نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۲۳، صفحات ۷۶ - ۷۲، ۱۳۸۰

جداسازی اورانیوم از سنگ معدن لیچ‌شده به روش «رزین در دوغاب»

علی هاشمی، مهشید روشنی
مرکز کانه‌آرایی و سوخت، سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

جداسازی اورانیوم از دوغاب سنگ شویی (لیچینگ)[۱] سنگ معدن نابهنجاری شماره ۱ ساغند با استفاده از روش «رزین در دوغاب»[۲] بررسی شده است. این روش برای سنگهای معدنی اورانیوم‌دار ساغند، که جداسازی محلول شفاف از دوغاب سنگ معدن لیچ شده دشوار و پرهزینه‌است، بسیار مفید می‌باشد. در این روش، اورانیوم درون دوغاب با بازدهی قابل توجّهی بر روی رزین جذب می‌گردد و پس از انجام عملیات جذب، ذرات نسبتاً درشت رزین به آسانی از دوغاب بی‌بار، در سیستمی با جریان متقابل پیوسته درون ستونهایی (به نام پاچوکا)[۳] جدا می‌شوند. در این طرح پژوهشی چهارستون پاچوکای کوچک که حجم مؤثر هریک ۱/۷ لیتر بود طرّاحی و تنظیم شد. ابتدا یک رشته آزمایش تک مرحله‌ای برای تعیین شرایط بهینهٔ جذب اورانیوم بر روی رزین تبادل آنیونی از نوع AMn روسی انجام گرفت. اندازه ذرّات رزین از ۰/۶ تا ۱/۶ میلی‌متر و اندازهٔ ذرّات دوغاب کمتر از ۰/۱ (۰/۱-) میلی‌متر بوده است. سرعت حرکت جریان‌های رزین و دوغاب، به ترتیب روی ۱۰ میلی‌لیتربرساعت و ۱ لیتربرساعت تنظیم شده است. پتانسیل اکسید - احیاشدن دوغاب ۵۰۰ میلی‌ولت و pH آن ۱/۸ بوده است. یک نمودار McCabe-Thiele برای این فرایند تهیه شد که نشان می‌دهد نتایج تجربی با پیش‌بینی‌های نظری مطابقت دارد و عملیات رزین در دوغاب با جریان متقابل در چهار مرحله تحت شرایط بهینه برای بازیابی حدود ۹۹ درصد اورانیوم از دوغاب لیچینگ سنگ معدن‌نابهنجاری شماره ۱ ساغند مناسب می‌باشد.

۱ - مقدمه

در حال حاضر برق مصرفی کشور تنها با استفاده از سوختهای فسیلی و نیروی آب تولید می‌شود. محدودیت ذخایر فسیلی، ارزش حیاتی فرآورده‌های نفتی و زیانها و خسارات زیست محیطی ناشی از سوختن این مواد ایجاب می‌کند که الگوی فعلی مصرف انرژی در کشور تغییر کند. به این منظور تکمیل نیروگاههای هسته‌ای توسّط سازمان انرژی اتمی ایران پیگیری شده است و به دنبال آن، احداث یک کارخانه تولید اُکسید اورانیوم با استفاده از منابع داخلی جهت تأمین بخشی از سوخت نیروگاههای هسته‌ای موردتوجّه قرار گرفته است. در این راستا بررسیهای اکتشافی و مطالعات برای استخراج اورانیوم از سنگ معدنهای داخلی در حال انجام است.

فرایند تولید اورانیوم از سنگ معدن تا بدست آوردن محصول کیک زرد اورانیوم شامل مراحل زیر است:

- نمونه برداری
- آماده سازی سنگ معدن و عملیات پیش - تغلیظ
- عملیات سنگ‌شویی (لیچینگ) کانسنگ
- استخراج و رسوبگیری

پس از عملیات لیچینگ و استخراج اورانیوم از فاز جامد به مایع، معمولاً دوغاب حاصل تحت عملیات جداسازی جامد - مایع قرار می‌گیرد، سپس محلول شفاف لیچینگ حاصل، در ستونهای دارای بستر ثابت رزین تحت عملیات تبادل یونی قرار می‌گیرد. امّا به علّت اینکه سنگ معدن اورانیوم‌دار ساغند دارای مواد رسی و سیلیسی بوده و عملیات تصفیه (فیلتراسیون) برای جداسازی جامد از مایع با مشکلات زیادی همراه است، فرایند «رزین در دوغاب» برای جداسازی اورانیوم از این سنگها مورد بررسی قرار گرفت. دراین روش، نیازی نیست که پس از عملیات لیچینگ، ابتدا محلول شفاف بدست آید و بعد این محلول با رزین مجاور شود، بلکه دوغاب مستقیماً با رزین در یک ستون که بستر سیّال دارد مجاور می‌گردد و اورانیوم از دوغاب به رزین منتقل می‌شود.

