IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 16, No. 2, summer 1387/2008

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

The geochemistry and mineralogy of North C ore body and Baghak anomaly and determination of two Pyrrhotite generations which are different in composition in Sangan mine, eastern Iran

Sh. Kaheni, S. A. Mazaheri, M. H. Karimpour

Department of Geology, Faculty of sciences, Ferdowsi university of Mashhad-Iran
E-mail: shivakaheni@yahoo.com

(Received: 7/5/2007, in revised form: 19/4/2008)

Abstract: Detailed studies are done in order to investigate the ore body in Sangan mine. Analyses results showed very low amount of gold in mineralized zone, (max 32 ppb). It is indicated that there is a positive relation between Au, S and As whereas there was no special relation between Au and Cu. Therefore Au can not be found along with Cu sulfides such as chalcopyrite. The LREE elements are higher than HREE in the ore body. Pyrrhotite has two generations which are distinguishable under the microscope: It might be formed either with or after magnetite formation. Careful XRD studies indicate that these two generations have different amounts of Fe and S.

Keywords: *Magnetite, Pyrrhotite, Sulfide, Iron stone, Fe oxide type, Gold, Copper, Sulfur, Rare earth element (REE), XRD.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال شانزدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۸۷، از صفحهٔ ۳۱۳ تا ۳۲۶

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

بررسیهای ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی سنگ آهن تودهٔ C شمالی و باغک در معدن سنگان خواف در شرق ایران و تعیین حضور دو نسل پیروتیت با ترکیب شیمیایی متفاوت

شیوا کاهنی، سید احمد مظاهری، محمدحسن کریم‌پور

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیکی: shivakaheni@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۲/۱۷ ، نسخه نهایی: ۱۳۸۷/۱/۳۱)

چکیده: نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی مگنتیت موجود در کانسار سنگان خواف، نشان داد که عنصر طلا در بخشهای کانی ساخته به مقادیر بسیار اندک وجود دارد، (با بیشینهٔ ۳۲ppb). با رسم نمودارهای مختلف مشخص شد که ارتباط مستقیمی بین میزان طلا، سولفور و آرسن وجود دارد، ولی چنین ارتباطی بین عنصر مس و طلا دیده نشد که نشان دهندهٔ عدم حضور طلا همراه با سولفیدهای مس‌دار است. همچنین عناصر LREE نسبت به عناصر HREE در مادهٔ معدنی، غنی شدگی نشان می‌دهد. پیروتیت در دونسل کانی-سازی، همراه با مگنتیت و پس از تشکیل آن در محیط برجای گذاشته شده است. همچنین با استفاده از بررسیهای دقیق پرتو X و مطالعات بعدی مشخص شد که این دو نسل از لحاظ میزان آهن و سولفور متفاوتند.

واژه‌های کلیدی: *مگنتیت، پیروتیت، سولفید، سنگ آهن، گونهٔ Fe Oxide ،عناصر خاکی کمیاب (REE)، XRD.*

مقدمه

کانسار سنگ آهن سنگان خواف در ۲۸۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد، در گستره‌ای بین طولهای جغرافیایی ´ ۲۴ °۶۰ و ´۴۵ °۶۰ و عرضهای جغرافیایی ´۲۶ °۳۴ و ´۳۳ °۳۴ واقع است. کانسار شامل سه بخش غربی (توده‌های A, A´ و B, C)، مرکزی (توده‌های دردوی (D) و باغک) و بخش شرقی (نابهنجاریهای رهنه (R) و فرزنه) است، (شکل ۱). در حال حاضر بهره‌برداری از توده‌های باغک و A´ (تپه قرمز) صورت می‌گیرد.

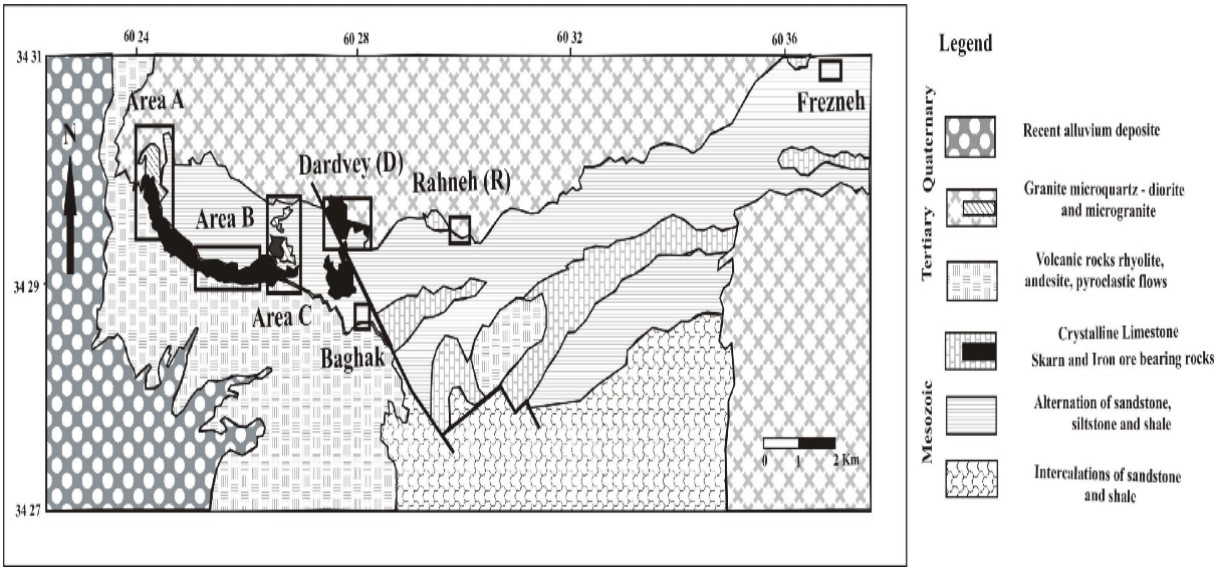
کانی‌سازی آهن در این معدن به صورت مگنتیت است و عیار آهن به ۵۰ تا ۶۹ ٪ می‌رسد. در برخی بخشها مخصوصاً در تودهٔ C شمالی و باغک، مقادیر نسبتاً بالایی از کانیهای سولفیدی مانند پیریت، پیروتیت، و کالکوپیریت مشاهده می-شوند. بررسیهای کانی‌شناسی دقیق نشان داد که کانی‌سازی درمنطقه مراحل مختلفی را طی کرده است، و تشکیل هر کانی در چرخه‌های متفاوتی صورت گرفته است. باتوجه به ثابت نبودن شرایط شیمیایی محیط کانیهای مربوط به هر نسل تفاوت‌هایی از لحاظ ترکیب شیمیایی نشان می‌دهند که آنالیزهای انجام شده XRD این مسئله را در مورد کانی پیروتیت نشان می‌دهد.

کانسارهای Iron Oxide توسط هیزمن (۲۰۰۰) به دو گروه اصلی مگنتیت- آپاتیت (که حاوی مقادیر بالایی از P, U و REE هستند) و گروه Fe Oxide Cu Au Deposit تقسیم شده‌اند [۱].

این دو گونه از بعضی لحاظ شباهت‌هایی با هم دارند و گاه در برخی مناطق همراه هم یافت می‌شوند [۲- ۵].

در دهه اخیر بررسیهای زیادی بر روی گونهٔ کانی ساختهٔ Fe Oxide صورت گرفته است، و ضمن این بررسیها، ناهنجاریهای آنومالی‌های جدیدی علاوه بر اکسید آهن در کانسارهای مختلف یافت شده‌اند [۶-۷].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل ۱ موقعیت زون‌های مختلف کانی‌سازی معدن سنگان، [۱۸].

در ایران نیز این گونه کانی‌سازی توسط کریم پور (۱۳۸۲) معرفی شد و کمربند تربت حیدریه - کاشمر- تایباد به عنوان کمربند Fe Oxide نامگذاری شده است[۸].

نظر به اینکه کانسار سنگ آهن کانسار خواف یکی از مهمترین معادن آهن ایران به شمار می‌رود، لذا گونهٔ کانی‌سازی آن به تفضیل مورد بررسی قرار گرفت، و بررسیهای ژئوشیمیایی دقیقتری بر روی عناصر مختلف در زونهای کانی‌سازی اکسیدی و سولفیدی آن صورت گرفت.

