

مطالعه تاثیر یون فریک و پیریت بر واکنش اکسیداسیون - احیا سطح کالکوپیریت با استفاده از تکنیک‌های الکتروشیمی و محاسبات ترمودینامیکی

حسین نورمحمدی^{۱*}، والچ آفازاده^۲

۱- دکتری مهندسی معدن (فرآوری مواد معدنی)، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی تبریز (سهند)

۲- استاد گروه معدن، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی تبریز (سهند)

چکیده

انحلال اسیدی کالکوپیریت در حضور یون فریک یک چالش علمی است که موضوع تحقیق بسیاری از محققان می‌باشد. نقش پیریت نیز به عنوان یک شتاب‌دهنده (کاتالیست) و افزایش‌دهنده انحلال کالکوپیریت مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات گذشته بیانگر انحلال الکتروشیمی کالکوپیریت در حضور اکسندهاست و واکنش‌های اکسیداسیون - احیا به شرایط محیط واکنش وابسته است. در این مقاله علاوه بر تکنیک‌های الکتروشیمی (ولتامتری چرخه‌ای و کروئوآمپرومتری) از محاسبات ریاضی و معادلات ترمودینامیکی جهت بررسی اثر یون فریک و پیریت بر واکنش‌های اکسیداسیون - احیا سطح کالکوپیریت استفاده شده است. ابتدا واکنش‌های اکسیداسیون - احیا سطح کالکوپیریت با روش ولتامتری چرخه‌ای در محیط اسیدی و سپس اثر افزودن یون فریک بر این واکنش‌ها بررسی می‌شوند. در ادامه اثر حضور پیریت با استفاده از الکترودهای ترکیبی پیریت/ کالکوپیریت، در کنار یون فریک با روش مذکور مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج روش‌های ولتامتری چرخه‌ای نشان داد که یون فریک و پیریت شدت پیک‌های آندی و کاتدی را افزایش می‌دهند و اثر مثبتی بر واکنش‌های سطح کالکوپیریت دارند. پیریت به عنوان کاتالیست شرایط را برای تسریع کاهش یون فریک در سطح الکتروتود را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج روش کروئوآمپرومتری و مطالعات ترمودینامیکی بیانگر افزایش انرژی آزاد واکنش اکسیداسیون کالکوپیریت در حضور پیریت بود که مقدار آن برابر با ۲۲/۴۵ - کیلوژول بر مول می‌باشد.

کلیدواژه: کالکوپیریت، پیریت، یون فریک، الکتروشیمی، ولتامتری، محاسبات ترمودینامیک.

مقدمه

تحقیقاتی در جهت افزایش انحلال کالکوپیریت در گذشته انجام شده است که می‌توان به انحلال در دما و فشار بالا، استفاده از میکروارگانیزم‌ها، خریدایش بسیار زیاد، استفاده از یون‌های نقره، کربن فعال و اثر گالوانیکی اشاره کرد (Kawashima et al. 2013, Palaniandy, et al. 2015, Nazari, et al. 2015, Nakazawa, 2018, Ahmadi et al. 2012, Dixon et al. 2008) انحلال در حضور سولفات فریک رایج‌ترین روش برای استحصال مس از کالکوپیریت است. مزایای این روش را می‌توان سادگی واکنش‌های انحلال، سرمایه کم مورد نیاز،

کالکوپیریت مهم‌ترین منبع مس در جهان است که در محیط سولفات و تحت فشار جو به دلیل تشکیل لایه غیرفعال بر روی ذرات آن به کندی حل می‌شود. (Yavari et al., 2019, Córdoba et al., 2008, Schlesinger, 2003, Dreisinger, 2011) لایه‌های غیرفعال به صورت سولفور عنصری، دی سولفید، پلی سولفید و ژاروسیت در سطح کالکوپیریت تشکیل و مانع از انحلال آن می‌شوند. (Tshilombo, 2005, Kawashima et al. 2013).

