



معرفی فلوریت های رنگین معدن کوه سفید سرخس به عنوان گوهر سنگ صنعتی

حمید رضا وطن پور^۱ - مرتضی رزم آرا^۲

۱- استادیار گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

H_vatanpour@cfu.ac.ir

۲- دانشیار گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:

معدن فلوریت کوه سفید واقع در ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد واقع است که از نظر زمین شناسی سنگهای رسوبی سازند کشف رود با سن ژوراسیک آن را در بر می گیرند. معدن در میان سنگهای آهکی ضخیم لایه نخودی رنگ و در بخش میانی یک ناودیس قرار دارد. کانی اصلی معدن فلوریت است که به صورت رگه هایی همراه با سیلیس و کلسیت و کمی باریت در امتداد تقریبی شرقی - غربی و شمالی - جنوبی مشاهده می شود. این رگه ها از نوع رگه های هیدرو ترمالی است و منشا آن سیالات کانی ساز مرتبط با توده های نفوذی آذرین است. فلوریت های موجود در معدن دارای رنگهای سبز، زرد و بنفش و خاکستری می باشند. عیار متوسط فلورید کلسیم در معدن حدود ۷۰٪-۸۰٪ و سیلیس همراه به طور متوسط کمتر از ۱۰٪ است که این ترکیبی مناسب برای صنایع متالورژیک و فولاد می باشد. عیار های بالاتر برای مصارف شیمیایی و سرامیک نیز وجود دارد که تولید آنها مقرون به صرفه نیست. فلوریت های رنگی با توجه به رنگ مناسب و درخشندگی و جلای شیشه ای و ضفافیت برای صنعت گوهر تراشی مناسب است ولی وجود رخ اکتا هدری و شکنندگی و سختی کم از کاربرد آن در این صنعت می کاهد. این کانی با عملیات بهینه سازی در رنگ و مقاومت کاربرد بیشتری خواهد داشت. عامل رنگی در فلوریت ها وجود مرکز رنگی (F-center) و نقص در شبکه بلور است که با حرارت دادن از بین می رود. احتمال می رود عنصر کمیاب ایتریوم (Y) و سریوم (Ce) که می تواند به مقدار جزئی همراه با کلسیم باشد از عوامل رنگ ساز باشد.

کلمات کلیدی: فلوریت، معدن کوه سفید، کانی صنعتی؛ گوهر سنگ

مقدمه

کانی های صنعتی طیف وسیعی از کانی های فلزی و غیر فلزی را شامل می شوند که بسیاری از صنایع به طور مستقیم و یا غیر مستقیم به آنها وابسته اند. قطعا بدون وجود این کانی ها چرخهای صنعت از حرکت باز می ایستند و توسعه صنعتی و همه جانبه در کشور امری محال خواهد شد. گوهر سنگها بخش مهمی از این کانی های محسوب می شوند که با توجه به ماهیت و کاربردهای خاص و ارتباط مستقیم با اقتصاد، فرهنگ و تمایلات انسانها، جایگاه ویژه ای در میان سایر کانی های صنعتی دارند. یکی از این کانی ها، فلورین یا فلوریت است. فلوریت با ترکیب شیمیایی کلسیم فلوراید به صورت خالص و یا ترکیب با سایر کانی ها مانند کوارتز و کلسیت و گالن و... در طبیعت یافت می شود. یکی از ویژگیهای این کانی تنوع در رنگ آن است. فلوریت را می توان در رنگ های زرد، سبز، بنفش، آبی، سفید، صورتی، سیاه و البته بی رنگ در طبیعت پیدا کرد. همین تنوع در رنگ است که در کنار برخی خواص دیگر باعث می شود فلورین به عنوان یک کانی زیبا در تولید و ساخت جواهرات نیمه قیمتی استفاده شود. کاربرد این کانی در صنایع طیف گسترده دارد و



اولین همایش ملی گوهرشناسی و کانی های صنعتی

۱۸ تا ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد



کاربرد در برخی صنایع بسیار مهم است. کاربرد آن در صنایع متالورژی، سرامیک و شیمیایی (HF) از مهمترین این کاربردهاست. اسید فلوریدریک که از کریستالهای بسیار خالص فلوریت به دست می آید در صنایع هسته ای نقش بسیار مهمی دارد. نمونه هایی از این کانی که از رنگ و شفافیت مناسبی برخوردار باشند در گوهر تراشی و صنایع نوری استفاده می شوند. با توجه به سختی ۴ و شکل و تعداد رخ در این کانی، برش و استفاده از آن در گوهر تراشی مشکل است و اغلب به عنوان سنگ های کلکسیون، اشیاء تزئینی و یا جواهراتی که در معرض ضربه های زیاد نباشند مورد استفاده قرار می گیرند. ترکیب با رزین و پوش دادن اشیاء ساخته شده از روشهای محافظت بیشتر از مصنوعات است. علاوه بر مقاوم سازی، اصلاح رنگ با روشهای حرارتی و پرتو دهی نیز در بازار این کانی معمول است. منابع مناسبی از این کانی در کشور وجود دارد که از مهمترین آنها می توان به معدن کمر مهدی طبس، پاچی میانا مازندران، جویمند گناباد و کوه سفید سرخس و... اشاره کرد. در این مقاله به معرفی معدن فلورین کوه سفید، کانی فلورین و کاربرد های آن در صنعت و گوهر سنگها می پردازیم. هدف از انجام تحقیق، مطالعه و امکان سنجی و معرفی کاربردهای کانی فلوریت معدن کوه سفید در صنعت و گوهر تراشی

