Archive of SID

IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

No. 2, 1385/2006 Fall & Winter

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Determination of the thermal range of mineralizaion in the Chahar-Gonbad copper mine by using pyrite crystals morphology

S.H. Ghetmiri

Department of Geology, Islamic Azad University, Shiraz Branch, IRAN.

(Received:4/10/2005, received in revised form:3/6/2006)

Abstract: Chahar-Gonbad copper mine, in Kerman province, has mainly formed as veins with low reserves and medium grade. Mineralization is mainly occured as chalcopyrite, pyrite, rare galena and sphalerite. Sericitic, argillic and propylitic alterations have been identified in this are deposit. These alteration occurod in the thermal range of about 350 °C. In this research, the morphology of pyrite crystals is used for determination of the thermal range of mineralization. It is possible that the pyrite form in a mineralization zone shows the state of thermal range during mineralizaton. Based on this assumptian, the needle crystals are formed in temperatures below or equal to 250 °C, abundant grooves while with increasing temperature to 450 °C the cubic crystals with abundant grooves and a few octahedral surfaces are formed. Investigations of collected pyrite crystals from alteration zones of this ore deposit show that the cubic types with abundant pyritohedron surfaces are common and crystals with high density with groove surfaces are seen with smooth surfaces crystals. Therefore it is interpreted that pyrites have formed in the thermal range between 250 to 450 °C. According to the temperature range for alteration (mean 350 °C), it seems copper that the mineralization have occurred between 350 to 450 °C.

Keywords: *Chahar- Gonbad, pyrite, Morphology, Temperature*

www.SID.ir

Archive of SID

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۸۵، از صفحهٔ ۲۹۵ تا ۳۰۴

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

تعیین گسترهٔ دمایی کانه زایی در معدن مس چهار گنبد با استفاده از ریخت شناسی بلورهای پیریت

سید حسین قطمیری

بخش زمین شناسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز - تلفن : ۸۳۲۹۹۹۰

(دریافت مقاله۱۳۸۴/۷/۱۲ ، دریافت نسخه نهایی۱۳۸۵/۳/۱۳)

چکیده: معدن مس چهار گنبد استان کرمان بیشتر از کانسار رگه‌ای با حجم کم و عیار متوسط تشکیل شده است. بخش بزرگ کانی‌سازی شامل کالکوپیریت، پیریت، کمی گالن و اسفالریت است. دگرسانی‌های سریسیتیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک نیز در کانسار شناخته شده‌اند. گسترهٔ دمایی این دگرسانی‌ها در حدود ۳۵۰ °C است. در این پژوهش برای تعیین گسترهٔ دمایی کانه‌زایی از ریخت‌شناسی بلورهای پیریت استفاده شده است. این احتمال وجود دارد که شکل-گیری بلور پیریت در ناحیهٔ کانه‌زایی گسترهٔ دما را در طول کانه‌زایی نشان دهد. بر این اساس در دماهای کمتر یا مساوی۲۵۰ °C بلورهای سوزنی، و با افزایش دما تا ۴۵۰ °C بلورهای مکعبی با شیارهای فراوان و سطوح اندک هشت وجهی شکل گرفته باشند. بررسی بلورهای پیریت جمع‌آوری شده از مناطق دگرسانی این معدن نشان می‌دهد که انواع مکعبی با سطوح چند وجهی فراوان (pyritohedron) در نمونه‌ها رایج است، انواع سطوح شیاردار با تراکم زیاد همراه با انواع سطوح تخت و آینه‌ای دیده می‌شوند. لذا به نظر می‌رسد که این بلورها در گسترهٔ دمایی بین۲۵۰ تا ۴۵۰ °C شکل گرفته‌اند. با توجه به گسترهٔ دمایی دگرسان (در حدود ۳۵۰ °C) تعیین دمای کانه‌زایی مس بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ °C منطقی به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی : *چهار گنبد، پیریت، ریخت‌شناسی، دما.*

