

## بررسی انواع پیریت در معدن مس سرچشمه با تأکید بر اهمیت پیریت فعال

میثم رضایی زنگی آبادی<sup>۱،\*</sup>، سارا درگاهی<sup>۱</sup>، عباس بنی اسدی شهربابکی<sup>۲</sup>، مجید امین زاده<sup>۲</sup>، مسلم شاهی مریدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> بخش زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

<sup>۲</sup> مجتمع مس سرچشمه، شرکت ملی صنایع مس ایران، رفسنجان، ایران

\*نویسنده مسئول: [Rezayi\\_meysam@nicico.com](mailto:Rezayi_meysam@nicico.com)

### چکیده:

کانسار مس پورفیری سرچشمه در بخش جنوبی کمربند آتشفشانی-ساختاری ارومیه-دختر واقع شده است که یک مجموعه ماگمایی-رسوبی گسلیده و چین خورده را تشکیل می‌دهد. این ذخیره‌ی بیضی‌شکل حاصل تزریق یک استوک گرانودیوریتی و چندین فاز دایک مرتبط در خلال اواخر دوره ترشیاری به درون سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن است که با کانه‌زایی گسترده مس همراه بوده است. دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل انواع آرژیلیک، پروپیلیتیک، فیلیک و پتاسیک هستند که در هر دو زون سوپرژن و هیپوژن قابل مشاهده‌اند. مطالعات حاضر و آنالیز XRD نشان می‌دهد که مواد پرکننده‌ی درزه‌ها و شکستگی‌ها در معدن مس سرچشمه - که هم در سنگ‌های با عیار و هم بدون عیار مس وجود دارند - شامل کانی‌های پیریت، کلسیت، کوارتز، دولومیت، بیوتیت، ایلیت، گالن، اسفالریت، موسکویت، شاموزیت، کالکوپیریت و کالکوسیت است. شناسایی دقیق این مواد پرکننده قبل از بارگیری توسط ماشین‌آلات استخراج (شاول، بیل و لودر) و ارسال مواد به سنگ‌شکن و سپس کارخانه‌ی تغلیظ ضروری است؛ زیرا حضور برخی از این کانی‌ها نظیر پیریت، کالکوسیت کاذب و کالکوسیت می‌تواند فرآیند فرآوری مس را مختل کرده و عیار نهایی محصول را کاهش دهد. تشخیص پیریت‌های هوازده‌ی سیاه‌رنگی که توسط کالکوسیت پوشانده شده‌اند (پیریت فعال) و تمایز آنها از کالکوسیت واقعی در معدن سرچشمه همواره با دشواری همراه بوده و بر لزوم تفکیک دقیق این دو در مراحل استخراج و فرآوری تأکید می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** پیریت سیاه، کالکوسیت دروغین، پیریت فعال، درزه، کانسار مس سرچشمه.

## Investigation of pyrite varieties in the Sarcheshmeh copper mine with emphasis on the significance of active pyrite

Meysam Rezayi Zangiabadi <sup>1,2,\*</sup>, Sara Dargahi <sup>1</sup>, Abbas Baniasadi Shahrabaki<sup>2</sup>, Majid Aminzadeh <sup>2</sup>,  
Moslem Shahmoridi <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

<sup>2</sup>Sarcheshmeh Copper Complex, National Iranian Copper Industries Company, Rafsanjan, Iran

\*Corresponding author: [Rezayi\\_meysam@nicico.com](mailto:Rezayi_meysam@nicico.com)

### Abstract

The Sarcheshmeh porphyry copper deposit is situated in the southern segment of the Urumieh–Dokhtar Volcanic Belt (UDVB), which constitutes a faulted and folded magmatic–sedimentary assemblage. This elliptical ore body was formed by the emplacement of a granodioritic stock and multiple associated dike phases during the late Tertiary period into Eocene volcanic–sedimentary rocks, accompanied by extensive copper mineralization. Alteration types in the area include argillic, propylitic, phyllic, and potassic assemblages, observable in both supergene and hypogene zones. The present study, along with XRD analyses, indicates that fracture and vein fillings within the Sarcheshmeh copper mine—occurring in both mineralized and barren rocks—comprise minerals such as pyrite, calcite, quartz, dolomite, biotite, illite, galena, sphalerite, muscovite, chamosite, chalcopyrite, and chalcocite. Accurate identification of these infill materials is essential prior to loading by excavators, shovels, and loaders, and subsequent transportation to crushers and the concentration plant. This is due to the fact that the presence of certain minerals, including pyrite, pseudochalcocite, and chalcocite, can disrupt copper processing and reduce the final grade. Distinguishing between blackish, weathered pyrite grains coated by chalcocite (active pyrite) and genuine chalcocite has persistently been challenging in the Sarcheshmeh mine, underscoring the necessity for their precise differentiation during both extraction and processing stages.