پیشینه تحقیق

وطن پور ۱۳۸۴ طی عملیات اکتشافی و نوشتن گزارش نهایی برای پروانه بهره برداری، زمین شناسی، کانی شناسی و ژئز کانسار را مورد مطالعه قرار داده است و نتیجه گرفته است که پتانسیل مناسبی از فلوریت عمدتاً با کاربرد متالورژی وجود دارد. همچنین در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ در ادامه عملیات اکتشافی همراه با استخراج (به عنوان بهره بردار معدن) به مطالعه انواع فلوریت های موجود پرداخته و برای تولید کنسانتره های با عیار بالاتر، ماده معدنی را مورد مطالعه قرار داده و بازاریابی نموده است.

حسینی (۱۳۹۲) در پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خود با عنوان "مطالعه سیالات در گیر در معدن فلوریت کوه سفید، جنوب شرق مشهد" به این نتیجه رسیده است که سیالات کانی ساز، دمایی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد داشته اند.

پاشخ زاده (۱۳۹۴) در پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خود با عنوان "مطالعات کانی شناسی، ژئوشیمیایی و الگوهای ساختاری منطقه اکتشافی معدن فلوریت کوه سفید، شمال غرب تربت جام، خراسان رضوی با نگرشی بر کاربردهای صنعتی ماده معدنی" این معدن را مورد مطالعه قرار داده است و کاربرد متالورژی را برای این کانی پیشنهاد داده است.

پیرزاده (۱۳۹۵) نیز با مطالعه تنوع رنگی در کانی فلوریت در دو معدن کوه سفید و مهماندویه سمنان و مقایسه آنها با یکدیگر به این نتیجه رسیده است که فلوریت کوه سفید از نظر عیار فلورید کلسیم و فلور غنی تر است و کاربرد صنعتی در صنایع متالورژی و همچنین صنعت گوهر تراشی را پیشنهاد داده است.



روش کار و جمع آوری اطلاعات

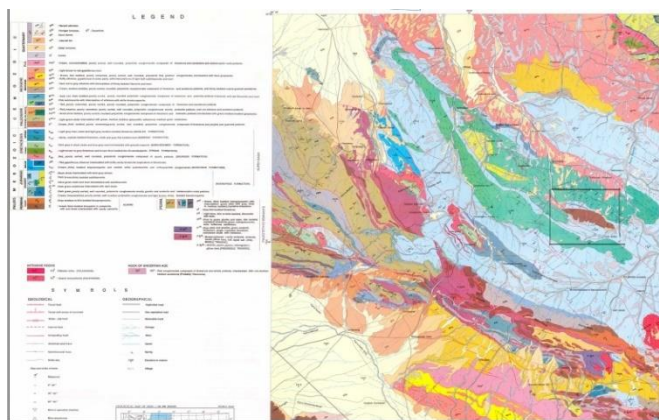
به طور کلی جمع آوری اطلاعات زمین شناسی، کانی شناسی، سنگ شناسی، تکتونیکی، ژئوشیمیایی از زمان دریافت پروانه اکتشاف و بهره برداری توسط اینجانب آغاز شده و در سالهای بعد و هنگام فعالیت معدن تا سال ۱۳۹۰ ادامه داشته است. آنالیزهای شیمیایی عمدتاً با دستگاه XRF و همچنین شیمی تر در شرکت کانساران آمتیس شرق انجام شده است. این اطلاعات با نتایج محققان بعدی که در قالب پایان نامه در همین معدن فعالیت می کردند مقایسه شده و از نتایج جدید این پژوهشگران استفاده شده است. برای دریافت طیف های جذبی از دستگاه اسپکترو فتومتر دانشگاه دامغان استفاده شده است. از مطالعه و مقایسه کلی این تحقیقات، مقاله حاضر حاصل شده است.

موقعیت جغرافیایی معدن

این معدن در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و در فاصله ۶۵ کیلومتری شمال غرب تربت جام و در مسیر مشهد به شهرستان سرخس واقع است. نزدیکترین آبادی به معدن روستای کوه سفید بالا است که دلیل نام گذاری معدن به این نام است. معدن در ۵۳° ۴۵' طول شمالی و ۵۰° ۲۵' عرض جغرافیایی واقع است. که در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ قرار می گیرد (شکل ۱)

زمین شناسی منطقه

معدن در میان تشکیلات رسوبی سازند کشف رود و با لیتولوژی نسبتاً محدود قرار دارد که در بخش انتهایی رشته البرز و بینالود واقع است. این مجموعه عمدتاً در بخش جنوبی حوضه رسوبی کپه داغ در شمال شرق ایران واقع است که در واقع بخش شرقی کوه های البرز محسوب می شود. پهنه رسوبی - ساختاری کپه داغ شامل کوه های هزار مسجد در شمال شرقی ایران است که در یک راستای SW - NW تا NE، از شرق دریای خزر آغاز و پس از عبور از ترکمنستان و ایران، وارد خاک افغانستان می شود. مرز شمالی این پهنه با فلات توران، منطق برگسل عشق آباد است (پاژخ زاده، ۱۳۹۴) (شکل های ۱ و ۲)