در مقاله حاضر با استفاده از تکنیک‌های الکتروشیمی ولتامتری چرخه‌ای و محاسبات منحنی‌های تافل اثر حضور یون فریک و پیریت بر پیک‌های اکسیداسیون - احیا سطح کالکوپیریت بررسی شده است. سپس با استفاده از محاسبات پتانسیل مازاد و منحنی‌های کروئوآمپرومتری، انرژی آزاد واکنش اکسیداسیون کالکوپیریت در حضور و غیاب پیریت بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

در آزمایش‌های الکتروشیمی از نمونه‌های پودری پیریت و کالکوپیریت مس سونگون با اندازه ذرات کمتر از 60 میکرون استفاده شده است. خلوص نمونه‌های پیریت و کالکوپیریت مورد استفاده در ساختار الکترودها به ترتیب بیش از ۹۳ و ۹۷ درصد می‌باشد. آنالیز شیمیایی XRF جهت شناسایی ترکیب نمونه‌های معدنی مورد نظر در جدول (۱) آمده است.

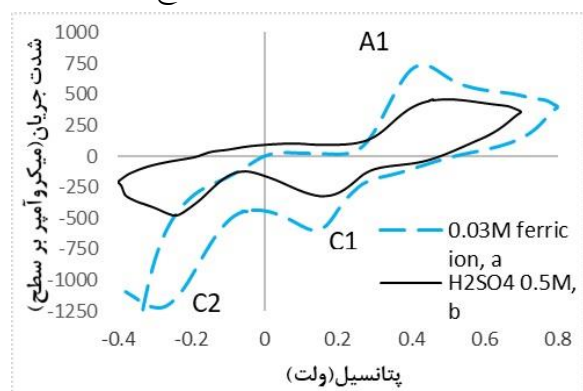
مواد شیمیایی جهت تهیه محلول الکترولیتی عبارتند از اسید سولفوریک با خلوص 98 درصد شرکت دکتر مجلی، سولفات فریک شرکت مرک آلمان و آب مقطر دی‌یونیزه شده که در حجم 100 میلی‌لیتر (حجم محلول) در هر آزمایش استفاده شدند. همچنین مواد به کار رفته در تهیه الکترودها خمیری نیز شامل گرافیت و کلروفورم از شرکت آلدیچ و پارافین از شرکت دکتر مجلی هستند.

جدول (۱-۳). نتایج آنالیز XRF نمونه‌های پیریت و کالکوپیریت

نمونه	Cu (%)	S (%)	Fe (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
پیریت	--	۵۲/۸	۴۵/۹	۰/۱۰	۰/۵۳
کالکوپیریت	۳۲/۷	۳۳/۰۲	۲۸/۷۵	۱/۲۸	۳/۵۹

