



## تعیین پارامترهای موثر بر جدایش مغناطیسی تر کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر

محمد امین فتحی<sup>۱</sup>، بهرام رضایی<sup>۲</sup>، عباس سام<sup>۳</sup>، فرشید زمانی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
- ۲- استاد دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
- ۳- استادیار بخش مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
- ۴- کارشناس ارشد مهندسی معدن، سرپرست مرکز تحقیق و توسعه مجتمع سنگ آهن گل گهر

E-mail: fathi\_amin@yahoo.com

### چکیده

مجتمع معدنی گل گهر با تولید سالانه ۳/۵ میلیون تن کنسانتره آهن، یکی از قطب های اصلی تأمین کننده مواد اولیه صنایع فولاد کشور محسوب می شود. تولید کنسانتره در کارخانه فرآوری این مجتمع به دو روش تر ۳۵ (درصد) و خشک (۶۵ درصد) صورت می گیرد. از مشکلات اساسی تولید کنسانتره در این کارخانه، بالا بودن عیار سولفور بعنوان یکی از عناصر اصلی مزاحم در تهییه فولاد است، که بررسی راههای کاهش آنرا در درجه بالایی از اهمیت قرار می دهد. در این تحقیق راههای بهبود فرآیند جدایش تر با استفاده از پارامترهایی همچون دانه بندی، درصد جامد، میزان خردایش، دور جداکننده مورد آنالیز و بررسی قرار گرفته است. بازیابی بالای ذرات درشت تر از ۱۸۰ میکرون (بیش از ۹۰ درصد)، توزیع بیش از ۴۰ درصد سولفور بار ورودی در ذرات زیر ۴۵ میکرون، کمترین میزان بازیابی مواد در ذرات زیر ۶۳ میکرون، بهترین کلرایی جدایش در دانسیته پالپ ۳۵ درصد جامد از جمله نتایجی است که می توان به آن اشاره نمود. دمغناطیس کردن مواد قبل از ورود به جداکننده، کنترل فرآیند خرایش مواد در آسیای گولوه ای تأمین کننده خوراک جداکننده جهت جلوگیری از ایجاد نرمه بیش از حد، به هم زدن پالپ، نرمه گیری در ذرات زیر ۴۵ میکرون از جمله راه کارهایی است که می توان با استفاده از آنها باعث بهبود شرایط عملیاتی فرآیند گردید.

**واژه های کلیدی:** جدایش مغناطیسی تر، کنسانتره آهن، سولفور، گل گهر

### مقدمه

مجتمع معدنی سنگ آهن گل گهر در استان کرمان و در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان سیرجان در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۶ دقیقه شمالی قرار گرفته و



تقرباً در مرکز مثلثی به رؤوس شیزار، کرمان و بندرعباس با فاصله تقریبی ۳۰۰ کیلومتر از هر یک از شهرهای مذکور واقع شده است.

نزوالت جوی در این منطقه کم و متوسط بارندگی سالانه در آن ۱۲۰ میلی متر و حداقل سرعت باد ۱۲۰ کیلومتر در ساعت است. آب و هوای نسبتاً کویری در این منطقه باعث تغییرات شدید درجه حرارت در فصول مختلف شبانه روز می‌شود، بطوريکه دمای ناحیه بین ۱۰ - ۴۰ تا +۴۰ درجه سانتیگراد در سردترین و گرمترین فصول سال متغیر بوده و میزان اختلاف درجه حرارت روز و شب به ۳۵ درجه سانتیگراد می‌رسد.

در این معدن ۶ توده (آنمالي) معدنی کانی سازی شده به ثبت رسیده است که که مجموع ذخایر ممکن آن ۱۱۳۵ میلیون تن برآورد شده است. از این میزان توده شماره یک با ذخیره زمین شناسی ۲۵۰ میلیون تن و ذخیره قابل استخراج ۱۹۱ میلیون تن در حال فعالیت است. بر اساس نوع کانی‌های موجود در ذخیره و موقعیت قرار گیری آنها سه لایه بندی منیتیت فوکانی، ناحیه اکسیده و منیتیت تحتانی در آنمالي شماره یک شناخته شده است. کانی‌های این سه منطقه بیشتر از نوع منیتیت، گوتیت، هماتیت، مارتیت و لیمونیت است. گوگرد عنصر مضر اصلی این آنمالي (بخصوص در بخش تحتانی) را تشکیل می‌دهد و بیشتر از پیریت و به مقدار کم و پراکنده از پیروتیت تشکیل شده است. مونت موریلونیت آهندار بخصوص در بخش فوکانی از کانی‌های ثانویه به همراه منیتیت است. منیتیت فوکانی در بخش بالای اکسیده واقع شده و میزان هماتیت و گوتیت آن کمتر از ۱۳ درصد و گوگرد آن نیز زیر ۰/۲ درصد است. این ناحیه با ذخیره حدود ۵ تا ۶ میلیون تن کمتر از ۸ درصد ذخیره معدن را تشکیل می‌دهد و از نظر فرآوری بسیار ساده است. در بخش اکسیده معدن، میزان هماتیت و گوتیت بیشتر از ۱۲ درصد است، گوگرد آن ناچیز و ذخیره این بخش در حدود ۵۵ میلیون تن است. در منیتیت تحتانی میزان هماتیت و گوتیت کمتر از ۱۲ درصد و میزان گوگرد آن بسیار بالا است (بیش از ۰/۲ درصد). ذخیره این بخش از معدن حدود ۹۰ میلیون تن است، ولی از لحاظ پرعيارسازی و فرآوری به دلیل وجود گوگرد بسیار مشکل و پیچیده است.