زمین‌شناسی منطقه

بنابر تقسیمات افتخارنژاد، (۱۳۵۹) که بر پایهٔ چگونگی ساختاری حوضه‌های ته نشستی صورت گرفته‌است، منطقهٔ سنگان خواف جزء ایران مرکزی است [۹-۱۰]. در اینجا نیز مثل بخش‌های دیگر ایران مرکزی، بیشتر گسل‌ها به صورت هورست و گرابن دیده می‌شوند و محیط‌های ته نشستی را تشکیل داده‌اند.

بر پایهٔ نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تایباد، این منطقه شامل بلوکهایی است که از سنگهای قبل از نئوژن تشکیل شده‌اند و با ته نشستهای چین‌خوردهٔ نئوژن که فرورفتگی‌ها را پر کرده است، از هم جدا می‌شوند. بزرگ‌ترین بلوک که بخش بزرگی از منطقه را شامل می‌شود بلوک اصلی خوانده می‌شود و به صورت برآمدگی بزرگی در منطقه به چشم می‌خورد. بلوک بعدی کوه ناهور _ سیناست که در بخش غربی منطقه قرار دارد و به سمت شمال غرب امتداد دارد و وارد چهار گوش گناباد می‌شود. بلوک سوم که نسبت به بلوکهای دیگر از لحاظ اندازه کوچک‌تر است، کوه پیربنوش نام دارد و در شمال منطقه واقع شده است.

بنابراین این سه بلوک، بخش‌های مهم منطقه را از لحاظ زمین‌ساختی تشکیل می‌دهند. سنگ‌شناسی مناطق مورد مطالعه (توده C شمالی و باغک) بیشتر شامل سنگ‌های آذرین، ته نشستی و دگرگونی است. سنگهای آذرین مهمترین و گسترده‌ترین سنگهای منطقه هستند که خود شامل سنگهای آذرین درونی و بیرونی و نیمه عمیق‌اند. در گسترهٔ باغک و C شمالی حجم گسترده‌ای از سنگهای آذرین نیمه عمیق با ترکیبات اسیدی است که بیشتر به صورت سیل و دایک و یا توده‌های کوچک‌اند. در شمال منطقه گرانیت سرنوسر وجود دارد که بخش جنوبی آن مورد مطالعه قرار گرفته است. سنگهای آدرین درونی از بیشتر بیوتیت گرانودیوریت، سنگهای آذرین بیرونی و نیمه عمیق شامل بیوتیت مونزوگرانیت پورفیری، آمفیبول مونزوگرانیت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری، بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری، آمفیبول کوارتز مونزونیت پورفیری، بیوتیت - آمفیبول کوارتز مونزونیت پورفیری، گرانودیوریت پورفیری، بیوتیت کوارتز سینیت پورفیری، مونزودیوریت پورفیری، مونزونیت پورفیری، آمفیبول

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

مونزونیت پورفیری تشکیل شده است. با توجه به حضور مقادیر زیادی توده‌های آذرین درونی ونیمه عمیق، حضور فراوان سنگهای دگرگون، بعید به نظر نمی‌رسد. بنابراین بخش بیشتری از سنگهای آذرین و ته نشستی تحت تاثیر دمای بالای این توده‌ها دگرگون شده و به سنگهای جدید تبدیل می‌شوند. این تغییرات بیشتر به صورت تبلور مجدد کانیها و یا تاثیر آبگونهای ماگمایی (متاسوماتیسم) در آن و تشکیل اسکارن است.

در منطقهٔ مورد مطالعه مقادیر فراوانی شبه نشستی و هورنفلس، مخصوصاً در نزدیکی برخورد گاه با توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی یافت می‌شود. علاوه بر این کربناتها نیز به مرمر تبدیل شده‌اند. آهک به مرمر و دولومیتها و آهکهای منیزیم بالا به مرمر فورستریتی مبدل شده‌اند. سنگهای ته نشستی نیز به صورت سیلت و سنگهای کربناته هستند.

زمین‌شناسی گسترهٔ کانسار

قدیمی‌ترین سازندهای موجود در منطقهٔ معدن شامل سیلتها و شیلها و ماسه سنگهای دگرنهاد و دگرگون شده ژوراسیک زیرین با ضخامتی بیش از ۵۰۰ مترانند. رخنمونهای زیادی از آنها در بخش شمالی توده‌های معدنی با روند شرقی - غربی مشاهده می‌شوند.

کربنات‌های مرمری شده ژوراسیک میانی که میزبان مگنتیت است، دنبالهٔ قبلی را می‌پوشانند. در توده‌های A´ و C جنوبی این مرمرها با اسکارن جانشین شده‌اند ولی در توده‌های A و B مرمرها ضخامت زیادی دارند. سنگهای کربناتی با مجموعهٔ بزرگی از سنگهای آتشفشانی پوشیده شده‌اند که بیشتر شامل داسیت، ریوداسیت، پیروکلاستهای‌آندزیتی و سنگهای ولکانوکلاستیک‌اند. یک واحد انتقالی بین سنگهای کربناتی و سنگهای پیروکلاستیک با سن ائوسن وجود دارد. این واحد از آگلومرا و ولکانوکلاست‌ها با لیتوکلاستهای گرد شده تا نیمه زاویه‌دار از آهک، شیل، سیلت و ماسه سنگ تشکیل شده است.

در بخش شمالی توده‌های غربی گرانیت سرنوسر با سن ائوسن در سازندها نفوذ کرده است. چندین زون اسکارنی دقیقاً در مجاورت گرانیت وجود دارند ولی بخش بزرگی از تودهٔ معدنی دورتر از گرانیت تشکیل می‌شود. تودهٔ B (مهمترین تودهٔ معدنی معدن) دریک کیلومتری گرانیت سرنوسر قرار دارد. توده‌های معدنی A´ و C شمالی با داسیت پورفیری که در مجاورت گرانیت سرنوسر است، نیز تحت نفوذ قرار گرفته است.

روش مطالعه

به منظور بررسیهای ژئوشیمیایی بر روی عناصر اصلی، فرعی، و نادر در زونهای C شمالی و باغک، نمونه برداری از مغزه‌های حفاری صورت گرفت.

از آنجا که هدف اصلی از این آنالیز، بررسی وجود یا عدم وجود طلا همراه با کانی‌سازی مگنتیت بود و بنا بر اطلاعات موجود از معادن مشابه کانی‌سازی طلا بیشتر همراه با کانی-سازی‌های سولفیدی است، نمونه برداری بر زونهای سولفور بالا متمرکز شد. به این طریق که با مطالعهٔ نتایج آنالیزهای AAS که روی مغزه‌های حفاری از عناصر S, P, Fe در معدن صورت گرفته بود، بخشهایی که دارای مقادیر سولفور بالاتری بودند مشخص شد و سعی بر این بود که نمونه‌های برداشت شده از بخشهای مختلف سطحی و عمق باشد تا بتوان روند تغییرات را از سطح به عمق مورد بررسی قرار داد.

در نهایت تعداد ۳۵ نمونه برای آنالیز انتخاب شدند که ۸ نمونه پودر به منظورآنالیز دقیق عناصر Au, Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru به روش عیار سنجی آتش (FireAssay) و مجموعهٔ عناصر Sm, Pr, Nd, Lu, La, Ho, Gd, Eu, Er, Dy, Ce, Zn, Sr, Ni, Mn, Cu, Cr, Tm, Yb, Tb, Fe, Ti, Be, Ba, W, Sn, Sb, Pb, Mo, Co, Bi, B, As, Ag, Hg, به روش ICP به آزمایشگاه Amdel استرالیا فرستاده شدند که نتایج آنالیزها در جداول ۱ و ۳ آورده شده‌اند و تعداد ۲۷ نمونه نیز به روش AAS برای عناصر Cu, Ni, Co, Ba, Zn و Bi در آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشگاه فردوسی مشهد آنالیز شدند (جدول ۲).

