J. of Nuclear Sci. & Tech.
No. 25, pp. 39-47, 2002
Archive of SID
مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ۲۵، صفحات ۴۷-۳۹، ۱۳۸۱

فراوری اورانیوم و مس کانسنگ دچان به روشهای فروشویی[1] ستونی و بطری چرخان

محمد نوع پرست[1*]، بهرام سامانی[2]، رضا عسگری[1]

۱- دانشکده فنی، دانشگاه تهران ۲- امور اکتشاف و استخراج، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۵۶۳-۱۱۳۶۵

چکیده: کانسار دچان ناحیهٔ کوچک و نفوذپذیری در ۳۰ کیلومتری شمالغرب سراب است که برای تعیین عیارهای اورانیوم و مس آن، به علّت پایین بودن این عیارها، از روش فروشویی با اسیدسولفوریک به صورت‌های بطری چرخان و ستونی در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شده است. عمل فروشویی ستونی در دو ستون به ابعاد کوچک و متوسّط انجام گرفت و نتایج حاصل نشان داد که خُردکردن مادّه معدنی در سرعت عمل مؤثّر، امّا تأثیر آن بر بازدهی اندک است. میزان مصرف اسید سولفوریک ۱۶۰ کیلوگرم برای هر تُن کانسنگ و با دبی ۷۸ لیتر بر تُن بوده است. آزمایشهای بطری چرخان با استفاده از مواد معدنی با دانه‌بندی‌های ۴ و ۲۸ مِش انجام گرفت؛ نتایج حاصل نشان داد که فروشویی گِل خاکه‌ای [2] به نسبت وزنی ۳۳٪ جامد در مدّت ۴ ساعت با مصرف ۱۲۲/۶ گرم اسید سولفوریک (معادل ۲۴۵ کیلوگرم بر تُن کانسنگ) و با pH = ۰/۲ مناسبت خوبی دارد.

واژه‌های کلیدی: اورانیوم، فراوری اورانیوم، فروشویی، کانسار دچان، آب-فلزکاری (هیدرومتالورژی)

Uranium and Copper Processing of Dochan Deposit by Column and Rotating Bottle Leaching

M. Noaparast[1*], B. Samani[2], R. Asgari[1]

1- Mining Eng. Dep, Faculty of Eng, University of Tehran 2- Exploration & Mining Division, AEOI, P.O. Box: 11365-4563, Tehran-Iran

Abstract: Dochan deposit is located in 30km north-west of Sarab. As the Dochan has a low grade uranium ore and due to its high permeability, different leaching methods (e,g. bottle rotation, and column leaching) in bench scale by using sulfuric acid were tested. Bottle rotation tests were carried out in two different column sizes of small and medium, and obtained results showed that the ore comminution effects the kinetics of metal recovery, but has little effect on recovery value, using 160 kg/ton.ore of sulfuric acid with 78 l/ton.ore flowrate. Material used in bottle rotation tests were 4 mesh and 28 mesh in size and results indicated that a pulp with 33% solids in weight would be recommended in leaching, using 122.6 gr (245 kg/ton.ore) of sulfuric acid at pH=0.2 for 4 hours.

Keywords: *uranium, uranium processing, leaching, dochan deposit, hydrometallurgy*

*- e-mail:mnoap@shafagh.ut.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۰/۳/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۰/۱۱/۲۱

www.SID.ir

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID

۱ - مقدمه

فروشویی در صنایع استخراج فلزات فرایندی است که طی آن مادهٔ معدنی (در این کار پژوهشی کانه اورانیوم و مس) با حلّال مناسبی (اسید سولفوریک) در تماس قرار داده می‌شود و جزء قابل حل (معمولاً باارزش) در حلّال حل می‌شود [۱]. این فرایند به طور کلّی شامل واکنش‌های ناهمگن (جامد-مایع) است که برروی سطح جامد صورت می‌گیرند. سازوکار عمل به دو صورت است:

الف) تراوش و نفوذ حلّال از میان توده‌سنگ[۳] (درجا[۴] و حوضچه‌ای[۵])

ب) آمیختن ذرّات خردشده با حلّال در یک یا چند مخزن همزن‌دار

پارامترهای مختلفی بسته به نوع عملیات، در سیتیک واکنشهای فروشویی مؤثّرند، از جمله خواص کانی (اکسیدی یا سولفیدی)، دانه‌بندی (خردشده یا خردنشده)، غلظت حلّال، نوع مواد زائد.

استخراج اورانیوم و مس از مواد معدنی به روش فروشویی توده (کپه) ممکن است تحت تأثیر عوامل محدودکننده‌ای مانند عدم توزیع یکنواخت اسید روی سطح توده، ایجاد کانالهای جریانی و یا نفوذناپذیری قرار گیرد [۲]. نظریهٔ فروشویی، سازوکار و شرایط اجرای آن دربارهٔ مواد معدنی در کتب و مقالات متعدّد موجود است [۳، ۴، ۵ و ۶].

