

امکان سنجی فرآوری کانسنگ اورانیم معدن خشومی به روشهای مغناطیسی و الکترواستاتیکی

نویسنده: مهدی پاکدل*، بهرام رضائی*، رضا عسگری** و کامران نظری**

* دانشکده معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

** سازمان انرژی اتمی ایران

Feasibility Study of Khushoomi Uranium Ore Concentration with Magnetic and Electrostatic Methods

By: M. Pakdel*, B. Rezai*, R. Asgari** & K. Nazari**

*School of Mining, Metallurgy and Petroleum, Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran

**Atomic Energy Organization of Iran

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۶/۲۱

چکیده

خواص مغناطیسی و الکترواستاتیکی کانیها، یکی از مهم ترین ویژگیهای مورد استفاده در صنعت فرآوری برای پرعیارسازی مواد معدنی است. مطالعات کانی شناسی و تعیین درجه آزادی کانسنگ اورانیم خشومی با عیار میانگین ۱۵۴۰ ppm اورانیم با روش XRD و مطالعات میکروسکوپی انجام گرفت. بر اساس این مطالعات، کانیهای اصلی ارتوکلاز، آلبیت، بیوتیت، کلریت، کربنات و کانیهای فرعی اسفن، زیرکن، آپاتیت، پیچبلند و بتافیت شناسایی شدند. همچنین درجه آزادی کانیهای ارتوز، آلبیت و بیوتیت به ترتیب ۳۶۵، ۲۵۰ و ۲۱۰ میکرون و درجه آزادی کانیهای اورانیم حدود ۱۱۰ میکرون به دست آمد. بر اساس مطالعات کانی شناسی و درجه آزادی، آزمایشهای مغناطیسی و الکترواستاتیکی بر روی کسرهای (فراکسیون) ۲۵۰+۴۲۰-، ۱۲۵+۲۵۰- و ۷۴+۱۲۵- میکرون انجام گرفت. آزمایشهای مغناطیسی توسط جداکننده خشک و تر شدت بالای همیز و آزمایشهای الکترواستاتیکی توسط جداکننده صفحه ای انجام شد. بیشترین بازیابی به دست آمده در آزمایشهای مغناطیسی خشک و تر به ترتیب ۴۵/۰۳ و ۲۶/۹۹ درصد بود. بیشترین بازیابی به دست آمده در آزمایشهای الکترواستاتیکی نیز ۵۱/۳۶ درصد بود که در این حالت ۲۷/۶۳ درصد اورانیم در ۴۲/۰۲ درصد وزنی بار اولیه به صورت باطله خارج می شود. در کل این دو روش به دلیل پایین بودن کارایی جدایش آنها در پرعیارسازی نمونه های کانسنگ اورانیم این معدن، پیشنهاد نمی شوند.

کلید واژه ها: فرآوری، مغناطیسی، الکترواستاتیکی، اورانیم، خشومی.

Abstract

Magnetic and electrostatic properties of minerals are the important characterizations used in mineral processing technology for concentration of minerals. Mineralogy and degree of liberation of the ore with a uranium average content of 1540 ppm, has been studied by XRD and microscopic methods. Major minerals such as alkali feldspar (Orthoclase), plagioclase (Albite), biotite, chlorite, carbonate and minor minerals such as sphene, zircon, actinolite, tremolite, pitchblende and betafite have been

identified in this ore. Additionally, the degree of liberation of orthoclase, albite, biotite and uranium minerals was determined 320, 290, 190 and 110 microns respectively. Based on the results of mineralogy and degree of liberation studies, magnetic and electrostatic tests have been performed on fractions: -420+250, -250+125 and -125+74 microns. High intensity magnetic tests in two ways, wet and dry separations were done by HIMS separator and plate separator. Analyses of magnetic test results showed that the separation has low recovery. Recovery for dry and wet methods was 45.03 and 26.99% respectively. Analyses of electrostatic test results showed that the maximum recovery of these tests is 51.36% uranium and in this state 27.63% uranium in 42.02 weight percent of feed is rejected. Generally, the recovery of these separations was low, so these methods are not suitable for concentration of this ore.

Key words: Concentration, Magnetic, Electrostatic, Uranium, Khushoomi.

