J. of Nuclear Sci. and Tech.
No. 52, pp. 49-53, 2010

مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ۵۲، صفحات ۵۳-۴۹، ۱۳۸۹

Sci. and Tech. note
یادداشت علمی و فنی

پیش‌فرآوری کانسار اورانیم آنومالی ۵ ساغند با استفاده از روش‌هاس ثقلی

سعید علمدار میلانی*[۱]، هادی حمیدیان[۲]

۱- پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران ـ ایران
۲- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۱۵۵، تهران- ایران

چکیده: کانسارهای عیار پایین، قبل از عملیات فرآوری نهایی نیازمند عملیات پیش‌فرآوری می‌باشند. این عملیات به ویژه در مورد کانسارهای اورانیم و طلا، که به صورت طبیعی با عیار پایین در پوسته‌ی زمین تشکیل می‌شوند، صادق است. در این کار پژوهشی چگونگی افزایش عیار اورانیم کانسار آنومالی ۵ ساغند با استفاده از روش‌های جداسازی ثقلی بررسی شده است. مطالعه‌ی کانی‌شناسی و میکروسکوپی و تجزیه‌ی عنصری با استفاده از تکنیک XRF نشان داد که کانی حاوی اورانیم این ناحیه دیویدیت با عیار متوسط ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (ppm) می‌باشد. این کانسار هم‌چنین حاوی ترکیبات دیگری چون SiO_2، CaO، Fe_2O_3، TiO_2 و مقادیر مناسبی از ترکیبات خاکی‌های نادر مانند Ce، La و عناصری مانند Sr، Th و Zr می‌باشد. اولین مرحله‌ی عملیات پیش‌فرآوری، آزادسازی اورانیم می‌باشد. برای دست‌یابی به درجه‌ی آزادی مطلوب، نمونه‌ها ابتدا با استفاده از سنگ‌شکن فکی و استوانه‌ای و سپس با استفاده از آسیای میله‌ای و گلوله‌ای خرد شدند. سپس محصول آسیا به وسیله‌ی سرندهای آزمایشگاهی به شش دسته تقسیم شد. خروجی هر یک از سرندها پس از شستشو با آب، به وسیله‌ی میز لرزان تغلیظ گردید. نتایج حاکی از افزایش میزان عیار اورانیم تا ۴۴۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (تا ۱۵ برابر مقدار اولیه) و هم‌چنین افزایش عیار خاکی‌های نادر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌فرآوری، درجه‌ی آزادی، جداسازی ثقلی، اورانیم، ساغند

Uranium Ore Pre-Treatment with Gravity Separation in Saghand Ore Deposit

S. Alamdar Milani*[1], H. Hamidian[2]

1- Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-8486, Tehran – Iran
2- Mining Engineering Department, Researches and Sciences Campus, Azad University, P.O. Box: 14155-775, Tehran -Iran

Abstract: The low grade mineral needs pre-treatment operation prior to concluding processing. This is especially proper for uranium and gold mineral naturally forming low grade into crest of the earth. This paper surveyes the enhancement of uranium ore grade in Saghand by using gravity separations methods. The mineral deposits grade is low and refractory within this realm. The study of mineralization demonstrated that uranium ore type is Davidite and the average content of the uranium specified by X-ray diffraction analysis was 300ppm. Also, the amount of other minerals were 57.39% (SiO_2), 1.29% (TiO_2), 5.64% (Fe_2O_3) and the contented value of rare earth elements, as well. The initial step of processing operation is to release the elements, particularly uranium. Therefore, the ore sample is crushed by jaw and roll crusher and then ground by rod milling to gain access to suitable degree of liberation. The milling output size was classified by the laboratory screens and divided into six sections. Each section of the screened product was washed by water and separated by shaking table. The results confirmed an increase in the grade of uranium and other minerals up to 4463ppm.