۲ - زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی کانسار دچان

تودهٔ سینیتی آلکالن در منطقه رزگاه و دچان در ۳۰ کیلومتری شمالغرب سراب قرار دارد. این توده در مرز سنگهای آتشفشانی دیرین‌زاد (پالئوژن) و حوضهٔ رسوبی نوین‌زاد (نئوژن) تلخه رود واقع است. بخش عمده رخسار سینیتی آنالسیم دگرگون و تحت تأثیر فعّالیتهای زمین‌ساختی خرد و گسله شده و محلولهای گرمابی سبب دگرگونی آن گردیده است. کانی‌سازی مس از نوع سیلیکات (کریزوکلا) و کربنات (مالاکیت و آزوریت) است و نابهنجاری‌های اورانیوم نیز در همین بخش قرار دارد [۷].

مطالعات زیادی تاکنون در منطقهٔ دچان و در حاشیه تلخه رود انجام گرفته است که بر پدیدهٔ کانی‌سازی مس و اورانیوم دلالت دارد. نتایج حاصل، بالا بودن نسبت اورانیوم به توریوم را نشان می‌دهند [۷] و بالا بودن نسبت توریوم به اورانیوم نیز نشانه‌ای از وجود ترکیبات اورانوتوریت است که شرایط فروشویی را دشوار می‌کند. پرتوزایی نابهنجار و کانی‌سازی ثانویهٔ مس در تودهٔ دچان به سه شکل شناسایی شده است: رسوبی، رگه‌های برشی به صورت دیواره‌های کانی شده و پراکندگی مس و اورانیوم در سینیتهای دگرگون شده. نمونه‌برداری از این سه شکل برای انجام آزمایشهای فروشویی به عمل آمد. با توجّه به اهمیّت شکل سوم در این مقاله صرفاً به ارائه نتایج حاصل از نمونه‌های آن پرداخته شده است.

۲-۱- آزمایش‌های بطری چرخان

آزمایش‌های بطری چرخان نخستین آزمایش‌های بررسی قابلیت فروشویی کانه است، که اوّلین مرحلهٔ فروشویی ستونی نیز می‌باشد. برای این منظور، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی تهیه و تا حدود ۴ و ۲۸ مِش خرد شده‌اند. این نمونه‌ها در بطری‌های ۲ لیتری ریخته شده و مقداری آب و اسید به آنها اضافه گردیده است تا pH موردنظر بدست آید. (در هر آزمایش این مقادیر متفاوت بوده است) گِل خاکهٔ حاصل به وسیلهٔ دستگاه چرخان به هم زده شده و چرخش بطریها پس از مدّت یک ساعت قطع گردیده است. در هر مرحله از توقف نیز مقداری اسید به گِل خاکه اضافه شده است تا pH اوّلیه بدست آید. پتانسیل اکسیدشدن - احیای موادّ اندازه‌گیری و گِل خاکه حاصل تصفیه شده است. برای تعیین عیار اورانیوم و مس از فازهای جامد و مایع نمونه‌گیری بعمل آمده است. برای بررسی امکان فروشویی کانه و دستیابی به مقادیر پارامترهای pH، ابعاد ذرّات، زمان، پتانسیل‌های اکسید شدن و احیا و غلظت گِل خاکه آزمایشهای مختلفی به شرح زیر انجام گرفته است.

الف - غلظت اسید

اساس عمده عملیات فروشویی تأمین مقدار کافی اسید، به منظور حل کردن اورانیوم و مس بدون حل شدن مقادیر زیادی از مواد زائد است. مصرف اسید تابعی از ترکیب مواد زائد موجود در کانسنگ است. ترکیب کانسنگ مورد استفاده در

www.SID.ir

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID

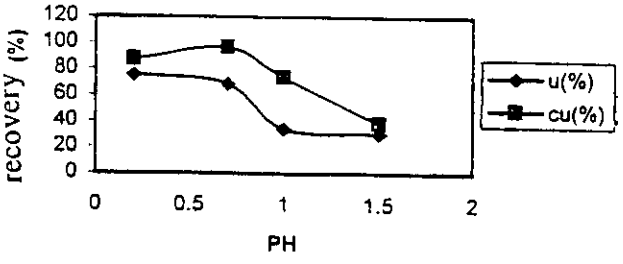
این آزمایشها در جدول ۱ مندرج است. اثر pH بر بازیابی اورانیوم و مس در شکل ۱ نشان داده شده است و دلالت بر این دارد که با افزایش غلظت اسید (کاهش pH) بازیابی فلز افزایش می‌یابد. بازیابی تا pH حدود ۰/۷ افزایش نشان می‌دهد و پس از آن، افزایش بازیابی کُند می‌شود. این آزمایش‌ها همگی در گِل خاکه‌ای با چگالی ۵۰٪ وزنی جامد انجام گرفته‌اند. شایان ذکر است که اگر مقدار مواد قابل حل زیاد باشد، محلول به حالت اشباع می‌رسد. به همین دلیل دو آزمایش نیز با غلظت ۳۳٪ وزنی جامد در pHهای ۰/۷ و ۰/۲ انجام گرفت، که نتایج حاصل در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که با کاهش pH، بازیابی اورانیوم افزایش می‌یابد ولی بازیابی مس تقریباً ثابت است. این امر ناشی از انحلال اکسید مس در pH بالاتر بوده و در نتیجه باکاهش pH تغییری در بازیابی آن حاصل نمی‌شود، امّا شرایط انحلال اورانیوم پیچیده‌تر است و بازیابی آن باکاهش pH افزایش می‌یابد.

