دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی فرآوری مواد معدنی

عنوان:

بررسی امکان بهینه‌سازی آسیای خودشکن مدار چغارت در کارخانه فرآوری چغارت

استاد راهنما:
دکتر علی دهقانی

استاد مشاور:
مهندس مهدی خسروی

پژوهش و نگارش:
سعید حسنی صدرآبادی

مهرماه ۱۳۸۸

چکیده

آسیاهای خودشکن، جایگزین چندین مرحله سنگ‌شکنی و آسیاکنی در مدارهای خردایش شده‌اند. این آسیاها نسبت به تغییر پارامترهای عملیاتی، به خصوص مشخصات بار اولیه، بسیار حساس هستند. شبیه‌سازی یکی از ابزارهای بهبود کارآئی آسیاهای خودشکن است. بدین منظور، پس از نمونه‌گیری از بار ورودی به آسیای خودشکن سنگ آهن چغارت و آماده‌سازی آن، آزمایش-های خردایش برای بررسی مکانیزم‌های شکست در آسیای خودشکن، شامل ضربه، سایش و خود-شکست انجام شد. شکست ضربه‌ای با استفاده از آسیای گلوله‌ای استاندارد آزمایشگاهی انجام شد و با استفاده از نرم‌افزار BFDS، مقادیر تابع شکست و تابع انتخاب با استفاده از مدل‌های موجود تعیین گردید. شکست سایشی با استفاده از آسیای مخصوص سایش صورت گرفت و پارامترهای سایش تعیین شد. مدل خودشکست فراکسیون‌های مختلف، با استفاده از دستگاه وزنه افتان، که در آزمایشگاه کانه‌آرائی دانشگاه یزد ساخته شده است، بررسی گردید. زمان ماند متوسط نیز با اندازه-گیری میزان پرشدگی آسیا، محاسبه شد. در انتها نیز به کمک نرم‌افزار MODSIM و با استفاده از نتایج به دست آمده از آزمایش‌های فوق و دیگر اطلاعاتی که از کارخانه در حال کار به دست آمد، مدار خردایش خط چغارت که شامل آسیای خودشکن در مدار بسته با یک دستگاه سرند ارتعاشی می‌باشد، شبیه‌سازی شد. مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های کارخانه نشان داد که خطای شبیه‌سازی بسیار ناچیز است. با استفاده از این تکنیک می‌توان تأثیر تغییر پارامترهای عملیاتی بر روی دانه‌بندی محصول آسیای خودشکن را پیش‌بینی نمود. با توجه به قطر زیاد ذرات در خوراک جداکننده‌های مغناطیسی که موجب هدرروی آهن در ذرات دانه درشت و انتقال آن به باطله و کاهش بازیابی و از سوئی باعث کاهش عیار آهن (Fe) و افزایش فسفر (P) می‌شود، با انجام شبیه‌سازی مشخص شد که در صورت کاهش ابعاد چشمه‌های سرند از اندازه ۱ میلیمتر به ۰/۷ میلیمتر و با شارژ ۷ درصدی گلوله‌های ۱۰۰ میلیمتری، می‌توان ضمن حفظ تناژ بار درگردش و کنترل حداکثر توانی که آسیا می‌کشد، ابعاد محصول (d_{80}) را به ۱۶۴ میکرون کاهش داد.

مقدمه

عملیات آسیا کردن یکی از مهمترین و در عین حال پر هزینه‌ترین مراحل فرآوری مواد معدنی است که حدود ۷۰٪ از انرژی مصرفی کارخانه را به خود اختصاص می‌دهد، به همین دلیل همواره سعی بر این بوده که با ارائه تجهیزات و روش‌های جدید، از انرژی مصرفی حداکثر استفاده به عمل آید. در اکثر موارد به دلیل تعدد عوامل درگیر، پیچیدگی ذاتی عملیات و مطلوب نبودن طرح اولیه، کارآئی مدار کمتر از مقدار پیش‌بینی شده در زمان طراحی به دست می‌آید. از سوی دیگر به دلیل تأثیر بسیار زیاد دانه‌بندی محصول آسیا بر فرآیندهای بعدی، غالبا" این محصول باید دارای خصوصیات از پیش تعیین شده‌ای باشد. بنابراین بهینه‌سازی آسیاها برای دستیابی به محصول با کیفیت مورد نظر، می‌تواند از اولین اهداف در بالا بردن کیفیت عملکرد در کارخانه باشد. از این‌رو برای بهبود کارآئی آسیاها، از تکنیک‌های مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌شود. مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی رایانه‌ای، روش‌های مؤثر و مفیدی جهت طراحی، تحلیل، بهینه‌سازی و کنترل خودکار عملیات واحدهای مختلف می‌باشند که در صنایع فرآوری مواد معدنی، اخیرا" گسترش فراوانی یافته است. فناوری شبیه‌سازی مدارهای آسیاهای گردان، از حدود سی سال پیش مورد استفاده قرار گرفته است و همچنان با توسعه مدل‌های ریاضی، کامل‌تر و توانمندتر می‌گردد. امروزه اهمیت و کاربرد شبیه‌سازی و مدلسازی فرآیندها و تجهیزات صنعتی بر کمتر کسی پوشیده است. گسترش صنایع در عصر حاضر و افزایش هزینه‌های موجود از جمله انرژی و همچنین رقابت شدید برای تهیه محصولی با کیفیت بالا و برآورد نیاز بازار، سبب شده است تا مهندسان فرآوری مواد معدنی همواره به دنبال یافتن شیوه‌هایی جهت بهینه‌سازی فرآیندهای تولید باشند. از طرف دیگر، امروزه ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای شبیه‌سازی، با سرعت چشمگیری گسترش یافته و با هزینه و زمان اندکی در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. این عوامل باعث شده که متخصصان هر رشته سعی کنند با ارائه مدل‌های ریاضی مناسب و آشنایی با نرم‌افزارهای رایانه‌ای متناسب با رشته خود، فرآیندها و تجهیزات کاربردی پر هزینه و