سنگ معدن استخراج شده توسط کامیون‌های معدنی به سنگ شکن ژیراتوری با ظرفیت ۲۰۰۰ t/h منتقل شده و تابعاد زیر ۲۰۰ میلی متر مورد خردایش اولیه قرار می‌گیرد. مواد خروجی از سنگ شکن به مخزن بتنی زیر آن هدایت و توسط نوار نقاله به انبار همگن ساز انتقال می‌یابد. مواد معدنی از این واحد به دو آسیای نیمه خودشکن خشک که در حال حاضر به صورت خودشکن کار می‌کنند و هر یک دارای ظرفیت ۴۰۰ t/h هستند، وارد می‌شود.

محصول آسیا با ۴۵۰ میکرون وارد کلاسیفایر قائم می‌شود. ته ریز کلاسیفایر (ذرات زیر ۳ میلی متر) به منظور کنترل دانه بندی بهتر، به روی سرنده با ظرفیت ۳۰۰ تا ۴۴۰ تن در ساعت ریخته می‌شود. سر ریز کلاسیفایر نیز توسط جریان هوا به مجموعه سیکلون‌های غبارگیر وارد و سرریز هریک با ابعاد ریزتر از ۲۵ میکرون به دستگاه غبارگیر الکترواستاتیکی راه می‌یابد، ولی ته ریز سیکلون‌ها به نوار زیر سرنده

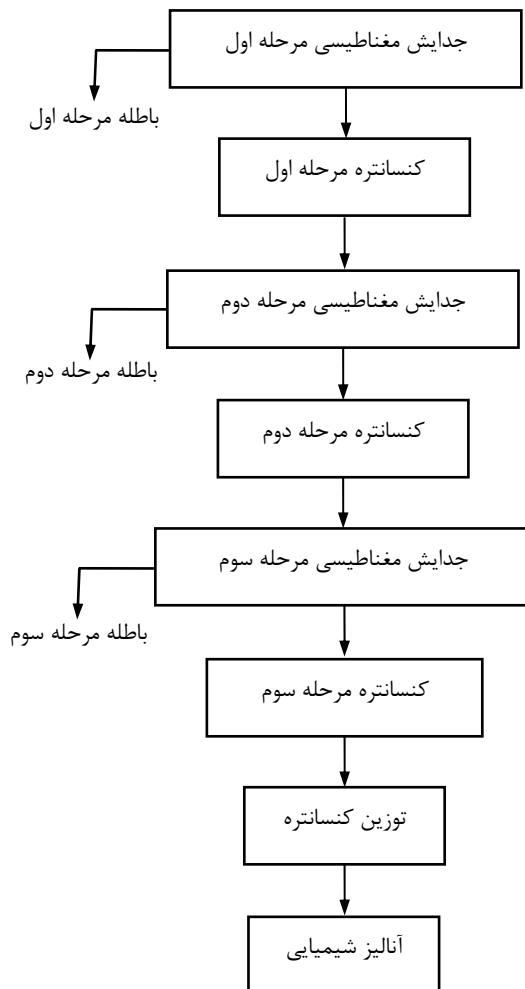


راه می یابد و همراه با ته ریز سرند به جداکننده های مغناطیسی استوانه ای شدت پایین خشک هدایت می شوند. این مرحله از جدایش از سه قسمت اولیه (Rougher)، شستشو (Scavenger) و رمق گیر (Cleaner) تشکیل شده است که کنسانتره و مواد باطله حاصل از جداکننده مغناطیسی خشک به سیلولهای کنسانتره و باطله منتقل شده و محصول میانی، جهت رسیدن به درجه آزادی مناسب به سمت دوآسیا گلوله ای تر هدایت می گرددند.  $4\text{ kg}$  مواد خروجی از آسیای گلوله ای  $150\text{ }\mu\text{m}$  میکرون است که پس از رسیدن به درصد جامد وزنی  $35\%$  درصد، به درون جداکننده های مغناطیسی استوانه ای تر شدت پایین منتقل می گردد. مواد ورودی به جداکننده در سه مرحله اولیه، شستشو و شستشوی مجدد (Recleaner) تحت عملیات پر عیار سازی قرار می گیرند. در مرحله اول مواد به دو قسمت پر عیار و یا کم عیار منتقل می شوند. محصول کم عیار به عنوان باطله نهایی، به تیکنر منتقل شده و محصول پر عیار طی دو مرحله شستشو و شستشوی مجدد تا رسیدن به کیفیت مطلوب تغییض می گردد. شایان ذکر است که محصول کم عیار دو مرحله شستشو و شستشوی مجدد، جهت پر عیار سازی هرچه بیشتر دوباره به درون آسیای گلوله ای و سپس به درون جداکننده منتقل می شود.<sup>[1]</sup>