ب - اکسید شدن

به منظور استحصال حداکثر مقدار اورانیوم، محیط فروشویی باید وضعیت اکسیدشدن مناسبی داشته باشد. به منظور تثبیت ORP[6] (پتانسیل اکسید شدن - احیا) از مواد افزودنی اکسیدکننده استفاده می‌شود. حد مطلوب ORP در فروشویی اسیدی اورانیوم، ۴۷۵-۴۲۵ میلی ولت می‌باشد [۴]. دی‌اکسید منگنز (پیرولوزیت)، کلرات‌سدیوم و هوا، از عمده‌ترین اکسیدکننده‌ها هستند، که در این تحقیق با توجّه به بالا بودن ORP (بالاتر از ۵۰۰ میلی‌ولت) این مواد مورد استفاده قرار نگرفتند. جدول ۳ مقدار پتانسیل اکسید شدن و احیا را در این آزمایش نشان می‌دهد.

ج - چگالی گل خاکه

چگالی بهینهٔ گِل خاکه در فروشویی معمولاً بیشترین مقدار ممکن آن می‌باشد، بطوری که موجب کاهش بازیابی فلز نگردد. به منظور بررسی تأثیر چگالی گل خاکه، ۳ آزمایش با نسبتهای $\frac{\text{مایع}}{\text{جامد}}$ معادل $\frac{۱}{۱}$ (۵۰٪ وزنی جامد)، $\frac{۲}{۱}$ (۳۳٪ وزنی جامد) و $\frac{۳}{۱}$ (۲۵٪ وزنی جامد) به عمل آمد و نتایج حاصل



شکل ۱- تأثیر pHبر بازیابی اورانیوم و مس

جدول ۱- تجزیه و تحلیل کانسنگ مورد آزمایش

Ba (ppm)	Ce (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Fe_2O_3 %
۱۱۶۴	۱۳۲	۱۰	N	۱۸۰۰۰	۲۴	۲۸	۸۱	۲/۲
Rb (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	As (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	SiO_2 (ppm)
۱۳۶	۱۰۷۷	۲۳۸	۵۵	۹	۴۶۰	۳۸۴	۵	۶۸/۳
Al_2O_3 (%)	Na_2O (%)	MgO (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	P_2O_5 (%)	CaO (%)	P_2O_5 (%)	
۱۶/۴۴	۲/۲۴	۰/۲۴	۵/۰۸	۰/۸۳۱	۰/۰۱۶	۴/۰۹	۰/۴۸۹	

جدول ۲- مقایسه بازیابی در pH

CU (%)	U (%)	مصرف اسید (Kg/t)	چگالی گل خاکه (%)	pH	مدّت (ساعت)
۹۵/۶	۷۶	۱۰۰	۳۳	۰/۷	۴
۹۵/۶	۹۵/۸	۲۴۵	۳۳	۰/۲	۴

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

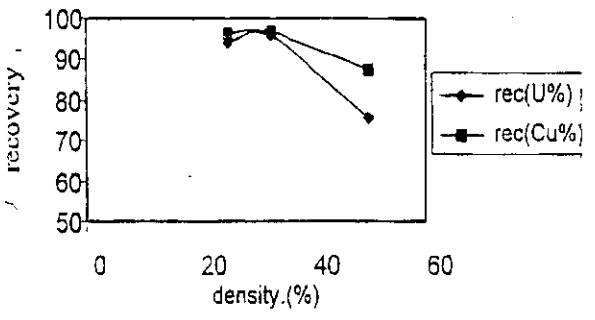
Archive of SID

جدول ۳- پتانسیل اکسیدشدن و احیا pH و در مدّتهای مختلف

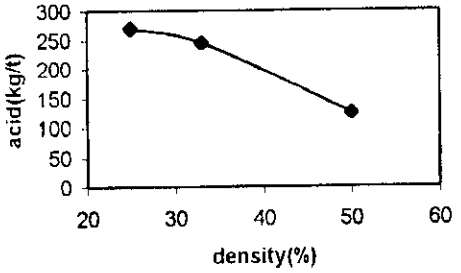
مدّت (ساعت)	pH	Eh (mv)
۱	۰/۶	۸۰۰
۲	۰/۵	۷۱۰
۳	۰/۳	۶۹۰
۴	۰/۲	۶۸۰

در شکل ۲ نشان داده شده و نمایانگر این است که بازیابی اورانیوم در گل خاکه‌های ۲۵٪ و ۳۳٪ بالاتر از بازیابی آن در گل خاکهٔ ۵۰٪ است. علّت آن را می‌توان اشباع شدن این گل خاکه از مواد محصول دانست. در نمونهٔ محلولهای گل خاکهٔ ۵۰٪، بلورهای سولفات مس (کات کبود) راسب به آسانی مشاهده می‌شدند. بنابراین با توجّه به مصرف کمتر آب و بالا بودن مقدار بازیابی گل خاکهٔ حاوی ۳۳٪ وزنی جامد به عنوان گل خاکهٔ بهینه انتخاب شده است.