۱- leaching

۲- Resin in Pulp

۳- Pachuka

دوغاب لیچینگ برای انجام آزمایشهای «رزین در دوغاب» به روش لیچینگ متداول برروی نمونهٔ سطحی نابهنجاری شماره ۱ ساغند در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ ساعت، با نسبت جامد به مایع یک به یک و میزان اسید سولفوریک ۲۵۰ کیلوگرم برتن، با اکسیدکنندهٔ دی‌اکسیدمنگنز و با اندازه ذرّات ۰/۱ - میلی‌متر تهیه گردیده است.

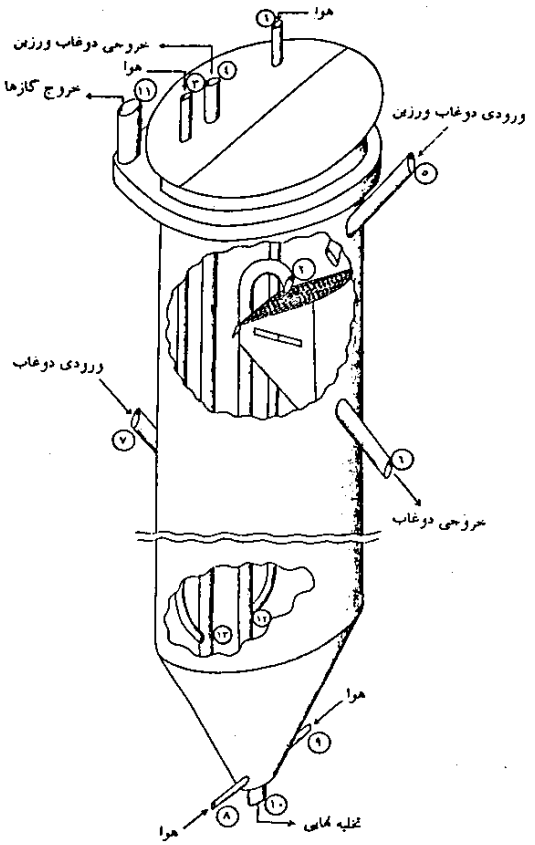
استفاده از این روش از ۱۹۵۵ تاکنون در کشورهای آمریکا، روسیه، فرانسه، آفریقای جنوبی، چین، کانادا و چند کشور دیگر برای جداسازی اورانیوم از دوغاب، متداول شده ولی نخستین بار است که این طرح در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- شرح دستگاه

برای اجرای عملیات «رزین در دوغاب» از ستونهای پاچوکا (شکل ۱) استفاده شده است. نحوهٔ انجام عملیات در این ستون به این ترتیب است که ورودیهای ۸ و ۹ برای همزدن مخلوط دوغاب و رزین به وسیلهٔ هوا تعبیه شده است. از ورودی ۱ نیز هوا وارد شده و از سه راهی ۱۲ مخلوط دوغاب و رزین را با خود بالا می‌آورد و روی الک می‌پاشد. قطر روزنه‌های الک به اندازه‌ای است که دوغاب از آن عبور می‌کند ولی رزین از آن رد نمی‌شود و به درون ستون برمی‌گردد. دوغاب عبور کرده از الک از راه خروجی ۶ به ورودی ۷ ستون بعدی وارد می‌شود. از ورودی ۳ نیز هوا وارد شده و از طریق سه راهی ۱۳ مخلوط دوغاب و رزین را بالا می‌آورد و از طریق خروجی ۴ به ورودی ۵ ستون قبلی برمی‌گرداند و برروی الک می‌ریزد. به این ترتیب دوغاب به ستون مبدأ خودش برمی‌گردد ولی رزین یک مرحله به عقب منتقل می‌شود. پس فرایند به صورت پیوسته و با جریان متقابل انجام می‌گیرد و دوغاب از یک ستون به ستون بعد منتقل شده و رزین در جهت مخالف آن حرکت می‌کند.

