شیمی و ژئوشیمی فلزات گرانبها، گوهرها و گوهرسنگ ها
ششمین کنفرانس از سری کنفرانس های شیمی کاربردی انجمن علوم و فناوری های شیمیایی ایران
جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
IRANCSTA
ISC
پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
شماره مجوز: ۹۱۶۳۱۲۲
کداختصاصی: ۰۰۲۱۰-۹۷۴۸۹

شماره مقاله

precious6-00330018

بهبود راندمان استخراج طلا در نمونه‌های معدنی به روش الکتروگراویمتری

دکتر محمد علی کریمی، دکتر حسن کرمی، دکتر عبدالحمید هاتفی، حمیدرضا قبادی فومشی*
تهران، دانشگاه پیام نور تهران شرق
*h.g.foumeshi@gmail.com

چکیده

طلا در کانسارهای معدنی و قطعات الکترونیکی یافت می‌شود. برای دستیابی به طلا موجود در کانسارهای معدنی نیازمند اکتشاف معدن، استخراج و فرآوری آن هستیم. هرچقدر که ذرات طلا اندازه کوچکتری داشته باشند و در درون مواد معدنی بیشتر پنهان شده باشند، نیازمند روشی دقیق‌تر برای شستشو، لیچینگ و اندازه‌گیری بهتر آن هستیم که در این راستا به تحقیق در مورد بررسی شیوه‌ای کارآمد برای اندازه‌گیری طلا به روش الکتروگراویمتری با بهینه کردن پارامترهایی مثل غلظت نمک، غلظت اسیدکلریدریک، تنظیم pH و کنترل دما پرداخته شد. برای انجام این تحقیق ابتدا مقدار ۰/۲۵۳ گرم از طلا با درصد خلوص ۹۹/۵ را در تیزاب حل کرده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده تا محلول مادر طلا با غلظت ppm۲۵۳۰ بدست بیاید. با استفاده از محلول ساخته شده از طلا، محدوده پتانسیل اکسایش و کاهش آن را تعیین کرده که با داشتن این محدوده آزمایش بر روی بهینه کردن پارامترها صورت گرفت. در ادامه با کمک دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس و طیف سنجی جذب اتمی به مطالعه طلا حاصل از نمونه طبیعی از معادن پرداخته شد که منجر به دستیابی طلا با درصد خلوص ۹۸/۶۴ گردید.

کلید واژه‌ها: طلا، فلزات، سنگ معدن، الکتروگراویمتری

مقدمه

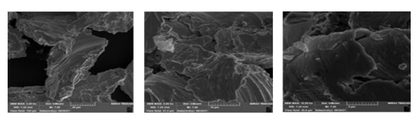
طلا در طول تاریخ همواره مهم‌ترین فلز گران‌بها بوده و به دفعات به عنوان پول و اشیا قیمتی نقش مهمی را ایفا نموده است. با گذر زمان و پیشرفت علم کاربردهای مختلفی از طلا در صنایع نظامی، پزشکی، فضایی، الکترونیک و غیره دیده شده است. ترکیب عناصر گوناگون مثل مس، نقره، نیکل و غیره با عنصر طلا باعث ایجاد رنگ‌های متنوعی از فلز طلا می‌شود[۱]. شش عدد اکسیداسیون برای طلا وجود دارد که عدد اکسیداسیون ۱+ و ۳+ پایدارترین حالت یونی طلا هستند. طلا اغلب به صورت فلز آزاد و آلیاژ مشاهده می‌شود. فلز طلا به صورت ذرات کوچک تا بزرگ در دل سنگ قرار می‌گیرد و اغلب همراه با مواد معدنی مانند تلوریم، کالاوریت، کرنریت، ناژیاژیت، پتزیت، سیلوانیت و مالدونیت یافت می‌شود. برای دست‌یابی به این منابع عملی کردن ۳ مرحله اساسی هست که شامل مراحل زیر می‌باشند:

۱. اکتشاف، برطبق دو تکنیک ژئوشیمی و ژئوفیزیک[۳,۲].
۲. استخراج، شامل معادن روباز و زیرزمینی[۴].
۳. فرآوری، شامل تکنیک‌های هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی[۶,۵].

مواد روش ها

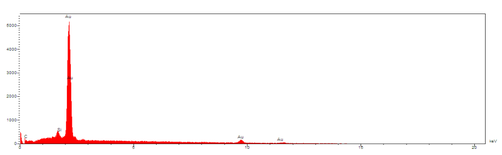
۱. طلا با خلوص ۹۹/۹۵٪ - نمونه‌های طبیعی از پنج معدن ایران
۲. اسیدکلریدریک – اسید نیتریک - سدیم کلرید
۳. کاغذ صافی ۹۰ گرمی - دستگاه آتولب(منبع تغذیه)
۴. تهیه نمونه جهت بررسی با طیف سنجی جذب اتمی
۵. تهیه نمونه جهت بررسی با طیف سنج پراش انرژی پرتو ایکس
۶. تهیه نمونه جهت بررسی با میکروسکوپ الکترونی روبشی
۷. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج

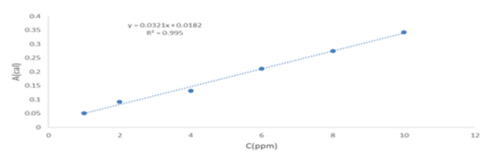


آ ب پ

شکل ۱- نشان‌دهنده تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی‌های آ: ۱۰۰۰۰، ب: ۵۰۰۰ و پ: ۲۰۰۰ است. در تصویر ب، می‌توان لایه‌های طلا تشکیل شده در فرآیند احیا بر روی تیغه کاتد را مشاهده کرد.



شکل ۲- نشان‌دهنده عناصر احیا شده بر روی تیغه کاتد و جمع آوری شده از کف سل از آزمایش بر روی نمونه معدنی توسط طیف سنج پراش انرژی پرتو ایکس است. عنصر طلا بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و عناصری مثل کربن و سیلیس به مقدار کمی دیده می‌شوند.



شکل ۳- نشان‌دهنده نمودار جذب‌های کالیبراسیون برحسب غلظت‌های معلوم برای هر جذب توسط داده‌های بدست آمده(جدول۳) از طیف سنجی جذب اتمی است. همچنین، جذب کالیبراسیون نمونه مجهول ۰/۲۰۹ اندازه‌گیری شد که بر این اساس، غلظت نمونه مجهول ۵/۹ ppm و درصد خلوص نمونه با توجه به وزن ۶۰ میلی‌گرم نمونه در حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر، ۹۸/۶۴ محاسبه شد.

بحث و نتیجه گیری

در ابتدا مقدار ۰/۲۵۳ گرم از طلا با درصد خلوص ۹۹/۵ را به مدت ۵ ساعت با ۲۰ سی‌سی تیزاب حل کرده و به بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده و به حجم رسانده تا غلظت ۲۵۳۰ ppm از طلا ساخته شود که به عنوان محلول طلا مادر قلمداد می‌شود. در معادله ۱ می‌توان واکنش تیزاب با طلا را مشاهده کرد.

معادله ۱: $Au + HNO3(aq) + 3HCl(aq) \rightleftarrows [AuCl4]^-(aq) + NO(g) + H^+ + H2O(aq)$

بعد از انتخاب تیغه‌ها، با استفاده از دستگاه آتولب بهترین محدوده برای پتانسیل اکسایش و کاهش طلا که در محدوده منفی ۰/۴ تا مثبت ۱/۵ است، انتخاب گردید. در این تحقیق چهار پارامتر تاثیرگذار هستند.

۱. بررسی تنظیم pH با اسیدکلریدریک: در این آزمایش غلظت‌هایی از ۰/۵ مولار تا ۱۰ مولار اسیدکلریدریک مورد بررسی قرار گرفتن که مناسب‌ترین محدوده در بازه pH ۰/۶ تا ۱/۳ دیده شد که مربوط به غلظت کمتر از ۱ مولار اسیدکلریدریک است.

۲. بررسی اثر غلظت نمک: غلظت‌های ۰ تا ۳۰ گرم از نمک سدیم کلرید مورد بررسی قرار گرفت که بالاترین میزان استحصال طلا زمانی بدست آمد که غلظت نمک در حدود ۱۰ گرم بود. نکته مهم وجود تسهیم نامتناسب در غلظت ۱۵ گرم از نمک است که باعث کاهش احیا یون طلا ۳+ بر روی تیغه کاتد و افزایش استحصال یون طلا ۱+ بر روی تیغه آند می‌شود. تسهیم نامتناسب در شرایط خاصی اتفاق می‌افتد. در معادله ۲ می‌توان عمل تسهیم نامتناسب را مشاهده کرد[۷].

معادله ۲: $AuCl2^- \rightleftarrows 2Au + AuCl4^- + 2Cl^-$

۳. بررسی اثر دما: در این آزمایش دما از حدود ۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۲ ساعت برای هر بازه تعیین شده، مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش دما میزان طلا رسوب کرده روی سطح تیغه کاتد به دلیل ریخته شدن ذرات طلا بر کف سل کاهش پیدا کرد. در دما حدود ۵ تا ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد هیچ ذره‌ای از تیغه کاتد جدا نشد ولی در دما ۴۰ تا ۵۰ درجه‌سانتی‌گراد ذرات کلوخه شده طلا در کف سل مشاهده شدند. در آزمایشی دیگر بر پارامتر دما، زمان ۳۰ دقیقه برای آزمایش بر روی دما ۵ تا ۵۰ درجه‌سانتی‌گراد در نظر گرفته شد که بالاترین سرعت احیا ذرات طلا بر روی تیغه کاتد در دما حدود ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد صورت گرفت.

۴. بررسی اثر زمان: این آزمایش در دو دما مختلف در مدت زمان ثابت ۲ ساعت آزمایش صورت گرفت. با افزایش زمان، میزان ذرات طلا احیا شده بر روی تیغه کاتد افزایش پیدا کرد که این عمل در دما حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد سرعت بیشتری نسبت به دما ۵ درجه‌سانتی‌گراد دارد.

با بدست آوردن بهینه پارامترها، آزمایش بر روی نمونه طبیعی انجام شد که در اینجا برای شستشو، چهار مرتبه از ترکیب آب مقطر و اسید نیتریک استفاده شد و در ادامه، برای لیچینگ[۸] از ترکیب اسیدکلریدریک و اسیدنیتریک استفاده شد. توجه به اقدام صحیح در فرآیند شستشو و لیچینگ در جواب نهایی حائز اهمیت است. پس از استفاده از کاغذ صافی محلول بدست آمده را با هیتر تبخیر کرده تا رسوب تشکیل شود. رسوب را برطبق نتیجه پارامترها به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده تا با کمک دستگاه آتولب طلا را از محلول جدا کنیم. در نهایت، با کمک تحلیل داده‌ها از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس و طیف سنجی جذب اتمی به مطالعه عنصر طلا حاصل از نمونه طبیعی پرداخته شد که منجر به دستیابی طلا با درصد خلوص ۹۸/۶۴ گردید.

منابع

1. Cretu, Cristian, and Elma Van Der Lingen. "Coloured gold alloys." Gold Bulletin 32.4 (1999): 115-126.
2. Kyser, Kurt, John Barr, and Christian Ihlenfeld. "Applied geochemistry in mineral exploration and mining." Elements 11.4 (2015): 241-246.
3. Tichauer, Ricardo, et al. "The role of geophysics in enhancing mine planning decision-making in small-scale mining." Royal Society open science 7.7 (2020): 200384.
4. Chen, Jianping, et al. "Open-pit mining geomorphic feature characterisation." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 42 (2015): 76-86.
5. Neag, Emilia, et al. "Hydrometallurgical recovery of gold from mining wastes." Strategies of Sustainable Solid Waste Management. IntechOpen, 2020.
6. Hiskey, Brent. "Metallurgy, Survey." Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology (2000).
7. Gammons, Christopher H., Yunmei Yu, and A. E. Williams-Jones. "The disproportionation of gold (I) chloride complexes at 25 to 200 C." Geochimica et Cosmochimica Acta 61.10 (1997): 1971-1983.
8. Neag, Emilia, et al. "Hydrometallurgical recovery of gold from mining wastes." Strategies of Sustainable Solid Waste Management. IntechOpen, 2020.