تأثیر چگالی گل خاکه بر مصرف اسید در pH=۰/۲ در شکل ۳ نشان داده شده است و مشاهده می‌شود که با افزایش چگالی گِل خاکه، مصرف اسید کاهش می‌یابد. این امر، حالت اشباع محلول را نشان می‌دهد. برای مقایسهٔ بازیابی در گِل خاکه ۳۳٪ وزنی جامد و pH=۰/۷ با بازیابی در گل خاکهٔ ۵۰٪ وزنی جامد و همان pH، آزمایشهایی به عمل آمد و نتایج حاصل از آنها در جدول ۴ مندرج است. بازیابی پایین اورانیوم در آزمایش دوم احتمالاً ناشی از حالت اشباع محلول است و بازیابی اورانیوم در گِل خاکه ۳۳٪ وزنی جامد نسبت به گل خاکهٔ ۵۰٪ وزنی جامد افزایش نشان می‌دهد، امّا به میزان بازیابی اورانیوم در pH=۰/۲ و گِل خاکهٔ ۳۳٪ وزنی جامد نمی‌رسد (جدول ۲).



شکل ۲- تأثیر چگالی گل خاکه بر بازیابی اورانیوم و مس



شکل ۳ - تأثیر چگالی گل خاکه بر مصرف اسید

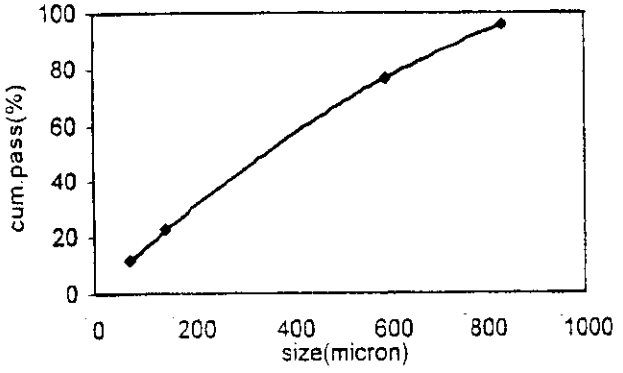
د - خردکردن

هدف خردکردن در فراوری معدنی، آزادکردن کانی‌های با ارزش از مواد زاید همراه در درشت‌ترین ابعاد ممکن است. گر چه در فرایندهای آب - فلزکاری این عمل اهمیّت چندانی ندارد و صرفاً کافی است که بخشی از کانی در معرض تماس با حلال قرار گیرد. بدیهی است در صورت نفوذ پذیری کانسنگ، این مقدار خردکردن نیز لازم نخواهد بود و حلال با نفوذ خود در کانسنگ فلز باارزش را حل می‌نماید، ولی در این حالت مدّت فرایند طولانی‌تر خواهد بود.

شکل ۴ نمودار دانه بندی نمونه‌های مورداستفاده در آزمایشهای بطری چرخان را نشان می‌دهد. برای مقایسهٔ بازیابی‌ها در دانه‌بندی‌های مختلف، دو دسته آزمایش با استفاده از مواد معدنی به ابعاد ۴ و ۲۸ مش با گل خاکهٔ ۳۳٪ وزنی جامد در pH=۰/۲ به عمل آمد و نتایج حاصل در جدول ۵ مندرج است.

ه - دما و مدّت فروشویی

مدّت و دما در فروشویی دو عامل مهم و مرتبط با



شکل ۴ - نمودار دانه بندی نمونه‌های مورد استفاده

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID

جدول ۴ ـ بازیابی اورانیوم و مس در گل خاکه‌های دارای چگالی ۳۳٪ و ۵۰٪

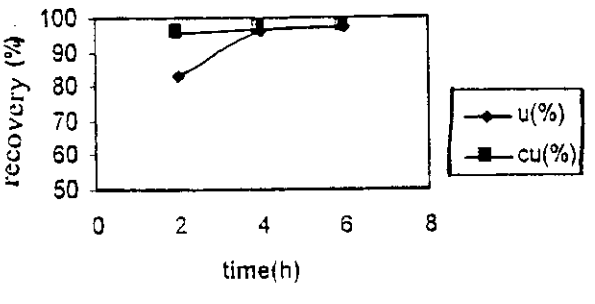
مدّت (ساعت)	pH	چگالی گل خاکه (%)	مصرف اسید (Kg/t)	بازیابی اورانیوم (%)	بازیابی مس (%)
۴	۰/۷	۳۳	۱۰۰	۷۶	۹۵/۸
۴	۰/۷	۵۰	۲۲۸/۱۴	۶۸/۵	۹۶/۵

جدول ۵- نتایج آزمایشهای مربوط به نمونه‌های ۴ و ۲۸ مش

مدّت (ساعت)	ابعاد (مش)	بازیابی مس (%)	بازیابی اورانیوم (%)
۴	۴	۸۸/۶	۸۸/۱
۴	۲۸	۹۶/۶	۹۵/۷

یکدیگرند: افزایش دما، موجب کاهش مدّت واکنش می‌شود و استخراج کانیهای نامحلول بهبود می‌یابد. فروشویی توده‌ای معمولاً در دمای محیط انجام می‌گیرد که در اثر واکنش‌های درون توده‌ای، دما در درون توده بالاتر از محیط اطراف خود می‌باشد (تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد). آزمایشهای بطری چرخان در دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفته‌اند.