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

معدن چهار گنبد در فاصله ۶۵ کیلومتری شمال شرقی سیرجان و ۱۱۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان واقع شده است. فعالیتهای گرمابی در مرحلهٔ پس ماگمایی و مرتبط با تودهٔ نفوذی دیوریتی منجر به کانه‌زایی مس در میوسن میانی شده است. این کانسار بیشتر رگه‌ای با حجم محدود و عیار متوسط است. [۲-۱]. ترکیب کانی‌شناسی نسبتاً ساده و شامل کالکوپیریت به عنوان کانی اصلی، گالن و اسفالریت به عنوان کانیهای فرعی است. کانیهای باطله، اساساً از کوارتز و از کربناتها (کلسیت، انکریت، سیدریت) تشکیل شده‌اند[۷]. کانه‌زایی کالکوپیریت این گستره به تجمع شکاف پرکن کوارتز - کربنات مربوط می‌شود، حال آنکه پیریت به عنوان جزء فرعی قطعات سنگ دگرسان شده حاضر است. بیشترین تمرکز کانه‌زایی در طول و تقاطع گسلهای اصلی منطقهٔ چهار گنبد و مضطر صورت گرفته است. لذا کنترل ساختاری نقش مهمی در تشکیل این کانسار داشته است [۹]. شواهد بافتی شکاف پرکن فراوان، ولی شواهد بافتی جایگزینی به شکل محدودتری دیده شده‌اند که نشانگر تداوم فعالیت کانی‌سازی توأم با دگرسانی سنگ دیواره است [۹]. انواع دگرسانی گرمابی در این ناحیه شامل سریسیتیک[۱]، آرژیلیک[۲]و پروپیلیتیک[۳] است. دگرسانی سریسیتیک در واقع همان دگرسانی فیلیک در کانسارهای نوع پورفیری است و کانیهای اصلی آن شامل سریسیت، کوارتز و پیریت است. بخش بیرونی این دگرسانی به دگرسانی کم شدت‌تری بنام آرژیلیک تبدیل می‌شود که از کانیهای کائولینیت و مونت موریلونیت تشکیل شده است [۴]. گسترهٔ دمایی این دگرسانی در حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد است[۵].

$$\text{فلدسپات پتاسیم} + H^{+}_{(aq)} \xrightarrow{t<۳۵۰^{\circ}c} \text{سریسیت} + K^{+}_{(aq)} + SiO_2$$

$$\text{سریسیت} + H^{+}_{(aq)} + H_2O \xrightarrow{t<۳۵۰^{\circ}c} \text{کائولینیت} + K^{+}_{(aq)}$$

بلور شناسی پیریت

پیریت از کانیهای معمول در طبیعت است که تنوع گسترده‌ای در شکل، بسته به نوع رخداد آن دارد. این تنوع به علت تفاوت محیط یا موقعیت رشد بلوری است. پیریت در طبیعت به صورت بلورهای شکل‌دار با سطوح شاخص پائین رخ داده، اشکال شاخه‌ای، قیفی و مویی شکل آن کمیاب‌اند.

1 -Sericitic
2 -Argillic
3 -Propylitic

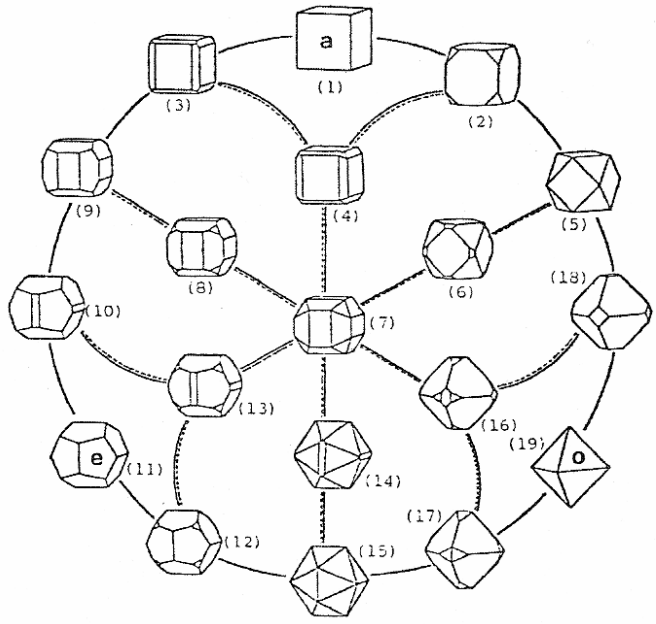
www.SID.ir

Archive of SID

سطوح بلوری بسیاری برای این کانی گزارش شده ولی (۱۰۰)، (۲۱۰) و (۱۱۱) فراوان‌ترند. بیشتر بلورها از یک یا ترکیب چند سطح مختلف تشکیل شده‌اند. (شکل۱)