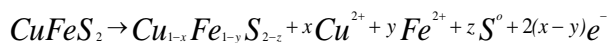
هزینه عملیاتی کمتر و سادگی فرایند بازیابی نهایی در نظر گرفت. (Córdoba et al. 2008, Yang et al. 2018) پیریت با اثر گالوانیکی و در تماس با یک ماده معدنی سولفیدی با پتانسیل ایستا کمتر، انحلال آن را افزایش می‌دهد (Chandra et al. 2010, Liu et al. 2018). حضور پیریت در محلول سبب افزایش انحلال کالکوپیریت می‌شود و در نسبت‌های وزنی بالاتر پیریت به کالکوپیریت انحلال مس بیشتر است. رویز و همکاران با بررسی اندازه ذرات نشان دادند که در اندازه کوچک‌تر، درصد انحلال مس بیشتر می‌شود و در اندازه کوچک‌تر ($9/1\mu\text{m}$) به دلیل افزایش سطح مخصوص، اثر گالوانیکی موثرتر است (Ruiz et al. 2015). با افزایش پتانسیل، نحوه تشکیل لایه‌های غیرفعال متغیر است که نوع لایه‌ها در محدوده پتانسیل مختلف مشخص گردید (Ghahremaninezhad et al. 2010). در مطالعه انحلال کالکوپیریت به روش ولتامتری توسط صاوبر و همکاران (Sauber et al. 2011)، مشخص شد که سرعت کاهش یون فریک روی سطح پیریت نسبت به کالکوپیریت بیشتر است و پیریت به عنوان کاتد عمل می‌نماید. سرعت کاهش فریک متأثر از نمونه پیریت بکاررفته است. همچنین میزان کاهش یون فریک از سویی به غلظت آن در محیط و واکنش اکسیداسیون سطح کالکوپیریت در مراحل قبل بستگی دارد؛ (Olvera et al. 2014). حضور پیریت به عنوان یک تسریع‌کننده در خنثی‌کردن این لایه و همچنین تأثیر آن در انحلال الکترودها بدون لایه قابل توجه است. پیریت با افزایش سطح یا نواحی کاتدیک شرایط را برای انتقال الکترون و انحلال بیشتر فراهم می‌کند. بنابراین دانسیته جریان بدست آمده افزایش داشته است (Liu et al. 2018, Ghahremaninezhad et al. 2012).

بررسی شدند. نمودارهای ولتاژمتری چرخه‌ای الکتروکاتالکوپیریت در حضور و غیاب یون فریک در شکل ۱ آمده است. آنچه از نمودارها می‌توان برداشت کرد، با حضور یون فریک شدت پیک‌های اکسیداسیون و احیایی افزایش یافته است. اثر مثبت یون فریک بر روی واکنش آندی سبب آن شده که جریان بیشتری در همان پتانسیل اعمالی به دست آید. این افزایش جریان (شدت پیک) بیانگر تبادل بیشتر الکترون و در نتیجه افزایش اکسیداسیون سطح است.



شکل (۱) نمودار ولتاژمتری چرخه‌ای الکتروکاتالکوپیریت با سرعت روبش 10mV/S ، a: محلول اسیدی 0.5 مولار و یون فریک 0.03 مولار، b: محلول اسیدی 0.5 مولار پیک A1 در محدوده پتانسیل $0/4$ ولت بنا به گزارش آرک و همکاران مربوط به اکسیداسیون کاتالکوپیریت است که منجر به تولید کاتالکوپیریت ناقص می‌شود (Holliday et al. 1990).

رابطه (۱)



همچنین پیک‌های کاتدی C1 و C2 در محدوده پتانسیل $0/2$ ولت نتیجه کاهش یون فریک، یون مس و محصولات ثانویه است. پیک C2 به واکنش محصولات میانی سولفید مس برمی‌گردد (Sauber et al. 2011, Arce et al. 2002).

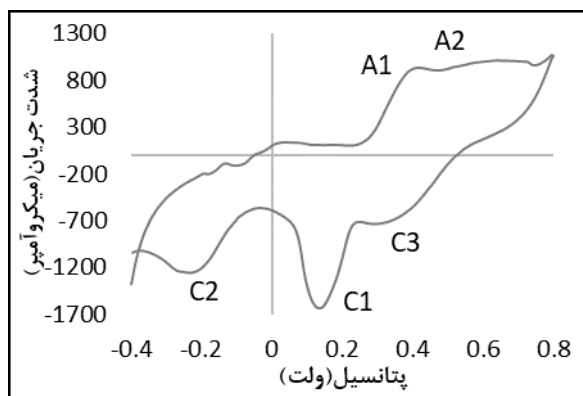
در محیط‌های اسیدی، یون فریک با توجه به pH در گونه‌های مختلفی ظاهر می‌شوند (Córdoba et al., 2008, Kawashima et al. 2013). حضور یون‌های فریک یا گونه سه ظرفیتی آهن در محیط محلول، از تیتراسیون استفاده گردید. نتایج تیتراسیون حاکی از آن بود بیش از ۹۹ درصد گونه‌های آهن موجود در محیط یون فریک می‌باشد. برای آنالیز آزمایش‌ها، از آنالیزکننده الکتروشیمی ۲۰۶۵ شرکت مهندسی به پژوه موجود در آزمایشگاه هیدرومتالورژی دانشگاه صنعتی سهند استفاده گردید. الکتروکاتالکوپیریت بر مبنای کلرید نقره، الکتروکاتالکوپیریت از جنس پلاتین و الکتروکاتالکوپیریت از جنس کربن که ترکیبی از گرافیت و نمونه پودری مواد معدنی آماده شده می‌باشد. آزمایش‌ها در شرایط اسیدی نیم مولار سولفوریک اسید، دمای محیط و در غیاب اکسیژن مورد بررسی قرار گرفته است.