شکل ۱- موقعیت معدن روی نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ (قائمى و حسینی ۱۳۷۸)



شکل ۲- نمایی از معدن کوه سفید در آهکهای ضخیم لایه در مرکز ناودیس

سنگ شناسی منطقه معدنی

به طور کلی سنگهای در برگیرنده معدن طیف وسیعی از سنگهای رسوبی سازند کشف رود هستند که عمدتاً شامل شیل، مارن، کنگلومرا و آهک و است. توده معدنی در میان آهکهای ضخیم لایه نخودی رنگ با میان لایه های توف با سن پالئوزوئیک واقع است که این توده ضخیم آهکی در بخش میانی یک ناودیس قرار گرفته و کشیدگی شمال غرب- جنوب شرقی دارد. واحد های مختلف به شدت تحت تاثیر آلتراسیون و عملکرد حرکات تکتونیکی قرار گرفته اند. در بخش جنوبی معدن و در فاصله بسیار کمی از آن لایه های شیل و ماسه سنگی آلتزه شده و خرد شده همراه با آهک ها وجود دارند که در فصل های تر به شکل گلهای چسبناک ظاهر می شوند. دیگر واحد های موجود در منطقه معدنی گل سنگ های کربناتی، کنگلومرا، شیل، ماسه سنگ، مارن، گل سنگ های سیلیسی شده و به طور ویژه برشهای کربناتی همراه با رگه های فلوریت- سیلس می باشند. در بخش شرقی معدن لایه های ماسه سنگ و شیل تشکیل منابع بزرگی از سنگ های لاشه ساختمانی مناسب برای سنگ فرش را داده است که مورد بهره برداری محلی قرار گرفته است. سیمان کنگلومرا و برش در بسیاری مناطق ترکیبی از فلورین و سنگهای سیلیسی خاکستری رنگ است که قطعات گرد شده کربناتی و سیلیسی را به یکدیگر متصل می کند (شکل ۳)



شکل ۳- کنگلومرا با سیمان فلوریت در جنوب معدن



تکتونیک منطقه

به طور کلی شکستگی های موجود در معدن در دو گروه کلی دسته بندی می شوند. گسلهای در راستای شرقی - غربی و گسلهای راستای تقریبی شمالی - جنوبی و اغلب رگه های فلورین در همین شکستگی ها قرار گرفته اند. طول و تعداد این رگه ها در بخشهای مختلف معدن متفاوت است. ادامه گسلها در بخش جنوبی معدن قابل ردیابی و پیگیری است و کانی سازی نیز بیشتر از نوع کلسیت و کوارتز و به مقدار کمتر فلورین در آن صورت گرفته است. (شکل ۴)

علاوه بر واحدهای رسوبی گفته شده، در نزدیکی معدن و در فاصله تقریبی ده کیلومتری جنوب شرقی توده نفوذی آذرین وجود دارد که احتمال می رود در تشکیل رگه های فلورین و آلتراسیون های موجود نقش داشته باشد. پاژخ زاده (۱۳۹۴) در بررسی این توده، آن را کوارتز مونزودیوریت با بافت پورفیری نامگذاری کرده است و سن آنرا پالئوژن بیان نموده است. توده ای نفوذی در روستای شاهان گرماب که در نزدیکی و بخش غربی معدن واقع هستند نیز از دیگر احتمالات موثر در کانسار سازی می باشند.



شکل ۴- رگه های فلوریت در محل گسلهای شرقی - غربی و استخراج آنها

کانی سازی در معدن

کانی سازی در معدن فلوریت کوه سفید عمدتاً به شکل رگه ای و در بستر کرناتی صورت گرفته است. رگه های معدنی که در دو راستای تقریبی شرقی - غربی و شمالی - جنوبی مشاهده می شوند به طور عمده از سیلیسی و فلوریت تشکیل شده است که در همه موارد لایه سیلیس خاکستری تا سیاه ضخیمتر در سمت دیواره تشکیل شده است و فلوریت به شکل موازی و بر روی این لایه شکل گرفته است. لایه فلوریت نازکتر است و به دلیل قابلیت شکنندگی بالاتر حاصل از چهار جهت رخ موجود، در بسیاری موارد تخریب شده و با مواد



اولین همایش ملی گوهرشناسی و کانی های صنعتی

۱۸ تا ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد



هوازده و حاصل از آلتراسیون مخلوط شده است. بنابر این ظاهرا فقط لایه سیلیسی مشاهده می شود. علاوه بر فلوریت رگه های سیلیسی در بخشی از معدن همراه با کلسیت و باریت نیز مشاهده می شوند. این کانی ها به شکل پاراژنری در اغلب شکستگی ها دیده می شوند. از نظر مقدار و کمیت می توتن گفت بیشترین کانی سازی موجود در رگه ها سیلیس و سپس فلوریت و پس از آن کلسیت و باریت است. رنگ های مختلفی از فلوریت در این معدن مشاهده می شوند. بیشترین حجم فلوریت به رنگ سبز روشن تا تیره است و رنگهای بنفش و زرد و کرم و سفید نیز همراه آنها یافت می شوند (شکلهای ۵ و ۶)

این کانی ها به جز در رگه های موجود در بخشهای دیگر از جمله به عنوان سیمان در کنگلو مرا و برشهای گسلی موجود نیز مشاهده می شوند.