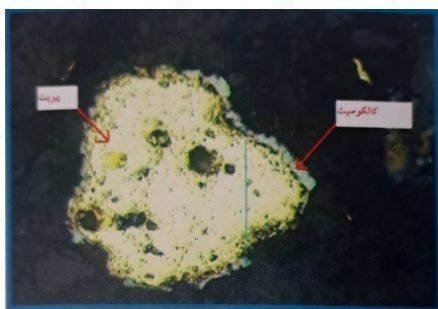
**Keywords:** Black pyrite, pseudochalcocite, active pyrite, joints, Sarcheshmeh ore deposit.

#### مقدمه

معدن مس سرچشمه در فاصله ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان، ۶۵ کیلومتری جنوب غربی رفسنجان و ۳۰ کیلومتری شمال پاریز قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این ناحیه از سطح دریا ۲۶۲۰ متر و بلندترین ارتفاع ناحیه از سطح دریا ۳۲۸۰ متر می باشد. طول و عرض جغرافیایی ناحیه معدن به ترتیب ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی است. کانسار مس سرچشمه به صورت بیضی شکل و با قطر بزرگ ۳۰۰۰ متر با امتداد شرقی- غربی و قطر کوچک حدود ۲۰۰۰ متر می باشد. استوک گرانودیوریتی سرچشمه در اواخر ترشیری (میوسن) استقرار یافته است. این استوک بخشی از مجموعه کمپلکسهای ماگمایی مرتبط با توده های نفوذی تزریق شده در ترشیری که با فاصله کمی از توده گرانودیوریتی قدیمی با ابعاد یک باتولیت می باشد. کانسار مس سرچشمه در قسمت جنوبی کمربند آتشفشانی ارومیه دختر که یک مجموعه ماگمایی- رسوبی گسله و چین خورده است، واقع شده است. اکثر کانسارهای مس پورفیری ایران نظیر دره زار، میدوک و سونگون نیز در کمربند آتشفشانی ارومیه دختر واقع شده اند (درگاهی، ۱۳۸۶). کمربند آتشفشانی ارومیه دختر در حاشیه جنوب غربی با یک زون تراستی و مجموعه سنگهای رسوبی پالئوزوئیک و ترشیری گسل خورده و چین خورده و دگرگون شده، که زاگرس را تشکیل می دهند همجوار است.

#### بحث

در منطقه سرچشمه مجموعه سنگهای آتشفشانی و رسوبی به تدریج به سمت غرب و در عمق، چین خوردگی پیدا کرده اند. در اواخر ترشیری فرآیندهای تزریق توده های نفوذی در نزدیک محور تاقدیس چین ها فعال بوده و کانی سازی مس در بسیاری مناطق در ارتباط با این توده ها می باشد. کانه زایی در معدن مس سرچشمه بیشتر در واحدهای سنگی توف آندزیت ها (سنگ های آذرین بیرونی) و گرانودیوریت ها (سنگ های آذرین درونی) که این کانه زایی عمدتاً از جنس مس و مولیبدن در زون هایپوژن می باشد. با توجه به صعود محلول های هیدروترمال در امتداد گسل ها و شکستگی ها، بسیاری از کانه زایی ها در همین مناطق گسله تشکیل می شوند. به طور کلی گسل ها و مناطق گسله به عنوان مجاری تغذیه و جابجایی سیالات گرمایی، در شناسایی و پی جویی کانسارها از اهمیت اکتشافی زیادی برخوردار می باشد (موسوی نژاد و کلاگری، ۱۳۹۳). وجود کالکوسیت در زون هایپوژن نشانه شسته شدن کالکوسیت در سطح و نفوذ آن به قسمت های پایین تر و ته نشست دوباره این کانی به صورت ثانویه است که به آن کالکوسیت دروغین می گویند. این رخداد اگر همراه با پیریت باشد پیریت ها به رنگ سیاه در می آیند که به آن پیریت فعال گفته می شود (شکل شماره ۱).



شکل شماره (۱) تصویری از پیریت فعال در معدن مس سرچشمه (عادلی، ۱۳۹۴).