Keywords: ***Pretreatment, Degree of Liberation, Gravity Separation, Uranium, Saghand***

*email: salamdar@aeoi.org.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۱/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۱۰/۳

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

فرایندهای انجام شده، از استخراج سنگ معدن تا پرعیارسازی و سپس تخلیص و استحصال فلزات یا غیرفلزات فرایندهای پیچیده‌ای هستند که دامنه‌ی تغییرات آن‌ها بسته به وسعت دامنه‌ی تغییرات مواد معدنی در معادن مختلف، متفاوت است. کارخانه‌های مواد معدنی تا چندین سال قبل براساس معادن پرعیار طراحی و برنامه‌ریزی می‌شدند. اما به مرور، به ویژه بعد از جنگ جهانی دوم، به دلیل نیاز کارخانه‌های مختلف به فلزات و مواد خام اولیه، استخراج از معادن کم‌عیار آغاز گردید. در این هنگام وجود مواد پرتوزا نیز دغدغه‌ی فکری سیاستمداران و دانشمندان دولت‌های مختلف شد، به طوری که در کوتاه‌ترین مدت پیشرفت در فنون خالص‌سازی و غنی‌سازی این مواد، نشان‌دهنده‌ی پیشرفت تکنولوژیکی و صنعتی کشورها محسوب شد. از آن جایی که عناصر پرتوزا در عیارهای بسیار پایین در کانسنگ وجود دارند و با توجه به وجود معادن جدید و باطله‌های معادن قدیمی که دارای مواد فلزی و غیرفلزی مختلف در عیارهای کم هستند، انجام عملیات پیش‌فرآوری ضروری به نظر می‌رسد [۱]. با توجه به پایین بودن عیار اورانیم در آنومالی ۵ ساغند، انجام عملیات فروشویی نیازمند یک یا چند مرحله عملیات پیش‌فرآوری قبل از مرحله‌ی نهایی می‌باشد تا بدین وسیله بتوان با کاهش عناصر مزاحم و افزایش عیار عنصر هدف، به بازیابی بهتری دست یافت.

۲- زمین‌شناسی منطقه

منطقه‌ی ساغند از نظر شرایط زمین‌شناسی بسیار پیچیده است، به طوری که قسمت اصلی آنومالی ۵ از سنگ‌های متاسوماتیت تشکیل شده است، به این صورت که یک توده‌ی هیدروترمال در توده‌ی آذرین موجود در منطقه تأثیر گذاشته و اورانیم خود را تزریق نموده است [۲].

۲-۱ سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی

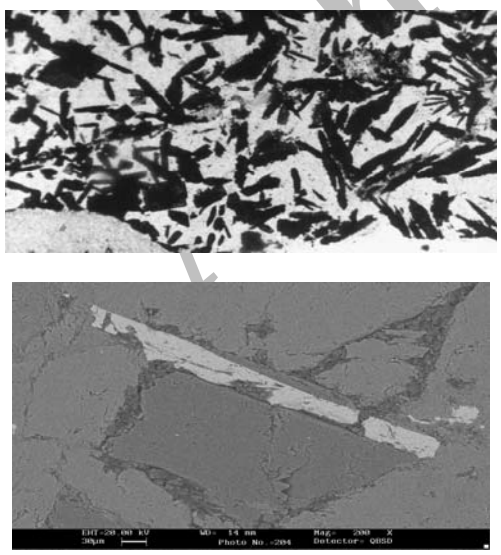
در منطقه‌ی ساغند، چهار نمونه سنگ مختلف دارای رخنمون است [۲]:

- رگه‌ی کربنات- کوارتز. این رگه حاوی کانی‌های کربنات، باستنازیت، لانتانیت، اسپکولاریت، روتیل، دیویدیت و غیره است. کانی‌های کربناته‌ی این سنگ شامل کانی‌های دولومیت، کلسیت و سیدریت می‌باشد.
- رگه‌ی آلبیت- ترمولیت متاسوماتیت. این رگه از فرایندهای پدیده‌ی آلبیتی شدن و اپیدوتی- کربناتی بوده و دارای اورانیم و توریم می‌باشد. این سنگ‌ها متشکل از انستاتیت، آلبیت، پلاژیوکلاز، K- فلدسپار و کربنات می‌باشند.
- ترمولیت- متاسوماتیت با گسترش لکه‌ای. این رگه دارای ساختار رگه‌ای و عدسی و دارای بافت پگماتیتی بوده و عموماً از ترمولیت با بلورهای درشت و با ساختار شعاعی تشکیل شده است. کانی‌های سنگین موجود در این بخش شامل ایلمنیت، مگنتیت، اپیدوت اناتاز و اسفن می‌باشد.
- آلبیت- متاسوماتیت. این رگه، قرمز رنگ و دارای ساختار رگه‌ای و لکه‌ای است. از مهم‌ترین رخساره‌های اورانیم‌دار به شمار می‌رود و از آلبیت و کلسیت تشکیل شده است.