بلورهای ناپیوستهٔ پیریت اغلب در نهشته‌های نوع رگه‌ای و شکاف پـرکن، ولـی کانـسارهای سولفیدی توده‌ای رخ داده و در مناطق دگرسان گرمابی نیز دیده مـی‌شـوند و اغلـب بـه شـکل مکعبی، هشت وجهی و دوازده وجهی هستند [۸]. اجتماع ریز بلوری به اشکال کروی، قلوه‌ای و کلوفوم نیز در نهشته‌های سولفیدی همزاد یا ته‌نشستهای پلیتیک دیده شده‌اند. بلورهای پیریت گاهی به صورت رشته‌های مویی کشیده، حلقوی، شاخه‌ای یا منشورهای باریک دیده می‌شوند.

ریخت‌شناسی بلورهای پیریت اولین بار توسط اندو[۴] و با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مطالعه شد. تعداد ۱۹ سطح بلوری برای پیریت گزارش شده است [۳]. سطح (۱۰۰) اشکال متنوعی داشته و از یک سطح بسیار شیاردار تا یک سطح آینه‌ای مسطح تغییر می‌کند. سطح (۱۱۱) سه گوش یا مثلثی است و بالاخره سطح (۲۱۰) مانند سطح (۱۰۰) دارای خطوط طولی است. خطوط سطح (۱۰۰) در اثر گسترش رشد بلوری به صورت جزیره‌های چهارگوش بوده اما خطوط سطح (۲۱۰) ساده و موازی‌اند (شکل ۲).

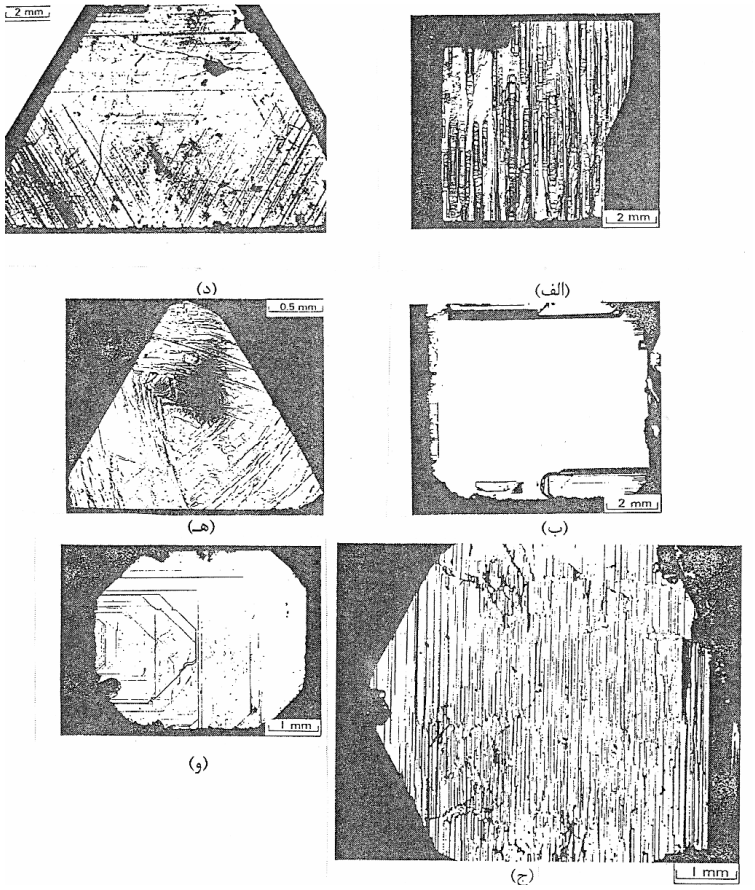


4 -Endo

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱ اشکال مختلف بلورهای پیریت حاصل از ترکیب سه سطح اصلیa، e، o [۸].