بحث و نتایج

ساختار الکتروکاتالکوپیریت شامل یک سرنگ با قطر دهانه ۶ میلی‌متری، سیم مسی به قطر $3/5$ میلی‌متر و متصل به کلاهک مسی ۵ میلی‌متری است که علاوه بر سیم مسی، از مفتول‌های مسی سیم‌های برق جهت تسهیل انتقال الکترون، در ساختار الکتروکاتالکوپیریت به کار رفته است. برای تهیه الکتروکاتالکوپیریت و پیریت، $0/4$ گرم گرافیت با $0/6$ گرم ماده معدنی با دانه‌بندی زیر 50 میکرون مخلوط کرده و از پارافین به عنوان اتصال‌دهنده و همگن‌کننده خنثی استفاده گردید.

ولتاژمتری چرخه‌ای

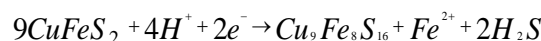
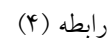
دامنه پتانسیل در آزمایشات ولتاژمتری چرخه‌ای بین $0/4$ تا $0/8$ ولت می‌باشد. ابتدا در محلول $0/5$ مولار سولفوریک اسید و سپس محلول $0/5$ مولار سولفوریک اسید حاوی یون فریک با غلظت $0/03$ مولار آزمایش‌ها



شکل (۲) نمودار ولتامتری چرخه‌ای الکترود ترکیبی پیریت/کالکوپیریت در محلول اسیدی ۰/۵ مولار و غلظت ۰/۰۳ مولار یون فریک

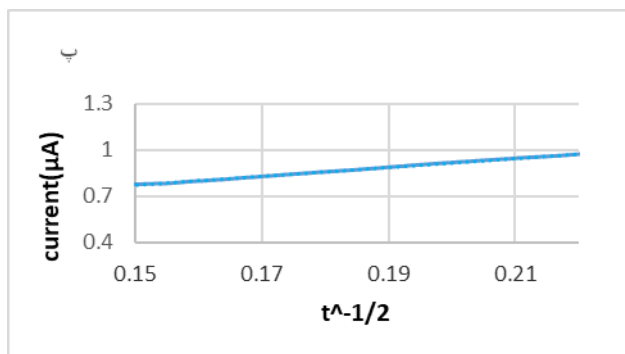
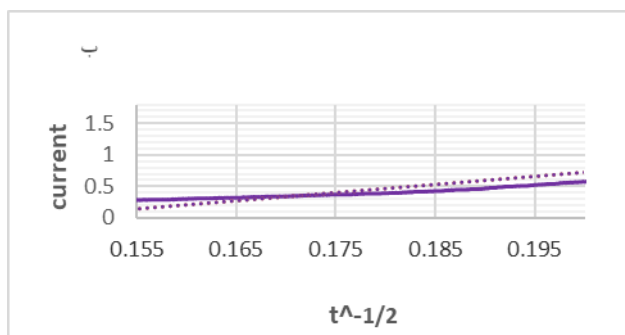
کرونوآمپرومتری