۱ - مقدمه

جداکننده‌های مغناطیسی و الکترواستاتیکی از سال ۱۹۶۰ به طور گسترده برای فرآوری کانیها استفاده شده‌اند. این جداکننده‌ها، برای اغلب کانیهای اورانیم به دلیل خواص فیزیکی خاص، درجه آزادی بسیار پایین و ویژگیهای ضعیف تفکیک مغناطیسی و الکترواستاتیکی کانیهای اورانیم از کانیهای باطله مناسب نیستند. برتری این جداکننده‌ها این است که امکان انجام کانه‌آرایی خشک یا با مصرف کم آب را فراهم می‌کنند (Yan & Elder, 2004; Augusto et al., 2002). ترکیبهای اورانیم با توجه به موقعیت لایه الکترون، بار الکتریکی اورانیم و ساختار بلوری، ترکیب، خواص مغناطیسی، رسانایی و رفتار فیزیکی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. بنابراین یک ترکیب اورانیم می‌تواند دیامغناطیس، پارامغناطیس یا فرومغناطیس باشد (Hagaa et al., 2005). از مهم‌ترین و اساسی‌ترین خواص مغناطیسی کانیها که در پریارسازی به روش مغناطیسی از آن استفاده می‌شود، تأثیرپذیری مغناطیسی است. چنانچه مغناطیس کردن، نسبت به میدان مغناطیسی خطی باشد، تأثیرپذیری مغناطیسی مستقل از میدان مغناطیسی خواهد بود (I.A.E.A., 1993; رضائی، ۱۳۷۸). در طراحی جداکننده‌های الکترواستاتیکی نیز اختلاف اساسی در نوع، شدت میدان الکترواستاتیکی و رسانایی است. در سالهای اخیر، جدایش الکترواستاتیکی به عنوان یکی از روشهای مؤثر پریارسازی استفاده می‌شود. توسعه و پیشرفت جداکننده‌های الکترواستاتیکی باعث افزایش بازدهی جدایش شده است، به گونه‌ای که جدایش ذرات الکترواستاتیکی با دقت بالایی می‌تواند انجام بگیرد (Yan & Elder, 2004; I.A.E.A., 2005). کانسار اورانیم خشومی با عیار میانگین اورانیم ۱۵۴۰ ppm در استان یزد و به فاصله ۱۵۰ کیلومتری شمال خاوری یزد و ۲۰ کیلومتری جنوب باختری روستای خشومی واقع است (شکوری و همکاران، ۱۳۸۲).

۲ - روش کار

۱-۲ - مواد و تجهیزات

در این تحقیق، برای انجام آزمایشهای مغناطیسی خشک و تر، به ترتیب از یک جداکننده مغناطیسی خشک شدت بالای همیز و جداکننده مغناطیسی ساچمه‌ای با ابعاد گلوله متوسط استفاده شد. آزمایشهای الکترواستاتیکی نیز با استفاده از یک جداکننده الکترواستاتیکی صفحه‌ای انجام شد. تجزیه و کانی‌شناسی نمونه‌ها نیز به روش XRF و XRD انجام شد (I.A.E.A., 1993). برای انجام آزمایشهای فوق از یک نمونه اولیه ۶۰ کیلوگرمی کانسنگ اورانیم بلوک یک بی‌هنجاری شش معدن خشومی استفاده شد.

۲-۲ - مطالعات خواص سنجی

به منظور شناسایی فازها و کانیهای موجود در نمونه و تعیین درجه آزادی آنها تجزیه XRD و مطالعات میکروسکوپی انجام گرفت. براساس نتایج این مطالعات کانیهای کوارتز، پلاژیو کلاز (آلبیت)، فلدسپار قلیایی (ارتو کلاز)، میکا (بیوتیت)، کلسیت بتافیت، کافینیت، زیرکن، آپاتیت، تریمولیت و اسفن شناسایی شد. در شکل ۱ نتایج تجزیه XRD و در شکل ۲ نحوه درگیری کانیها در مقاطع میکروسکوپی نشان داده شده است. درجه آزادی کانیهای ارتو کلاز، آلبیت و بیوتیت به ترتیب ۳۲۰، ۲۹۰ و ۱۹۰ میکرون و درجه آزادی کانیهای اورانیم حدود ۱۱۰ میکرون به دست آمد (Yan & Elder, 2004; I.A.E.A., 2005). ترکیب شیمیایی نمونه‌های کانسنگ خشومی با استفاده از تجزیه XRF مشخص شد (جدول ۱).

۲-۳ - آزمایشهای مغناطیسی

ذرات پارامغناطیس به میدانهای مغناطیسی به صورت خطی واکنش می‌دهند و هر چه میدان مغناطیسی قوی‌تر باشد، واکنش آنها نیز بیشتر می‌شود. بر

۲-۴- آزمایش‌های الکترواستاتیکی

از انواع این جداکننده‌ها، می‌توان به جداکننده‌های الکترواستاتیکی غلطکی شدت بالا (HTR) و جداکننده الکترواستاتیکی صفحه‌ای شدت بالا (HTP) اشاره کرد (I.A.E.A., 1993). در سالهای اخیر با تغییراتی که در جداکننده نوع صفحه‌ای ایجاد شده، بازدهی آن به مراتب افزایش یافته است (شکوری و همکاران، ۱۳۸۲).