## روشها و مواد

به منظور بررسی پارامترهای موثر در جدایش مواد مغناطیسی تر در کارخانه گل گهر، در گام اول تهیه نمونه ای معرف در دستور کار قرار گرفت. به همین منظور و با توجه به تغییرات مداوم خوارک ورودی به کارخانه، میزان  $300\text{ kg}$  نمونه از ورودی به آسیای گلوله ای مدار جداکننده مغناطیسی تر در طی  $40\text{ min}$  روز کاری برداشته شد و به طور کامل با یکدیگر مخلوط گردید. پس از اطمینان از همگن شدن نمونه ها، میزان  $30\text{ kg}$  کیلوگرم از آن جهت انجام آزمایشی بهینه سازی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش های مدنظر با استفاده از جداکننده مغناطیسی تر Boxmag با جریان همسو و شدت میدان  $1500\text{ G}$  انجام شد و پارامترهای مختلفی از جمله  $4\text{ kg}$  بار ورودی به جداکننده، سرعت چرخش استوانه جداکننده، درصد جامد و همینطور دانه بندي مورد آزمایش قرار گرفت و تأثیر هر یک از آنها در فرآيند مشخص گردید. همچنین سرعت خوارک دهی در تمامی مراحل ثابت و به میزان  $30\text{ min}$  بر ساعت بر متر در نظر گرفته شد.

رونده انجام آزمایش ها نیز بدین صورت بوده است که نمونه ها طی سه مرحله به صورت سری مورد پر عیار سازی قرار گرفته و کنسانتره مرحله سوم جهت آنالیز شیمیایی عناصر به آزمایشگاه ارسال گردید. در شکل ۱ نمای کلی مراحل مختلف انجام آزمایش ها نشان داده شده است. روش بهینه سازی نیز به این صورت بوده است که یک پارامتر در محدوده مورد نظر متغیر و بقیه پارامترها ثابت در نظر گرفته می شد.



شكل ۱ : روند عملیات جدايش مغناطيسي



## بحث و نتایج

با توجه به عدم کارآیی جدایش خشک در استحصال کنسانتره ای مناسب از لحظ عیار و بازیابی در دانه بندی های ریز جدایش تر که دارای محدودیت دانه بندی نیست مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. تأثیر پارامترهایی که مورد ارزیابی قرار گرفته اند در ادامه شرح داده خواهد شد.

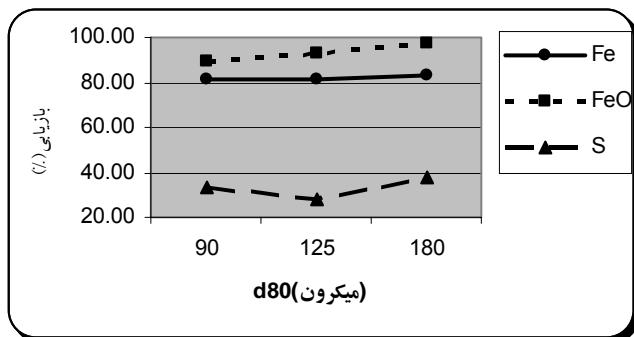
### -۱ d<sub>۸۰</sub> بار ورودی

یکی از مهمترین اهداف خردایش در پر عیار سازی کانسنگ های آهن، رسیدن به درجه آزادی کانی یا کانی های مورد نظر از دیگر مواد همراه در درشترين ابعاد ممکن است. در طی این فرآيند ميزان کاهش ابعاد به بافت و ترکيبات کانی شناختي مواد معدني و همچنین ابعاد طبیعی کانی با ارزش بستگی دارد. در مورد يك کانی مشخص، ابعاد طبیعی ذرات کانی با ارزش در کانه های مختلف يکسان نیست و محدوده های دانه بندی مختلفی دارد. بنابراین ميزان خردایش برای يك کانی مشخص در کانه های مختلف، متفاوت است [۳]. جهت برآورد تأثیر ميزان خردایش مواد بر روند فرآيند، سه نمونه با دانه بندی ۸۰ درصد عبوری (d<sub>۸۰</sub>) از سرندهای ۹۰، ۱۲۵ و ۱۸۰ میکرون مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج مربوط به آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. قابل اشاره است که بار ورودی از عیار FeO و S به ترتیب ۶۳/۹۹ و ۰/۳۳۳ ۱۴/۰۲ درصد برخودار بوده است.