به منظور بررسیهای سنگ‌شناختی تعداد ۴۷ مقطع نازک – صیقلی و بلوک صیقلی تهیه و بررسی شدند. همچنین تعداد ۱۵ بلوک صیقلی مربوط به بررسیهای قبلی گروه استرالیایی (BHP، ۱۹۹۰) مورد بازبینی و دوباره قرار گرفتند و تقدم و تاخر فلزها و ویژگیهای ظاهری کانیها مورد توجه قرار گرفت. علاوه بر این تعداد دو نمونه که بررسیهای سنگ‌شناختی در آنها حضور دو نسل پیروتیت را نشان داده بودند، برای آنالیز به روش پراش پرتو X انتخاب شدند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

جدول ۱ نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های مگنتیتی از مغزه‌های حفاری مربوط به توده‌های باغک و C شمالی.

SAMPLE	Au	As	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr
UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECTION	۱	۰/۵	۰/۲	۲	۰/۲	۵	۲	۰/۱
METHOD	FA3	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E
SN-41	۴	۱۱/۹	۱۸/۷	۲۱	۲۱۴	۹۴۷	۱	۶۶/۴
SN-543	۱۱	۱۰۸	۳۰/۵	۱۵	۵۳۱	۱۴۱۰	۹	۱۰
SN-570	۵	۱۷/۸	۶۴/۹	۲۸	۷۳۳	۹۴۴	۳۲	۱۳
SN-586	۸	۳۰/۱	۲۹۵	۳۷	۶۹۲	۷۶۸	۴۲	۱۰/۹
SN-615	۳۲	۳۷۸	۳۵۵	۳۵	۳۱	۱۳۰۰	۱۵۳	۲۸/۴
SN-796	۳	۲۸/۲	۷۷/۸	۲۲	۲۵۶	۷۹۰	۱۹	۲۷
SN-67-B	۷	۱۹/۷	۶۱/۹	۱۱	۸۶۱	۴۱۶	۱۵۹	۱۱/۴
SN-67-A	۱۱	۱۵/۵	۱۴۷	۳	۷۴۱	۵۹۷	۳	۴۳/۳
SAMPLE	Zn	Ba	Be	Ti	Fe	Hg	Ag	B
UNITS	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECTION	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۱۰	۱۰۰	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۵
METHOD	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M
SN-41	۱۰۵	۱۱/۹	<	۳۴۲	۵۸۴۰۰۰	<	۰/۰۹	<
SN-543	۴۹/۹	۲۳/۳	<	۴۹۹	۲۷۴۰۰۰	<	۰/۰۹	<
SN-570	۸۴/۲	<	۰/۸	۱۵۵	۶۲۰۰۰۰	<	۰/۱۷	<
SN-586	۷۴/۹	۳۰/۸	۰/۷	۱۲۵	۶۶۰۰۰۰	<	۰/۰۴	<
SN-615	۱۶۶	۸۶۱	۲/۴	۶۸۸	۳۲۳۰۰۰	<	۰/۰۳	<
SN-796	۵۷/۹	۲/۸	<	۴۳۴	۶۴۱۰۰۰	<	<	<
SN-67-B	۱۶/۷	۲۹/۱	۱	۱۱۳۰	۲۴۲۰۰۰	<	۰/۱۷	<
SN-67-A	۲۸/۷	۷۲/۸	<	۶۹۵	۵۲۰۰۰۰	<	۰/۱۳	<
SAMPLE	Bi	Mo	Pb	Sb	Sn	W		
UNITS	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
DETECTION	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱		
METHOD	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M		
SN-41	۰/۴	۰/۴	۴/۵	۲/۱	۴/۸	۶/۱		
SN-543	۵/۵	۰/۶	۷/۸	۴/۷	۱۱/۲	۴۶/۷		
SN-570	۰/۸	۱/۲	۱۲/۶	۳/۶	۷/۵	۵/۵		
SN-586	۱/۱	۲/۶	۱۳/۲	۱/۸	۲	۲۱/۳		
SN-615	۲/۲	۲/۳	۲۲/۲	۳/۳	۸/۹	۱۱/۳		
SN-796	۰/۷	۰/۵	۱۱/۴	۱/۸	۱۴/۷	۴/۶		
SN-67-B	۱	۰/۸	۱۱/۵	۱/۴	۰/۵	۲۲/۱		
SN-67-A	۲	۱/۲	۲۴/۵	۲/۷	۹	۶۳/۲		

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

جدول ۲ نتایج آنالیزهای شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های کانسنگ مگنتیتی توده‌های C شمالی و باغک با دستگاهAAS در گروه شیمی دانشگاه فردوسی بر حسب ppm.

	Ag	Cu	Ni	Co	Zn	Ba	Bi
BH127	۴٫۰۲	۱۷۳٫۰۵	۳۵٫۷	۴۳٫۵۵	۵۲٫۵۵	۲۲۵۴۳٫۷۵	۲۱٫۳۵
BH127	۵٫۶	۵۰٫۲	۶۱٫۹	۱۰۴٫۴	۸۹	۲۲۴۷٫۵	۴۳٫۴
BH128	۵	۲۳۸٫۵۵	۲۵٫۱	۴۹٫۷	۵۴٫۳	۱۷۵۱۲٫۵	۲۳٫۷۵
BH128	۷٫۱۵	۲۲۴٫۴۵	۲۵	۵۲٫۴	۶۵٫۲۵	۱۹۶۲۵	۱۳٫۴
BH193	۵٫۱	۲۵۱٫۴	۲۸٫۶	۵۴٫۳	۸۷٫۲	۱۶۵۳۷٫۵	۱۵٫۳
BH193	۵٫۹	۱۰۰٫۲۵	۲۳٫۸	۵۲٫۱۵	۹۶٫۷۵	۲۷۸۰۶٫۲۵	۱۵٫۵۵
BH218	۴٫۹۵	۳۴۸٫۲۵	۱۷٫۷۷	۷۲٫۸	۶۱٫۳۵	۲۱۷۴۰٫۶۳	۱۴٫۵
BH218	۳٫۷	۲۱۸٫۰۵	۲۲٫۷۵	۶۳٫۸	۱۱۳٫۱۵	۲۹۹۴۳٫۷۵	۲۱٫۲
BH220	۵٫۷۵	۲۵۰٫۸	۲۱٫۸	۸۹٫۱	۶۴٫۱	۲۶۹۰۰	۱۶٫۳۵
BH123	۴٫۵	۴۳۳٫۴۵	۲۱٫۴۵	۹۱٫۴	۷۸٫۷۵	۲۹۸۸۷٫۵	۱۶٫۸
BH123	۵٫۲۵	۱۵۶٫۶۵	۲۳٫۰۵	۴۱٫۷	۶۶٫۶۵	۱۶۴۶۲٫۵	۱۶٫۹۵
BH136	۴٫۱	۲۰۲٫۸	۱۶٫۵	۲۸٫۱۵	۶۰٫۵۵	۹۴۶۸٫۷۵	۲۰٫۵۵
BH136	۳٫۰۲	۱۶۹٫۴۲۵	۱۲٫۱۷۵	۲۷٫۲۲	۶۵٫۳۵	۱۸۵۶۸٫۷۵	۲۳٫۱۲
BH217	۴٫۹۵	۸۴	۲۲٫۹۵	۴۱٫۹۵	۸۱٫۴	۲۴۳۳۱٫۲۵	۲۱٫۵
BH217	۶٫۴۵	۲۱۰٫۷	۲۴٫۵	۶۰٫۲۵	۱۲۷٫۸۵	۲۹۴۳۷٫۵	۱۸٫۰۵
BH118	۴٫۷	۹۲۰	۱۸٫۶۵	۵۶٫۱	۲۸۵۲٫۵	۲۳۵۷۵	۲۲٫۷
BH118	۱۴٫۳۵	۲۳۴٫۹۵	۲۴٫۱	۴۸٫۸۵	۱۰۸٫۶	۳۴۳۷۵	۲۲٫۱۵
BH198	۶٫۱	۴۰۲٫۰۵	۲۰٫۶۵	۱۵۱٫۸۵	۱۰۳٫۷۵	۱۸۷۸۱٫۲۵	۸٫۹۵
BH198	۴٫۹۵	۳۵۹٫۱۵	۲۱٫۹	۹۱٫۱	۶۵٫۷۵	۲۲۱۶۲٫۵	۱۴٫۴۵
BK3	۵٫۳	۱۷٫۱۵	۹۲٫۳۵	۲۳۰٫۷۵	۹۴٫۳۵	۸۹۰۵	۱۱
BK6	۶٫۱۵	۲۳۳٫۹۵	۷۰٫۱۵	۶۱٫۶۵	۸۱٫۶۵	۱۶۳۳۷٫۵	۲۲٫۹
BK6	۵٫۳۵	۶۱٫۵	۳۱٫۱۵	۸۷٫۳	۷۷٫۴	۱۴۵۷۵	۲۶٫۳
BK7	۵٫۰۵	۱۶۰٫۷۵	۱۹٫۹	۵۳٫۳۵	۱۰۶٫۱	۱۷۵۵۰	۳۱٫۲۵
BK9	۶٫۵	۱۴۵٫۸۵	۲۴٫۲۵	۶۰٫۵	۱۰۵٫۷	۲۰۶۲۵	۴۹٫۱
BK9	۳٫۱۲	۸۶٫۳۷۵	۱۷٫۰۲۵	۲۹٫۰۲۵	۶۰٫۳۲۵	۲۴۸۳۷٫۵	۱۷٫۱
BK8	۳٫۱۲	۷۷٫۱۵	۱۸٫۹۲۵	۲۴٫۷۲۵	۴۳٫۵۵	۲۲۴۷۵	۱۶٫۵۲
BK5	۵٫۶	۱۴۷٫۲	۱۸٫۷۵	۶۸٫۴۵	۵۸٫۹۵	۳۱۴۰۶٫۲۵	۱۷٫۸