شکل ۲ الف: تصویر میکروسکوپی سطح (۱۰۰) با شیارهای طولی متراکم . ب: سطح آینه‌ای (۱۰۰) با رشد جزائر در کناره‌ها. ج : خطوط مثبت سطح (۲۱۰) بصورت ساده و موازی. د : تصویر میکروسکوپی سطح سه گوش یا مثلثی (۱۱۱). هـ : سطح سه گوش (۱۱۱) با چرخش مثلثها به طرف گوشه ها. و: رشد لایه‌ای چهارگوش در سطح (۱۰۰) [۳].

روش مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی‌های فراوانی روی تاثیر دمای رشد در شکل بلورهای پیریت انجام شده است [۸]. در یک بررسی آزمایشگاهی جدید توسط موروچیک و بارنز[5] اثرهای دما و دمای اَبَراشباعی روی شکل بلورهای پیریت در محیط گرمابی بررسی شد [۶].

این پژوهشگر با استفاده از پیریتهای خرد شده (به عنوان خاستگاه تغذیه)، محلول ۵ مولار کلرید آمونیوم و آب محیطی آزمایشگاهی برای تبلور بلورهای پیریت در شرایط گرمابی ایجاد کردند. دمای اَبَراشباعی در این آزمایش با شیب دمایی و فاصله از خاستگاه تغذیه، کنترل می‌شود و این شیب گرمایی نیز با یک کورهٔ دو منظوره ایجاد می‌شود که طراحی آن به گونه‌ای است که شیب دمایی خطی شدیدی معادل ۰٫۱-۱۰°C/cm از کمترین دما تا دمای بیش از ۵۵۰°C ایجاد می‌کند (برای آگاهی بیشتر به متن مقالهٔ ایشان مراجعه شود).

این احتمال وجود دارد که شکل این بلور در یک ناحیهٔ کانه‌زایی حالتها و بزرگی دمای کانه‌زایی را نشان دهد. نتایج این بررسی نشان داد که شکل بلورهای پیریت تحت تاثیر دما و دمای اَبَراشباعی در طول زمان تشکیل قرار می‌گیرد. بر این اساس در دماهای کمتر یا مساوی ۲۵۰ °C (در شیب دمایی کم ۰٫۲-۰٫۵ °C/cm) بلورهای سوزنی تشکیل می‌شوند، و با افزایش دما تا ۴۵۰°C بلورهای مکعبی با شیارهای فراوان و سطوح اندک هشت وجهی‌شکل می‌گیرند. در شیبهای دمایی بالاتر ۵-۶ °C/cm) و در دمای ۲۵۰ °C مکعبهای پیریت با سطوح ملایم (۱۰۰) a و (۱۱۱) o تشکیل شده و در همین شیب حرارتی در دمای ۴۵۰ °C مکعبهای شیاردار با یا بدون سطوح هشت وجهی به وجود می‌آیند (شکل ۳) [۶].

بخشی یا تمام بلورهای مکعبی تا هشت وجهی و دوازده وجهی پیریت در سنگهای میزبان بدون کانه‌زایی تا رگه‌های کانه‌دار گرمابی دیده می‌شوند [۸]. شاره‌های گرمابی در عمق با پیروتیت در حال تعادل بوده با بالا آمدن آنها و ترکیب با آبهای اکسید کننده زیر زمینی حین دگرسانی، بخشی از سولفید در محلول به شکل HS_2^- , S_2^{-2} اکسید شده و پیریت تشکیل می‌شود:

$$۲H_۲S_{(aq)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(aq)} \Leftrightarrow H\bar{S}_۲ + H_۲O + H^+$$

