



وزارت صنعت، معدن و تجارت

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

معاونت اکتشافات معدنی

مدیریت کانه آرای و فرآوری

مطالعات متالورژیکی ذخایر مس در کشور و راهکارهای فرآوری

بخش اول: کانسنگ‌های سولفید توده‌ای



مجری طرح:

مدیریت کانه آرای و فرآوری

اسفندماه ۱۴۰۰

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

این گزارش مورد تأیید داوران شورای ارزیابی قرار گرفته و طبق کد شماره ۱۴۰۲/۱۲ گ ۳۳۴۵-۱۱۰۰-۱۴۰۰ از این شورا، مجوز انتشار دریافت کرده است.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

هدف این پروژه، شناخت تیپ‌های مهم کانه‌زایی مس در ایران و بررسی قابلیت فرآوری و چالش‌های پیش‌روی فرآوری این کنسارها است. کنسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی، کنسارهای مس سولفید توده‌ای و کنسارهای مانتو از پتانسیل‌های تولید مس هستند که در نقاط مختلف ایران پراکندگی دارند و در بسیاری از موارد در زمینه پرمیارسازی و فرآوری با چالش روبرو هستند. به این لحاظ در این پروژه از این سه تیپ کانه‌زایی مس نمونه‌گیری شده و چالش‌های فرآوری آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در گزارش حاضر دو نمونه کانسنگ سولفید توده‌ای از منطقه کرمان مورد مطالعه واقع شده است. کانسنگ‌های سولفید توده‌ای و همچنین کانسنگ‌هایی که در حاشیه توده‌های بزرگ پورفیری تشکیل شده‌اند و دارای سولفید بالا می‌باشند با چالش جداسازی پیریت از سولفیدهای بارزش روبرو هستند. در این کانسنگ‌ها اغلب پیریت شایع‌ترین کانی سولفیدی است و لازم است در مدار فلوتاسیون از کانی‌های بارزش جدا شود.

عیار مس در این دو کانسنگ ۰/۶۵ تا ۰/۷ درصد است. مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهد، دو کانسنگ از نوع سولفید بالا هستند و پیریت و مارکاسیت فراوان‌ترین کانی‌سولفیدی آنها است. کانی‌های اولیه مس در دو کانسنگ کالکوپیریت بوده است که بعضاً به کالکوسیت دگرسان شده است. بیش از ۹۰ درصد از کانی‌های مس در دانه‌بندی ۲۰۰ میکرون آزاد هستند. دانه‌های درگیری اغلب با پیریت و یا مارکاسیت درگیر هستند. پیریت در دانه‌های درگیر در ابعاد ۱۰ تا ۳۰ میکرون از اجزاء متداول متن کانی کالکوپیریت و محصول دگرسانی آن یعنی کالکوسیت است. مس بصورت طبیعی نیز در نمونه وجود دارد. باطله اصلی کانسنگ کانی‌های سیلیکاته هستند.

طرح‌های مختلف واکنشگرها در آزمایش‌های فلوتاسیون این دو کانسنگ، جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و آزمایش‌های فلوتاسیون انجام شد. در این آزمایش‌ها از معرف‌های شیمیایی موجود یا قابل تأمین در بازار کشور استفاده شد. آزمایش‌های اولیه با هدف دستیابی به بازیابی بالای ۷۰ درصد مس از کانسنگ (انتخاب کلکتور کارآمد) انجام شد. و آزمایش‌های بعدی با هدف افزایش عیار محصول به بیش از ۲۰ درصد و کاهش مقدار پیریت در کنسانتره (بازداشت پیریت) متمرکز شد. در آزمایش نهایی با سه مرحله شستشوی کنسانتره رافر، محصولی حاوی ۲۱/۲ درصد مس با بازیابی کلی فلوتاسیون حدود ۸۸ درصد بدست آمد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱ کانی‌ها و کانسارهای مس	۴
۱-۱- آشنایی	۲
۲-۱- کانی‌های مهم مس	۲
۳-۱- طبقه‌بندی کانسارهای مس	۳
۱-۳-۱- کانسارهای مس پورفیری	۳
۲-۳-۱- کانسارهای مس رسوبی	۳
۱-۲-۳-۱- کانی‌سازی مس در گنبد‌های نمکی حوضه زاگرس	۴
۲-۲-۳-۱- کانی‌سازی در سازند زاگون	۵
۳-۲-۳-۱- کانی‌سازی مس در سازند گردو (کرمان- طیس)	۵
۴-۲-۳-۱- کانی‌سازی مس در حوضه کپه‌داغ	۵
۳-۳-۱- کانسارهای مس سولفید توده‌ای و آتشفشان‌زاد	۶
۴-۳-۱- کانسارهای مس اسکارنی	۷
۵-۳-۱- کانسارهای مس تیپ مانتو	۷
فصل ۲ آماده‌سازی، شناسایی و خواص سنجی	۹
۱-۲- آشنایی	۱۰
۲-۲- آماده‌سازی نمونه	۱۰
۳-۲- شناسایی کانسنگ	۱۱
۱-۳-۲- آنالیز طلا	۱۱
۲-۳-۲- آنالیز ICP کانسنگ	۱۲
۳-۳-۲- پرعیارسازی ثقلی و مطالعات کانی‌شناسی	۱۳
۱-۳-۳-۲- آنالیزهای XRD	۱۳
۲-۳-۳-۲- مطالعات کانی‌شناسی	۱۴
۴-۳-۲- تجزیه سرندي، رابطه توزیع مس با دانه‌بندی	۱۷
۵-۳-۲- مطالعات قابلیت خردایش کانسنگ	۱۹
۱-۵-۳-۲- اندیس باند گلوله‌ای نمونه GHRZ2	۲۰
۲-۵-۳-۲- زمان خردایش تا رسیدن به دانه‌بندی ۲۰۰ مش	۲۱
۴-۲- نتایج مطالعات شناسایی نمونه	۲۲
فصل ۳ مطالعات پرعیارسازی به روش فلوتاسیون	۲۳
۱-۳- آزمایش‌های فلوتاسیون	۲۴
۱-۱-۳- آزمایش اول فلوتاسیون روی کانسنگ اول	۲۵
۲-۱-۳- آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)	۲۶
۳-۱-۳- آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول)	۲۷
۴-۱-۳- آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)	۲۸
۵-۱-۳- آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول)	۲۹
۶-۱-۳- آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول)	۳۰
۷-۱-۳- آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)	۳۱

- ۳۲..... ۳-۱-۸- آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)
- ۳۳..... ۳-۱-۹- آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)
- ۳۴..... ۳-۱-۱۰- آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)
- ۳۵..... ۳-۱-۱۱- آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)
- ۳۶..... ۳-۱-۱۲- آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)
- ۳۷..... ۳-۱-۱۳- آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)
- ۳۸..... ۳-۱-۱۴- آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم)
- ۳۹..... ۳-۱-۱۵- آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)
- ۴۰..... ۳-۱-۱۶- آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)
- ۴۱..... نتایج و پیشنهادها

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۱): لیست کانی‌های اکسیدی اقتصادی مس.....	۲
جدول (۱-۲): آنالیز ICP کانسنگ اول.....	۱۲
جدول (۲-۲): آنالیز ICP کانسنگ دوم.....	۱۲
جدول (۳-۲): تجزیه سرندي، توزيع دانه‌بندی و عیاری مس در بخش‌های مختلف کانسنگ اول.....	۱۸
جدول (۴-۲): تجزیه سرندي، توزيع دانه‌بندی و عیاری مس در بخش‌های مختلف کانسنگ دوم.....	۱۹
جدول (۵-۲): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه اول.....	۲۰
جدول (۶-۲): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه دوم.....	۲۰
جدول (۷-۲): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه سوم.....	۲۱
جدول (۱-۳): شرایط عملیاتی آزمایش اول فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۵
جدول (۲-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش اول فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۵
جدول (۳-۳): شرایط عملیاتی آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۲۶
جدول (۴-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۲۶
جدول (۵-۳): شرایط عملیاتی آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۷
جدول (۶-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۷
جدول (۷-۳): شرایط عملیاتی آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۲۸
جدول (۸-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۲۸
جدول (۹-۳): شرایط عملیاتی آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۹
جدول (۱۰-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۲۹
جدول (۱۱-۳): شرایط عملیاتی آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۰
جدول (۱۲-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۰
جدول (۱۳-۳): شرایط عملیاتی آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۱
جدول (۱۴-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۱
جدول (۱۵-۳): شرایط عملیاتی آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۲
جدول (۱۶-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۲
جدول (۱۷-۳): شرایط عملیاتی آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۳
جدول (۱۸-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۳
جدول (۱۹-۳): شرایط عملیاتی آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۴
جدول (۲۰-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۴
جدول (۲۱-۳): شرایط عملیاتی آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۵
جدول (۲۲-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۵
جدول (۲۳-۳): شرایط عملیاتی آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۶
جدول (۲۴-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم).....	۳۶
جدول (۲۵-۳): شرایط عملیاتی آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۷
جدول (۲۶-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول).....	۳۷
جدول (۲۷-۳): شرایط عملیاتی آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم).....	۳۸
جدول (۲۸-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم).....	۳۸

- جدول (۲۹-۳): شرایط عملیاتی آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول) ۳۹
- جدول (۳۰-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول) ۳۹
- جدول (۳۱-۳): شرایط عملیاتی آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول) ۴۰
- جدول (۳۲-۳): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول) ۴۰

فهرست شکلها

- شکل (۱-۲): تصویری از آماده سازی نمونه ۱۰
- شکل (۲-۲): فلوجارت روش آماده سازی نمونه و تهیه جزء نمونه های معرف برای اهداف مختلف ۱۱
- شکل (۳-۲): آنالیز XRD کنسانتره ثقیلی کانسنگ اول ۱۳
- شکل (۴-۲): آنالیز XRD کنسانتره ثقیلی کانسنگ دوم ۱۴
- شکل (۵-۲): نمایی از هم رشدی فازهای سولفیدی کالکوپیریت مارکاسیت-پیریت. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است ۱۵
- شکل (۶-۲): نمایی از درگیری میکرونی پیریت (PY) با کانی های مس که در آن کالکوپیریت (CPY) با بافت باقیمانده در متن کالکوسیت (CC) قرار دارد. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است. ۱۵
- شکل (۷-۲): نمایی از درگیری کانی های مس با پیریت (PY) که در آن کالکوپیریت (CPY) به کالکوسیت (CC) دگرسان شده و با بافت باقیمانده آثار آن در متن کانی ثانویه محفوظ مانده است. پیریت فازی پایدار و مصون از این دگرسانی بوده است. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون می باشد. ۱۶
- شکل (۸-۲): نمایی از بافت جزیره ای یا باقیمانده کالکوپیریت (CPY) در متن کالکوسیت (CC) و کوولیت (CV) در یک دانه آزاد کانه دار. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است. ۱۷
- شکل (۹-۲): توزیع دانه بندی کانسنگ اول ۱۸
- شکل (۱۰-۲): توزیع دانه بندی کانسنگ دوم ۱۹
- شکل (۱۱-۲): تعیین زمان خردایش کانسنگ اول برای دستیابی به دانه بندی ۱۵۰ مش در آسیای گلوله ای ۲۱
- شکل (۱۲-۲): تعیین زمان خردایش کانسنگ دوم برای دستیابی به دانه بندی ۱۵۰ مش در آسیای گلوله ای ۲۲
- شکل (۱-۳): شماتیک کلی آزمایش های فلوتاسیون ۲۴

فصل ۱ کانی‌ها و کانسارهای مس

کانی‌ها و کانسارهای مس

سازمان زمین‌شناسی و
اکتشافات معدنی

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۱-۱- آشنایی

هدف این پروژه، شناخت تیپ‌های مهم کانه‌زایی مس در ایران و بررسی قابلیت فرآوری و چالش‌های پیش‌روی فرآوری این کانسارها است. کانسارهای مس استراتیفرم با میزبان رسوبی، کانسارهای مس سولفید توده‌ای و کانسارهای مانتو از پتانسیل‌های تولید مس هستند که در نقاط مختلف ایران پراکندگی دارند و در بسیاری از موارد در زمینه پرعیارسازی و فرآوری با چالش روبرو هستند. به این لحاظ در این پروژه از این سه تیپ کانه‌زایی مس نمونه‌گیری شده و چالش‌های فرآوری آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در گزارش حاضر به کانسنگ‌های تیپ سولفید توده‌ای پرداخته شده است و نمونه‌ای از کانسنگ سولفید توده‌ای از منطقه کرمان مورد مطالعه واقع شده است. کانسنگ‌های سولفید توده‌ای و همچنین کانسنگ‌هایی که در حاشیه توده‌های بزرگ پورفیری تشکیل شده‌اند و دارای سولفید بالا می‌باشند با چالش جداسازی پیریت از سولفیدهای باارزش روبرو هستند. در این کانسنگ‌ها اغلب پیریت شایع‌ترین کانی سولفیدی است و لازم است در مدار فلوتاسیون از کانی‌های باارزش جدا شود.

۲-۱- کانی‌های مهم مس

بیش از ۲۰۰ کانی در طبیعت حاوی عنصر مس هستند، اما تنها ۲۰ کانی به عنوان کانی مس دارای اهمیت هستند که مهم‌ترین آنها در جدول (۱-۱) ارائه شده است. کانی‌های اصلی مس به صورت سولفیدی (به صورت عمده کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت که همراه آنها پیریت، گالن و اسفالریت وجود دارند) هستند. کانی‌های ثانویه مس از هوازدگی کانی‌های سولفیدی در نزدیکی سطح زمین در دو زون تشکیل می‌شوند. در زون اول که زون اکسیداسیون است، به علت وجود اکسیژن محلول در آب کانی‌های تشکیل شده از نوع اکسیدها، سولفات‌ها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها هستند. در زون دوم که در عمق‌های بیشتر قرار دارد، کانی‌های سولفیدی ثانویه، کولیت، کالکوسیت و حتی مس خالص طبیعی وجود می‌آید.