جدول ۳ نتایج آنالیز شیمیایی عناصر خاکی کمیاب دو نمونه مگنتیتی از مغزه‌های حفاری توده C شمالی.

SAMPLE	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	La	Lu	Nd	Pr
UNITS	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECTION	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۵
METHOD	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R
SN-67-B	۳٫۷۴	۰٫۵۷	۰٫۴۵	۰٫۰۴	۰٫۵۳	۰٫۱۲	۰٫۹۹	۰٫۱۷	۲٫۳۶	۰٫۴۶
SN-67-A	۸٫۵۲	۰٫۵۸	۰٫۳۶	۰٫۱۱	۰٫۶۷	۰٫۱۲	۳٫۴۳	۰٫۰۷	۳٫۲	۰٫۸۶
SAMPLE	Sm	Tb	Tm	Yb	Ir	Os	Pd	Pt	Rh	Ru
UNITS	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
DETECTION	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۱	۲	۵	۱	۱	۱
METHOD	IC3R	IC3R	IC3R	IC3R	FA4	FA4	FA4	FA4	FA4	FA4
SN-67-B	۰٫۵۶	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۰٫۶۸	۲	<	<	۲	۳	۱۹
SN-67-A	۰٫۶۴	۰٫۰۸	<	۰٫۴۴	۱	<	<	۱۰	۳	۸

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

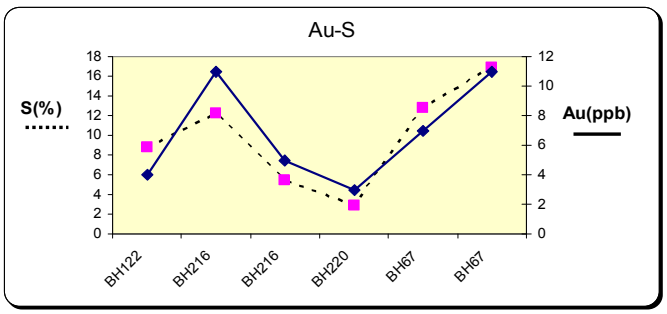
بررسیهای ژئوشیمیایی

نتایج آنالیز نشان دادند که نابهنجاری بسیار جزئی از طلا در منطقهٔ با سولفید بالا وجود دارد که بیشینهٔ آن به ppb ۳۲ در منطقهٔ باغک می رسد. میزان طلا در کانسارهای دیگر نوع Fe Oxide مانند کوه زر تربت حیدریه، کندل اریا و المپیک دم بسیار بالا تر است و این یکی از تفاوت‌های سنگان با معادن یاد شده است.

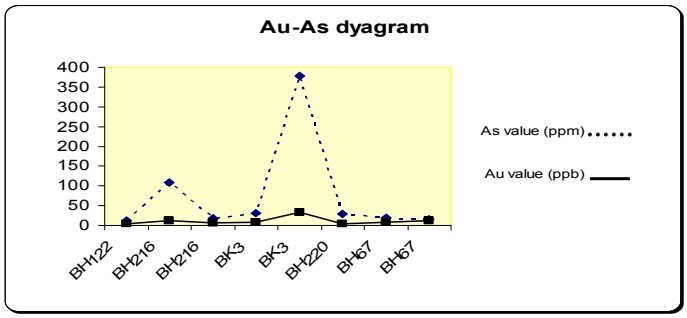
با رسم نمودار طلا نسبت به، سولفور یک روند مثبت مشاهده می‌شود (شکل ۲)، بنابراین حضور طلا همراه کانی سازی سولفیدی تائید می‌شود.همچنین ارتباط مشابهی بین عناصر طلا و آرسن وجود دارد و با افزایش میزان آرسن، میزان طلا هم افزایش می‌یابد، (شکل ۳).

رسم نمودار Cu نسبت به Au ارتباط مستقیم بین این دو عنصر را نشان نداد (شکل ۴) که احتمالاً حاکی از این است که طلا در کانیهای سولفیدی مس دار مانند کالکوپیریت حضور نداشته، بلکه در کانیهای سولفیدی و آرسن دار فاقد مس مانند پیریت و آرسنو پیریت موجود است.

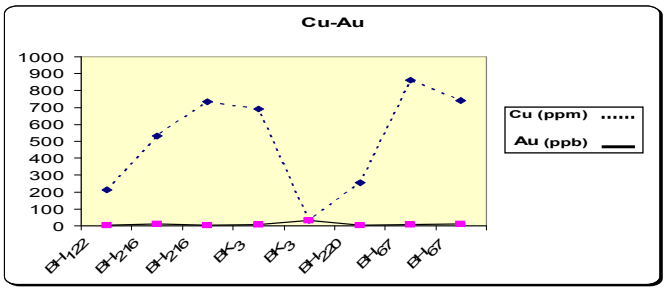
از طرف دیگر نتایج آنالیزها حضور ناهنجاری کوچکی از مس را تایید کرد که از ppm ۹۲۰ تا ppm ۲۱۴ در تغییرند. بررسی مقاطع صیقلی، حضور کانیهای مس‌دار مانند کالکوپیریت را در منطقه ثابت کرد. همچنین در برخی بخشها در زون برونزا (supergene)، کانی کوولیت نیز مشاهده شد که حاصل هوازدگی کالکوپیریت بوده و به صورت حلقه‌ای پیرامون آن تشکیل شده است. میزان مس در کانسارهای مشهور دیگر نوع Fe Oxide مانند کوه زر تربت، کندل اریا، و المپیک دم بسیار بالا تر است و به ۲ تا ۳ درصد نیز می‌رسد.



شکل ۲ رابطهٔ مستقیم بین Au-S در نمونه‌هایی از کانسنگ توده C.



شکل ۳ رابطهٔ مستقیم Au-As در نمونه‌هایی از کانسنگ تودهٔ C و باغک.



شکل ۴ رابطهٔ معکوس Au-Cu در نمونه‌هایی از کانسنگ تودهٔ C و باغک.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

باریم در مناطق مورد مطالعه ناهنجاری نشان می دهد و به ۳ ٪ نیز می‌رسد که تائید کنندهٔ حضور باریت در این منطقه است. عنصر کبالت در منطقهٔ باغک نیز ناهنجاری نشان می‌دهد به طوری که مقدار آن به بیشینه ۳۵۵ ppm می‌رسد و در تودهٔ C شمالی ۱۵۱ ppm است. با توجه به اینکه کانی‌سازی کبالت در بررسی مقاطع صیقلی مشاهده نشد، می‌توان انتظار داشت که کبالت در ساختار کانی‌ها دیگر مانند سولفیدها و یا مگنتیت حضور داشته باشد. کبالت و نیکل رابطهٔ مستقیمی با هم دارند. عنصر روی نیز در چند نمونه ناهنجاری نشان می‌دهد که مربوط به کانی‌سازی اسفالریت است که به صورت بسیار جزئی دربلوکهای صیقلی مشاهده شده است.

همچنین بین مس و مولیبدن رابطهٔ نسبتاً مستقیمی وجود دارد که نشان دهندهٔ همراهی این دو عنصر است.