مس می تولد در ساختمان بلورین ۲۵۰ کانی جایگزین شود ولی کانیهایی که اهمیت تجاری دارند حداکثر ۱۷ مورد می باشند. از مهمترین این کانیها می توان به مس فلزی، کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت را نام برد. کالکوپیریت مهمترین و فراوانترین کانی مس محسوب می شود. مس یک عنصر کالکوفیل تیپیک است و از این رو کانی های سولفیدی و بیشتر کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت که اغلب همراه پیریت، گالن یا اسفالریت می باشند را تشکیل می دهد. کانیهای ثانویه در کان تنهای (Ore body) سولفیدی، نزدیک سطح زمین، در دو منطقه تشکیل می شوند. در زون

اکسیدی، آب حاوی اکسیژن، اکسیدهای مس، نیمه نمکها (نیمه کربناتها و نیمه سولفاتها) و سیلیکاتها را تشکیل می دهد. در منطقه سمنتاسیون عمیق تر، محلولهای حاوی مس به دست آمده از این نمکها به سولفیدهای ثانویه مس (کالکوسیت و کوولیت) تبدیل می شوند.

سایر عناصر فلزی که در کانه های مس وجود دارند شامل آهن، سرب، روی، آنتیموان، آرسنیک و فلزات نادر از جمله سلنیوم، تلوریوم، بیسموت، نقره و طلا می باشد (موسوی نژاد و کلاگری، ۱۳۹۳).

عملیات صحرایی جهت بررسی و تفکیک واحدهای سنگی محدوده کانسار سرچشمه، مطالعه سنگ دربرگیرنده و مناطق دگرسانی انجام شده و همچنین برداشت ساختاری گسل ها و درزه ها و نمونه برداری از مواد پرکننده گسل ها و درزه ها و آزمایش XRD بر روی ۸ عدد از نمونه های برداشت شده انجام شده است (جدول های ۱ تا ۱۱) و تمامی نتایج با یکدیگر مقایسه شده است؛ چرا که هر نمونه مربوط به یک ناپیوستگی بوده که در پله های متفاوت معدن برداشت شده اند. تعدادی از نمونه های برداشت شده از سنگ های بدون عیار در پله های بالای معدن یعنی از پله ۲۴۵۰ به بالا برداشت شده اند. زیرا از این پله به بعد در قسمت جنوب و غرب معدن سنگ ها از جنس توف آندزیت هایی است که اکثرا آلتراسیون پروپلیتیک داشته و جزو سنگهای باطله محسوب می شوند (جدول های ۱ و ۲ و ۳).

جدول شماره (۱)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample No |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 59.3          | Calcite                | 1            | XRD04-15  |
| 1.7           | Pyrite                 |              |           |
| 5.2           | Quartz                 |              |           |
| 33.9          | Dolomite               |              |           |

جدول شماره (۲)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample no |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 28.1          | Quartz                 |              |           |
| 3.6           | Pyrite                 |              |           |
| 23.2          | Chamosite              | R-2          | XRD04-167 |
| 28.6          | Dolomite               |              |           |
| 7.7           | Biotite                |              |           |
| 8.8           | Calcite                |              |           |

جدول شماره (۳)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample no |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 10.9          | Sphalerite             |              |           |
| 1.4           | Galena                 |              |           |
| 59.2          | Dolomite               | R-7          | XRD04-166 |
| 9.1           | Quartz                 |              |           |
| 7.3           | Muscovite              |              |           |
| 12.1          | Pyrite                 |              |           |



نمونه های برداشت شده از پله های پایین از تراز ۲۴۵۰، متعلق به سنگ های عیار دار معدن مانند واحد سرچشمه پورفیری با آلتراسیون پتاسیک، توف آندزیت با آلتراسیون بیوتیتی و توف آندزیت با آلتراسیون فیلیک (کوارتز-سریسیت) می باشد (جدول های ۴ و ۵ و ۶).

جدول شماره (۴)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample No |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 30.6          | Quartz                 | 4            | XRD04-16  |
| 11.3          | Pyrite                 |              |           |
| 49.6          | Dolomite               |              |           |
| 1.5           | Chalcopyrite           |              |           |
| 7             | Biotite                |              |           |

جدول شماره (۵)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample No |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 56.1          | Quartz                 | 5            | XRD04-17  |
| 4             | Pyrite                 |              |           |
| 1.4           | Chalcopyrite           |              |           |
| 38.5          | Ilite                  |              |           |

جدول شماره (۶)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample no |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 64.1          | Pyrite                 |              |           |
| 7.3           | Quartz                 | R-6          | XRD04-168 |
| 28.7          | Biotite                |              |           |

در نهایت تعدادی از نمونه ها از زون سوپرژن که در سمت شرق و شمال معدن با جنس گرانودیوریت و آلتراسیون آرژیلیک تا فیلیک می باشد برداشت شده است (جدول های ۷ و ۸).