آزمایش‌های الکترواستاتیکی توسط جداکننده صفحه‌ای شدت بالا بر روی کسرهای $۲۵۰+۴۲۰-$ ، $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون انجام گرفت. در همه این آزمایشها، موقعیت سینی ذرات رسانا و ذرات نارسانا در پتانسیل صفر تعیین شد. نمونه‌های معدنی پیش از انجام همه آزمایشها در دمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. آهنگ بار اولیه نیز به گونه‌ای تنظیم شد که فقط یک لایه از ذرات بر روی سطح صفحه فلزی ایجاد شود. هدف از انجام این آزمایشها، بررسی امکان جدایش الکترواستاتیکی کانسنگ در ولتاژهای مختلف بود. لذا پارامترهای دیگر مؤثر در آزمایشها مانند فاصله بین تقسیم‌کننده‌ها، شیب صفحه فلزی و سرعت تغذیه کننده ثابت فرض شد. نتایج این آزمایشها بر روی کسرهای فوق، به ترتیب در جدول ۷، ۸ و ۹ ارائه شده است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- نتایج آزمایش‌های مغناطیسی خشک

بر اساس جدول ۲ مشاهده می‌شود که در کسر $۲۵۰+۴۲۰-$ میکرون با افزایش جریان، تغییر چندانی در بازیابی اورانیم ایجاد نمی‌شود و تا حدی با افزایش جریان، بازیابی کاهش پیدا می‌کند. در این کسر، بیشترین بازیابی به دست آمده $۳۱/۶۲$ درصد است که در این حالت، کنسانتره‌ای با $۱۶/۸۰$ درصد وزنی بار اولیه و عیار $۰/۲۰۵۶$ درصد اورانیم حاصل می‌شود. بر اساس جدول ۳ مشاهده می‌شود که در کسر $۱۲۵+۲۵۰-$ میکرون با افزایش جریان بازیابی افزایش پیدا کرده و در جریان ۳ کیلو آمپر به بیشترین مقدار خود ($۴۵/۰۳$ درصد) می‌رسد. در این حالت، کنسانتره‌ای با $۳۰/۲۰$ درصد وزنی بار اولیه و عیار $۰/۲۰۵۸$ درصد اورانیم حاصل می‌شود. همچنین با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که در کسر $۷۴+۱۲۵-$ تغییرات بازیابی نسبت به شدت جریان متغیر است، به گونه‌ای که ابتدا با افزایش جریان بازیابی افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. بهترین بازیابی به دست آمده در این کسر $۴۱/۱۶$ درصد است که از نسبت تغلیظ پایینی ($۳/۰۰$) برخوردار است. در این حالت کنسانتره‌ای با $۳۳/۳۰$ درصد وزنی بار اولیه و عیار $۰/۲۳۵۵$ درصد حاصل می‌شود.

اساس اختلاف خواص مغناطیسی مواد، جدایش مغناطیسی امکان‌پذیر می‌شود (Voss, 2000). جداکننده‌های مغناطیسی خشک و تر شدت بالا، به ترتیب برای پرعیارسازی ذرات پارامغناطیسی استفاده می‌شوند. عناصر اورانیم و پلوتونیم و همچنین اکسیدهای اورانیم، پارامغناطیس هستند (Norragn and Mankaso, 2002). با توجه به درجه آزادی کانیها، این آزمایشها بر روی کسرهای $۲۵۰+۴۲۰-$ ، $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون انجام شد.

۲-۳-۱- جدایش مغناطیسی خشک شدت بالا

پارامتر متغیر در انجام این آزمایشها شدت میدان مغناطیسی بود که بر اساس مقدار جریان (KA) تنظیم شد (I.A.E.A., 1993). جداکننده‌های مغناطیسی خشک برای پرعیارسازی ذرات درشت و مواد پارامغناطیس استفاده می‌شوند. این جداکننده‌ها با هر دو مدل دائم و الکترومغناطیس وجود دارند و با کنترل پارامترهایی مانند ابعاد ذرات، شدت میدان مغناطیسی، فاصله سطح غیرمغناطیس از آهنربا، فاصله بین قطبها و مقدار جریان بار اولیه به جدایش مطلوب دست یافت (Norragn and Mankaso, 2002). در این آزمایشها از حداکثر جریان این جداکننده (۳ کیلو آمپر) استفاده شد. فاصله غلطک با قطب آهنربا $۱/۵$ cm در نظر گرفته شد. دور غلطک برای کسرهای $۲۵۰+۴۲۰-$ ، $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون به ترتیب ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ دور بر دقیقه تنظیم شد. نتایج آزمایش‌های مغناطیسی خشک با شدت بالا بر روی کسرهای $۲۵۰+۴۲۰-$ ، $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون به ترتیب در جدول ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.

