بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی

دسته‌بندی جبهه‌کارهای معدن مس شهربابک، به منظور دست یابی به شرایط بهینه عملیات فراوری

مولف:

محمد قوچانی

اساتید راهنما:

دکتر عباس سام

دکتر سید حسین مجتهد زاده

مشاوران صنعتی:

مهندس سید مهدی حسینی

مهندس سید مجید عبداللهی

مهندس سید مجید موسوی

تابستان ۱۳۹۲

چکیده

در معادن مس پورفیری به علت فرآیندهای گوناگون، کانی سازی، دارای تنوع شدیدی است. این تغییرات اغلب به صورت قائم از سطوح فوقانی معدن تا سطوح تحتانی گسترش‌یافته و باعث تغییرات شدیدی از لحاظ شیمی فیزیکی شده است. با گسترش معدن و افزایش عمق، سنگ ارسالی به کارخانه تغلیظ دچار نوسان می‌شود که این امر اثرات نامطلوبی بر روند عملیات فراوری دارد. این موضوع منجر به ایجاد نوسانات شدید در فرآیند و نتیجتاً از دست رفتن مقادیر قابل‌توجهی مواد با ارزش و بروز زیان‌های اقتصادی می‌گردد. از طرفی عدم پیش‌بینی زمان بروز مشکل باعث پیچیده‌تر شدن مشکل می‌شود. از این رو بررسی نحوه و عوامل موثر بر تشکیل توده‌های پورفیری در انتخاب مناسب روش خردایش و پر عیار کنی حائز اهمیت است. از این رو لازم است تا با شناخت ماهیت هر گونه، عوامل موثر عملیاتی تغییر داده شود، یا به ترکیب مناسبی از گونه‌ها جهت خوراک دهی به کارخانه، دست یافت. از آنجا که تا کنون هیچ‌گونه شناخت مستندی جهت دسته‌بندی این گونه‌ها، در مجتمع مس میدوک وجود ندارد، در این پژوهش سعی شده تا دسته‌بندی آن‌ها بر مبنای رفتار مواد معدنی در اولین مرحله فرآوری، یعنی خردایش، صورت پذیرد. به همین منظور، بر اساس اطلاعات اکتشافی و شرایط عملیاتی کارخانه فرآوری، پنج منطقه تحت عنوان جبهه کارهای معدن مشخص و مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. سپس با توجه به فلوشیت کارخانه و مکانیزم های خردایش مورد نیاز، آزمایش‌های مختلفی مانند اندیس کار باند، SPI، اندیس سایش، وزنه افتان اندیس بار نقطه‌ای جهت بررسی سختی گونه‌ها انجام‌شد. همچنین بر اساس ارتباط کانی‌شناسی با مکانیزم شکست، مطالعات میکروسکوپی، تیغه‌های نازک، مقاطع صیقلی و آزمایش‌های XRD و XRF، انجام شد. نتایج اولیه نشان داد که تفاوت بارزی میان گونه‌ها و مکانیزم شکست آن‌ها وجود دارد که در نهایت منجر به دسته‌بندی جبهه کارها در دو زون آلتراسیون شد. این روند، معدن و کارخانه را قادر خواهد ساخت تا به استناد مطالعات و راهکارهای ارائه‌شده و با کاهش نوسانات، نسبت به تدوین برنامه تولیدی مشخص و قابل‌انعطاف و افزایش بهره‌وری اقدام نمایند.

کلمات کلیدی: منطقه بندی معدن، کانی شناسی فرایند، وزنه افتان، اندیس باند، اندیس SPI، بار نقطه ای، تست سایش، کانی شناسی

تقدیم به عزیزترین هایم که دعای خیرشان همیشه بدرقه راهم بود

پدر بزرگوارم

که با تمام وجودشان به من آموختند، علم را با معرفت و شعور بیاموزم

و

مادر مهربانم

که با عشق، به من آموختند آنچه را می دانم در راه خدمت به کار گیرم

و

سپاس از خاله مهربان، خواهرهای نازنین و برادر خوبم که در همه جا یاری گر من بودند. همچنین تقدیم به روح پاک شوهر خاله ام که همواره در این راه مشوق من بودند.