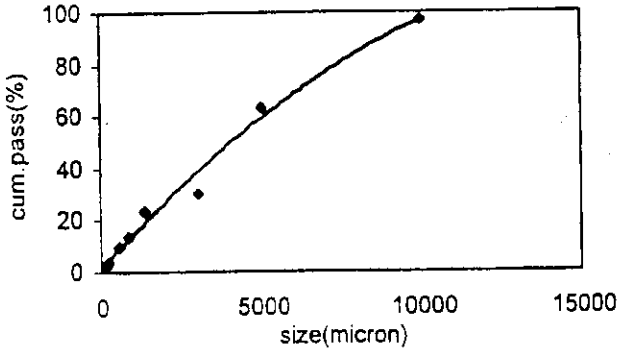
مدّت موردنیاز فروشویی تحت تأثیر عواملی مانند غلظت اسید، نوع کانیها و کانیهای دربرگیرنده است. از لحاظ نظری، مدّت بهینهٔ فروشویی به صورت ایدآل بینهایت است و با افزایش مدّت، بازیابی نیز افزایش می‌یابد [۱]. برای بررسی تأثیر زمان در بازیابی اورانیوم و مس، ۳ آزمایش با مدّت‌های ۲، ۴ و ۶ ساعت باگل خاکهٔ ۳۳٪ وزنی جامد در pH=۰/۲ به عمل آمد. شکل ۵ تأثیر زمان بر بازیابی را نشان می‌دهد که در آن افزایش بازیابی در مدّت ۶ ساعت در مقایسه با ۴ ساعت بسیار ناچیز است.، بنابراین مدّت ۴ ساعت به عنوان زمان بهینه انتخاب شده است.



شکل ۵ ـ اثر مدت بر بازیابی اورانیوم ومس

۲ـ۲ـ آزمایشهای فروشویی ستونی با قطرکوچک

آزمایش فروشویی نفوذی ستونی با قطرکوچک با استفاده از ۲ کیلوگرم کانه در ۳ ستون هر یک به قطر ۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۳ سانتی‌متر به انجام رسید. ارتفاع نمونه درون ستون به ۴۰ سانتی‌متر می‌رسید. با توجّه به اینکه نسبت قطر ستون به ابعاد ذرّات باید بزرگتر از ۶ باشد، از کانه‌ای که دانه بندی آن در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است، استفاده شد. برای جلوگیری از واردشدن خطا در نتایج، که ممکن است ناشی از نفوذ سریعتر محلول از دیوارهٔ ستون باشد، نسبت قطر آن به ابعاد دانه‌ها حفظ شد. طریقهٔ ریختن کانه به داخل ستونها بسیار مهم است تا از مرتب شدن مواد (از نظر دانه‌بندی) که ناشی از حرکت دانه‌های ریز مواد در بین دانه‌های درشت است جلوگیری شود. در صورت تجمّع مواد دانه‌ریز در کنار هم، احتمال جلوگیری از جریان محلول بوجود می‌آید، همچنین در صورت رسی بودن کانه، امکان ایجاد سطح نفوذناپذیر رسی وجود دارد.



شکل ۶ـ نمودار دانه بندی مواد مورد استفاده در ستونهای کوچک

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID

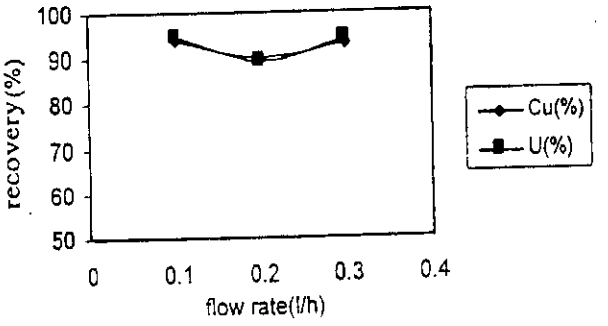
مرطوب کردن کانه سبب می‌شود که مواد دانه ریز به مواد دانه درشت بچسبند و از ردیف شدن کانه و در نتیجه کانالی شدن جریان جلوگیری شود. به همین جهت مادهٔ معدنی ابتدا به نسبت ۱۰٪ وزنی با آب مرطوب، سپس به صورت مخلوط همگن در ستون ریخته شد. حجم محلول مورد نیاز برای اشباع شدن ستون مادّه معدنی ۲۵٪ حجم آن بود.

در این آزمایشها، پارامترهای زمان، سرعت عبور محلول (دبی) و گردش یا عدم گردش محلول بهینه شده‌اند. برای تعیین دبی بهینه، سه آزمایش با دبی‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ لیتر بر ساعت در ستونها انجام گرفت. این دبی‌ها به ترتیب معادل ۲۶، ۵۲ و ۷۸ لیتر بر ساعت بر متر مربع می‌باشند. نتایج این آزمایشها (شکل ۷) نشان می‌دهند که درصد بازیابی تقریباً ثابت است. بنابراین با توجّه به کوتاهترین مدّت، دبی ۰/۳ لیتر بر ساعت به عنوان دبی بهترین انتخاب شد. حجم محلول مورد استفاده در هر یک از این آزمایشها ۴ لیتر، مقدار اسید مصرفی ۱۲۲/۶ گرم بر لیتر و چرخهٔ کاری ۶ ساعت در روز برای نمونهٔ کانسنگ ۲ کیلوگرمی بود.