۲-۳-۲- جدایش مغناطیسی تر با شدت بالا

کسرهای دانه‌ریز مواد معدنی به وسیله جداکننده‌های مغناطیسی تر فرآوری می‌شوند (Norragn and Mankaso, 2002). آزمایش‌های مغناطیسی تر شدت بالا بر روی کسرهای $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون انجام گرفت و بر روی کسر $۲۵۰+۴۲۰-$ میکرون به دلیل درشت بودن ابعاد آن انجام نشد. برای انجام این آزمایشها از یک جداکننده مغناطیسی ساچمه‌ای با ابعاد گلوله متوسط استفاده شد. درصد جامد در همه آزمایشها ثابت و برابر ۵۰ درصد بود. شدت میدان مغناطیسی این جداکننده نیز با تغییر جریان دستگاه تنظیم شد. در این آزمایشها از بیشترین جریان این جداکننده (۶ کیلو آمپر) برای ایجاد بیشترین شدت میدان مغناطیسی استفاده شد. نتایج آزمایش‌های مغناطیسی تر شدت بالا بر روی کسرهای $۱۲۵+۲۵۰-$ و $۷۴+۱۲۵-$ میکرون، به ترتیب در جدول ۵ و ۶ ارائه شده است.

۳-۲- نتایج آزمایش‌های مغناطیسی تر

بر اساس جدول ۵ مشاهده می‌شود در کسر ۱۲۵+۲۵۰- میکرون، بازیابی اورانیم به دست آمده بسیار پایین است. نتایج این آزمایشها با وجود نسبت تغلیظ بالا به دلیل پایین بودن عیار و بازیابی قابل قبول نیستند. بر اساس جدول ۶ مشاهده می‌شود که نتایج آزمایشها بر روی کسر ۷۴+۱۲۵- میکرون نیز پایین و غیر قابل قبول نیستند. با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایشها و مقایسه نتایج دو کسر مشاهده می‌شود بهترین بازیابی، مربوط به کسر ۱۲۵+۲۵۰- میکرون (۲۶/۹۹ درصد) است که در این حالت کنسانتره‌ای با عیار بسیار پایین (۰/۱۹۱۸ درصد) به دست می‌آید.

۳-۳- نتایج آزمایش‌های الکترواستاتیکی

بر اساس نتایج آزمایش‌های الکترواستاتیکی مشاهده می‌شود که با افزایش ولتاژ بازیابی اورانیم، درصد وزنی کنسانتره و حدواسط در کسرهای مختلف

افزایش، ولی عیار آنها کاهش می‌یابد. در ولتاژهای مختلف بازیابی اورانیم در کسر ۱۲۵+۲۵۰- میکرون بهتر از نتایج فرآوری کسرهای دیگر است. بیشترین بازیابی به دست آمده در این آزمایشها، ۵۱/۳۶ درصد اورانیم در ۴۲/۰۲ درصد وزنی است که در این حالت ۲۷/۶۳ درصد اورانیم در ۴۲/۰۲ درصد وزنی بار اولیه به صورت باطله خارج می‌شود. همچنین عیار کنسانتره به دست آمده در این حالت نیز پایین (۱۸۷۶ ppm) است.

۴- نتیجه‌گیری

بیشینه بازیابی به دست آمده در آزمایش‌های مغناطیسی و الکترواستاتیکی، به ترتیب ۴۵/۰۳ و ۵۱/۳۶ درصد بود که کنسانتره حاصل، عیار پایینی (۰/۲۰۵۸ و ۰/۱۸۷۶ درصد) داشت. با توجه اینکه آزمایش‌های مغناطیسی و الکترواستاتیکی، هیچ کدام عیار و بازیابی قابل قبولی ارائه نکردند، این دو روش، برای پرعیارسازی کانسنگ اورانیم خشومی پیشنهاد نمی‌شوند.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد استفاده برای آزمایش (%)

ردیف	کسر (μm)	U	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	SiO ₂	غیره
۱	-۴۲۰+۲۵۰	۰/۱۱۲۵	۱۴/۱۶	۵/۳۰	۰/۴۹	۰/۰۸	۴/۳۰	۲/۵۱	۲/۱۸	۴/۴۱	۶۳/۶۱	۲/۸۵
۲	-۲۵۰+۱۲۵	۰/۱۳۶۶	۱۳/۱۴	۵/۹۰	۰/۵۲	۰/۰۸	۵/۹۰	۲/۰۴	۲/۵۷	۴/۱۱	۵۹/۴۵	۶/۱۵
۳	-۱۲۵+۷۴	۰/۱۹۰۲	۱۲/۸۴	۶/۲۳	۰/۵۰	۰/۰۹	۶/۹۰	۱/۸۶	۳/۳۹	۳/۷۶	۵۹/۰۵	۵/۱۹