تشکر و تقدیر

بدین وسیله بر خود می‌دانم تا از همیاری و همکاری اساتید، کارکنان محترم دانشگاه و همچنین شرکت مس میدوک که در کلیه مراحل انجام این تحقیق کمک‌رسان اینجانب بودند، کمال تشکر را داشته باشم.

همچنین تشکری ویژه از جناب آقای دکتر عباس سام و جناب آقای دکتر سید حسین مجتهد زاده، دارم که با راهنمایی‌های دلسوزانه و زحمات این دو بزرگوار توانستم به نحو احسن این پروژه را به پایان برسانم.

همچنین از صبر و حوصله داوران محترم، جناب آقای دکتر صمد بنیسی و جناب آقای دکتر امین شیرازی که زحمت مطالعه و داوری این پژوهش را متقبل شدند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کارکنان محترم شرکت مس، به ویژه جناب آقای مهندس مجید موسوی و جناب آقای مهندس محمود حکمتی و دیگر کارکنان محترم این سازمان که یاری‌رسان اینجانب در این پروژه بودن تشکر می‌نمایم.

با تشکر
محمد قوچانی
تابستان ۱۳۹۲

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱-مقدمه: ۲

۱-۲-زمین‌شناسی معادن مس پورفیری ۳

۱-۲-۱-آلتراسیون ۴

۱-۲-۱-۱-آلتراسیون فیلیک ۴

۱-۲-۱-۲-آلتراسیون آرژیلیک ۵

۱-۲-۲-بلوغ ۵

۱-۲-۳-کانی‌شناسی بخش سوپرژن ۶

۱-۳- معرفی مجتمع مس میدوک ۶

۱-۴-زمین‌شناسی کانسار مس میدوک ۷

۱-۴-۱-محدوده دربرگیرنده کانسار میدوک ۷

۱-۴-۲-کانی‌شناسی ماده معدنی ۸

۱-۴-۳-محدوده کانه سازی شده ۹

۱-۴-۴-عیار حد و میزان ذخیره مس به تفکیک زون‌ها ۹

۱-۵-شرح مدار آسیا کنی کارخانه تغلیظ مجتمع مس میدوک ۹

۱-۵-۱- نیمه خودشکن ۱۱

۱-۵-۲- آسیاهای گلوله‌ای اولیه ۱۲

فصل دوم: مروری بر دیگر تحقیقات ۱۴

۲-۱-مقدمه ۱۵

۲-۲-خردایش و اهمیت آن در فرآوری مواد معدنی ۱۵

۲-۲-۱-عوامل موثر بر خردایش و انتخاب سیستم‌های خردایش ۱۶
۲-۲-۱-۱-عوامل مهم که باید از گزارش زمین‌شناسی استخراج شود ۱۷
۲-۳-مکانیزم های خردایش ۱۸
۲-۴-نحوه شکست ذرات ۱۹
۲-۵-انواع سازوکارهای مختلف شکست در یک ذره ۲۰
۲-۶-روش‌های مبتنی بر آزمایش‌های شکست تک ذره ۲۱
۲-۷-انواع مکانیزم های خردایش در آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن ۲۱
۲-۸- اهمیت کانی‌شناسی در فرآوری مواد معدنی ۲۳
۲-۸-۱-بافت کانه ها در پرعیارسازی کانی‌ها ۲۴
۲-۹-معادن مس پورفیری ۲۶
۲-۱۰-تحقیقات انجام‌گرفته در دیگر معادن ۲۸
۲-۱۱-تحقیقات انجام‌گرفته در معدن مجتمع مس میدوک ۳۰

فصل سوم: روش پژوهش ۳۱

۳-۱-مقدمه ۳۲
۳-۲- مطالعات تاریخی معدن و کارخانه ۳۲
۳-۲-۱-مطالعه آزمایش‌های اولیه جهت طراحی کارخانه فرآوری مس میدوک ۳۳
۳-۲-۲-بررسی رفتار جبهه کارهای مختلف معدن در شرایط... ۳۴
۳-۲-۲-۱-نمونه‌برداری اولیه از مدار خردایش ۳۵
۳-۳-نمونه‌برداری ۴۲
۳-۳-۱- عملیات نمونه‌برداری ۴۳
۳-۴- آزمایش‌های خردایش ۴۵
۳-۴-۱- آزمایش شکست سایشی: ۴۵
۳-۴-۲- آزمایش اندیس کار باند ۴۸
۳-۴-۲-۱- روش تعیین اندیس کار گلوله‌ای استاندارد باند ۴۹
۳-۴-۳- آزمایش اندیس SPI ۵۱

