مطالعه کانی‌شناسی و درجه آزادی کانسنگ فلورین پاچی‌میانا، استان مازندران

حمید خرمی [۱*]، بهرام رضایی [۲]، احمد امینی [۳] و فتح‌اله مصوری [۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
[۲] استاد، دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
[۳] کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف مواد معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/ ۰۴/ ۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/ ۱۰/ ۲۷

چکیده

مطالعات کانی‌شناسی و درجه آزادی از مهم‌ترین متغیرهای مورد استفاده در انتخاب روش جدایش است. در این مطالعه ویژگی‌های انواع مختلف کانی‌های موجود درکانسنگ فلورین شناسایی و روش‌های مناسب برای پیش‌فرآوری و فرآوری پایانی ارائه شد. ویژگی‌های کانسنگ با مطالعات میکروسکوپی، XRF، XRD و تجزیه شیمیایی تعیین و ترکیبات کانی‌شناسی بر پایه تجزیه شیمیایی و مطالعات میکروسکوپی و همچنین مشخصات بافت مانند ابعاد ذرات، توزیع ذرات کانی باارزش، وضعیت کانی‌های درگیر و وضعیت کانسنگ مشخص شد. بر پایه بررسی‌های انجام یافته این کانسنگ شامل: فلورین (۴۰/۵۲٪)، کلسیت (۲۴٪)، کوارتز (۲۰٪)، اسمیت‌زونیت (۸٪)، گالن (۲٪)، کانی‌های رسی (۳٪)، باریت (۱٪) و گوتیت (۰/۶٪) است و فاز کربناتی به دو شکل کلسیت درشت‌بلور و میکرواسپارایت دیده شد. کوارتز به‌شکل ریزبلورین و اکسیدهای لیمونیت و گوتیت به شکل لکه‌های ۲۰ تا ۳۰ میکرونی در درون کوارتز تشکیل شده است. درجه آزادی نمونه پس از خردایش در فراکسیون‌های ابعادی مختلف، با روش میکروسکوپی تعیین و بر پایه آن درجه آزادی فلورین (۱۰۰ میکرون)، کلسیت (۱۰۰ میکرون) وکوارتز (۹۰ میکرون) و همچنین درگیری کانی کوارتز و کلسیت با فلورین در ابعاد ۱۰۰ مش (۱۵۰ میکرون) به ترتیب ۳۶ و ۲۳ درصد است. در پایان روش ثقلی در ابعاد ۶۰۰ - ۴۲۵+ میکرون به عنوان روش پیش فرآوری و فلوتاسیون در ابعاد ۱۵۰- ۷۵+ میکرون به عنوان روش پایانی فرآوری انتخاب شد.

کلیدواژه‌ها: مطالعات کانی‌شناسی و درجه آزادی، مشخصات بافت، وضعیت کانی‌های درگیر، پیش‌فرآوری، فلوتاسیون.

***نویسنده مسئول:** حمید خرمی
E-mail: h.khorrami@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

کانی‌شناسی کانسار فلورین پاچی‌میانا و همبودهای آن شامل فلورین، باریت، گالن، اسمیت‌زونیت، پیریت، سروزیت، کوارتز، کلسیت، اسپات ایسلند و به مقدار جزیی کانی‌های مس‌دار مانند کالکوپیریت، کوولیت و مالاکیت است. فلورین به عنوان مهم‌ترین کانی غیر فلزی، به شکل پراکنده در متن سنگ میزبان دیده می‌شود (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۴). هدف از خردایش مواد معدنی آزاد کردن مواد باارزش و جدا کردن این مواد از مواد کم‌ارزش است (Gaudin, 1939; Weigle & Li, 1967; Veasey & Wills, 1991). خردایش معمولاً ۳۰ تا ۵۰ درصد انرژی مصرفی در فعالیت‌های معدنی را در بر می‌گیرد (LaNauze,2002;Tromans,2008). دست‌یابی به یک درجه آزادی خوب در اندازه‌های درشت از مصرف انرژی خردایش جلوگیری می‌کند و سبب جدایش کانی‌ها با هزینه کمتری می‌شود (اولیازاده، ۱۳۷۲). بنابراین درجه آزادی کانی‌های باطله در اندازه درشت احتمال حذف کانی باطله را افزایش می‌دهد و این امر سبب کاهش مقدار خوراک در ورودی مدار و کاهش انرژی مصرفی خردایش می‌شود. (Vizcarra et al., 2010). آزاد کردن کانی‌های باارزش از زمینه سنگ یکی از ضروری‌ترین فرایندهای خردایش است (Eric Wang, 2012). برای به‌دست آوردن درجه آزادی فلورین در بخش‌های مختلف دانه‌بندی (تجزیه سرندی) نمونه ۲۰ گرمی گرفته، مقاطع نازک و صیقلی تهیه و با تعیین شمارش فلورین، در بخش‌های مختلف دانه‌بندی درجه آزادی تعیین می‌شود (رضایی، ۱۳۷۳). انتخاب روش‌های فرآوری بستگی به ترکیبات کانی‌شناسی و بافت ذره در کانسنگ دارد. ترکیبات کانی‌شناسی، ترکیبی از کانی‌هایی باارزش و کم‌ارزش است و نسبت این مقدار در کانسنگ به بافت، تجمع، رسوب‌گذاری و شکل کانی در کانسنگ بستگی دارد (Wills, 1992). بازیابی کانی‌های مورد استفاده در کانه‌آرایی و عملیات پرعیارسازی بر پایه روش‌هایی است که ذرات را با توجه به ویژگی‌های فیزیکی یا شیمیایی آنها جدا می‌کند (King, 2001). جداسازی کانی‌ها به آزادسازی آنها وابسته است. کانی‌های منحصربه‌فرد یا استفاده از روش‌های فیزیکی یا شیمیایی از یکدیگر جدا می‌شوند (King, 2001). یکی از مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر روی عیار و بازیابی درجه آزادی است که اگر ناکافی باشد جدایش مؤثر ذرات محدود می‌شود (Al-Wakeel et al., 2009; Vizcarra et al., 2010). درجه آزادی یکی از روش‌های اولیه در جدایش کانی‌هاست که برای ارزیابی طراحی فلوشیت یا وضعیت عملیاتی مدار است. تعیین درجه آزادی کانی‌ها یا جریان خوراک در فرایند جدایش همیشه یکی از اطلاعات ضروری است (Falutsu, 1994). بنابراین درجه آزادی یکی از متغیرهای بسیار مهم است که توانایی انتخابی و دست‌یافتنی فرایند را تعیین می‌کند (Ogunniyi et al., 2009).