شکل ۵- تصاویری از کانی فلوریت استخراج شده در معدن و خردایش شده در سنگ شکن



شکل ۶- نمونه ای از کانی فلوریت رنگین در معدن کوه سفید



آلتراسیون در معدن

نفوذ سیالات کانه ساز در سنگهای کربناته موجب دگرسانی شدید در آنها شده و اغلب سنگهای آهکی را تبدیل به گلسنهای کربناتی غنی از اکسیدها و هیدر اکسیدهای آهن و مقدار بسیار زیادی سیلیس نموده است. به طوری که اغلب رگه های سیلیسی-فلوریت در بستری هوازده و نرم قرار دارد. به عبارتی لایه های شکننده سیلیسی-فلوریت در بستری شکل پذیر (داکتیل) قرار گرفته که این امر باعث شکسته شدن لایه های شکننده و از هم پاشی آن شده است. فلوریت همراه با سیلیسی به خاطر رخ های خاص فلوریت از لایه سیلیسی جدا شده و بخش زیادی از آن پودر شده و همراه با گلسنگ ها رنگ سفیدی در منطقه ایجاد کرده است. نام کوه سفید نیز احتمالاً از همین پدیده منشاء گرفته است (شکل ۷)



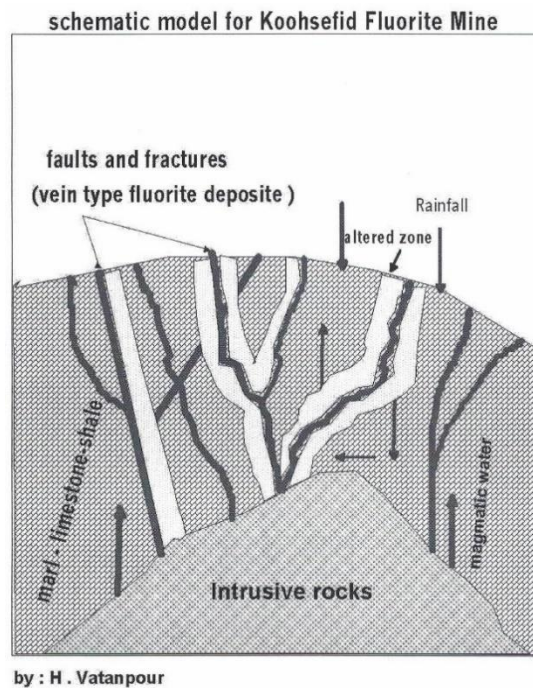
شکل ۷- آلتراسیون شدید آهک ها و لیمونیتی شدن منطقه

در برخی حفره های منطقه گوگرد خالص همراه با منگنز و هیدر اکسیدهای آهن مشاهده می شود که نشان از وجود محلول های سولفوری در زمان تشکیل و یا پس از آن می باشد.



چگونگی شکل گیری معدن ماده معدنی و ساختار معدن

همانطور که قبلا گفته شد شکل رگه های و نفوذ سیالات در معدن کاملا مشخص است. مطالعه عناصر فرعی و همچنین عناصر نادر خاکی توسط پاشخ زاده و همکاران (۱۳۹۴) در این منطقه و استفاده از نسبت های فلزی Tb/La و Tb/Ca نشان می دهد که رگه های موجود در محدوده هیدرو ترمالی قرار دارند. فلوریت های سبز و بنفش از نظر محتوای عناصر فرعی و اصلی و عناصر خاکی با یکدیگر متفاوت هستند. پاشخ زاده معتقد است فلوریت های بنفش نزدیکتر به توده آذرین تشکیل دهنده و در حرارت های بالاتر و فعالیت بیشتر یون های مذکور از نوع سبز تشکیل شده است (شکل ۸)



شکل ۸ - مدل نمادین از تشکیل رگه های فلوریت در معدن کوه سفید (وطن پور ۱۳۸۴)

خواص فیزیکی کانی فلوریت

- ۱- سیستم تبلور: کوبیک
- ۲- رخ کامل و هشت وجهی (دلیل کاربرد کمتر به عنوان گوهر)
- ۳- سختی ۴



۴- وزن مخصوص ۳/۲ - ۳ گرم بر سانتی متر مکعب

۵- شفاف تا نیمه شفاف

۶- جلا: شیشه ای

۷- رنگ: به رنگهای متنوع مانند سبز و بنفش و آبی و سفید و زرد و ... مشاهده می شوند. (همراه با شفافیت دلیل کاربرد به عنوان

گوهر)

۸- رنگ خاکه سفید (دلیل نام گذاری معدن کوه سفید)