رسم نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب موجود در زونهای کانی‌سازی پس از بهنجار شدن با کندریت، یک شیب منفی را نشان داد که بیان گرغنی شدگی از عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین (HREE) است (شکل ۵) غنی شدگی از LREE احتمالاً به علت حضور آپاتیت (به مقدار اندک) در منطقه است، زیرا این عناصر بیشتر در کانی آپاتیت متمرکز می‌شوند. پایین بودن میزان REE در منطقه را می‌توان به دو صورت تفسیر کرد: نخست اینکه ماگمای اولیه که منجر به تشکیل کانسار شده است حاوی مقدار اندکی عناصر خاکی کمیاب بوده است، و در نتیجه کانیهای حاصله نیز از REE غنی شدگی نشان نمی‌دهند و دوم اینکه حضور مقادیر جزئی REE می‌تواند به افزایش میزان اکسید کلسیم در محلول کانه ساز مربوط باشد که این امر باعث رقیق شدن همبافت‌های فلوئوریدی و یا کاهش نسبت F/Ca می‌شود، [۱۱]. از آنجا که در این نوع کانسارها عناصر خاکی کمیاب در سیستمهای گرمایی غنی از فلوئور قابلیت انتقال پیدا می‌کنند، کاهش F منجر به کم شدن REE می‌شود، [۱۲].

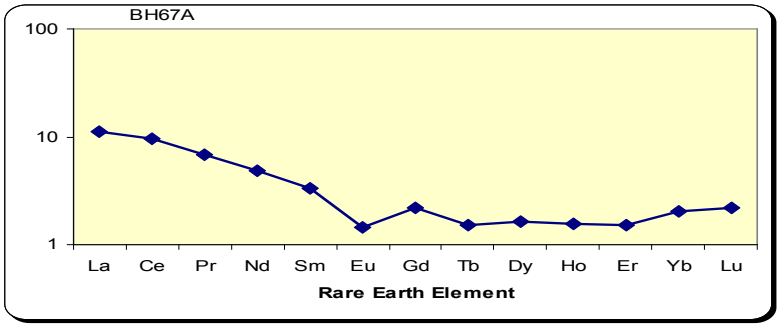
کانی‌شناسی منطقه

کانی‌سازی در منطقهٔ سنگان از نوع گرمابی است و آبگونهای کانی ساز از محل گسل ها وارد شده، و در سنگ میزبان کربناتی جانشین می‌شوند که پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز عملکرد گسلها را در منطقه تایید می‌کند (شکل ۶). کانی کدر اصلی مگنتیت است که به تنهایی یا همراه با هماتیت، لیمونیت، پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت، اسفالریت و کوولیت در منطقه حضور دارد. مهمترین کانی شفاف موجود کربناتها هستند که بیشتر به صورت دولومیت یا آهک منیزیم دار مشاهده می‌شوند. کانیهای شفاف دیگر عبارتند از : فلوگوپیت، آمفیبول، سرپانتین، کلریت، و الیوین.

کانی‌سازی در کانسار سنگان مراحل متعددی را طی کرده است و تشکیل هر کانی در چرخه‌های متفاوتی صورت گرفته است که در ادامه به بررسی این مطلب می‌پردازیم.

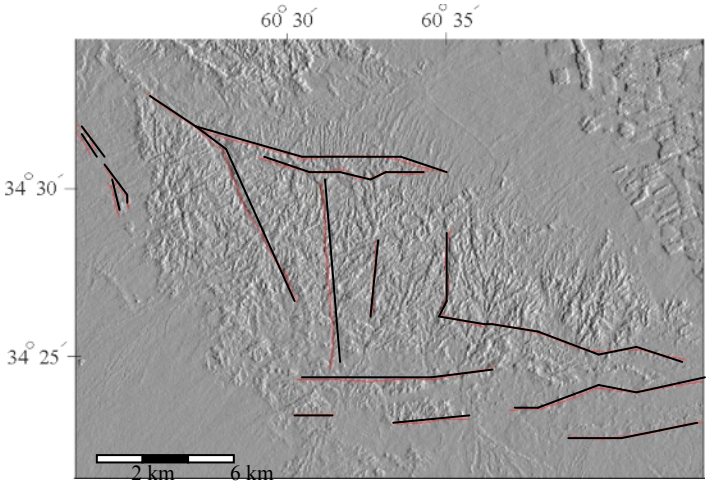
مگنتیت: مگنتیت فراوانترین و مهمترین کانی موجود در منطقه است (۳۰-۹۰٪) و جزء نخستین فازهای ته نشین شده است. بافت مگنتیت بسیار متنوع است، به طوری که در مقاطع مختلف بیشتر به صورت جانشینی با بافت متراکم و توده‌ای (شکل ۷) و گاه به صورت پراکنده در متن سنگ قابل مشاهده است .

هماتیت: هماتیت در دو نسل قابل بررسی است: ۱- هماتیتهای حاصل از هوازدگی مگنتیت که در نمونه‌های سطحی به مقادیر زیادی قابل مشاهده است، (شکل۸). ۲- هماتیتهای حاصل از حلول‌های گرمابی جدیدتر که در شرایط اکسیدان تشکیل شده‌اند، این هماتیتها به صورت رگچه‌ای هستند.

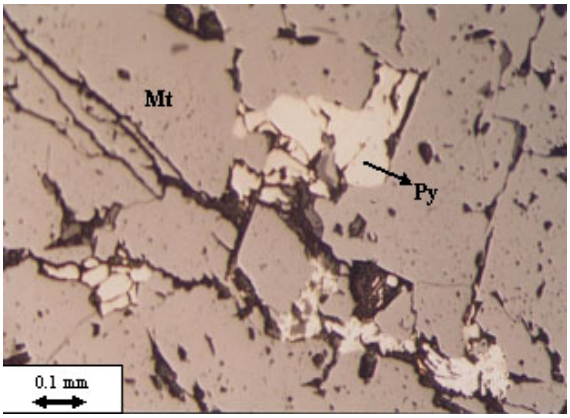


شکل۵ روند تغییرات REE در نمونهٔ شماره BH67A.

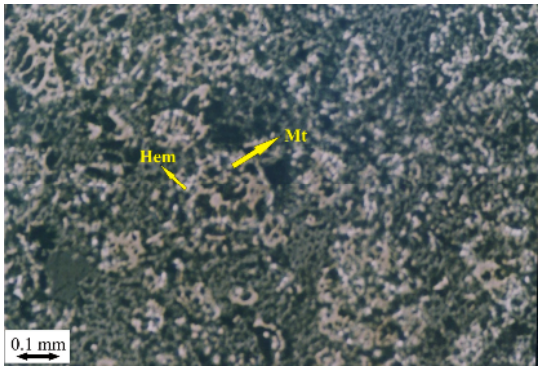
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل ۶ تصویر ماهواره‌ای گسلهای منطقهٔ مورد مطالعه.



شکل۷ بافت متراکم در مگنتیت.



شکل۸ جانشینی هماتیت در پیرامون مگنتیت، نور بازتابی و PPL.

پیریت: پیریت فراوان ترین کانی سولفیدی در مناطق مورد مطالعه است. بافت پیریتها نیز تنوع زیادی دارد و به اشکال مختلف دیده می-شوند که همهٔ این بافت ها حاصل جانشینی پیریت در سنگ های کربناته است. مهم ترین بافت موجود دانه‌ای و پراکنده در زمینه مگنتیت و هرزه سنگ است و بافتهای دیگر عبارتند از: بافت خوشه انگوری، بافت پویکیلیتی و

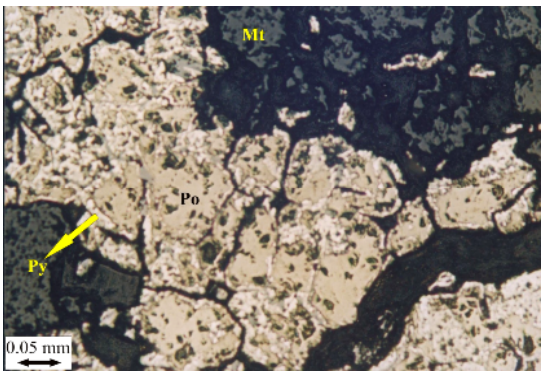
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

بافت حاشیه‌ای که حاصل تبدیل پیروتیت به پیریت است[۱۳] (شکل ۹). به طور کلی می‌توان پیریتهای موجود در منطقه را به چهار نسل تقسیم کرد: ۱- پیریتهای اولیه: این پیریتها همزمان با تشکیل مگنتیت به وجودآمده‌اند و فضای کافی برای رشد آنها وجود داشته است، بنابراین اشکال کاملاً یوهیدرال دارند [۱۴]. علاوه بر این اندازهٔ این پیریتها نیز نسبت به پیریتها درشت‌تر است. ۲- پیریتهای نسل دوم: این پیریتها پس از تشکیل مگنتیت ایجاد شده‌اند. این نسل فاقد اشکال یوهیدرالند. ۳- پیریتهای ثانویه: پیریتهای ثانویه حاصل تغییر ماهیت پیروتیتها هستند، به این صورت که در اثر تغییرات شیمی محیط، پیروتیت از حاشیه شروع به تغییر ماهیت کرده و به پیریت تبدیل می‌شود. با پیشرفت این دگرسانی پیروتیت کاملاً به پیریت مبدل می‌شود (شکلهای ۱۱و۱۰).

