخش درشت دانه این گریزلی جهت خردایش در سنگ شکن فکی وارد بونکر آن خواهد شد. به این ترتیب:
۱- از خردایش بیهوده ۸۰ درصد از کانسنگ و مصرف انرژی بیش از حد کاسته خواهد شد.
۲- از تولید بیش از اندازه ذرات ریزدانه زیر۶cm درمحصول کارخانه سنگ شکنی جلوگیری می شود.
۳- زمان کاری و انرژی مصرفی سنگ شکن فکی به کمتر از یک چهارم آن کاهش خواهد یافت.

سپاسگزاری

از کلیه پرسنل محترم شرکت سهامی سنگ آهن مرکزی و کارکنان پر تلاش معدن چغارت قدردانی می گردد.

مراجع

[۱] نگاهی به شرکت سهامی خاص معادن سنگ آهن مرکزی ایران- بافق، دفتر برنامه ریزی اقتصادی و بودجه، شرکت سهامی خاص معادن سنگ آهن مرکزی ایران- بافق، فروردین ماه ۱۳۸۲، ص ۲۰-۱

[۲] طباطبایی شیرازانی، سید عباس، رضایی، بهرام، کشاورز، اسکندر، (۱۳۸۲)، *"بررسی امکان بازیابی وانادیوم از سنگ آهن معدن چغارت"*، پایان نامه کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۱۸۰-۸۰

[۳] یوسفی، علی اصغر، ایران نژاد، مهدی، فرزانگان، اکبر، (۱۳۸۱)، *"توسعه نرم‌افزاری به منظور تعیین توابع شکست مواد معدنی"*، پایان نامه کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۲۰۰-۱

[۴] Prasher, C.L., (۱۹۸۷), "*Crushing and grinding process handbook*", John Wiley & Sons Ltd., PP. ۱-۲۵۹

[۵] حکمت، آسیه، اصانلو، مرتضی، (۱۳۸۲)، *"پیش بینی بازدهی سیستم بارگیری (شاول) بر اساس سنگ های منفجر شده بزرگ مقیاس در معدن سنگ آهن گل گهر"*، پایان نامه کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۱۸۰-۱

[۶] *گزارش اطلاعات کارخانه سنگ شکنی چغارت*، (۱۳۸۲)، دفتر فنی کارخانه، شرکت سهامی خاص معادن سنگ آهن مرکزی ایران- بافق