۹- ضریب انکسار ۱/۴۳۴

۱۰- نقطه ذوب ۱۴۰۲C °

۱۱- نقطه جوش ۲۵۱۳ C °

کاربردهای فلوریت

۱- **کاربردهای صنعتی:** کانی فلوریت کاربردهای صنعتی بسیاری دارد. از جمله این کاربردها در صنایع آلومینیم، شیمیایی، فولاد (کمک ذوب) هسته ای (تولید هگزافلوراید اورانیوم) سرامیک، ریخته گری، فرو آلیاژ و برخی موارد دیگر می توان اشاره کرد. به ویژه این کانی برای تولید کریولیت (Na_3AlF_6) که برای ذوب آلومینیوم ماده اساسی است کاربرد دارد. انواع شفاف این کانی در ساخت عدسی و شیشه نیز به کار می روند. در صنایعی مانند میناکاری، کوزه گری، آرایشی و بهداشتی (خمیر دندان فلوراید) و غیره کاربرد دارد. کاربرد این کانی بسیار وابسته به عیار فلورید کلسیم و برخی عناصر اصلی و فرعی موجود در آن دارد. آنچه آنرا از برخی کانی صنعتی می کند کاربرد انواعی از این کانی در صنعت گوهر تراشی است. رنگه های متنوع و زیبا و شفافیت نمونه هایی از این کانی علی رغم سختی پایین آن و وجود رخ، باعث شده است که در گروه سنگهای نیمه قیمتی قرار گیرد. قیمت پایین و فراوانی نسبت به سایر سنگهای قیمتی مصرف این کانی را افزایش داده است.

مصرف و عیار فلوریت

متوسط عیار فلورید کلسیم مورد نیاز در صنایع شیمیایی (تولید HF)، سرامیکی و فولاد در جدول ۱ نشان داده شده است

جدول ۱- عیار تقریبی مورد نیاز در سه صنعت شیمیایی، سرامیک و متالورژی

صنایع شیمیایی	صنایع سرامیکی	صنایع متالورژیکی
CaF2	CaF2	CaF2
≥97	85-96	60-85



سایر عناصر موجود در کانی فلوریت نیز از محدودیت هایی برخوردار است. مقدار اکسید سیلیسیم در نوع درجه اسیدی بایستی کمتر از ۱/۵ درصد (شهاب پور، ۱۳۸۲) و در نوع متالورژی معمولاً کمتر از ده درصد باشد. البته خریداران همواره سفارش عیار کمتر از ۴ یا ۵ درصد را می دهند. (وطن پور، ۱۳۹۰)

این نوع فلوریت خالص برای تولید HF که خود کاربرد وسیعی در صنایع دیگر دارد به کار می رود.

ژئوشیمی فلوریت ها

در مراحل تهیه گزارش پایانی اکتشاف، طرح بهره برداری و همچنین حین استخراج نمونه های بسیاری از سنگها و فلوریت و سنگهای و کانی های همراه به صورت سیستماتیک و غیر سیستماتیک برداشت شده و برای تجزیه شیمیایی با روش تر و XRF به آزمایشگاه کانسارهای بلورین آمتیس شرق ارسال شده است. برای اندازه گیری مقدار فلور و در نهایت فلورید کلسیم در ابتدا آزمایشگاه با مشکلات و مسائلی مواجه بود که به تدریج و با روشهای محاسباتی اصلاحاتی در عمل و روش ایجاد شد. در جدول ۲ و ۳ برخی از نتایج تجزیه شیمیایی فلوریت های موجود آورده شده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی متوسط محصولات عیار بالا در معدن کوه سفید

SAMPLE	CaF2%	SiO2	CaO	Fe2O3	Al2O3	K2O	Na2O		TiO2	MgO
Pure F	80-90	5-10	3-5	0.2-0.5	0.6-1	0.5-0.7	0.5-0.7		<0.3	0.5
	L.O. I	S	P	Pb						
	5-7	<0.3	<0.03	<0.05						



اولین همایش ملی گوهرشناسی و کانی های صنعتی

۱۸ تا ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد



جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی تعدادی از نمونه های رنگی فلوریت در معدن کوه سفید. حرف G مربوط به نمونه های سبز رنگ است و بقیه نمونه ها رنگ بنفش داشته اند

sample	CaF2%	SiO2	Fe2O3	Al2O3	K2O	Na2O	TiO2	MgO	L.O.I	S
F1	76.2	19.11	0.76	0.10	0.02	0.26	0.12	0.20	3.12	<0.07
F2	53.96	42.57	0.74	0.18	0.03	0.02	0.12	0.20	5.18	<0.08
F3	45.82	42.57	1.42	1.39	0.13	0.22	0.18	0.24	7.69	<0.31
F4	73.12	9.30	1.50	0.46	0.57	0.03	0.018	0.03	6.03	
F5	75.51	8.50	1.65	0.60	0.70	0.02	0.017	0.06	5.32	
F6	72.30	8.45	1.55	0.34	1.22	0.09	0.03	0.02	6.43	
F7	71.80	8.01	1.05	0.39	0.99	0.29	0.03	0.04	4.7	
FG8	80.14	6.50	1.24	0.22	0.07	0.01	0.01	0.02	6.05	
FG9	79.20	6.01	1.25	0.31	0.05	0.01	0.02	0.01	7.40	

با توجه به متوسط عیار و همچنین آنالیز فلوریت های خالصتر دست چین شده و با توجه به درجه بندی انجام شده برای سه صنعت شیمیایی، سرامیکی و متالورژی می توان نتیجه گرفت که فلوریت موجود در معدن کوه سفید به طور متوسط برای صنایع متالورژیکی (با کمی چشم پوشی از مقدار سیلیس) و نوع دست چین شده متبلور و خالصتر عمدتاً برای صنعت سرامیک مناسب است. به طور کلی اغلب درخواست های خرید از معدن در محدوده ۸۵ درصد فلورید کلسیم و سیلیس کمتر از ۵ بوده که به کشور هندوستان صادر می شد.