تجزیه و تحلیل درجه آزادی اطلاعاتی می‌دهد که با روش‌های دیگر نمی‌توان به‌دست آورد. هزینه و زمان آن ناچیز است و با اصلاح عملکرد کارخانه تأثیر مثبت بسیار زیادی دارد (Lastra, 2007).

هدف اصلی این پژوهش مشخص کردن انواع کانی‌های موجود در کانسنگ و همچنین ویژگی‌های بافت، شکل، اندازه ذرات، درجه آزادی کانی باارزش و کم‌ارزش و پراکندگی ذرات است که برای ارزیابی مناسب فرایند و روش‌های فرآوری فلورین است.

۲- آزمایش‌ها

۲- ۱. نمونه کانسنگ

نمونه‌های کانسنگ مورد آزمایش از معدن فلورین پاچی‌میانا تهیه شد. سپس با استفاده از سنگ‌شکن فکی تا ابعاد ۱۰- مش (۲- میلی‌متر) برای مطالعات کانی‌شناسی، درجه آزادی و فرآوری خردایش انجام شد.

Archive of SID
www.SID.ir

برای تعیین ترکیبات کانی‌شناسی در نمونه فلورین تست‌های مختلف آنالیز شیمیایی، XRF، XRD و مطالعات میکروسکوپی انجام شد.

۲– ۲. مشخصات نمونه

نتایج تجزیه XRF، مطالعات میکروسکوپی به‌همراه تجزیه شیمیایی و XRD به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است که بیانگر فلورین، کلسیت و کوارتز بالاست.

۲– ۳. مطالعات عیار و توزیع ابعادی

برای مطالعه و بررسی تغییرات عیار و توزیع فلورین، کلسیت و کوارتز در بخش‌های مختلف دانه‌بندی نمونه‌ای به وزن ۲۵۵۰ گرم مورد تجزیه سرندی قرار گرفت. منحنی‌های دانه‌بندی و توزیع در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بر پایه مطالعات توزیع ابعادی نتایج زیر را به‌دست آمد:

تقریباً ۸۰ درصد ذرات دارای ابعادی کمتر از ۱۴۰۰ و ۵۰ درصد مواد دارای ابعادی کمتر از ۶۵۰ میکرون هستند.

توزیع عیار در فراکسیون ۸۵۰+۱۷۰۰– میکرون برای فلورین، کوارتز و کلسیت به‌ترتیب ۳۸/۰۹، ۳۰/۷۲ و ۲۹/۹۹ درصد است که نسبت به دیگر فراکسیون‌ها بیشترین توزیع را دارد و این مسئله در مطالعات تعیین درجه آزادی می تواند مورد توجه قرار گیرد.

میانگین عیار فلورین ۴۱/۰۶، کوارتز ۲۰/۵۶ و کلسیت ۱۶/۴۷ درصد است.

۳– بحث و نتایج

۳– ۱. کانی‌شناسی فرایند فراکسیون‌های دانه‌بندی کانسنگ فلورین پاچی‌میانا

– فراکسیون دانه‌بندی ۱۷۰۰ میکرون: بیش از ۹۵ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیرفلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. شکل ۳ نماهایی از توزیع دانه‌های فلورین‌دار این فراکسیون را نشان می‌دهد. حدود ۳۷ درصد از دانه‌های فلورین‌دار این فراکسیون آزاد است که در تصویر با رنگ نارنجی (شماره۱) مشخص شده است. جنس باطله درگیر با فلورین بیشتر کوارتز و یا کوارتز آغشته به اکسیدهای آب‌دارآهن (qtz +Fe) است که با هاشور آبی از دانه‌های کلسیت که به‌رنگ سفید دیده می‌شود متمایز شده است. بقیه بخش‌های تیره شامل بیشتر کوارتز و به‌مقدار کمتر کلسیت آغشته به‌رنگ دانه‌های اکسید آهن است که با نماد (Cc + Fe) متمایز است. در شکل ۴ یک قطعه سنگ کوارتز ریزبلورین (میکروکریستالین) با آغشتگی‌های لیمونیتی و بلورهای درشت گالن با درگیری ناچیز با کوارتز دیده می‌شود. در شکل ۵ دانه‌های فلورین در متن یک قطعه سنگ‌آهکی تخریبی دارای بلورهای ریزبلورین کوارتز دیده می‌شود.