در این بخش با استفاده از تکنیک کرونوآمپرومتری و محاسبات ریاضی ابتدا ضریب نفوذ یا انتشار تعیین می‌گردد. سپس به کمک معادلات تافل و معادلات ترمودینامیکی، انرژی آزدگیس در حضور یون فریک و همچنین پیریت/ یون فریک محاسبه شده است و همچنین اثر مثبت آن‌ها بر واکنش‌های اکسیداسیون سطح کالکوپیریت مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای تعیین ضریب انتشار (نفوذ) یون فریک در جریان اکسایش بر سطح الکترود کالکوپیریت و ترکیبی، الکترودهای موردنظر در محدوده غلظتی ۰/۰۱ - ۰/۰۵ مولار قرار داده شد و با اعمال یک پله پتانسیل ۶۰۰ میلی‌ولت نسبت به $Ag/AgCl$ ، کرونوآمپروگرام‌های مربوط برای هر غلظت از یون فریک رسم گردید، شکل ۳.



در پیک C1 که یون فریک کاهش می‌یابد با افزایش غلظت آن جریان کاتدی افزایش یافته است.

حضور پیریت سبب افزایش انحلال کالکوپیریت و استخراج مس می‌شود. حال با افزودن پیریت به الکترود کالکوپیریت با نسبت وزنی ۲ به ۱، و ساخت الکترود ترکیبی پیریت/ کالکوپیریت، تاثیر آن بر واکنش‌های اکسیداسیون - احیای سطح بررسی می‌شود. همانطور که در شکل ۲ آمده است، افزودن پیریت به الکترود کالکوپیریت منجر به افزایش شدت جریان در واکنش‌های اکسیداسیون و نیز واکنش‌های احیا شده است. افزایش شدت پیک‌های آندی و کاتدی در شکل ۲ این واقعیت را تایید می‌کنند که حضور پیریت منجر به کاهش بیشتر یون فریک شده و جریان الکترونی بیشتری میان سطح و یون فریک مبادله شده است. افزایش تبادل الکترون به معنای افزایش جریان فارادی و کاهش تاثیر لایه غیرفعال در سطح کالکوپیریت است که در نتیجه شدت جریان در نقاط آندیک و کاتدیک افزایش یافته است. پیک آندی A2 مربوط به اکسیداسیون پیریت و پیک کاتدی C3، کاهش یون فریک در حضور پیریت یا الکترود ترکیبی ایجاد شده است (Liu et al. 2010)



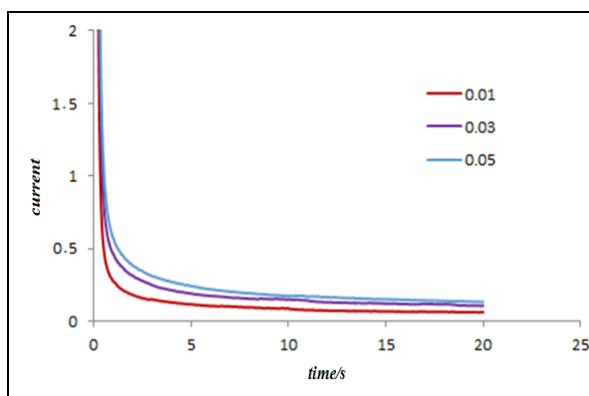
شکل ۴- نمودارهای شدت جریان بر حسب $t^{-1/2}$ در غلظت‌های مختلف یون فریک. الف. ۰/۰۱ مولار، ب. ۰/۰۳ مولار، پ. ۰/۰۵ مولار

ابتدا ضریب آلفا در معادله (۵) با استفاده از رابطه‌ی (۶)، که رابطه شدت جریان پیک در واکنش‌های غیر برگشت‌پذیر در آنالیز الکتروشیمی است، تعیین گردید (Bard et al. 1994) که مقدار آن ۰/۶۶ به دست آمد.

$$\eta = a + b \log(i) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$i_p = (2.99 * 10^5) \alpha^{1/2} A C D^{1/2} \nu^{1/2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