$$۲H\bar{S} + \frac{۱}{۲}O_{۲(aq)} \Leftrightarrow S_۲^{-۲} + H_۲O$$

5 -Murowchick & Barnes

www.SID.ir

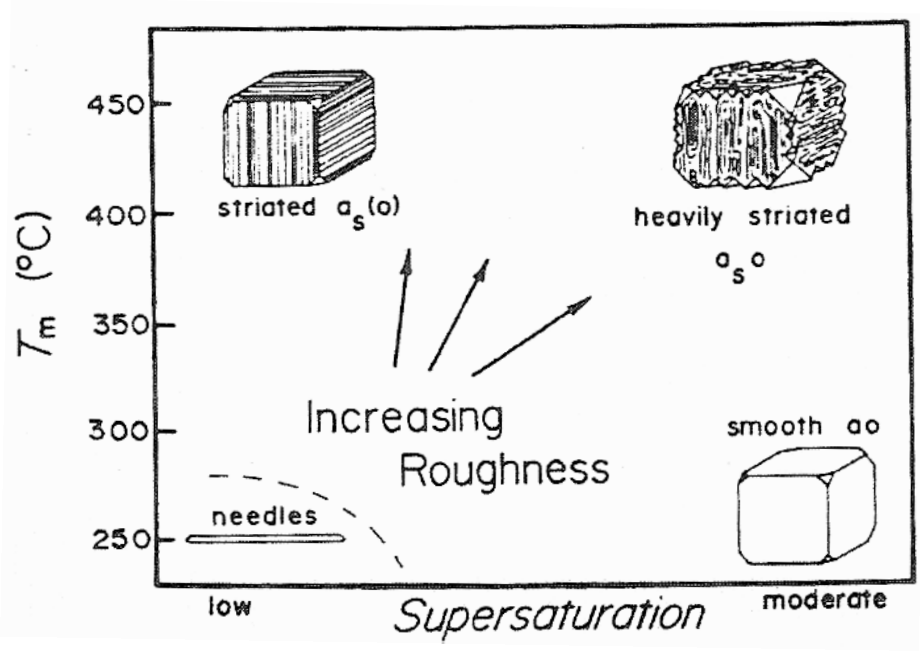
Archive of SID

$Fe^{+۲} + S_۲^{-۲} \rightarrow FeS_۲$ (pyrite)

عواملی مانند تغییرات اسیدیته محیط (pH)، رقیق شدن، وجود یا عدم وجود واکنش‌گرها و .... در این فرایند موثرند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳ اشکال مختلف رشد بلوری در کانی پیریت و در شرایط گرمابی T_m= دمای متوسط، (۱۰۰)= a، (۱۱۱) = o ، شیار دار= s [۶]. ()= سطوح با گسترش کمتر.

بحث و بررسی

با توجه به مطالب بالا و به منظور تعیین تقریبی گسترهٔ دمایی کانی‌سازی در ناحیهٔ چهار گنبد، از مناطق دگرسانی کانسار نمونه‌هایی از بلورهای پیریت جمع‌آوری شدند. این نمونه‌ها در آزمایشگاه مورد بررسی دقیق میکروسکوپی و ماکروسکوپی قرار گرفتند. نتایج زیر حاصل این مطالعات است:

۱- ساختار بلوری نمونه‌ها از نوع شکل‌دار بوده، انواع مکعبی و با سطوح چند وجهی فراوان (Pyrohedron) در آنها فراوان است (شکل ۴).