برای تعیین مدّت بهینهٔ پاشیدن محلول در هر روز (چرخهٔ کار روزانه) دو دسته آزمایش در دوره‌های ۳ و ۶ ساعت در روز با دبی ۰/۳ لیتر در ساعت با شرایط پیش گفته انجام شد که نتایج حاصل در جدول ۶ مندرج است.

این نتایج نشان می‌دهند که مقدار درصد بازیابی در سرعت ۰/۳ لیتر بر ساعت و در مدّت ۳ ساعت در روز بیشتر است.

برای تعیین اثر گردش محلول بر بازیابی، دو آزمایش یکی با گردش محلول با دبی ۰/۳ لیتر در ساعت و دیگری بدون گردش محلول به عمل آمد. نتایج این آزمایشها در جدول ۷ مندرج است. کاهش بازیابی در حالتی که محلول در گردش



شکل ۷ـ اثر سرعت جریان محلول بر بازیابی اورانیوم و مس

جدول ۶ـ مقایسهٔ بازیابی در چرخه‌های کاری مختلف

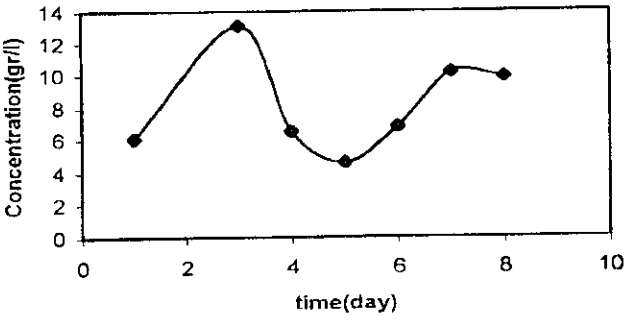
مدّت (ساعت در روز)	بازیابی مس (%)	بازیابی اورانیوم (%)
۳	۹۳	۹۵/۳
۶	۹۰	۹۱/۷

جدول ۷ـ بازیابی مس و اورانیوم با گردش و بدون گردش مجدد محلول

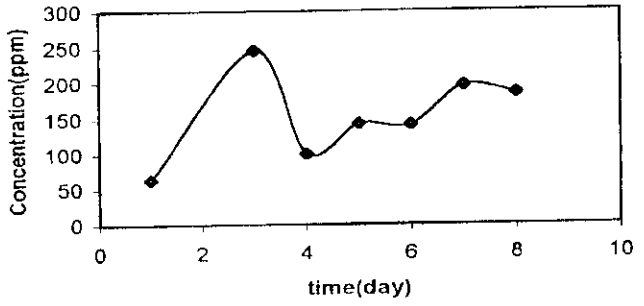
طریقهٔ انجام آزمایش	بازیابی مس (%)	بازیابی اورانیوم (%)
با گردش محلول	۸۵/۳	۸۷/۲
بدون گردش محلول	۹۳	۹۵/۳

است احتمالاً به رسوب مجدّد مقداری اورانیوم و مس در ستون کانسنگ مربوط می‌شود. با توجّه به افزایش مدّت در حالتی که محلول در گردش است و همچنین کاهش بازیابی در این حالت، کاربرد محلول بدون گردش آن انتخاب می‌شود. شکل ۸ نمودار تغییرات غلظت مس و اورانیوم در محلول را بر حسب مدّت نشان می‌دهد.