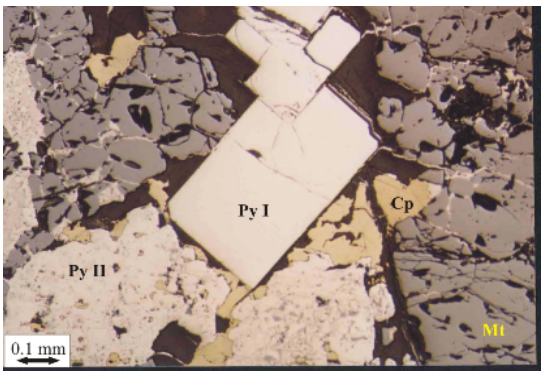
۴- پیریتهای رگچه‌ای: پیریتهای رگچه‌ای از فراوان‌ترین پیریتهای موجودند. این پیریتها فضاهای خالی و درزه و شکافهای موجود را پر می‌کنند و گاهی پیریتهای مراحل پیش را قطع می‌کنند.

پیروتیت: بافتهای متنوعی در پیروتیتها قابل مشاهده‌اند که حاصل جانشینی پیروتیت در سنگهای کربناتی است [۱۵-۱۶]. بافت غالب افشان است که بلورهای پیروتیت در زمینهٔ مگنتیت پراکنده‌اند. بافت توده‌ای نیز در پیروتیتها مشاهده می‌شود. حضور پیروتیتهای سالم و پیروتیتهای دگرسان که همراه یکدیگر و در کنار هم هستند احتمالاً بیانگر حضور دو نسل پیروتیت است که بررسیهایی که به روش XRD انجام گرفت این مطلب را تایید کرد و در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

کالکوپیریت: کالکوپیریت یکی از کانیهای سولفیدی است که به مقادیر اندک (۱ تا۳ درصد) همراه مگنتیت و کانیهای سولفیدی دیگر مشاهده می‌شود و در مراحل نهایی کانی سازی تشکیل شده است. بلورهای کالکوپیریت دارای شکل مشخصی نیستند و بیشتر به صورت پرکنندهٔ فضای خالی در درون و یا پیرامون مگنتیت، پیریت، پیروتیت، و کانیهای هرزه حضور دارد. بافت کالکوپیریت پراکنده و دانه‌ای است. بلورهای کالکوپیریت در شرایط اکسایش و در اثر فرایندهای ابرپرژن به کانی کوولیت تبدیل می‌شود که این تبدیل از حاشیهٔ بلور آغاز می‌شود[۱۳].

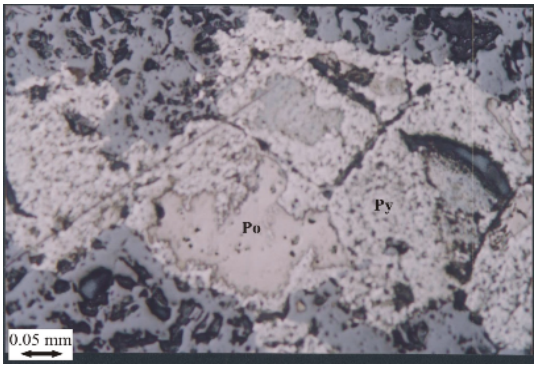


شکل۹ بافت حاشیه‌ای پیریت در پیرامون پیروتیت، نور بازتابی و PPL.



شکل۱۰ پیریتهای یوهیدرال نسل اول (Py I) و پیریتهای آن هیدرال نسل دوم (Py II)، نور بازتابی و PPL.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل۱۱ پیریت نسل سوم حاصل از پیروتیت، نور بازتابی و PPL.

تعیین دو نسل پیروتیت با تصویر برداری با پرتو X

در طول بررسیهای مقاطع صیقلی توده‌های C شمالی و باغک، پیروتیتها مورد توجه قرار گرفت. این کانیها خصوصیات ویژه‌ای نشان می‌دادند به طوری که دسته‌ای از آنها کاملاً دگرسان شده و در حال تبدیل به پیریت بودند و گه گاهی این تبدیل در مراحل نهایی بود و در همان مقطع بلورهای دیگری با سرشتیهایا پتیکی، پیروتیت مشاهده می‌شد که برخوردگاه تیزی با مگنتیتها داشته و کاملاً سالم و بدون هر گونه آلتراسیون بود. به نظر می‌رسید این کانی احتمالاً ترکیب جدید و ناشناخته با خصوصیات نوری مشابه پیروتیت باشد و با توجه به این که مقدار آنها بیش از ۵٪ بود نمونه ای به منظور آنالیز XRD انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در این نمونه دو نوع پیروتیت با ویژگیهای ساختاری متفاوت وجود دارند، (شکل ۱۲). با بررسی ابعاد شبکه (پارامتر سلولی) معلوم شد که این دو پیروتیت از لحاظ ابعاد بلورین با هم متفاوتند، به طوری که در پیروتیت نوع اول ابعاد بلور به صورت a= ۶٫۸۸ و c = ۲۸٫۶۷ و در نوع دوم a = ۶٫۸۹ و c = ۶۳٫۲۲ است، ولی سیستم تبلور در هر دو نمونه ششگوشی تعیین شده است، [۱۶-۱۴] (شکل ۱۳و ۱۴).

با توجه به مطالب یاد شده و بررسی فراوان پیرامون دلیل تفاوت این دو نوع پیروتیت نتایج جالبی حاصل شد. بنابر نظریهٔ زوزمن، (۱۹۹۶) افزایش کمبود آهن منجر به کاهش در پارامتر سلولی پیروتیت می‌شود [۱۷] ، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیروتیت نوع اول که ابعاد کوچک‌تری دارد، مقدار آهن کمتری در ساختار آن موجود است ولی پیروتیت نوع دوم ابعاد بزرگتری دارد و میزان آهن موجود در آن بیشتر است.