– فراکسیون دانه‌بندی ۱۷۰۰–۸۵۰ + میکرون: بیش از ۹۵ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیر فلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. در سطح مقطع صیقلی تهیه‌شده از این فراکسیون آثار گالن ساب‌میکروسکوپی و در ابعاد کمتر از ۱۰ تا ۲۰ میکرون است ولی در سطح مقطع نازک دو دانه گالن به‌نسبت درشت که با توجه به آثار رخ مثلثی آنها در نمونه دستی قابل شناسایی است دیده می‌شود. فراوانی گالن در حدود ۱ تا ۲ درصد دانه‌هاست. در شکل‌های ۶- الف و ب نمای ماکروسکوپی از سطح مقطع نازک و در شکل‌های ۶- پ، ت، ح،ج، د و ذ نمای میکروسکوپی دارای: ۱) دانه گوتیت لیمونیت درگیر با کوارتز ریزبلورین؛ ۲) قطعه سنگ‌آهک میکرواسپارایتی؛ ۳) بلور درشت گالن؛ ۴) بلور آزاد فلورین؛ ۵) قطعه سنگ دارای کوارتز ریزبلورین آغشته به لیمونیت؛ ۶) قطعه آهکی میکرواسپارایتی آغشته به مواد آلی دیده می‌شود.

– فراکسیون دانه‌بندی ۸۵۰–۶۰۰+ میکرون: بیش از ۹۰ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیر فلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. شکل ۸ نماهایی از سطح مقطع نازک تهیه‌شده از این فراکسیون را نشان می‌دهد.

– فراکسیون دانه‌بندی ۶۰۰–۳۰۰+ میکرون: بیش از ۹۰ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیر فلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. دانه‌های سازنده این فراکسیون بیشتر آزاد هستند. شکل ۹ نماهایی از سطح مقطع نازک و صیقلی تهیه‌شده از این فراکسیون را نشان می‌دهد.

– فراکسیون دانه‌بندی ۳۰۰–۱۵۰+میکرون: بیش از ۹۰ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیر فلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. دانه‌های سازنده این فراکسیون بیشتر آزاد هستند. شکل ۱۰ نماهایی از سطح مقطع نازک تهیه‌شده از این فراکسیون را نشان می‌دهد.

– فراکسیون دانه‌بندی ۱۵۰–۷۵+ میکرون: بیش از ۹۰ درصد دانه‌های سازنده این فراکسیون از دانه‌های غیر فلزی تشکیل شده است که به‌ترتیب فراوانی شامل کلسیت، فلورین و کوارتز است. دانه‌های سازنده این فراکسیون بیشتر آزاد هستند. شکل ۱۱ نماهایی از سطح مقطع نازک تهیه‌شده از این فراکسیون را نشان می‌دهد.

همچنین در این مطالعه بر پایه ترکیب کمی- کیفی تقریبی کانی‌شناسی فراکسیون‌های مختلف دانه‌بندی بر پایه تجزیه شیمیایی و با توجه به فازهای موجود در سطح مقاطع مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. کوارتز و کلسیت پس از فلورین بیشترین ترکیبات را در این کانسنگ دارد و اسمیت‌زونیت بیشترین کانی فلزی در مقطع است.

۳– ۲. مطالعه درجه آزادی

برای تعیین درجه آزادی و مطالعات کانی‌شناسی از نمونه معرف در ابعاد ۱۷۰۰+، ۱۷۰۰–۸۵۰+، ۸۵۰–۶۰۰+، ۶۰۰–۳۰۰+، ۳۰۰– ۱۵۰و۱۵۰– ۷۵+ میکرون، مقاطع صیقلی و نازک تهیه شد. سپس مقاطع مورد نظر برای تعیین کانی‌شناسی و درجه آزادی مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند و از راه شمارش، درصد آزادشدگی ذرات کانی با ارزش و کم‌ارزش ثبت شد.

با توجه به شکل ۱۲ دیده می‌شود که با کاهش ابعاد ذرات، درصد آزادشدگی افزایش و درصد قفل‌شدگی مواد کاهش می‌یابد. همچنین در ابعاد ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون، اختلاف درصد آزادشدگی و اختلاف درصد قفل‌شدگی هر دوکمتر از ۷/۵ درصد ودر ابعاد ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرون، اختلاف درصد آزادشدگی و اختلاف درصد قفل‌شدگی هر دو کمتر از ۳ درصد است.

جدول ۴ درجه آزادی فلورین را نشان می‌دهد. دانه‌های با عیار بیش از ۹۰ درصد آزاد تلقی می‌شوند. درجه آزادی کانی فلورین از ۳۷ درصد در ابعاد ۱۷۰۰میکرون به ۸۹ درصد در ابعاد ۷۵ میکرون، درجه آزادی کانی کلسیت از ۱۷ درصد در ابعاد ۱۷۰۰ میکرون به ۸۵ درصد در ابعاد ۷۵ میکرون و درجه آزادی کانی کوارتز از ۱۴ درصد در ابعاد ۱۷۰۰ میکرون به ۸۳ درصد در ابعاد ۷۵ میکرون افزایش یافت.

در شکل ۱۳ نمودار درجه آزادی ۳ کانی فلورین، کلسیت و کوارتز نشان داده شده است. بر پایه درجه آزادی ۸۰ درصد، به‌ترتیب درجه آزادی فلورین ۱۰۰، کلسیت ۱۰۰ و کوارتز ۹۰ میکرون است. همچنین مقایسه درجه آزادی کانی‌های مختلف در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

۴– نتیجه‌گیری

با کاهش دانه‌بندی، دانه‌های غیر فلزی سطح از ۹۵ درصد به ۹۰ درصد کاهش می‌یابند.

فازهای اصلی سازنده این کانسنگ شامل فلورین، کوارتز، کلسیت، گالن و اکسیدهای آب‌دار آهن است.