۳-۴-۵- روش انجام آزمایش سقوط وزنه (آزمون خودشکست) ۵۶

فصل چهارم: ارائه یافته ها و تحلیل نتایج ۶۰

۴-۱-مقدمه ۶۱
۴-۲-نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر جبهه کار A ۶۱
۴-۲-۱- نتیجه آزمون شکست سایشی ۶۲
۴-۲-۲-نتیجه آزمون وزنه افتان ۶۲
۴-۲-۳-نتایج دیگر آزمون‌های خردایش ۶۵
۴-۲-۴- مطالعات کانی‌شناسی ۶۶
۴-۳-نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر جبهه کار B ۶۸
۴-۳-۱-نتیجه آزمون شکست سایشی ۶۸
۴-۳-۲-نتیجه آزمون وزنه افتان ۶۹
۴-۳-۳-نتایج دیگر آزمون‌های خردایش ۷۲
۴-۳-۴-مطالعات کانی‌شناسی ۷۲
۴-۴-نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر جبهه کار C ۷۴
۴-۴-۱-نتیجه آزمون شکست سایشی ۷۵
۴-۴-۲-نتیجه آزمون وزنه افتان ۷۶
۴-۴-۳-نتایج دیگر آزمون‌های خردایش ۷۹
۴-۴-۴-مطالعات کانی‌شناسی ۷۹
۴-۵-نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر جبهه کار D ۸۱
۴-۵-۱-نتیجه آزمون شکست سایشی ۸۲
۴-۵-۲-نتیجه آزمون وزنه افتان ۸۲
۴-۵-۳-نتایج دیگر آزمون‌های خردایش ۸۶
۴-۵-۴- مطالعات کانی‌شناسی ۸۶
۴-۶-نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر جبهه کار E ۸۸
۴-۶-۱-نتیجه آزمون شکست سایشی ۸۹

۴-۶-۲-نتیجه آزمون وزنه افتان ۸۹
۴-۶-۳-نتایج دیگر آزمون‌های خردایش ۹۳
۴-۶-۴-مطالعات کانی‌شناسی ۹۳
۴-۷-جمع‌بندی ۹۶
۴-۷-۱-آزمون های خردایش ۹۶
۴-۷-۲- مطالعات مینرالوژیکی ۱۰۰
۴-۸-نتیجه‌گیری ۱۰۲
۴-۹-پیشنهادها ۱۰۴
فهرست منابع ۱۰۵

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل ۱- ۱: ارتباط آلتراسیون و کانی زایی در معادن مس پورفیری ۵
شکل ۱- ۲ : آلتراسیون فیلیک، سریسیت-کوارتز ... ۶
شکل ۱- ۳ : تصویر ماهواره‌ای معدن مس پورفیری... ۱۰
شکل ۱- ۴ : مقطع شماتیک مدل بلوکی نهایی ۱۱
شکل ۱- ۵ : مدار خردایش مجتمع مس میدوک ۱۱
شکل ۱- ۶ : آسیای نیمه خودشکن و دو آسیای ... ۱۳
شکل ۱- ۷ : آسیای گلوله‌ای کارخانه پرعیار کنی ... ۱۳

شکل ۲- ۱ : نمایش ایجاد نیروهای ثانویه در ماده ۱۹
شکل ۲- ۲ : انواع سازوکارهای مختلف شکست در... ۲۱
شکل ۲- ۳ : توزیع اندازه ذرات محصول در سازو... ۲۲
شکل ۲- ۴ : مکانیزم های اصلی شکست در آسیا... ۲۳
شکل ۲- ۵ : دسته‌بندی هندسی بافت کانی‌های معدنی ۲۶
شکل ۲- ۶ : تصاویری از نحوه درگیری کانه ها در... ۲۸
شکل ۲- ۷ : تفاوت در اندازه کانه‌ها: A) اسفالریت ... ۳۰