کاربرد فلوریت به عنوان سنگ نیمه قیمتی:

همانطور که قبلاً گفته شد علاوه بر کاربرد بسیار متنوع این کانی در صنایع مختلف، استفاده از آن به عنوان یک گوهر سنگ نیمه قیمتی نیز از دیرباز مورد توجه بوده است. بی شک مهمترین عامل توجه به این کانی به عنوان یک گوهر سنگ رنگهای مختلف و شفافیت و درخشندگی آن است که یکی از مهمترین شاخص های ارزش گذاری در گوهر سنگها می باشد (شکل ۹). البته برخی از شاخص های مهم در گوهر سنگهای با ارزش در این کانی وجود ندارد و همین امر موجب شده است که با پیشوند نیمه قیمتی نام گذاری شود. سختی و ضریب شکست بالا و مقاومت در مقابل ضربه. قابلیت تراش مناسب و کمیاب بود از این شاخص ها می باشند (جدول ۴)





اولین همایش ملی گوهرشناسی و کانی های صنعتی

۱۸ تا ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد



شکل ۹ نمونه های خوش رنگی از کانی فلوریت و ساخت مصنوعات

جدول ۴- شاخص های مثبت و منفی فلوریت به عنون یک گوهر سنگ

شاخص های منفی	شاخص های مثبت
رخ اکناهدری سختی پایین شکنندگی بالا مقاومت کم در مقابل ضربه ضریب شکست نسبتا پایین نامناسب برای تراش	رنگ خوب شفافیت جلای شیشه ای فراوانی نسبی قیمت پایین

مهمترین عوامل تولید رنگ در سنگها

عوامل متعددی می توانند باعث ایجاد رنگ در کانی و به طور کلی در اجسام بشوند. مهم است بدانیم به طور کلی رنگ نمودی از ساختار و ساختمان درونی و شبکه اتمی موجود در کانی است.

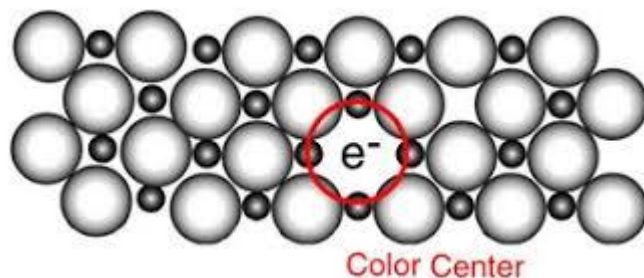
برخی از مهمترین عواملی که می توانند در یک کانی رنگ تولید کنند و یا رنگ آنها تغییر دهند عبارتند از:

۱- وجود برخی عناصر اصلی در شبکه کانی و یا برخی عناصر به صورت ناخالصی در آن. به ویژه عناصری مانند عناصر واسطه که دارای اربیتال های d و الکترونها قابل انتقال هستند. این عناصر عمدتا عامل ایجاد رنگ هستند. الکترون های اربیتال های خارجی با دریافت و جذب برخی طول موجها تحریک می شوند و به مدارهای بالاتر بروند و تغییر موضع بدهند. این مقدار انرژی از تابش های مرئی و همچنین سایر طول موجها و یا عوامل دیگر حاصل می شوند. بنابر این کانی برخی طول موجها ی تابیده شده را جذب می کند و برخی



را عبور داده یا منعکس می کند. این عملکرد سبب می شود طول موج دریافتی ما تغییر کند و مغز ما دستور دیدن رنگی را بدهد. البته هر طول موجی توسط الکترونها دریافت و جذب نمی شود و به شرایط فیزیکی خاصی از فاصله یا تفاوت انرژی وابسته است (ناسوا ۱۹۷۸).

۲- نا همسانی و نقص در ساختمان بلورها که در واقع برخی الکترونها غیر وابسته جای برخی یونها اصلی را پر می کنند و یا حفره هایی در ساختمان اتمی از نبود یا خروج برخی یونها و در جای آنها به وجود می آید. این نقص ها اغلب با حرارت دادن کانی قابل اصلاح هستند و اگر با حرارت دادن رنگ کانی از بین برود می توان گفت احتمالاً این عامل در ایجاد رنگ نقش دارد. در واقع این گونه نواقص مانند همان الکترونها غیر متعهد عمل می نمایند. و با جابجایی و تحریک حاصل از تابش یک نور نقش آفرینی می کنند (ناسوا، ۱۹۸۷). (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- نمایش کانون رنگی در ساختمان ناقص یک شبکه جامد.

۳- مخلوط شدن و همراهی فیزیکی برخی ناخالصی ها با کانی ها. مانند پراکندگی هماتیت در زمینه کانی های دیگر و ایجاد رنگ قرمز. در مطالعه عناصر اصلی فلوریت های کوه سفید تفاوت خاصی در نوع عناصر اصلی تشکیل دهنده رنگهای مختلف مشاهده نشد. ولی بررسی های انجام شده بر روی عناصر فرعی توسط پیرزاده (۱۳۹۴) بیانگر حضور عناصر خاصی است که رنگ برخی نمونه را به این عناصر نسبت داده است. جدول ۵ برخی عناصر فرعی و کمیاب است که او و وطن پور (۱۳۹۰) در تجزیه شیمیایی فلوریت های رنگی گزارش کرده اند را نشان می دهد.

