



تعیین تجربی برخی ویژگی‌های فیزیکی مواد گل فشان‌های منطقه کنارک، استان سیستان و بلوچستان

غفور ریگی^۱، عبدالمحمود داورپناه^{۱*}، حبیب بیابانگرد^۲

۱- گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۶/۲۴، نسخه نهایی: ۱۴۰۰/۹/۲۰)

چکیده: گل فشان از جذاب‌ترین و قابل توجه‌ترین ویژگی‌های پوسته زمین هستند. هدف از این پژوهش، شناسایی بهتر کیفیت‌های فیزیکی گل فشان رسی، همچون ویژگی‌های مغناطیسی و ساختاری، و تحلیل‌های کمی برای تعیین مواد موجود در آن است. با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی اندازه ذرات ۰/۰۷ تا ۰/۱۲ میکرومتر تعیین شد. طیف‌سنجی فرو سرخ قله جذب مربوط به بسیاری از مواد را نشان داد. قله‌های تیز و قابل توجه مربوط به کوارتز و کلسیت با بررسی داده‌های پراش پرتوی ایکس نمونه‌ها شناسایی شدند. مغناطیس‌سنجی، ویژگی‌های پارامغناطیس را در میدان‌های مغناطیسی اعمالی به نسبت قوی و ویژگی فرومغناطیس را در میدان‌های مغناطیسی ضعیف نشان داد.

واژه‌های کلیدی: گل فشان، ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های مغناطیسی، کنارک، بندرتنگ.

مقدمه

سطحی بیشتر گل فشان‌ها چند متر تا چند ده متر است. گاهی در رد باران، شکل و ارتفاع گل فشان تغییر می‌یابد. ارتفاع نوعی نسبت به فلات بستر ۱۲۷ متر برآورد شده است. در مورد چگونگی ایجاد گل فشان تاکنون سه نظریه ارائه شده است. (۱) رسوب شتابان لایه‌های ضخیم خاک رس سبب می‌شود که آب محبوس بین لایه‌ها فرصت خروج بی درنگ را نیابد. از این رو، سپس در رد نیروهای زمین‌ساختی، به همراه گل و گاز محبوس، به سطح بالایی رانده می‌شود. (۲) کارآیی‌های زلزله‌ای و آتشفشانی می‌توانند عامل خروج آب و گل باشند. (۳) فشار ناشی از میدان‌های نفتی-گازی محرک جریان بیان شده معرفی شده است.

از نظر دمای مخلوط آب و گل، دو نوع گل فشان وجود دارد: یکی نوع سرد با خاستگاه زمین‌ساختی و دیگری نوع گرم با خاستگاه آتشفشانی. خاستگاه گازهای خروجی از گل فشان عمق ۲ تا ۱۲ کیلومتری برآورد شده است. دمای مخلوط آب و

لایه‌ی سطحی زمین عوارضی دارد که برای تمایل مواد موجود در قشرهای مختلف به تعادل گرما پویایی ایجاد می‌شوند. در وضعیتی که پوسته دربردارنده سیال گرما دیده باشد، مسیری به سمت جو آزاد به وجود می‌آید. این مسیر اگر در گستره‌ای با خاک مرطوب، شکل گرفته باشد، ظاهر یک مخروط ناقص را به خود می‌گیرد؛ به این پدیده گل فشان گفته می‌شود. این پدیده در بسیاری از مناطق سیاره‌ی زمین قابل دیده است. از جمله منطقه‌های شاخص برای این مورد، نوار زمین ساختی متحرک آلپ-همالایا، بستر اقیانوس اطلس و فلات‌های آسیای میانی هستند. مخلوط گل و گاز از یک یا چند گذرگاه سطحی خارج می‌شود. خروج گاهی آهسته و گاهی پرتابی است. سپس گاز وارد جو شده و گل روی دامنه‌ی گل فشان جاری می‌شود. گل فشان‌ها بر اساس ترکیب گاز-آب-گل، غلظت گل، رفتار، شکل ظاهری و دمای گل با هم تفاوت دارند. قطر گذرگاه

سن سی تا چهل هزار سال هستند. دوره‌ی تناوب خروج حباب از این ساختار ده تا پانزده دقیقه برآورد شده است. ارتفاع گل‌فشان‌های شهرستان کنارک نسبت به زمین‌های پیرامون حدود سی متر است [۱]. شکل‌های ۱ و ۲ گل‌فشان خشک شده‌ی روستای تنگ (منطقه کنارک) را نشان می‌دهند.

گل، حدود ۳۰ درجه سلسیوس ثبت شده است [۱]. رنگ گل خروجی از بیشتر گل‌فشان‌ها خاکستری میانه یا مایل به سیاه است. با این حال، به ندرت رنگ‌های زرد یا کرمی نیز دیده شده‌اند. قطر حباب‌ها اغلب ده تا بیست سانتیمتر و گاهی سی سانتیمتر برآورد شده است. از نظر قدمت، گل‌فشان‌های منطقه کنارک وابسته به دوره‌ی کواترنری و دارای



شکل ۱ گل‌فشان خشک شده روستای تنگ (منطقه کنارک).



شکل ۲ گل‌فشان خشک شده روستای تنگ (کنارک)

چند صد متر است. موقعیت جغرافیایی گل فشان تنگ
 $25^{\circ}28'2''\text{ N } 59^{\circ}55'57''\text{ E}$ است
 شکل‌های ۳ تا ۵ از نقشه گوگل گرفته شده‌اند و به ترتیب
 موقعیت گل فشان تنگ در کشور، در استان سیستان و
 بلوچستان و همچنین نسبت به کنارک و چابهار را نشان
 می‌دهند.

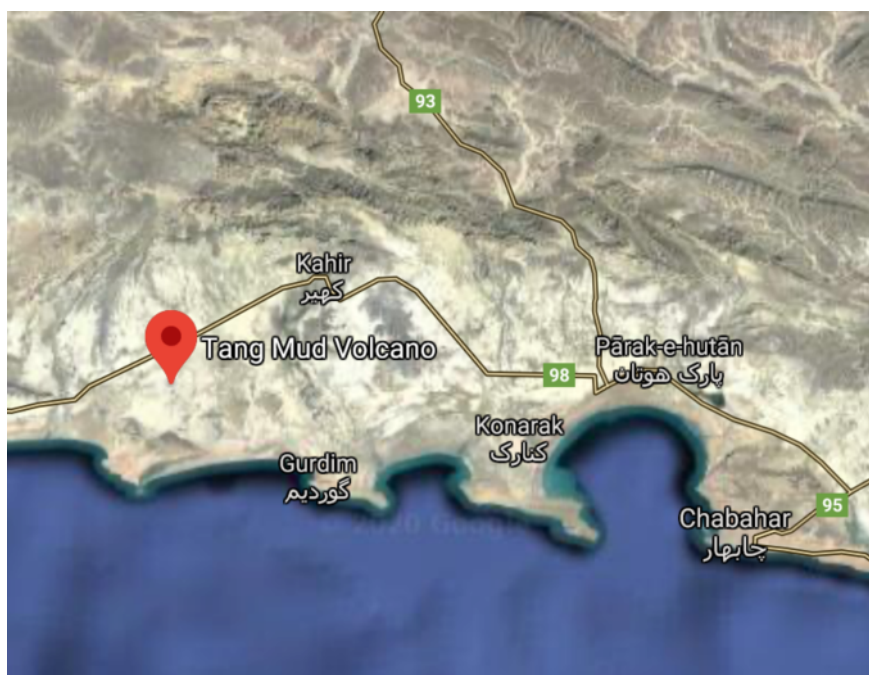
گل فشان‌های منطقه برای نخستین بار توسط استین، گانسر
 و همکارانش، رودمن اسنید و شرکت نفتی آجیپ بررسی شده-
 اند [۱]. نگارش و همکاران از سال ۱۳۷۵ شمسی پژوهش‌هایی
 را در این مورد انجام داده‌اند [۱].
 گل فشان‌های منطقه‌ی کنارک نزدیک روستای تنگ واقع
 در ۹۵ کیلومتری غرب بندر کنارک در استان سیستان و
 بلوچستان قرار دارند. فاصله آنها تا سواحل شمالی دریای عمان



شکل ۳ موقعیت گل فشان تنگ در ایران.



شکل ۴ موقعیت گل فشان تنگ در استان سیستان و بلوچستان



شکل ۵. موقعیت گل‌فشان روستای تنگ نسبت به کنارک و چابهار.

خارجی به صورت نمودارهای پسماند به دست می‌آید. عبارتی عمومی برای تراوایی به صورت $\mu = \frac{B}{H}$ و پذیرفتاری $\chi = \frac{M}{H}$ است.

انواع مختلف مواد مغناطیسی بیشتر بر اساس پذیرفتاری یا تراوایی‌شان رده‌بندی می‌شوند. نخستین گروه موادی هستند که برای آنها χ کوچک و منفی است (حدود 10^{-5} -); این مواد دیامغناطیس نامیده می‌شوند، پاسخ مغناطیسی آنها با میدان مغناطیسی اعمال شده مخالفت می‌کند. نمونه‌هایی از دیامغناطیس‌ها مس، نقره، طلا، بیسموت و بریلیم هستند. ابررساناها گروه دیگری از دیامغناطیس‌ها با $\chi \approx -1$ را تشکیل می‌دهند [۵].

گروه دوم موادی هستند که χ آنها کوچک و مثبت و نوعاً 10^{-3} تا 10^{-5} است؛ اینها پارامغناطیس هستند. مغناطش پارامغناطیس‌ها ضعیف است ولی با میدان مغناطیسی اعمال شده همراستا می‌شوند. در دمای ثابت و برای میدان مغناطیسی H به نسبت ضعیف پذیرفتاری‌های مغناطیسی دیامغناطیس‌ها و پارامغناطیس‌ها ثابت هستند. در این شرایط، M متناسب با H است و مواد خطی نامیده می‌شوند. نمونه‌هایی از پارامغناطیس‌ها آلومینیوم، پلاتینیوم و منگنز هستند [۵].

حباب فوران یافته از گل‌فشان‌ها در بردارنده گازهای دی اکسید کربن و متان است. آب گل‌فشان‌ها شور و دارای مقادیر مختلف نمک فلزی (جدول ۱) است [۲].

با توجه به اینکه مواد موجود در گل از عناصر تشکیل دهنده‌ی بافت‌های حیاتی به شمار می‌روند، به نظر می‌رسد که خاصیت طبی داشته باشد و افراد محلی آن را برای درمان برخی بیماری‌های جلدی و مفصلی پیشنهاد می‌کنند [۳]. گفتنی است که بر پایه اطلاعات نگارندگان، در مورد ویژگی‌های مغناطیسی گل‌فشان‌ها و گل‌فشان مورد نظر تا کنون پژوهشی انجام نشده است. در ادامه پیرامون ویژگی‌های مغناطیسی مواد به اختصار توضیح داده می‌شود.

برای یک ماده‌ی خطی داریم $\vec{M} = \chi \vec{H}$ که در آن M گشتاور مغناطیسی بر واحد حجم (مغناطش) و χ پذیرفتاری مغناطیسی (بدون بعد) هستند. توجه شود که تعریف M ایجاب می‌کند که χ گشتاور مغناطیسی القایی باشد که با یک میدان مغناطیسی H بر واحد حجم فراهم شده است. وقتی پذیرفتاری منفی باشد، ماده به شکل دیامغناطیس و اگر پذیرفتاری مثبت و کوچک باشد، آنگاه ماده به صورت پارامغناطیس شناسانده می‌شود [۴].

پاسخ یک ماده‌ی مغناطیسی به یک میدان مغناطیسی

جدول ۱ مقادیر عناصر معدنی موجود در آب خروجی از گل فشان کنارک [۲].

Fe آهن	Pb سرب	Ca کلسیم	Mg منیزیم	Li لیتیم	K پتاسیم	Na سدیم	نوع عناصر
۲٫۷	۰٫۷	۶۸	۴۶	۵	۲۰٫۵	۲۵۰	غلظت بر حسب ppm

مرکزی دانشگاه سیستان و بلوچستان در گستره زاویه‌ای 80° – 5° و با آهنگ 0.2° درجه در ثانیه بررسی شد. پاسخ نمونه به میدان مغناطیسی اعمالی در دمای اتاق با مغناطیس‌سنج نوع ارتعاشی ساخت شرکت مغناطیس دقیق کویر کاشان در مرکز رشد دانشگاه کاشان بررسی گردید.

نتایج

نتایج برآمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی

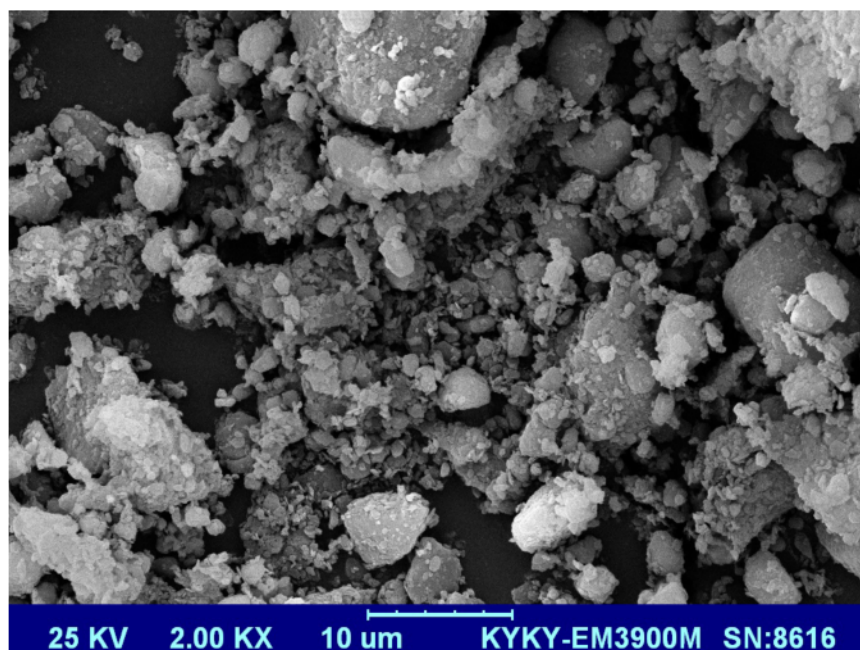
چند تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه‌ی پودر شده‌ی گل فشان منطقه تنگ با بزرگنمایی‌ها و مقیاس‌های متفاوت در شکل‌های ۶ تا ۸ نشان داده شده است.

متوسط اندازه ذرات بر اساس داده‌های هفت تصویر میکروسکوپ الکترونی با نرم افزارهای image J و SPSS 0.7 تا 0.12 میکرومتر به دست آمد. شکل ۹ توزیع تعداد ذرات را بر حسب اندازه آنها نشان می‌دهد. تعداد کل ذرات 1114 ، میانگین اندازه آنها $1.54 \mu m$ و انحراف معیار 2.38 به دست آمد.

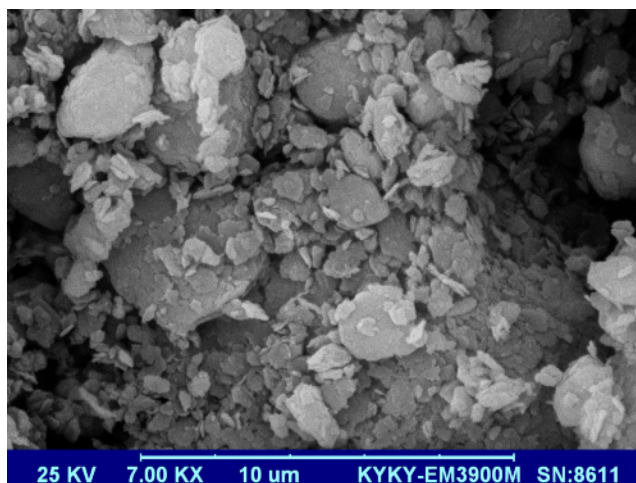
اغلب مواد مغناطیسی به طور گسترده شناخته شده جامدهای فرومغناطیس هستند که پذیرفتاری آنها مثبت، بسیار بیشتر از یک است و می‌توانند مقادیر 10^3 نوعاً حدود پنجاه تا ده هزار داشته باشند. نمونه‌هایی از چنین موادی آهن، کبالت، نیکل و برخی از فلزات خاکی نادر و آلیاژهای آنها هستند [۵]. دیگر گروه‌های مواد نظیر فری مغناطیس‌ها، پادفرومغناطیس‌ها و هلی مغناطیس‌ها از نظر مغناطیسی دارای نظم ولی با الگوهای متنوع و متفاوتی هستند [۵].

روش پژوهش

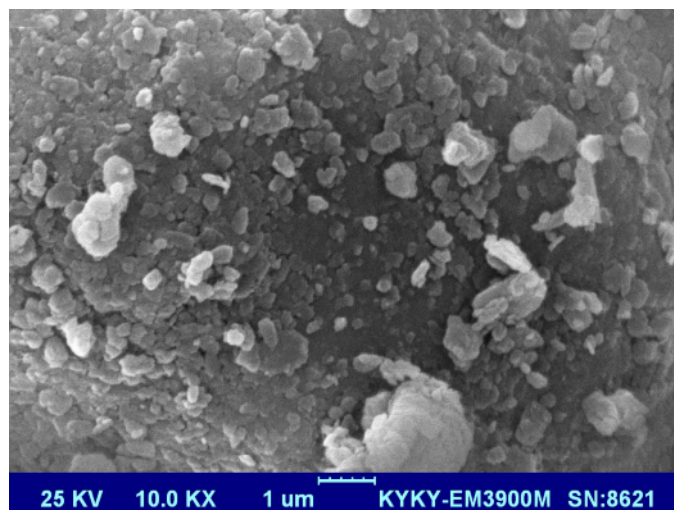
گل خشک شده‌ی گل فشان روستای تنگ (منطقه کنارک) از محل تهیه و در آزمایشگاه پیشرفته نانوذر مغناطیسی دانشگاه سیستان و بلوچستان به پودر تبدیل شد. این پودر با میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف سنج تبدیل فوریه فروسرخ و برای تعیین ساختار بلوری و همچنین اندازه بلورک‌ها با پراش سنج پرتو X نوع Advanced Bruker مدل D8 با هدف مس و پرتو K_{α} Cu با طول موج $1.540 \text{ \AA}$ در آزمایشگاه



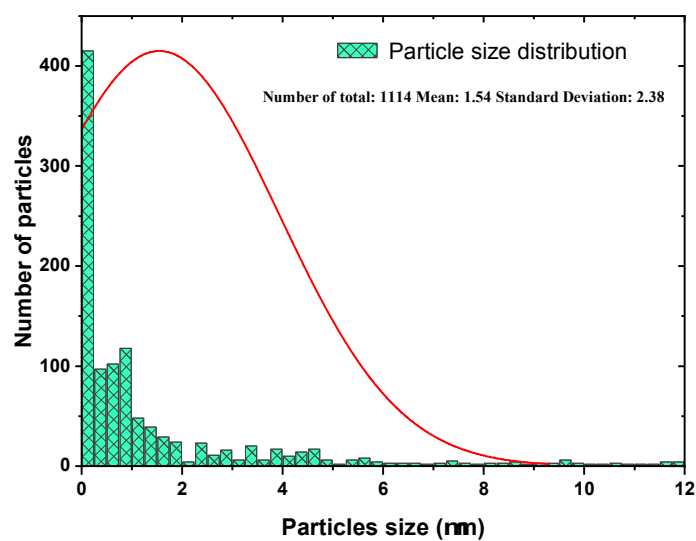
شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی دو هزار برابر و ولتاژ شتاب دهنده ۲۵ کیلو ولت.



شکل ۷ تصویر میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی هفت هزار برابر و ولتاژ شتاب دهنده ۲۵ کیلو ولت.



شکل ۸ تصویر میکروسکوپ الکترونی با بزرگنمایی ده هزار برابر و ولتاژ شتاب دهنده ۲۵ کیلو ولت



شکل ۹ نمودار توزیع و اندازه ذرات نمونه بر حسب تعداد ذرات

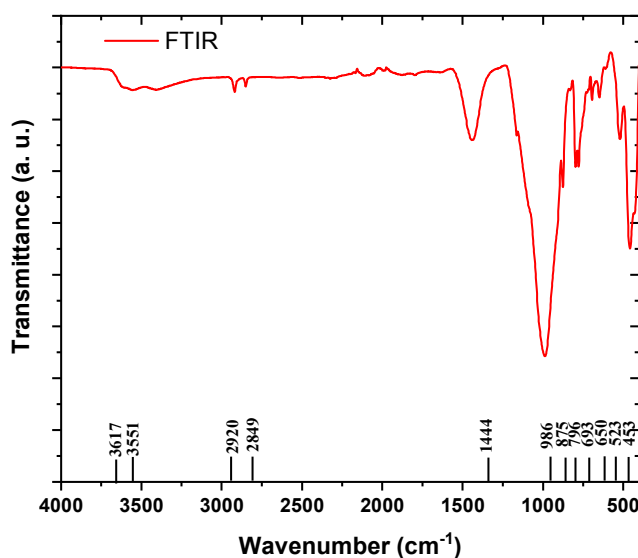
نتایج طیف سنجی تبدیل فوریه فروسرخ

دو کاربرد طیف فروسرخ عبارتند از الف) شناسایی ترکیب‌های معدنی و آلی توسط طیف استاندارد جذبی آنها و ب) به دست آوردن آگاهی در مورد ساختار مولکول [۶].

از آنجاکه طیف تبدیل فوریه فروسرخ نمونه در شکل ۱۰ عبور پرتو فروسرخ را نشان می‌دهد، دره‌ها، متناظر با قله‌های جذب هستند. عدد موج (عکس طول موج) قله‌های جذب دیده شده در جدول ۲ آورده شده است.

گل‌فشان بندر تنگ از توابع شهرستان کنارک در استان سیستان و بلوچستان دارای ترکیب‌های کانی متعددی چون

کربنات، کربوهیدرات، سیلیکات، کائولینیت سیلیکا، بنتونیت، آلومینات، ایلیت، اسمکتیت، کوارتز و کلسیت است. کانی‌های کربناتی از نظر ساختار بلوری در گروه کلسیت (سه گوشه) یا در گروه آراگونیت (راستگوشی) قرار می‌گیرند [۷]. از جابه‌جایی مشخص نوارهای جذب در کربنات‌های نوع کلسیت در گستره $3000 - 430 \text{ cm}^{-1}$ ، نوع کانی کربنات بسیار آسان شناسایی می‌شود. همچنین در صورت نیاز، با مندرج کردن، می‌توان به یک بررسی کمی در این کربنات‌ها دست یافت.



شکل ۱۰ طیف فروسرخ نمونه مورد بررسی.