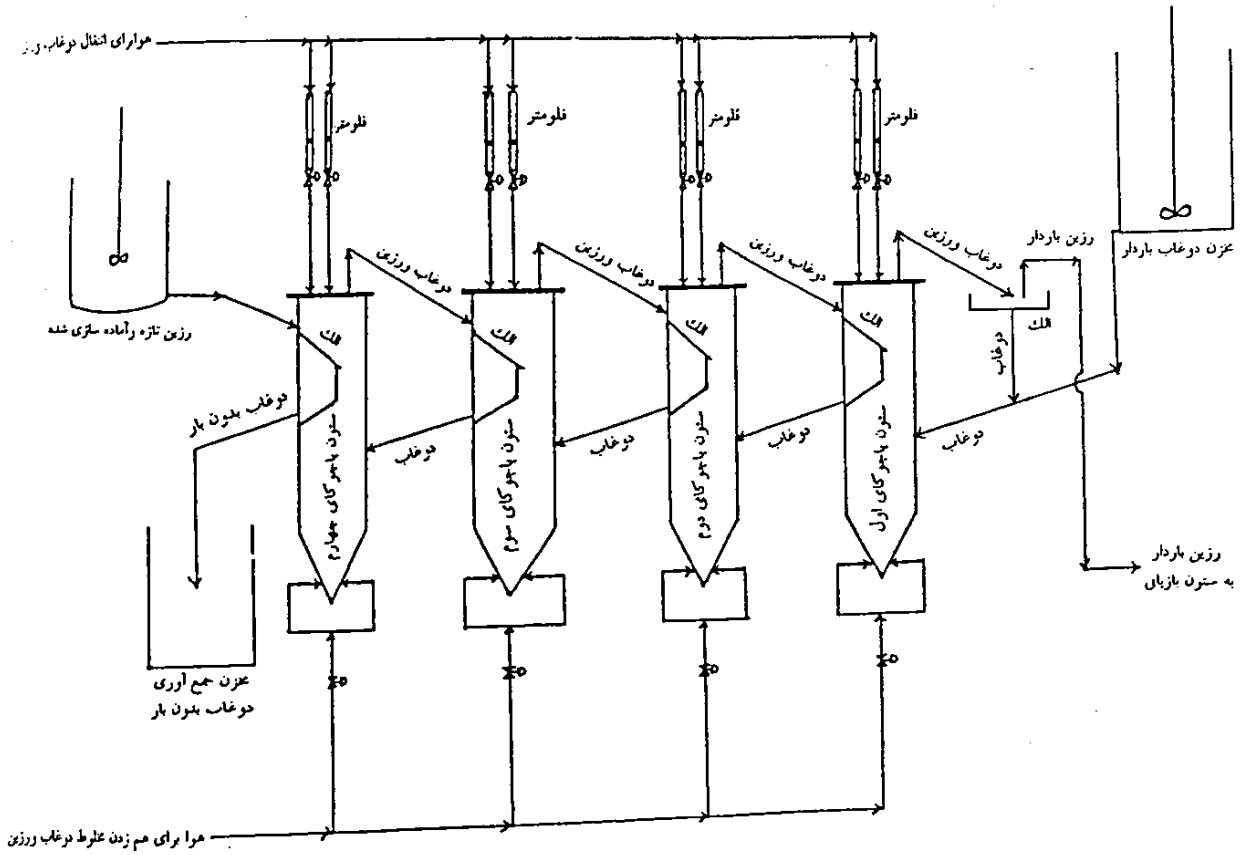
۳- روش کار

عملیات «رزین‌دردوغاب» به وسیلهٔ یک سیستم چهارمرحله‌ای انجام گرفته است (شکل ۲). قبل از شروع عملیات پیوسته در مجموعهٔ چهارستون، ابتدا شرایط لازم به وسیلهٔ آزمایشهای



شکل ۱ - طرح ساده‌ای از ستون پاچوکای ساخته شده برای فرایند «رزین در دوغاب»

تک مرحله‌ای بررسی شده است. با استفاده از نتایج حاصل از این آزمایشها، کیفیت دوغاب، نسبت مقدار رزین به دوغاب در جریان پیوسته، زمان تماس، سرعت جریان دوغاب و رزین و سرعت جریان هوا برای تنظیم سرعت جریان مناسب دوغاب و رزین بدست آمده است. حجم واقعی هر ستون با احتساب میزان هم‌زدگی ۱/۷ لیتر است؛ بنابراین براساس شرایط بدست آمده، درون هر ستون ۱/۵ لیتر دوغاب و ۱۸۰ میلی‌لیتر رزین گنجانده شده است. دوغاب با سرعت یک لیتربرساعت به ستون اول وارد و در نهایت از ستون چهارم دوغاب بدون بار خارج می‌شود. رزین بدون بار نیز با سرعت ۱۰ میلی‌لیتربرساعت وارد ستون چهارم شده و در جهت مخالف دوغاب حرکت می‌کند و در نهایت رزین باردار از ستون اول خارج می‌گردد. انتقال کلیه مواد و همچنین هم‌زدن ستونها به وسیلهٔ هوا و به صورت نیوماتیکی است و از وسایل مکانیکی استفاده نشده است. اندازه ذرّات دوغاب