فاز کربناتی به ۲ صورت است: ۱) به‌نسبت خالص شامل قطعات سنگی دارای بلورهای کلسیت درشت‌بلور (Sparry Calcite)؛ ۲) قطعات سنگی میکرایتی تا میکرواسپارایتی که به‌علت آغشتگی به مواد آلی کربنی و یا گاه اکسیدهای آهن لیمونیتی قهوه‌ای به نظر می‌رسد.

Archive of SID

www.SID.ir

کوارتز بیشتر به‌صورت تجمعات ریزبلورین دیده می‌شود که معمولاً دارای آغشتگی‌هایی به اکسیدهای آب‌دار آهن (لیمونیت و گوتیت) است. بلورهای منفرد و به‌نسبت درشت کوارتز نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل نیز در سطح مقاطع به مقدار کم وجود دارد ولی بیشتر تجمعات کوارتز ریزبلورین سازنده اصلی فاز سیلیکاتی فراکسیون‌های دانه‌بندی به‌شمار می‌رود. ابعاد بلورهای فلورین به‌نسبت درشت و تقریباً در همه فراکسیون‌های دانه‌بندی بلورهای آزاد آن قابل مشاهده است.

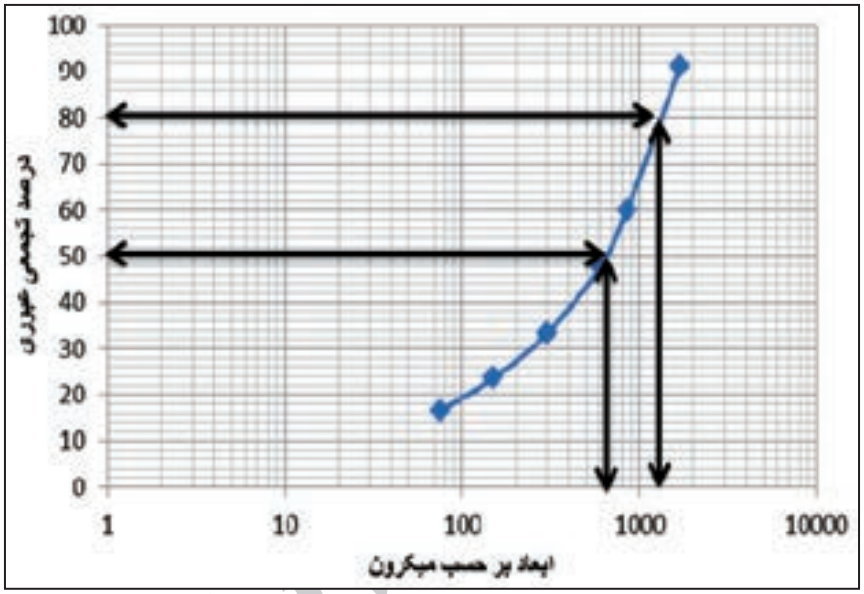
فاز اصلی کدر در سطح مقاطع صیقلی گالن با فراوانی حدود ۳ تا ۶ درصد و معمولاً به‌نسبت درشت است.

در محدوده‌ی ابعادی ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون و ۱۵۰تا ۳۰۰ میکرون خردایش بیشتر تأثیر چندانی روی درصد آزادشدگی ندارد.

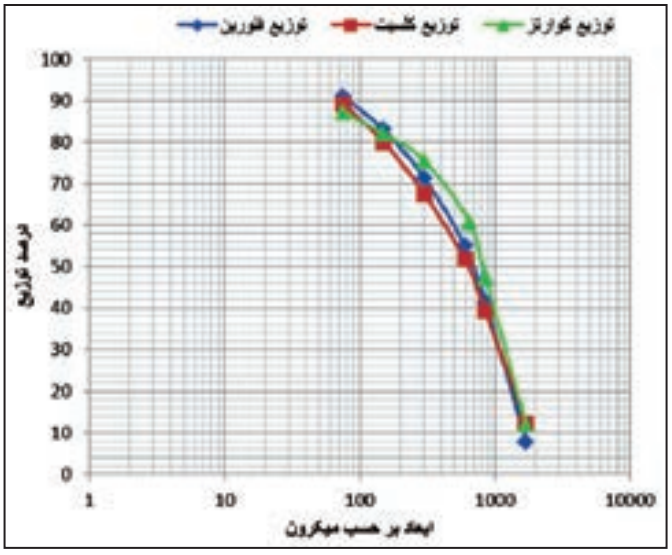
با کاهش دانه‌بندی درجه آزادی فلورین از ۳۷ درصد به ۸۹ درصد افزایش می‌یابد.

بر پایه d80 درجه آزادی فلورین، کلسیت و کوارتز به‌ترتیب برابر ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۰ میکرون است.

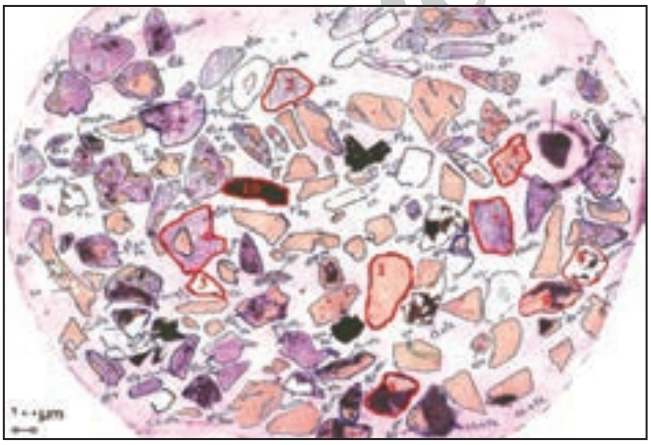
برای فرآوری فلورین در ابعاد ۶۰۰-۴۲۵+ میکرون و ابعاد ۱۵۰- میکرون به‌ترتیب روش‌های ثقلی و فلوتاسیون به‌عنوان مناسب‌ترین روش‌ها پیشنهاد می‌شود.