جدول (۱-۱): لیست کانی‌های اکسیدی اقتصادی مس

نوع	کانی	فرمول شیمیایی	مس محتوی (%Cu)	وزن مخصوص (SG)	رنگ
سولفیدی	مس طبیعی	Cu	100	8/94	قرمز رنگ پریده
	کالکوپیریت	CuFeS ₂	34/63	4/1-4/3	زرد برنزی
	بورنیت	Cu ₅ FeS ₄	63/31	4/9-5/3	قرمز مسی
	کالکوسیت	Cu ₂ S	79/85	5/5-5/8	سیاه خاکستری
	کولیت	CuS	66/46	4/68	روشن تا نیلی تیره
اکسیدی	کوپریت	Cu ₂ O	۸۸/۸	۵/۹	قرمز آجری
	تنوریت	CuO	۸۰/۰	۶/۵	سیاه
	مالاکیت	Cu ₂ (OH)CO ₃	۵۷/۴	۳/۹	سبز
	آزوریت	Cu ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂	۵۵/۳	۳/۷	آبی
	آنتلریت	Cu ₃ (OH) ₂ SO ₄	۵۴/۰	۳/۹	سبز روشن
	کریزوکالا	CuO.SiO ₂	۱۰-۳۶	۲-۲/۴	آبی

۱-۳- طبقه‌بندی کانسارهای مس

بر اساس ژنز و خاستگاه زمین‌شناسی، کانسارهای مس تقسیم بندی‌های مختلفی شده‌اند. اصلی‌ترین کانسارهای مس شامل کانسارهای مس پورفیری، استراتیفرم با سنگ میزبان رسوبی^۱، سولفید توده‌ای و آتشفشانزاد^۲، اسکارنی، هستند. تقسیم‌بندی‌های فرعی و جزئی‌تر بر اساس فراوانی کانسارهای فرعی در مناطق مختلف ارائه شده است. در ایران کانسارهای مس که به تیپ مانتو^۳ شهرت دارند شناسایی شده‌اند که در این گزارش مورد توجه قرار گرفته و جداگانه به آن پرداخته شده است.

۱-۳-۱- کانسارهای مس پورفیری

مهم‌ترین کانسارها، از نوع نهشته‌های هیدروترمال، کانسارهای مس پورفیری هستند که در اطراف توده‌های نفوذی تغذیه‌کننده آتشفشان‌ها یافت می‌شوند. این نهشته‌ها متشکل از رگچه‌های متقاطع یا استوک ورک، شامل کوارتز، کالکوپیریت و دیگر کانی‌ها هستند. در واقع هنگامی که محلول‌های ماگمایی نشأت گرفته از توده‌های نفوذی سرد و کریستاله می‌شوند. سنگ‌های محیط اطراف خود را خرد می‌کنند. فضای ایجاد شده محیط مناسبی برای نهشت کانسارهای مس است.

مهم‌ترین کانی مس در این کانسارها، کالکوپیریت است. اغلب دارای عیار پایین (کمتر از ۱ درصد) و ذخیره بالا (چند صد میلیون تن) هستند. این کانسارها می‌توانند حاوی مولیبدن، طلا و نقره باشند و غالباً محصول فرعی این کانسارها مولیبدن است. این کانسارها دارای منطقه‌بندی هستند و دگرسانی این کانسارها از داخل به خارج شامل مناطق پتاسیک^۴، فلیک^۵، آرژیلیک^۶ و پروپلیتیک^۷ است.

۱-۳-۲- کانسارهای مس رسوبی

این کانسارها در کنار کانسارهای مس سولفید توده‌ای و آتشفشان‌زاد بعد از مس پورفیری در درجه دوم اهمیت قرار دارند. این کانسارها را تیپ کوپفرشیفر^۸ نیز نامگذاری کرده‌اند به آنها کانسارهای مس استراتیفرم با سنگ میزبان رسوبی (به اختصار SCD) نیز می‌گویند. بیشتر این نهشته‌ها در محیط‌های دریایی یا دلتایی غیر آتشفشانی یافت می‌شوند. این از نظر زمان و مکان توزیع گسترده‌ای از پروتروزویک تا ترشیاری دارند و ذخیره آنها می‌تواند از ۱ تا ۱۰۰۰ میلیون تن کانسنگ باشد. از نظر شکل، عدسی مانند تا چینه‌سان و طول ذخایر دسته‌کم ده برابر عرض آنها است. مناطق تغذیه

¹ Sediment-Hosted Stratiform Copper Deposites

² Volcanic Massive Sulfide

³ Manto Type Copper Deposit

⁴ Potassic Zone

⁵ Phyllic Zone

⁶ Argillic Zone

⁷ Propylitic Zone

⁸ Kupferschiefer

کننده در زیر برخی از ذخایر شناسایی شده و ممکن است در زیر بسیاری دیگر نیز وجود داشته باشد. از ساحل به سمت حوضه رسوبی دارای منطقه‌بندی ($Cu+Ag \rightarrow Pb \rightarrow Zn$) هستند. بیشتر کانسارهای اصلی در شیل‌های آهنی احیا شده پیریتی غنی از مواد آلی، یا هم‌ارز دگرگونی آنها یافت می‌شوند. این کانسارها می‌توانند دارای عیار بالایی از کبالت، روی و نقره باشند، همچنین طلا، اورانیوم، عناصر گروه پلاتین و عناصر نادر خاکی را می‌توان به عنوان محصول فرعی در آنها یافت. حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد مس تولیدی دنیا از این کانسارها تأمین می‌شود.

مهم‌ترین و فراوان‌ترین نهشته‌ها در سنگ‌های پروتروزوییک بالا و پالئوزوییک بالا قرار دارد که در نواحی خشک و نیمه خشک محیط‌های کافتی قاره‌ای، حداکثر تا عرض ۲۰ تا ۳۰ درجه تشکیل شده‌اند. از نظر اقتصادی هم ذخایر مس و هم ذخایر سرب و روی در مقیاس جهانی از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

خاستگاه زمین‌شناسی این نهشته‌ها عمدتاً درون کراتونی^۱ است و به نظر نمی‌رسد با وقایع کوهزایی یا فعالیت‌های حاشیه صفحه‌ها در ارتباط باشد. خاستگاه ناحیه‌ای (۱) اولین پیشروی دریا بر روی رسوبات قاره‌ای (کوپرشیفر، زامبیا، وایت‌پاین)، (۲) توالی کربناتی قاره‌ها (ایرلند) و (۳) حوضه‌های رسوبی کنترل شده به وسیله گسل (حوضه سلوین، یوکن بلت - پرسل و بریتیش کلمبیا) هستند.

مهم‌ترین کانسارهای مس رسوبی شناخته شده در ایران شامل موارد زیر هستند.

۱-۳-۲-۱ - کانی‌سازی مس در گنبد‌های نمکی حوضه زاگرس

کانسار مس خونگه در ۸۰ کیلومتری شمال باختر شهرستان یاسوج و در دامنه جنوبی کوه دنا قرار دارد. کانی‌سازی مس در دولومیت‌های قهوه‌ای سازند میلا قرار دارد. و به صورت رگچه‌های پرکننده حفرات و به صورت پراکنده در متن سنگ است. کانسار ده معدن در فاصله ۸۰ کیلومتری شمال باختر کانسار خونگه در سنگ‌های آهنی و دولومیتی منسوب به سازند باروت قرار دارد.

- گنبد نمکی سیاتک: کانی‌سازی مس در شیل‌های قرمز واحدهای ماسه‌سنگی به صورت مالاکیت و کالکوسیت است
- کانسار مس خونگه: کانی‌سازی به صورت مالاکیت کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت و کولیت است. عیار میانگین کانسار ۲/۷ درصد مس و ۲۲۰ گرم در تن نقره دارد.
- کانسار مس ده معدن: کانی‌سازی به صورت مالاکیت، کولیت، کریزوکالا و اولیژیست است. عیار نمونه برداشت شده توسط بازین و هوبن (۱۹۶۹) ۵/۷ درصد مس، ۰/۱۵ درصد کبالت و ۰/۳۴ درصد نیکل را نشان می‌دهد.

¹ Intracratonic

۱-۳-۲-۲- کانی‌سازی در سازند زاگون

این نوع کانی‌سازی برای اولین بار در سازند زاگون، حوضه البرز مرکزی در ۵ کیلومتری باختر روستای کندلوس و در یک کیلومتری جنوب باختر روستای زانوس شناسایی شده است. یک افق ماسه‌سنگی مس‌دار به ضخامت ۰/۵ تا ۱ متر و به طول ۱۱۰۰ متر شناسایی شده است.

۱-۳-۲-۳- کانی‌سازی مس در سازند گردو (کرمان - طبس)

در این سازند در بخش میانی آن مس در یک یا دو واحد ماسه‌سنگی سبز- خاکستری روشن به ضخامت ۲ تا ۱۰ متر رخنمون دارد. کانه‌زایی به صورت مالاکیت و کالکوسیت است. در این منطقه کانسارهای مس گوجر، مس آغلسی و مارکشه در شما باختر شهر راور و کانسار مس چشمه سفید در شمال طبس و افق مس‌دار کال شور در جنوب معدن ذغال‌سنگ پرورده شناسایی شده است.

- کانسار مس گوجر: کانی‌سازی در مجموعه مارن و ماسه‌سنگ قرمز قاعده کرتاسه (سازند گردو) بصورت مالاکیت، همراه با نئوتوسیت و کالکوسیت و به مقدار کمتر کالکوپیریت و برنیت قرار دارد. ضخامت واحد کانه‌دار ۰/۵ تا ۱ متر و طول آن ۱۱۰۰ متر است. عیار مس بین ۲ تا ۴ درصد متغیر است.
- کانسار مس مارکشه: این کانسار در شمال غرب راور، در سازند گردو قرار دارد و کانی‌سازی به صورت مالاکیت، آزوریت و کالکوسیت بوده که با نئوتوسیت، بورنیت، تورنیت، کوپریت و کالکوپیریت نیز همراه است. این کانسار دارای عیار میانگین ۲ تا ۳ درصد و حدود ۲۰ گرم در تن نقره است.
- کانسار مس چشمه‌سفید: این کانسار در ۱۲۰ کیلومتری شمال شهرستان طبس واقع شده است. کانی‌سازی مس در سازند گردو به صورت مالاکیت و کالکوسیت قابل مشاهده است. ضخامت واحد کانه‌دار ۲ متر و عیار مس ۲/۵ تا ۳ درصد است.
- افق ماسه‌سنگی مس‌دار کال شور: این محدوده در ۵ کیلومتری جنوب معدن ذغال‌سنگ پرورده طبس قرار دارد. کانی‌سازی مس در سازند گردو و بصورت مالاکیت و کالکوسیت قابل مشاهده است. ضخامت افق کانه‌دار ۸ تا ۱۰ متر و میانگین عیار مس ۳/۵ درصد است.
- افق ماسه‌سنگ - کنگلومرای مس‌دار کرکوه سربالا: این کانسار در ۱۰ کیلومتری خاور روستای پشت بادام در ایران مرکزی قرار دارد. عیار مس ۰/۵ تا ۲/۵ درصد است.
- کانسار مس چونت: این کانسار در جنوب باختر شهر سبزوار در مجموعه شیل ماسه‌سنگ قرمز قرار دارد و کانی‌سازی مس بصورت مالاکیت و کالکوسیت در ضخامت ۰/۵ تا ۲ متر است.

۱-۳-۲-۴- کانی‌سازی مس در حوضه کپه‌داغ

در این زون کانی‌سازی در ارتباط با سازند آواری شورپیجه است.

- کانسار مس آب‌گرم: این کانسار در ۵ کیلومتری جنوب خاور روستای آب گرم در ۷۵ کیلومتر شمال مشهد است. کانی‌سازی مس به صورت مالاکیت همراه با نئوتوسیت در واحد ماسه‌سنگ سبز- خاکستری

روشن بخش‌های زیرین سازند شوربیجه قرار دارد. ضخامت افق کانه‌دار ۱/۵ تا ۵ متر و عیار مس بیش‌تر از ۱ درصد است.

- کانسار مس قنچی: این کانسار در ۲۰ کیلومتری شمال تربت حیدریه واقع شده و کانی‌سازی شامل مالاکیت و کالکوسیت در یک واحد ماسه‌سنگ کنگلومرای سبز- خاکستری روشن قرار دارد. ضخامت افق کانه‌دار حدود ۳ متر و عیار میانگین حدود ۳ درصد است.
- کانسار مس نسر: این کانسار در ۲۵ کیلومتری خاور رباط‌سنگ در نزدیکی تربت حیدریه واقع شده است. کانی‌سازی مس به‌صورت مالاکیت در یک واحد ماسه‌سنگ کنگلومرا رخ داده است. ضخامت افق کانه‌دار حدود ۱ متر و عیار مس بین ۰/۵ تا ۲ درصد متغییر است.
- کانسار مس چشم‌کنان: این کانسار در جنوب غرب مرند قرار دارد. کانی‌سازی مس به‌صورت مالاکیت و کالکوسیت در ماسه‌سنگ قرار دارد. ضخامت افق کانه‌دار ۶ تا ۷ متر و عیار آن ۰/۶۵ درصد مس و ۱۰۰ گرم در تن نقره دارد.
- کانسار مس سرخه: این کانسار در دامنه شمالی ارتفاعات میشو قرار دارد. کانی‌سازی مس به‌صورت مالاکیت و کالکوسیت در ۵ افق ماسه‌سنگی الیگومیوسن قرار دارد. ضخامت افق کانه‌دار بین چند سانتی‌متر تا ۲۰ متر است و میانگین عیار مس آن ۳/۵ درصد با ۲۰ گرم در تن نقره است.

۱-۳-۳- کانسارهای مس سولفید توده‌ای و آتشفشان‌زاد^۱

این کانسارها از نظر ماهیت و مورفولوژی همساز با سنگ‌های میزبان آتشفشانی است. این ذخایر از منابع مهم فلزات پایه به شمار می‌روند. همراه این تیپ کانی‌زایی اغلب طلا و نقره به عنوان عناصر همراه گزارش شده است. رابطه تنگاتنگی بین این کانسارها و سنگ‌های آذرآواری وجود دارد و بسیاری از کانسارها بر روی محصولات انفجاری گنبد‌های ریولیتی قرار دارد. این ذخایر معمولاً روی یک استوک‌ورک که خود نیز ممکن است دارای عیار معدنی باشد، قرار می‌گیرد. استوک‌ورک را می‌توان کانال تغذیه‌کننده‌ای در نظر گرفت که سیال‌های کانه‌زا از راه آن نفوذ کرده و کانسار سولفید توده‌ای را بوجود آورده‌اند. همچنین این کانسارها به سیستم‌های گرمایی زیردریایی وابسته هستند و بیشتر همراه با سنگ‌های آتشفشانی و دیگر سنگ‌های رسوبی از قبیل شیل یافت می‌شوند. بعضی در امتداد پشته‌های میان‌اقیانوسی و بعضی در حوضه‌های پشت قوسی در حال گسترش (تیپ قبرس) بعضی در جزایر قوسی یا حاشیه قاره‌ای (ژاپن) یافت می‌شوند.