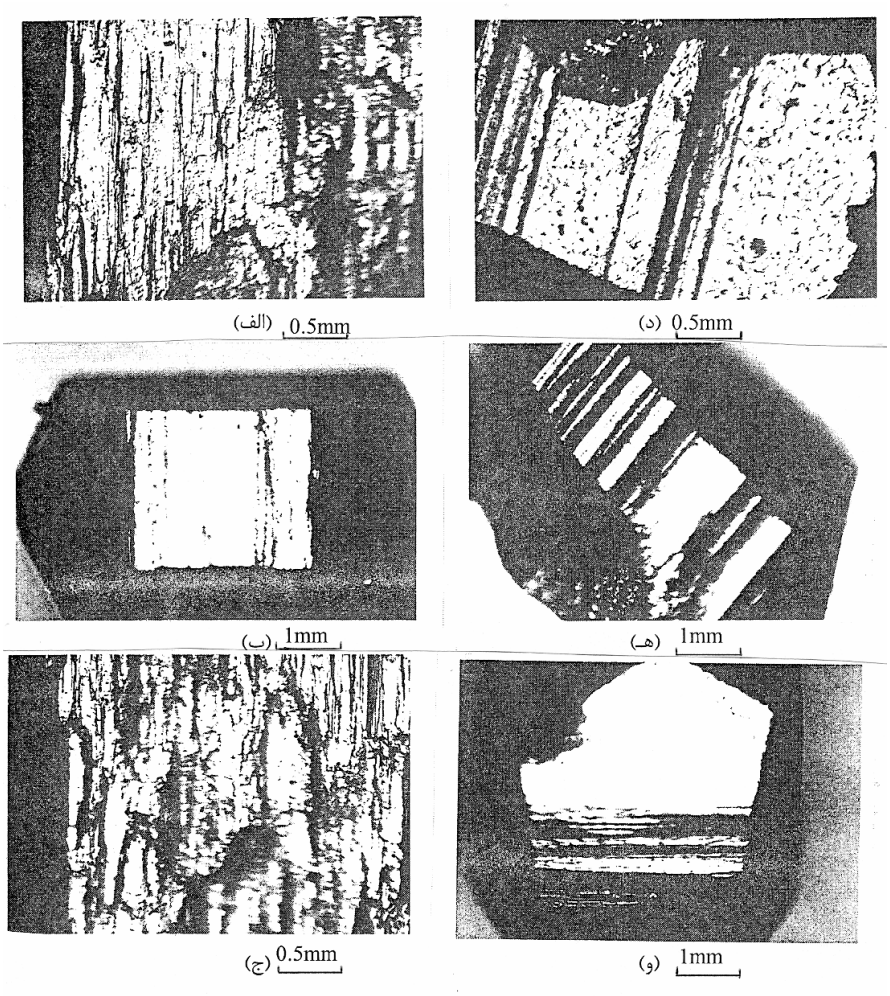
۲- سطوح بلوری بیشتر (۱۰۰) a و انواع شیاردار آن به خوبی قابل مشاهده است. البته سطوح e(۲۱۰) و (۱۱۱) o نیز کم و بیش دیده می‌شوند. اما بیشتر بلورها از ترکیب سطح (۱۰۰) حاصل شده‌اند. (شکل ۴)

www.SID.ir

Archive of SID

۳- با توجه به بررسی‌های به عمل آمده چنین به نظر می‌رسد که این بلورها در گسترهٔ دمایی از ۲۵۰ تا ۴۵۰ °C شکل گرفته‌اند. در دمای ۲۵۰ °C بلورهای پیریت اشکال مکعبی با سطوح تخت و آینه‌ای داشته اما در دماهای بالاتر تا ۴۵۰ °C این بلورها دارای سطوح شیاردار با تراکم زیاد خواهند شد. [۶]

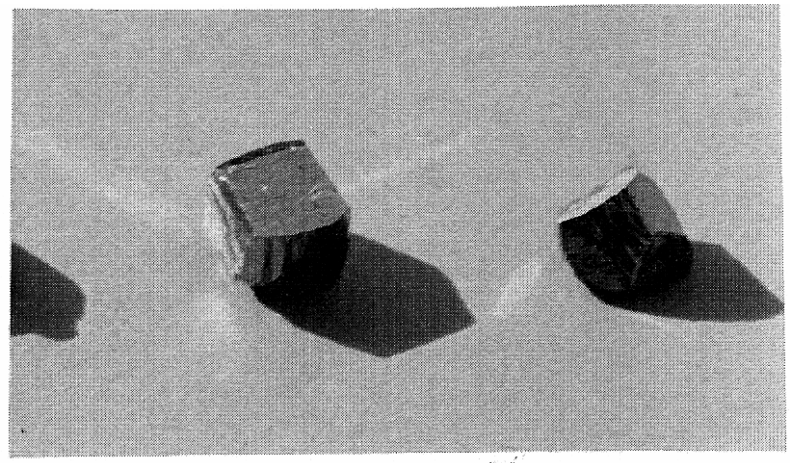
۴- با مقایسهٔ شکل بلورهای پیریت و بررسیهای بارنز نتیجه می‌شود که این بلورها در این گسترهٔ دمایی آغاز به تبلور کرده‌اند.