جدول ۱: نتایج مربوط به عیار و بازیابی جداگانه مغناطیسی در d<sub>۸۰</sub> مختلف

| بازیابی(%) |       |       | عناصر(%) |       |       | وزن (%) | مراحل شستشو | d <sub>۸۰</sub> (میکرون) |
|------------|-------|-------|----------|-------|-------|---------|-------------|--------------------------|
| Fe         | FeO   | S     | Fe       | FeO   | S     |         |             |                          |
| ۸۱,۲۳      | ۸۹,۶۹ | ۳۳,۱۶ | ۶۹,۶۸    | ۱۷,۳۲ | ۰,۱۴۶ | ۷۴,۶۰   | ۳           | ۹۰                       |
| ۸۱,۰۲      | ۹۲,۷۴ | ۲۸,۱۲ | ۶۹,۲۲    | ۱۷,۳۶ | ۰,۱۲۵ | ۷۴,۹۰   | ۳           | ۱۲۵                      |
| ۸۳,۵۳      | ۹۷,۵۷ | ۳۷,۵۶ | ۶۹,۲۴    | ۱۷,۷۲ | ۰,۱۶۲ | ۷۷,۲۰   | ۳           | ۱۸۰                      |

همانطور که مشاهده می شود با کاهش ابعاد ذرات تا d<sub>۸۰</sub> ۱۲۵ میکرون جدایش مناسب و همراه با کاهش ميزان سولفور است، اما با خردایش ذرات به d<sub>۸۰</sub> ۹۰ میکرون دوباره ميزان عیار سولفور افزایش پیدا می کند. به نظر می رسد در دانه بندی زیر ۹۰ میکرون دنباله روی ذرات غیر مغناطیسی و به هم چسبیدگی مواد باعث کاهش راندمان جدایش می گردد. شکل ۲ ميزان بازیابی عناصر را نسبت به اندازه ذرات ورودی به جداگانه نشان می دهد.

شکل ۲ : تأثیر میزان  $d_{80}$  بار ورودی بر روی بازیابی عناصر

## ۲- سرعت جداکننده

سرعت خطی استوانه یکی از پارامترهای اصلی در ارتباط با فرآیند جدایش مغناطیسی توسط جداکننده های استوانه ای است. با افزایش سرعت، عمق بستر ذرات کاوش یافته و جمع آوری ذرات مغناطیسی بهبود می یابد. از طرفی نیروی گریز از مرکز ایجاد شده بعنوان یک فاکتور بحرانی در بهبود جدایش مغناطیسی عمل می کند، چرا که در سرعت بیشتر از سرعت بحرانی، نیروی گریز از مرکز بر نیروی مغناطیسی غالبه کرده و کارآیی جدایش را با مشکل مواجه می سازد [۴]. به منظور بررسی تأثیر سرعت جداکننده بر جدایش، فرآیند پرعيارسازی در سه سرعت  $0/4$ ،  $0/5$  و  $0/6$  متر بر ثانیه انجام شد که نتایج حاصله در جدول ۲ نشان داده شده است.

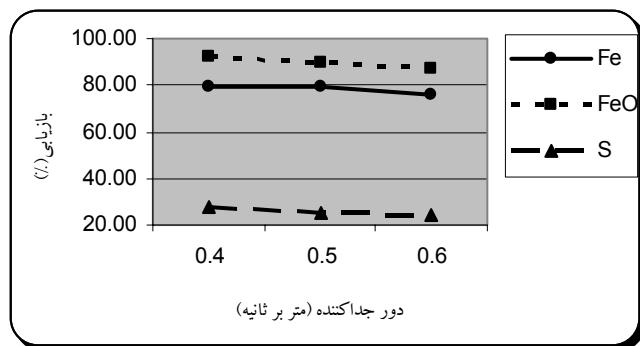
جدول ۲ : نتایج مربوط به عیار و بازیابی جداکننده مغناطیسی نسبت به سرعت چرخش استوانه

| بازیابی(%) |       |       | عناصر(%) |       |       | وزن (%) | مراحل شستشو | دور جداکننده (%) |
|------------|-------|-------|----------|-------|-------|---------|-------------|------------------|
| Fe         | FeO   | S     | Fe       | FeO   | S     |         |             |                  |
| ۷۹,۲۰      | ۹۲,۴۴ | ۲۸,۱۵ | ۶۸,۱۲    | ۱۷,۴۲ | ۰,۱۲۶ | ۷۴,۴۰   | ۳           | ۰,۴              |
| ۷۹,۱۰      | ۸۹,۶۹ | ۲۵,۵۱ | ۶۹,۶۸    | ۱۷,۳۲ | ۰,۱۱۷ | ۷۲,۶۰   | ۳           | ۰,۵              |
| ۷۶,۱۰      | ۸۷,۵۲ | ۲۴,۴۱ | ۶۸,۲۹    | ۱۷,۲۱ | ۰,۱۱۴ | ۷۱,۳۰   | ۳           | ۰,۶              |