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های جدایش مغناطیسی خشک کسر ۲۵۰+۴۲۰- میکرون

شماره	آمبر (KA)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)	نسبت تغلیظ
۱	۱/۵	کنسانتره	۱۵/۷۰	۰/۲۱۰۱	۳۰/۱۴	۶/۳۷
		باطله	۸۴/۳۰	۰/۰۹۰۷	۶۹/۸۶	
۳	۲/۰	کنسانتره	۱۴/۶۰	۰/۱۹۸۹	۲۶/۳۴	۶/۸۵
		باطله	۸۵/۴۰	۰/۰۹۵۱	۷۳/۶۶	
۵	۲/۵	کنسانتره	۱۶/۸۰	۰/۲۰۵۶	۳۱/۶۲	۶/۳۳
		باطله	۸۳/۲۰	۰/۰۸۹۸	۶۸/۳۸	
۷	۳/۰	کنسانتره	۱۵/۷۳	۰/۱۹۹۴	۲۹/۲۶	۶/۳۶
		باطله	۸۴/۲۷	۰/۰۹۰	۷۰/۷۰	

جدول ۳- نتایج آزمایشهای جدایش مغناطیسی خشک کسر ۱۲۵+۲۵- میکرون

شماره	آمپر (KA)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)	نسبت تغلیظ
۱	۱/۵	کنسانتره	۱۶/۲۰	۰/۱۹۳۹	۲۲/۸۴	۶/۱۷
		باطله	۸۳/۸۰	۰/۱۲۶۶	۷۷/۱۶	
۳	۲/۰	کنسانتره	۱۶/۸۰	۰/۱۹۹۴	۲۴/۵۴	۵/۹۵
		باطله	۸۳/۲۰	۰/۱۲۳۸	۷۵/۴۶	
۵	۲/۵	کنسانتره	۲۶/۷۳	۰/۲۱۰۸	۴۰/۶۳	۳/۷۴
		باطله	۷۳/۲۷	۰/۱۱۲۴	۵۹/۳۷	
۷	۳/۰	کنسانتره	۳۰/۲۰	۰/۲۰۵۸	۴۵/۰۳	۳/۳۱
		باطله	۶۹/۸۰	۰/۱۰۸۷	۵۴/۹۷	

جدول ۴- نتایج آزمایشهای جدایش مغناطیسی خشک کسر ۱۲۵+۷۴- میکرون

شماره	آمپر (KA)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)	نسبت تغلیظ
۱	۱/۵	کنسانتره	۲۵/۱۵	۲۲۲۳	۲۹/۴۵	۳/۹۸
		باطله	۷۴/۸۵	۱۷۸۹	۷۰/۵۵	
۳	۲/۰	کنسانتره	۳۰/۶۷	۰/۲۳۳۹	۳۷/۴۴	۳/۲۶
		باطله	۶۹/۳۳	۰/۱۷۲۹	۶۲/۵۶	
۵	۲/۵	کنسانتره	۲۹/۰۰	۰/۲۲۹۴	۱۲/۳۵	۳/۴۵
		باطله	۷۱/۰۰	۰/۱۷۳۱	۶۴/۸۸	
۷	۳/۰	کنسانتره	۳۳/۳۰	۰/۲۳۵۵	۴۱/۱۶	۳/۰۰
		باطله	۶۶/۷۰	۰/۱۶۸۱	۵۸/۸۴	

جدول ۵- نتایج آزمایشهای جدایش مغناطیسی تر کسر ۱۲۵+۲۵- میکرون

شماره	آمپر (KA)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)	نسبت تغلیظ
۱	۳	کنسانتره	۱۳/۵۶	۰/۱۷۸۹	۱۷/۸۲	۷/۳۷
		باطله	۸۶/۴۴	۰/۱۲۹۴	۸۲/۱۸	
۳	۴	کنسانتره	۱۵/۹۴	۰/۱۸۴۷	۲۱/۶۲	۶/۲۸
		باطله	۸۴/۰۶	۰/۱۲۶۹	۷۸/۳۸	
۵	۵	کنسانتره	۱۰/۹۱	۰/۱۹۰۸	۱۵/۱۴	۹/۱۷
		باطله	۸۹/۰۸	۰/۱۳۱۳	۸۴/۸۶	
۷	۶	کنسانتره	۱۸/۹۳	۰/۱۹۱۸	۲۶/۹۹	۵/۲۸
		باطله	۸۱/۰۷	۰/۱۲۱۲	۷۳/۰۱	