شکل ۱- دانه‌بندی محصول خروجی از سنگ‌شکن فکی.

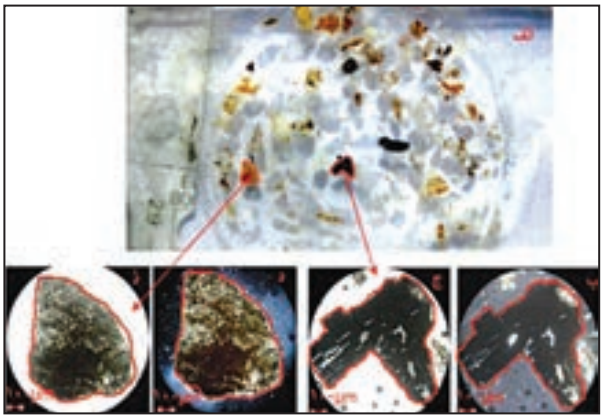


شکل ۲- توزیع فلورین، کوارتز و کلسیت.

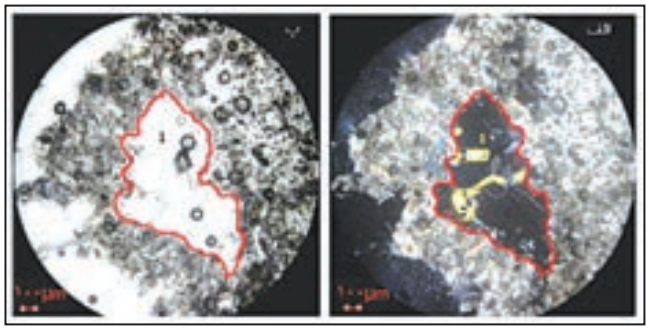


شکل ۳- توزیع دانه‌های فلورین‌دار (شماره ۱ به‌رنگ نارنجی)، کوارتز (شماره ۲ به‌رنگ آبی هاشور خورده)، کلسیت (شماره ۳ به‌رنگ سفید)، کوارتز درگیر با فلورین (شماره ۴)، فلورین درگیر با کوارتز (شماره ۵)، فلورین درگیر با کوارتز و کوارتز درگیر با اکسیدهای آهن (شماره ۶ و ۹)، کوارتز درگیر با اکسید آهن (شماره ۷)، کلسیت درگیر با اکسید آهن (شماره ۸) و گالن (شماره ۱۰) وکانی‌های کدر در سطح مقطع نازک.

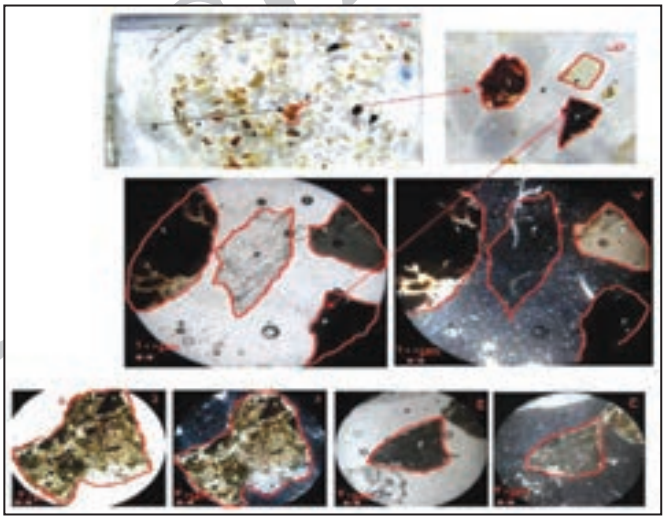
www.SID.ir



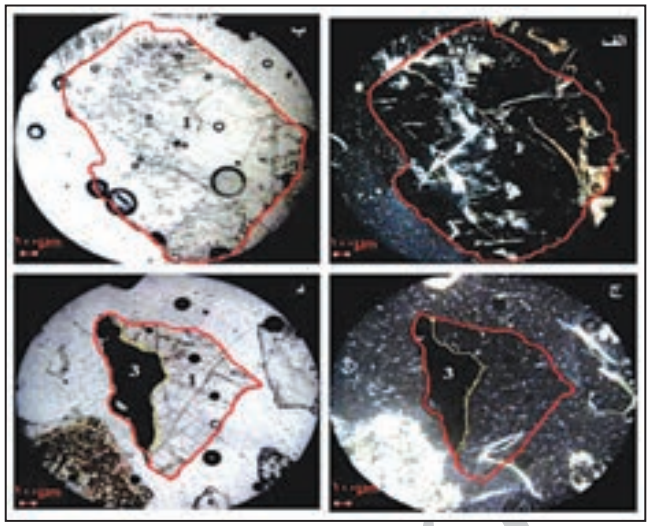
شکل ۴- الف) نمای ماکروسکوپی از سطح مقطع نازک؛ ب) در نور پلاریزه؛ ج) در نور عادی، دارای بلور درشت گالن با درگیری ناچیز با کوارتز ریزبلورین؛ د) در نور پلاریزه؛ ذ) در نور عبوری دارای کوارتز ریزبلورین دارای آغشتگی‌های لیمونیتی.