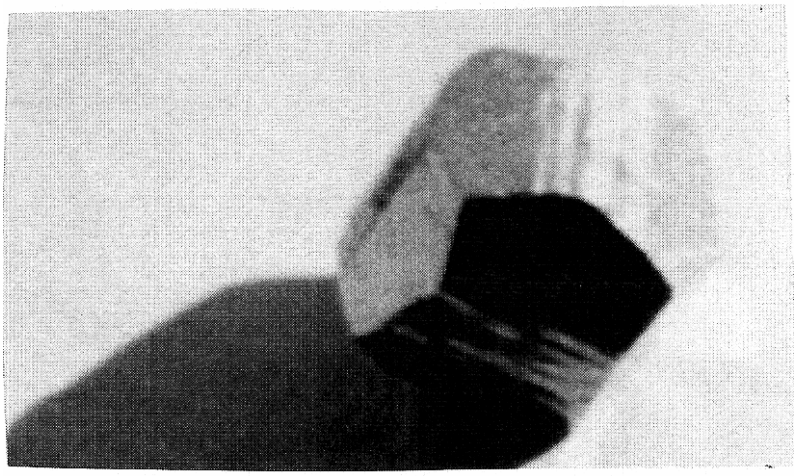
شکل۴ الف، ب، ج: تصویر میکروسکوپی سطح بلوری (۱۰۰) a با شیارهای فراوان (۱۰۰×). د، هـ ، و: تصویر میکروسکوپی سطح بلوری (۲۱۰) e با خطوط طولی ساده و موازی (۱۰۰×).

www.SID.ir

Archive of SID



(ز)



(ح)

شکل ۴ ز: بلور مکعبی پیریت با سطوح (۱۰۰) و شیارهای متراکم (۴۵×). ح : بلور دوازده وجهی پیریت با سطوح (۱۰۰) و (۲۱۰) و شیارهای متراکم (۴۵×).

برداشت

در معدن چهارگنبد دگرسانی سنگ دیواره شامل سریسیتیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک بوده که برخی توام با کانه‌زایی هستند [۹]. بررسی‌های انجام شده روی کانی پیریت که در مرحله دگرسانی سریسیتیک و پروپیلیتیک تشکیل شده نتایج جالبی به دست می‌دهد. بررسیهای

www.SID.ir

Archive of SID

دماسنجی روی این کانی نشان می‌دهد که دمای تشکیل آن در گسترهٔ ۲۵۰ تا ۴۵۰°C است و با توجه به گسترهٔ دمایی دگرسانی‌های بالا (حدود ۳۵۰°C) تعیین دمای کانه‌زایی مس بین ۳۵۰ تا ۴۵۰°C منطقی به نظر می‌رسد.

مراجع

[1] Anonymous, *"Exploration for ore deposits in Kerman region",* G.S.I. Report No, yu/53 (1973)

[2] Bazin D., Hubner H., Sjerp N., *"Geological investigation in Kerman Copper Region"*, G.S.I. Report, (1968)

[3] Endo Y., *"Morphological Study of framboidal pyrite",* J. Mineralogy Society Japan Vol 10, spec. Issue 2 (1971) 1-9.

[4] Etminan H., *"Le porphyre Guprifere de Sar Cheshmeh (Iran)",* Role des phases fluids dans les mechanisme d'alteration et de mineralization: Science de la terre memorie (1977) No 34.

[5] Guilbert J.M, Park C.F., *"The Geology of ore deposits Freeman and Company",* (1986) 985p.

[6] Murowchick J.B., Barnes H.L., *"Effects of temperature and degree of supersaturation on pyrite morphology",* American Mineralogist. 72 (1987) 1241-1250.

[7] Sjerp N., Issakhanian V., Brants A., *"The Geological Environment of the chahar Gonbad Copper mine",* A Study tetiary copper mineralization. G.S.I Report (1969)

[8] Sunagawa I., *"Variation in the crystal habit of pyrite",* Geological Survey of Japan Report 175 (1957) 1-47.

[۹] قطمیری س.ح.، *"مطالعهٔ ژئوشیمی، دگرسانی و کانه‌زایی در معدن مس چهار گنبد"*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه شیراز، (۱۳۷۲).

www.SID.ir