جدول ۶- نتایج آزمایشهای جدایش مغناطیسی تر کسر ۷۴+۱۲۵- میکرون

شماره	آمبر (KA)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)	نسبت تغلیظ
۱	۳	کنسانتره	۱۲/۳۰	۰/۱۹۵۹	۱۳/۱۴	۸/۱۳
		باطله	۸۷/۷۰	۰/۱۸۱۶	۸۶/۸۶	
۳	۴	کنسانتره	۱۵/۲۰	۰/۱۹۵۳	۱۵/۸۳	۶/۵۸
		باطله	۸۴/۸۰	۰/۱۸۶۱	۸۴/۱۷	
۵	۵	کنسانتره	۲۰/۱۰	۰/۱۹۷۴	۲۱/۰۵	۴/۹۸
		باطله	۷۹/۹۰	۰/۱۸۶۲	۷۸/۹۵	
۷	۶	کنسانتره	۱۷/۲۰	۰/۱۹۶۶	۱۸/۰۹	۵/۸۱
		باطله	۸۲/۸۰	۰/۱۸۴۹	۸۱/۹۱	

جدول ۸- نتایج آزمایشهای جدایش الکترواستاتیکی کسر ۱۲۵+۲۵۰- میکرون

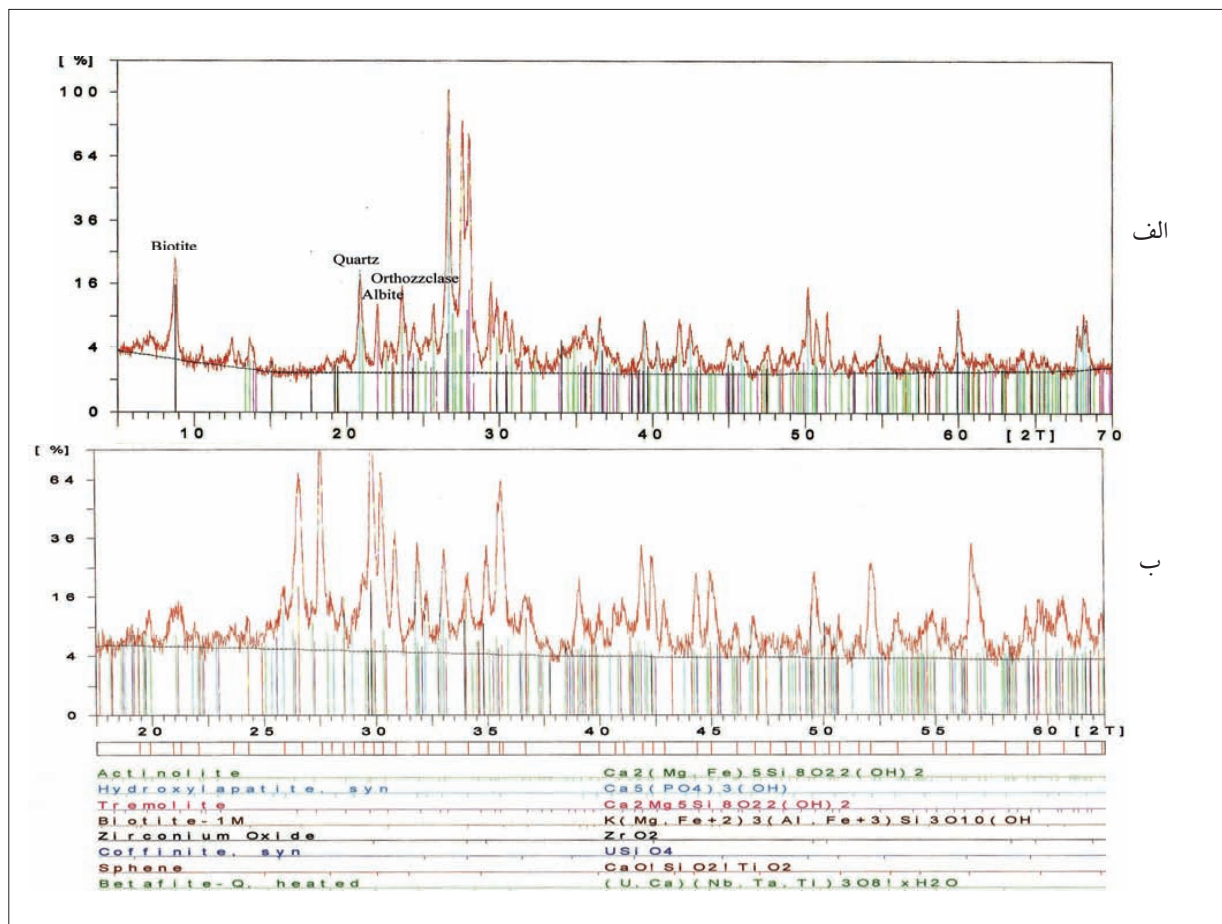
شماره	ولتاژ (Kv)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)
۱	۸	کنسانتره	۷/۶۹	۰/۲۲۱۶	۱۲/۶۰
		حدواسط	۱۲/۵۴	۰/۲۱۳۶	۱۹/۸۰
		باطله	۷۹/۷۸	۰/۱۱۴۶	۶۷/۶۰
۴	۱۰	کنسانتره	۱۳/۸۷	۰/۲۱۶۸	۲۲/۱۱
		حدواسط	۱۶/۸۹	۰/۱۹۹۶	۲۴/۷۸
		باطله	۶۹/۲۴	۰/۱۰۴۳	۵۳/۱۰
۷	۱۲	کنسانتره	۲۳/۶۹	۰/۲۱۴۷	۴۶/۴۶
		حدواسط	۱۴/۲۰	۰/۱۸۰۷	۱۸/۹۰
		باطله	۶۲/۱۱	۰/۰۹۵۴	۴۳/۶۵
۱۰	۱۵	کنسانتره	۳۷/۱۰	۰/۱۸۷۶	۵۱/۳۶
		حدواسط	۲۰/۸۸	۰/۱۳۶۴	۲۱/۰۲
		باطله	۴۲/۰۲	۰/۰۸۹۱	۲۷/۶۳