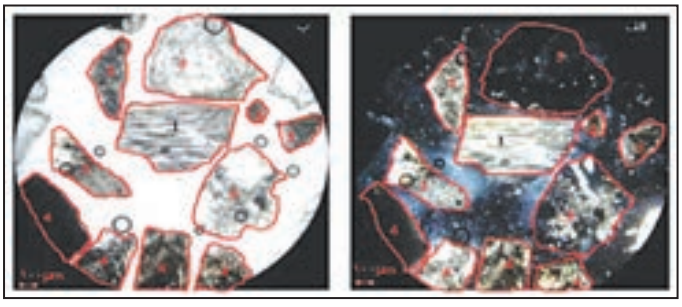
شکل ۵- الف) دانه فلورین (۱) و کوارتز ریزبلورین (۲) در نور پلاریزه؛ ب) دانه فلورین(۱) در نور عبوری در متن یک قطعه سنگ‌آهکی تخریبی دارای بلورهای ریزبلورین کوارتز.



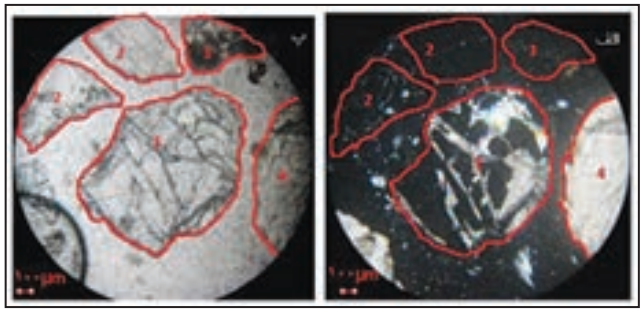
شکل ۶- الف و ب) نمای ماکروسکوپی و میکروسکوپی از سطح مقطع نازک؛ پ) در نور پلاریزه؛ ت) در نور عادی؛ ح) در نور پلاریزه؛ ج) در نور عادی؛ د) در نور پلاریزه؛ ذ) در نور عادی.



شکل ۷- نمای میکروسکوپی از فراکسیون دانه بندی ۸۵۰ میکرون؛ الف) در نور پلاریزه؛ ب) در نور عادی حاوی: فلورین (۱) باعیار ۹۰-۷۰٪ و درگیر با کوارتز رزبلورین در نور پلاریزه؛ ج) در نور پلاریزه؛ د) در نور عادی حاوی: فلورین (۱) باعیار ۷۰-۵۰٪ و درگیر دوسویه با گالن (۳).



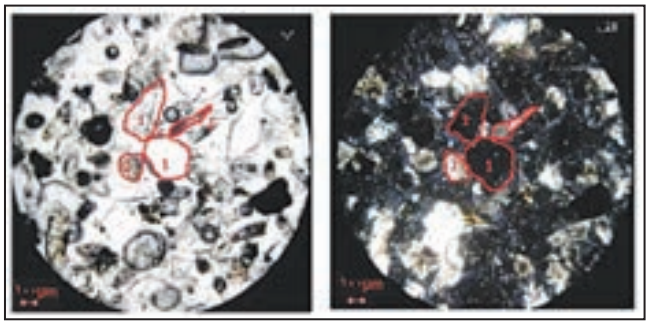
شکل ۸- الف) در نور پلاریزه؛ ب) در نور عادی شامل: کوارتز موجی (۱) واجد تیغه‌های تغییر شکل (Deformation Lamella)، بلورهای فلورین آزاد (۵)، قطعات آهکی به رنگ تیره (۲) که یکی از آنها درگیر با کوارتز میکروکریستالین است، قطعات آهکی تیره (۳)، قطعات آهکی (۴) درگیر کوارتز درگیر و قطعه فلورین درگیر با کلسیت و کوارتز (۵) در فراکسیون دانه‌بندی ۶۰۰ میکرون.



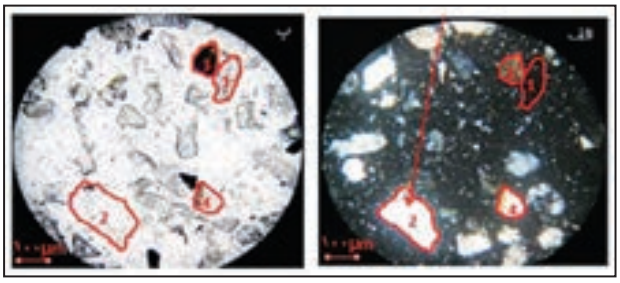
شکل۹- الف) در نور پلاریزه؛ ب) در نور عادی حاوی: فلورین با عیار ۵۰-۳۰ درصد درگیر با کوارتز و کلسیت (۱)، بخشی از دو دانه فلورین آزاد (۲)، یک فلورین درگیر با سنگ‌آهک (۳) و بخشی از یک دانه کلسیت درشت بلورآزاد (۴) در فراکسیون دانه‌بندی ۳۰۰ میکرون.

