مجله زمین شناسی اقتصادی
سال ۱۳۸۹، شماره ۲ (جلد ۳)
صفحه : ۱۹۱ تا ۱۹۷

Journal of Economic Geology
2010- 2011, No. 2 (Vol. 3)
ISSN 2008-7306

بررسی انواع گونه‌های مولیبدنیت در فرآیند فرآوری مربوط به معدن مس سرچشمه

بالنده امین‌زاده[1]، جمشید شهاب‌پور[1]، مرتضی اسدی‌پور[2]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان
۲- مجتمع مس سرچشمه

دریافت مقاله : ۱۳۸۹/۱/۱۹، نسخه نهایی : ۱۳۸۹/۳/۲۶

چکیده

مولیبدنیت در کانسار مس پورفیری سرچشمه در ۵ فرم مختلف تشکیل شده است که عبارتند از: (۱) مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز؛ (۲) مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز که توسط رگه‌های پیریت پر شده‌اند؛ (۳) مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز - پیریت - کالکوپیریت؛ (۴) رگه‌های مولیبدنیت با مقادیر بسیار پایین کوارتز و (۵) مولیبدنیت انتشاری. رگچه‌های دارای مولیبدنیت به دلیل درشت بودن ذرات مولیبدنیت در آنها در صورت خردایش مناسب (ذرات مولیبدنیت در اندازه ۷۴ میکرون) به آسانی از دانه‌های باطله جدا شده و بازیابی مولیبدنیت از آنها به‌خوبی انجام می‌گیرد. آنچه باعث افت شدید در بازیابی مولیبدنیت در برخی روزها گردیده است، وجود مولیبدنیت‌های انتشاری است. این نوع مولیبدنیت‌ها به دلیل دانه‌ریز بودن در مرحله خردایش به درجه آزادی مطلوب نمی‌رسند و در صورت خردایش تا حد ۷۴ میکرون نیز در مراحل فلوتاسیون مانند یک کانی هیدروفیل رفتار می‌کنند و در فاز باطله تجمع می‌یابند.

***واژه‌های کلیدی**: مولیبدنیت، فرآوری، معدن مس سرچشمه.*

مقدمه

امروزه بخش اعظم مولیبدن جهان از کانسارهای مولیبدن پورفیری و درصد قابل توجهی از کانسارهای مس پورفیری واقع در حاشیهٔ قاره‌ها به دست می‌آید. مصرف مهم و عمدهٔ مولیبدن در تهیهٔ فولاد است که باعث افزایش سختی و مقاومت آن در برابر سائیدگی و خوردگی می‌شود.

مصارف دیگر مولیبدن استفاده به عنوان مادهٔ رنگی، کاتالیزور و مصارف شیمیایی و تهیهٔ گریس است. در ایران آثار مولیبدنیت در تعدادی از کانسارهای مس پورفیری گزارش شده است؛ اما به غیر از مجتمع مس سرچشمه که در آن مولیبدنیت به عنوان محصول فرعی به صورت کنسانترهٔ مولیبدنیت استحصال می‌شود، در سایر نقاط مطالعات زیادی انجام نشده است.

هدف از این تحقیق تعیین فرمهای مختلف مولیبدنیت در معدن مس سرچشمه و تعیین تأثیر نوع مولیبدنیت در بازیابی آن است.

زمین‌شناسی معدن مس سرچشمه

زمین‌شناسی معدن مس سرچشمه توسط بازین و همکاران (۱۹۶۸)، واترمن (۱۹۷۵)، اطمینان (۱۹۷۷)، شهاب‌پور (۱۹۸۲)، شهاب‌پور و همکارش (۱۹۸۷)، مطالعه شده است.

فاز اصلی نفوذی و مولد کانه‌زایی در منطقه سرچشمه با ترکیب گرانودیوریت به سن ۱۲/۵ میلیون سال [۳] منشأ کانه‌زایی مس و مولیبدن در معدن می‌باشد. این توده استوک مانند در سنگهای آتشفشانی ائوسن منطقه نفوذ کرده و محدوده‌ای به وسعت ۲ کیلومتر مربع را ضمن دگرسانی، کانه‌سازی نموده است. در ناحیه معدن پس از نفوذ و جایگیری استوک پورفیری تعدادی دایک همزمان با کانه‌زایی، در مراحل آخر کانه‌زایی و بعد از کانه‌زایی [۳] با روند عمومی شمال- شمال غربی و جنوب- جنوب شرقی

[1] مسؤول مکاتبات : aminzadeh85@gmail.com

در سنگهای قدیمی‌تر از جمله سنگهای آتشفشانی همبر، استوک پورفیری سرچشمه، پورفیری دانه‌ریز تأخیری نفوذ و آنها را قطع کرده و در برخی مناطق باعث شکستگی و جابه‌جا شدن قسمتهایی از استوک و همچنین قطع شدن کانه‌زایی گردیده است [۳].