جدول ۷- نتایج آزمایشهای جدایش الکترواستاتیکی کسر ۲۵۰+۴۲۰- میکرون

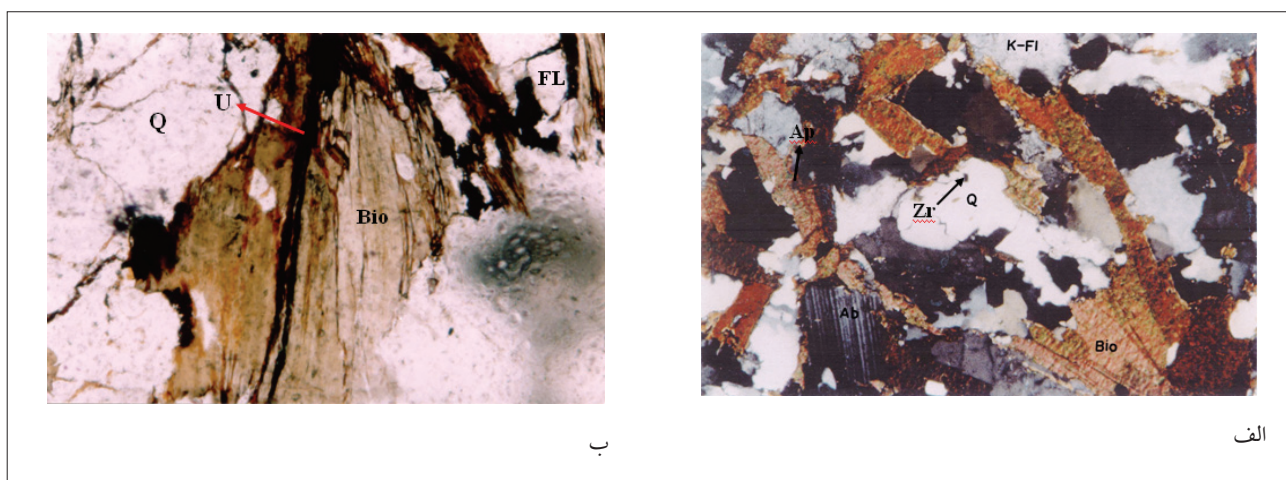
شماره	ولتاژ (Kv)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)
۱	۱۰	کنسانتره	۳/۱۴	۰/۲۲۳۴	۶/۴۷
		حدواسط	۱۰/۴۲	۰/۱۸۲۸	۱۷/۵۶
		باطله	۸۶/۴۳	۰/۰۹۵۴	۷۵/۹۸
۴	۱۲	کنسانتره	۷/۸۹	۰/۲۰۶۴	۱۵/۳۰
		حدواسط	۱۴/۵۱	۰/۱۶۳۸	۲۲/۳۳
		باطله	۷۷/۶۰	۰/۰۸۵۵	۶۲/۳۶
۷	۱۵	کنسانتره	۱۲/۷۰	۰/۱۸۰۰	۲۱/۶۳
		حدواسط	۱۶/۸۶	۰/۱۴۹۰	۲۳/۷۸
		باطله	۷۰/۴۴	۰/۰۸۱۹	۵۴/۶۰
۱۰	۱۸	کنسانتره	۲۳/۳۵	۰/۱۶۴۴	۳۵/۴۷
		حدواسط	۲۳/۰۷	۰/۱۲۰۶	۲۵/۷۱
		باطله	۵۳/۵۸	۰/۰۷۸۴	۳۸/۸۲