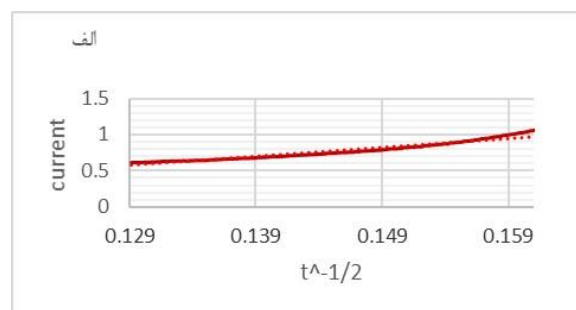
پس از تعیین آلفا به کمک رابطه (۶)، پتانسیل اضافی η در هر دو حالت تعیین شد و با استفاده از معادله اساس و معروف ترمودینامیکی، مطابق معادله 7، انرژی آزاد گیس محاسبه گردید (Bard et al. 1994). انرژی آزاد واکنش احیای یون فریک در حالتی که فقط یون فریک حضور دارد و زمانی که از الکتروودکار ترکیبی (پیریت/ کالکوپیریت)



شکل ۳- کرونوآمپروگرام‌های الکتروود کالکوپیریت در غلظت‌های ۰/۰۱ (a) ۰/۰۳ (b) ۰/۰۵ (c) مولار یون فریک

با رسم نمودارهای شدت جریان بر حسب مجذور وارون زمان برای هر یک از کرونوآمپروگرام‌های شکل ۳ به کمک رابطه کاترل، شیب خط برابر با $nFAD^{1/2}/\pi^{1/2}$ می‌توان ضریب انتشار را به دست آورد. با مطالعه نمودارهای شکل ۴ و مقایسه شیب خط هر یک از غلظت‌ها شیب کل یا شیب بهینه، ۱۰/۵ به دست آمد که با جایگذاری مقادیر ثابت n و مقدار سطح الکتروود A در معادله کاترل، ضریب انتشار برای یون فریک $10 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ تخمین زده شد.

با در دست داشتن مقدار ضریب نفوذ و جریان پیک اکسیداسیونی کالکوپیریت، برای تعیین تاثیر یون فریک و همچنین اثر مشترک یون فریک/ پیریت (الکتروود ترکیبی) از رابطه منحنی‌های پلاریزاسیون (معادله تافل) استفاده شده است.



احیا سطح کالکوپیریت را افزایش می‌دهند و انحلال سریع‌تر و بهتر کالکوپیریت را منجر می‌شوند. همچنین پیریت به عنوان کاتالیست در کنار یون فریک، احیای یون‌های فریک را تسریع می‌بخشد که به تبع آن واکنش‌های آندی و کاتدی سطح الکتروود بهبود خواهند یافت. محاسبات ریاضی ضریب انتشار یون فریک به کمک منحنی‌های کروئوآمپروتری بیانگر مقدار مطلوب ضریب در سطح الکتروود است که مقدار آن $10^{-6} \times 1/36$ به دست آمد. همچنین محاسبات نرم‌دینامیکی نشان داد انرژی آزاد واکنش اکسیداسیون در دو حالت؛ یون فریک تنها و اثر مشترک یون فریک/پیریت منفی است و مقادیر آن به ترتیب $19/2$ - و $22/45$ - کیلوژول بر مول به تسریع می‌کنند. در کل می‌توان دریافت از نظر ترمودینامیکی واکنش یون فریک با سطح پیریت امکان‌پذیر و خود به خودی است و با حضور پیریت این واکنش تسهیل می‌یابد. علاوه بر آن تیتراسیون گونه‌های آهن مبنی بر حضور حداکثری یون فریک یا آهن سه ظرفیتی در محیط آزمایش‌ها بود.