طرح کلی دگرسانی کانسار سرچشمه به صورت زیر است: دگرسانی پتاسیک در مرکز سیستم و دگرسانی بیوتیتی در سنگهای دیواره‌ای توسعه یافته است و هر دو توسط دگرسانی فیلیک متأثر شده‌اند. دگرسانی پروپیلیتیک به طرف خارج سیستم در سنگهای دیواره‌ای آندزیتی گسترش دارد.

کانه‌زایی مس در کانسار سرچشمه در منطقه درون‌زاد به صورت رگچه‌ای و انتشاری و کانه‌زایی مولیبدن عمدتاً به صورت رگچه‌ای رخ داده است. حداکثر عیار مس درون‌زاد به صورت یک حلقه در آندزیت‌های بیوتیتیک در فصل مشترک با استوک پورفیری سرچشمه رخ داده و حداکثر عیار مولیبدن نیز در درون حلقه حاوی حداکثر عیار مس قرار دارد [۳، ۵] .

روش مطالعه

به منظور شناخت تأثیر انواع گونه‌های مولیبدنیت در چرخه بازیابی مس- مولیبدن انواع گونه‌های مولیبدنیت شناسایی شد؛ سپس در طی نمونه‌برداری از هر گونه سنگ معدن حاوی مولیبدنیت حدود ۲۰ کیلوگرم جمع آوری گردید. آماده سازی ۲۰ کیلوگرم از هرگونه مولیبدنیت با سنگ میزبانهای مختلف از جبهه‌های استخراجی مربوط به معدن مس سرچشمه شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف - خردایش نمونه‌ها که توسط سنگ شکن انجام گرفت؛

ب - سرند کردن نمونه‌ها به منظور رسیدن قطر نمونه‌ها به حد ۲ میلی‌متر (زیر الک ۱۰ مش)؛

پ - تقسیم نمونه‌ها در اندازه‌های ۱۴۶۰ گرم.

به منظور به دست آوردن زمان لازم نمونه‌ها در آسیای گلوله‌ای برای دستیابی ۷۰ درصد نمونه‌ها به اندازه ۷۴ میکرون (زیر۲۰۰ مش)، ۳ نمونه از میان نمونه‌های آماده شده از هر گونه مولیبدنیت انتخاب شد. نمونه‌ها درون آسیای گلوله‌ای آزمایشگاهی با ۵۰ ٪ جامد همراه با ۵ گرم آهک جهت رسیدن به pH مورد نظر در زمانهای مختلف خردایش قرار گرفتند. با رسم منحنی زمان خردایش بر حسب درصد عبوری از سرند ۲۰۰ مش (۷۴ میکرون) زمان خردایش بدست آمد.

برای بررسی رفتار متالورژیکی نمونه‌های آماده شده، آزمون شناورسازی با شرایط معمول کارخانه تغلیظ مس- مولیبدن بر روی هر گونه مولیبدنیت به صورت جداگانه انجام شد. مواد شیمیایی مورد استفاده به شرح زیر بود.

کلکتورها عبارتند از:

AERO 407 (Alkly Dithophosphote) و Z11 (Sodium Isopropyl Xantate) .

کف سازها عبارتند از:

MIBC و (Polypropylene Glycal Methyl Ether) Dowfrth250 .

میزان مصرف مواد شیمیایی برای MIBC، Z11، R407، DF250 و Fuel به ترتیب ۱۸ ،۱۸ ،۱۶ ،۱۵و۱۰ گرم بر تن جامد بود. آزمون شناورسازی در سلول ۵ لیتری دستگاه شناورسازی Denver از نوع D12 با سرعت چرخش همزن ۱۴۰۰ دور در دقیقه انجام شد.

pH نمونه‌ها با ۳۰ درصد جامد با استفاده از شیرآهک به ۱۱/۵ رسانیده شد. پس از افزودن مواد شیمیایی به مدت ۲ دقیقه زمان آماده سازی در نظر گرفته شد. کف‌گیری به طور پیوسته از سطح سلول و هر ۱۰ ثانیه یکبار در زمان ۸ دقیقه انجام شد. نمونه‌های کنسانتره و باطلهٔ گونه‌های مختلف مولیبدنیت پس از آبگیری همراه با خوراک جهت تعیین عیار عناصر مولیبدن و مس به آزمایشگاه ارسال شد.