پر انرژی را شبیه‌سازی نموده و در اختیار شرکت‌ها قرار دهند. در همین راستا از چند دهه گذشته، متخصصان رشته فرآوری مواد معدنی و رشته‌های مرتبط با آن در سراسر دنیا، فعالیت وسیعی را برای شبیه‌سازی تجهیزات و فرآیندهای مختلف آغاز نموده‌اند و به تبع آن، مدل‌ها و نرم‌افزارهایی نیز به بازار ارائه شده‌اند که به صورت تجاری و رایگان در دسترس کاربران قرار دارند. هر یک از این نرم‌افزارها، دارای مزایا و کاستی‌های مختلفی می‌باشند. به نظر می‌رسد فعالیت‌های لازم در جهت شبیه‌سازی کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی، در کشور ما کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو پرداختن به این موضوع برای بهینه‌سازی برخی از این تجهیزات که در مقیاس صنعتی بسیار پر هزینه می‌باشند و مقدار زیادی انرژی نیز مصرف می‌کنند، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. با توجه به این‌که شبیه‌سازی مدارهای فرآوری مواد معدنی با حجم زیادی از داده‌ها سر و کار دارد، لذا جهت تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها باید از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده شود. از جمله نرم-افزارهای قدرتمندی که بر اساس مدل‌های ریاضی موجود، تولید شده‌اند، می‌توان از نرم‌افزارهای JKSimMet، UsimPac و ModSim را نام برد، که هم اکنون در بسیاری از کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با بررسی اجمالی بر روی معادن بزرگ می‌توان فهمید که در بیست سال گذشته، اکثر پروژه‌های آسیاکنی جدید و یا توسعه‌ای، از تکنولوژی آسیاکنی خودشکن و یا نیمه خودشکن استفاده کرده‌اند که در ایران نیز، به سرعت در حال گسترش می‌باشد و توانایی در مدلسازی و بهینه نمودن عملکرد این تجهیزات، به صرفه‌جویی بسیار چشمگیری در مصرف انرژی در مقیاس کشور منتهی شده و به سوددهی بیشتر معادن کشور منجر می‌گردد. در واقع استفاده از آسیاهای خودشکن و یا نیمه خودشکن، به دلیل به کارگیری ماده معدنی به عنوان واسطه خردایش و در نتیجه افزایش ظرفیت نرم‌کنی و همچنین وارد نشدن مواد خارجی به ماده معدنی و آلوده نشدن آن و به طور کلی کاهش قابل توجه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی عمومیت یافته است. در حال حاضر هفت کارخانه بزرگ فرآوری مس سرچشمه، میدوک، سونگون، سنگ آهن چادرملو،

چغارت، گل‌گهر و طلای آق‌دره از آسیاهای خودشکن و یا نیمه خودشکن استفاده می‌نمایند و در طرح‌های آینده، معادنی نظیر سنگ آهن جلال‌آباد، طلای زرشوران، تیتانیوم کهنوج و سایر طرح-های معدنی کشور از این تجهیزات استفاده خواهند نمود، که شناخت نحوه عملکرد آن برای بالا بردن بهره‌وری تولید در کارخانه بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

این گزارش در پنج فصل تدوین گردیده است. در فصل اول این گزارش، یک معرفی از موقعیت جغرافیایی سنگ آهن چغارت، مشخصات معدن و سنگ‌های موجود در آن به همراه توضیحاتی در مورد کارخانه فرآوری و فلوشیت آن آورده شده است. در فصل دوم، توضیحاتی در مورد مدلسازی آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن بیان شده است. در فصل سوم، روش انجام تحقیق و شرح آزمایش‌ها ارائه شده است. در فصل چهارم، ضمن توضیح نرم‌افزار MODSIM، با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش‌ها، شبیه‌سازی انجام شده است. نهایتا" در فصل پنجم، نتیجه-گیری کلی از تحقیق به همراه ارائه پیشنهادها آورده شده است.