جدول شماره (۷)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample no |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 42.8          | Pyrite                 |              |           |
| 51            | Dolomite               | R-3          | XRD04-168 |
| 3.6           | Biotite                |              |           |
| 2.7           | Calcite                |              |           |

جدول شماره (۸)

| درصد نیمه کمی | ترکیبات موجود در نمونه | شماره ارسالی | Sample no |
|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| 17.8          | Quartz                 |              |           |
| 3             | Pyrite                 | R-8          | XRD04-168 |
| 77.3          | Dolomite               |              |           |
| 19            | Biotite                |              |           |

طبق نتایج آنالیزهای XRD مشخص شد که نمونه های مربوط به پله های بالای ۲۴۵۰ کالکوپیریت ندارند اما کلسیت و دولومیت بالاتری نسبت به بقیه نمونه ها دارند و نمونه های برداشت شده از پله های پایین تر از ۲۴۵۰ حاوی کالکوپیریت بیشتری نسبت به بقیه نمونه ها هستند و نمونه های برداشت شده از زون سوپرژن، پیریت بیشتری را دارا می باشند. اما در تمامی نمونه ها پیریت کمابیش وجود دارد که این نکته بسیار قابل توجه است؛ چرا که پیریت چه به صورت اکسید و هوازده شده و چه همراه با کالکوسیت ثانویه می تواند به عنوان یک عامل کاهنده عیار در فرآیند پر عیار سازی مس نقش بسیار مهمی داشته باشد. رنگ سیاه این ماده در جبهه کارها باعث می شود بسیاری کارشناسان کنترل عیار، هنگام مشخص کردن منطقه عیاردار دچار اشتباه شده و ممکن است پیریت سیاه و پیریت فعال را که توسط لایه ای کالکوسیت ثانویه پوشانده شده است را به عنوان رگه های کالکوسیت در زون سوپرژن و سنگ های گرانودیوریت تشخیص داده و به عنوان سنگ عیاردار بارگیری و به سنگ شکن فرستاده شود.

### نتیجه گیری

با توجه به نتیجه آنالیزها و مطالعات میدانی انجام شده، پیریت فعال که حاوی کالکوسیت ثانویه است به عنوان یک عامل مضر در فرآیند پر عیار سازی مس محسوب می شود؛ به طوری که به عنوان ماده عیاردار که حاوی کالکوسیت است وارد تغلیظ می شود و کالکوسیت به تنهایی حاوی مس بسیار بالایی است که از نظر اقتصادی برای ورود به سنگ شکن و تغلیظ در اولویت قرار دارد و اینکه تنها مقدار خیلی کمی کالکوسیت روی حجم زیادی از پیریت را پوشانده باشد به ظاهر حجم بالایی از عیار را نشان می دهد که در واقع کاملاً برعکس است؛ چرا که پیریت در معدن به عنوان باطله در نظر گرفته می شود که ورودش به به قسمت پرعیارسازی می تواند مشکل ساز باشد. بنابراین تمامی سنگ های میزبانی که به عنوان سنگ عیاردار در نظر گرفته می شوند از لحاظ وجود شکستگی، درزه و هرگونه ناپیوستگی که توسط مواد سیاه رنگ پر شده اند قبل از بارگیری و حمل به سنگ شکن باید توسط کارشناسان زمین شناسی مورد بررسی قرار گیرند. البته لازم به ذکر است که تشخیص میدانی کالکوسیت از پیریت فعال و پیریت های اکسید و هوازده شده بسیار مشکل است و باید از تمامی جبهه کاری هایی که دارای رگه های سیاه رنگ می باشد نمونه برداری و آزمایش XRD انجام شود. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد برخی جبهه کاری ها که قبلاً به عنوان سنگ های حاوی پیریت فعال تشخیص داده می شدند تنها حاوی پیریت اکسید و هوازده می باشند.

### تقدیر و تشکر

با سپاس فراوان از مدیریت محترم امور معدن سرچشمه جناب آقای دکتر مهدی عبدالهی ریشه که امکانات انجام این تحقیق را فراهم نمودند.

### مراجع

۱. درگاهی، س.، ۱۳۸۶. ماگماتیسزم پس از برخورد میوسن در گستره سرچشمه- شهربابک، شمال باختر کرمان: بررسی داده های ایزوتوپی، تحلیل پتروژنتیکی و الگوی ژئودینامیکی توده های گرانیتوئیدی و نقش ماگماتیسزم آداکیتی در توسعه کانه زایی مس، رساله دکتری پترولوژی، دانشگاه باهنر کرمان، دانشکده علوم، بخش زمین شناسی، ۳۱۱ص.
۲. موسوی نژاد، ن.، کلاگری، ع.، ۱۳۹۳. بررسی زون های دگرسانی به ویژه آرژیلیک شمال معدن مس سرچشمه، استان کرمان. ششمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران.
۳. عادل، ث.، ۱۳۹۴. بررسی اپتیکی کانیهای معدن مس سرچشمه، شرکت ملی صنایع مس ایران. ص ۲۶.