شکل ۳- ۱ : محل‌های نمونه‌گیری از مدار خردایش`... ۳۴
شکل ۳- ۲ : تقسیم‌بندی اولیه معدن مجتمع مس ... ۳۵
شکل ۳- ۳ : نمودار توزیع دانه‌بندی خوراک... ۳۷
شکل ۳- ۴ : نمودار توزیع دانه‌بندی محصول... ۳۸
شکل ۳- ۵ : نمودار تجزیه ابعادی نمونه‌های ... ۴۱
شکل ۳- ۶ : تجزیه ابعادی نمونه‌های گرفته... ۴۱

شکل ۳- ۷ : پنج محدوده نمونه‌برداری شده... ۴۳
شکل ۳- ۸ : مرحله اول نمونه‌برداری توسط ... ۴۳
شکل ۳- ۹ : همگن‌سازی مواد توسط یک دستگاه لودر. ۴۴
شکل ۳- ۱۰ : پهن کردن مواد به منظور نمونه‌برداری ... ۴۴
شکل ۳- ۱۱ : نحوه برداشت نمونه به روش شبکه‌ای ۴۵
شکل ۳- ۱۲ : تصویر بالابرنده‌ها و نمای کلی آسیای سایش... ۴۶
شکل ۳- ۱۳ : نمودار رایج توزیع ابعادی محصول... ۴۷
شکل ۳- ۱۴ : تصویر آسیای گلوله‌ای باند موجود در ... ۴۹
شکل ۳- ۱۵ : تصویر گلوله‌های آسیای باند. ۵۰
شکل ۳- ۱۶ : تصویر شماتیک آسیای استارکی ۵۲
شکل ۳- ۱۷ : تصویر آسیای استارکی موجود در... ۵۲
شکل ۳- ۱۸ : دستگاه بار نقطه‌ای آزمایشگاه دانشگاه یزد. ۵۴
شکل ۳- ۱۹ : نحوه استقرار نمونه روی صفحه پایین دستگاه وزنه افتان ۵۷
شکل ۳- ۲۰ : نمای کلی دستگاه وزنه افتان معدن مس سونگون ۵۷
شکل ۳- ۲۱ : رابطه بین انرژی ویژه خردایش (E_{CS}) و ... ۵۹

شکل ۴- ۱ : نمودار محصول عملیات سایش گونه A در یک... ۶۲
شکل ۴- ۲ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۵۳ - ۶۳ ... ۶۳
شکل ۴- ۳ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۳۷/۵ - ۴۵ ... ۶۳
شکل ۴- ۴ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ... ۶۴
شکل ۴- ۵ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه... ۶۴
شکل ۴- ۶ : منحنی($t_{10}- E_{CS}$) با بهترین بر ازش ... ۶۵
شکل ۴- ۷: الف: رگه فلزی حاوی اکسید آهن (XPL)... ۶۶
شکل ۴- ۸: ه: قطعات پراکنده پیریت و کالکوپیریت... ۶۷
شکل ۴- ۹ : نمودار محصول عملیات سایش گونه B در یک آسیای ... ۶۸
شکل ۴- ۱۰ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۵۳ - ۶۳ ... ۶۹