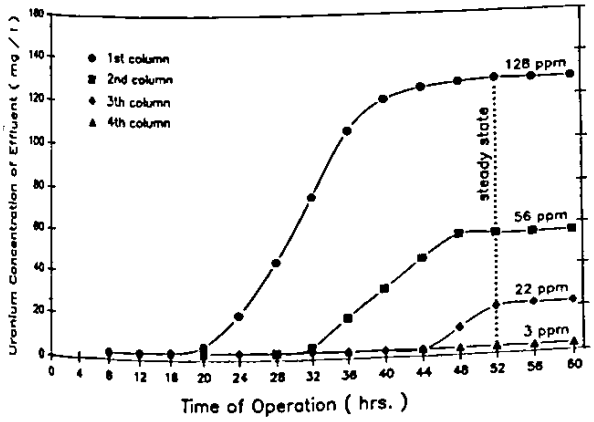


شکل ۲ - طریقهٔ اتصال ستونهای پاچوکا

لیچ شدهٔ نمونهٔ سطحی نابهنجاری یک ساغند، ۰/۱ - میلی‌متر و اندازه ذرات رزین AMn روسی مورد استفاده دراین عملیات از ۰/۶ تا ۱/۶ میلی‌متر، پتانسیل دوغاب ورودی ۵۰۰ میلی‌ولت و pH آن ۱/۸ بوده و مدّت تماس اجزا در چهار ستون ۶ ساعت منظور شده است.

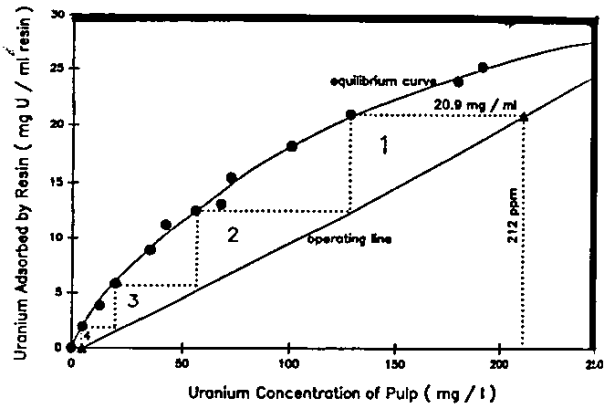
۴- نتیجه‌گیری و بحث

۴-۱- پس از انجام عملیات «رزین در دوغاب» با رعایت شرایط پیش‌گفته، به مدت ۶۰ ساعت و به طور پیوسته، با استفاده از اندازه‌گیری اورانیوم در نمونه‌های گرفته شده منحنی جذب بدست آمده است (شکل ۳). نتایج حاصل نشان می‌دهند که در ستون اول ۴۰ درصد، در ستون دوم ۳۴ درصد، در ستون سوم ۱۶ درصد و در ستون چهارم ۹ درصد جذب صورت گرفته و در مجموع، بازده عملیاتی جذب ۹۹ درصد بوده است. نتایج بدست آمده، با استفاده از ارقام تعادلی به وسیلهٔ نمودار مک کِیب - تایل[۴] نشان داده شد (شکل ۴). به طوری که مشاهده می‌شود، نتایج به خوبی با نظریه مطابقت داشته و رضایت‌بخش می‌باشند.