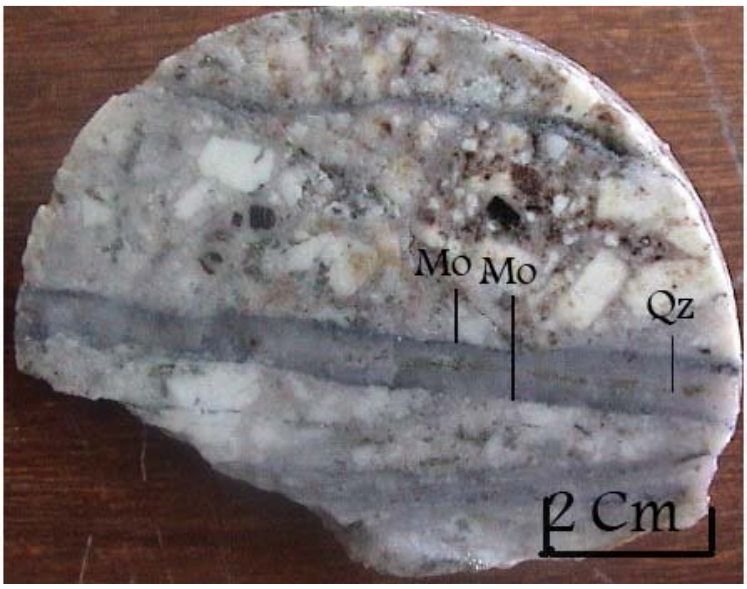
انواع گونه‌های مولیبدنیت در کانسار مس سرچشمه

در نمونه‌های برداشت شده از جبهه کارهای مختلف معدن و نمونه‌های حفاری الماسی مولیبدنیت به ۵ فرم مختلف دیده می‌شود که عبارتند از : ۱- مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز (شکل ۱)؛ ۲- مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز که توسط رگه پیریت پر شده‌اند (شکل۲)؛ ۳- مولیبدنیت در رگه‌های کوارتز- کالکوپیریت- پیریت (شکل۳)؛ ۴- رگچه‌های مولیبدنیت با مقادیر بسیار پایین کوارتز که ظاهری شبیه به مولیبدنیت قشری یا سطحی دارند. این رگچه‌ها به دلیل بالا بودن مقدار زیاد مولیبدنیت دارای سختی بسیار پایینی می‌باشند که بعد از تشکیل آنها در اثر استرس به آنها باعث شکستگی در رگه‌ها شده و روی سنگ میزبان به صورت قشری یا سطحی دیده می‌شوند(شکل۴)؛ ۵- مولیبدنیت انتشاری (شکل۵)[۶] .

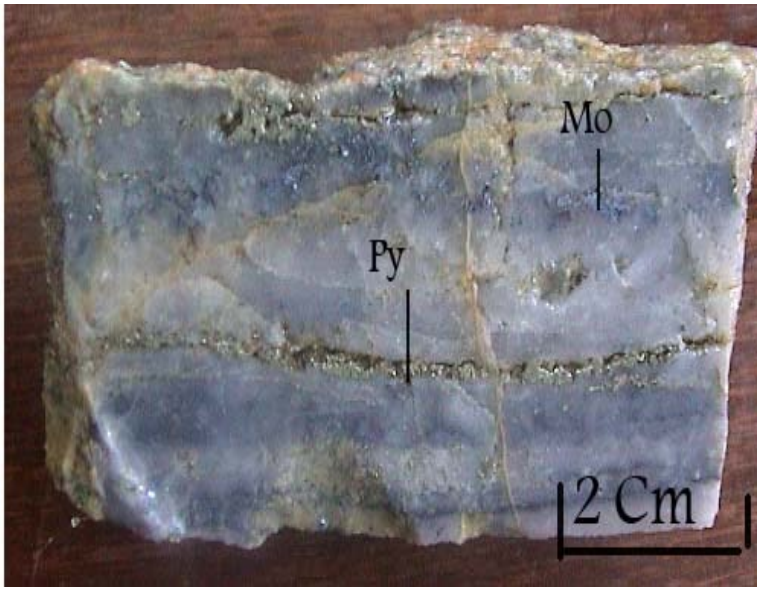
برای بررسی انواع گونه‌های مولیبدنیت در چرخه بازیابی، انواع سنگ معدن حاوی مولیبدنیت جمع‌آوری و آزمونهای خردایش برای دستیابی ۷۰ درصد نمونه‌ها به اندازه ۷۴ میکرون به صورت جداگانه انجام شد؛ سپس آزمون شناورسازی با شرایط معمول کارخانه تغلظ مس- مولیبدن بر روی هرگونه مولیبدنیت انجام گردید.