شکل ۴- ۱۱ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۳۷/۵ - ۴۵ ... ۶۹
شکل ۴- ۱۲ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۲۵ – ۳۱/۵ ... ۷۰
شکل ۴- ۱۳ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۹ – ۲۲/۴ ... ۷۰
شکل ۴- ۱۴ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۲/۵ – ۱۶... ۷۱
شکل ۴- ۱۵ :منحنی(T10- ECS) با بهترین بر ازش ممکن برای تیپB ۷۱
شکل ۴- ۱۶: الف: سیلیس ثانویه به شکل نوارهای متحدالمرکز (XPL)... ۷۳
شکل ۴- ۱۷: ه : پیریت در حال تبدیل با اکسید آهن... ۷۴
شکل ۴- ۱۸ : نمودار محصول عملیات سایش گونه... ۷۵
شکل ۴- ۱۹ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۵۳ - ۶۳ ... ۷۶
شکل ۴- ۲۰ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۳۷/۵ - ۴۵ ... ۷۶
شکل ۴- ۲۱ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۲۵ – ۳۱/۵ ... ۷۷
شکل ۴- ۲۲ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۹ – ۲۲/۴ ... ۷۷
شکل ۴- ۲۳ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۲/۵ – ۱۶ ... ۷۸
شکل ۴- ۲۴ : منحنی(T10- ECS) با بهترین بر ازش ممکن برای تیپ C ۷۸
شکل ۴- ۲۵ : الف: پلاژیوکلاز قطع‌شده توسط رگچه‌های کانی فلزی (XPL)... ۸۰
شکل ۴- ۲۶ : ه: پیریت و کالکوپیریت با حاشیه تبدیل‌شده به کالکوسیت... ۸۱
شکل ۴- ۲۷ : نمودار محصول عملیات سایش گونه D در یک آسیای ... ۸۲
شکل ۴- ۲۸ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۵۳ - ۶۳ ... ۸۳
شکل ۴- ۲۹ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۳۷/۵ - ۴۵ ... ۸۳
شکل ۴- ۳۰ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۲۵ – ۳۱/۵ ... ۸۴
شکل ۴- ۳۱ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۹ – ۲۲/۴ ... ۸۴
شکل ۴- ۳۲ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۲/۵ – ۱۶ ... ۸۵
شکل ۴- ۳۳ : منحنی(T10- ECS) با بهترین بر ازش ممکن برای تیپ D ۸۵
شکل ۴- ۳۴ : الف: بلورهای درشت سانیدین و بیوتیت... ۸۷
شکل ۴- ۳۵: ه: پیریت و کالکوپیریت همراه با مگنتیت... ۸۸
شکل ۴- ۳۶ : نمودار محصول عملیات سایش گونه E در یک... ۸۹

شکل ۴- ۳۷ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۵۳ - ۶۳ ... ۹۰
شکل ۴- ۳۸ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۳۷/۵ - ۴۵ ... ۹۰
شکل ۴- ۳۹ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۲۵ – ۳۱/۵ ... ۹۱
شکل ۴- ۴۰ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۹ – ۲۲/۴ ... ۹۱
شکل ۴- ۴۱ : توزیع ابعادی محصول شکست با ابعاد اولیه ۱۲/۵ – ۱۶ ... ۹۲
شکل ۴- ۴۲ : منحنی(T10- ECS) با بهترین بر ازش ممکن برای تیپ E ۹۲
شکل ۴- ۴۳ : الف: بلورهای کوارتز، پلاژیوکلاز و... ۹۵
شکل ۴- ۴۴ : ز: کالکوپیریت تبدیل‌شده به کالکوسیت... ۹۶
شکل ۴- ۴۵ : نمودار مقایسه‌ای آزمایش سایش جبهه کارهای ۹۷
شکل ۴- ۴۶ : نمودار مقایسه‌ای آزمایش وزنه افتان ۹۸
شکل ۴- ۴۷ : دار مقایسه‌ای آزمایش SPI جبهه کارهای... ۹۸
شکل ۴- ۴۸ : نمودار مقایسه‌ای آزمایش اندیس کار باند... ۹۹
شکل ۴- ۴۹ : نمودار مقایسه‌ای آزمایش اندیس بار نقطه‌ای ... ۱۰۰
شکل ۴- ۵۰: نمودار درصد نیمه کمی کانی‌های شاخص غیرفلز... ۱۰۰