فصل اول:

مجتمع سنگ آهن چغارت

۱-۱- مقدمه

معدن سنگ آهن چغارت با ذخیره زمین شناسی ۲۰۷ میلیون تن در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق، ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان یزد، ۷۵ کیلومتری جنوب غربی شهر بهاباد و در حاشیه کویر مرکزی ایران واقع شده است. این معدن به عنوان بزرگترین تولید کننده سنگ آهن مورد نیاز برای کارخانه ذوب آهن اصفهان فعالیت می‌کند. ذخیره قابل استخراج معدن چغارت ۱۷۷ میلیون تن برآورد شده است که ۹۶ میلیون تن آن به دلیل عیار بالای آهن و فسفر پائین، پس از خردایش و دانه‌بندی به صورت مستقیم قابل مصرف در صنایع فولاد بوده و مابقی جهت پرعیارسازی به کارخانه فرآوری ارسال می‌گردد. عملیات بهره‌برداری از این معدن از شهریور ۱۳۵۰ آغاز و تا پایان سال ۱۳۸۶ حدود ۱۱۱ میلیون تن سنگ آهن استخراج شده است. عملیات استخراج به روش روباز پلکانی و با استفاده از شاول‌های هیدرولیکی و کامیون‌های معدنی با ظرفیت ۳۲ و ۶۴ تنی انجام می‌گیرد [۲].

کارخانه فرآوری سنگ آهن چغارت که در سال ۱۳۸۴ به بهره‌برداری رسید، شامل دو خط تولید مستقل برای پرعیارسازی کانسنگ‌های پر عیار و پر فسفر چغارت و کم عیار و کم فسفر سه-چاهون می‌باشد. مقدار خوراک ورودی کارخانه برای هر دو خط تولید، جمعا" ۵/۷ میلیون تن در سال در نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید هر یک از خطوط، ۱/۶ میلیون تن (مجموعا" ۳/۲ میلیون تن) درسال می‌باشد که قابل افزایش تا ۴ میلیون تن خواهد بود. در این کارخانه، سنگ آهن پر عیار و پر فسفر چغارت پس از خردایش در آسیای خودشکن، و سنگ آهن کم عیار و کم فسفر سه چاهون پس از خردایش در آسیاهای خودشکن و گلوله‌ای، توسط جداکننده‌های مغناطیسی شدت پائین و بالا، پر عیار و آماده ارسال به واحدهای فولادسازی می‌گردند [۱۷].

۱-۲- وضعیت جغرافیایی، آب و هوایی و راه‌های ارتباطی

معدن سنگ آهن چغارت در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق و ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان یزد در طول جغرافیایی "۲ '۲۸ °۵۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی "۱۷ '۴۲ °۳۱ درجه شمالی واقع شده است (شکل ۱-۱).

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی معدن چغارت [۲]

منطقه چغارت دارای آب و هوای گرم و خشک است و درجه حرارت آن در طول سال بین ۷ درجه سانتیگراد زیر صفر تا ۴۷ درجه سانتیگراد بالای صفر متغیر است. همچنین متوسط بارندگی

سالیانه آن حدود ۵۵ میلیمتر است. ارتفاع اولیه توده چغارت از سطح دریا ۱۲۸۶ متر و از سطح منطقه اطراف ۱۵۰ متر بوده است.

با توجه به این‌که شهرستان بافق در مسیر راه آهن سراسری تهران- بندرعباس قرار دارد و از این طریق به کرمان نیز مرتبط می‌شود، حمل مواد معدنی از کارخانه کانه‌آرائی معدن به کارخانه ذوب‌آهن اصفهان و دیگر مراکز صنعتی که به سنگ آهن معدن چغارت نیاز دارند، از این طریق است. در موارد خاص برای حمل مواد به مراکز صنعتی کوچک از کامیون نیز استفاده می‌شود [۲].

۱-۳- زمین شناسی منطقه

یک سلسله از فعالیت‌های زمین شناسی مربوط به زمان اینفرا کامبرین باعث به وجود آمدن حوضه رسوبی- آتشفشانی منطقه بافق شده که از نظر ذخایر معدنی، حائز اهمیت است. زون آهن-دار زرند- ساغند و رباط پشت بادام که به نام بلوک بافق نامگذاری شده، در این حوضه قرار دارند.

کانسارهای مقرون به صرفه از قبیل سنگ آهن چغارت، چادرملو، چاه‌گز، میشدوان، سه-چاهون، سنگ آهن منگنزدار ناریگان، فسفات آسفوردی و سرب و روی کوشک، در محدوده این بلوک تجمع یافته است.

کانسار چغارت در تشکیلات پرکامبرین ایران مرکزی (سری مراد) قرار دارد. سنگ‌های در برگیرنده کانسار عبارتست از: مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی، فیلیت، شیست‌های متبلور، گنیس و مرمر که به نام سری مراد در فرهنگ چینه شناسی از آن یاد می‌شود.