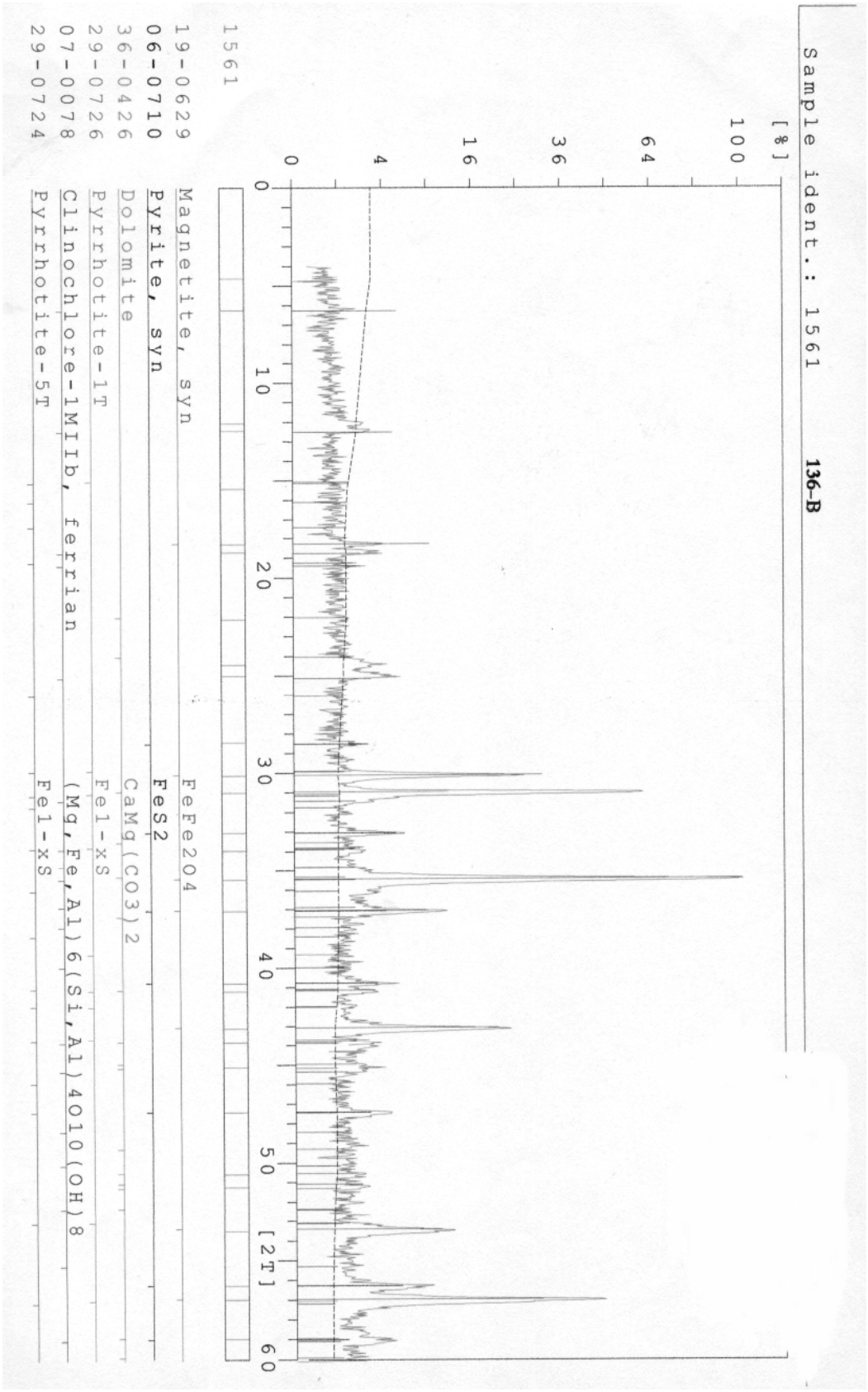
برداشت

بررسیهای ژئوشیمیایی نشان داد که کانسنگ تودههای C شمالی و باغک، ناهنجاریهای بسیار ضعیفی از طلا نشان می دهند که بنابر این نمی‌توان از آن برای استخراج طلا استفاده کرد. در این کانسار عنصر طلا با مس همراهی نشان نمی‌دهد، بنابراین در ساختار کانی کالکوپیریت حضور ندارد بلکه با توجه به رابطهٔ مستقیم بین طلا با سولفور و آرسن، این عنصر در کانیهای سولفیدی و آرسن دار فاقد مس مانند پیریت و آرسنو پیریت موجود است.

درکانسنگ حاوی مگنتیت عناصر خاکی کمیاب اندک بوده و مقادیر LREE نسبت به HREE بالاتر است. غنی شدگی از LREE احتمالاً به علت حضور آپاتیت (به مقدار اندک) در منطقه است زیرا این عناصر بیشتر در کانی آپاتیت متمرکز می‌شوند. در نهایت با بررسیهای دقیق ژئوشیمیایی، نوع کانی سازی این کانسار از نوع کیرونا با طلا و فسفر و REE پایین تعیین شده است.

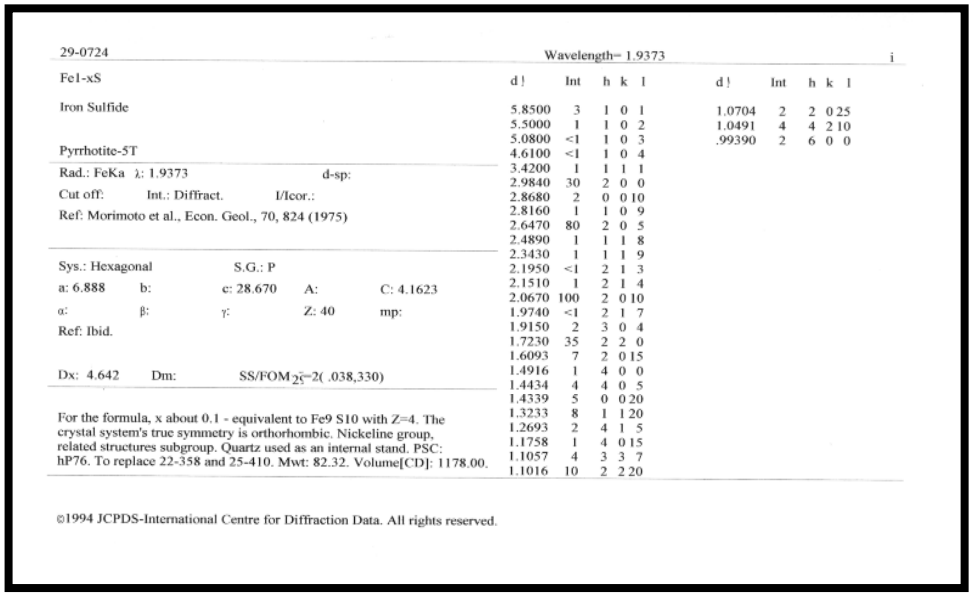
بررسیهای کانی شناسی نشان داد که پیریتهای این منطقه را می‌توان مربوط به چهار نسل دانست: نسل اول پیریتهای یوهیدرال که همزمان با تشکیل مگنتیتها ایجاد شده‌اند، نسل دوم پیریتهای بی‌شکل، نسل سوم پیریتهای حاصل از پیروتیت که گاه بافت حاشیه‌ای نشان می‌دهند و نسل چهارم پیریتهای رگچه‌ای. پیروتیت ها نیز در دو نسل مختلف مشاهده می‌شوند: نسل اول قدیمی تر، و همزمان با مگنتیت تشکیل شده است و نسل دوم که در حال تبدیل به پیریت است، جوان‌تر بوده و در مرحله بعد ایجاد شده است. آنالیز کانسنگ به روش XRD نیز حضور دو نسل پیروتیت را تائید کرده است و بررسیهای بعدی نشان داد که نسل اول و نسل دوم از لحاظ ترکیب شیمیایی متفاوتند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل ۱۲ تصویری از کانسنگ تودهٔ C شمالی با پرتو X.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



29-0724 Wavelength= 1.9373

Fe1-xS

Iron Sulfide

Pyrrhotite-5T

Rad.: FeKa λ: 1.9373 d-sp:

Cut off: Int.: Diffract. I/Icor.:

Ref: Morimoto et al., Econ. Geol., 70, 824 (1975)

Sys.: Hexagonal S.G.: P

a: 6.888 b: c: 28.670 A: C: 4.1623

α: β: γ: Z: 40 mp:

Ref: Ibid.