مطابق جدول ۱ میزان بازیابی مولیبدن برای گونه مولیبدنیت- کوارتز- کالکوپیریت-پیریت، رگه‌های مولیبدنیت با مقدار کوارتز بسیار پایین، رگه‌های کوارتز- مولیبدنیت و مولیبدنیت انتشاری در سنگ میزبان به ترتیب ۸۹/۳۳ ٪، ۹۱/۰۶ ٪، ۹۴/۳۳ ٪ و ۶۱/۲۴ ٪ به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون شناورسازی بر روی انواع گونه‌های حاوی مولیبدنیت می‌توان چنین نتیجه گرفت که بین میزان بازیابی مولیبدن و عیار آن در خوراک سلولهای فلوتاسیون ارتباط مستقیمی وجود دارد. رگچه‌های دارای مولیبدنیت با عیار بالای مولیبدن در آنها به دلیل درشت بودن اندازه ذرات مولیبدنیت در صورت خردایش مناسب (۷۰ ٪ ذرا ت زیر ۲۰۰ مش یا ۷۴ میکرون) به آسانی از دانه‌های گانگ جدا شده و بازیابی مولیبدن در آنها به خوبی انجام می‌گیرد.

به منظور تعیین تأثیر خردایش در بازیابی مولیبدن برای نمونه‌هایی که دارای عیار پایین می‌باشند (سنگ معدنهایی که فاقد رگه مولیبدنیت بوده و دارای مولیبدنیت انتشاری می‌باشند) آزمون شناورسازی با خردایش ۸۰ ٪ ذرات زیر ۲۰۰ مش (۷۴ میکرون) انجام شد و نتایج در جدول ۲ خلاصه شده است. جهت بررسی علت راه یافتن مولیبدنیت به فاز باطله، از باطله گونه مولیبدنیت انتشاری با خردایش ۸۰ ٪ ذرات زیر ۲۰۰ مش مقطع صیقلی تهیه گردید. مطالعه کانی‌شناسی انجام گرفته نشان داد که دانه‌های مولیبدنیت راه یافته در فاز باطله، دارای اندازه ۷ تا ۱۵ میکرون و با درجه آزادی ۱۰۰ درصد می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با خردایش۸۰ ٪ ذرات زیر ۲۰۰ مش (۷۴ میکرون) دانه‌های مولیبدنیت انتشاری به درجه آزادی مطلوب می‌رسند اما از آنجا که سطوح قاعده ذرات مولیبدنیت آبران هستند و سطوح جانبی یا لبه‌های کریستال مولیبدنیت آب پذیرند، در اثر ریز بودن دانه‌های مولیبدنیت در سنگ معدن، درصد سطوح آب‌پذیر نسبت به آبران بیشتر بوده است، لذا مولیبدنیت به صورت یک کانی هیدروفیل رفتار کرده و در فاز باطله تجمع می یابد.