مهم‌ترین کانی اورانیم موجود در این منطقه کانی دیویدیت می‌باشد، البته این کانی از جمله‌ی کانی‌های کم‌اهمیت اورانیم به حساب می‌آید که محتوی اورانیم آن ۳٫۱۸ درصد می‌باشد [۳]. فرمول شیمیایی این کانی به دو صورت زیر می‌باشد [۴]

- دیویدیت (Ce) $(Ce,La)(Y,U)(Ti,Fe^{+++})_{20}O_{38}$
- دیویدیت (La) $(La,Ce,Ca)(Y,U)(Ti,Fe^{+++})_{20}O_{38}$

تصاویر میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] کانی دیویدیت آنومالی ۵ ساغند در شکل ۱ نمایش داده شده است.



(a)

(b)

شکل ۱- (a) کانی دیویدیت قهوه‌ای رنگ از نگاه میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ [۲]، (b) کانی دیویدیت از نگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگ‌نمایی ۲۰۰.

Archive of SID
www.SID.ir

۳- روش‌های فرآوری

مرحله‌ی استخراج فلزات در بعد از مرحله‌ی خردایش را می‌توان در دو قسمت تقسیم‌بندی نمود [۵]

- پرعیارسازی مواد
- خالص‌سازی مواد

روش‌های مختلف پرعیارسازی در فاز جامد که معمولاً بعد از خردایش و قبل از خالص‌سازی و براساس خواص کانی‌ها انجام می‌شوند عبارت‌اند از

- روش‌های ثقلی [۶]

جیگ

میز لرزان و دیگر روش‌های مشابه

واسطه سنگین

- روش‌های الکتریکی و مغناطیسی [۷]
- روش‌های شیمی- فیزیکی مانند فلوتاسیون [۸]
- روش‌های شیمیایی (میکروبی و غیرمیکروبی) [۹]

در این تحقیق، برای انجام عملیات پیش‌فرآوری از میز لرزان استفاده شد. استخراج عناصر مختلف مستلزم یک مرحله خالص‌سازی نیز می‌باشد که این مرحله را می‌توان در غالب پیرومتالورژی یا هیدرومتالورژی جا داد [۵].

۴- درجه‌ی آزادی

در عمل، دست‌یابی به درجه‌ی آزادی ۱۰۰٪ تصوری آرمانی و ناممکن است. به همین دلیل عملیات خردایش تا دست‌یابی به درجه‌ی آزادی بهینه و مناسب ادامه می‌یابد. پس از تعیین درجه‌ی آزادی و خردایش کانسنگ تا ابعاد بهینه، باید کانی با ارزش از سایر کانی‌ها جدا شود. معمولاً تعیین روش‌های مختلف برای جداسازی کانی با ارزش از طریق شناخت اولیه‌ی خصوصیات کانی با ارزش صورت می‌گیرد. در این مرحله برای تعیین درجه‌ی آزادی و مطالعه‌ی میکروسکوپی، تعداد ۵ مقطع صیقلی و ۵ مقطع نازک از خود سنگ برای مطالعه‌ی، به ترتیب، کانی‌های فلزی و غیرفلزی توسط میکروسکوپ پلاریزان، و هم‌چنین ۱۰ مقطع از بخش‌های مختلف ابعادی نمونه‌های شسته شده و شسته نشده‌ی حاصل از عملیات تجزیه‌ی سرندی تهیه گردید. با مطالعه و بررسی میکروسکوپی این مقاطع و با بهره‌گیری از روش دانه‌شماری، درجه‌ی آزادی مناسب ۹۰ تا ۱۲۵ میکرون تعیین شد [۱۰ و ۱۱].