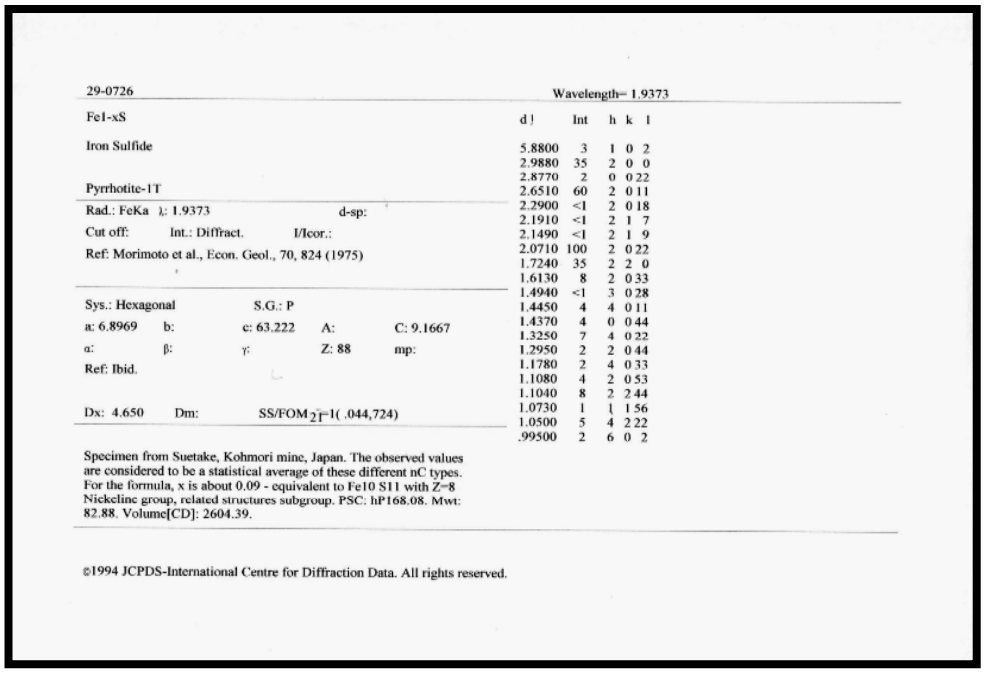
Dx: 4.642 Dm: SS/FOM $_{25}$=2(.038,330)

For the formula, x about 0.1 - equivalent to Fe9 S10 with Z=4. The crystal system's true symmetry is orthorhombic. Nickeline group, related structures subgroup. Quartz used as an internal stand. PSC: hP76. To replace 22-358 and 25-410. Mwt: 82.32. Volume[CD]: 1178.00.

d !	Int	h	k	l	d !	Int	h	k	l
5.8500	3	1	0	1	1.0704	2	2	0	25
5.5000	1	1	0	2	1.0491	4	4	2	10
5.0800	<1	1	0	3	.99390	2	6	0	0
4.6100	<1	1	0	4					
3.4200	1	1	1	1					
2.9840	30	2	0	0					
2.8680	2	0	0	10					
2.8160	1	1	0	9					
2.6470	80	2	0	5					
2.4890	1	1	1	8					
2.3430	1	1	1	9					
2.1950	<1	2	1	3					
2.1510	1	2	1	4					
2.0670	100	2	0	10					
1.9740	<1	2	1	7					
1.9150	2	3	0	4					
1.7230	35	2	2	0					
1.6093	7	2	0	15					
1.4916	1	4	0	0					
1.4434	4	4	0	5					
1.4339	5	0	0	20					
1.3233	8	1	1	20					
1.2693	2	4	1	5					
1.1758	1	4	0	15					
1.1057	4	3	3	7					
1.1016	10	2	2	20					

©1994 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved.

شکل ۱۳ مشخصات پیروتیت نوع اول.



29-0726 Wavelength= 1.9373

Fe1-xS

Iron Sulfide

Pyrrhotite-1T

Rad.: FeKa λ: 1.9373 d-sp:

Cut off: Int.: Diffract. I/Icor.:

Ref: Morimoto et al., Econ. Geol., 70, 824 (1975)

Sys.: Hexagonal S.G.: P

a: 6.8969 b: c: 63.222 A: C: 9.1667

α: β: γ: Z: 88 mp:

Ref: Ibid.

Dx: 4.650 Dm: SS/FOM $_{21}$=1(.044,724)

Specimen from Suetake, Kohmori mine, Japan. The observed values are considered to be a statistical average of these different nC types. For the formula, x is about 0.09 - equivalent to Fe10 S11 with Z=8 Nickeline group, related structures subgroup. PSC: hP168.08. Mwt: 82.88. Volume[CD]: 2604.39.

d !	Int	h	k	l
5.8800	3	1	0	2
2.9880	35	2	0	0
2.8770	2	0	0	22
2.6510	60	2	0	11
2.2900	<1	2	0	18
2.1910	<1	2	1	7
2.1490	<1	2	1	9
2.0710	100	2	0	22
1.7240	35	2	2	0
1.6130	8	2	0	33
1.4940	<1	3	0	28
1.4450	4	4	0	11
1.4370	4	0	0	44
1.3250	7	4	0	22
1.2950	2	2	0	44
1.1780	2	4	0	33
1.1080	4	2	0	53
1.1040	8	2	2	44
1.0730	1	1	1	56
1.0500	5	4	2	22
.99500	2	6	0	2

©1994 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved.

شکل ۱۴ مشخصات پیروتیت نوع دوم.

مراجع

[1] Hitzman M.W., *"Iron oxide-Cu-Au deposits: What, where, when and why."*, Australlian mineral foundation, Adelide, P. 9-25(2000).

[2] Carlon Christopher J., American Anglo, *Iron oxide systems and base metal mineralization in the northen Sweden, Hydrotermal Iron oxide copper-gold and related deposits: a global perspective*, V. 1, Australian mineral foundation, Adelaide (2002) pp. 283-296.

[3] Dow Russell J., Hitzman Murray, *Geology of the Arizaro and lindero prospects, Salta province,*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

northwest Argentina: Mid- Miocene hydrothermal fe oxide copper-gold mineralization, Hydrotermal Iron oxide copper-gold and related deposits: a global perspective˝, V. 2, Australian mineral foundation, Adelaide (2002) pp. 153-161.

[4] Hildebrand R., *"Kirona type deposit: their origin and relationship to intermediate subvolcanic plutons in the Great bear magmatic zone"*, north west Canada. Economic geology, V. 81, (1986) P. 640-659.

[5] Hitzman Murray, *"Oreskes Naomi, Einaudi Marco, Geological characteristics and tectonic setting of proterozoic Iron oxide (Cu-U- Au-REE) deposits"*, Precambrian research, V. 58, 1992. pp. 241-287.

[6] Barnes Hubert, *"geochemistry of hydrothermal ore deposits"*, 1979.

[7] Barton Mark D., Johnson David A., *"Alternative brine sources for fe oxide Cu-Au systems: Implications for hydrothermal alteration and metals, Hydrotermal Iron oxide copper-gold and related deposits: a global perspective"*, V. 1, Australian mineral foundation, Adelaide, 2002, pp. 43-60

[۸] کریم پور محمد حسن ، ˝ *کانی‌شناسی ، آلتراسیون، سنگ منشا و محیط تکتونیکی ذخایر Fe oxide Cu-Au و مثال-هایی از آن*˝، دانشگاه یزد، ۱۳۸۲، ۱۸۴-۱۸۷ ص.

[۹] افتخارنژاد ج، ˝*تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌ها رسوبی*˝، نشریه انجمن نفت، ۱۳۵۹، صفحه ۱۹ - ۲۸.

[۱۰] علوی م، ˝*نقشه تکتونیکی مرکز و شرق ایران ۱:۵۰۰۰۰۰۰، اکتشافات زمین‌شناسی ایران*˝، ۱۹۹۱ .

[۱۱] طباطبایی رضایی میر داود، علیجان آفتابی، ˝*بررسی تمرکز عناصر مختلف در واحدهای اسکارن، ژرف زاد، غنی شدگی ثانویه سولفیدی و فروشست- اکسیدی و برآورد ذخیره در کانسار سونگون، اهر، آذربایجان*˝، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۱۳۸۱.

[12] Oreskes N., Einaurdi M., *"Origin of rare earth element – enriched Hematite breccias at the Olampic dam Cu-Au-U-Ag deposit"*, Roxby Downs, south Australia. Economic geology, V. 85, (1990), P. 1-28.

[13] Ramdohr P., *"The ore minerals and their intergrowth"*, Pergamon/Press, 1980.

[14] Klein Cornelis, Hurlbut Cornelius, *"Manual of mineralogy"*, Wiley, 1985, pp. 596.

[15] Nkoma J.S., Ekosse G., *"Mineral data"*, Pyrrhotite.

[16] Nkoma J. S., Ekosse G., *"X-ray diffraction study of chalcopyrite, pentlandite and pyrrhotite obtained from Cu-Ni ore bodies"*, J. Phys, 1999, pp. 121-128.

[17] Howie, Zussman, *"An introduction to the rock forming minerals"*, Long man (1995-1996)

[18] Mazaheri Ahmad, *"Petrological studies of skarns from Marulan south, New south wales, Australia and Sangan, Khorassan, Iran"*, Univ of Wollongong, Ph.D thesis. (1995).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]