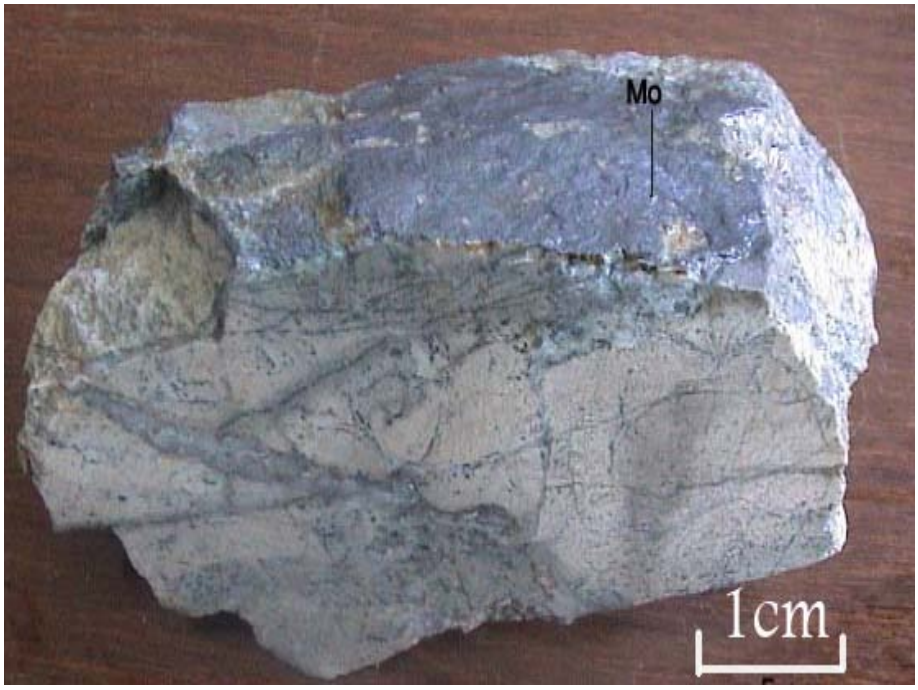


شکل ۱. تصویری از رگه کوارتز- مولیبدنیت مولیبدنیت. :Moکوارتز Qz.

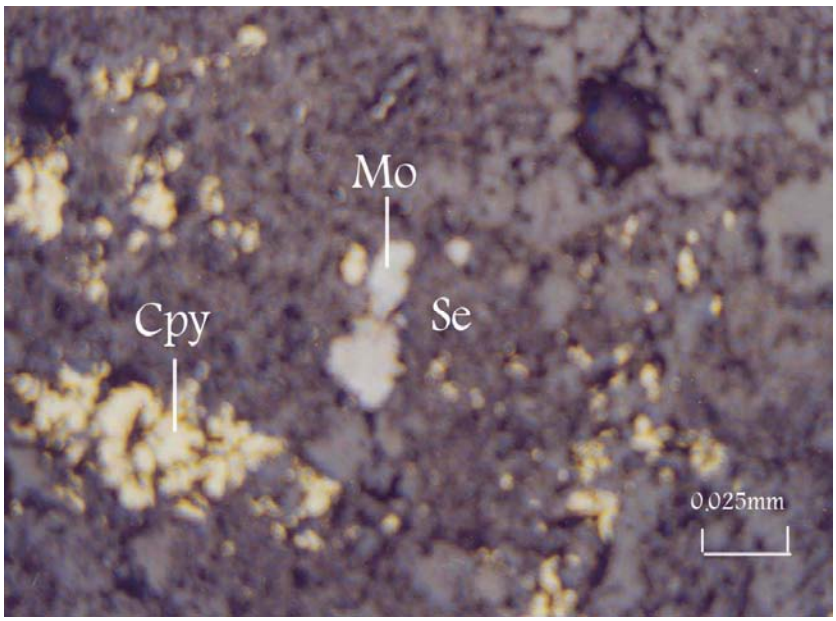


شکل ۲. تصویری از رگه پیریت که در مرکز رگه کوارتز- مولیبدنیت قرارگرفته است پیریت: Py مولیبدنیت :Mo .

شکل ۳. تصویری از رگه کوارتز- مولیبدنیت - کالکوپیریت.



شکل۴. تصویری از رگه مولیبدنیت در سنگ آندزیتی با دگرسانی فیلیک.



شکل ۵. تصویری از مولیبدنیت انتشاری. مولیبدنیت: Mo کالکوپیریت: Cpy سرسیت :Se.

جدول۱. نتایج آزمون شناورسازی انواع گونه‌های حاوی مولیبدنیت با شرایط کارخانه تغلیظ مس - مولیبدن (۱- رگه‌های کوارتز- پیریت- کالکوپیریت – مولیبدنیت؛ ۲- رگه‌های مولیبدنیت با مقادیر پایین کوارتز؛ ۳- رگه‌های کوارتز - مولیبدنیت و ۴- مولیبدنیت انتشاری در سنگ میزبان).