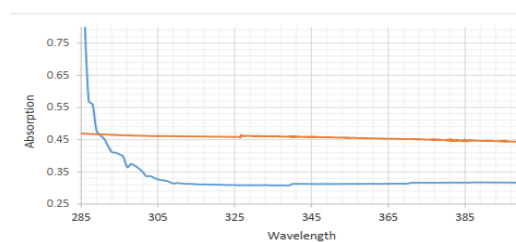
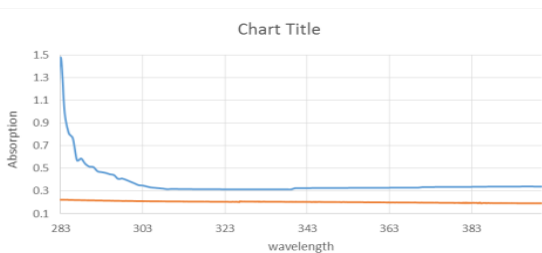


جدول ۵- برخی عناصر فرعی و کمیاب در فلوریت ها -عناصر قرمز رنگ توسط وطن پور (۱۳۹۰) و بقیه توسط پیرزاده (۱۳۹۴) گزارش شده است

Sample	Elements
Green type fluorine	Y, Sr, Cu, Ni, As----- Sr, Zn
Vilote type fluorine	Y, Cu, Ni, Mg, ----- Sr, Zn
Yellow type fluorine	Y, Ni, Cl, ----- Sr, Zn

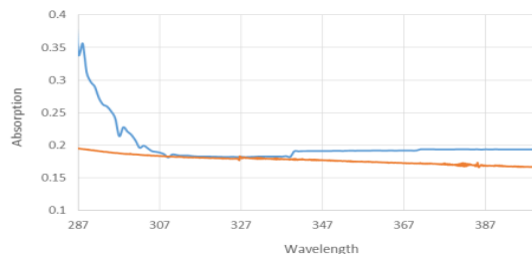
در مطالعه طیف های حاصل از دستگاه اسپکتروفتومتری، علاوه بر وجود کانون های رنگی (F-Center) که عامل اصلی رنگی شده است وجود عنصر ایتريوم را که رفتاری مشابه عناصر واسطه دارد و در هر سه نمونه وجود دارد را موثر می داند.

پیرزاده همچنین با حرارت دادن نمونه تا $400^{\circ}C$ درجه و سپس قرار دادن آنها در دستگاه اسپکتروفتومتر و دریافت طیف حاصل و مقایسه آن با نمونه ها قبل از حرارت دادن دریافت که ۱- وجود رنگ در تمام نمونه ها در درجه اول مربوط به وجود کانونهای رنگی در کانی است و ۲- حرارت دادن باعث اصلاح نقص ساختاری و برطرف شده آن می شود و بنا براین در کانی بی رنگ شده در اثر حرارت پیک مربوط به آن مشاهده نمی شود ۳- فلوریت های رنگ سبز پس از حرارت دادن هنوز هم مقداری از پیک طیفی را نشان می دهند که مربوط به حذف نشدن کامل رنگ سبز پس از حرارت دادن است و ۴- وجود پیک های ضعیف تر در طیف حاصل ده از کانی که قبل و بعد حرارت وجود دارد مربوط به وجود برخی عناصر مانند ایتريوم است.



ب

ا



ج

شکل ۱۱- طیف فلوریت های سبز رنگ (برگرفته از پیرزاده ۱۳۹۲) الف: فلوریت بنفش

ب: فلوریت زرد ج: فلوریت سبز (نمودار آبی قبل از حرارت دادن و نمودار نارنجی پس

نتیجه گیری

از حرارت دادن)



اولین همایش ملی گوهرشناسی و کانی های صنعتی

۱۸ تا ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۱
دانشگاه فردوسی مشهد



۱- با توجه بررسی های زمین شناسی، تکتونیکی، ژئوشیمیایی و شکل و ساختار توده معدنی می توان گفت این کانی زایی از نوع رگه ای و هیدروترمالی است که سیالات کانی ساز حامل مواد معدنی در شکستگی ها و فضاها موجود نفوذ کرده و سپس با کاهش دما و به تدریج سیلیس و فلوریت و سپس مقادیری کلسیت و باریت را بر جای گذاشته اند.

۲- بیشترین مقدار این کانی ها را سیلیس تشکیل می دهد که حجم زیادی از رگه های موجود را پر کرده است. نفوذ سیالات گرمایی داغ سبب آلتراسیون های گسترده به ویژه در اطراف رگه ها شده است و آهک ها و دولومیت های در برگیرنده را تحت تاثیر قرار داده و مقادیر زیادی اکسید و هیدر اکسید های آهن و منگنز همراه با سولفور و سیلیسی وارد سنگ در برگیرنده نموده است. رگه های سیلیسی و همراه با فلورین در میان این بافت آلتیره شده از نظر فیزیکی بی ثبات شده و در اثر حرکات ثانویه شکسته شده و پیوستگی و فرم اولیه خود را در بسیاری از مناطق از دست داده و در هم ریخته اند. فلوریت با رفتاری متفاوت از سیلیس بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته و از سیلیس جدا شده و اغلب به صورت پودر سفید رنگ و قطعات کوچکتر پراکنده شده است.