مس



اورانیوم



شکل ۸ـ نمودارهای تغییرات غلظت مس و اورانیوم در محلول فروشویی بر حسب مدّت

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

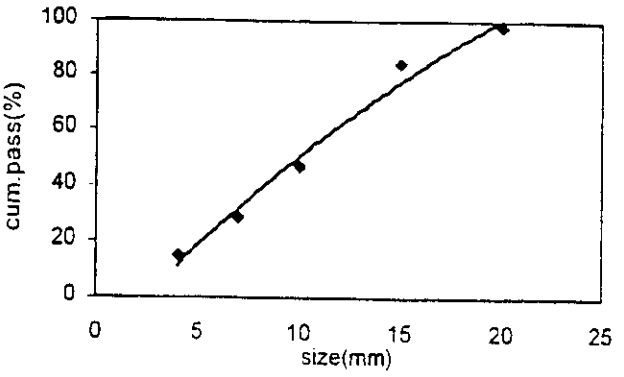
Archive of SID

۲ـ۳ـ آزمایشهای فروشویی ستونی با قطر متوسّط

برای بررسی اثر افزایش ابعاد دانه‌بندی کانسنگ بر بازیابی، یک دسته آزمایش در ستونهایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی متر به عمل آمد. این آزمایش‌ها با استفاده از مواد معدنی با دانه‌بندی ۲ سانتی‌متر انجام گرفت. نمودار این دانه‌بندی در شکل ۹ نشان داده شده است. دبی محلول ۰/۶ لیتر بر ساعت (۷۸ لیتر بر ساعت بر متر مربع سطح) بود. در این آزمایشها ۶ کیلوگرم نمونه کانسنگ، ۱۲ لیتر محلول، (حاوی ۱۲۲/۶ گرم بر لیتر اسید سولفوریک) با ستون نمونه‌ای معادل ارتفاع ۶۵ سانتی متر مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایشها بر اساس پارامترهای بهینهٔ حاصل از آزمایشهای ستونی کوچک صورت گرفتند و نتایج حاصل در جدول ۸ نشان داده شده است. شکل ۱۰ نمودار تغییرات غلظت مس و اورانیوم در محلول را بر حسب مدّت نشان می‌دهد.

پارامترهای بهینه مورد استفاده در آزمایشهای ستونی، همان پارامترهای آزمایش بطری چرخان بوده‌اند. آزمایش در این ستونها (نمونه با ابعاد ۲ سانتیمتر) با اسید رقیق‌تر (۸۰ گرم برلیتر و ۵۰ گرم بر لیتر) صورت گرفت و نتایج حاصل در شکل ۱۱ نشان داده شده است. شکل ۱۲ نیز نمودار تغییرات غلظت مس و اورانیوم در محلول را بر حسب مدت (باستفاده از اسید به غلظت ۸۰ گرم بر لیتر) نشان می‌دهد.

نمودارهای شکل ۱۱ نشان می‌دهند که تغییر غلظت اسید از ۸۰ با ۱۲۲/۶ گرم بر لیتر، تأثیر قابل توجّهی بر مقدار درصد بازیابی ندارد، بنابراین مقدار ۸۰ گرم بر لیتر به عنوان

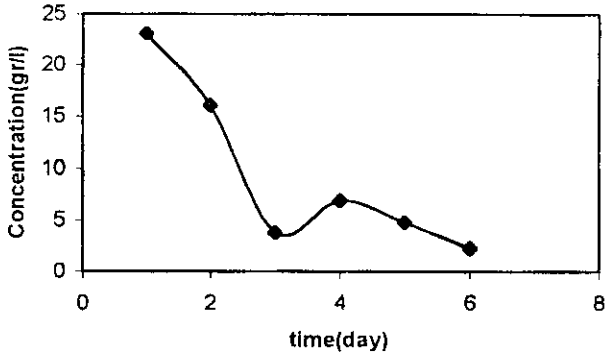


شکل ۹ ـ نودار دانه بندی مواد مورد استفاده در ستونهای متوسّط

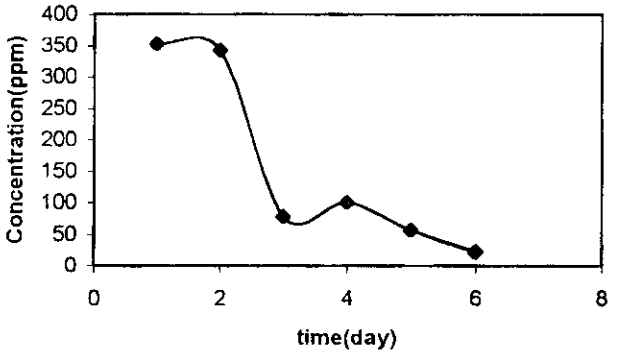
جدول ۸ـ مقایسه بازیابی آزمایشها با استفاده از مواد با ابعاد ۱ر ۲ سانتیمتر

