

خصوصیات گوه‌رشناسی و کانی‌شناسی دمانتوئیدهای جنوب کرمان

مسعود کیانی^۱، سهیلا ساکی^{۲*}، فرشاد کیوانی^۳، حدیث صادقی^۴

۱ و ۳ و ۴ موسسه گوه‌رشناسی کیپا، دانشگاه خوارزمی

۲* دکترای پترولوژی، دانشگاه خوارزمی

۱۴۰۳/۱۱/۲۵

چکیده

برای اولین بار در سال ۱۳۸۰ گارنت دمانتوئیدهای ایران در استان کرمان و در زون زمین شناسی سنج - سیرجان کشف شد. سنگ میزبان این دمانتوئیدها سنگ‌های پریدوتیت سرپانتینی شده افیولیت حاجی آباد (اسفندقه) است. ویژگی‌های گوه‌رشناسی این دمانتوئیدها شامل شکل کریستالی منظم، رنگ زرد مایل به سبز تا سبز تیره، ضریب شکست ۱.۸۰ تا ۱.۸۲ و وزن مخصوص ۳.۸۱ تا ۳.۸۳ است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی این نمونه‌ها نشان می‌دهد که عنصر کروم عامل اصلی رنگ آنان است. اذخال‌ها در گوه‌ر سنگ‌ها یک شاخص مهم از ماهیت سنگ بوده و ممکن است ویژگی‌های خاص منشأ آنها را نشان دهد. بررسی ویژگی‌های میکروسکوپی این گارنت دمانتوئیدها از جمله وجود اذخال‌های سوزنی و دم اسبی، سنگ میزبان سرپانتینی را برای آنها تایید می‌کند. نتایج تجزیه شیمیایی توسط SEM نشان می‌دهد که عناصر C، O، Fe، Ca، Si، Mg و Al اجزای اصلی گارنت‌های مورد مطالعه هستند. طیف رامان نمونه‌های مورد بررسی، با طیف مرجع دمانتوئید مطابقت دارد. همچنین با بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت که دمانتوئیدهای جنوب کرمان مانند گارنت‌های روسی، ایتالیایی و پاکستانی منشأ سرپانتینی دارند.

واژگان کلیدی: دمانتوئید، گوه‌رشناسی، سرپانتین، جنوب کرمان، رامان.

مقدمه

*^۱ s.saki1390@gmail.com شماره تماس ۰۹۳۷۶۱۹۰۷۸۴

آندرادیت با فرمول شیمیایی $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ یکی از شش وارسته اصلی گروه گارنت می‌باشد [۱]. این کانی خود دارای سه گونه شامل دمانتوئید، ملانیت و توپازولیت می‌باشد که همراه اسکارن‌ها یا سرپانتینیت‌های دگرگون شده تشکیل می‌شوند. کانی دمانتوئید به رنگ سبز یکی از با ارزش‌ترین این گارنت‌ها می‌باشد. علت رنگ سبز در این کانی، حضور کروم در ساختمان آن می‌باشد. در سال ۱۸۵۳، کانی شناس فنلاندی، نیلز گوستاف نوردنسکیولد، ابتدا دمانتوئید را به عنوان گونه جدیدی از آندرادیت از نیژنی تاگیل در کوه‌های اورال مرکزی روسیه توصیف کرد [۲]. Nordenskiöld به دلیل درخشندگی استثنایی و پراکندگی بالا این ماده را دمانتوئید «الماس مانند» نامید. اولین ذخیره شناخته شده از این کانی در سال ۱۸۵۳ در کوه‌های روسیه کشف گردید که تا سال ۱۹۱۷ نماد جواهری روسیه شناخته می‌شد [۳]. در سال‌های اخیر ذخایر ارزشمندی از این گوهر در کشورهای روسیه، ایتالیا، ماداگاسکار، نامیبیا و پاکستان کشف گردیده است [۲، ۴-۸] (شکل ۱). اکثر گزارش‌ها در مورد دمانتوئید بر روی وقوع آن، شیمی بلور و خواص گوهرشناسی آن متمرکز شده‌اند [۹-۱۵]. دمانتوئید با کیفیت گوهری معمولاً در دو محیط زمین‌شناسی بسیار متفاوت یافت می‌شود [۸]: ۱- سرپانتینیت (مانند استان کرمان، ایران؛ وال مالنکو، ایتالیا؛ دره کاغان، پاکستان؛ و کوه‌های اورال، روسیه) و ۲- اسکارن (مثلاً ماداگاسکار و ارونگو، نامیبیا).

اکثر دمانتوئیدهای سرپانتینیت حاوی سوزن‌های بسیار ظریف و اغلب منحنی شکل هستند که عمدتاً از کریزوتیل، $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ، عضوی از گروه کائولینیت-سرپانتین تشکیل شده است. این ادخال‌ها مشخصه دمانتوئیدهای ایران، ایتالیا، پاکستان و روسیه هستند [۱۶]. اولین بار دمانتوئید در اکتبر سال ۲۰۰۱ در جنوب ایران در استان کرمان گزارش گردید [۳]. این گارنت‌ها در این ناحیه همراه سنگ‌های سرپانتینیتی مجموعه افیولیتی اسفندقه در جنوب کرمان یافت می‌شوند. [۱۷] تعدادی از گارنت دمانتوئیدهای این ناحیه را از نوع گارنت‌های سبز با پدیده چشم گربه معرفی کردند. با این حال، تنها سنگ‌های بسیار کمی از این محل تراش خورده و در تجارت گوهرسنگ‌ها ظهور پیدا کرده‌اند.

منطقه مورد مطالعه بین شهرهای جیرفت و بافت در استان کرمان در حدود ۹۶۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران قرار دارد. دمانتوئید مرغوب اولین بار در نزدیکی باغ برج که در منطقه‌ای سردسیر و کوهستانی قرار دارد، یافت شد. شکل ۲ الف و ب تصاویری از برخی معادن دور افتاده در منطقه را نشان می‌دهد. راه‌های روستایی بسیار ناهموار است و در فصل زمستان نمی‌توان با ماشین رفت و آمد کرد. از دیگر نواحی دارای گارنت که توسط ساکنان محلی سایر روستاهای این منطقه استخراج شده است می‌توان به سولویه، روزدر، آبدشت، سرگز، عنبرآباد، فتح آباد، دولت آباد و وکیل آباد اشاره کرد [۱۸]. با این حال، دمانتوئید با کیفیت جواهری هنوز در بیشتر این مکان‌ها یافت نشده است. تقریباً تمام تولیدات مهم تجاری در کوه‌های اطراف باغ برج استخراج شده است (شکل پ ۲). در حال حاضر تولید سالانه دمانتوئید از منطقه باغ برج چند هزار گرم مواد خام با کیفیت‌های مختلف برآورد می‌شود [۱۸]. نمونه‌های مرغوب

علاوه بر اینکه در داخل کشور به عنوان جواهر استفاده شده، هم به صورت سنگ‌های راف و هم تراش خورده به اروپا، هند و چین صادر می‌شود. هدف از این مطالعه شناسایی ویژگی‌های کانی‌شناسی و گوهرشناسی دمانتوئیدهای با میزبان سرپانتینیت در نزدیکی روستای باغ برج در بخش سوغان جنوب استان کرمان با استفاده از میکروسپکترومتری رامان لیزری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) است.

زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

افیولیت حاجی آباد که افیولیت اسفندقه [۲۰] نیز شناخته می‌شود با وسعت ۲۰۰۰ کیلومتر مربع بخشی از افیولیت‌های حاشیه روواندگی زاگرس می‌باشد که در جنوب کرمان در زون سنندج سیرجان واقع شده (شکل ۳) و به شدت تحت دگرسانی و فعالیت‌های تکتونیکی و دگرگونی قرار گرفته است. این مجموعه اولترامافیک - مافیک خود بخشی از افیولیت‌های تیتیسی اواخر کرتاسه شرق مدیترانه می‌باشد که از عمان تا قبرس ادامه دارند و طی کوهزایی آلپ-هیمالایا جایگیری کرده‌اند [۲۱-۲۳]. واحدهای سنگی این افیولیت شامل پریدوتیت‌های سرپانتینی شده (دونیت، هارزبورژیت و لرزولیت)، گابرو، سنگ‌های آتشفشانی و سنگ‌های رسوبی می‌باشد که توسط محقق مختلفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۲۴-۲۸]. مطالعات سنگ نگاری پریدوتیت‌های سرپانتینی شده میزبان گارنت‌های سبز در این ناحیه نشان می‌دهد این سنگ‌ها دارای کانی‌های کریزوتیل، آنتی گوریت، لیزاردیت، کرومیت، کلسیت، مگنتیت، کلریت و گارنت می‌باشند. گارنت‌های سبز افیولیت حاجی آباد در اطراف روستای باغ برج و در بخش‌های به شدت دگرسان شده سرپانتین‌های آریست دار دیده می‌شود. گارنت‌ها در این ناحیه به صورت خوشه‌ای، تک بلور برجا و به وجه دار یا بلورهای بی وجه که به صورت پلاسری در درون آبراهه‌ها یافت می‌شوند (شکل ۴).

روش کار

پس از جدا سازی بلورهای گارنت‌های سبز ناحیه مورد مطالعه، تعداد ۲۰ نمونه بلور سالم در موسسه گوهر شناسی دانشگاه خوارزمی تهران مورد تراش فست قرار گرفت. سپس توسط دستگاه‌های گوهر شناسی از جمله میکروسکوپ گوهر شناسی، پلاریسکوپ، رفرکتومتر، دایکروسکوپ، اسپکتروسکوپ، ترازوی SG و دستگاه یو وی موج کوتاه مورد تست‌های گوهر شناسی قرار گرفتند. همچنین شناسایی فازهای درونی و عناصر شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی - (SEMFE مدل TeScan - Mira III) با پوشش دهی نمونه‌ها به وسیله طلا در دانشگاه صنعتی شریف و و طیف سنجی میکرو رامان (لیزر با طول موج ۵۳۲ نانومتر، محدوده طیف سنجی: ۱۰۰-۱۴۰۰۰ cm⁻¹ وضوح طیف سنجی: ۱۶ cm⁻¹ پهنای لیزر کامل نیمه حداکثر (FWHM): ۰.۰۲ nm در دانشگاه صنعتی شاهرود، انجام گرفت.

گوهر شناسی

از لحاظ کانی شناسی نمونه های مورد مطالعه به صورت خوشه ای و تک بلور مشاهده می شوند. شکل بلوری گارنت دمانتوئیدهای برجا که به خوبی رشد کرده اند رومبیک دودکاهدرون (شکل ۴) می باشد که اندازه آنها از یک میلیمتر تا ۳ سانتی متری متغیر بوده و در تعدادی از نمونه ها حالت دوقلوئی (ماکل) واضح می باشد (شکل ۵) و رنگ آنها از زرد مایل به سبز تا سبز سیر متغیر می باشد. خلاصه مشخصات گوهرشناسی نمونه های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. این گارنت ها از لحاظ شفافیت translucent می باشند. از لحاظ ویژگی های نوری این گارنت ها دارای ضریب شکست IR ۱,۸۰ تا ۱,۸۲ بوده همچنین وزن مخصوص آنها از ۳,۸۱ تا ۳,۸۳ می باشد. اینکلوژن های این گارنت ها در بیشتر موارد شامل کانی های رشته ای سرپانتین، کرومیت، فینگر پرینت و نکاتیو کریستال می باشند. کانی کریزوتیل در این گارنت ها به صورت رشته های مو مانند پراکنده یا تجمعی به صورت هورس تایل (دم اسبی) مشاهده می شوند. از اینکلوژن های شاخص این گارنت ها می توان به فینگر پرینت (اثر انگشت) و اینکلوژن های دو فازی (مایع-گاز) اشاره کرد. در این گارنت ها فینگر پرینت ها به دو صورت فینگر پرینت های ریز و فینگر پرینت های درشت دیده می شوند (شکل ۶).

مطالعات میکروسکوپ الکترونی

تصویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه های مورد مطالعه حضور اینکلوژن های سوزنی و هورس تایل (دم اسبی) آریست را در نمونه های مورد مطالعه به اثبات می رساند. این اینکلوژن ها نسبت به زمینه دارای رنگ تیره تر می باشند (شکل ۷). در این تصویر آریست ها به صورت رشته های تیره مشخص می باشند. تصاویر آنالیز نقشه ای از نمونه مورد مطالعه نشان می دهد که تجمع اکسیژن، منیزیم و آهن در نواحی آریست دار بیشتر بوده و بر عکس تجمع عنصر Si و Ca در زمینه گارنت بیشتر می باشد. همچنین در این تصاویر حضور عنصر کروم در نمونه های مورد مطالعه به صورت یکنواخت می باشد. نتایج آنالیز شیمی به روش SEM نشان می دهد که عناصر Al, O, C, Fe, Ca, Si, Mg اصلی تشکیل دهنده گارنت های مورد مطالعه می باشند و عنصر Cr اولین عنصر فرعی این گارنت ها بوده و از عناصر Ni, V, Ti و CO تهی هستند. این گارنت ها دارای مقدار ۳۵,۶ Mg Wt% و ۸,۱ Fe Wt% در قسمت تیره تر متمرکز می باشند. همچنین Si با مقدار ۱۰ Wt% و ۱۳,۱ Ca Wt% در قسمت زمینه بیشتر می باشد (شکل ۸).