۳- کانی سازی اصلی شامل سیلیس، فلوریت، کلسیت و باریت است.

۴- با توجه به متوسط عیار فلوریت ها، بیشترین کاربرد آن در صنعت متالورژی است. اگر چه با جدا کردن نمونه های خالصتر می توان برای مصارف سرامیک و شیمیایی نیز خوراک تهیه کرد ولی مقرون به صرفه نیست.

۵- رنگهای مختلفی از کانی فلوریت وجود دارد که با توجه به شفافیت و رنگ های زیبا می تواند کاربرد گوهر سنگ داشته باشد.

۶- وجود رخ اکتائدرال و شکنندگی و سختی پایین فلوریت از ویژگیهای منفی آن برای کاربرد گوهر سنگ است. استفاده از آن باید در مواردی باشد که در معرض ضربه نباشد.

۷- وجود رنگ در کانی فلوریت عمدتاً مربوط به کانون های رنگی (F-center) و عناصری کمیاب و فرعی که مانند عناصر واسطه عمل می کنند می باشد.

۸- عنصر Y (ایتریوم) که به طور جزئی می تواند جانشین کلسیم بشود می تواند از عناصر رنگ ساز باشد (کرنلیس، ۱۹۹۸)

۹- در فلوریت های رنگین، حرارت دادن با رفع نقص شبکه، باعث بی رنگ شدن کانی می شود.

۱- با انجام فرایندهای بهینه سازی رنگ، مقاومت و سختی این کانی کاربرد بیشتری خواهد داشت.



منابع

پاژخ زاده، لیلای، ابراهیمی نصر آبادی، خسرو، وطن پور، حمید رضا، قائمی، فرزین، ۱۳۹۴، مطالعات کانی شناسی، ژئوشیمیایی و بررسی الگوهای ساختاری منطقه اکتشافی معدن فلوریت کوه سفید، شمال غرب تربت جام، خراسان رضوی با نگرشی بر کاربرد های صنعتی ماده معدنی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

پیرزاده، سارا، ظهیری، رضا، ۱۳۹۵، بررسی تنوع رنگ در فلوریت های معادن کوه سفید و مهماندویه استان سمنان با توجه به مطالعات طیف سنجی و مادون قرمز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دامغان

حسینی، فاطمه، ظهیری، رضا، حسن نژاد، علی اکبر، وطن پور، حمید رضا، ۱۳۹۲، مطالعه سیالات درگیر در معدن فلوریت کوه سفید جنوب شرق مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دامغان

شهاب پور، جمشید، ۱۳۸۲، زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان،

قائمی، فرزین، حسینی، ک.، ۱۳۷۸، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات

معدنی کشور

وطن پور، حمید رضا، ۱۳۸۴، نتایج بررسی های زمین شناسی، کانی شناسی، سنگ شناسی و ژئوشیمیایی محدوده برای استفاده در طرح بهره برداری معدن، ۲۰ صفحه

وطن پور، حمید رضا، ۱۳۹۰، نتایج مطالعات اکتشاف حین استخراج در معدن، ۵۰ صفحه

Cornelis, Klein; Corneliuse, S. and Hurlbut, Jr. (1998) Manual of Mineralogy, John Willy & Sons publisher, 21st edition

Nassau, K. (1978) "The origins of color in minerals." American-8 Mineralogist, 63. 219-229



Introduction of colored fluorites from Kooh Sefid mine as an industrial gemstone

Hamid Reza Vatanpour ¹- Morteza Razmara ²

1- Assistant Professor, Department of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

H_vatanpour@cfu.ac.ir

2-Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Abstrakt:

The Koh Sefid fluorite mine is located 110 km southeast of Mashhad, which geologically includes the sedimentary rocks of the Kashafroud Formation with Jurassic age. The mine is located among the thick limestones of the pea-colored layer and in the middle part of a depression. The main mineral of the mine is fluorite, which can be seen as veins along with silica and calcite and a little barite along the approximate east-west and north-south lines. These veins are the type of hydrothermal veins and their origin is mineralized fluids associated with igneous intrusive masse. Fluorites in the mine have green, yellow, purple and gray colors. The average grade of calcium fluoride in the mine is around 70-80% and the accompanying silica is less than 10% on average, which is a suitable combination for metallurgical and steel industries. There are also higher grades for chemical and ceramic uses, which are not cost-effective to produce. Colored fluorites are suitable for the gem-cutting industry due to their suitable color, luster, glass polish, and density, but the presence of octahedral faces, fragility, and low hardness reduce their use in this industry. This mineral will be more useful with optimization operations in color and resistance. The color factor in fluorites is the presence of a color center (F-center) and defects in the crystal lattice, which are destroyed by heating. Also, it is possible that the rare elements of yttrium (Y) and cerium (Ce) which can be combined with calcium in a small amount are color-forming factors.

Keywords: fluorite, Koh Seif mine, industrial mineral; gem stone