از ویژگی‌های این کانسارها، همراهی بالای سولفیدهای آهن در قالب کانی‌های پیریت و پیروتیت است. این ذخایر اغلب توده‌های چینه‌سان، عدسی شکل یا ورقه مانند هستند که در همبری بین واحدهای آتشفشانی- رسوبی، تشکیل می‌شوند.

¹ Volcanic Massive Sulfide (VMS)

حجم ذخیره آنها عمدتاً کوچک و بین ۰/۱ تا ۱۰ میلیون تن است. پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن، کانی‌های اصلی هستند. در صورتی که مقدار مگنتیت در این نهشته‌ها افزایش یابد به کانسنگ‌های اکسید توده‌ای مگنتیت یا هماتیت تبدیل می‌شوند. اغلب دارای منطقه بندی قائم هستند. گالن و اسفالریت در نیمه بالایی فراوان‌تر و مقدار کالکوپیریت به سمت پایین افزایش می‌یابد.

در قبرس حدود ۱۵ توده معدنی از این تیپ با ذخیره‌های تا ۲۰ میلیون تن شناخته شده است. عیار میانگین مس ۲/۵ درصد و سنگ میزبان آنها بازالت آلبیتیزه یا اسپیلت است. در ایران کانسارهای زیادی از جمله برخی از کانسارهای مس منطقه کرمان به این گروه نسبت داده شده‌اند.

۱-۳-۴- کانسارهای مس اسکارنی

اسکارن به سنگی اطلاق می‌شود که از سیلیکات‌های کلسیم، منیزیم و آهن تشکیل شده است و در نتیجه جانشینی سیلیس، آلومینیوم، آهن و منیزیم در سنگ‌های آهکی ناخالص و دولومیت حاصل می‌شود و غالباً در اطراف توده‌های نفوذی واقع شده‌اند. این تیپ کانه‌زایی مس همراه با سنگ‌های اسکارنی است. اسکارن‌ها به دو گروه اسکارن‌های همراه با استوک‌های بی‌بر و اسکارن‌های همراه با استوک‌های مربوط به کانسارهای مس پورفیری تقسیم می‌شوند. اسکارن‌های همراه با استوک‌های بی‌بر، ۱ تا ۵۰ میلیون تن ذخیره کانسنگ (۲۵ تا ۱۲۰ هزار تن مس) دارند. در اسکارن‌های کلسیمی (سنگ‌های دیواره کلسیتی باشد)، حضور پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت همراه با آندرادیت در نزدیکی توده و بورنیت - کالکوپیریت همراه با ولاستونیت بطرف مرمر، نشاندهنده کاهش مقدار آهن به طرف خارج است. نهشت آندرادیت باعث کاهش نسبت مس/آهن در سیالو نتیجتاً نهشت بورنیت بجای کالکوپیریت می‌شود. در ایران کانسارهای اسکارنی مس همراه با کانسار پورفیری مس سونگون در آذربایجان گزارش شده است.

۱-۳-۵- کانسارهای مس تیپ مانتو

این کانسارها حاصل فرآیند جایگزینی گرمابی در آندزیت‌ها و گاهی ربولیت‌ها هستند و غالباً شکل هندسی تخت دارند و منطبق یا درون طبقات یا گدازه‌ها بوده و از نوع چینه کران^۱ محسوب می‌شوند. کانی‌سازی اصلی، کانی کالکوسیت است. کانی‌سازی دارای یک منطقه‌بندی از حاشیه به سمت مرکز کانی‌سازی است و از پیریت در حاشیه به کالکوپیریت و در نهایت به کالکوسیت در مرکز زون مینرالیزه منتهی می‌شود. کالکوسیت و گاهی بورنیت کانی اصلی این ذخایر است. شناخته‌شده‌ترین کانسار این گروه در شیلی (بوئنااسپرانزا^۲) قرار دارد.

¹ Strata Bound

² Buenasperanza

از کانسارهای ماتو در ایران می‌توان به کانسارهای مس گلستان و وشنوه در استان قم، کانسارهای زون متالورژی عباس‌آباد- ترود شامل کانی‌سازی‌های مس در چغندرسر، دامن جلا معدن بزرگ، لب کال گورخان و معالی اشاره کرد. در این معادن کانی‌سازی مس به شکل کالکوسیت و مالاکیت دیده می‌شود اما فاقد انتظام ساختاری هستند. افق‌های کانه‌دار در بستر ۲۰ تا ۱۰۰ متر و معمولاً ۸ متر ضخامت دارند.

کانسار مس وشنوه: این کانسار در ۶۰ کیلومتری قم و در ۱/۵ کیلومتری جنوب روستای وشنوه واقع شده است. سنگ فراگیر گدازه‌ها و سنگ‌های پیروکلاستیک است. کانی‌سازی در قالب کانی کالکوسیت به شکل عدسی‌های پراکنده و رگچه‌های باریک در لایه‌های معینی از گدازه قرار دارد. گسله‌ها و شکستگی‌های اصلی باعث ترکم موضعی کانی‌سازی شده‌اند.

کانسار دهنه‌سیاه: این کانسار در مسیر جاده شوسه کاشمر- سبزوار و در حومه شهرستان کاشمر، در استان خراسان واقع شده است. سنگ فراگیر، آندزیت پورفیری است. کانی‌سازی مس در قالب کوپریت، مالاکیت و به مقدار کمتر بورنیت، کالکوسیت و کالکوپریت رخ داده و عیار مس ۱ تا ۳ درصد است.

کانسار مس چغندرسر شمالی: این کانسار در استان سمنان و در حومه شهرستان شاهرود قرار دارد. سنگ فراگیر آندزیت و کنگلومرا است. کانی‌زایی به شکل مالاکیت و کالکوسیت به صورت عدسی‌هایی کوچک به طول ۱۰ تا ۲۰ متر و ضخامتی کمتر از متر رخ داده است.

کانسار مس چغندرسر جنوبی: سنگ فراگیر این کانسار آندزیت پیروکسن دار است. دگرسانی این محدوده بیشتر ژئولیتی و کربناتی است. کانی‌زایی مس به صورت رگه و رگچه و آغشتگی در قالب کانی‌های کالکوپریت، مالاکیت، بورنیت و کوپریت رخ داده است.

کانسار مس گورخان: این کانسار در استان سمنان و در حومه شهرستان شاهرود قرار دارد. سنگ فراگیر آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت پورفیری است. کانی‌سازی در قالب کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکلا، مگنتیت، هماتیت لیمونیت رخ داده است باطله کلسیت است.

کانسار مس دامن‌جلا: این کانسار در استان سمنان و در حومه شهرستان شاهرود قرار دارد. سنگ فراگیر آندزیت‌های پلاژیوکلازدار و اوژیت‌دار است. کانی‌سازی در قالب کالکوسیت، کالکوپریت، بورنیت، مالاکیت، آزوریت، کولیت، پیریت، مگنتیت و هماتیتی به شکل رگچه‌ای و آغشتگی رخ داده و عیار ماده معدنی ۱ تا ۱/۵ درصد است.

فصل ۲ آماده‌سازی، شناسایی و خواص سنجی

آماده‌سازی، شناسایی و خواص سنجی

سازمان زمین شناسی و

۱-۲- آشنایی

در راستای این پروژه، درخواست شرکت‌های معدنی به سازمان برای ارزیابی قابلیت فرآوری کانسنگ‌ها مورد غربال قرار گرفت و پروژه‌های مرتبط و در راستای اهداف و پروژه‌های مدیریت فرآوری گزینش شد. یک از این پروژه‌ها در ارتباط با فرآوری کانسنگ مس منطقه کرمان با منشاء سولفید توده‌ای بود که قبلاً توسط بخش خصوصی مورد مطالعه فرآوری قرار گرفته بود ولی به دلیل حجم بالای پیریت در کانسنگ، دستیابی به کنسانتره مس با عیار بالای ۲۰ درصد ممکن نشده بود. بنابراین همراه با درخواست شرکت به معاونت اکتشاف، دو نمونه کانسنگ تحویل مدیریت فرآوری شد. کانسنگ اول که بخش عمده کانی‌سازی مس در آن، را سولفیدهای مس تشکیل می‌دادند و کانسنگ دوم که حدود ۳۵ درصد آن را کانی‌های اکسیدی تشکیل می‌داد و تحت هوازگی بیشتری قرار گرفته بود.

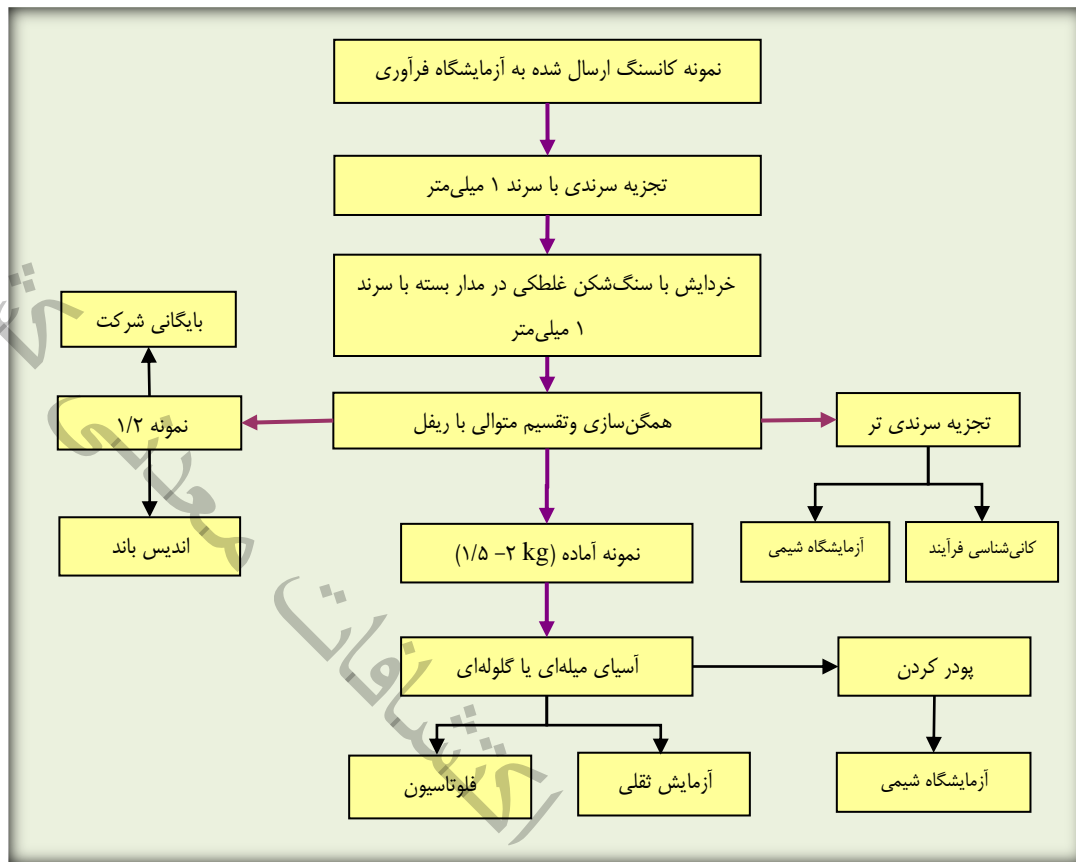
۲-۲- آماده‌سازی نمونه

نمونه کانسنگ‌ها شامل مغزه‌های حفاری و حفاری RC بوده که چون قبلاً مطالعات فرآوری توسط بخش خصوصی انجام شده بود و باقیمانده نمونه به سازمان ارجاع شده بود، بنابراین دانه‌بندی نمونه‌ها تحویلی حدوداً ۹۰ درصد ابعاد ریزتر از ۳ میلی‌متر بود. تصویر آماده‌سازی نمونه‌ها تحویل شده در شکل (۱-۱) ارائه شده است. نمونه‌ها برای استفاده در سلول فلوتاسیون باید با آسیای گلوله‌ای خردایش شود. بهترین خوراک آسیای گلوله‌ای آزمایشگاهی محصول ریزتر از ۱۸ مش (۱ میلی‌متر) است. بنابراین ابتدا هر دو نمونه توسط سرنده ۱ میلی‌متر سرنده شد و بخش درشت‌تر در مدار بسته با سنگ شکن غلطکی تا ۱ میلی‌متر خردایش شد و سپس همگن‌سازی و توسط مقسم شانه‌ای در تقسیمات متوالی به زیربخش‌های ۱/۵ کیلوگرمی تقسیم شد. زیرنمونه‌های کوچک‌تر برای اخذ نمونه‌های معرف جهت ارسال به آزمایشگاه شیمی و کانی‌شناسی مطابق شکل (۲-۱) انجام شد.



شکل (۱-۲): تصویری از آماده‌سازی نمونه

فلوچارت شکل (۲-۲) مراحل آماده‌سازی و نمونه‌گیری از نمونه اولیه را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲): فلوجارت روش آماده‌سازی، نمونه‌گیری و تهیه جزء نمونه‌های معرف برای اهداف مختلف

۳-۲- شناسایی کانسنگ

در این کانسنگ‌ها، هدف از شناسایی، شناخت کانی‌های مس، کانی‌ها و عناصر مضر و مفید از دیدگاه فرآیند و میزان درگیری آنها با دیگر کانی‌ها و با باطله‌های کانسنگ است.

۳-۲-۱- آنالیز طلا

نمونه‌های معرف تهیه شده از دو کانسنگ برای آنالیز طلا به روش Fireassey ارسال شد. نتایج نشان می‌دهد عیار طلا به ترتیب در کانسنگ‌های یک و دو، ۹۲ و ۱۵۱ میلی‌گرم در تن است.

۲-۳-۲- آنالیز ICP کانسنگ

آنالیز عناصر فرعی موجود در کانسنگ‌های اول و دوم (ICP-OES) در جداول (۱-۲) و (۲-۲) ارائه شده است. در صورتی که در طلا با کانی‌های مس همبستگی داشته باشد، در کنسانتره تغلیظ شده و می‌تواند به ارزش کنسانتره بیافزاید.

جداول (۱-۲) و (۲-۲) نشان می‌دهد، عیار هیچ کدام از عناصر فرعی مهم (نقره، نیکل و غیره) در دو کانسنگ قابل توجه نیست.