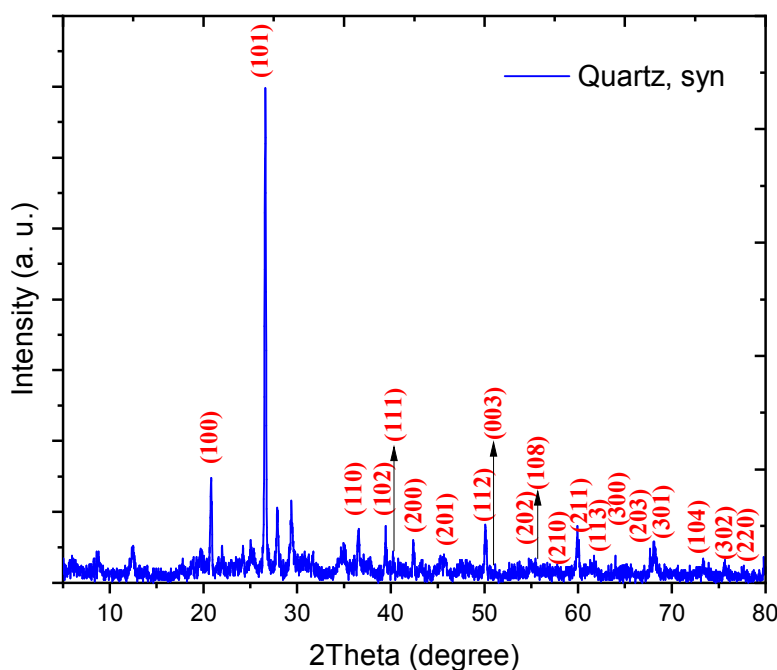
جدول ۲ قله‌های جذب در طیف فروسرخ نمونه مورد بررسی.

درصد عبور	عدد موج قله (cm^{-1})	پیوندها و کانی‌ها
۹۶	۲۶۵۰-۳۵۷۲, ۳۵۹۳	اکسیدها
۹۵	۶۴۹۱-۲۹۱۹, ۲۹۱۸	هیدروژن زنجیری-کربن
۹۶	۷۸۴۲-۲۵۵۰, ۲۸۵۰	هیدروژن زنجیری-کربن
۸۷	۰۳/۴۱-۱۴۴۳, ۱۴۴۲	کربنات‌ها
۸۸	۶۱۸۳-۱۱۶۲, ۱۱۶۲	کربوهیدرات‌ها
۴۶	۹۰۹۲-۰۹۸۷, ۰۹۸۶	شبه‌کاه‌های سیلیکات
۷۷	۳۴۴۰-۰۸۷۵, ۰۸۷۵	کربنات‌ها
۹۵	۶۱۴۹-۰۷۹۶, ۰۸۳۰	کربنات - کائولینیت
۸۳	۲۳۷۱-۰۷۷۸, ۰۷۹۶	کربن-کربن و کربن-هیدروژن
		حلقوی
۹۴	۰۴۹۵-۰۶۹۴, ۰۶۹۳	سیلیکا
۹۶	۲۷۰۸-۰۶۴۸, ۰۶۴۸	بنتونیت
۸۶	۷۱۷۲-۰۶۰۲, ۰۵۱۹	پیوند سیلیسیم-اکسیژن-آلومینیم
۶۴	۰۷۳۹-۰۵۱۸, ۰۴۵۷	پیوند سیلیسیم-اکسیژن-سیلیسیم
۷۲	۳۰۴۰-۰۴۵۶, ۰۴۳۱	کائولینیت-ایلپیت-اسمکتیت

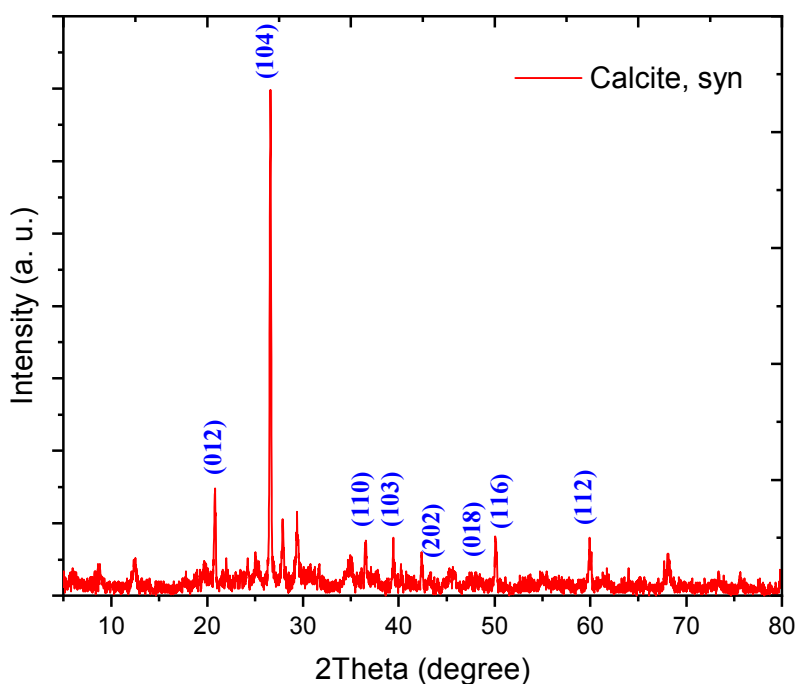
نتایج پراش پرتو X

طیف‌های پراش پرتو X پردازش شده با نرم افزار X'Pert در شکل‌های ۱۱ و شکل ۱۲ ارائه شده‌اند. مشخص شد که بلورهای ریز کوارتز و کلسیت در نمونه وجود دارند. در تحلیل

نتایج پراش پرتو X، قله‌های تیز و اصلی نمونه‌ها مربوط به کوارتز در شکل ۱۱ و کلسیت یا کلسیم کربنات (CaCO_3) در شکل ۱۲ نشان داده شده است که همخوانی خوبی با نتایج فتوحی و همکاران [۸] و همچنین نگارش و همکاران دارد [۱].



شکل ۱۱ طیف پراش پرتو X نشان دهنده قله‌های شاخص بلور کوارتز.



شکل ۱۲ طیف پراش پرتو X نشان دهنده قله‌های شاخص بلور کلسیت.

شش ضلعی با تقارن گروه نقطه‌ای $3m(\bar{3}2/m)$ و گروه فضایی $R\bar{3}c$ است. این گروه فضایی وابسته به یک شبکه براوه از نوع لوزی رخ (R) است. بنابراین، ثابت‌های یاخته یک را می‌توان برای هر دو حالت شش ضلعی و لوزی رخ مشخص کرد.

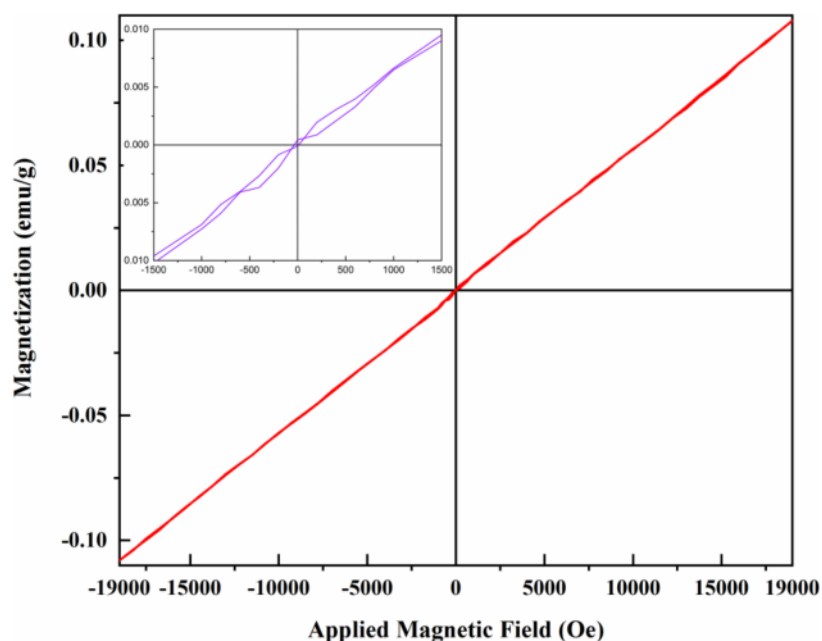
نتایج مغناطیس‌سنجی نمونه ارتعاشی

مشخصه‌یابی مغناطیسی مواد برپایه ارتباط تغییر شار و ایجاد نیروی محرکه و بر اساس قانون القای فارادی انجام می‌شود. شکل ۱۳ نمودار مغناطش نسبت به میدان مغناطیسی اعمالی را برای حدود یک گرم گل خشک شده‌ی پودری در دمای اتاق نشان می‌دهد. دیده می‌شود که مواد این گل‌فشان در ازای میدان مغناطیسی اعمال شده به نسبت بالا رفتاری خطی با پذیرفتاری جرمی $10^{-5} \times 4.47$ و تراوایی $10^{-6} \times 1.26$ دارند. همچنین در میدان‌های مغناطیسی خارجی ضعیف، رفتار به صورت فرومغناطیس بسیار ضعیف با میدان وادارندگی برابر با 45.682 اورستد (فرومغناطیس نرم)، و مغناطش در بیشینه میدان اعمالی 0.10794 emu/g و مغناطش مانده برابر $10^{-6} \times 276.08 \text{ emu/g}$ است. در میدان‌های پایین، نتایج مغناطیس‌سنجی این پژوهش با پژوهش درخشی و همکاران [۱۲، ۱۱] تقریباً شبیه است، زیرا بخشی از مواد تشکیل دهنده گل فشان مورد بررسی با مواد سنتز شده آنها یکسان است.

رضاپور و همکاران [۹] در پژوهش خود چند نوع بلور کوارتز درشت و خودشکل با ساختارهای متنوع و شکل‌های معمولی یا منشوری، سه گوش، شش گوش، شش گوش، موزو، دافینه، سوزنی، استلاگمیتی، فانتوم سبز رنگ، رشد موازی - مجموعه‌ای، شکل‌های چپ گرد و راست گرد و دو قلویی قاعده ژاپنی در طبیعت شناسایی کرده‌اند. نمونه کوارتز دیده شده در این پژوهش شش گوش است که ریشه طبیعی دارد. ثابت‌های شبکه آن $a = b = 4.913 \text{ \AA}$ ، $c = 5.405 \text{ \AA}$ ، $\alpha = \beta = 90^\circ$ و $\gamma = 120^\circ$ هستند.

کلسیت که بلوری رایج در طبیعت است، در مواد گل‌فشان این پژوهش نیز وجود دارد. سنگ مرمر و سنگ آهک از بلورهای کلسیت بسیار کوچک که با هم پیوند دارند تشکیل شده است. تک بلورهای بزرگ زیبا اگر چه کمیاب هستند بسیار می‌توانند مورد توجه هستند. کلسیت عمومی‌ترین ماده برای ساخت قطبش‌گرهای خطی به منظور استفاده در لیزرهای توان بالا است [۱۰]. کلسیت دیده شده در این پژوهش دارای ساختار شش گوش با ثابت‌های شبکه $a=b=4.989 \text{ \AA}$ ، $c=17.062 \text{ \AA}$ و حجم یاخته یک $367.85 \text{ \AA}^3$ است.

کوارتز از دستگاه بلوری سه گوش با گروه فضایی $P3_121$ برای بلورهای چپ گرد و $P3_221$ برای بلورهای راست گرد است. کلسیت نیز از دستگاه بلوری سه گوش دارای ساختار



شکل ۱۳ نمودار M-H نمونه پودری.

قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که به خاطر بحث‌ها و گفتگوهای علمی با آقای دکتر مجید آذرنگ در زمینه این کار پژوهشی، از ایشان تشکر نمایند. آنها همچنین از داوران بزرگوار که باعث بهتر شدن کار نهایی شده‌اند، کمال سپاس را دارند.

مراجع

- [7] Jamal T., "Identification of minerals by spectroscopy in the middle infrared (MW-IR) region (Case study: kaolinite and carbonates)", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 25th year, No. 1, pp 25 - 34, Spring 2017.
- [8] Fotoohi S., Negaresh H., "Investigation Morphological Characteristic and Chemical Composition of Naftlige Mud Volcano in Golestan Province", Eastern part of the Caspian Sea, Swedish Society for Anthropology and Geography, Vol. 98 (2016) No. 3, Pages 207-219, DOI:10.1111/geoa.12133
- [9] Rezapour M. R., Hajalioghli R., Moazen M., Simonz V., "Variety of self-forming quartz crystals in Qahroud region (south of Kashan) is a proof of various crystallization conditions of magmatic and thermal solutions", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2018) 3-12
- [10] Hecht E., Optics, 5th Ed., "ISBN 9780133977226, published by Pearson Education", (2017).
- [11] Derakhshi M., Shah Tahmasbi N., Arabi H., "Fabrication of magnetic hydroxyapatite nanocomposite and study of its structural and magnetic properties", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 26 (2019) 489-498.
- [12] Negaresh H., "Investigation of Pirgol mud volcano located in the east of Bazman volcano and its characteristics", Journal of Geography and Development, Fall and Winter, (2004) pp 191-208
- [1] Negaresh H., Fazi M., Taheri A., Rahmani M., Negaresh Z., "Geomorphological characteristics of Ain volcano and determination of mineral composition of water and its mud using physical and chemical methods", Journal of Geography and Planning (University of Tabriz), 16 (2012) No. 37, p 173-202
- [2] Abbasnejad A., Negaresh H., "Micromorphological Napag mud volcano of muddy flows", Geographical Quarterly, No. 8 (2011)
- [3] Negaresh H., Porgholamali F., "Investigation of some scientific and practical aspects of mud volcanoes", Applied Geology, V. 2 No. 2 pp 54 - 62
- [4] Blundell S., "Magnetism in Condensed Matter, Oxford University Press, 2001
- [5] Jiles D., "Introduction to Magnetism and Magnetic Materials", 1st Ed., Thomson Press (India) Ltd, New Delhi, 1991
- [6] Rozati S. M., Shadmani E., "Transparent Semiconductor Thin Film", University of Guilan Press, (2012).