در شکل ۳ میزان بازیابی به دست آمده برای عناصر در دورهای مختلف جداکننده نشان می دهد. همانطور که مشاهده می گردد با افزایش دور میزان بازیابی مغناطیسی نیز افزایش می یابد. البته این روند تا زمانی که



نیروی مغناطیسی تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار نگرفته است، ادامه خواهد یافت ( سرعت  $0/6$  متر بر ثانیه) و پس از آن با افزایش دور جداسازی به مقادیر بالاتر جدایش با اختلال موافق می گردد و نتایج قبل اعتمادی به دست نمی آید.



شکل ۳ : میزان بازیابی عناصر در دورهای مختلف جداسازی

### ۳- درصد جامد

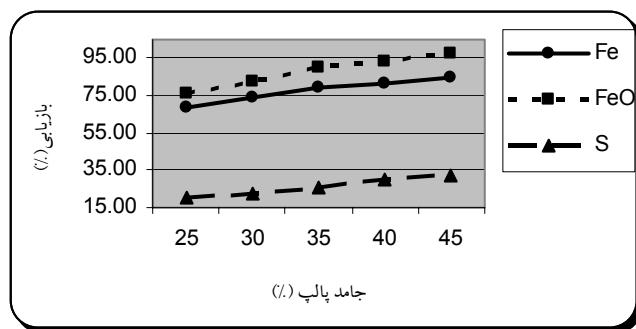
جرم مخصوص پالپ در جدایش تر مواد دارای نقشی اساسی است. چنانچه میزان درصد جامد بیش از حد پایین باشد، به دلیل تلاطم بیش از حد ذرات بسترسازی در سطح استوانه صورت نمی گیرد و در روند فرآیند اختلال ایجاد می کند. حال اگر جرم مخصوص پالپ بیش از حد باشد، گرانروی پالپ را افزایش می دهد که مجدداً جدایش ذرات را با مشکل موافق می سازد و باعث کاهش کارآبی جدایش به دلیل راهیابی ذرات غیر مغناطیسی به کنسانتره می گردد [۵]. در جدول ۳ نتایج حاصل از انجام آزمایش با درصد جامد های مختلف نشان داده شده است. در این مرحله با افزایش میزان درصد جامد، میزان بازیابی مغناطیسی افزایش یافته است. البته با افزایش این میزان به بالای  $40$  درصد، علاوه بر افزایش میزان سولفور کنسانتره، گیرکردن ذرات بین سطح استوانه جداسازی و تانک حاوی مواد در حال جدایش باعث ایجاد مشکل و باز داشتن استوانه از حرکت می شود. شایان ذکر است که در حال حاضر مشکل اصلی در کارخانه گل گهر، بالا بودن میزان سولفور است و از لحاظ میزان عیار آهن مشکل خاصی وجود ندارد و دارای شرایط مورد نیاز صنایع فولاد می باشد. بنابراین راه های کاهش سولفور در درجه بالایی از اهمیت قرار دارد.



جدول ۳: نتایج مربوط به عیار و بازیابی جداکننده مغناطیسی در درصد جامد مختلف

| بازیابی(%) |       |       | عناصر(%) |       |       | وزن (%) | مراحل شستشو | جامدپالپ (%) |
|------------|-------|-------|----------|-------|-------|---------|-------------|--------------|
| Fe         | FeO   | S     | Fe       | FeO   | S     |         |             |              |
| ۶۸,۸۰      | ۷۵,۹۱ | ۲۰,۴۰ | ۶۸,۰۳    | ۱۶,۴۵ | ۰,۱۰۵ | ۶۴,۷۰   | ۳           | ۲۵           |
| ۷۴,۱۰      | ۸۲,۷۶ | ۲۲,۲  | ۶۹,۲۵    | ۱۶,۹۵ | ۰,۱۰۸ | ۶۸,۴۵   | ۳           | ۳۰           |
| ۷۹,۱۰      | ۸۹,۶۹ | ۲۵,۵۱ | ۶۹,۶۸    | ۱۷,۳۲ | ۰,۱۱۷ | ۷۲,۶۰   | ۳           | ۳۵           |
| ۸۱,۱۷      | ۹۳,۰۵ | ۳۰,۰۵ | ۶۸,۵۲    | ۱۷,۲۱ | ۰,۱۳۲ | ۷۵,۸۰   | ۳           | ۴۰           |
| ۸۴,۹۵      | ۹۷,۹۹ | ۳۲,۵۱ | ۶۸,۲۹    | ۱۷,۲۶ | ۰,۱۳۶ | ۷۹,۶۰   | ۳           | ۴۵           |

شکل ۴ میزان بازیابی عناصر را نسبت به درصد جامد پالپ ورودی نشان می دهد. روند تصاعدی بازیابی ذرات نسبت به میزان جامد پالپ ورودی به خوبی نمایان است.