این مجموعه متأثر از تغییرات مختلف دگرگونی، به دو صورت مجاورتی و ناحیه‌ای، دگر-نهادی (متاسوماتیسم)، به صور مختلف شده است. مجموعه سری مراد با دگرشیبی خفیف را طبقات متعلق به اینفرا کامبرین متشکل از گدازه، کربنات، شیست، فیلیت، کنگلومرا و غیره می-پوشاند که سن آن‌ها به اوایل کامبرین می‌رسد [۲].

۱-۳-۱- سنگ شناسی

مجموعه‌ای که سنگ معدن چغارت را تشکیل می‌دهد، دارای دو رخساره کاملا" متمایز است. سنگ‌های با درصد بالایی از کوارتز و فلدسپات که توسط زمین شناسان کوارتزیت، کوارتز پورفیر، گرانوفیر، پلاژیوفیر و کوارتز آلبیتوفیر، نامگذاری شده است. همچنین سنگ‌هایی با درصد بالایی از آمفیبول از نوع آکتینولیت، ترمولیت و قطعات آلتره شده بیگانه، اغلب آمفیبولیزه شده که تحت عناوین آمفیبولیت، آمفیبول پیروکسنیت، هورنبلندیت با ترکیب‌های مختلف دیده می‌شوند.

در حفاری‌های به عمل آمده در شمال غرب چغارت، به حدود ۳۰ متر آهک تیره رنگ برخورد شده که شدیدا" درزه‌دار بوده و درزه‌ها به وسیله کلسیت پر شده‌اند. در فاصله بین توده آهن شمال غربی چغارت و توده اصلی در سطح زمین، یک نوع آهک سیلیسی شده با بافت برشی که قطعاتی از ژاسب به صورت گوشه‌دار نیز در بر دارد، مشاهده می‌شود. از گمانه‌ها، مغزه‌هایی به دست آمدند که رنگ گوشتی داشته و تحت عنوان گرانیت چغارت از آن نامبرده شده است. دایک-هایی از نوع دیاباز و به تعبیری اسپارتیت و در اصطلاح آلمانی‌ها لامپروفیر، مجموعه معدن و سنگ‌های در برگیرنده آن را با روند شمالی- جنوبی قطع می‌کند [۲].

۱-۳-۲- کانی شناسی

کانی اصلی معدن چغارت، منیتیت است که در بعضی از قسمت‌ها، مارتیتی شده است. هماتیت قسمت کمی را شامل می‌شود. گوتیت، هیدروگوتیت و اولیژیست نیز به مقدار بسیار کم وجود دارند. اسفن و ایلمینیت، دو کانی تیتانیم‌دار معدن محسوب می‌شوند. آپاتیت در اشکال مختلف، از بلورهای درشت چند سانتیمتری تا توده‌های کمپاکت در سنگ معدن موجود است. مقدار آپاتیت در شمال غرب معدن و حواشی آن به خصوص در حاشیه شمال شرقی، فوق‌العاده زیادتر است. مینرالیزاسیون پیریت و کالکوپیریت نیز بیشتر در قسمت اخیر دیده می‌شود [۲].

انواع سنگ آهن تفکیک شده چغارت به شرح زیر است [۲]:

مگنتیت، مگنتیت مارتیتی، مگنتیت آپاتیتی، مگنتیت پیریتی و مگنتیت سیلیس‌دار.

کانی‌های اصلی شناخته شده همراه سنگ آهن و مجموعه سنگ‌های در برگیرنده عبارتند از:

آکتینولیت، ترمولیت، کلریت، تالک، آلبیت، میکروکلین، کلسیت و کوارتز.

آلتراسیون سنگ‌های میزبان، در کانسار و اطراف آن به سه نوع متفاوت تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- آلتراسیون قبل از کانسنگ
- آلتراسیون همراه کانسنگ
- آلتراسیون بعد از تشکیل کانسنگ

۱-۴- خصوصیات تکنولوژیکی سنگ آهن چغارت

کانسار چغارت را می‌توان از دیدگاه اکسایش، میزان فسفر، مواد پر عیار و یا کم عیار، به بخش‌های ارائه شده در جدول ۱-۱ تفکیک نمود. با توجه به این جدول، حدود ۶۴ درصد ذخیره را مواد پر عیار کم فسفر غیر اکسیده تشکیل می‌دهند. توزیع تقریبی آهن و فسفر در این بخش به ترتیب معادل ۶۶ و ۸ درصد است که در عمل موجب پیچیدگی فرآیند فرآوری نمی‌شود. حدود ۲۱ درصد از ذخیره را مواد پر عیار پر فسفر غیر اکسیده تشکیل می‌دهد که توزیع آهن و فسفر در آن به ترتیب معادل ۲۱ و ۵۱ درصد است. با توجه به حضور فسفر به صورت آپاتیت، فسفرزدائی در این بخش با مشکلاتی همراه خواهد بود.