شماره تست	نمونه	٪			Feed Assay(Calculated)%			٪ بازیابی		معرفها(gr/t)				
		Cu	Mo	CuO	Cu	Mo	CuO	Cu	Mo	Z11	R407	Dow.F	MIBC	fuel
۱	خوراک	۱/۱۶	۰/۱۴۹	۰/۰۶۰	۱/۳۱	۰/۱۷۴	۰/۰۶۲	۹۲/۹۱	۸۹/۳۳	۱۸	۱۸	۱۵	۱۶	۱۰
	کنسانتره	۷/۹۱	۰/۰۱۱	۰/۲۴۰										
	باطله	۰/۱۱	۰/۰۲۲	۰/۰۳۰										
۲	خوراک	۰/۸۹	۰/۲۸۷	۰/۰۳	۰/۹۸	۰/۲۸۵	۰/۰۳۲	۹۱/۶۷	۹۱/۰۶	۱۸	۱۸	۱۵	۱۶	۱۰
	کنسانتره	۱۰/۱۵	۲/۹۲۳	۰/۱۶۰										
	باطله	۰/۰۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۰										
۳	خوراک	۱/۴۳	۰/۲۳۴	۰/۰۶۰	۱/۶۲	۰/۲۵۵	۰/۰۶۲	۹۶/۰۹	۹۴/۳۳	۱۸	۱۸	۱۵	۱۶	۱۰
	کنسانتره	۱۶/۵۵	۲/۲۶۱	۰/۴۷۰										
	باطله	۰/۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۰										
۴	خوراک	۰/۴۹	۰/۰۱۱		۰/۴۲	۰/۰۱۷		۷۸/۲۷	۶۱/۲۴	۱۸	۱۸	۱۵	۱۶	۱۰
	کنسانتره	۶/۰۰	۰/۱۹۰	۰/۰۸										
	باطله	۰/۱۰	۰/۰۰۷	TR										

جدول۲ . نتایج آزمون شناورسازی با خردایش ۸۰ ٪ ذرات زیر ۲۰۰ مش برای گونه مولیبدنیت انتشاری.

نوع گونه سنگ معدن	% Mo	%Cu	درصد بازیابی	
			% Mo	% Cu
مولیبدنیت انتشاری	۰/۰۱۷	۰/۴۲	۶۱/۸۴	۹۷/۳۵

نتایج

رگچه‌های حاوی مولیبدنیت به دلیل بالا بودن عیار مولیبدن در آنها و درشت بودن اندازه مولیبدنیت، در صورت خردایش مناسب (۷۴ میکرون) به آسانی از دانه‌های گانگ (باطله) جدا شده و بازیابی مولیبدنیت در آنها به خوبی انجام می‌گیرد.

آنچه باعث افت شدید در بازیابی مولیبدنیت در برخی روزها گردیده است، وجود مولیبدنیت‌های انتشاری است. این نوع مولیبدنیت‌ها به دلیل دانه ریز بودن در مرحله خردایش به درجهٔ آزادی مطلوب نمی‌رسند و در صورت خردایش مناسب نیز در مراحل شناورسازی مانند یک کانی هیدروفیل رفتار می‌کنند و در فاز باطله تجمع می‌یابند.

مراجع

[1] Bazin D., Hubner H., Sjrpm A., "*Geological investigation in Kerman Copper region"*: Iran Geol. Survey. Internal rept (1968).

[2] Etminan H. "*Le Porphyry cuprifere de Sar Cheshmeh Role des phases fluids dans les mecanismes alteration et de mineralization*", Iran Geol. Survey (1977) 242p.

[3] Shahabpour J., "*Aspects of alteration and mineralization at the Sar Cheshmeh copper-molybdenum deposit. Kerman, Iran*": Unpub Ph.D. thesis. Leeds University (1982) 342p.

[4] Shahabpour J. Kramers J.D., "*Lead isotope data from the Sar Cheshmeh porphyry copper deposit Kerman, Iran*". Mineralium Deposita 22 (1987) p. 278-281.

[5] Waterman G.C. Hamilton R., "*The Sar Cheshmeh porphyry coppr deposit*". ECON. GEOL. V. 70 (1975) p. 568-576.

[۶] امین‌زاده ب.، "*مطالعه کانی شناسی و ژئوشیمی سیالات درگیر در ارتباط با کانسارسازی مولیبدن در معدن مس سرچشمه و کاربرد آن در بازیابی موثر مولیبدن*"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۵) ۱۱۲ صفحه.