Archive of SID

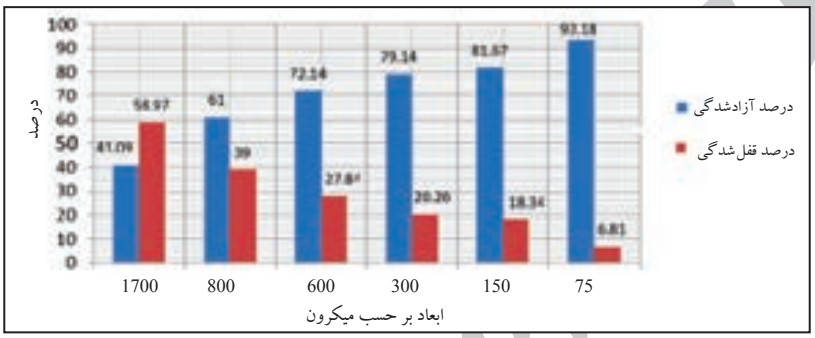
www.SID.ir



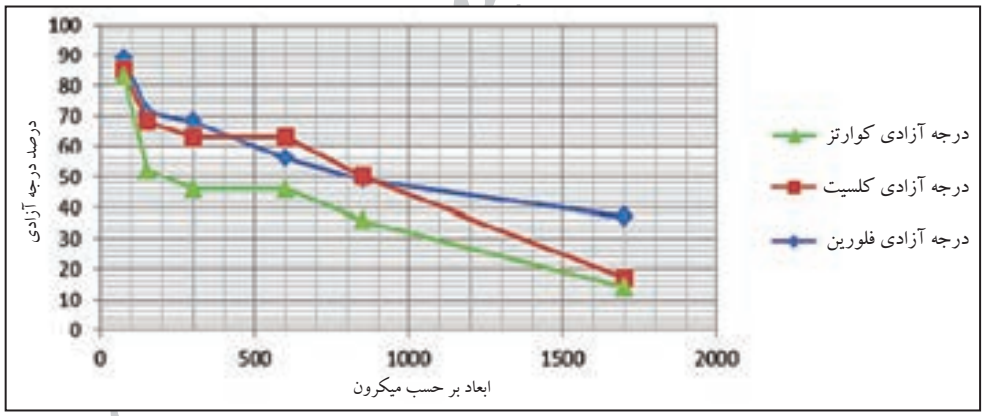
شکل ۱۰- الف) در نور پلاریزه؛ ب)در نور عادی، حاوی: فلورین عمدتاً آزاد (۱) و کلسیت و کوارتز دارای ناخالصی(۲)؛ دوایر، حباب‌های هوای به تله افتاده در زیر لامل مقطع است. سطح مقطع نازک تهیه‌شده از فراکسیون دانه‌بندی نمونه ۱۵۰ میکرون.



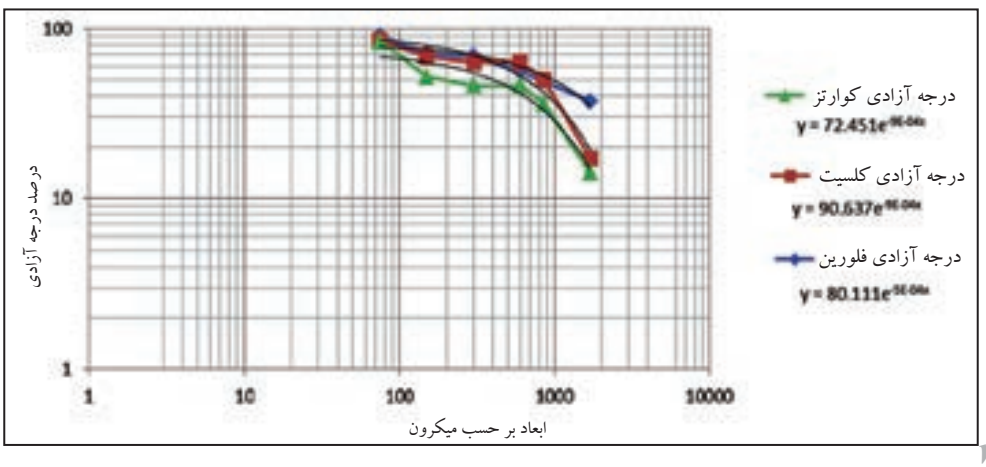
شکل ۱۱- الف) در نور پلاریزه؛ ب) در نور عادی، حاوی: فلورین عمدتاً آزاد با رخ‌های مشخص (۱)، کوارتز دارای ناخالصی کمی تیره (۲و ۳) و کلسیت دارای ناخالصی (۴).



شکل۱۲ - درصد آزادشدگی و قفل‌شدگی بر حسب ابعاد.



شکل ۱۳- درصد درجه آزادی بر حسب ابعاد.



www.SID.ir

شکل ۱۴- مقایسه میان درجه آزادی کانی‌ها.

جدول ۱- نتایج تجزیه XRF نمونه فلورین پاچی‌میانا.

ترکیبات	محتوا (٪)	ترکیبات	محتوا (٪)
CaF_2	۴۳/۹۳	TiO_2	<۰/۱
MgO	۰/۴۹	Fe_2O_3	۰/۴۴
Al_2O_3	۱/۱۸	ZnO	۵/۸۶
SiO_2	۲۲	SrO	۰/۴۴
SO_3	۰/۵۶	BaO	۰/۷۸
K_2O	۰/۰۷	PbO	۲/۱۱
CaO	۹/۸۷	L.O.I	۱۲/۰۶

جدول ۲- نتایج مطالعات میکروسکوپی و تجزیه شیمیایی و XRD نمونه فلورین پاچی‌میانا.

کانی‌ها	فلورین	کلسیت	کوارتز	اسمیت‌زونیت	کانی رسی	گالن	باریت	گوتیت
درصد	۴۱/۴۰	۲۴	۲۰	۸	۳	۲	۱	۰/۶

جدول ۳- ترکیب کمی و کیفی کانی‌شناسی فراکسیون‌های مختلف دانه‌بندی بر پایه تجزیه شیمیایی و مطالعات میکروسکوپی.