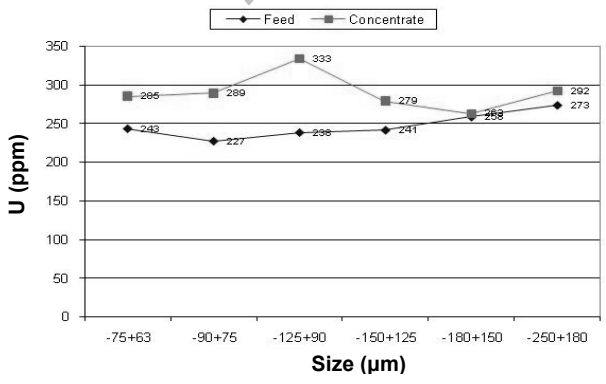
۵- خردایش و تجزیه‌ی سرندی

سنگ‌های نمونه‌برداری شده، قبل از عملیات فروشویی می‌بایست آماده‌سازی و مورد مطالعه‌ی میکروسکوپی و درجه‌ی آزادی قرار گیرند. برای این منظور، نمونه‌ها ابتدا توسط سنگ‌شکن فکی خرد، سپس به وسیله‌ی سنگ‌شکن استوانه‌ای به اندازه‌های کوچک‌تر رسانده شدند. خروجی مرحله‌ی سنگ‌شکنی به آسیای میله‌ای منتقل و آسیا گردید. نمونه‌ها پس از آسیا شدن، به وسیله‌ی سرند آزمایشگاهی از نظر اندازه طبقه‌بندی شدند [۱۲].

پس از طبقه‌بندی، نمونه‌هایی از هر بخش برداشته و شستشو داده شدند تا نرمه حذف و از مقدار رس همراه با نمونه‌ها که در مرحله‌ی فروشویی ایجاد مشکل می‌نماید، کاسته شود. مقایسه‌ی تغییرات عیار اورانیم نمونه‌ی شستشه شده و شسته نشده در شکل ۲ آورده شده است. براساس اطلاعات شکل ۲، میزان متوسط افزایش عیار اورانیم، ۵۰ppm و میزان بازیابی آن بالای ۹۵ درصد می‌باشد.

۶- جداسازی ثقلی با استفاده از میز لرزان

نمونه‌های طبقه‌بندی شده، پس از شستشو، با استفاده از میز لرزان مورد جداسازی ثقلی قرار گرفتند. میز لرزان مورد استفاده از نوع ویفلی بوده است. دبی پالپ برابر با ۱ لیتر در دقیقه تعیین شد. سه طیف رنگی روی میز تشکیل گردید که، به ترتیب، شامل رنگ قرمز (باطله)، رنگ سبز (محصول میانی) و در نهایت رنگ تیره (کنسانتره) بود. تنظیمات مربوط به میز لرزان و وزن هر یک از بخش‌های باطله، میانی و کنسانتره‌ی میز و هم‌چنین نتایج حاصل از تغییرات عیار ورودی و کنسانتره در جدول ۱ و شکل ۳ آورده شده است. بررسی تغییرات مقادیر خاکی‌های نادر و برخی دیگر از عناصر و ترکیبات موجود در کانسنگ آنومالی ۵ ساغند (شکل ۴) حاکی از افزایش چشم‌گیر برخی از این عناصر مفید و کاهش برخی از عناصر مزاحم است.

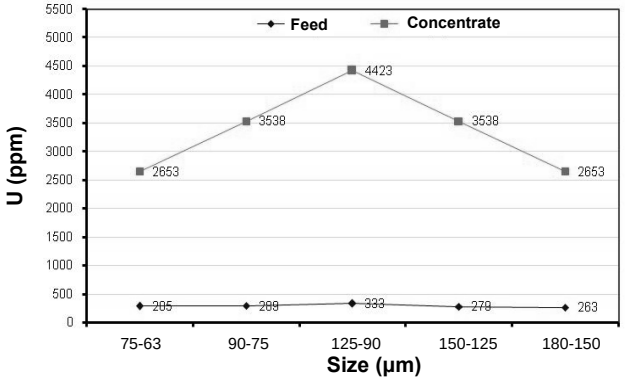


شکل ۲- مقایسه‌ی عیار اورانیم نمونه‌های شسته شده و شسته نشده.