جدول (۱-۲): آنالیز ICP کانسنگ اول

ردیف	عنصر	عیار (ppm)	ردیف	عنصر	عیار (ppm)
۱	Ag	۲/۴	۱۴	Mn	۱۴۲۶
۲	Al	۶۸۱۷۱	۱۵	Mo	۳/۶
۳	As	۲۶۰/۸	۱۶	Ni	۳۵
۴	Ca	۶۹۳۷	۱۷	P	۱۲۱۵
۵	Cd	۲/۲۶	۱۸	Pb	۲۴۱
۶	Ce	۱۲	۱۹	S	>۳%
۷	Co	۹۶	۲۰	Sb	۲/۲۱
۸	Cr	۵۱	۲۱	Sc	۱۹/۴
۹	Cu	۷۵۹۱	۲۲	Th	<۵
۱۰	Fe	۹۲۱۷۷	۲۳	V	۱۸۰
۱۱	La	۸	۲۴	Y	۱۱
۱۲	Li	۱۱	۲۵	Yb	۱/۴
۱۳	Mg	۱۷۲۶۳	۲۶	Zn	۱۶۰۰

جدول (۲-۲): آنالیز ICP کانسنگ دوم

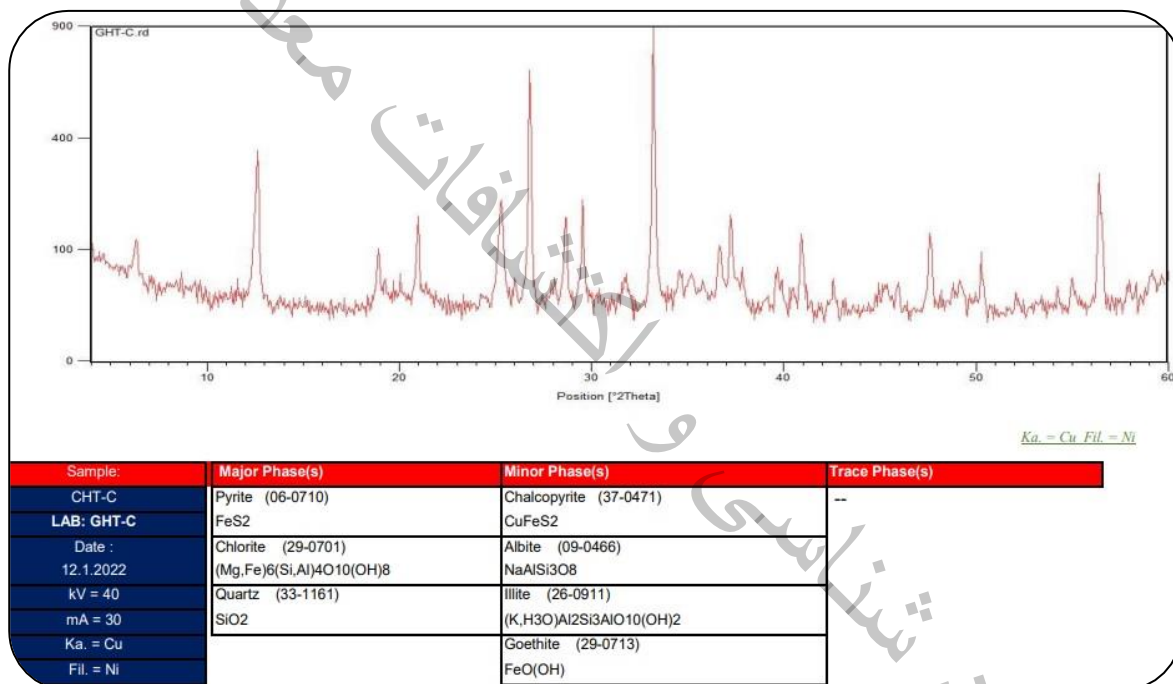
ردیف	عنصر	عیار (ppm)	ردیف	عنصر	عیار (ppm)
۱	Ag	۱/۷	۱۴	Mn	۳۴۰۳
۲	Al	۶۸۲۹۰	۱۵	Mo	۸/۶
۳	As	۱۵۸/۳	۱۶	Ni	۷۲
۴	Ca	۷۶۱۱	۱۷	P	۲۱۹۰
۵	Cd	۱/۳۴	۱۸	Pb	۲۲۱
۶	Ce	۲۱	۱۹	S	>۳%
۷	Co	۵۷	۲۰	Sb	۲/۰۵
۸	Cr	۶۸	۲۱	Sc	۱۸
۹	Cu	۶۳۶۶	۲۲	Th	<۵
۱۰	Fe	۸۹۲۷۴	۲۳	V	۲۷۷
۱۱	La	۱۶	۲۴	Y	۱۸
۱۲	Li	۱۰	۲۵	Yb	۱/۸
۱۳	Mg	۱۳۴۸۷	۲۶	Zn	۶۹۹

۲-۳-۳- پرعیارسازی ثقی و مطالعات کانی‌شناسی

با هدف شناخت کانی‌های ارزشمند در دو کانسنگ اول و دوم به تفکیک زیر نمونه‌های ۳ کیلوگرمی (ریزتر از ۱ میلی‌متر) توسط میز لرزان به صورت ثقی پرعیار گردید و کنسانتره حاصل به آزمایشگاه XRD ارسال شد. همچنین از نمونه‌های کنسانتره مقاطع صیقلی برای مطالعات کانی‌شناسی تهیه و مطالعه شد.

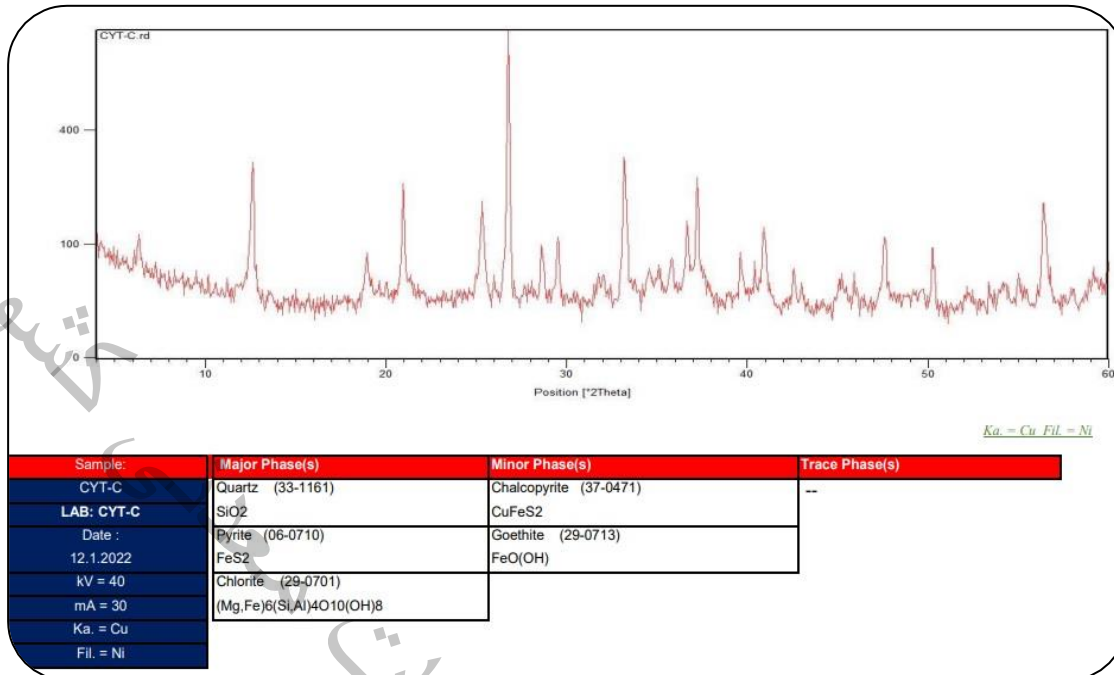
۲-۳-۳-۱- آنالیزهای XRD

آنالیزهای انجام شده روی کانسنگ اول و دوم به ترتیب در شکل‌های (۲-۳) و (۴-۲) مشاهده می‌شود. در آنالیز انجام شده، فازهای اصلی کانسنگ اول، پیریت، کلریت و کوارتز و فازهای فرعی شامل کالکوپیریت، آلیت، ایلیت و گوتیت شناسایی شده‌اند.



شکل (۲-۳): آنالیز XRD کنسانتره ثقی کانسنگ اول

در آنالیز انجام شده، فازهای اصلی کانسنگ دوم نیز کوارتز، پیریت، کلریت و فازهای فرعی شامل کالکوپیریت و گوتیت شناسایی شده‌اند.



شکل (۲-۴): آنالیز XRD کنسانتره ثقیلی کانسنگ دوم

۲-۳-۳-۲- مطالعات کانی شناسی

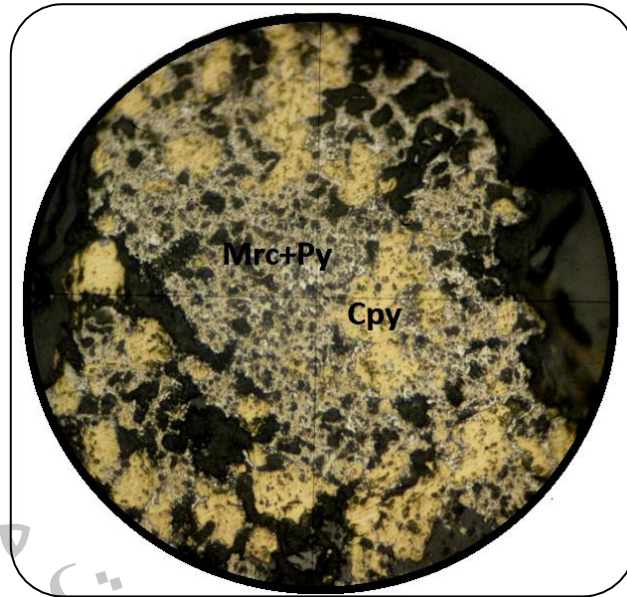
کنسانتره ثقیلی کانسنگ اول

در این نمونه پیریت و مارکاسیت کانی‌های شاخص و فراوان‌ترین فازهای این مقطع محسوب می‌شود (شکل ۲-۵). کانی اولیه مس کالکوپیریت است. درگیری کانی‌های مس اندک و عمدتاً با کانی‌های سولفیدی پیریت-مارکاسیت و به مقدار کم با گانگ غیر فلزی است. بیش از ۷۵ درصد از کانی‌های مس دار آزاد هستند. پیریت در دانه‌های درگیر در ابعاد ۱۰ تا ۳۰ میکرون از اجزاء متداول متن کانی کالکوپیریت و محصول دگرسانی آن یعنی کالکوسیت است. (شکل های (۲-۶) و (۲-۷)). دگرسانی کالکوپیریت به کالکوسیت سبب شده که مانند نمونه قبل بافت‌های جزیره‌های باقیمانده کالکوپیریت در متن کالکوسیت بسیار باشد. به طوری که در بسیاری از دانه‌ها پدیده بافت‌های جزیره‌ای متداول است.

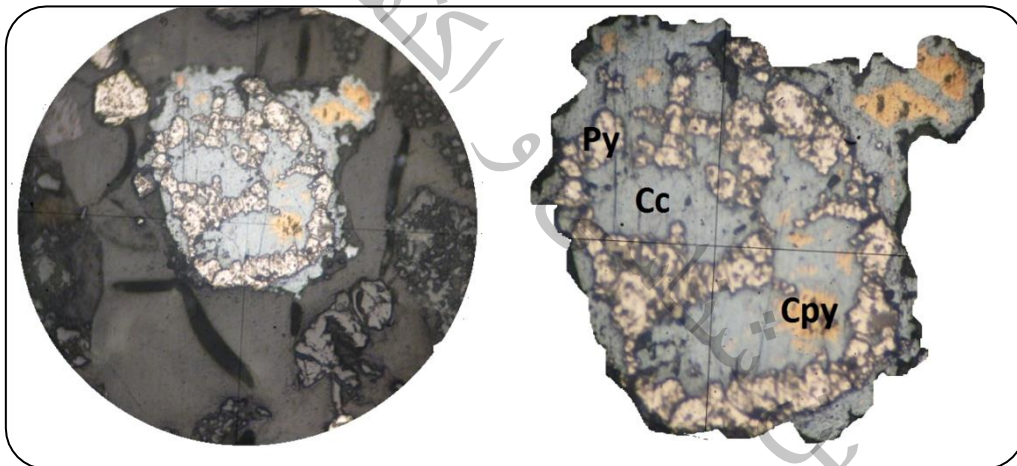
ابعاد کالکوپیریت و یا کالکوسیت در این نمونه بسیار ریز و در محدوده کمتر از ۱۰ میکرون تا ۲۵۰ میکرون تغییر می‌کند. از دیدگاه آماری بیش از ۸۰ درصد ابعاد دانه‌ها کمتر از ۱۰۰ میکرون است.

کانی‌های مهم این کانسنگ، کالکوپیریت، پیریت، مارکاسیت، کالکوسیت، کوولیت، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن عمدتاً گوتیت و گاهی هماتیت ورقه ای (الیژیست)، و بندرت مس خالص^۱ (native) است.

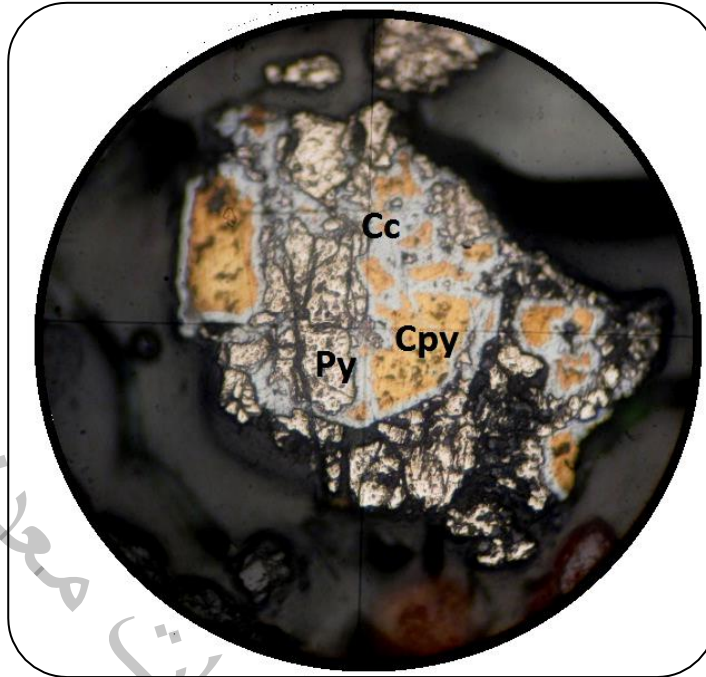
¹ Native Copper



شکل (۵-۲): نمایی از هم‌نشده فازهای سولفیدی کالکوپیریت مارکاسیت-پیریت. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است



شکل (۶-۲): نمایی از درگیری میکرونی پیریت (Py) با کانی‌های مس که در آن کالکوپیریت (Cpy) با بافت باقیمانده در متن کالکوسیت (Cc) قرار دارد. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است.