طیف سنجی رامان

طیف‌سنجی رامان یک تکنیک پراکندگی نور غیرکشسان است که به طور گسترده برای مطالعه خواص نوسانی جامدات، مایعات و گازها استفاده می‌شود [۲۹-۳۰]. اثر رامان اولین بار در سال ۱۹۲۸ گزارش شد [۳۱]. کار دوم که بعداً در همان سال منتشر شد، قبلاً پراکندگی رامان را در نمونه‌های کانی‌شناسی توصیف کرده بود [۳۲] اما عمده‌تاً برای چندین دهه تنها برای مطالعات فیزیک و شیمی استفاده می‌شد. به طور کلی، تنها چند تجزیه و تحلیل محدود بر روی کانی‌ها می‌توانست انجام شود، زیرا طیف‌سنج رامان به هیچ میکروسکوپی متصل نبود، و بنابراین اندازه‌گیری کانی‌های کوچک کاری پیچیده و دشواری بود. در اواسط دهه ۱۹۷۰ زمانی که اولین میکروسکوپ‌های رامان در فرانسه [۳۳-۳۴] در دسترس بودند، شرایط تغییر کرد و در ایالات متحده آمریکا [۳۵-۳۶] میکروسکوپ‌های بسیار مناسب برای مطالعات گهرشناسی (رزولوشن فضایی حدود m_1) ساخته شد. مدت کوتاهی پس از آن، کاربرد این روش در گهرشناسی آغاز شد [۳۷]. از دهه ۱۹۹۰ اندازه طیف‌سنج‌های رامان کوچک‌تر، آشکارسازهای آنها حساس‌تر (مانند CCD) و مقرون به صرفه‌تر شدند. از آن زمان تاکنون استفاده از این ابزارها در آزمایشگاه‌های گهرشناسی به تدریج افزایش داشته است. اگرچه سال‌ها از آنالیز رامان برای تحقیقات کانی‌شناسی استفاده شده است به عنوان مثال [۳۸-۳۹] اما این یک تکنیک نسبتاً جدید در اکثر آزمایشگاه‌های گهرشناسی است. با این وجود، چندین نویسنده کاربردهای گهرشناسی میکروطیف‌سنجی رامان را توصیف کرده‌اند، که ابزاری عالی برای تجزیه و تحلیل غیرمخرب اینکلوزن‌ها در سنگ‌های قیمتی است [۴۰-۴۲]. اثر شیفت رامان اندازه‌گیری شده توسط این ابزار به دلیل ارتعاشات مولکولی درون یک ماده، در طی قرار گرفتن در معرض یک منبع نور شدید تک رنگ، معمولاً یک لیزر مرئی است [۴۳-۴۴]. کانی‌هایی که دارای ساختارهای کریستالی متفاوتی هستند را می‌توان به کمک پیک‌های مختلف در طیف‌های رامان مربوطه خود، متمایز کرد [۴۵]. با این حال، حتی کانی‌های ایزومورف (یعنی کانی‌هایی که ساختار بلوری مشابه اما ترکیبات شیمیایی متفاوتی دارند) ممکن است با تجزیه و تحلیل رامان از یکدیگر متمایز شوند (به عنوان مثال [۴۶]). در این مطالعه، ما آنالیز طیف‌سنجی رامان را بر روی ۴ نمونه دمانتوئید جنوب کرمان انجام دادیم. نتایج آن در شکل ۹ آورده شده است. علاوه بر این ما نتایج طیف‌سنجی رامان نمونه‌های دمانتوئید جنوب کرمان را با طیف مرجع دمانتوئید مقایسه کرده‌ایم (شکل ۱۰). همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، طیف‌های رامان این مطالعه تطابق خوبی با طیف مرجع دمانتوئید دارند.

بحث

گارنت‌های دمانتوئیدی داری دو تیپ ذخیره می‌باشند [۴۸]: تیپ اول شامل گارنت‌های دمانتوئیدی که سنگ میزبان آنها سنگ‌های سرپانتینی بوده (همانند ذخایر دمانتوئید روسیه، ایتالیا و پاکستان) [۳]، [۹] و [۴۹] و نوع دوم شامل ذخایر است که سنگ میزبان آنها اسکارن می‌باشد (همانند ماداگاسکار و نامیبیا) [۵۱-۵۰]. اصولاً سنگ‌های سرپانتینی همراه افیولیت‌ها اصولاً در طی فرایندهای

تکتونیک و جایگزینی در حاشیه قاره‌ها دچار فرایندهای دگرگونی و دگرسانی متعدد می‌گردند که این فرایندها خود عامل اصلی تشکیل این گارنت‌ها می‌باشد. مهمترین اینکلوزن در گارنت‌های نوع سرپانتینیتی رشته‌های کانی آزبست می‌باشد [۴۹] [۵۲]. کانی آزبست چه به صورت مویی یا هورس تایل در دمانتوئیدهای جنوب کرمان به وفور یافت می‌شود که یکی از شاخص‌های منشأ سرپانتینی این گارنت‌ها می‌باشد. این گارنت‌ها بر خلاف گارنت‌های روسیه که دارای کانی دیوپسید می‌باشند [۱۲] فاقد این کانی بوده و به دمانتوئیدهای ایتالیا و پاکستان شبیه اند. همانگونه که قبلاً اشاره شد دمانتوئیدهای مورد مطالعه دارای کانی‌های اوپک با جلای فلزی می‌باشند که با توجه به حضور معادن کرومیت متعدد در ناحیه مورد مطالعه [۵۳-۵۵] می‌توان گفت این کانی‌های اوپک، کرومیت می‌باشند. فینگر پرینت‌ها در دمانتوئیدهای مورد مطالعه شامل دو نوع درشت و ریز می‌باشند که می‌توان گفت نوع درشت مربوط به فعالیت‌های تکتونیک شدید، و فینگر پرینت‌های ریز به فعالیت‌های تکتونیک ضعیف‌تر مربوط می‌شوند که در کانی شکستگی‌ها توسط سیالات ثانویه پر شده اند. طبق آنالیزهای انجام شده میزان عنصر C در نمونه‌های مورد مطالعه ۱۶,۶ Wt% می‌باشد که با توجه به حضور فینگر پرینت‌های درشت و ریز پر شده در این دمانتوئیدها، می‌توان به حضور این سیالات مربوط دانست. این آنالیزها همچنین نشان می‌دهند که عنصر کرومیوم با میزان ۰,۳ Wt% به صورت یکنواخت در کل کانی پراکنده شده و عامل رنگ سبز در این دمانتوئیدها می‌باشد. میزان عنصر کلسیم دمانتوئیدهای مورد مطالعه ۱۳,۱ Wt% می‌باشد که با توجه به مطالعات [۵۶-۵۷] می‌توان گفت یون کلسیم برای تشکیل این گارنت‌ها می‌تواند در طی دگرسانی‌های شدید سنگ‌های پریدوتیتی کانی‌های فرومنیزین کلسیم دار (سری دیوپسید در پیروکسن‌ها) تامین شده و سپس این کلسیم آزاد شده تحت تاثیر سیالات وارد کانی‌های کلسیم دار می‌شوند.

نتیجه گیری

گارنت دمانتوئیدهای جنوب کرمان یکی از شناخته شده‌ترین انواع دمانتوئیدها در جهان هستند. این گوه‌ها دارای شکل بلوری منظم و رنگ سبز تا زرد مایل به سبز بوده و دارای ضریب شکست نور ۱,۸۰ تا ۱,۸۲ و همچنین وزن مخصوص آنها از ۳,۸۱ تا ۳,۸۳ می‌باشند. بررسی ویژگی‌های میکروسکوپی این دمانتوئیدها از جمله وجود اذخال‌های سوزنی و دم اسبی در آنها، وجود سنگ میزبان سرپانتین را برای آنها تأیید می‌کند. نتایج آنالیز شیمی توسط SEM نشان می‌دهد که عناصر Al, O, C, Fe, Ca, Si, Mg عناصر اصلی تشکیل دهنده گارنت‌های مورد مطالعه می‌باشند و عنصر Cr اولین عنصر فرعی این گارنت‌ها می‌باشد که از طی دگرسانی سنگ‌های پریدوتیتی کرومیت دار از آنها خارج شده و در مراحل رشد بلورهای دمانتوئید وارد ساختمان این کانی شده است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی این نمونه‌ها موید آنست که عنصر کروم عامل رنگ است. سنگ‌های سرپانتین با افیولیت‌ها در طی فرآیندهای

تکتونیک و جایگزینی در حاشیه حاشیه قاره‌ها تحت فرآیندهای دگرگونی و دگرسانی مختلفی قرار می‌گیرند که این فرآیندها عامل اصلی تشکیل این گارنت‌ها هستند.

مجله دانش

[1] O'Donoghue M., "Gems, 6th edn. "Butterworth- Heinemann, Oxford, (2006) 874 pages.

- [2] Eichmann E., Nils von Nordenskiöld. "Transactions of the St". Petersburg Emperor's Mineralogical Society, Series 2, 5, (1870) 189–192.
- [3] Phillips W.R., Talantsev A.S." *Russian demantoid, czar of the garnet family*". Gems & Gemology, 32, (2), (1996) 100–111, <http://dx.doi.org/10.5741/gems.32.2.100>.
- [4] Du Toit G., Mayerson W., van der Bogert C., Douman M., Befi R., Koivula J.I. and Kiefert L. "Demantoid from Iran". Gems & Gemology, 42(3), (2006) 131.
- [5] Quinn E.P. "Gem News International: Demantoid from northern Pakistan". Gems & Gemology, 41(2), (2005) 176–177.
- [6] Lind Th., Henn U. and Bank H. "New occurrence of demantoid in Namibia". Australian Gemmologist, 20 (2), (1998) 75–79.
- [7] Pezzotta F., Adamo I. and Diella V., "Demantoid and topazolite from Antetezambato, northern Madagascar: Review and new data". Gems & Gemology, 47, (1), (2011) 2–14, <http://dx.doi.org/10.5741/gems.47.1.2>.
- [8] Adamo I., Gatta G.D., Rotiroti N., Diella V. and Pavese A., "Green andradite stones: Gemmological and mineralogical characterisation". European Journal of Mineralogy, 23 (1), (2011) 91–100, <http://dx.doi.org/10.1127/0935-1221/2011/0023-2079>.
- [9] Misiorowski, E.B. & Hays, N.K.. "Jewels of the Edwardians". Gems & Gemology, 29(3), (1993) 152–171, <https://doi.org/10.5741/gems.29.3.152>.
- [10] Gill J.O., "Demantoid: The complete story". Lapidary Journal, 32(7), (1978) 1542–1545.
- [11] Quinn E.P. & Laurs B.M. "Gem News International: Demantoid from northern Pakistan". Gems & Gemology, 41(2), (2005) 176–177.
- [12] Pavese A., Diella V., Pischedda V., Merli M., Bocchio, R. & Mezouar M. "Pressure-volume-temperature equation of state of andradite and grossular, by high-pressure and -temperature powder diffraction". Physics and Chemistry of Minerals, 28(4), (2001) 242–248, <https://doi.org/10.1007/s002690000144>.
- [13] -Milisenda C.C., Henn U., Henn J. "Demantoide aus Pakistan". Gemmologie, Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft, 50 (1), (2001) 51–56.
- [14] Adamo I., Bocchio R., Diella V., Caucia F. & Schmetzer K., "Demantoid from Balochistan, Pakistan: Gemmological and mineralogical characterization". Journal of Gemmology, 34(5), (2015) 428–433, <https://doi.org/10.15506/JoG.2015.34.5.428>.
- [15] Krzemnicki M.S. "Diopside needles as inclusions in demantoid garnet from Russia: A Raman microspectrometric study". Gems & Gemology, 35 (4), (1999) 192–195. <http://dx.doi.org/10.5741/gems.35.4.192>.

- [16] Palke A.C. & Pardieu V. "Gem News International: Demantoid from Baluchistan Province in Pakistan". *Gems & Gemology*, 50 (4), (2014). 302–303.
- [17] Douman M., Dirlam D. (2004) "Gem News International: Update on demantoid and cat's-eye demantoid from Iran". *Gems & Gemology*, 40 (1), 67–68.
- [18] Ahadnejad V., Krzemnicki M.S., Hirt, A.M, "Demantoid from Kerman Province, South-east Iran: A Mineralogical and Gemmological Overview", *The Journal of Gemmology*, 38 (4), (2022), 329–347, <https://doi.org/10.15506/JoG.2022.38.4.329>.
- [19] Giuliani G., Pignatelli I., Fallick A., Boyce A., Andriamamonjy A., Razafindratsimba S., Khan, T. "Gem andradite garnet deposits demantoid variety". *InColor*, 36, (2017) 28-39.
- [20] Shafaii Moghadam H., Stern R.J. "Geodynamic Evolution of Upper Cretaceous Zagros Ophiolites: Formation of Oceanic Lithosphere above a Nascent Subduction Zone". *Geological Magazine*, 148, (2011) 762-801. <http://dx.doi.org/10.1017/S0016756811000410>
- [21] Shafaii Moghadam H., Mosaddegh H., Santosh M. "Geochemistry and petrogenesis of the Late Cretaceous Haji-Abad ophiolite Outer Zagros Ophiolite Belt, Iran implications for geodynamics of the Bitlis–Zagros suture zone", *Geological Journal* 48(6), (2013) 579-602.
- [22] Hassanipak A. A., Ghazi A. M. "Petrology, geochemistry and tectonic setting of the Khoy ophiolite, Northwest Iran". *Journal of Asian Earth science*, 18, (1999) 43-55.
- [23] Dilek Y., Delaloye M., "Structure of kizilda ophiolite, a slow – spread Cretaceous ridge segment north of the Arabian promontory"., *Geology*. 20, (1992) 19-22.
- [24] Sabzehei M. "Les Mélanges Ophiolitiques de la Région d'Esfandagheh (Iran Méridional). Étude Péetrologique et Structural. Interprétation dans le Cadre Iranien" [Thèse Doctorat État]: Grenoble, Université Scientifi que et Médicale de Grenoble, (1974) 306 p.
- [25] Sabzehei M. "Upper Proterozoic–Lower Paleozoic ultramafic–mafic association of southeast Iran, Product of an ophiolitic magma of Komatiitic affinity", *International Ophiolite Symposium, Finland, Abstracts*, (1998) 201.
- [26] Ghasemi H., Juteau T., Bellon H., Sabzehei M., Witechurch H., Ricou L. M. "The mafic–ultramafic complex of Sikhoran (central Iran): a polygenetic ophiolitic complex". *Geoscience*, 334, (2002) 431–438.
- [27] -Najafzadeh A. R., Ahmadipour H. "Using platinum-group elements and Au geochemistry to constrain the genesis of podiformchromitites and associated peridotites from the Soghan mafic–ultramafic complex, Kerman, southeastern Iran". *Ore Geology. Review.* 60, (2014) 60–75.

[28] Jannessary M. R., Melcher F., Lodziak J., Meisel T. C. "Review of platinum-group element distribution and mineralogy in Chromitite ores from southern Iran", Ore Geology, Reviews, 48, (2012) 278–305.

[29] Nasdala, L., Smith, D. C., Kaindl, R. & Ziemann, M., "Raman spectroscopy: analytical perspectives in mineralogical research". In: Beran, A. & Libowitzky, E. (eds) Spectroscopic Methods in Mineralogy. Eötvös University Press, Budapest, European Mineralogical Union Notes in Mineralogy, 6, (2004) 281–343.

[30] Frezzotti, M. L., Tecce, F. & Casagli, A. "Raman spectroscopy for fluid inclusion analysis". Journal of Geochemical Exploration, 112, (2012) 1–20.

[31] Raman, C. V. "A new radiation". Indian Journal of Physics, 2, (1928) 387–398.

[32] Landsberg G, Mandelstam. L, (1928) Naturwissenschaften, 16, 557–558.

[33] Delhay M, Dhamelinourt P., J "Raman Spectrosc", 3, (1975) 33–43.

[34] Dhamelinourt P. Bisson, "Microsc". Acta 79 (1977) 267–276.

[35] Rosasco G.J., Etz. E.S., Cassatt. W.A., Appl., "Spectrosc". 29, (1975) 396–404.

[36] Rosasco G.J., Roedder E., Simmons J.H., "Science" 190, (1975), 557–560.

[37] Lasnier B, (2010). Pers. Comm.

[38] Moore R.K., White B.W., Long T.V. "Vibrational spectra of the common silicates: I. The garnets". American Mineralogist, 56, (1971) 54–71.

[39] Griffith W.P. "Advances in the Raman and infrared spectroscopy of minerals. In R.J.H. Clark and R.E. Hester, Eds.," Spectroscopy of Inorganic-Based Materials, Wiley & Sons, New York, (1987) 119–186.

[40] Delé-Dubois M.L., Dhamelinourt P., Schubnel H.J., "Etude par spectrométrie Raman d'inclusions dans les diamants, saphirs et émeraudes". Revue de Gemmologie, a.f.g., 63, (1980) 11–14, and Vol. 64, pp. 13–14.

[41] Hänni H.A., Schubiger B., Kiefert L., Häberli S. "Raman investigations on two historical objects from Basel Cathedral: The Reliquary Cross and Dorothy Monstrance". Gems & Gemology, 34 (2), (1998) 102–125.

[42] Koivula J.I., Elen S. "Barite inclusions in fluorite". Gems & Gemology, 34 (4), (1998) 281–283.

[43] Long D.A. (1977) "*Raman Spectroscopy*". McGraw-Hill International Book Co., New York.

[44] McMillan P.F., Hofmeister A.M. "*Infrared and Raman spectroscopy. In F.C. Hawthorne, Ed., Spectroscopic Methods in Mineralogy and Geology, Mineralogical Society of America*", Reviews in Mineralogy, Vol. 18, Chap. 4, (1988) 99–159.

[45] Maestrati R. "*Contribution à l'édification du catalogue Raman des gemmes*". Unpublished diploma thesis, Diplôme d'Université de Gemmologie, Université de Nantes, France (1989).

[46] Pinet M., Smith D.C., "*Raman microspectrometry of garnets $X_3Y_2Z_3O_{12}$: I. The natural calcic series uvarovite-grossular-andradite*". Schweizerische Mineralogische Petrographische Mitteilungen, 73, (1993) 21–40.

[47] Kiefert, L. & Koivula, J.I., "*Idol's eyes: Chatoyant demantoid*". AGTA GTC's Laboratory (2005) Update, May.

[48] -Barrois O., Giuliani G., Hafeznia Y., Zeenabad H.A., Rakotondrazafy A.F.M., Ohnenstetter D., Fallick A.E., Mathieu S. and Rouer O., "*Caractéristiques minéralogique et chimique des grenats démantoides de Bagh Borj (Iran) et d'Antetazambato (Madagascar): conséquences géologiques. 2ème partie, études minéralogique et chimique*". Revue de Gemmologie AFG 183: (2013) 10-15.

[49] -Milisenda C.C., Henn U., Henn J., "*Demantoide aus Pakistan*". Gemmologie, Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft, 50 (1), (2001) 51–56.

[50] Mocquet B., Lulzac Y., Rondeau B., Fritsch E., Le Quéré J., Mohamady B., Crenn G., Lamiraud C. & Scalie S. "*Ambanja, premier gisement d'andradite démantoides à Madagascar*". Revue de Gemmologie AFG (2009) 169: 4-8.

[51] Hoskin P.W.O., Grapes R.H., Catchpole H., Klaudius J. "*Horse-tail inclusions in demantoid from Val Malenco, Italy*". Journal of Gemmology, 28 (6), (2003) 333–336.

[52] Koivula J.I., Elen S. "*Barite inclusions in fluorite*". Gems & Gemology, 34 (4), (1998) 281–283.

[53] Pour A.B., Hashim M. "*a. Identification of hydrothermal alteration minerals for exploring of porphyry copper deposit using ASTER data, SE Iran*". Journal of Asian Earth Sciences 42, (2011) 1309-23.

[54] Pour A.B., Hashim, M. (2011)b. Spectral transformation of ASTER data and the discrimination of hydrothermal alteration minerals in a semi-arid region, SE.

[55] Peighambari S., Uysal I., Stosch H. G., Ahmadipour H., Hadrian H. "*Genesis and tectonic setting of ophiolitic chromitites from the Dehsheikh ultramafic complex (Kerman, southeastern Iran): Inferences from Platinum-group elements and chromite compositions*". Ore Geology Reviews, 74, (2016) 39–51.

مجله دانش زمین

**Demantoids from south Kerman, Iran: Gemological
and Mineralogical Characterization**

Masoud kiani¹, Soheila Saki^{*,†}, Farshad keivani[‡], Hadis Sadeghi⁴

1, †, 4 Kipa Gemology Institute, Kharazmi University, Tehran, Iran.

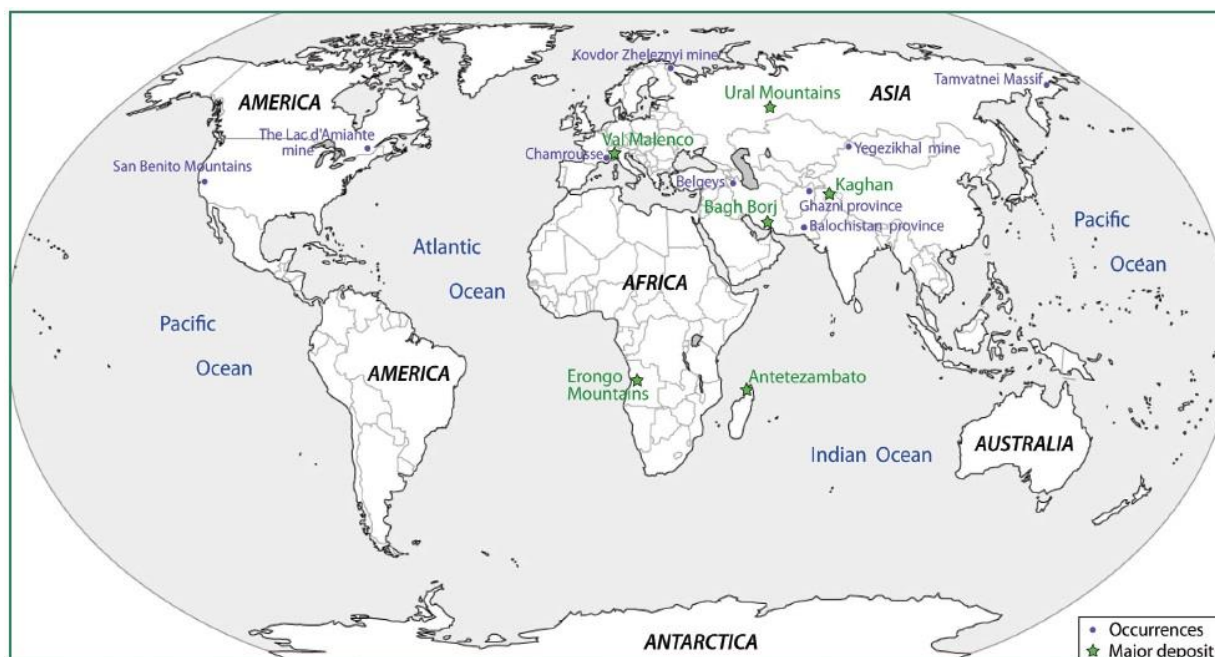
** †Ph.D of petrology, Kharazmi University, Tehran, Iran.*

**s.saki1390@gmail.com*

Abstract

For the first time in 2001, demantoid garnet from Iran was discovered in Kerman province and in Sanandaj- Sirjan geological zone. The host rock of these demantoids is the serpentized peridotite rocks of the Haji Abad ophiolite (Esfandagheh). It has gemological features including regular crystalline shape, greenish yellow to dark green color, the refractive index of 1.80 to 1.82, and a specific gravity of 3.81 to 3.83. The electron microscope images of these samples indicate that the chromium element is the color agent. Inclusions in gemstones are an important indicator of the nature of a stone and may, additionally, be a characteristic feature of a particular origin. Also, the study of the microscopic features of this garnet demantoids, including the presence of needle inclusions and horsetail in them, confirms the serpentine host stone for them. The results of chemical analysis by SEM show that the O, C, Fe, Ca, Si, Mg and Al elements are the components main elements of the studied garnets. The Raman spectra of the analyzed studied samples, showed compatibility with demantoid reference spectrum. Also, according to the studies, it can be said that the southern Kerman demantoids like the Russian, Italian and Pakistan garnets, have the Serpentine origin.

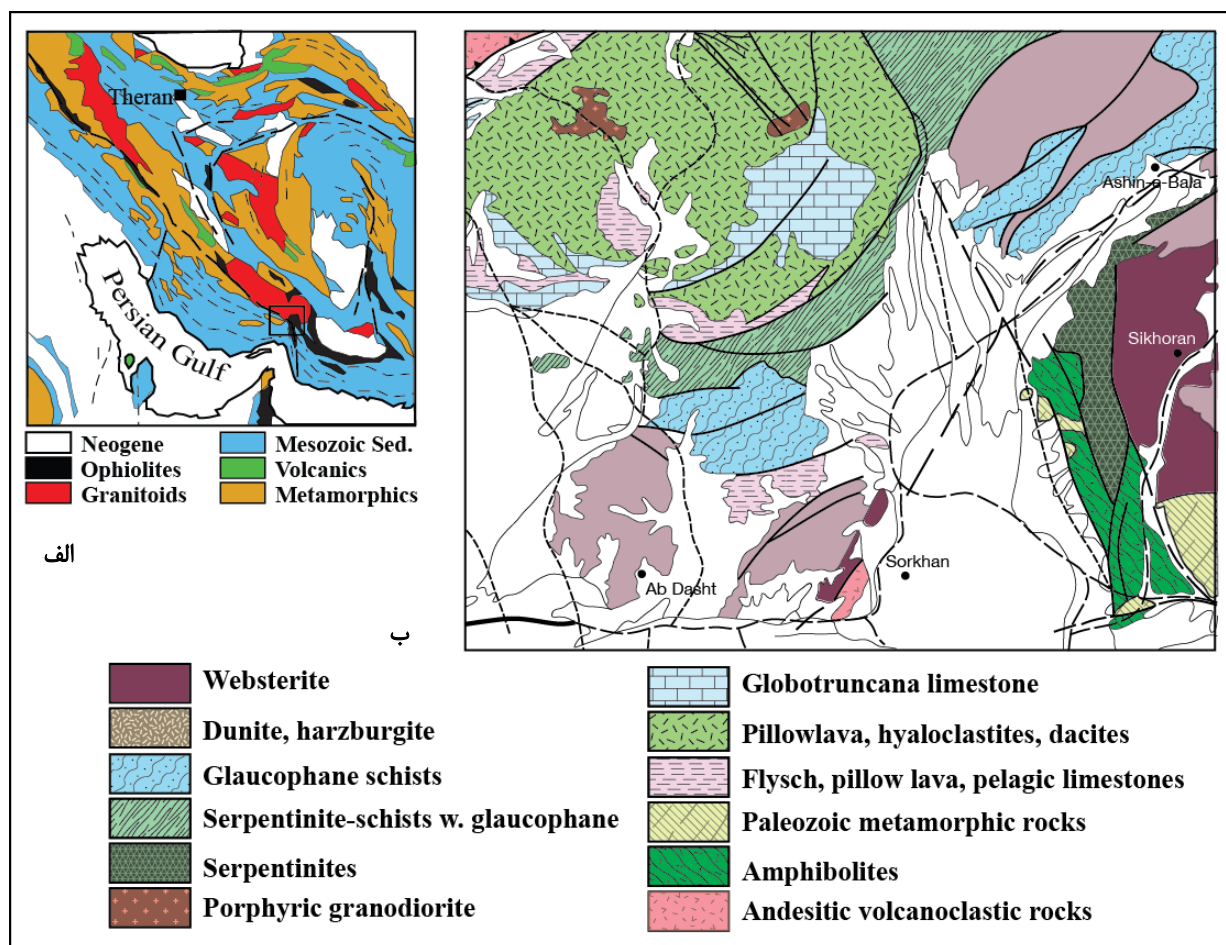
Key word: Demantoid- Gemology- Serpentine - South Kerman- Raman.



شکل ۱- نقشه نشان دهنده پراکندگی گارنت دمانتوئید در سراسر جهان برگرفته از [۱۹].



شکل ۲- الف و ب تصاویری از معادن محلی در باغ برج، پ- تصاویری از نمونه‌های راف منطقه مورد مطالعه.



شکل ۳الف- نقشه زمین شناسی ایران نشان دهنده پراکندگی افیولیت ها و محل منطقه مورد مطالعه که با علامت مربع مشخص شده است.
ب- زمین شناسی منطقه سرخان که توده های اولترامافیک که حاوی عدسی های مگنیزیت و ملانژهای که توسط شیبست های سریانیتینی دارای گلوکوفان تشکیل شده اند.



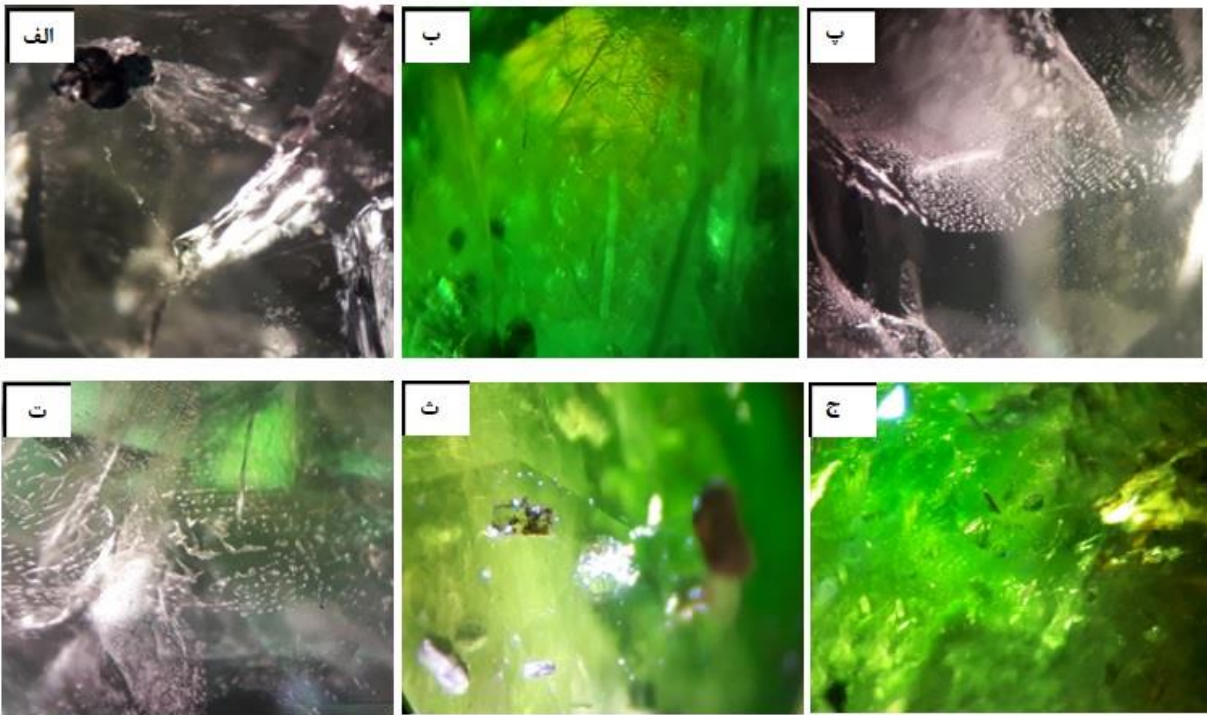
شکل ۴: تصاویری گارنت دیمانته‌های جنوب کرمان. همانطور که مشاهده می‌کنید، برخی از نمونه‌ها به خوبی رشد کرده شکل رومبیک دودکاه‌درون (دوازده وجهی لوزی) را نشان می‌دهند. عکس‌های م. درخشان.



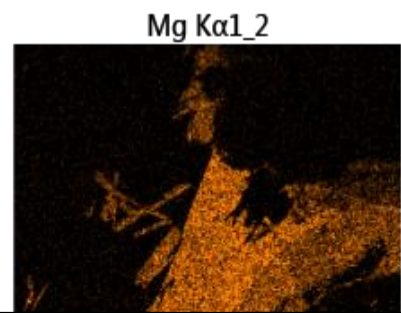
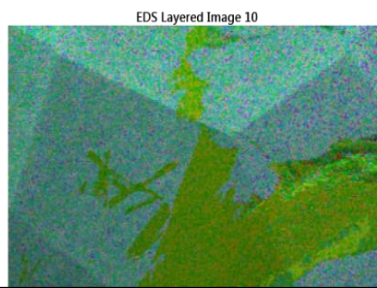
شکل ۵: تصاویر از ماکل در دمانته‌های ناحیه جنوب کرمان. بزرگنمایی ۴۰×

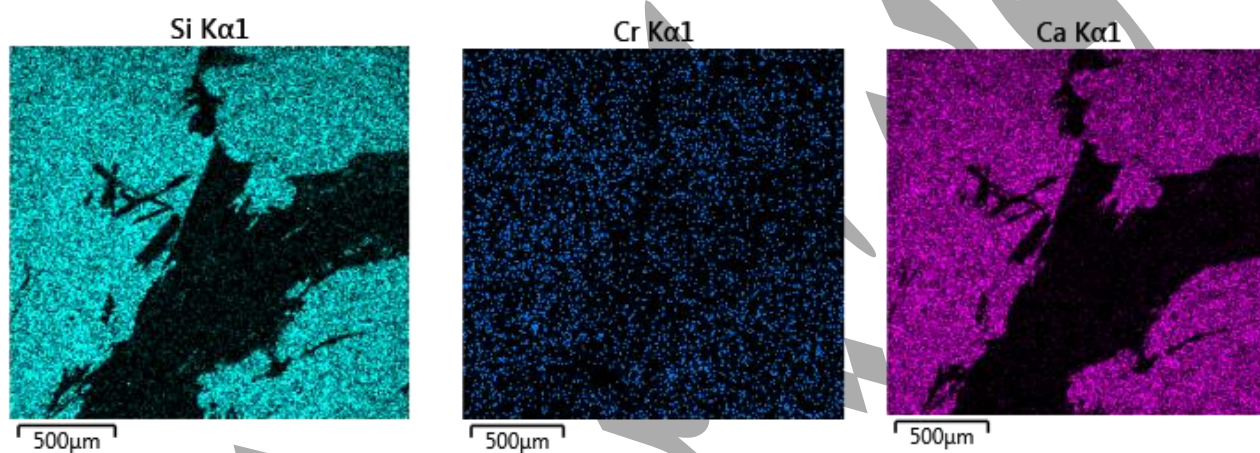


شکل ۶. انواع رنگ های مشاهده شده در دمانتوئیدهای ناحیه جنوب کرمان.

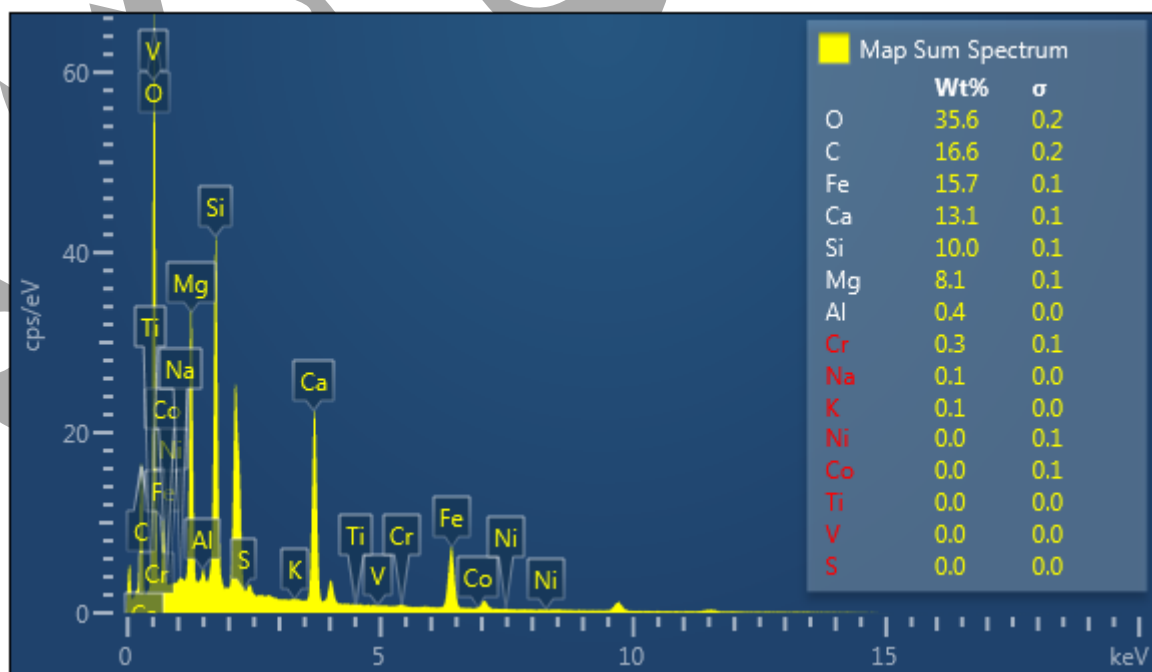


شکل ۷- ادخال‌های مشاهده شده در گارنت دمانتوئیدهای جنوب کرمان. الف- دم اسب، - ب- کریستال‌های کرومیت، پ و ت- اثر انگشت (فینگر پرینت) ت و ج، اینکلوزن‌های نگاتیو کریستال بزرگ‌نمایی $\times 40$

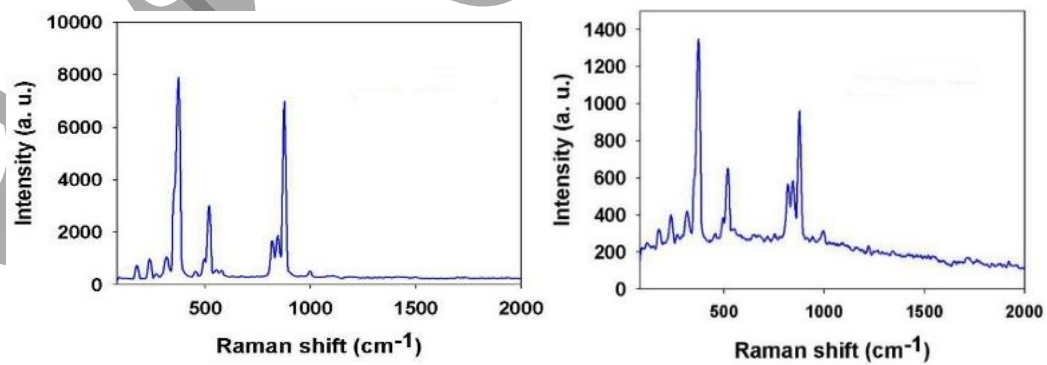


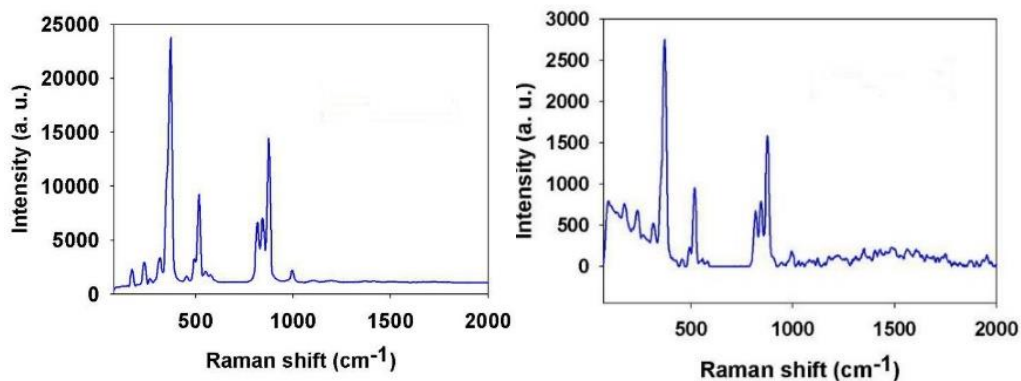


شکل ۸- تصاویر میکروسکوپ الکترونی وجود ادخال‌های سوزنی و دم اسب آژیستی را به صورت نوارهای تیره در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

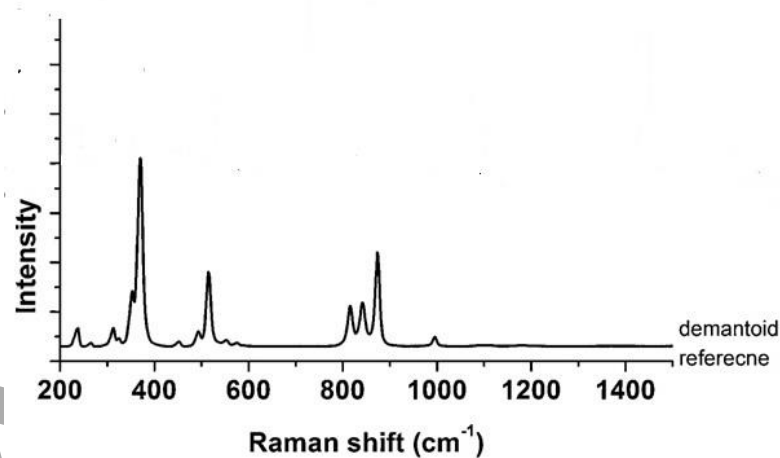


شکل ۹- عناصر اصلی گارنت جنوب کرمان.





شکل ۱۰- طیف رامان نمونه‌های دمانتوئید جنوب کرمان.



شکل ۱۱-طیف‌های رامان طیف مرجع دمانتوئید (برگرفته از [۵۲]).

جدول ۱: مشخصات گهرشناسی دمانتوئیدهای جنوب کرمان.

شماره نمونه	B - 1	B - 2	B - 3	B - 4	B - 5	B - 6
وزن / CT	۱.۸۸	۲.۷۵	۵.۳۱	۴.۸۵	۳.۹۲	۳.۹۵

ابعاد(mm)	۸.۲۱*۸.۲۴*۳.۴۱	۶.۹۹*۷.۷۵*۵.۵۱	۱۱.۲۹*۹.۴۱*۶.۳۱	۸.۹۸*۲.۲۵*۵.۷۴	۹.۸۲*۸.۳۵*۵.۵۶	۸.۷۲*۱۰.۵۲*۴.۷۵
شکل و تراش	گرد و برلیانت	بیضی و برلیانت	بیضی و برلیانت	گرد و برلیانت	بیضی و برلیانت	گرد و برلیانت
رنگ	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز
وزن مخصوص	۳.۸۱	۳.۸۳	۳.۸۱	۳.۸۲	۳.۸۲	۳.۸۳
ضریب شکست	۱.۸۱	۱.۸۱	۱.۸۱	۱.۸۲	۱.۸۰	۱.۸۰
اپتیک چارت	A.D.R	A.D.R	A.D.R	A.D.R	A.D.R	A.D.R
فلورسنت	ضعیف	ندارد	ضعیف	ندارد	ندارد	ندارد
چلسی فیلتر	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز
شفافیت	T.L	T.L	T.L	T.L	T.L	T.L
درخشش	ساب آدامانتین	ساب آدامانتین	ساب آدامانتین	ساب آدامانتین	ساب آدامانتین	ساب آدامانتین