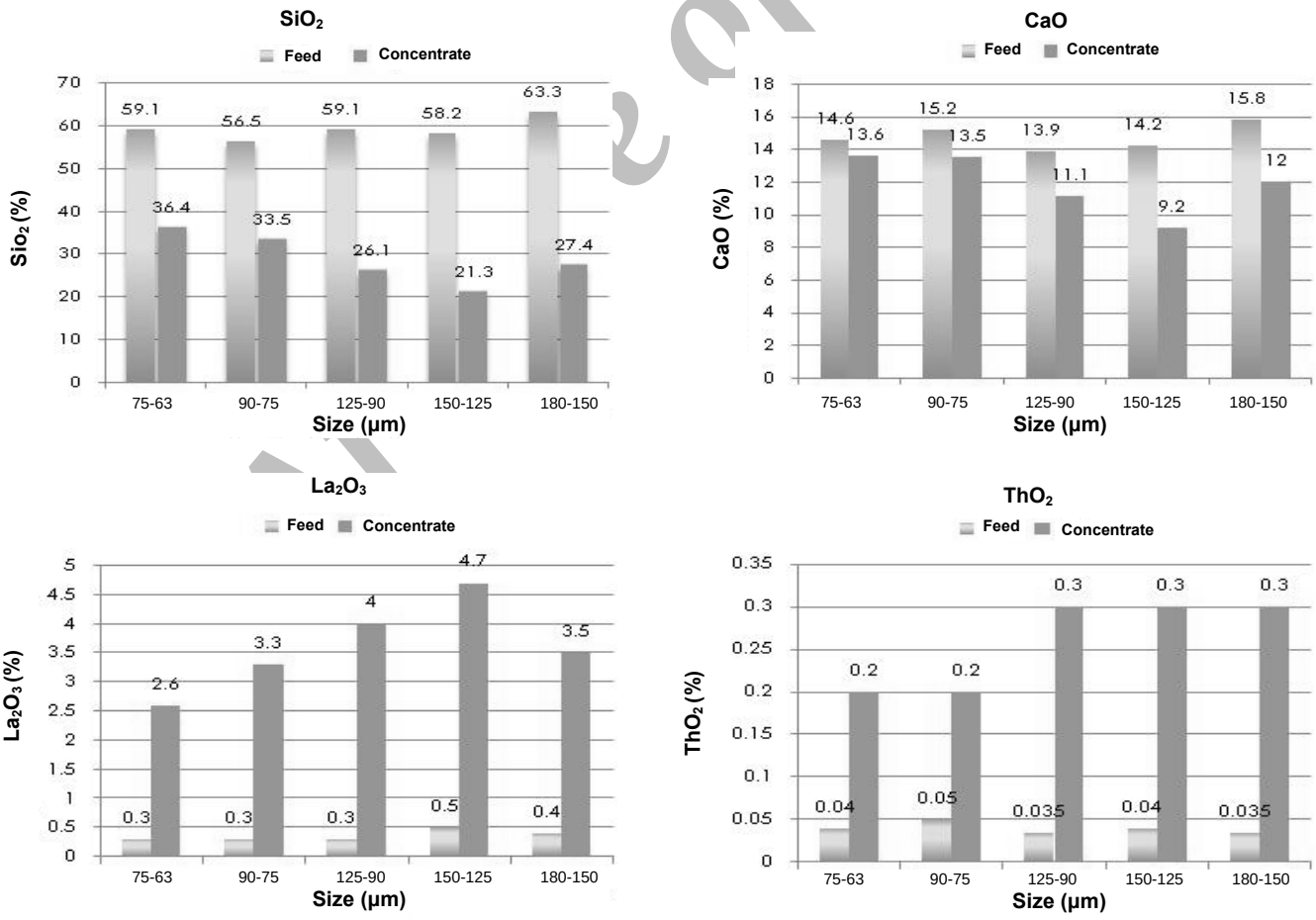
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات نمونه‌ها، تنظیمات میز و تغییر عیار اورانیم و میزان بازیابی پس از عملیات میز لرزان.

ردیف	ابعاد (میکرون)	مشخصات آزمایش			محصولات			عیار ورودی (ppm)	عیار کنسانتره (ppm)	بازیابی (٪)
		ورودی (گرم)	شیب میز (درجه)	زمان (ثانیه)	کنسانتره (گرم)	میانی (گرم)	باطله (گرم)			
۱	۶۳-۷۵	۷۵۷	۵	۲۵۰	۳۸	۱۷۵	۵۴۴	۲۸۵	۲۷۲۵	۴۸
۲	۷۵-۹۰	۸۹۰	۵	۲۶۵	۴۷	۶۸	۷۷۵	۲۸۹	۳۶۳۳	۶۶
۳	۹۰-۱۲۵	۳۳۹۱	۵٫۵	۶۷۵	۱۱۱	۱۸۸	۳۰۹۲	۳۳۳	۴۵۴۲	۴۵
۴	۱۲۵-۱۵۰	۲۲۷۶	۶	۴۶۰	۱۰۲	۱۷۱	۲۰۰۳	۲۷۹	۳۶۳۳	۵۸
۵	۱۵۰-۱۸۰	۲۲۲۴	۵	۳۳۷	۹۹	۲۱۲	۱۹۱۳	۲۶۳	۲۷۲۵	۴۶



شکل ۳- مقایسه‌ی عیار اورانیم در نمونه‌های اولیه و پس از عملیات میز لرزان.