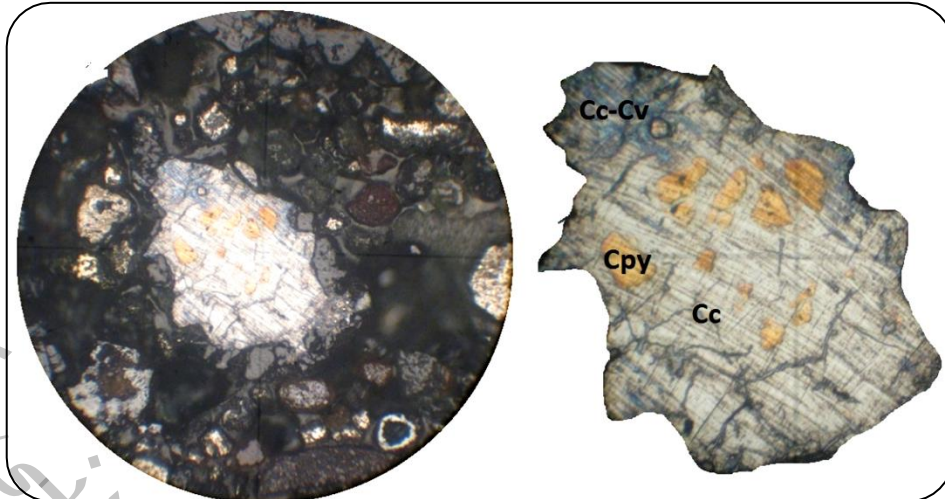
شکل (۷-۲): نمایی از درگیری کانی‌های مس با پیریت (Py) که در آن کالکوپیریت (Cpy) به کالکوسیت (Cc) دگرسان شده و با بافت باقیمانده آثار آن در متن کانی ثانویه محفوظ مانده است. پیریت فازی پایدار و مصون از این دگرسانی بوده است. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون می‌باشد.

کنسانتره ثقیلی کانسنگ دوم

پیریت و مارکاسیت کانی‌های شاخص و فراوان‌ترین فازهای سولفیدی هستند. کانی اولیه مس در این کانسنگ کالکوپیریت بوده است. دانه‌های مس‌دار در این محصول اغلب بدون درگیری با پیریت و یا کانی‌های غیرفلزی است. و بیش از ۹۰ درصد از کانی‌های مس آزاد هستند. دانه‌های درگیری اغلب با پیریت و یا مارکاسیت درگیر هستند. در دانه‌های کم‌عیار، کالکوپیریت بخش ناچیزی از یک دانه را تشکیل می‌دهد. در متن بسیاری از دانه‌های درشت کالکوپیریت و یا کالکوسیت، پیریت در ابعاد بسیار ریز و پراکنده در متن این کانی‌ها قابل مشاهده است.

ابعاد دانه‌های کالکوپیریت و کالکوسیت - کولیت در محدوده کمتر از ۱۰ میکرون تا ۱۵۰ میکرون و بندرت از ۴۰۰ میکرون تجاوز می‌کند. بیش از ۸۵ درصد از دانه‌هایی که فقط از کالکوپیریت و بدون دگرسانی به کالکوسیت-کولیت، تشکیل شده است (کالکوپیریت‌های آلتزه نشده)، ابعادی کمتر از ۱۰۰ میکرون دارند. فقط ۵ درصد از دانه‌های کالکوپیریت، ابعادی بیش از ۱۵۰ میکرون دارد.

بسیاری از دانه‌های کالکوپیریت به کالکوسیت و به مقدار کمتر به کولیت دگرسانی نشان می‌دهد. در بعضی از دانه‌ها تقریباً تمام کالکوپیریت به کالکوسیت تبدیل شده و کالکوپیریت به صورت جزایری کوچک با بافت باقیمانده در متن کالکوسیت دیده می‌شود. ۸۰ درصد دانه‌های دگرسان که از کالکوسیت و یا کالکوپیریت-کالکوپیریت تشکیل شده ابعادی کمتر از ۱۰۰ میکرون دارد. بنابراین در مجموع بیش از ۸۰ درصد از دانه‌هایی که از فازهای مس کالکوپیریت و یا کالکوپیریت-کالکوسیت تشکیل شده‌اند، ابعادی کمتر از ۱۰۰ میکرون دارد.



شکل (۲-۸): نمایی از بافت جزیره ای یا باقیمانده کالکوپیریت (Cpy) در متن کالکوسیت (Cc) و کوولیت (Cv) در یک دانه آزاد کانه دار. قطر میدان دید ۵۰۰ میکرون است.

کانی‌ای مهم این کانسنگ کالکوپیریت، پیریت، مارکاسیت، کالکوسیت، کوولیت، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن عمدتاً گوتیت و گاهی هماتیت ورقه ای (الیژیست)، و بندرت مس خالص (native) است.

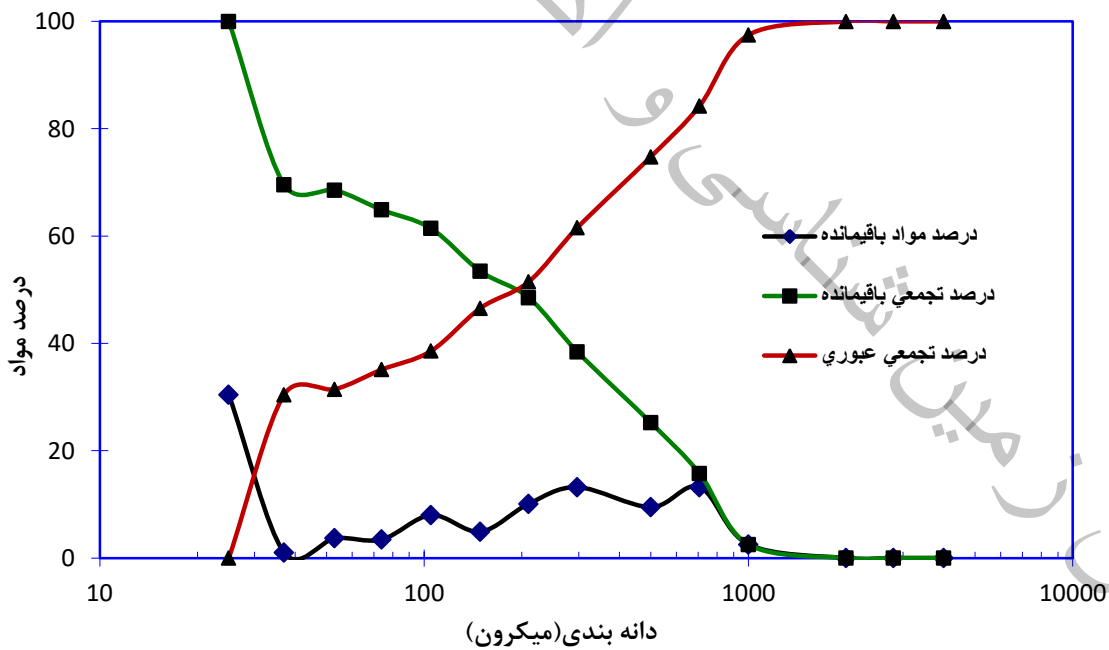
۲-۳-۴- تجزیه سرنندی، رابطه توزیع مس با دانه‌بندی

آنالیز دانه‌بندی، عیار و توزیع مس در دانه‌بندی‌های مختلف برای دو کانسنگ در جداول (۲-۳) و (۲-۴) ارائه شده است. در کانسنگ اول مشاهده می‌شود که ۹۷/۷ درصد وزنی نمونه ریزتر از ۱ میلی‌متر و ۸۴/۳ درصد آن ریزتر از ۷۰۷ میکرون است. همچنین ۳۰ درصد وزنی نمونه ریزتر از ۳۷ میکرون است. با توجه با این که بخشی از نمونه از حفاری RC تهیه شده، نمی‌توان با قطعیت آن را به هوازگی و قابلیت تولید نرمه بالا در نمونه نسبت داد. همچنین عیار مس در نرمه بیش از ۲ درصد و بیشینه است. در دانه‌بندی ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکرون نیز عیار مس افزایش یافته که می‌تواند شاخصی از توزیع ابعادی کانی‌های مس‌دار در این دامنه ابعادی باشد.

در کانسنگ دوم مشاهده می‌شود که ۹۹/۱ درصد وزنی نمونه ریزتر از ۱ میلی‌متر و ۸۳/۶ درصد آن ریزتر از ۵۰۰ میکرون است. همچنین ۵۲ درصد وزنی نمونه ریزتر از ۳۷ میکرون است. این مقدار نرمه بسیار زیاد است و با توجه به این که عیار این بخش نیز بیش از ۳ درصد است و نزدیک به ۳۷ درصد مس نمونه در این محدوده واقع شده است، می‌تواند انتظار داشت مس در کنسانتره فلوتاسیون داشته باشیم. همچنین در ناحیه ۲۹۷ تا ۵۰۰ میکرون یک پیک عیاری را داریم که می‌تواند شاخصی برای ابعاد برخی کانی‌های مس باشد.

جدول (۳-۲): تجزیه سرندي، توزيع دانه‌بندی و عيارى مس در بخش‌های مختلف كانسنگ اول

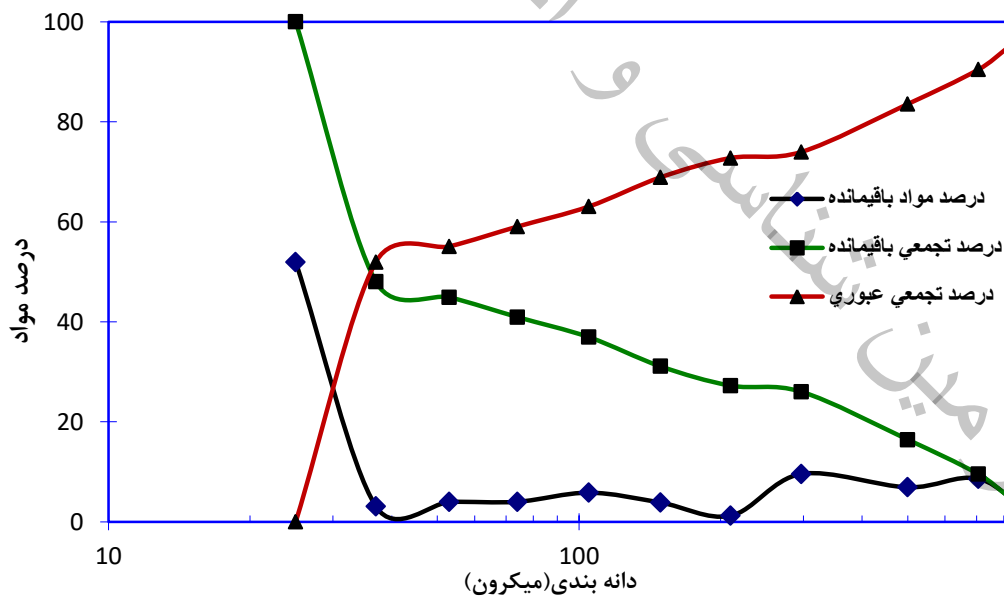
ردیف	شماره سرندي ASTM (مش)	دهانه (میکرون)	وزن (گرم)	درصد وزنی باقیمانده	درصد وزنی تجمعی باقیمانده	درصد وزنی تجمعی عبور کرده	عيار مس (درصد)	محتوی مس (گرم)	توزیع مس
۱	۱۸	۱۰۰۰	۳۷/۵	۲/۵	۲/۵	۹۷/۵	۰/۵	۰/۲	۱/۷
۲	۲۵	۷۰۷	۱۹۵/۵	۱۳/۲	۱۵/۷	۸۴/۳	۰/۶۲	۱/۲	۱۰/۸
۳	۳۵	۵۰۰	۱۴۰/۳	۹/۵	۲۵/۲	۷۴/۸	۰/۷۰	۱/۰	۸/۷
۴	۵۰	۲۹۷	۱۹۵/۳	۱۳/۲	۳۸/۴	۶۱/۶	۰/۹۱	۱/۸	۱۵/۸
۵	۷۰	۲۱۰	۱۴۹/۶	۱۰/۱	۴۸/۵	۵۱/۵	۱/۱۵	۱/۷	۱۵/۳
۶	۱۰۰	۱۴۹	۷۲/۷	۴/۹	۵۳/۴	۴۶/۶	۱/۱۸	۰/۹	۷/۶
۷	۱۴۰	۱۰۶	۱۱۸/۲	۸/۰	۶۱/۴	۳۸/۶	۱/۱۹	۱/۴	۱۲/۵
۸	۲۰۰	۷۴	۵۱/۱	۳/۵	۶۴/۹	۳۵/۱	۰/۹۸	۰/۵	۴/۵
۹	۲۷۰	۵۳	۵۴/۳	۳/۷	۶۸/۶	۳۱/۴	۰/۷۸	۰/۴	۳/۸
۱۰	۴۰۰	۳۷	۱۵/۲	۱/۰	۶۹/۶	۳۰/۴	۰/۶۱	۰/۱	۰/۸
۱۱	۴۰۰	۱۰	۴۵۰/۲	۳۰/۴	۱۰۰/۰	۰	۰/۴۶	۲/۱	۱۸/۴
	مجموع		۱۴۷۹/۹	۱۰۰/۰			۰/۷۶		۱۰۰