جدول ۹- نتایج آزمایشهای جدایش الکترواستاتیکی کسر ۷۴+۱۲۵- میکرون

شماره	ولتاژ (Kv)	محصول	وزن (%)	عیار اورانیم (%)	توزیع اورانیم (%)
۱	۸	کنسانتره	۴/۵۷	۰/۲۰۹۷	۵/۲۳
		حدواسط	۲۹/۳۷	۰/۲۳۱۶	۳۷/۱۳
		باطله	۶۶/۰۶	۰/۱۵۹۸	۵۷/۶۴
۴	۱۰	کنسانتره	۹/۳۴	۰/۲۲۹۳	۱۱/۷۰
		حدواسط	۳۶/۰۹	۰/۲۲۵۱	۴۴/۳۹
		باطله	۵۴/۵۶	۰/۱۴۷۳	۴۳/۹۱
۷	۱۲	کنسانتره	۱۴/۹۳	۰/۲۲۷۴	۱۸/۵۸
		حدواسط	۴۰/۹۵	۰/۲۱۲۸	۴۷/۴۸
		باطله	۴۴/۱۲	۰/۱۳۹۷	۳۳/۷۳
۱۰	۱۵	کنسانتره	۲۲/۷۱	۰/۲۳۴۷	۲۸/۴۱
		حدواسط	۴۳/۳۸	۰/۱۹۸۷	۴۵/۹۴
		باطله	۳۳/۹۱	۰/۱۴۲۰	۲۵/۶۶



شکل ۱ - تجزیه XRD کانسنگ بلوک یک خشومی.
الف) خاک اولیه؛ ب) بخش تغلیظ شده.



شکل ۲ - نحوه درگیری کانیه در مقاطع میکروسکوپی

الف) بیوتیت با میانبارهایی از آپاتیت و زیرکن در مرز فلدسپار و آلپیت؛ کوارتز با میانبارهایی از زیرکن ($\times 50$).
ب) کانی‌سازی فعال در امتداد رخیهای بیوتیت در مرز بین فلدسپار قلیایی و کوارتز ($\times 50$).

کتابنگاری

رضائی، ب.، ۱۳۷۸- «تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (پرعیارسازی به روش مغناطیسی)» مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۸.
شکوری، ا.، حاجیلری، م. ب.، عباس زاده، پ.، ۱۳۸۲- «گزارش زمین شناسی سطح الارضی منطقه خشومی (آنومالی VI)»، سازمان انرژی اتمی ایران.

References

- Augusto, P. A., Augusto, P., Castelo-Grande, T., 2002- «Magnetic classification», Minerals Engineering No. 15, pp. 35-43.
- Hagaa, Y. et al., 2005-«Single-crystal growth and magnetic properties of a new ternary uranium compound U₃Ni₅Al₁₉», Physical, pp. 1006-1008.
- International Atomic Energy Agency, 1993- «Uranium Extraction Technology», Technical Report No. 359, pp. 39 - 66.
- International Atomic Energy Agency, 2005- «Developments in Uranium Resources, Production, Demand and the Environment», Proceedings of a technical committee meeting held in Vienna, 15-18 June, pp. 166.
- Norragn, D.A. and Mankaso, M.J., 2002- « Bench Scale and Pilot Plant Test for Magnetic Cocentartion Circuit Design», Mineral Processing Plant Design/Practice and Control Procceding, Vol.1, A.L.Molar et al, SME-AIME, New york, pp176-200.
- Norragn, D.A. and Mankaso, M.J., 2002- « Slection and Sizing of Magnetic Cocentarting Equipment ; Plant Design/Layout», Mineral Processing Plant Design /Practice and Control Procceding Vol. 1, A.L. Molar et al, SME-AIME, New york, pp. 1069 – 1093.
- Norragn, D.A. and Mankaso, M.J., 2002- «Slection and Sizing of Magnetic Cocentarting Equipment ; Plant Design/Layout», Mineral Processing Plant Design /Practice and Control Procceding Vol. 1, A.L. Molar et al, SME-AIME, New york, pp. 1069 – 1093.
- Voss, J. W., 2000- «Paramagnetic Separation of Uranium and Plutonium - Application to Decontamination Projects», EurIng, FINuce, CEng Terra Verde Group of Companies.
- Yan, E. S., Elder, J. M., 2004- «Improving Electrostatic Separation in Processing Plant», Outokumpu Technology Inc.