استفاده شده است به ترتیب $19/2$ - و $22/45$ - کیلوژول بر مول بدست آمدند.

$$\Delta G = -nFE \quad (7) \text{ رابطه}$$

انرژی آزاد در هر دو حالت منفی بدست آمدند و نشان‌دهنده تاثیر مثبت یون فریک و پیریت بر واکنش‌های اکسیداسیون سطح کالکوپیریت می‌باشد. اما در حضور پیریت انرژی آزاد افزایش یافته است که نتیجه برهم‌کنش بهتر یون فریک با سطح الکتروود در حضور پیریت است و پیریت شرایط کاهش یون فریک را در سطح الکتروود بهبود می‌بخشد. پس می‌توان دریافت که از نظر آنالیزهای الکتروشیمی و محاسباتی حضور یون فریک و پیریت، واکنش‌های اکسیداسیونی را تسریع می‌کنند که پیرو آن انحلال کالکوپیریت و یا مس افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

با بررسی دستگاهی و تکنیک‌های الکتروشیمی مشخص شد که یون فریک پیک‌های مربوط به واکنش‌های اکسیداسیون و

منابع

-Chandra A.P and A.R Gerson., (2010), "The mechanisms of pyrite oxidation and leaching: A fundamental perspective", *Surf Sci Rep.* 65: 293-315.

-Córdoba, E.M.; Muñoz, J.A.; Blázquez, M.L., (2008) "Leaching of chalcopyrite with ferric ion. Part I: general aspects". *Hydrometallurgy*, 93: 81-87.

-Córdoba, E., Muñoz, J.A., Blázquez G. F., (2008), "Leaching of chalcopyrite with mechanisms and kinetics of the leaching of chalcopyrite", *Adv Colloid Interf Sci*, 197: 1-32.

-Ahmadi, A., M. Ranjbar, and M. Schaffie, (2012), "Catalytic effect of pyrite on the leaching of chalcopyrite concentrates in chemical, biological and electrobiochemical systems", *Miner. Eng.* 34: 11-18.

-Arce, E.M. and I. Gonza, (2002), "Comparative study of electrochemical behavior of chalcopyrite, chalcocite and bornite in sulfuric acid solution", *Int. J. Miner. Process* 67: 17-28.

Bard, A. and L. Faulkne, (1994), "Electrochemical methods: fundamentals and applications", 2nd edition, Texas University.