شکل ۳ - نحوهٔ تغییرات غلظت اورانیوم در خروجی ستونهای پاچوکا

۴- McCabe- Thiele diagram



شکل ۴- نمودار مک کب - تایل برای جذب در ستونهای پاچوکا

۴-۲- چون عملیات تصفیه و جداسازی جامد - مایع برروی خاکهای ساغند مشکلات بسیار دارد و متحمّل مدت دراز و هزینهٔ بسیار زیاد می‌گردد، پیشنهاد می‌شود که از روش «رزین در دوغاب» برای جذب اورانیوم به وسیلهٔ رزین استفاده شود. از مزیت‌های این روش حذف هزینه‌های ثابت و عملیاتی در مراحل جداسازی جامد - مایع و جلوگیری از تلفات اورانیوم باقیمانده در کیک، در مرحلهٔ تصفیه (فیلتراسیون) می‌باشد. همچنین در این روش برای جداشدن بهتر دوغاب و رزین با استفاده از الک باید خاک را قبل از عملیات لیچینگ ریزتر نمود که این خود موجب بالا رفتن بازدهی عملیات سنگ‌شویی و در نتیجه بالا رفتن بازده کل عملیات می‌شود. بازده خود عملیات «رزین در دوغاب» نیز بالاتر از بازده فرایند تبادل یونی در ستون‌های با بستر ثابت و بکاربردن محلول شفاف لیچینگ می‌باشد.

References

1. *R.C. Merritt, "The Extractive Metallurgy of Uranium", Colorado School of Mines Research Institute, Johnson Publishing Co. (1971).*
2. *J.W. Clegg, and D.D. Foley, "Uranium ore Processing", Addison-Wesley Publishing Co., Massachusetts (1958).*
3. *J.C. Burger, and J.M. Jardins, "Proceedings of the International Conference on the Peaceful Use of Atomic Energy", Volume 4, Geneva (1958).*
4. *A. Preuss, and R. Kunin, "A General Survey of Types and Characteristics ofion Exchange Resins Used in Uranium Recovery", Peaceful Use of Atomic Energy, Volume 8, New York (1956).*
5. *D.I. Nicol, "Desing and Operating Characteristics of the NIMCIX Contactor", Ann. Conf, of Metallurgy, Con. Inst. of Mining (1978).*
6. *D.E. Traut, I.L. Nichols, D.C. Seidel, "Design Requirements Ion Exchange from Acidic Solutions in A Fluidized System", US Burau of Mines, Washington D.C. (1978).*
7. *A. Himsley, and E.J. Farkas, "Operating and Desing Details of A Truly Continuous Ion Exchange System",. Society of Chemical Industy, London (1976).*
8. *A. Himsley, "Performance of Himsley Continuous Ion Exchenge System", society of Chemical Industry, London (1981).*
9. *M.A.Ford,"The Simulation and process Design of NIMCIX Contactors for the Recovery of Uranium", Ion Exchange Technology, Ellis Horwood, Chichester (1984).*
10. *R.F. Hollis, C.K. McArthur, "The Resin-in-Pulp Process for Recovery of Uranium", Proc. First Int. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, National Lead Company, Inc,. Raw Material Development Pilot Plant, Colorado (1955).*
11. *C.A. Painter and T.F. Izzo, "Opertion of the Resin-in-Pulp Uranium Processing Mill at Moab", Utah, Proc. Second Int. Conf, on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva (1958).*

12.D.J.L. Evans, and R.S. Shoemaker, "International Symposium on Hydrometallurgy", The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. (1973).
13.R.E. Johnson, and M.W. Thring, "Pilot Plants, Models and Scale-up Methods in Chemical Engineering", McGraw-Hill Book CO., New York (1980).
14.International Atomic Energy, "Uranium ORE Processing", IAEA, Vienna. (1975).

Resin-in-pulp method for uranium separation from leached ore

A. Hashemi, M. Roshani
Fuel and ore processing center, AEOI, P.O. Box 14155-1339, Tehran-Iran

Abstract

This paper present separation of uranium from the leached pulp of Saghand Anomaly No. 1 ore using resin-in-pulp method. This method of uranium separation is very useful for ores such as saghand ores, where the separation of the leach liquor from pulverized ore by filtration is difficult and costly. Using resin-in-pulp, Uranium is adsorbed on resin quite efficiently and a relatively large granule of resin is separated from barren pulp very easily in a continuous counter-current system of coulmns known as "Pachuka". For this study, four small pachukas were designed and calibrated. The operating volume of each column was 1.7 l.A series of tests were conducted batch-wise to determine the optimum conditions for uranum adsorption in an anion exchange resin type AMn, made in Russia.The particle size of resin was 0.6-1.6 mm and the particle size of pulp was -0.1 mm. Flow rates of resin and pulp were adjusted on 10 ml/hr and 1 l/hr, respectively. The Redox potential of pulp was 500 mV and the pH of pulp was 1.8. A McCabe-Thiele diagram was constructed for the process and the experimental results confirmed the theoretical predictions. It can be concluded that four stage counter-current resin-in pulp operation under optimum conditions is sufficient to recover about 99% of the Uranium from the leached Saghand ore.