جدول ۱-۱- توریع آهن و فسفر در بخش‌های مختلف معدن چغارت [۲]

نوع ماده معدنی	ذخیره (میلیون تن)	ذخیره (٪)	عناصر (٪)		توزیع در هر زون (٪)		تعیین نوع آهن
			Fe	P	Fe	P	Fe/FeO
پرعیار، کم فسفر و غیراکسیده	۱۳۷/۵	۶۳/۶۵	۵۹/۸	۰/۰۵	۶۶/۳۱	۷/۹۲	<۷
پرعیار، پر فسفر و غیراکسیده	۴۵/۵	۲۱/۰۶	۵۶/۴	۰/۹۸	۲۰/۶۹	۵۱/۴۶	<۷
پرعیار، کم فسفر و اکسیده	۴/۵	۲/۰۹	۶۱/۶	۰/۰۷	۲/۲۴	۰/۳۷	>۷
پرعیار، پر فسفر و اکسیده	۱۷/۵	۸/۱۰	۵۴/۳۴	۱/۴۸	۷/۶۷	۲۹/۸۵	>۷
کم عیار	۱۱	۵/۱	۳۴/۷	۰/۸۳	۳/۰۹	۱۰/۴	-
مجموع	۲۱۶	۱۰۰	۵۷/۴	۰/۴۰	۱۰۰	۱۰۰	-

به طور کلی، قسمت فوقانی معدن از مواد پر عیار با میزان فسفر کم تشکیل شده و بدون عملیات فرآوری قابل مصرف است، ولی در بخش‌های تحتانی، به دلیل کاهش عیار آهن و افزایش فسفر، لازم است تا پرعیارسازی آهن و فرآوری آن از دیدگاه فسفرزدائی مورد توجه قرار گیرد [۲].

۱-۵- ذخیره و تناژ معدن

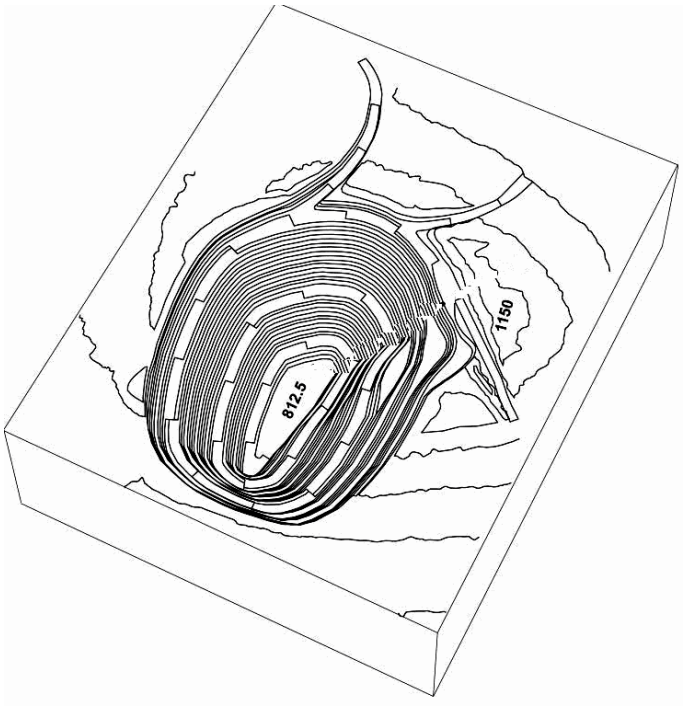
ذخیره معدن در مراحل مختلف اکتشاف به شرح زیر برآورد شده است:

- بر اساس اکتشاف مقدماتی در سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۴۵ به میزان ۱۳۵ میلیون تن.
- بر اساس اکتشاف به عمل آمده در سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۴ به میزان ۲۱۶ میلیون تن.
- در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۶۹ به منظور شناخت دقیق کانسار، ۹ حلقه چاه عمیق، مجموعا" ۱۸۲۷ متر و ۶۴ حلقه چاه کم عمق، جمعا" ۲۴۴۶ متر حفاری و نمونه‌برداری شد، که ذخیره زمین شناسی به ۲۰۷/۷ میلیون تن تقلیل یافت. بر اساس آخرین محاسبات به عمل آمده، ذخیره قابل استحصال معدن در ابتدای بهره‌برداری، ۱۷۷/۲ میلیون تن برآورد شده است [۲].

۱-۶- روش استخراج

معدن سنگ آهن چغارت با انجام اکتشافات تفصیلی روس‌ها، از سال ۱۳۵۰ تا سال ۱۳۷۴، شاهد طرح‌های استخراج متفاوتی بوده است که هر یک با توجه به هدف تعریف شده، ذخیره محاسبه شده و اطلاعات ژئوتکنیکی در مراحل مقدماتی و پایه تهیه شده‌اند.