شکل ۴- مقایسه‌ی عیار سایر ترکیبات و خاکی‌های نادر در نمونه‌های اولیه و پس از عملیات میز لرزان.

www.SID.ir

۷- نتیجه‌گیری

جداسازی اولیه‌ی کانه‌های اورانیم قبل از عملیات فروشویی از جمله‌ی روش‌های متداول در فرآوری اورانیم و سایر عناصر پرتوزا می‌باشد. انجام عملیات فروشویی قبل از فرآوری اولیه، موجب افزایش میزان ورود ناخالصی‌ها به محلول و هم‌چنین مصرف بیش از حد اسید و در نتیجه افزایش هزینه می‌گردد. از سوی دیگر افزایش عیار اورانیم در نمونه‌ها در قبل از عملیات فروشویی می‌تواند موجب افزایش راندمان استحصال اورانیم و صرفه‌جویی در زمان و هزینه گردد. نتایج حاصل از عملیات تجزیه‌ی سرندی و شستشو در قبل از مرحله‌ی جدایش ثقلی حاکی از افزایش عیار اورانیم، به میزان ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم در تمام بخش‌های ابعادی است. استفاده از جداسازی ثقلی (میز لرزان) موجب افزایش عیار اورانیم تا ۱۵ برابر از ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم کانسنگ اولیه به ۴۴۶۳ میلی گرم در کیلوگرم در محصول انتهایی میز شده است.

بررسی تغییرات در مقدار دیگر ترکیبات و عناصر (شکل ۴) نشان‌دهنده‌ی افزایش عیار عناصری مانند لانتانیم (La) تا ۸ برابر، توریم (Th) تا ۵ برابر است که می‌توان هر یک از آن‌ها را به عنوان محصول ثانویه استخراج نمود. مقادیر برخی ترکیبات مانند SiO_2، CaO نیز کاهش یافته است که این امر باعث کاهش ورود عناصر مزاحم به محلول فروشویی و در نتیجه بهبود عملیات جداسازی نهایی اورانیم می‌شود.

پی‌نوشت:

۱- SEM: Scanning Electron Microscope

References:

1. F. Habashi, “A text book of hydrometallurgy,” Metallurgy Extraction Quebec Publication, Canada (1993).
2. A. Memar, “Mineralogy and petro chemistry of a part of saghand area,” Central Iran, Ph.D. Thesis University of Bombey, 1–43 (1991).
3. D. Barthelmy, “Mineralogy database,” http:// webmineral. com (2004).
4. IAEA, “Development of projects for the production of Uranium Concentrates,” International Atomic Energy Agency, Vienna, 23-42 (1987).
5. S.Z. Shafaie, M. Abdollahi, “Hydrometallurgy,” Shahroud Uni. Publication, P.P.
6. J. Drzymala, 2007, “Mineral Processing; Foundations of theory and practice of minerallurgy,” Wroclaw University of Technology Publication, Poland (1998).
7. A. Barry, Wills, Napier-Munn, “Mineral Processing Technology,” Elsevier, 7 Edition, 342-364 (2003).
8. A. Gupta, D.S. Yan, “Introduction mineral Processing Design and Operation,” Chapter1 6, Perth, Austtralia (2006).
9. S.K. Kawatra and K.A. Natarjan, “Mineral Biotechnology,” SME Pub, 101–119 (2001).
10. M. Kiaie, “Uranium and thorium Processing Investigation in Saghand-Anomaly 5,” Master Degree Thesis, Bahonar Uni, 26-36 (2000).
11. A. Hajati, “Evaluation of Ore Liberation Degree in Mineral Processing,” Lahijan Conference Proceeding (2004).
12. B. Rezai, “Mineral Processing Technology; Comminuting and Size Separation,” Noor Publication, Iran, Tehran, 189-211 (1997).

Archive of SID

www.SID.ir