اندازه مواد (سانتی‌متر)	بازیابی مس (٪)	بازیابی اورانیوم (٪)
۱	۹۳	۹۵/۳
۲	۹۰/۳	۹۲

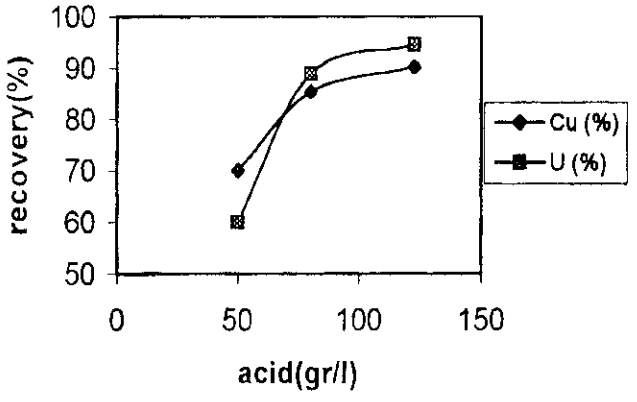
مس



اورانیوم



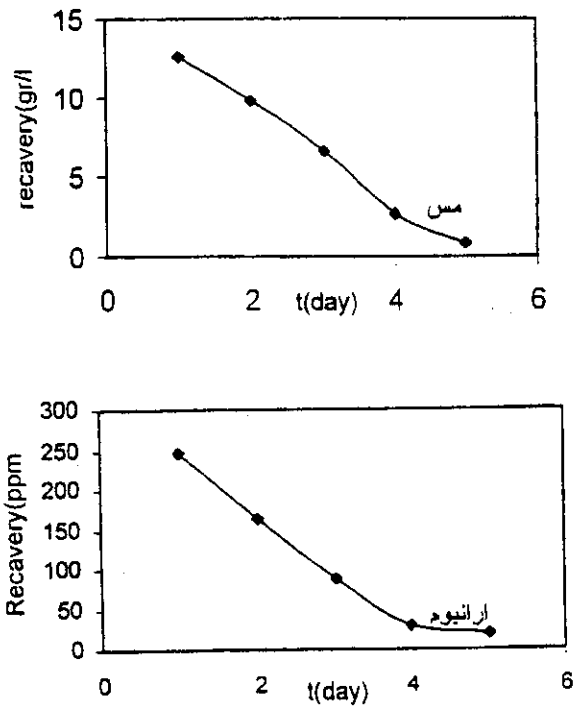
شکل ۱۰ـ نمودارهای تغییرات غلظت مس واورانیوم در محلول بر حسب زمان در ستون



شکل ۱۱ـ تأثیر غلظت اسید بر بازیابی

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID



شکل ۱۲ ـ نمودار مدت (روز) تغییرات غلظت مس و اورانیوم بر حسب مدّت

غلظت بهینهٔ اسید در نظر گرفته شده است (محلول حاصل حاوی سولفات مس و اورانیوم می‌باشد).

۳ـ نتیجه‌گیری

نمونه‌های کانسار دچان در دو مرحله با استفاده از روشهای بطری چرخان و ستونهای کوچک و متوسّط، مورد بررسی‌های فروشویی قرار گرفت. آزمایشهای متعددی تحت شرایط مختلف به منظور تعیین شرایط بهینه به عمل آمد.

الف - بطری چرخان

- با توجه اکسید بودن کانه و Ehهای اندازه‌گیری شده در مدت آزمایشها (حدود ۵۰۰ میلی‌ولت) نیازی به استفاده از اکسیدکننده‌ها نبوده است).
- نتایج مطلوب فروشویی کانه، در شرایط گل خاکه‌ای با شرایط وزنی جامد در ۰/۲ =pH به مدت چهار ساعت با مقدار اسید سولفوریک مصرفی ۱۲۲/۶ گرم بر لیتر (معادل ۲۴۵/۲ کیلوگرم بر تن کانسنگ) بدست آمد.
- با توجه به بالا بودن مقادیر مواد قابل حل در کانه(از جمله کربناتها، اکسید مس و آلومینوسیلیکاتها) گل خاکه ۳۳٪ وزنی جامد نتایج بهتری نسبت به گل خاکهٔ ۵۰٪ وزنی جامد در پی داشت.

ب ـ فروشویی

- با توجّه به اینکه کانیهای اورانیوم و مس در سیمان کانسنگ (دارای نفوذ پذیری بالا) قرار دارند، خردکردن کانه تأثیر چندانی در افزایش بازیابی نداردو کاهش بازیابی به علّت کمتر خردکردن، با افزایش مدت فروشویی قابل جبران است.
- دبی کردن اسید ۷۸ لیتر بر ساعت بر متر مربع سطح و میزان مصرف اسید ۱۶۰ کیلوگرم بر هر تن کانسنگ بوده است.
- گردش دوبارهٔ محلول در ستون کانسنگ موجب افزایش بازیابی نمی‌شود.
- بازیابی در چرخه کاری ۶ ساعت در روز کمتر از بازیابی در ۳ ساعت در روز بوده است.

پی‌نوشت‌ها:

۱- leaching

۲- pulp

۳- leaching dump or heap

۴- in-situe leaching

۵- vat leaching

۶-oxidation - reduction Potential

www.SID.ir

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Archive of SID

References

1. R.C. Merit, "The extractive metallurgy of uranium," Colorado school of mines (1971).

۲. ص. عبدالرضا، "مطالعات هیدرومتالورژیکی لیچینگ سنگهای اکسید مس،" اوّلین سمینار متالورژی فلزات غیر آهنی، مجتمع مس سرچشمه، صفحه ۵۴۰-۵۲۴ (۱۳۷۵).

3. J.A. Munoz, A. Ballester, f. Gonzalez, M. Blaquez, "A study of bioliching of spanish uranuim ore. part I-A review of bacterial leaching in treatment of uranium ores," Hydrometallurgy, Vol. 38, pp: 39-57 (1995).

4. IAEA, "Uranium extraction technology," Technical Report Series, No. 359, Vienna (1993).

5. T. SteFanovwicz, M. Osinaka, S. Napieralska, "Copper resovery by the cementation method," Hydrometallorgy, Vol. 47, pp: 69-90 (1997).

6. G. Zarate. R. Kelly, "The metallorgy of the montoverde project," Hydromtallorgy, Vol. 39, pp: 307-319 (1995).

۷. ب. سامانی، ی. طالع زاده، ا. کرمی، "گزارش زمین‌شناسی عملیات انجام شده طی مأموریت اکتشافی سال ۱۳۵۹ در منطقهٔ آذربایجان،" گزارش داخلی سازمان انرژی اتمی ایران (۱۳۵۹).

www.SID.ir
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com