جدول‌ها

جدول ۲- ۱: اطلاعات موجود از مطالعات کانی‌شناسی ۲۷

جدول ۳- ۱: جبهه کارهای خوراک دهی شده به کارخانه تغلیظ ... ۳۵
جدول ۳- ۲: جبهه کارهای خوراک دهی شده به کارخانه تغلیظ ... ۳۶
جدول ۳- ۳: جبهه کارهای خوراک دهی شده به کارخانه تغلیظ ... ۳۶
جدول ۳- ۴: جبهه کارهای خوراک دهی شده به کارخانه تغلیظ ... ۳۶
جدول ۳- ۵: جبهه کارهای خوراک دهی شده به کارخانه تغلیظ... ۳۷
جدول ۳- ۶: نشان‌دهنده شرایط عملیاتی طی پنج مرحله ... ۳۹
جدول ۳- ۷: مشخصات به دست آمده از خوراک و محصول... ۴۰
جدول ۳- ۸: نسبت خردایش و K80به دست آمده برای ... ۴۲
جدول ۳- ۹: محدوده‌های ابعادی و سطوح انرژی... ۵۸

جدول ۴- ۱: نتایج آزمایش XRD برای جبهه کار A ۶۱
جدول ۴- ۲: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs ۶۵
جدول ۴- ۳: نتایج آزمایش XRD برای جبهه کار B ۶۸
جدول ۴- ۴: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs ۷۲
جدول ۴- ۵: : نتایج آزمایش XRD برای جبهه کار C ۷۵
جدول ۴- ۶: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs ۷۹
جدول ۴- ۷: نتایج آزمایش XRD برای جبهه کار D ۸۲
جدول ۴- ۸: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs ۸۶
جدول ۴- ۹: نتایج آزمایش XRD برای جبهه کار E ۸۸
جدول ۴- ۱۰: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs ۹۳
جدول ۴- ۱۱: میانگین مقادیر TA به دست آمده برای جبهه کارهای ... ۹۷
جدول ۴- ۱۲: اطلاعات حاصل از نمودار T10-Ecs به شکل مقایسه‌ای ۹۷

جدول ۴- ۱۳ : : میانگین مقادیر SPI به دست آمده برای ... ۹۸
جدول ۴- ۱۴ : میانگین مقادیر اندیس کار باند (KWHT)به دست آمده برای ... ۹۹
جدول ۴- ۱۵ : میانگین مقادیر IS50 به دست آمده برای جبهه کارهای ... ۹۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه:

در توده‌های معدنی تغییرات شدید، به علت فرآیندهای گوناگون کانی سازی رخ می‌دهد. از جمله این تغییرات می‌توان به تنوع در؛ بافت و ساخت، سختی، عیار و پراکندگی کانی‌ها، اشاره کرد. ناهمگنی در توده‌های معدنی، رفتار گوناگون سنگ در فرآیند پر عیار کنی را به همراه دارد و منجر به از دست رفتن مقادیر قابل‌توجهی مواد باارزش به همراه باطله می‌شود [۱و۲]. گسترش و افزایش عمق معدن و عدم پیش‌بینی زمان بروز مشکل، فرآیند پرعیارسازی را پیچیده‌تر می‌کند [۳].

نخستین قدم، برای رسیدن به شرایط مطلوب جداسازی ذرات باارزش کانه از باطله همراه آن، خردایش مواد استخراج‌شده و دستیابی به درجه آزادی مناسب است [۴]. این امر در حالتی که کانی‌ها پیچیده باشند، تا زمانی که کاهش اندازه برای دستیابی به آزادسازی نیاز باشد، ادامه می‌یابد [۵]. عملیات خردایش به انرژی زیادی نیاز دارد و هزینه خردایش در بیشتر موارد بیش از ٪۵۰ کل هزینه آرایش مواد معدنی را تشکیل می‌دهد. در این بین آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن برای خردایش مواد با قابلیت خردایش متنوع مناسب تر است [۶و۷]. دیگر عوامل موثر بر خردایش در این آسیا عبارت است از ابعاد خوراک، میزان گلوله و سرعت آسیا [۸] که با کنترل عملیات آسیا کنی باید از خرد شدن بیش از حد مواد جلوگیری کرد. ترکیب، نحوه درگیری کانی‌ها و مقدار کانی‌های رس دار موجود، در میزان انرژی لازم جهت خردایش موثر است [۹].