- Olvera, O.G., and E. Asselin., (2014),** “Electrochemical dissolution of fresh and passivated chalcopyrite electrodes. Effect of pyrite on the reduction of Fe³⁺-ions and transport processes within the passive film”, *Electrochimica Acta*, 127: 7–19.
- Palaniandy, M. and Ayamutthirian S., (2015),** “Impact of mechanochemical effect on chalcopyrite leaching”, *Int. J. Miner. Proc.*, 136: 56-65.
- Ruiz, M.C., K.S. Montes, and R. Padilla, (2015),** “Galvanic effect of pyrite on chalcopyrite leaching in sulfate-chloride media”, *Miner. Proc. Extrac. Metall.*, 36: 65-70.
- Sauber, M. and D.G Dixon (2011),** “Electrochemical study of leached chalcopyrite using solid paraffin-based carbon paste electrodes”, *Hydrometallurgy*, 110: 1–12.
- Schlesinger, M., (2011),** “Extractive metallurgy of copper”, 5th edition ed, Oxford,.
- Tshilombo AF., (2005),** “Leaching process for copper concentrates”, University of British Columbia.
- Yang C., F. Jiao & W. Qin., (2018),** “Leaching of chalcopyrite: An emphasis on effect of copper and iron ions”, *Cent Soth Aust*, 25: 2380–2386.
- Yavari M., Ebrahimi S., Aghazadeh V., Ghashghae M., (2019),** “Intensified Bioleaching of Copper from Chalcopyrite: Decoupling and Optimization of the Chemical Stage”, *Iran. Chem. Chem. Eng.*, 39, 343-352.
- Dixon, D.G., D.D .Mayne, and Baxter.s K.G., (2008),** “Galvanox™- A novel process for recovery of copper from primary copper concentrate”, *Canad. Metall. Quart.*, 47: 327–336.
- Dreisinger, D., (2003),** “Copper leaching from primary sulfides: Options for biological and chemical extraction of copper”, *Hydrometallurgy*, 10: 83-89.
- Gahremaninezhad, A., E. Asselin, and D.G. Dixon, (2010),** “Electrochemical evaluation of the surface of chalcopyrite during dissolution in sulfuric acid solution”, *Electrochimica Acta.*, 55: 5041–56.
- Gahremaninezhad, A. and E.A. D.G. Dixon., (2012),** Kinetics of the ferric–ferrous couple on anodically passivated chalcopyrite (CuFeS₂) electrodes, *Hydrometallurgy*, 125–126: 42–49.
- Holliday, R. and W. Richmond, (1990),** “An electrochemical study of the oxidation of chalcopyrite in acidi solution”, *Electroanal. Chem Interfacial Electrochem.* 28: 83-98.
- Kawashima, N., J. Li, and A.P. Chandra., (2013),** “A review of the structure, and fundamental mechanisms and kinetics of the leaching of chalcopyrite”, *Adv Colloid Interf Sci*, 197-198: 1-32.
- Liu Y., Dang Z., Wu P., Lu J., Shu X., (2010),** “Influence of ferric iron on the electrochemical behavior of pyrite”, *Ionics*, 17: 169–176.
- Liu, Q., Chen M., Zheng, K., Yang, Y. J., (2018),** “In Situ Electrochemical Investigation of Pyrite Assisted Leaching of Chalcopyrite”, *J. Electrochem Soc.*, 165: 813-819.
- Nakazawa, H., (2018),** “Effect of carbon black on chalcopyrite leaching in sulfuric acid media at 50 °C”, *Hydrometallurgy*, 177: 100-108.
- Nazari, G., D.G. Dixon, and Dreisinger D.B., (2015),** “The mechanism of chalcopyrite leaching in the presence of silver-enhanced pyrite in the Galvanox™ process”, *Hydrometallurgy*, 113-114: 122-130.

Ferric ion and pyrite effect on the oxidation-reduction reaction of chalcopyrite surface using electrochemical techniques and thermodynamic calculations

Hossein Nourmohamadi ¹, Valeh Aghazadeh ²

¹ PhD in Mining Engineering, Faculty of Mining Engineering, Sahand University of Technology Tabriz

² Professor, Department of Mining, Faculty of Mining Engineering, Sahand University of Technology Tabriz

Abstract:

Acidic dissolution of chalcopyrite in the presence of ferric ion is a scientific challenge that is the subject of research by many researchers. The role of pyrite has also been studied as catalyst and enhancer of chalcopyrite leaching. Previous studies have shown the chalcopyrite electrochemical leaching in the presence of oxidants, and oxidation-reduction reactions depend on reaction environmental conditions. In this paper, in addition to electrochemical techniques (cyclic voltammetry and chronoamperometry), mathematical calculations and thermodynamic equations have been used to investigate the effect of ferric ion and pyrite on oxidation-reduction reactions of chalcopyrite. First, the oxidation-reduction reactions of chalcopyrite surface by cyclic voltammetry in acidic medium and then the effect of ferric ion addition on these reactions have been investigated. Then effect of pyrite presence along with the ferric ion (pyrite / ferric ion) is studied by the above method. The results of cyclic voltammetry method showed that ferric ion and pyrite increased the anodic and cathodic peak intensities and had a positive effect on chalcopyrite surface reactions. Also results of chronoamperometry and thermodynamic studies showed increase of free energy of chalcopyrite oxidation reaction in the presence of pyrite which was -22.45 kJ/mol.

Keyword: Chalcopyrite, pyrite, ferric ion, electrochemistry, voltammetry.