استخراج در این معدن روباز از قسمت‌های فوقانی آغاز و به ترتیب با ایجاد پله‌ها و رمپ‌ها به قسمت‌های تحتانی که در حال استخراج است، ختم می‌شود. ارتفاع پله‌های استخراجی ۱۰ متر است که در مرحله نهائی به ۳۰ متر می‌رسد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- محدوده نهائی پیت معدن سنگ آهن چغارت [۲]

عرض جاده‌های باربری حدود ۲۰ متر بوده که شیب آن‌ها نیز ۸ درصد است. کف معدن در حالت نهائی در افق ۸۲۰ متری قرار دارد، شیب پله‌های استخراجی ۶۹/۵ درجه و شیب نهائی پیت ۵۵/۱ درجه در نظر گرفته شده است. دستگاه‌های حفاری در معدن چغارت، شامل دستگاه حفاری

راک با اندازه قطر ۸۵ تا ۱۵۵ میلیمتر و دستگاه حفاری اینگر DM50 برای حفر چال‌هایی با قطرهای ۱۱۵ و ۱۶۵ میلیمتری است.

در این معدن، ماده ناریه اصلی پودر آنفو است که این پودر از مخلوط نیترات آمونیوم و ۵ درصد گازوئیل به دست می‌آید.

برای بارگیری سنگ‌های حاصل از آتشباری از شاول‌هایی با جام ۵ و ۷ متر مکعب که برای بارگیری در باطله، جام آن‌ها قابل تعویض به جام ۹ متر مکعبی است، استفاده می‌شود. برای حمل مواد داخل پیت، از کامیون‌هایی با ظرفیت ۳۲ تن استفاده می‌شود که برای طرح توسعه معدن، کامیون‌های ۸۵ تنی در نظر گرفته شده است [۲].

۱-۷- معرفی کارخانه فرآوری مجتمع سنگ آهن چغارت

کارخانه فرآوری مجتمع سنگ آهن چغارت در سال ۱۳۸۴ به بهره‌برداری رسید. این کارخانه شامل دو خط تولید مستقل برای پرعیارسازی کانسنگ‌های پر عیار و پر فسفر چغارت و کم عیار و کم فسفر سه چاهون می‌باشد. مقدار خوراک ورودی کارخانه برای هر دو خط تولید جمعا" ۵/۷ میلیون تن در سال در نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید هر یک از خطوط، ۱/۶ میلیون تن (مجموعا" ۳/۲ میلیون تن) درسال می‌باشد که قابل افزایش تا ۴ میلیون تن خواهد بود. مشخصات بار اولیه و محصول خط تولید چغارت و سه چاهون در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲- مشخصات بار اولیه و محصول خط تولید چغارت و سه چاهون بر اساس طراحی اولیه [۱۷]

مشخصات / خط تولید	بار اولیه			کنسانتره		
	میلیون تن در سال	Fe%	P%	میلیون تن در سال	Fe%	P%
چغارت	۲/۳	۵۲	۱/۰۰	۱/۶۰	>۶۶	<۰/۱۲
سه چاهون	۳/۴	۳۷	۰/۰۵	۱/۶۰	>۶۶	<۰/۰۵

در این کارخانه، سنگ آهن پر عیار و پر فسفر چغارت پس از خردایش در آسیای خودشکن، و سنگ آهن کم عیار و کم فسفر سه چاهون پس از خردایش در آسیاهای خودشکن و گلوله‌ای، توسط جداکننده‌های مغناطیسی شدت پائین و بالا، پر عیار و آماده ارسال به واحدهای فولادسازی می‌گردند.

سیستم تولید در این کارخانه، مکانیزه بوده و کلیه مراحل تولید توسط واحدهای اتوماسیون، کیفیت و آزمایشگاه، کنترل و نظارت می‌گردد [۱۷]. فلوشیت کارخانه فرآوری سنگ آهن چغارت (خط تولید چغارت و سه چاهون) در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. فرآیند خط تولید سنگ آهن در دو معدن به شرح ذیل می‌باشد:

۱-۷-۱- خط تولید چغارت

همانطور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است، کانسنگ آهن پر عیار و پر فسفر استخراج شده از معدن چغارت با ابعاد حدود ۱۰۰۰ میلیمتر پس از خردایش توسط سنگ‌شکن فکی با دانه-بندی کوچکتر از ۳۰۰ میلیمتر توسط نوار نقاله مستقیما" از سنگ‌شکن به محوط انباشت و برداشت جهت اختلاط و همگن سازی مواد منتقل می‌شود. انباشت توسط دستگاه استاکر[۱] و برداشت به وسیله ریکلایمر[۲] انجام می‌شود. مواد برداشت شده به سیلوی با ظرفیت ۲۰۰۰ تن حمل و از آن‌جا از طریق خوراک دهنده لرزان به آسیای خودشکن برای تولید محصولی با ابعاد کوچکتر از یک میلیمتر خوراک‌دهی می‌شود.