مطالعه میکروسکوپی کانه های معدنی، نقش مهمی در طراحی و عملکرد مراحل مختلف خردایش و جدایش دارد. امکان شناخت و شناسایی کانی‌های باارزش ممکن است مشکلاتی که در حین خردایش، پرعیارسازی و دیگر مراحل رخ می‌دهد را توجیه کند. عملکرد واحدهای ذکرشده نیز می‌تواند از طریق همین مطالعات مورد بررسی قرار گیرد. از این رو مطالعات کانی‌شناسی و بررسی چگونگی و عوامل موثر بر تشکیل توده‌های معدنی، در انتخاب مناسب

روش پر عیار کنی حائز اهمیت است [۳]. اغلب کانی‌های اصلی با مطالعه بر روی نمونه‌های دستی و مغزه‌ها قابل‌شناسایی هستند اما شناخت بعضی دیگر از کانی‌ها به روش‌هایی چون، مطالعات مقاطع نازک و صیقلی در زیر میکروسکوپ و مطالعات تکمیلی XRD، SEM[۱] و EDX[۲] انجام می‌شود [۱۰].

۱-۲- زمین‌شناسی معادن مس پورفیری

معادن مس پورفیری دارای خصوصیاتی چون: تناژ بالا و عیار پایین همراه با اجماع فلزی شامل همه یا بعضی عناصر (مانند مس، مولیبدن، طلا و نقره) می‌باشد. برای معادن مس پورفیری مدلی در نظر گرفته می‌شود. این مدل که به مدل زون بندی کانسار پورفیری معروف است، از بالا به سمت پایین به صورت زیر است.

۱- زون شسته شده[۳]

۲- زون اکسیده[۴]

۳- زون سوپرژن (غنی‌شده)[۵]

۴- زون[۶]هایپوژن

شایان‌ذکر است؛ اطلاعات زمین‌شناسی معادن مس پورفیری فراتر از اطلاعات این بحث می‌باشد، لذا از توضیحات اضافی خودداری شده است.

معادن مس پورفیری به طور نزدیکی به هم مشابه‌اند [۱۰]. به گفته سیکا[۱] و نهرو[۲](۱۹۹۹)،

---

۱ - Scanning Electron Microscopy

۲- Energy Dispersive Spectroscopy

۳ – Leached zone

٤ – Oxide Zone

٥ – Supergene Zone

٦ –Hypogene Zone

کانی سازی برای این معادن شامل کوارتز، کانه های فلزی و کانی‌های سیلیکاته است. این کانی‌ها در شکستگی‌های استوک‌ورک، رگه و رگچه‌ها منتشرشده در سنگ درون‌گیر، صورت می‌پذیرد. زون‌ها کانسار سیلیسی است و با زون‌های گرمابی آلتراسیون تلفیق می‌گردد. گستردگی آلتراسیون و تلفیق زون‌های آلتراسیون با زون کانسار، معدن به معدن و توده به توده، متفاوت است. به نظر ویلیام[۳] و فورستر[۴] (۱۹۹۵)، درجه زون‌ها به بلوغ زون، مقدار سولفور و عمق توده مس پورفیری بستگی دارد. از دیگر جنبه‌های مهم اینکه، اغلب معادن مس پورفیری با زون سوپرژن آلتراسیون که معمولاً غنی از طلا و مس می‌باشد، تلفیق‌شده‌اند [۱۰].

۱-۲-۱- آلتراسیون

آلتراسیون گرمابی، تجمع کانی‌هایی که می‌توانند به صورت گسترده به مناطقی طبقه‌بندی شوند را، تولید می‌کند. این در حالی است که مرزهای مشخص بین زون‌ها به ندرت قابل‌تشخیص است. زون آلتراسیون از مرکز به حاشیه اصولاً از توالی؛ پتاسیک[۵]، فیلیک[۶]، آرجیلیک[۷] و پروپیلیتیک[۸]، پیروی می‌کند [۱۰]. شکل۱-۱ ارتباط آلتراسیون و کانی زایی در معادن مس پورفیری را به طور شماتیک نشان می‌دهد.

۱-۲-۱-۱- آلتراسیون فیلیک

آلتراسیون فیلیک توسط پوششی از کوارتز و لایه‌های پوسته‌ای سریسیت در دو طرف

---

۱ – Sikka

۲ – Nehru

۳ –William

٤ –Forrester

8–Potassic

9- Phyllic

10-Argillic

11-Propylitic