شکل (۳-۲): توزيع دانه‌بندی كانسنگ اول

جدول (۲-۴): تجزیه سرنندی، توزیع دانه بندی و عیاری مس در بخش های مختلف کانسنگ دوم

ردیف	شماره سرنند ASTM (مش)	دهانه (میکرون)	وزن (گرم)	درصد وزنی باقیمانده	درصد وزنی تجمعی باقیمانده	درصد وزنی تجمعی عبور کرده	عیار مس (درصد)	محتوی مس (گرم)	توزیع مس
۱	۱۸	۱۰۰۰	۱۲/۸	۰/۹	۰/۹	۹۹/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۷
۲	۲۵	۷۰۷	۱۱۷/۸	۸/۶	۹/۵	۹۰/۵	۰/۶	۰/۷	۸/۲
۳	۳۵	۵۰۰	۹۴/۵	۶/۹	۱۶/۴	۸۳/۶	۰/۷	۰/۷	۷/۴
۴	۵۰	۲۹۷	۱۳۱/۲	۹/۶	۲۶/۰	۷۴/۰	۰/۹	۱/۲	۱۳/۴
۵	۷۰	۲۱۰	۱۶/۷	۱/۲	۲۷/۲	۷۲/۸	۱/۲	۰/۲	۲/۲
۶	۱۰۰	۱۴۹	۵۲/۹	۳/۹	۳۱/۱	۶۸/۹	۱/۲	۰/۶	۷/۰
۷	۱۴۰	۱۰۶	۷۹/۸	۵/۸	۳۶/۹	۶۳/۱	۱/۲	۰/۹	۱۰/۷
۸	۲۰۰	۷۴	۵۵/۰	۴/۰	۴۱/۰	۵۹/۰	۱/۰	۰/۵	۶/۱
۹	۲۷۰	۵۳	۵۴/۴	۴/۰	۴۴/۹	۵۵/۱	۰/۸	۰/۴	۴/۸
۱۰	۴۰۰	۳۷	۴۲/۶	۳/۱	۴۸/۰	۵۲/۰	۰/۶	۰/۳	۲/۹
۱۱	-۴۰۰	۱۰	۷۱۱/۳	۵۲/۰	۱۰۰	.	۰/۵	۳/۳	۳۶/۷
	مجموع		۱۳۶۸/۹	۱۰۰			۰/۷	۸/۹۱	۱۰۰



شکل (۲-۱۰): توزیع دانه بندی کانسنگ دوم

۲-۳-۵- مطالعات قابلیت خردایش کانسنگ

این مطالعات شامل تعیین اندیس باند گلوله ای بخش های مختلف کانسار است.

۲-۳-۵-۱ - اندیس باند گلوله‌ای نمونه GHRZ2

اندیس باند گلوله‌ای کانسنگ در آسیای استاندارد باند انجام شد و اندیس باند برای ۳ نمونه از نقاط مختلف کانسار به ترتیب ۱۵/۳۸، ۱۳/۰۷ و ۱۳/۳۱ کیلووات ساعت بر تن کوچک بدست آمد. محاسبات تعیین اندیس باند در جداول (۲-۵)، (۲-۶) و (۲-۷) ارائه شده است.

جدول (۲-۵): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه اول

جدول محاسبات اندیس کار باند گلوله‌ای											
نوع / کد ماده معدنی:	کانسنگ مس ۱	وزن ۷۰۰ سی‌سی از بار اولیه (گرم)	1575	سرعت گردش آسیا (دور بر دقیقه)	70	چگالی ظاهری:	2.25	دهانه سرند کنترل (میکرون):	105	وزن محصول ایده آل برای بار در گردش ۲۵۰ درصد (گرم)	450
میزان خردایش اولیه (میکرون):	3350	درصد مواد کوچکتر از سرند کنترل بار اولیه	16.3	گردش ۲۵۰ درصد (گرم)	60.8	اندیس باند اولیه (مطالعات قبلی)		d80 خوراک اولیه (میکرون)	2040.9	تعداد دور اولیه پیش بینی شده	100
پیش بینی قابلیت خردایش (g/min)		تعداد دور اولیه پیش بینی شده									
شماره آزمایش	تعداد دور گردش آسیا	وزن	خوراک جدید وارد شده به آسیا			محصول خرد شده			نرمه تولید شده در اثر آسیا		
			وزن مواد کوچکتر از سرند	وزن مواد باقیمانده روی سرند	وزن مواد عبور کرده از سرند	وزن نرمه تولید شده	وزن نرمه تولید شده در یک دور	وزن نرمه برای بار در گردش ۲۵۰	تعداد دور پیش بینی شده	زمان پیش بینی شده (دقیقه)	
1	100	1575	256.7	1201.93	373.07	116.3	1.16	389.19	335	286.73	
2	335	373.07	60.8	1198.22	376.78	316.0	0.94	388.58	411	352.62	
3	411	376.78	61.4	1143.92	431.08	369.7	0.90	379.73	423	362.23	
4	423	431.08	70.3	1120.05	454.95	384.7	0.91	375.84	413	353.90	
5	413	454.95	74.2	1121.36	453.64	379.5	0.92	376.06	409	350.70	
6	409	453.64	73.9	1118.64	456.36	382.4	0.93	375.61	402	344.47	
		متوسط نرمه تولیدی به ازای یک دور:		0.92		اندیس باند (KWh/st):		15.38			

جدول (۲-۶): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه دوم

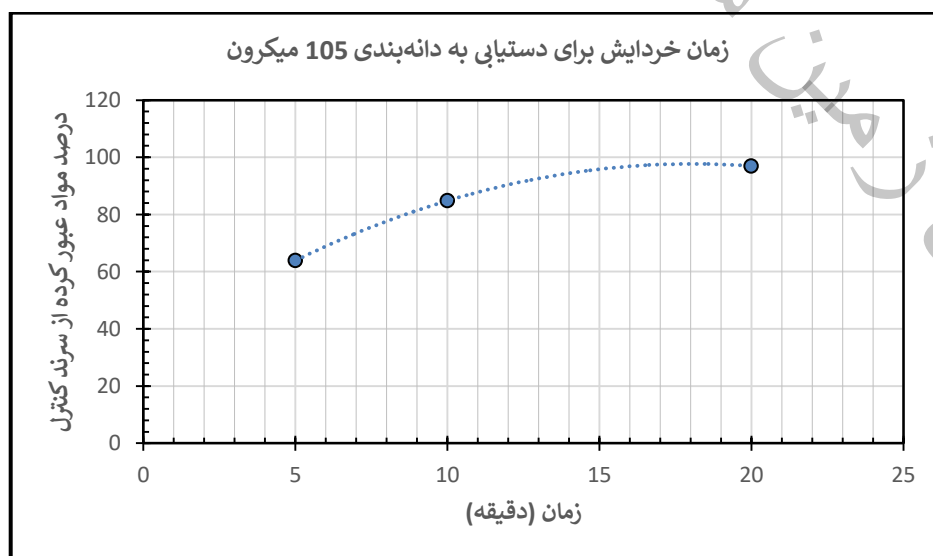
جدول محاسبات اندیس کار باند گلوله‌ای											
نوع ماده معدنی:	کانسنگ مس ۲	وزن ۷۰۰ سی‌سی از بار اولیه (گرم)	1430	سرعت گردش آسیا (دور بر دقیقه)	70	چگالی ظاهری:	2.04	دهانه سرند کنترل (میکرون):	106	وزن محصول ایده آل برای بار در گردش ۲۵۰ درصد (گرم)	408.6
میزان خردایش اولیه (میکرون):	3350	درصد مواد کوچکتر از سرند کنترل بار اولیه	23.70	گردش ۲۵۰ درصد (گرم)	63.1	اندیس باند اولیه (مطالعات قبلی)		d80 خوراک اولیه (میکرون)	1777.40	تعداد دور اولیه پیش بینی شده	100
پیش بینی قابلیت خردایش (g/min)		تعداد دور اولیه پیش بینی شده									
شماره آزمایش	تعداد دور گردش آسیا	وزن	خوراک جدید وارد شده به آسیا			محصول خرد شده			نرمه تولید شده در اثر آسیا		
			وزن مواد کوچکتر از سرند	وزن مواد باقیمانده روی سرند	وزن مواد عبور کرده از سرند	وزن نرمه تولید شده	وزن نرمه تولید شده در یک دور	وزن نرمه برای بار در گردش ۲۵۰	تعداد دور پیش بینی شده	زمان پیش بینی شده (دقیقه)	
1	100	1430	338.9	939.44	490.56	151.7	1.52	292.3	193	165.2	
2	193	490.56	116.3	1080.79	349.21	232.9	1.21	325.8	270	231.1	
3	270	349.21	82.8	1033.11	396.89	314.1	1.17	314.5	270	231.4	
4	270	396.89	94.1	1019.04	410.96	316.9	1.17	311.2	265	227.2	
5	265	410.96	97.4	1019.35	410.65	313.3	1.18	311.2	263	225.7	
		متوسط نرمه تولیدی به ازای یک دور:		1.17		اندیس باند (KWh/st):		13.07			

جدول (۲-۷): محاسبات اندیس باند گلوله‌ای نمونه سوم

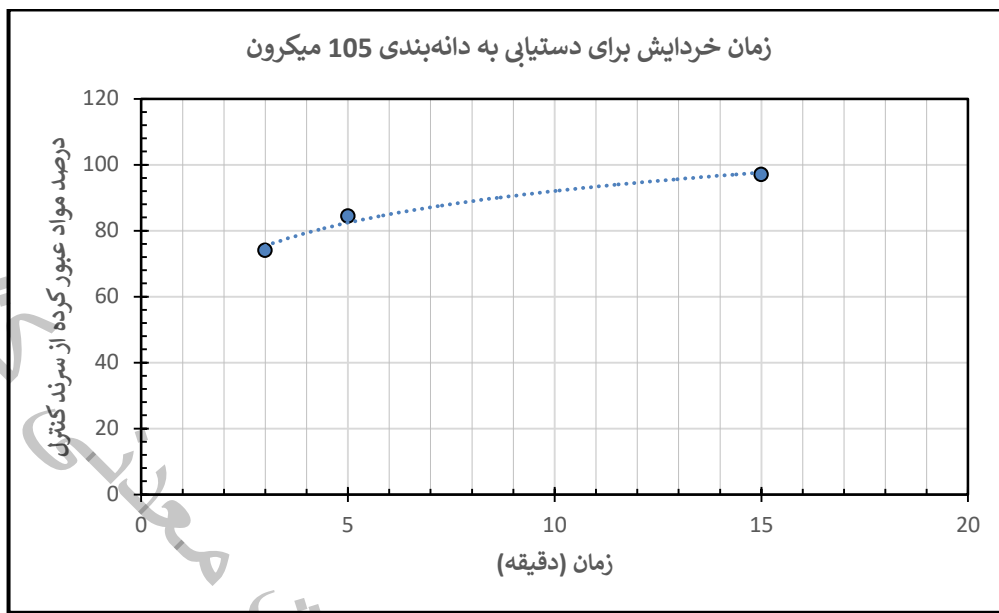
جدول محاسبات اندیس کار باند گلوله‌ای										
70	سرعت گردش آسیا (دور بر دقیقه)		1520	وزن ۷۰۰ سی‌سی از بار اولیه (گرم)		کانسنگ مس ۳	نوع ماده معدنی:			
434.3	وزن محصول ایده آل برای بار در گردش ۲۵۰ درصد (گرم)		106	دهانه سرند کنترل (میکرون):		2.17	جگالی ظاهری:			
			26.00	درصد مواد کوچکتر از سرند کنترل بار اولیه		3350	میزان خردایش اولیه (میکرون):			
55.8	محصول (میکرون) d80		1867.10	d80 خوراک اولیه (میکرون)			اندیس باند اولیه (مطالعات قبلی)			
			100	تعداد دور اولیه پیش بیی شده			پیش بیی قابلیت خردایش (g/min)			
محاسبه آزمایش بعدی			نرمه تولید شده در اثر آسیا		محصول خرد شده		خوراک جدید وارد شده به آسیا		تعداد دور گردش آسیا	شماره آزمایش
زمان پیش بیی شده (دقیقه)	تعداد دور پیش بیی شده	وزن نرمه برای بار در گردش ۲۵۰	وزن نرمه تولید شده در یک دور	وزن نرمه تولید شده	وزن مواد عبور کرده از سرند	وزن مواد باقیمانده روی سرند	وزن مواد کوچکتر از سرند	وزن		
232.9	272	302.6	1.11	111.4	506.58	1013.42	395.2	1520	100	1
268.4	313	326.4	1.04	283.2	414.9	1105.1	131.7	506.58	272	2
263.5	307	321.2	1.04	327.1	434.97	1085.03	107.9	414.9	313	3
267.5	312	322.3	1.03	317.6	430.68	1089.32	113.1	434.97	307	4
262.2	306	320.2	1.05	326.7	438.65	1081.35	112.0	430.68	312	5
266.5	311	322.7	1.04	317.4	429.36	1090.64	112.0	430.68	306	6
			اندیس باند (KWh/st):		1.04		متوسط نرمه تولیدی به ازای یک دور:			
			13.31							

۲-۳-۵-۲- زمان خردایش تا رسیدن به دانه‌بندی ۱۴۰ مش

کانسنگ پس از خردایش تا ۱۸ مش (۱ میلی‌متر) می‌تواند به آسیای گلوله‌ای انتقال یابد. بدست آوردن زمان خردایش در آسیای گلوله‌ای جهت دستیابی به دانه‌بندی ۱۴۰ مش نیازمند خردایش نمونه در وزن و شرایط یکسان در زمان‌های مختلف است. شکل‌های (۲-۱۱) و (۲-۱۲) نشان می‌دهد زمان خردایش نمونه کانسنگ‌های اول و دوم برای دستیابی به دانه‌بندی‌های ۱۵۰ مش (d80) به ترتیب ۶ و ۹ دقیقه است.



شکل (۲-۱۱): تعیین زمان خردایش کانسنگ اول برای دستیابی به دانه‌بندی ۱۴۰ مش در آسیای گلوله‌ای



شکل (۲-۱۲): تعیین زمان خردایش کانسنگ دوم برای دستیابی به دانه‌بندی ۱۴۰ مش در آسیای گلوله‌ای

۲-۴- نتایج مطالعات شناسایی نمونه

مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهد، کانسنگ از نوع سولفید بالا است و پیریت و مارکاسیت فراوان‌ترین کانی‌سولفیدی کانسنگ است. کانی‌های اولیه مس در کانسنگ کالکوپیریت بوده است که بعضاً به کالکوسیت دگرسان شده است. بیش از ۸۰ درصد از کانی‌های مس در دانه‌بندی ۱۴۰ مش (۱۰۵ میکرون) آزاد هستند. دانه‌های درگیری اغلب با پیریت و یا مارکاسیت درگیر هستند. پیریت در دانه‌های درگیر در ابعاد ۱۰ تا ۳۰ میکرون از اجزاء متداول متن کانی کالکوپیریت و محصول دگرسانی آن یعنی کالکوسیت است. مس بصورت طبیعی نیز در نمونه وجود دارد. باطله اصلی کانسنگ کانی‌های سیلیکاته هستند. نرمة نمونه بویژه در کانسنگ دوم زیاد است. اندیس باند گلوله‌ای کانسنگ‌ها بین ۱۳ تا ۱۵ کیلووات ساعت بر تن کوچک است.

فصل ۳

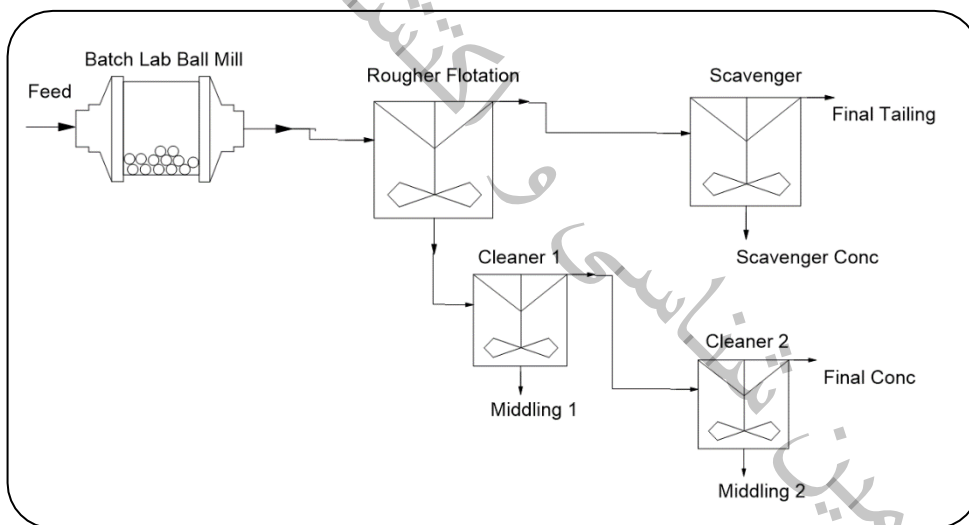
مطالعات پریارسازی به روش فلوتاسیون

سازمان زمین شناسی و
مطالعات پریارسازی و فلوتاسیون

۳-۱- آزمایش‌های فلوتاسیون

بخش عمده مس موجود در کانسنگ اول از نوع سولفیدی و بویژه کالکوپیریت و کالکوسیت است. چالش مهم در این کانسنگ حضور پیریت است و جدایش آن از کانی‌های ارزشمند سولفیدی (همواره با چالش مواجه است و بازداشت و جدایش آن از کالکوپیریت و کالکوسیت و دیگر کانی‌های سولفیدی مس نیازمند تمهیدات ویژه است. در صورتی که نتوان به درستی پیریت را بازداشت کرد به کنسانتره راه می‌یابد و باعث می‌شود نتوان به عیار مس قابل قبول در کنسانتره دست یافت.

برای بررسی رفتار کانسنگ‌های اول و دوم، در مدار فلوتاسیون، نمونه‌های آماده شده این دو کانسنگ بصورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و آزمایش‌های فلوتاسیون انجام شد. در این آزمایش‌ها از معرف‌های شیمیایی موجود یا قابل تأمین در بازار کشور استفاده شد. آزمایش‌های اولیه با هدف دستیابی به بیشینه بازیابی ممکن مس از کانسنگ (انتخاب کلکتور کارآمد) انجام شد. و آزمایش‌های بعدی با هدف افزایش عیار محصول و کاهش مقدار پیریت در کنسانتره (بازداشت پیریت) متمرکز شد. شمای کلی مدار انجام آزمایش‌ها در شکل (۳-۱) ارائه شده است.



شکل (۳-۱): شماتیک کلی آزمایش‌های فلوتاسیون

۳-۱-۱- آزمایش اول فلوتاسیون روی کانسنگ اول

در این آزمایش تأثیر کلکتور Aero 238 ، بر بازیابی مس کانسنگ اول ارزیابی شد. در این آزمایش یک مرحله شستشو و یک مرحله رمق گیری انجام شد. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱) و نتایج در جدول (۳-۲) ارائه شده است.

جدول (۳-۱): شرایط عملیاتی آزمایش اول فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۵۳				دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشو	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-
Aero 238	-	30	-	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۳۰	-
pH پالپ	۷.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش اول فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی درصد
کنسانتره نهایی	73.2	4.9	3.69	2.70	24.2	3.69	24.2
باطله کلپتر	265.9	17.7	1.39	3.70	33.0	1.89	57.2
اسکونجر	97.4	6.5	2.18	2.12	19.0	1.95	76.2
باطله فلوتاسیون	1066.2	71.0	0.25	2.67	23.8	0.74	100.0
هد محاسباتی	1502.7	100.0	0.74	11.19	100.0		

مشاهده و بررسی های کیفی کنسانتره نهایی با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار نشان داد مقدار زیادی پیریت به همراه کانی های مس در کنسانتره وجود دارد. نتایج جداول (۳-۱) و (۳-۲) نیز نشان میدهد، عیار محصول نهایی حدود ۳/۷ درصد است و نیاز به افزایش تعداد مراحل شستشو و روش مؤثری برای بازداشت پیریت است.

۳-۱-۲- آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

در این آزمایش تأثیر کلکتور Aero 238، بر بازیابی مس کانسنگ دوم ارزیابی شد. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۳) و نتایج در جدول (۳-۴) ارائه شده است.

جدول (۳-۳): شرایط عملیاتی آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۵۳				دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	تسستشو	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-
Aero 238	-	۳۰	-	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۳۰	-
pH پالپ	۷.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۴): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دوم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	30.6	2.1	4.64	1.42	16.3	4.64	16.3
باطله کلیتر	93.0	6.4	2.24	2.08	23.9	2.83	40.3
اسکونجر	54.2	3.7	1.85	1.00	11.5	2.53	51.8
باطله فلوتاسیون	1271.0	87.7	0.33	4.19	48.2	0.60	100.0
هد محاسباتی	1448.8	100.0	0.60	8.70	100.0		

در کانسنگ دوم شرایط بازیابی مس به مراتب از کانسنگ اول بدتر است و عیار کنسانتره حدود ۴/۶ و بازیابی مس در کنسانتره نهایی ۱۶ درصد است.

۳-۱-۳- آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

در این آزمایش تأثیر کلکتور Danafloat 262 بر بازیابی مس کانسنگ اول ارزیابی شد. و کنسانتره رافر در دو مرحله شستشو داده شد. شرایط عملیاتی در جداول (۳-۵) و نتایج در جدول (۳-۶) ارائه شده است.

جدول (۳-۵): شرایط عملیاتی آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه‌بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف‌ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق‌گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-	-
Danafloat 262	-	۳۰	-	-	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۲۰	۱۰	-
pH پالپ	۷.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده‌سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف‌گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۶): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش سوم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمی درصد	بازیابی درصد
کنسانتره نهایی	24.7	1.7	16.50	4.08	41.1	16.50	41.1
باطله کلینر ۲	33.6	2.3	2.15	0.72	7.3	8.24	48.3
باطله کلینر ۱	159.8	11.0	1.49	2.38	24.0	3.29	72.3
اسکونجر	88.8	6.1	1.17	1.04	10.5	2.68	82.7
باطله فلوتاسیون	1145.0	78.9	0.15	1.72	17.3	0.68	100.0
هد محاسباتی	1452.0	100.0	0.68	9.94	100.0		

با تغییر کلکتور بازیابی کلی فلوتاسیون به حدود ۸۳ درصد افزایش یافت و با یک مرحله شستشوی بیشتر، عیار کنسانتره به بیش از ۱۶ درصد افزایش یافت.

۳-۱-۴- آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

در این آزمایش تأثیر کلکتور Danafloat 262 بر بازیابی مس کانسنگ دوم ارزیابی شد. و کنسانتره رافر در دو مرحله شستشو داده شد. شرایط عملیاتی در جداول (۳-۷) و نتایج در جدول (۳-۸) ارائه شده است.

جدول (۳-۷): شرایط عملیاتی آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-	-
Danafloat 262	-	۳۰	-	-	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۲۰	۱۰	-
pH پالپ	۷.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کفگیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۸): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش چهارم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار جمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	12.0	1.0	12.70	1.52	23.1	12.70	23.1
باطله کلیتر ۲	28.2	2.3	1.80	0.51	7.7	5.05	30.8
باطله کلیتر ۱	92.8	7.5	0.81	0.75	11.4	2.09	42.2
اسکونجر	107.5	8.6	1.21	1.30	19.7	1.70	61.9
باطله فلوتاسیون	1005.0	80.7	0.25	2.51	38.1	0.53	100.0
هد محاسباتی	1245.5	100.0	0.53	6.60	100.0		

با توجه به جدول (۳-۸)، در کانسنگ دوم عیار کنسانتره نهایی (۱۲/۷ درصد) و بازیابی کلی (۶۱/۹ درصد) از کانسنگ اول کمتر است.

۳-۱-۵- آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن آهک در ابتدای مدار (مرحله آسیاکنی) بر بازداشت پیریت کانسنگ اول انجام شد. شرایط عملیاتی در جداول (۳-۹) و نتایج در جدول (۳-۱۰) ارائه شده است.

جدول (۳-۹): شرایط عملیاتی آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه‌بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف‌ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق‌گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-	-
پتاسیم آمیل گزنتات (g/t)	-	-	-	-	۶۰
سدیم ایزوپروپیل گزنتات (g/t)	-	۱۰۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۱۵	۱۵	-
pH پالپ (آهک)	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده‌سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف‌گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۱۰): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش پنجم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	14.3	0.9	16.50	2.37	26.2	16.50	26.2
باطله کلینر ۲	29.8	1.8	4.53	1.35	15.0	8.42	41.2
باطله کلینر ۱	162.9	9.9	1.47	2.39	26.5	2.95	67.7
اسکونجر	152.4	9.2	0.39	0.59	6.6	1.87	74.3
باطله فلوتاسیون	1291.7	78.2	0.18	2.33	25.7	0.55	100.0
هد محاسباتی	1651.2	100.0	0.55	9.03	100.0		

افزودن آهک در آسیا سبب بازداشت پیریت شده و در مقایسه با آزمایش سوم، عیار کنسانتره نهایی تغییر نکرده ولی بازیابی کنسانتره نهایی و تجمعی کاهش یافته است. احتمالاً مقدار آهک افزوده شده زیاد بوده و سبب بازداشت کانی‌های مس شده است.

۳-۱-۶- آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

این آزمایش با شرایط مشابه آزمایش پنجم (افزودن آهک در آسیا)، با هدف بررسی تکرارپذیری نتایج انجام شد. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱۱) و نتایج در جدول (۳-۱۲) ارائه شده است.

جدول (۳-۱۱): شرایط عملیاتی آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۱۰۰۰	-	-	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۶۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۱۰۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۱۵	۱۵	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کفگیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۱۲): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش ششم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	22.0	1.5	18.80	4.14	42.1	18.80	42.1
باطله کلینر ۲	38.0	2.5	5.07	1.93	19.6	10.10	61.7
باطله کلینر ۱	178.0	11.8	0.86	1.53	15.6	3.19	77.3
اسکونجر	58.0	3.9	0.71	0.41	4.2	2.70	81.5
باطله فلوتاسیون	1210.2	80.3	0.15	1.82	18.5	0.65	100.0
هد محاسباتی	1506.2	100.0	0.65	9.82	100.0		

در این آزمایش عیار کنسانتره کانسنگ اول به ۱۸/۸ درصد مس و بازیابی کلی به ۸۱/۵ درصد رسیده است که نشان می‌دهد افزودن آهک در آسیا نقش بسیار مهمی در بازداشت پیریت دارد.

۳-۱-۷- آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سیانید سدیم در مدار آسیاکنی بر بازداشت پیریت در کانسنگ اول است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱۳) و نتایج در جدول (۳-۱۴) ارائه شده است.

جدول (۳-۱۳): شرایط عملیاتی آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۸۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	۱۰۰	-	۲۰	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۱۴): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش هفتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	16.0	1.0	19.60	3.14	36.8	19.60	36.8
باطله کلینر ۲	17.0	1.1	8.70	1.48	17.4	13.98	54.2
باطله کلینر ۱	70.5	4.6	1.62	1.14	13.4	5.56	67.6
رافر ۲	70.0	4.5	0.96	0.67	7.9	3.71	75.5
اسکونجر	66.5	4.3	0.59	0.39	4.6	2.84	80.1
باطله فلوتاسیون	1305.0	84.5	0.13	1.70	19.9	0.55	100.0
هد محاسباتی	1545.0	100.0	0.55	8.52	100.0		

در این آزمایش افزودن ۱۰۰ گرم در تن ساینید سدیم به آسیا و ۲۰ گرم در تن به سلول شستشوی اول، سبب شد پیریت بهتر بازداشت شود (مشاهدات میکروسکوپی). بنابراین عیار تجمعی افزایش و عیار کنسانتره به ۱۹/۶ درصد مس افزایش یافته است.

۳-۱-۸- آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سولفیت سدیم در مدار آسیاکنی بر بازداشت پیریت در کانسنگ اول است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱۵) و نتایج در جدول (۳-۱۶) ارائه شده است.

جدول (۳-۱۵): شرایط عملیاتی آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۹۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۵۰۰	-	۴۰	۴۰	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کفگیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۱۶): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش هشتم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	18.3	1.2	17.50	3.20	43.9	17.50	43.9
باطله کلیتر ۲	14.5	1.0	8.22	1.19	16.3	13.40	60.2
باطله کلیتر ۱	68.5	4.6	1.75	1.20	16.4	5.52	76.6
اسکونجر	127.8	8.5	0.34	0.43	6.0	2.63	82.5
باطله فلوتاسیون	1275.0	84.8	0.10	1.28	17.5	0.49	100.0
هد محاسباتی	1504.1	100.0	0.49	7.30	100.0		

در این آزمایش نسبت تغلیظ^۱ در سلول رافر (۱۱/۴) بالا است اما در عیار و بازیابی مس تغییر محسوسی مشاهده نمی شود و نیاز است بررسی بیشتری انجام شود.