شکل ۴ : میزان بازیابی ذرات نسبت به درصد جامدبار ورودی

#### ۴- دانه بندی و توزیع عناصر

یکی از مهمترین و اساسی ترین پارامترها جهت کنترل فرآیند در خطوط مختلف کارخانه، مطالعه و ارزیابی دانه بندی است. در مورد کانسنگ های آهن کنترل جدایش مغناطیسی، افزایش کارآیی جداکننده ها، کنترل تلفات آهن به بخش باطله، تهیه بار اولیه جداکننده های مغناطیسی و تعیین درجه آزادی با مطالعات دانه بندی ارزیابی می شود[۶]. به منظور بررسی تأثیر دانه بندی بر نحوه جدایش، مواد به ۶ فراکسیون ابعادی تقسیم گردیده و میزان و نحوه توزیع عناصر مختلف در بار ورودی و محصول نهایی مشخص گردید. جداول ۵ و ۶ نتایج مربوط به تأثیر دانه بندی را نشان می دهد.



جدول ۴ : توزیع عناصر در بار ورودی به جداکننده در فراکسیون های مختلف

| توزیع(%) |        |        | نسبت<br>Fe/FeO | عناصر(%) |       |       | تجمیع عبوری<br>(%) | وزن<br>(%) | ابعاد ذرات<br>(میکرون) |
|----------|--------|--------|----------------|----------|-------|-------|--------------------|------------|------------------------|
| Fe       | FeO    | S      |                | Fe       | FeO   | S     |                    |            |                        |
| ۶,۹۸     | ۷,۱۴   | ۴,۵۸   | ۴,۲۹           | ۶۲,۸۲    | ۱۴,۶۴ | ۰,۲۳۲ | ۹۳,۰۵              | ۶,۹۵       | +۱۸۰                   |
| ۸,۳۸     | ۸,۶۹   | ۴,۸۸   | ۴,۲۴           | ۶۴,۴۲    | ۱۵,۲۱ | ۰,۲۱۱ | ۸۴,۹۱              | ۸,۱۴       | -۱۸۰+۱۲۵               |
| ۱۲,۵۳    | ۱۳,۹۸  | ۱۰,۰۲  | ۳,۹۳           | ۶۴,۱۷    | ۱۶,۳۲ | ۰,۲۸۹ | ۷۲,۷۰              | ۱۲,۲۱      | -۱۲۰+۹۰                |
| ۱۲,۶۸    | ۱۳,۸۰  | ۱۰,۳۴  | ۴,۰۲           | ۶۴,۷۲    | ۱۶,۱۱ | ۰,۲۹۷ | ۶۰,۴۵              | ۱۲,۲۵      | -۹۰+۶۳                 |
| ۱۸,۵۰    | ۱۹,۷۲  | ۱۹,۳۳  | ۴,۱۲           | ۶۳,۶۲    | ۱۵,۴۶ | ۰,۳۷۴ | ۴۲,۲۶              | ۱۸,۱۹      | -۶۳+۴۵                 |
| ۴۰,۹۰    | ۳۶,۵۴  | ۵۱,۰۰  | ۴,۹۱           | ۶۰,۵۲    | ۱۲,۳۲ | ۰,۴۲۹ |                    | ۴۲,۲۶      | -۴۵                    |
| ۱۰۰,۰۰   | ۱۰۰,۰۰ | ۱۰۰,۰۰ | ۴,۳۹           | ۶۲,۵۴    | ۱۴,۲۵ | ۰,۳۵۲ |                    | ۱۰۰,۰۰     | مجموع                  |

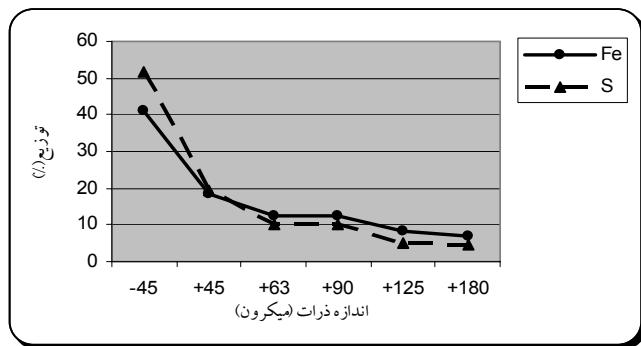
جدول ۵ : توزیع عناصر کنسانتره نهایی جداکننده در فراکسیون های مختلف