آسیای خودشکن در مدار بسته با یک دستگاه سرند ارتعاشی (از نوع سرند موزی[۳]) قرار دارد. سرریز سرند به عنوان بار درگردش به آسیا برگشت داده شده و ته‌ریز آن جهت پرعیارسازی به جداکننده‌های مغناطیسی با شدت میدان کم فرستاده می‌شود. پرعیارسازی در دو

---

1. Stacker
2. Reclaimer
3. Banana Screen

مرحله صورت می‌گیرد. محصول مرحله اول (رافر) جهت فرآوری مجدد به جداکننده‌های مغناطیسی مرحله دوم (کلینر) منتقل می‌شود. محصول این بخش از خط به عنوان کنسانتره آهن جهت آبگیری به بخش فیلتراسیون منتقل می‌گردد. طبق طراحی اولیه، باطله این جداکننده‌های مغناطیسی پس از نرمه‌گیری به وسیله هیدروسیکلون‌های خوشه‌ای و افزایش میزان جامد در پالپ به جداکننده مغناطیسی ثانویه (اسکونجر) منتقل می‌شود [۱۷].

۱-۷-۲- خط تولید سه چاهون

همان طور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است، کانسنگ آهن کم عیار و کم فسفر استخراج شده از معدن سه چاهون پس از خردایش در سنگ‌شکن فکی با دانه-بندی کوچکتر از ۳۰۰ میلیمتر به محوطه انباشت منتقل می‌گردد. طبق طراحی اولیه، محصول سنگ‌شکن اولیه بایستی توسط نوار نقاله به سیلوهای بارگیری راه آهن منتقل و توسط واگن‌های ۵۰ تنی به ایستگاه تخلیه چغارت حمل شود که در حال حاضر با کامیون به محل کارخانه حمل می‌شود. لازم به ذکر است که برای بالا بردن عیار خوراک خط سه‌چاهون، از ترکیب سنگ آهن چغارت و سه چاهون استفاده می‌گردد.

کانسنگ توسط نوار نقاله به بخش همگن سازی انتقال یافته و سپس توسط دستگاه ریکلایمر و نوار نقاله به سیلوی ۲۰۰۰ تنی حمل و از طریق خوراک دهنده لرزان به آسیای خودشکن منتقل می‌شود. این آسیا در مدار بسته با یک دستگاه سرند ارتعاشی با چشمه‌های یک میلیمتری قرار دارد. سرریز سرند به عنوان بار درگردش به آسیا برگشت داده می‌شود. مواد عبور کرده از سرند به جداکننده‌های مغناطیسی منتقل می‌شوند. به علت تفاوتی که بین مشخصات سنگ آهن سه چاهون و چغارت وجود دارد، فرآیند خط تولید سه چاهون از نظر به کارگیری ماشین آلات فرق دارد و برای این خط تولید یک دستگاه آسیای گلوله‌ای نیز در نظر گرفته شده است. محصول جداکننده مغناطیسی اولیه به منظور رسیدن به دانه‌بندی و عیار مورد نظر، در

آسیای گلوله‌ای نرم می‌شود. باطله این جداکننده‌ها پس از آبگیری در تیکنر به سد باطله منتقل می‌شود.

آسیای گلوله‌ای در مدار بسته با هیدروسیکلون کار می‌کند. محصول جداکننده مغناطیسی اولیه و مواد برگشتی از ته‌ریز هیدروسیکلون (بار درگردش) وارد آسیای گلوله‌ای می‌شوند. خروجی آسیای گلوله‌ای به همراه باطله حاصل از جداکننده مغناطیسی ثانویه مرحله دوم، وارد هیدروسیکلون می‌شوند. سرریز هیدروسیکلون وارد جداکننده‌های مغناطیسی ثانویه مرحله اول می‌شود. کنسانتره حاصل از جداکننده‌های مغناطیسی ثانویه مرحله دوم به بخش فیلتراسیون انتقال می‌یابد. کنسانتره آبگیری شده توسط نوار نقاله به محوطه انباشت منتقل می‌شود [۱۷].

۱-۸- مشخصات فنی دستگاه‌ها

تجهیزات نصب شده در مجتمع سنگ آهن چغارت (خط تولید چغارت) دارای مشخصات زیر می‌باشند:

۱-۸-۱- بخش سنگ‌شکنی

سنگ‌شکنی مرحله اول به منظور خرد کردن مواد استخراج شده از معدن پیش‌بینی شده است. ظرفیت آن ۸۰۰ t/h و ابعاد محصول آن مطابق جدول ۱-۳ می‌باشد [۱۷].

جدول ۱-۳- توزیع ابعاد کانسنگ اولیه [۱۷]

ابعاد	درصد وزنی
۳۰۰mm	٪۹۵ عبور کرده (کوچکتر)
۲۰۰mm	٪۸۰ عبور کرده (کوچکتر)
۱۰۰mm	٪۴۰ - ٪۳۰ باقیمانده (بزرگتر)

۱-۸-۲- بخش آسیای خودشکنی

در این بخش، ابتدا انبارهایی به منظور تأمین خوراک آسیاهای خودشکن پیش‌بینی شده است. حجم مؤثر هر کدام از این انبارها، ۷۴۰ متر مکعب است. ابعاد موادی که به این انبارها بعد از سنگ‌شکنی فرستاده می‌شوند، ماکزیمم ۴۸۰ میلیمتر است و ۸۰٪ مواد، ابعادی کوچکتر از ۲۰۰ میلیمتر دارند [۱۷].

آسیای خودشکن نصب شده در این مسیر، جهت آسیا کردن محصول سنگ‌شکنی و مواد برگشتی از آسیا در نظر گرفته شده است. مشخصات آسیای خودشکن در جدول ۱-۴ آمده است.

جدول ۱-۴- مشخصات آسیای خودشکن [۱۷]

ظرفیت طراحی	ماکزیمم تئوریک ۴۷۶ t/h
ظرفیت اسمی	بر اساس خوراک تازه ۳۶۶ t/h بر اساس کل خوراک ۴۷۶ t/h
درصد جامد داخل آسیا	۶۵٪ وزنی
دانسیته پالپ داخل آسیا	۱۶۹۴ g/l
قطر آسیا	داخل پوسته ۷/۹۳ متر داخل آستر ۷/۷۶ متر
طول آسیا	فلانج تا فلانج ۳/۹۵ متر طول آسیاکنی مؤثر ۳/۴۰ متر
سرعت آسیا	۱۱/۴۲ rpm (۷۵٪ سرعت بحرانی)

۱-۸-۳- سرند ارتعاشی

سرند ارتعاشی به منظور سرند کردن خروجی آسیای خودشکن در حد ۱ میلیمتر طراحی شده است. مشخصات این سرند ارتعاشی (موزی) در جدول ۱-۵ آمده است [۱۷].

جدول ۱-۵- مشخصات سرند ارتعاشی [۱۷]

ظرفیت طراحی	۴۷۶ t/h بار خشک (۳۶۵ m^3/h پالپ)
درصد جامد (بار ورودی)	٪۶۵ وزنی
دانسیته پالپ (بار ورودی)	۲۰۱۱ g/l
آب اضافی شستشو	۱۸۰ m^3/h
طول سرند	۹۵۲۵ mm
عرض سرند	۳۰۰۰ mm
سطح سرند	۲۷/۸ m^2
سطح مؤثر سرند کردن	۴/۳۲ m^2
فرکانس ارتعاش	۹۰۰-۹۵۰ min^{-1}
دامنه ارتعاش	۱۱-۱۲ mm
شیب سرند	۳۰/۲۰/۱۰° درجه
اندازه دهانه چشمه سرند	۱*۱۱ mm

۱-۸-۴- جداکننده‌های مغناطیسی اولیه

جدایش کانی‌های مغناطیسی از باطله غیر مغناطیسی به وسیله جداکننده‌های مغناطیسی انجام می‌شود. مشخصات این جداکننده‌ها در جدول ۱-۶ آورده شده است [۱۷].

۱-۸-۵- بخش نرمه‌گیری

از هیدروسیکلون‌های خوشه‌ای برای نرمه‌گیری از باطله جداکننده‌های مغناطیسی اولیه استفاده می‌شود. در هر دسته، ۱۶ هیدروسیکلون (۲ تا رزرو) قرار دارد. مشخصات این هیدروسیکلون‌ها در جدول ۱-۷ آورده شده است [۱۷].

جدول ۱-۶- مشخصات جداکننده‌های مغناطیسی اولیه [۱۷]

نوع جداکننده	۲ استوانه‌ای
نوع مخزن	غیر هم جهت (با گردش استوانه‌ها)
ظرفیت طراحی	۱۸۳ t/h (۴۶۹ m^3/h پالپ)
درصد جامد خوراک	٪۳۰ وزنی
دانسیته پالپ	۱۳۱۰ g/l
قطر استوانه	۱۲۰۰ mm
طول استوانه	۳۰۰۰ mm
سرعت	۱/۲ m/s
تعداد قطب‌ها	۵
فاصله (گام) قطب	۲۸۵ mm
شدت میدان	۱۹۰۰ گوس در سطح استوانه (۱۳۵۰ گوس در فاصله ۲۵ میلیمتری از سطح استوانه)

جدول ۱-۷- مشخصات هیدروسیکلون‌های نرمه‌گیر [۱۷]

قطر سیکلون	۶ اینچ
دهانه ورودی	۲/۲ اینچ
قطر سرریز	۲/۲۵ اینچ
ته‌ریز	قابل تنظیم
فشار	تقریبا" ۱/۳ بار (اتمسفر)
حد جدایش	تقریبا" ۱۰ میکرون

۱-۸-۶- جداکننده‌های مغناطیسی ثانویه

این جداکننده‌ها دارای میدان مغناطیسی با گرادیان بالا هستند و برای بازیابی کانی‌های اکسیده آهن از باطله‌های جداکننده‌های مغناطیسی اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این نوع جداکننده، ۱۰ قطب با فاصله ۱۴۵ میلیمتر تعبیه شده است و شدت میدان در سطح استوانه‌ها، ۱۸۵۰ گوس و در فاصله ۱۵ میلیمتری از سطح استوانه ۱۳۰۰ گوس است [۱۷].