^۱ Enrichment Ratio

۳-۱-۹- آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سولفیت سدیم در مدار آسیاکنی بر بازداشت پیریت در کانسنگ دوم است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱۷) و نتایج در جدول (۳-۱۸) ارائه شده است.

جدول (۳-۱۷): شرایط عملیاتی آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنتات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنتات (g/t)	-	۹۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۵۰۰	-	۴۰	۴۰	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۱۸): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش نهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	6.8	0.5	20.00	1.35	19.1	20.00	19.1
باطله کلینر ۲	25.3	1.7	1.98	0.50	7.1	5.78	26.2
باطله کلینر ۱	163.0	10.9	0.69	1.12	15.9	1.53	42.1
اسکونجر	85.0	5.7	0.81	0.69	9.7	1.31	51.8
باطله فلوتاسیون	1220.0	81.3	0.28	3.42	48.2	0.47	100.0
هد محاسباتی	1500.1	100.0	0.47	7.08	100.0		

در این آزمایش با افزودن آهک (برای دستیابی به pH بالای ۱۱) و سولفیت سدیم به آسیا، عیار کنسانتره نهایی ۲۰ درصد مس و بازیابی کلی مس ۵۱/۸ است.

۳-۱-۱۰- آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سولفور سدیم (فعال سازی کانی های اکسیدی) در مدار آسیابگری بر افزایش بازیابی مس (کانی های اکسیدی) در کانسنگ دوم است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۱۹) و نتایج در جدول (۳-۲۰) ارائه شده است.

جدول (۳-۱۹): شرایط عملیاتی آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۸۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	۵۰۰	۱۵۰	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲۰): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	11.2	0.7	19.35	2.17	27.3	19.35	27.3
باطله کلیتر ۲	21.5	1.4	2.86	0.61	7.7	8.51	35.1
باطله کلیتر ۱	194.0	12.9	0.33	0.64	8.1	1.51	43.1
اسکونجر	98.5	6.5	0.99	0.98	12.3	1.35	55.4
باطله فلوتاسیون	1180.0	78.4	0.30	3.54	44.6	0.53	100.0
هد محاسباتی	1505.2	100.0	0.53	7.94	100.0		

افزودن سولفور سدیم سبب افزایش ۳ درصدی بازیابی مس شده است.

۳-۱-۱۱ - آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سیانید سدیم در مدار آسیاکنی بر بازداشت پیریت در کانسنگ دوم است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۲۱) و نتایج در جدول (۳-۲۲) ارائه شده است.

جدول (۳-۲۱): شرایط عملیاتی آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنتات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنتات (g/t)	-	۸۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	۱۰۰	-	۱۵	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲۲): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش یازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	9.3	0.6	17.28	1.61	17.4	17.28	17.4
باطله کلینر ۱	18.5	1.2	2.24	0.41	4.5	7.27	21.8
باطله کلینر ۲	192.0	12.8	0.39	0.75	8.1	1.26	29.9
اسکونجر	145.0	9.6	0.70	1.02	11.0	1.04	40.9
باطله فلوتاسیون	1140.0	75.8	0.48	5.47	59.1	0.62	100.0
هد محاسباتی	1504.8	100.0	0.62	9.26	100.0		

افزودن سیانید سدیم تأثیر مثبتی بر افزایش عیار و بازیابی کانسنگ دوم ندارد.

۳-۱-۱۲- آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

هدف این آزمایش بررسی اثر حذف نرمه بعد از مدار آسیاکنی و قبل از فلوتاسیون بر افزایش عیار کنسانتره در کانسنگ دوم است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۲۳) و نتایج در جدول (۳-۲۴) ارائه شده است.

جدول (۳-۲۳): شرایط عملیاتی آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

۷۵					دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۹۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۵۰۰	-	۴۰	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کفگیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲۴): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش دوازدهم فلوتاسیون (کانسنگ دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	8.5	0.5	23.56	2.00	24.3	23.56	24.3
باطله کلینر ۲	10.5	0.7	5.49	0.58	7.0	13.57	31.3
باطله کلینر ۱	32.0	2.1	1.06	0.34	4.1	5.72	35.4
اسکونجر	71.5	4.6	0.66	0.47	5.7	2.77	41.2
باطله فلوتاسیون	875.0	56.4	0.23	2.01	24.4	0.54	65.6
نرمه	555.0	35.7	0.51	2.83	34.4	0.53	
هد محاسباتی	1552.5	100.0	0.53	8.23	100.0		

نمونه کانسنگ دوم دارای حجم قابل توجهی نرمه است بنابراین در این آزمایش نرمه قبل از فلوتاسیون حذف شد. در جدول (۳-۲۴) مشاهده می شود که ۳۴ درصد افت مس در نرمه بوده است. ولی عیار کنسانتره تا ۲۳/۵ درصد افزایش یافته است.

۱-۱۳- آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن توام سیانید سدیم و سولفیت سدیم در داخل آسیا بر بازداشت پیریت و افزایش عیار کنسانتره در کانسنگ اول است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۲۵) و نتایج در جدول (۳-۲۶) ارائه شده است.

جدول (۳-۲۵): شرایط عملیاتی آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵					دانه‌بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف‌ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق‌گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنتات (g/t)	-	-	-	-	-
سدیم ایزوپروپیل گزنتات (g/t)	-	۹۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۵۰۰	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	۱۵	۱۵	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده‌سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف‌گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲۶): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش سیزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	13.4	0.9	17.87	2.39	26.8	17.87	26.8
باطله کلینر ۲	35.7	2.4	7.60	2.71	30.5	10.40	57.3
باطله کلینر ۱	145.0	9.6	1.25	1.81	20.4	3.56	77.7
اسکونجر	131.0	8.7	0.43	0.56	6.3	2.30	84.0
باطله فلوتاسیون	1183.0	78.4	0.12	1.42	16.0	0.59	100.0
هد محاسباتی	1508.1	100.0	0.59	8.89	100.0		

با دو مرحله شستشو عیار کنسانتره ۱۷/۸۷ درصد رسیده است. با توجه به ضریب تغلیظ در مراحل کلینر با افزودن یک مرحله دیگر شستشو، عیار کنسانتره را می‌توان به بالای ۲۰ درصد ارتقا داد.

۳-۱-۱۴- آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزودن سولفیت سدیم در داخل آسیا بر بازداشت پیریت و افزایش عیار کنسانتره در مخلوط کانسنگ‌های اول (۷۰ درصد وزنی) و دوم (۳۰ درصد وزنی) است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۲۷) و نتایج در جدول (۳-۲۸) ارائه شده است.

جدول (۳-۲۷): شرایط عملیاتی آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم)

۷۵					دانه‌بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرف‌ها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
پتاسیم آمیل گزنات (g/t)	-	-	-	-	۳۰
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	۹۰	-	-	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۱۰۰۰	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-
زمان آماده‌سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳
زمان کف‌گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۲۸): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش چهاردهم فلوتاسیون (کانسنگ اول + دوم)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	15.6	1.0	18.28	2.85	33.3	18.28	33.3
باطله کلینر ۲	20.9	1.4	7.10	1.48	17.3	11.88	50.7
باطله کلینر ۱	147.3	9.8	0.94	1.38	16.2	3.11	66.9
اسکونجر	145.3	9.7	0.58	0.84	9.9	1.99	76.7
باطله فلوتاسیون	1171.0	78.1	0.17	1.99	23.3	0.57	100.0
هد محاسباتی	1500.0	100.0	0.57	8.55	100.0		

کانسنگ دوم به دلیل دارا بودن مقدار قابل توجه نرمة، سبب کاهش بازیابی می‌شود.

۳-۱-۱۵- آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی اثر افزایش مقدار سولفیت سدیم در داخل آسیا بر بازداشت پیریت و افزایش عیار کنسانتره در کانسنگ اول است. همچنین بررسی اثر کلکتور پتاسیم آمیل گزنتات بر افزایش بازیابی در مرحله رمق گیر است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۲۹) و نتایج در جدول (۳-۳۰) ارائه شده است.

جدول (۳-۲۹): شرایط عملیاتی آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵						دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	رمق گیر اول	رمق گیر دوم
سیلیکات سدیم (g/t)	-	۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-
پتاسیم آمیل گزنتات (g/t)	-	-	-	-	۴۰	-
سدیم ایزوپروپیل گزنتات (g/t)	-	۸۰	-	-	۳۰	-
سولفید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-	-
سولفیت سدیم (g/t)	۱۰۰۰	-	-	-	-	-
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	-	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳	-
زمان کف گیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱۰	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۳۰): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش پانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار جمعی درصد	بازیابی درصد
کنسانتره نهایی	22.5	1.5	18.13	4.08	42.0	18.13	42.0
باطله کلینر ۲	15.8	1.1	8.16	1.29	13.3	14.01	55.3
باطله کلینر ۱	102.3	6.9	1.17	1.20	12.3	4.67	67.6
اسکونجر ۱	78.1	5.2	0.66	0.52	5.3	3.24	72.9
اسکونجر ۲	57.9	3.9	0.34	0.20	2.0	2.63	75.0
باطله فلوتاسیون	1215.0	81.5	0.20	2.43	25.0	0.65	100.0
هد محاسباتی	1491.6	100.0	0.65	9.70	100.0		

۳-۱-۱۶- آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

هدف این آزمایش بررسی شستشوی مرحله سوم افزایش عیار کنسانتره نهایی در کانسنگ اول است. شرایط عملیاتی در جدول (۳-۳۰) و نتایج در جدول (۳-۳۱) ارائه شده است.

جدول (۳-۳۱): شرایط عملیاتی آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

۷۵						دانه بندی d80 (میکرون)
مرحله مصرف معرفیها	آسیا	رافر	شستشوی اول	شستشوی دوم	شستشوی سوم	رمق گیر
Aero 3477	-	40	-	-	-	10
سدیم ایزوپروپیل گزنات (g/t)	-	60	-	-	-	10
سیانید سدیم (g/t)	-	-	-	-	۸۰	-
pH پالپ	۱۱.۵	۱۱.۵	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۶	۱۱.۵
MIBC (g/t)	-	۲۰	-	-	-	-
زمان آماده سازی (دقیقه)	-	۳	۳	۳	۳	-
زمان کفگیری (دقیقه)	-	۱۰	۱:۳۰	۱	۱	۵
سرعت روتور (RPM)	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

جدول (۳-۳۲): محاسبات متالورژیکی مس آزمایش شانزدهم فلوتاسیون (کانسنگ اول)

محصولات	وزن گرم	درصد وزنی	عیار مس درصد	محتوی مس گرم	بازیابی درصد	عیار تجمعی درصد	بازیابی تجمعی درصد
کنسانتره نهایی	11.3	0.8	21.20	2.40	26.3	21.20	26.3
باطله کلیتر ۳	12.8	0.9	7.36	0.94	10.3	13.85	36.6
باطله کلیتر ۲	20.9	1.4	3.78	0.79	8.7	9.17	45.3
باطله کلیتر ۱	187.2	12.4	1.50	2.81	30.8	2.99	76.1
اسکونجر	87.1	5.8	0.59	0.51	5.6	2.33	81.8
باطله فلوتاسیون	1185.0	78.8	0.14	1.66	18.2	0.61	100.0
هد محاسباتی	1504.3	100.0	0.61	9.11	100.0		

با افزودن آهک در آسیا و استفاده از طرح موادشیمیایی که در جدول (۳-۳۱) ارائه شده است. در سه مرحله شستشو

کنسانتره رافر، عیار کنسانتره به ۲۱/۲ درصد مس رسید.

نتایج و پیشنهادها

کشور

معدنی

اقتصاد

و

زمین

سازمان

شناسی

نتایج

۱. عیار مس در این دو کانسنگ ۰/۶۵ تا ۰/۷ درصد است. دو کانسنگ از نوع سولفید توده‌ای بود و فراوان‌ترین کانی سولفیدی در آنها پیریت است. عیار طلا به ترتیب در کانسنگ‌های یک و دو، ۹۲ و ۱۵۱ میلی‌گرم در تن است.
۲. پیریت و مارکاسیت فراوان‌ترین کانی سولفیدی کانسنگ است. کانی‌های اولیه مس در کانسنگ کالکوپیریت بوده است که بعضاً به کالکوسیت دگرسان شده است. بیش از ۹۰ درصد از کانی‌های مس در دانه‌بندی ۲۰۰ میکرون آزاد هستند. دانه‌های درگیری اغلب با پیریت و یا مارکاسیت درگیر هستند. پیریت در دانه‌های درگیر در ابعاد ۱۰ تا ۳۰ میکرون از اجزاء متداول متن کانی کالکوپیریت و محصول دگرسانی آن یعنی کالکوسیت است. مس بصورت طبیعی نیز در نمونه وجود دارد. باطله اصلی کانسنگ کانی‌های سیلیکاته هستند. نرمة نمونه بویژه در کانسنگ دوم زیاد است.
۳. اندیس باند گلوله‌ای کانسنگ‌ها بین ۱۳ تا ۱۵ کیلووات ساعت بر تن کوچک است. که نشان می‌دهد سختی این کانسنگ‌ها نسبتاً بالا است.
۴. آزمایش‌های مختلف فلوتاسیون نشان می‌دهد جدایش پیریت از کالکوپیریت (بازداشت پیریت) تنها در صورتی ممکن است که قبل از فعال‌شدن پیریت توسط یون‌های فلزی بتوان آنها را بازداشت کرد بنابراین بازداشت پیریت در ابتدای مدار آسیاکنی باید انجام شود.
۵. در نهایت در آزمایش‌های فلوتاسیون با استفاده از آهک، سدیم ایزوپروپیل گزنتات، دی‌تیوفسفات و سیانید سدیم و در سه مرحله شستشوی کنسانتره محصولی با عیار ۲۱/۲ درصد مس و ۸۲ درصد بازیابی کلی (تجمعی) بدست آمد.

پیشنهاد

۱. بهتر کانسنگ‌های سولفیدی توده‌ای بیشتری از مناطق مختلف مورد بررسی قرار گیرد و قابلیت خردایش و طرح واکنشگر استفاده شده در این تحقیق روی کانسنگ‌های مشابه نیز بررسی شود.
۲. تحقیقات برای یافتن طرح واکنشگر جایگزین روی این دو کانسنگ‌ها و کانسنگ‌های از این تیپ (سولفید توده‌ای) با چالش یکسان ادامه یابد.

منابع

سازمان زمین شناسی و اکتشافات

معدنی
کشور

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور