

کاربرد شواهد میکروسکوپی در تشخیص یاقوت‌های قرمز طبیعی از انواع مصنوعی

زیبا دلپسند*، موسسه توسعه گوهرشناسی ایران، ziba.delpasand@gmail.com

نیلوفر موسوی پاک، موسسه توسعه گوهرشناسی ایران، npak77@yahoo.com

فریبرز مسعودی، قطب و مرکز گوهرشناسی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، f_masoudi@sbu.ac.ir

چکیده

به دلیل تشابه شیمیایی و ویژگی‌های گوهرشناسی یاقوت‌های قرمز طبیعی و انواع مصنوعی تفکیک آن‌ها به‌تنهایی توسط دستگاه‌های شناسایی گوهرشناسی مانند رفراکتومتر و پلاریسکوپ و ... امکان پذیر نمی باشد. در این تحقیق از شواهد میکروسکوپی در تشخیص یاقوت‌های قرمز طبیعی از مصنوعی استفاده شده است. دو نمونه یاقوت طبیعی و دو نمونه یاقوت مصنوعی، ابتدا با استفاده از ابزار گوهرشناسی و دستگاه آنالیز طیف‌سنجی رامان، آزمایش و مورد مطالعه قرار گرفتند. از آزمون‌های گوهرشناسی به‌دلیل یکسان بودن خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه نتیجه متفاوتی حاصل نشد. در بررسی به روش رامان اسپکتروسکوپی نیز به دلیل وجود عنصر کروم، پیک‌های مشابهی مشاهده می شود در نتیجه روش مناسبی جهت تفکیک نوع مصنوعی از طبیعی نمی باشد. بررسی میکروسکوپی در انواعی که با روش‌های مذکور متمایز نمی شوند، شواهد حاصل از ادخال‌های موجود، در هریک از نمونه‌ها تفاوت‌های مشخصی را به توجه به اصالت آن‌ها آشکار می‌سازد. شواهد میکروسکوپی بدست آمده از چهار نمونه مورد مطالعه نشان می‌دهد که یاقوت‌های طبیعی دارای ادخال‌هایی از نوع کریستال، سیلک که گاهی همراه با منطقه‌بندی رنگی و همچنین کریستال‌های بسیار ریزی مشابه به اثر انگشت هستند، در صورتی که یاقوت‌های مصنوعی با توجه به روش ساخت دارای ادخال‌هایی از نوع مواد فلاکس بسیار ریز که همانند اثر انگشت متفاوت از نوع طبیعی، حباب‌ها و خطوط منحنی می‌باشند.

کلیدواژه: یاقوت، ادخال، شواهد میکروسکوپی، طبیعی، مصنوعی، رامان اسپکتروسکوپی

Use of microscopic evidence to identify natural red ruby from synthetic type

Ziba Delpasand*, Gemological Development Institute of Iran, ziba.delpasand@gmail.com

Niloofer Mousavipak*, Gemological Development Institute of Iran, npak77@yahoo.com

Fariborz Masoudi, Gemology Center, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University,
f_masoudi@sbu.ac.ir

Abstract

Natural and synthetic red ruby types present similar chemical and geological features and it is not possible to separate them by gemological instruments such as refractometer and polariscopic ... alone also it cannot be recognized by Raman spectroscopy due to their similar Raman peak. In this research microscopic evidence applied to identify ruby types. Two samples of natural ruby and two samples of synthetic type were first tested and studied by common gemological examination and Raman spectroscopy test. The similar results obtained from gemological test due to identical physical and chemical properties of the both types of studied specimens. Raman's report also presents similar peaks for those with similar chromium concentration. However, the microscopic examination leads to different features in natural and synthetic types. Natural rubies present crystal and silk-like inclusions that are sometimes look like finger print, as well as very fine-grained crystals, whereas synthetic rubies show ultra-fine flux with fingerprint pattern that are different from those in natural types. Bubbles and curved lines are also present.

Key Words: Ruby, inclusion, Microscope evidence, Natural, Synthetic, Raman spectroscopy


مقدمه

از گذشته طلا به عنوان یک کالای سرمایه گذاری سرمایه مورد توجه قرار میگرفته است و جواهرات به قشر خاصی از افراد جامعه تعلق داشته و تنها برخی از سنگ‌ها مانند الماس، زمرد، یاقوت سرخ و کبود به عنوان سنگ‌های قیمتی یا گوهر مورد استفاده قرار میگرفت. اما امروزه با توجه به شناخت افراد و گسترش میزان اطلاعات در زمینه گوهرسنگ‌ها، تنوع سنگ‌های مورد علاقه به طور وسیعی افزایش یافته و تجارت گوهرسنگ‌ها حجم بسیار بالایی را دارا است. (ادیب ۱۳۹۰) اما با وجود تنوع گوهرسنگ‌ها، یاقوت مانند گذشته دارای جایگاه ویژه‌ای در بین مصرف کنندگان است.

به دلیل تقاضای بالا، تلاش برای ساخت نمونه‌های مصنوعی یاقوت از دیر باز تا به امروز مورد توجه بوده است. اولین آزمایش‌های انجام شده جهت تهیه گوهرسنگ‌ها به صورت مصنوعی در سال ۱۸۱۹ توسط Clark صورت پذیرفت. (Hughes, 1997) سنگ‌های مصنوعی نمونه‌های عالی رشد بلور هستند. امروزه، رشد بلورها در مقیاس صنعتی بسیار پیشرفت نشان داده و علاوه بر کاربرد آن‌ها در صنعت طلا و جواهر مصارف پزشکی و صنعتی فراوانی نیز دارند. یاقوت یک فرم بلوری از اکسید آلومنیوم (Al_2O_3) است و نام آن از کلمه Tamil کروندام مشتق شده است که از واژه‌ی سانسکریت به معنای روبین است. حدود اوایل ۱۸۰۰ میلادی این کانی را در گروه کانی‌های کروندوم آوردند (قربانی ۱۳۸۲). یاقوت‌ها در رنگ‌های گوناگون دیده می‌شود و رخ ندارد. رنگ خاکه آن سفید و در سیستم هگزگونال (تری‌گونال) متبلور می‌شود و پس از الماس سختی ۹ را دارد. به دلیل زیبایی و سختی بالا و ساختار ساده، تلاش برای تولید مصنوعی آن بسیار مورد توجه بوده است. در سال ۱۸۳۷، Gaudin شیمیدان فرانسوی موفق به تولید بلور آلومین شد (Hughes, 1997). در سال ۱۸۷۷ Fremy and Hautefeuille با استفاده از اکسید آلومنیوم و اکسید سرب و اضافه کردن یک ترکیب کروم، یاقوت‌های کوچک را تولید نمودند. (JONES & JOSEPH 1923). امروزه جهت ساخت و تولید یاقوت به صورت مصنوعی از روش‌های ذوب و محلول استفاده می‌شود. لذا یاقوت از انواع گوهرسنگ‌ها است که بیش از ۱۰۰ سال تولید مصنوعی آن قدمت دارد. تولید انبوه آن باعث شده است که به میزان فراوان در صنعت طلا و جواهر استفاده شود. این در حالی است که ارزش انواع مصنوعی از انواع طبیعی کمتر و نیاز است در ارزشگذاری از یکدیگر تفکیک شوند. به دلیل شباهت بالای بسیاری از انواع مصنوعی با انواع طبیعی، روش‌های معمول آزمایش مانند آزمون‌های متداول مانند ضریب شکست، وزن مخصوص و اسپکترومتری شواهد کافی را برای تفکیک قطعی آنها ارائه نمی‌دهد. اما با وجود تشابه شرایط تبلور انواع مصنوعی با طبیعی شواهدی میکروسکوپی خاص تشکیل هر نوع در بسیاری از نمونه‌ها برجای می‌ماند. در این تحقیق ویژگی‌های گوهرشناسی و طیف رامان انواع یاقوت طبیعی و مصنوعی بررسی و شواهد میکروسکوپی متفاوت انواع آن بررسی و مقایسه شده است.

روش مطالعه

در این مطالعه ۴ نمونه یاقوت با منشاء‌های متفاوت شامل دو نمونه یاقوت طبیعی و دو نمونه یاقوت مصنوعی که دارای مشخصات ظاهری تقریباً یکسان هستند استفاده شد. مشخصات نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است

توضیحات	رنگ	وزن (قیراط)	تصویر نمونه	کد نمونه
مصنوعی	pR	63.84ct.		SY-106
مصنوعی	VSLpR	47.12ct.		SY-107
طبیعی	pR	12.32ct.		N-108
طبیعی	pP	15.06ct.		KN-109

جدول ۱- مشخصات نمونه های مورد مطالعه

مطالعات گهرشناسی نمونه‌های مذکور، در آزمایشگاه موسسه توسعه گهرشناسی ایران واقع در دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی انجام شد که شامل مشاهدات چشمی به صورت مسلح و غیر مسلح، مطالعه خواص نوری و چند رنگی، ضریب شکست، مشاهدات میکروسکوپی و وزن مخصوص می‌باشد.

مطالعات طیف سنجی رامان نیز در همان آزمایشگاه بر روی نمونه های مشابه صورت گرفت. دستگاه مذکور تولید شرکت تکسان مدل (Takram P50C0R10) طول موج لیزر 532nm) از شرکت‌های مرکز رشد دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

مطالعات گوهرشناسی

یاقوت‌های طبیعی دارای سیستم تبلور هگزاگونال است، بنابراین به لحاظ شکل ظاهری قبل از تراش خوردن کاملاً متفاوت از یاقوت‌های مصنوعی هستند که در نگاه اول کاملاً قابل تفکیک می‌باشند اما انواع تراش خورده، به لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کاملاً مشابه یکدیگر می‌باشند که با استفاده از روش‌های متداول گوهرشناسی نیز قابل تفکیک نمی‌باشند. چرا که یاقوت-های مصنوعی نیز با همان ترکیب شیمیایی انواع طبیعی ساخته می‌شوند که حتی ضریب شکست نوری و چگالی آن‌ها همسان است (جدول ۲). برای مثال جهت مطالعه ویژگی‌های نوری نمونه از پلارسکوپ استفاده شد و تمامی نمونه‌های مورد مطالعه دارای ویژگی یکسان نوری و ضریب شکست در بازه ۱.۷۶۰-۱.۷۶۸ هستند. همچنین در محاسبات وزن مخصوص نیز نتیجه مشابهی ظاهر می‌شود به طوریکه وزن مخصوص نمونه‌ها حدود 4.02 ± 0.2 اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که تمامی آزمون‌های فوق بر روی ۱۰ نمونه تصادفی دیگر نیز مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاصل نیز مانند نمونه‌های اصلی بود. بنابراین برای تمایز دو نوع یاقوت طبیعی از مصنوعی بررسی شواهد میکروسکوپی آن‌ها نیز بررسی شد.

جدول ۲- مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه

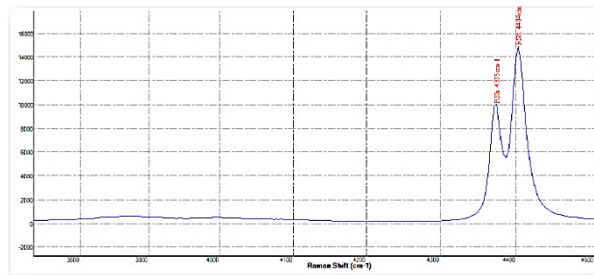
	Natural RUBY	Syn RUBY
Optic character	Uniaxial negative	Uniaxial negative
SR/DR/AGG	DR	DR
RI	1.762 to 1.768	1.762 to 1.768
SG	4.02(+0.10/0.05)	4.02 (+0.10/-0.05)
UV(lw- sw)	Weak- moderate	strong

مطالعات طیف سنجی رامان

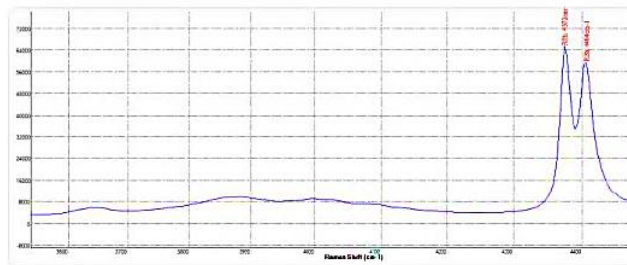
در مطالعه گوهرها و سنگ‌های بهادار، علاوه بر اینکه با آزمون‌های غیرتخریبی و تخصصی گوهرشناسی نظیر پلاریسکوپ، رفرکتومتر و وزن مخصوص؛ از روش‌های نوین دیگری مانند طیف سنجی رامان نیز استفاده می‌شود که امروزه از متداول‌ترین روش‌های مطالعه گوهرها است. طیف رامان اطلاعاتی را در مورد فرکانس‌های ارتعاش معمولی و ارتعاش مختلف و سطوح ارتعاشات مولکولی را آشکار می‌کند. بنابراین طیف‌سنجی رامان اغلب برای شناسایی گروه‌های اصلی در مولکول‌های سازنده مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرکانس ارتعاشی از یک گروه اصلی در مواد مختلف اثر یکسان دارد. طیف‌سنجی رامان، مطالعه‌ی نوعی از برهم‌کنش بین نور و ماده است که در آن نور دچار پراکندگی می‌شود. غالباً فوتون‌هایی که با مولکول‌ها برهم‌کنش می‌کنند، به‌طور الاستیک پراکنده می‌شوند به این پراکندگی، پراکندگی ریلی گفته می‌شود و فوتون‌های پراکنده شده همان طول موج نور فرودی را دارند. انرژی از دست داده شده ارتباط مستقیمی با گروه عاملی، ساختار مولکولی متصل به آن، نوع اتم‌های مولکول و محیط آن دارد. طیف‌های رامان هر مولکول منحصر به فرد است. از این رو می‌توان از آن مانند اثر انگشت در تشخیص ترکیبات مولکولی روی یک سطح، درون یک مایع یا در هوا استفاده کرد.

در مقایسه طیف رامان بدست آمده (شکل ۲)، در بازه 4000nm تا 4500nm دو پیک دیده می‌شود که نشانه پیک کروم می‌باشد. از آنالیز نمونه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های مولکولی و شیمیایی چهارنمونه انتخاب شده توسط آزمون رامان در انواع با میزان کروم مشابه، تغییرات فاحشی را نشان نخواهد داد.

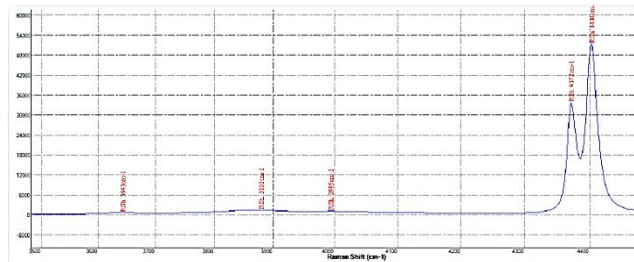
SY-106



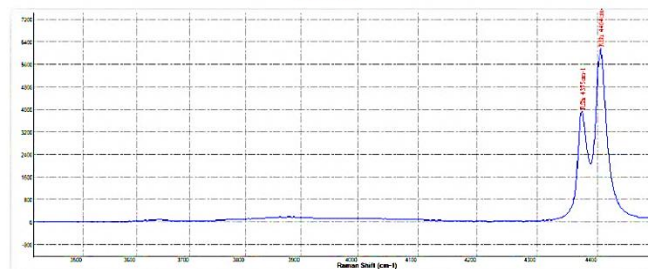
SY-107



N-108



N-109



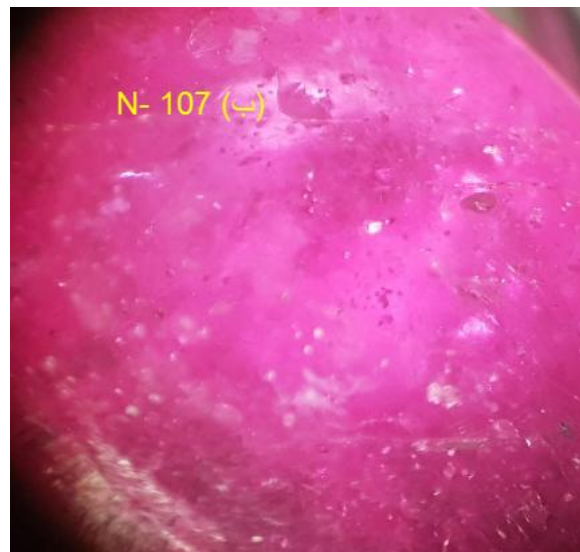
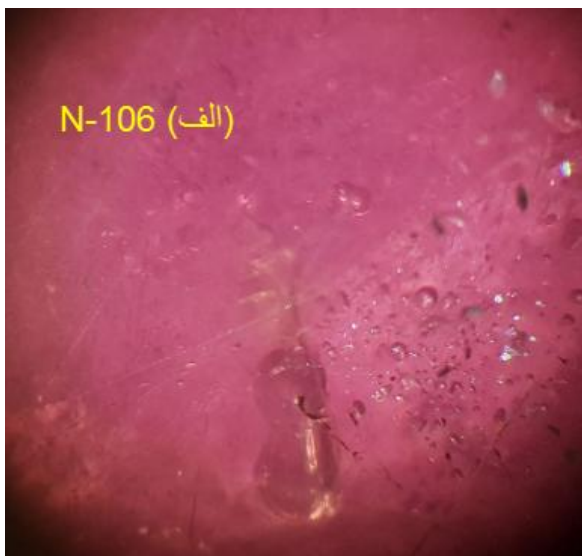
شکل ۲- طیف رامان نمونه‌های مورد مطالعه. نتایج حاصله از تمام نمونه‌های با محتوای کروم مشابه، تغییرات کمی را نشان می‌دهند.

مطالعات میکروسکوپی

جهت مطالعه شواهد میکروسکوپی می‌بایست از میکروسکوپ گوه‌شناسی دوچشمی استفاده نمود که امکان مشاهده با بزرگ‌نمایی 40x را دارا باشد. شواهد میکروسکوپی یاقوت‌های طبیعی و مصنوعی در بسیاری موارد متفاوت اما نزدیک به یکدیگر است.

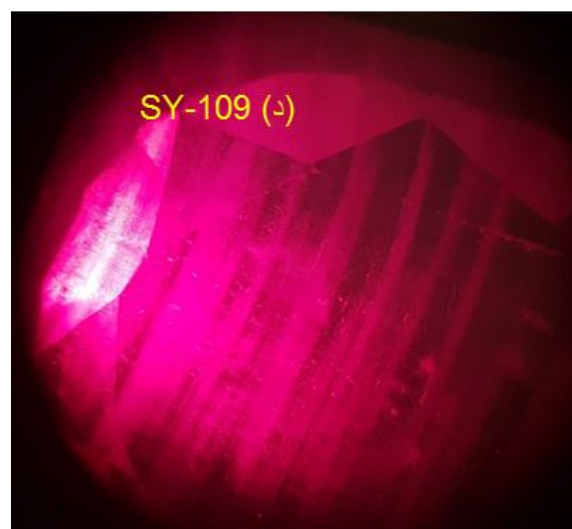
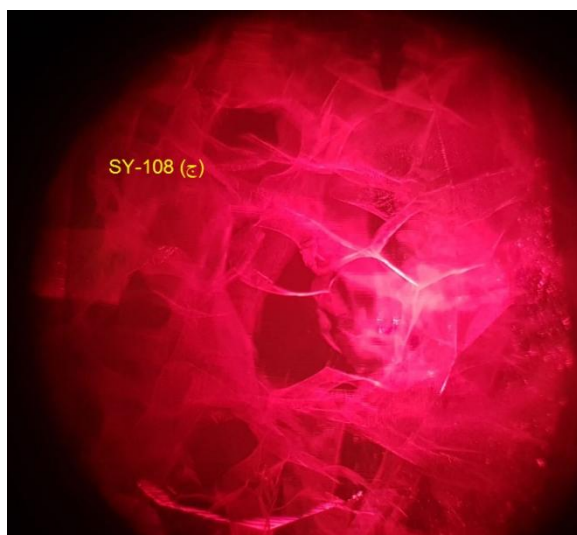
ادخال‌های موجود در یاقوت‌های طبیعی شامل کریستال‌های از کانی‌های دیگر، پدیده اثر انگشت (فینگر پرینت) و سیلک می‌باشند که با زوایای خاصی در داخل یاقوت مهمان توزیع می‌شوند (شکل شماره ۴الف-ب). اما در یاقوت‌های مصنوعی بسته به نوع روش ساخت آن‌ها ادخال‌های موجود در آن‌ها متفاوت است و این تفاوت تنها توسط میکروسکوپ قابل تفکیک است. ادخال‌های موجود در یاقوت‌های مصنوعی نوع Flux تا حدودی نزدیک به ادخال‌های موجود در سنگ‌های یاقوت طبیعی می‌باشند چرا که نحوه قرارگیری مواد فلاکس در یاقوت مصنوعی شبیه پدیده اثر انگشت موجود در سنگ یاقوت طبیعی است. اما در روش ساخت یاقوت مصنوعی به روش (F.F) ادخال‌های موجود در آن‌ها به صورت خطوط محب است که می‌توانند همراه حباب باشند و طرز قرار گرفتن حباب‌های موجود در آن‌ها نیز تابع نظم خاصی و بسیار حائز اهمیت است (شکل شماره ۵ج-د).

شکل ۴- تصاویر شواهد میکروسکوپی در یاقوت‌های مورد مطالعه با بزرگنمایی 20x، الف وب) وجود کریستال و شواهدی از اثر انگشت در



یاقوت‌های طبیعی

شکل ۵- تصاویر شواهد میکروسکوپی در یاقوت‌های مورد مطالعه با بزرگنمایی 20x، ج ود) شواهدی از اثر انگشت و وجود حباب در یاقوت-



های مصنوعی

نتیجه گیری

یاقوت یکی از سنگ‌های قیمتی با تجارت بالا است. سختی و زیبایی آن باعث شده است که تولید انواع مصنوعی آن در مقیاس صنعتی بیش از یک قرن قدمت داشته باشد. از اینرو انواع مصنوعی به وفور در بازار موجود است و با توجه به تفاوت قیمت نیاز است که قبل از خرید و فروش، گوهر یاقوت به خوبی بررسی و نوع مصنوعی یا طبیعی بودن آن تعیین شود. پتروگرافی و بررسی شواهد میکروسکوپی ابزار مناسبی است که می تواند برای تعیین اصالت یاقوت در کنار سایر آزمون های متداول گوهرشناسی و بررسی های رامان مورد استفاده قرار گیرد.

منابع فارسی

- قربانی، منصور، موسوی پاک، نیلوفر، سنگ‌ها و کانی‌های گرانبها (گوهر) و جایگاه آنها در ایران، انتشارات آراین زمین
- ادیب، داریوش، (۱۳۹۰)، گوهرهای شگفت انگیز جهان، انتشارات پازینه
- عرب اسدی، محمد حسن، (۱۳۹۰)، راهنمای مصور و جامع سنگ‌های قیمتی، انتشارات پازینه

References

- Jones, E. L. & Umpleby, J. B. Geology and ore deposits of Shoshone county, idaho 1923
- Hughes, R. W. (1997). Ruby & Sapphire. Rwh Pub.
- Read, P. G. (2008). Gemology. NAG Press.
- Umpleby, J. B., & Jones, E. L. (1923). Geology and ore deposits of Shoshone County, Idaho. Govt. Print. Off.
- <http://gemresearch.ch>
- <https://www.gia.edu>
- <https://www.mindat.org>
- <http://www.lapigems.com>
- <https://www.americangemsociety.com>
- <http://www.yourgemologist.com>
- https://gemologyonline.com/chelsea_filter.html