| توزیع(%) |        |        | نسبت<br>Fe/FeO | عناصر(%) |       |       | تجمیع<br>عبوری<br>(%) | وزن<br>(%) | ابعاد ذرات<br>(میکرون) |
|----------|--------|--------|----------------|----------|-------|-------|-----------------------|------------|------------------------|
| Fe       | FeO    | S      |                | Fe       | FeO   | S     |                       |            |                        |
| ۱۰,۱۱    | ۱۰,۲۱  | ۹,۷۰   | ۳,۹۴           | ۶۷,۵۶    | ۱۷,۱۶ | ۰,۱۱۲ | ۸۹,۷۸                 | ۱۰,۲۲      | +۱۸۰                   |
| ۹,۲۵     | ۹,۳۳   | ۹,۰۱   | ۳,۹۵           | ۶۸,۳۲    | ۱۷,۳۱ | ۰,۱۱۵ | ۸۰,۰۳                 | ۹,۲۵       | -۱۸۰+۱۲۵               |
| ۱۶,۴۴    | ۱۶,۴۰  | ۱۳,۰۹  | ۳,۹۹           | ۶۸,۶۵    | ۱۷,۲۱ | ۰,۰۹۸ | ۶۴,۱۷                 | ۱۶,۳۶      | -۱۲۰+۹۰                |
| ۱۴,۳۸    | ۱۴,۷۲  | ۱۳,۰۸  | ۳,۸۹           | ۶۸,۷۶    | ۱۷,۶۹ | ۰,۱۰۸ | ۴۹,۸۸                 | ۱۴,۲۹      | -۹۰+۶۳                 |
| ۲۸,۸۲    | ۲۹,۰۷  | ۲۵,۴۹  | ۳,۹۴           | ۶۸,۷۱    | ۱۷,۴۲ | ۰,۱۰۵ | ۲۱,۲۳                 | ۲۸,۶۵      | -۶۳+۴۵                 |
| ۲۰,۹۰    | ۲۰,۰۷  | ۲۷,۳۵  | ۴,۰۰           | ۶۷,۴۱    | ۱۶,۶۴ | ۰,۱۰۲ |                       | ۲۱,۲۳      | -۴۵                    |
| ۱۰۰,۰۰   | ۱۰۰,۰۰ | ۱۰۰,۰۰ | ۳,۹۸           | ۶۸,۳۱    | ۱۷,۱۷ | ۰,۱۱۸ |                       | ۱۰۰,۰۰     | مجموع                  |

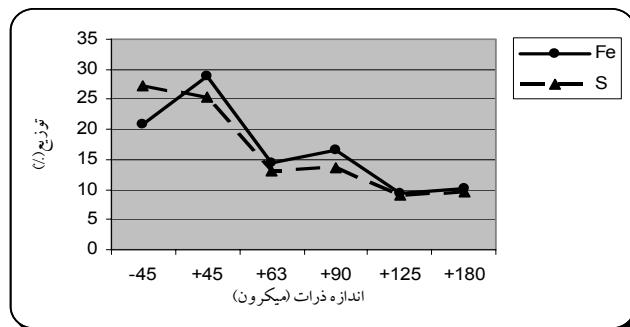
در کارخانه فرآوری مجتمع گل گهر در حال حاضر مشکل اصلی میزان بالای سولفور کنسانتره نهایی است که کاهش آن اصلی ترین اولویت به شمار می رود. همانطور که مشاهده می گردد بیش از ۷۰ درصد سولفور بار ورودی در محدوده ذرات زیر ۶۳ میکرون توزیع گردیده است، در عین حالی که همین ذرات حاوی میزان بالایی از توزیع آهن نیز هستند(بیش از ۵۵ درصد). در کنسانتره نهایی نیز مشاهده می گردد که بیشترین توزیع سولفور مربوط به همین ذرات است. ذرات زیر ۴۵ میکرون دارای بیشترین عیار سولفور و کمترین عیار آهن در بین فراکسیون های مختلف بار ورودی و کنسانتره نهایی است. طبق مطالعات میکروسکوپی انجام



شده توسط مشاوران آلمانی و همینطور کارشناسان داخلی قسمت اعظم سولفور کانسنگ گل گهر طی خردایش تا ابعاد زیر ۱۰۰ میکرون از کانی های آهن دار جدایی نداشتند، بنابراین عدم رسیدن به درجه آزادی مناسب نمی تواند دلیل بالا بودن میزان سولفور ذرات زیر ۶۳ میکرون باشد. میزان توزیع ذرات در فراکسیون های مختلف بار ورودی و کنسانتره نهایی در اشکال ۵ و ۶ نشان داده شده است.



شکل ۵ : توزیع آهن و سولفور در فراکسیون های مختلف بار ورودی به جداکننده

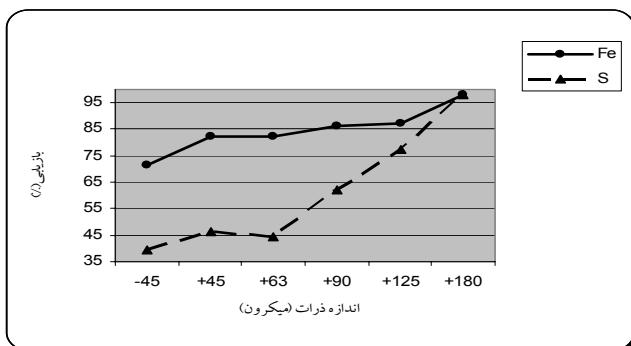


شکل ۶ : توزیع آهن و سولفور در فراکسیون های مختلف کنسانتره نهایی

با کاهش اندازه ذرات میزان بازیابی که بیانگر میزان فلز راه یافته به کنسانتره است، کاهش پیدا می کند به طوریکه در ذرات زیر ۴۵ میکرون از کمترین میزان برخوردار است. نکته قابل اشاره راهیابی بیش از ۹۰ درصد ذرات بالای ۱۸۰ میکرون به کنسانتره نهایی است. در شکل ۷ میزان بازیابی آهن و سولفور در فراکسیون های مختلف نشان داده شده است. مشاهده می گردد که عمدۀ جدایش صورت گرفته در محدوده



ذرات زیر ۱۰۰ میکرون است که بازیابی آهن و سولفور دارای فاصله هستند و در ذرات بالای ۱۰۰ میکرون تقریباً بخش عمده سولفور به همراه آهن بازیابی می‌گردد.



شکل ۷ : میزان بازیابی آهن و سولفور در فراکسیون های مختلف

### نتیجه گیری

- در کنسانتره جداکننده مغناطیسی تر، ذرات زیر ۶۳ میکرون به دلیل آگلومره شدن و به هم چسبیدگی دارای بیشترین میزان سولفور است.
- ذرات بالای ۱۲۵ میکرون دارای بالاترین میزان بازدهی جدایش هستند، که به نظر می رسد به دلیل عدم وجود مشکلات ناشی از آگلومره شدن و همینطور رسیدن به درجه آزادی مناسب ذرات باشد.
- بهینه بار ورودی ۱۲۵ میکرون است که در ذرات بالاتر و همینطور پایین تر از مقدار با افزایش عیار سولفور مواجه هستیم.
- پالپ حاوی ۳۵ درصد جامد، بهترین کارایی جدایش را دارد. در درصد جامد پایین تر میزان بازیابی آهن از میزان خوبی برخوردار نیست و در درصد جامد بالاتر نیز با میزان سولفور بالا و همینطور اختلال در جدایش مواجه می شویم.
- با افزایش دور جداکننده توازن بین نیروی مغناطیسی و گریز از مرکز کمتر شده و به جدایش بهینه نزدیک می گردد که البته دارای یک حد مجاز به دلیل کاهش سطح تماس مواد با سطح جداکننده است.
- دنباله روی ذرات غیر مغناطیسی و احاطه شدن ذرات حد واسطه توسط ذرات ریز مغناطیسی از بزرگترین مشکلات در جدایش مغناطیسی است که نیاز به تفرق کامل پالپ و دمغناطیس کردن ذرات میانی را ایجاد می نماید.
- با کنترل خردایش مواد در آسیای گلوله ای مدار کارخانه، می توان تا حدود زیادی از مشکلات ناشی از بالا بودن سولفور دانه بندی های ریز را کاهش داد.



## مراجع

- [۱] مهرور اصیل، علی، (۱۳۷۷)، ”بهمود فرآیند تولید کارخانه فرآوری مجتمع معدنی و صنعتی سنگ آهن گل گهر بر اساس مطالعات کانه آرایی“، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- [۲] Norrgan D.A. and Mankaso M.J.,(۲۰۰۲), “Selection and Sizing of Magnetic Concentrating Equipment ; Plant Design/Layout”, Mineral Processing Plant Design/ Practice and Control Proceeding, Vol. ۱, A.L. Molar et al, SME-AIME, New York, pp ۱۰۶۹-۱۰۹۳
- [۳] رضایی، بهرام، (۱۳۷۸)، ”تکنولوژی فرآوری مواد معدنی ( خردایش و طبقه بندی)“، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
- [۴] Norrgan D.A. and Mankaso M.J., (۲۰۰۲), “Bench Scale and Pilot Plant Tests for Magnetic Concentration Circuit Design”, Mineral Processing Plant Design/ Practice and Control Proceeding, Vol. ۱, A.L. Molar et al, SME-AIME, New York, pp ۱۷۶-۲۰۰
- [۵] Svoboda J., (۱۹۸۷), “Magnetic Methods for the Treatment of minerals”, Elsevier Science Publishing Company INC, New York, pp ۳۳۹
- [۶] رضایی، بهرام، (۱۳۷۸)، ” تکنولوژی فرآوری مواد معدنی ( پرعيارسازی به روش مغناطیسی)“، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)