فراکسیون ابعادی (میکرون)	فلورین	کلسیت	کوارتز	کانی روی (اسمیت‌زونیت)	کانی رسی	گالن	باریت	گوتیت
نمونه معرف	۴۱/۴۰	۲۴	۲۰	۸	۳	۲	۱	۰/۶
+۱۷۰۰	۳۵/۷۵	۲۲	۲۶	۹	۱	۱	۱	۰/۶
+۸۵۰-۱۷۰۰	۴۴/۳۸	۱۴	۲۲	۱۰	۳	۲	۱	۰/۶
+۶۰۰-۸۵۰	۴۵/۴۵	۱۷	۲۱	۸	۳	۲	۱	۰/۵
+۳۰۰-۶۰۰	۴۶/۲۷	۱۸	۲۰	۸	۳	۲	۱	۰/۵
+۱۵۰-۳۰۰	۴۹/۵۶	۲۱	۱۳	۹	۳	۲	۱	۰/۳
+۷۵-۱۵۰	۴۷/۰۲	۲۱	۱۴	۱۰	۳	۳	۲	۰/۸
-۷۵	۳۹/۰۶	۱۸	۲۳/۵	۱۰/۱	۴/۱	۲/۵	۱/۶	۰/۸

جدول ۴- درجه آزادی فلورین، کوارتز و کلسیت.

فراکسیون ابعادی (میکرون)	فلورین (٪)	کلسیت (٪)	کوارتز (٪)
+۱۷۰۰	۳۷	۱۷	۱۴
+۸۵۰-۱۷۰۰	۴۹	۵۰	۳۶
+۶۰۰-۸۵۰	۵۶	۶۳	۴۶
+۳۰۰-۶۰۰	۶۸	۶۳	۴۶
+۱۵۰-۳۰۰	۷۱	۶۸	۵۲
+۷۵-۱۵۰	۸۹	۸۵	۸۳

کتابنگاری

اولیازاده، م.، ۱۳۷۲- آزمایش‌های کانه‌آرایی. مرکز نشر انتشارات صنعت فولاد.

رضایی، ب.،۱۳۷۳ - تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (خردایش و دانه‌بندی). مؤسسه تحقیقاتی و انتشارات نور.

مهندسین کاوشگران،۱۳۸۴ - کنترل ومعرفی نواحی امیدبخش برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

شرکت مهندسین مشاور کاوشگران،۱۳۸۸ - شناسایی روی و فلورین در استان گیلان، مازندران و گلستان، جلد سوم: استان مازندران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

Al-Wakeel, M. I., Linb, C. L. & Miller, J. D., 2009- Significance of liberation characteristics in the fatty acid flotation of Florida phosphate rock. Minerals Engineering22, 244-253.

Eric Wang, F. S., 2012- Mineral liberation by high voltage pulses and conventional comminution with. Minerals Engineering 27-28, 28-36.

Falutsu, M., 1994- Thechnical Note Measurment of The Degree of Liberation of Mineral. Mineral Engenearing7, 491-493.

Gaudin, A., 1939- Principle of mineral dressing. London: McGraw-Hill.

King, R. P., 2001- Modelling and simulation of mineral processing. Elsevier.

La Nauze, R. T., 2002- Technologies for sustainable operation. CMMI congress. AusIMM, Cairns, Australia, 27-34.

Lastra, R., 2007- Seven practical application cases of liberation analysis. Mineral processing84, 337-347.

Ogunniyi, I. O., Vermaak, M. K. G. & Groot, D. R., 2009- Chemical composition and liberation characterization of printed circuit board comminution fines for beneficiation investigations. Waste Management 29, 2140-2146.

Tromans, D., 2008- Mineral comminution: energy efficiency considerations. Minerals Engineering4, 613-620.

Veasey, T. J. & Wills, B. W., 1991- Review of methods of improving liberation. Mineral Engineering 23, 747-752.

Vizcarra, T. G., Wightman, E. M., Johnson, N. W. & Manlapig, E. V., 2010- The effect of breakage mechanism on the mineral liberation properties of sulphide ores. Mineral Engineering 23, 374-382.

Weigle, R. L. & Li, K., 1967- Random model for mineral liberation by size reduction. Trans.Soc. Min-Eng.

Wills, B., 1992- MIneral processing Technology. Pergaman Press.

Archive of SID

www.SID.ir

Mineralogical and Liberation Studies of Pachemina Fluorite Ore, Mazandaran Province

H. Khorrami [1*], B. Rezai [2], A. Amini [3] & F. Mossavari [3]

[1] M.Sc. Student, Faculty of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
[2] Professor, Faculty of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
[3] M.Sc., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2012 June 25 Accepted: 2013 January 16

Abstract

Mineralogical and liberation studies are the most important parameters used in the selection of separation. An investigation was carried out to identify the various types of minerals present in fluorite ore and to determine the suitability of the methods for its preconcentration and final concentration. The sample has been evaluated and characterized by ore microscopy, x-ray diffraction, chemical analysis and also approximate mineralogy based on chemical analysis and Microscopic studies and also the texture characteristics such as grain size, Situation of infor locked particle and their arrangement in the ore body were also investigated. According to surveys conducted this ore contains of fluorite (40.52%), calcite (24%), quartz (20%), smitsonite (8%), galena (2%), clay minerals (3%), barite (1%) and goethite (0.6%). Carbonate phases is two parts sparry calcite, micrite to microsparate piece has been observed. Quartz, in the form of microcrystalline with limonite and goethite oxide of stained has been observed. The liberation degrees of crushed ore in different size fractions was estimated by the Counting method of showed that for fluorite (1000 μm), Calcite (100 μm) and quartz (90 μm) of fluorite in size 100 mesh (150 μm) with quartz (36%) and calcite (23%) were determined. The size fraction of -600, +425, can be assessed for gravity concentration as a preconcentration process and for the size fraction -150,+75 µm for flotation.

Keywords: Mineralogical and liberation studies, Texture characteristics, Situation of infor locked particle, Preconcentration, Froth flotation.
For Persian Version see pages 155 to 160
*Corresponding author: H. Khorrami; E-mail: h.khorrami@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir