

پرعیارسازی اورانیوم، توریوم، عناصر نادر خاکی (REE) و آهن به روش الکتروفورز در نابهنجاری ۵ ساغند

محمد کیائی، عباس سام: دانشگاه شهید باهنر کرمان
بهرام سامانی: امور اکتشاف، سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

نابهنجاری (آنومالی) ۵ منطقه معدنی ساغند یزد محتوی عناصر اورانیوم، توریوم، ایتریوم، سریوم، لانتانیوم با عبارهای قبلاً تعیین شده (به ترتیب): ۴۵۰ ppm، ۲۲۳ ppm، ۱۲۰۰ ppm، ۱۰۰۰ ppm، ۱۴۰۰ ppm و ۸٪ Fe_2O_3 است که در کانی‌هایی نظیر ایلمنیت، روتیل، دیویدیت وجود دارند و این کانی‌ها دارای خاصیت هدایت الکتریکی هستند. با استفاده از این خاصیت، عمل جداسازی آنها به روش «الکتروفورز»^(۱) بر روی نمونه‌های معرف آنومالی ۵ به وسیله دستگاه BUG انجام گرفت. در نتیجه عیار اورانیوم به ۹۳۶۰ ppm، توریوم به ۴۵۰۰ ppm، ایتریوم به ۲۱۰۰۰ ppm، سریوم به ۲۰۰۰۰ ppm، لانتانیوم به ۲۳۰۰۰ ppm و اکسید آهن به ۳۵٪ افزایش یافت. در این آزمایشها، بازیابی بیش از ۹۰٪ بوده است.

۱- مقدمه

جداسازی کانیها به روش الکتریکی براساس خاصیت هدایت الکتریکی کانیها صورت می‌گیرد. در این روش ابتدا کانیها به طور مصنوعی باردار می‌شوند، سپس در شرایط تخلیه بار قرار می‌گیرند. ذرات کانی در اثر نیروهای تنظیم شده الکتریکی و نیروهای جنبی دیگر مانند گرانش و گریز از مرکز، مسیرهای مختلفی را طی می‌کنند و بدین ترتیب می‌توان آنها را از یکدیگر جدا کرد. اگر جداسازی ذرات در هوا انجام گیرد، آن را جداسازی ایستا برقی (الکتروستاتیکی) می‌نامند (هر چند در این حالت معمولاً جریان الکتریکی برقرار است) و در صورتی که از «تخلیه کورونا»^(۲) (هاله بنفش) استفاده شود به آن «جداسازی فشار قوی» یا «جداسازی الکتریکی» می‌گویند. چنانچه جداسازی در آب انجام گیرد، اگر حرکت ذرات ناشی از اثر قطبی شدن آنها در میدان الکتریکی غریب‌خواخت باشد به آن «دی الکتروفورز»^(۳) و اگر حرکت ذرات ناشی از بار آزاد آنها در یک میدان الکتریکی باشد به آن الکتروفورز گفته می‌شود. روشهای دی الکتروفورز و الکتروفورز بیشتر جنبه آزمایشگاهی داشته و کاربرد صنعتی در جداسازی کانیها ندارند. یکی دیگر از روشهای آزمایشگاهی در این زمینه جداسازی ذرات کانی در سیالی غیر از

آب است که در این کار تحقیقی به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲- جداسازی به روش الکتروفورز

در این روش ذرات کانی در میدان الکتریکی پرسامد قرار می‌گیرند: در بسامدهای بالا (چند هزار هرتز) اثر دو قطبی بودن مولکولهای ماده از بین می‌رود؛ بسامدهای بسیار بالا (چندصد هزار تا چند میلیون هرتز) موجب از بین رفتن اثر لایه‌های ناکامل حاوی الکترون (لایه d) می‌شوند و تنها الکترونهای سرگردان در یک ماده هستند که مشخص کننده میزان رسانش الکتریکی آن ماده‌اند [۱].

هنگامی که راستای میدان خارجی به طور متناوب تغییر کند جهت‌گیری گشتاورهای دو قطبی دائمی نیز تغییر کرده و با میدان همسو می‌شود. اما اگر بسامد میدان بالا باشد، مولکولها نمی‌توانند همراه با سرعت تغییر میدان تغییر جهت داده و با آن همسو شوند،

۱- Electrophoresis

۲- Corona discharge

۳- Dielectrophoresis



محیط مایع انجام گرفته و تعامل مایع دی الکتریک و ذرات کانی در یک میدان الکتریکی مطالعه و بررسی شده است.

۲-۱- دستگاههای جداسازی و طرز کار آنها

دو دستگاه جداسازی الکتروفورز، یکی با بسامد پایین^(۴) و دیگری با بسامد بالا^(۵) که با برق ۲۲۰V و ۵۰ HZ کار می کنند [۳] در این پژوهش بکار رفته اند.

نحوه کار با این دستگاه بدین صورت است که نمونه پودر شده سنگ معدن (که به روش گرانشی، یا مغناطیسی و یا روشهای دیگر فراوری شده است) داخل دستگاه قرار می گیرد و ذرات کانی براساس قابلیت هدایت الکتریکی که دارند درون سیال دی الکتریک در میدان الکتریکی ایجاد شده بین قطبهای مثبت و منفی دستگاه از هم جدا می شوند. در این روش مایعات دی الکتریک مختلفی را با ثابت های دی الکتریک مشخص می توان بکار برد [۴].

بعضی از سیالهای دی الکتریک دارای شرایط لازم برای استفاده در این دستگاه و در شرایط آزمایشگاهی موجود نبوده اند. مثلاً بعضی از این سیالها در دمای متعارفی به صورت بخار و یا به صورت جامدند، بعضی دیگر نیز خاصیت اسیدی دارند و بر روی قطب مثبت (آنود) ایجاد خوردگی می کنند. تعداد کمی دارای گاز سمی بوده و تعدادی هم خاصیت سرطان زایی دارند. بعضی دیگر نیز خاصیت چسبندگی زیاد داشته و شستشوی آنها پس از جداسازی مشکل است. علاوه بر این، سیالهایی که چسبندگی بالا دارند حرکت ذرات را کند کرده و عمل جداسازی را با خطای بیشتر مواجه می سازند. بعضی از سیالها نیز دارای ثابت دی الکتریک مورد نظر نیستند. مثلاً کانی منیتیت دارای ثابت دی الکتریک ۸۰ می باشد [۶] و در سیالی که دارای ثابت دی الکتریک کمتر از ۸۰ است جدا می شود؛ ولی کانی اسفن و بسیاری از کانی های سنگین از جمله ایلمنیت، روتیل، زیرکن، دارای ثابت دی الکتریک کمتر از ۲۰ بوده و در سیالهایی که ثابت دی الکتریک بالاتر از ۲۰ داشته باشند جدا نمی شوند.

ثابت دی الکتریک کانی ها معمولاً بین ۲ و ۸۰ است، اما

در نتیجه دو قطبی دائمی سهمی در قطبش مولکولهای نمونه ندارد. چون مدت چرخش مولکول در یک سیال حدود یک پیکوثانیه است، این تغییر وقتی ظاهر می شود که اندازه گیریها در بسامد بالاتر از حدود 10^6 هرتز (در ناحیه ریز موج) انجام گیرد. از این رو گفته می شود که قطبش حاصل از جهت گیری، یعنی قطبش ناشی از گشتاور دو قطبی دائمی، در بسامدهای بالا از بین می رود [۲].

بخشی از قطبش که در بسامدهای بالاتر از بین می رود، از تغییر وضعیت هسته ها به وسیله میدان خارجی نشأت می گیرد که قطبش واپیچی مولکول نامیده می شود. مولکول در اثر میدان خارجی خمیده و کشیده می شود و در نتیجه، دو قطبی مولکولی آن تغییر می کند. مدت خمیده شدن مولکول با پیوند ارتعاش آن تقریباً برابر است. بنابراین، وقتی که بسامد ارتعاش مولکول تا فروسرخ افزایش یابد قطبش واپیچی از بین می رود. از بین رفتن قطبش مرحله به مرحله صورت می گیرد، و هر مرحله هنگامی اتفاق می افتد که بسامد مربوط به آن از بسامد یک مد ارتعاشی خاص زیاده شود. در بسامدهای بالاتر، حتی در ناحیه مرئی، فقط الکترونها که به قدر کافی سبک هستند، می توانند به تغییرات سریع راستای متغیر میدان خارجی پاسخ دهند. در این مرحله، آنچه از قطبش پذیری باقی می ماند تنها مربوط به تغییر توزیع الکترون است، بنابراین سهم باقی مانده در قطبش پذیری مولکولی، قطبش پذیری الکترون نامیده می شود.

خاصیت دی الکتریک کانی ها یک امر نسبی است، یعنی هیچ کانی به طور مطلق رسانا یا نارسانا نیست. بنابراین کیفیت رسانا بودن یا نارسانا بودن در هر کانی در اختلاف پتانسیل، بسامد و شرایط مشخصی قابل قبول است [۳]. حتی برای یک نوع کانی هم نمی توان ثابت دی الکتریک مشخصی را در نظر گرفت زیرا سیستم تبلور یک کانی و نحوه قرارگیری آن در یک میدان الکتریکی، درصد عناصر و ناخالصی های موجود در کانی، شرایط تشکیل و ایجاد سنگ کانی دار همچنین ویژگی های دیگر مانند توزیع کانی، از ناحیه ای به ناحیه دیگر متغیر است. بنابراین تنها نتیجه آزمایش بر روی کانی های یک توده معدنی است که نشان می دهد در آن توده هر کانی در چه بسامد و اختلاف پتانسیل و در چه سیالی از سایر کانی ها جدا می شود.

در این پژوهش، جداسازی کانیها به روش الکتریکی و در یک



ثابت دی الکتریک با نسبتهای مختلف، سیال دی الکتریکی با ثابت دی الکتریک دلخواه بدست آوریم. ϵ ، ثابت دی الکتریک سیال، از رابطه زیر حساب می شود [۲]:

$$\epsilon = \frac{\epsilon_1 V_1 + \epsilon_2 V_2 + \epsilon_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} \quad (1)$$

که در آن، V حجم سیال است.

در این رابطه چگالی سیالها در نظر گرفته نشده است. برای منظور داشتن چگالی، از رابطه زیر استفاده شده است:

$$\epsilon = \frac{\epsilon_1 m_1 + \epsilon_2 m_2 + \epsilon_3 m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots} \quad (2)$$

که m جرم سیال است.

آزمایشهای انجام گرفته نشان می دهند که رابطه (۲) به واقعیت نزدیکتر است. جدول ۱ سیالهایی را که در این پژوهش بکار رفته اند نشان می دهد.

ثابت دی الکتریک مایعات موجود از ۱ شروع شده و به حدود ۱۵۸ می رسد که مربوط به هیدروسیانیک اسید (CHN) است. بنابراین، برای جدا کردن تمام کانی ها از یکدیگر باید سیال مناسبی را یافت که دارای ثابت دی الکتریک معین بین ثابت های دی الکتریک دو کانی باشد که می خواهیم آن دو را از هم جدا کنیم. علاوه براین، ابعاد ذرات کانی باید کوچکتر از نیم میلی متر باشد (هر چه ذرات کانی ریزتر باشند جداسازی آنها بهتر انجام می گیرد).

برای جداسازی چند کانی که دارای ثابت های دی الکتریک $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots$ می باشند (فرض می کنیم $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3 > \dots$) از سیالهایی استفاده می شود که دارای ثابت دی الکتریک $\epsilon, \epsilon', \epsilon''$ باشند ($\epsilon_1 < \epsilon < \epsilon_2$ و $\epsilon_2 < \epsilon' < \epsilon_3$ و $\epsilon_3 < \epsilon'' < \epsilon_4$...). برای سهولت کار، سیالها را برحسب سیر نزولی ثابت دی الکتریکشان مرتب کرده و هر سیال را با ثابت دی الکتریک مورد نظر مشخص می کنیم. با توجه به این مسأله که از اختلاط دو سیال دی الکتریک مختلف می توان سیالی با ثابت دی الکتریک متوسط بدست آورد، در بسیاری از موارد ساده تر آن است که از مخلوط کردن دو سیال

جدول ۱- سیالهای دی الکتریک بکار رفته در این پژوهش با ثابت دی الکتریک آنها در دمای آزمایشگاه [۶]

نام شیمیایی	ϵ	ترکیب شیمیایی
بنزن	۲/۲۸۴ (۲۰°C)	C_6H_6
۱ و ۲ دی کلرواتان	۱۰/۶۵ (۲۰°C)	$C_2H_4Cl_2$
اسید استیک	۶/۱۵ (۲۰°C)	$C_2H_4O_2$
تراکلرید کربن	۲/۲۳۸ (۲۵°C)	CCl_4
برموفورم	۴/۳۹ (۲۵°C)	$CHBr_3$
متانول	۳۳/۷ (۲۵°C)	CH_3OH
استن	۲۱/۵ (۲۵°C)	CH_3COCH_3
کلروفرم	۵/۲ (۲۵°C)	$CHCl_3$
اتیل الکل	۶/۸ (۲۵°C)	CH_3CH_2OH
آب منظر	۷۸/۵۴ (۲۵°C)	H_2O
۲- پروپانول	۱۸/۳ (۲۵°C)	C_3H_8O
اتیل استات	۶/۰۲ (۲۵°C)	$C_4H_8O_2$
۱- اکتانول	۱۰/۳ (۲۵°C)	$C_8H_{18}O$
ام - کرزول	۱۱/۸ (۲۵°C)	$C_9H_{10}O$
دی اتیل اتر	۳/۹۷ (۲۰°C)	$(C_2H_5)_2O$
اتیل اتر	۴/۳۳ (۲۰°C)	$C_4H_{10}O$
۱- بوتانول	۱۷/۸ (۲۰°C)	C_4H_9OH
الکل	۲۲/۳ (۲۰°C)	C_2H_5OH
نفت	در حدود ۲ (۲۵°C)	
بنزین سوپر	در حدود ۳ (۲۰°C)	



جدول ۲- ثابت دی الکتریک بهینه و بازایی هر یک از کانیاها

نام کانیا	ε	بازایی (%)
منیتیت	< ۲۰	۹۵
ایلمنیت	< ۱۸/۵	۹۰
روتیل	< ۱۷	۶۰
اسفن آلایت دیویت و سایر کانیا های سنگین	این کانیا ها با هم درگیر بوده و در ثابت دی الکتریک ۱۶/۵ < ε جدا شده اند.	۸۰
زیرکن	< ۱۵	۶۵
ترمولیت	< ۸	۸۰
آلیت	< ۵	۸۵
کوارتز	< ۲	۹۵
کلسیت	< ۳/۵	۸۰

بی اثر نیستند، همچنین درصد انحلال دو سیال در یکدیگر در دماهای مختلف متفاوت است. در این آزمایشها با مخلوط الکل و آب به نسبت های مختلف، سیالهایی با ثابت های دی الکتریک متفاوت از ۲۲/۳ تا ۸۰ بدست آمده است. همچنین با مخلوط کردن دو مایع استون و تتراکلریدکربن به نسبت های مختلف، سیالهایی با ثابت دی الکتریک متغیر از ۲/۲۴ تا ۲۱/۵ تهیه شده است. با توجه به اینکه در ثابت دی الکتریک بالاتر از ۲۳ هیچ کانیا جدا نشده، مخلوط آب و الکل چندان مورد استفاده نبوده است. برای مقایسه نتایج جداسازی به وسیله دو مخلوط مختلف و مقایسه آنها با نتایج آزمایش قبل، از مخلوط کردن نفت و استون نیز، سیالهایی با ثابت های دی الکتریک مختلف از ۲ تا ۲۲ تهیه شده است. جدول ۳ نتایج حاصل از آزمایش با این دو مخلوط را در مقایسه با هم و با آزمایش قبل نشان می دهد. با توجه به خاصیت تغییر ثابت دی الکتریک مایعات با دما، برای تعیین ثابت دی الکتریک مخلوط دو مایع مختلف از رسم نمودار تغییرات ε برحسب دما استفاده شده است.

علاوه بر عوامل مربوط به دستگاه، چند عامل مهم دیگر نیز باعث ایجاد خطا در نتایج آزمایش می شوند که یکی از مهمترین آنها درگیری چند کانیا با یکدیگر است. تا وقتی که این کانیاها به درجه آزادی مناسب نرسیده باشند، جداسازی آنها با خطا همراه خواهد بود.

نمونه ای که در این پژوهش بکار رفته است مربوط به نابهنجاری ۵ ساغند بوده و محتوی کانیا های آلایت، کوارتز، کلسیت، ترمولیت، اکتینولیت و کانیا های سنگین از جمله ایلمنیت، منیتیت، روتیل، زیرکن، اسفن، دیویدیت، چوکینیت می باشد. آزمایشها بر روی ذراتی به ابعاد کوچکتر از نیم میلی متر و در اندازه های (۴۰-، ۶۰+)، (۸۰-، ۱۰۰+)، (۱۲۰-، ۱۴۰+)، (۱۶۰-، ۲۰۰+)، (۲۰۰-، ۴۰۰+) و ۴۰۰- مش در سیستم استاندارد ASTM انجام گرفته و نتایج بدست آمده در جدول ۲ خلاصه شده است. چون در مدت آزمایش دمای محیط آزمایشگاه از ۳۳ تا ۱۵ درجه سلسیوس متغیر بوده، برای تعیین ثابت دی الکتریک در دمای آزمایشگاه، ضرایب تصحیح به هنگام تغییر دما برطبق ضوابط موجود [۴] منظور شده است. به طوری که در جدول ۲ مشخص شده، نتایج آزمایشها این بوده است که در ثابت های دی الکتریک مشخص شده، کانیا های درج شده در آن از سایر نمونه ها جدا شده اند. با تهیه کردن مقاطع میکروسکوپی و دانه شماری آنها، بازایی به ازای هر ثابت دی الکتریک در سیالهای مختلف تعیین شده است.

چنانچه مجموعه این آزمایشها را با مخلوطی از دو سیال انجام دهیم، نتیجه حاصل با نتایج پیش گفته اندکی اختلاف دارد؛ این اختلاف به این جهت است که دو سیال مخلوط شده کاملاً برهم



جدول ۳- کانی‌هایی که با استفاده از مخلوط دو سیال در ثابت‌های دی‌الکتریک مشخص جدا شده‌اند

نوع کانی	ثابت‌های دی‌الکتریک (۴)		
	مایعات مختلف	نفت و استون	تراکلریدکربن و استون
منیتیت	< ۲۰	< ۲۲	< ۲۳/۵
ایلمنیت	< ۱۸/۵	< ۱۹	< ۱۹
زیرکن	< ۱۵	< ۱۴/۵	< ۱۳
روتیل	< ۱۷	< ۱۶	< ۱۸
اسفن، آلانیت، دیویدیت، چوکینیت و...	< ۱۶/۵	< ۱۷	< ۱۶/۵
اکتینولیت	< ۱۲	< ۱۳	< ۱۴
نومولیت	< ۸	< ۹	< ۷/۵
آلیت	< ۵	< ۵	< ۵
کوارتز	< ۲	< ۳	< ۴
کلسیت	< ۳/۵	< ۴	< ۴/۵

۲۰، بسیار بهتر از آکتینولیت (چگالی ۳/۲) در ثابت دی‌الکتریک ۱۲ و ترمولیت (چگالی ۲/۹) در ثابت دی‌الکتریک ۸ می‌شود.

۲-۳- تأثیر درجه آزادی بر جداسازی کانیها

افزایش درجه آزادی، در جداسازی کانیها به روش الکتریکی، همانند جداسازی با سایر روشها، با افزایش بازده همراه است. درگیری دو کانی باعث می‌شود که ذره درگیر، درون سیال رفتار ذره واسط (میان مرحله‌ای) را داشته باشد. مثلاً اگر یک ذره کوارتز با یک ذره منیتیت درگیر باشد، این ذره در یک ثابت دی‌الکتریک حدوسط جدا می‌شود. در بعضی موارد مشاهده می‌شود که ذره‌ای که محتوی دو یا چند کانی است، هنگام نزدیک شدن به الکترود مثبت (آنود)، حرکت چرخشی می‌کند. این حرکت موجب تلاطم در سیال و ذرات نمونه شده و دقت جداسازی کاهش می‌یابد. این امر ممکن است ناشی از این باشد که با نزدیک شدن ذره به الکترود مثبت، جزئی که دارای ثابت دی‌الکترود کمتر از ثابت دی‌الکتریک سیال است می‌خواهد به الکترود مثبت نزدیک شود، اما جزئی که ثابت دی‌الکتریک بیشتر از سیال دارد، می‌خواهد از الکترود مثبت دور شده به سوی الکترود منفی برود. بسته به این که نیروی کدام الکترود غالب باشد ذره از آن دور یا به آن نزدیک می‌شود. راستای میدان

مسأله دیگر این است که در مدت آزمایش، عبور جریان برق از سیال باعث گرم شدن آن شده و ثابت دی‌الکتریک آنرا تغییر می‌دهد، بنابراین باید سعی کرد که آزمایش در حداقل مدت ممکن انجام گیرد. علاوه بر این، بعضی از سیالها از جمله استون، تراکلریدکربن در دمای آزمایشگاه به سرعت تبخیر می‌شوند و این مسأله باعث تغییر نسبت دو سیال و ایجاد خطا در آزمایش می‌گردد. همچنین ممکن است دو سیال بر یکدیگر اثر شیمیایی جزئی داشته باشند که باید مورد توجه قرار گیرد. مجموع این عوامل سبب می‌شود که نتایج مندرج در جدول ۳، اختلاف اندکی با هم داشته باشند.

۲-۲- اثر چگالی کانی و سیال در جداسازی الکتریکی

آزمایشهای انجام شده نشان می‌دهند که با افزایش چگالی سیال یا کاهش چگالی کانی، جداسازی با دقت بهتری انجام می‌گیرد. مثلاً کانی منیتیت در سیالی مخلوط از استون و بروموفورم (با چگالی $2/6 \text{ gr/cm}^3$ و ثابت دی‌الکتریک ۲۰) نسبت به سیالی که از مخلوط بنزن و استون (با چگالی ۰/۹ و ثابت دی‌الکتریک ۲۰) بدست آمده است بهتر جدا می‌شود. این کیفیت در مورد سیالهای دی‌الکتریک دیگر نیز صادق است، به طوری که در سیالهای چگالتر، عمل جداسازی با دقت بیشتر انجام می‌گیرد. همچنین منیتیت (چگالی ۵/۴) در ثابت دی‌الکتریک

با مایعات سنگین مقایسه شده است.

۳- نتایج

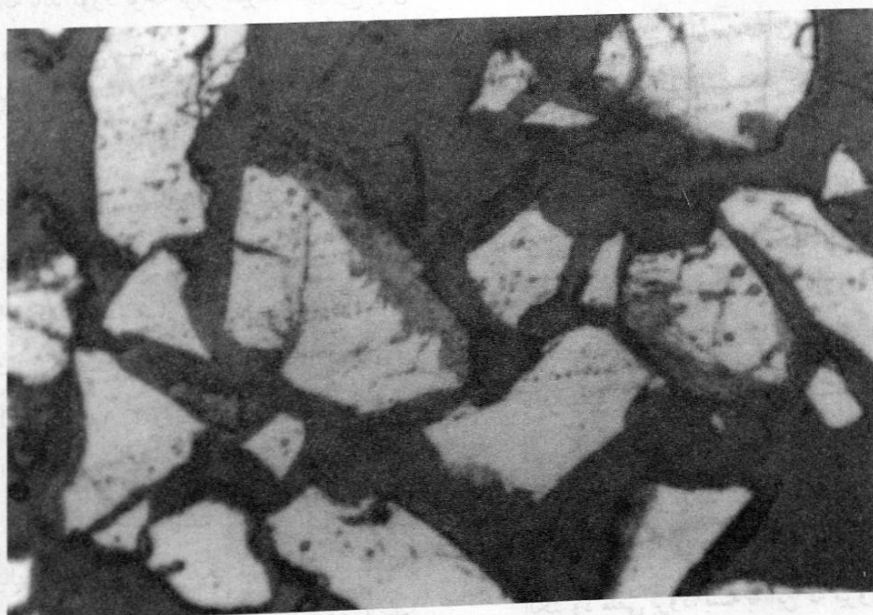
در عمل جداسازی الکتریکی، نمونه مورد آزمایش به ۱۰ قسمت مختلف که دارای ثابت‌های دی‌الکتریک متفاوت بوده‌اند تقسیم شده است. نتایج عیارسنجی اورانیوم و تورنیوم در این ۱۰ قسمت، در جدول ۴ مندرج است. شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ تصاویر میکروسکوپی تعدادی از نمونه‌های جداسازی شده به روش الکتریکی را نشان می‌دهند.

الکتریکی در ضمن حرکت ذره، با راستای لایه‌های الکترونی موجود در کانی تغییر جهت می‌دهد، در نتیجه، این ذره پیوسته تحت تأثیر نیروهای مخالف قرار می‌گیرد و حرکات رفت و برگشتی انجام می‌دهد.

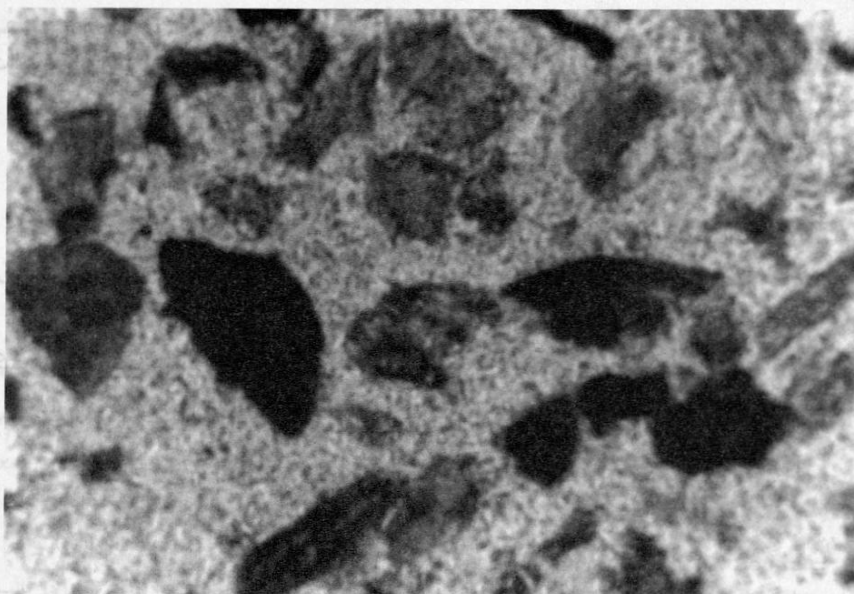
پس از جداسازی کانیها، نمونه‌های جداسازی شده مورد بررسی میکروسکوپی قرار گرفته‌اند. برای این منظور مقاطع نازک کانیهای روشن (غیرفلزی) و مقاطع صیقلی کانیهای تیره (فلزی) تهیه و شناسایی شده و دانه‌شماری صورت گرفته است، با استفاده از روش دانه شماری، بازده جداسازی تعیین و با روش جداسازی

جدول ۴- عیار اورانیوم و تورنیوم در هر یک از قسمت‌های جداسازی شده از نمونه اولیه به وسیله الکتروفورز

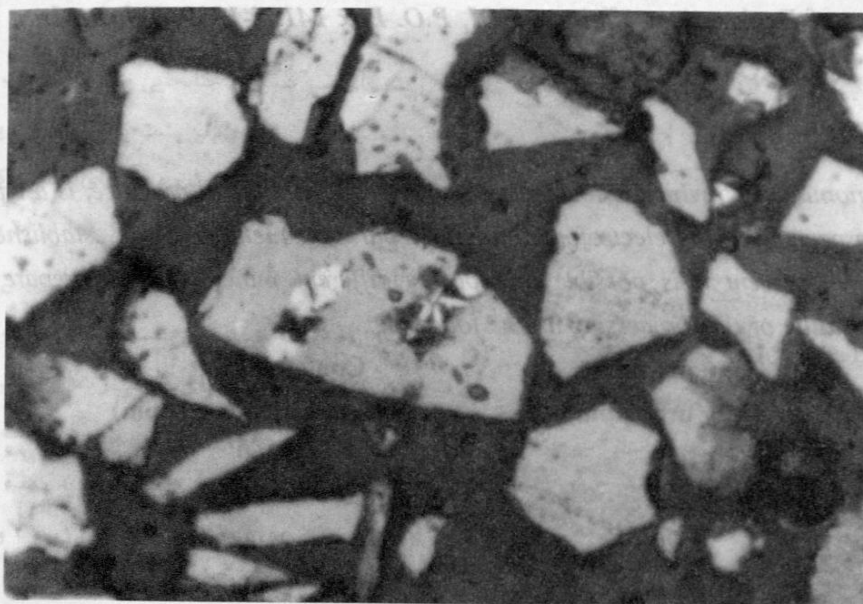
نوع کانی	ε (مایعات مختلف)	عیار اورانیوم (ppm)	عیار تورنیوم (ppm)
منبیت	< ۲۰	۱۷۳۷	۸۵۵
ایلمنیت	< ۱۸/۵	۴۱۳۲	۲۰۷۱
زیرکن	< ۱۵	۵۹۱۷	۲۸۳۹
رونیل	< ۱۷	۹۳۶۹	۴۵۳۸
اسفن، دیوبدیت، چوکینیت و...	< ۱۶/۵	۷۰۵۰	۳۴۵۶
اکتینولیت	< ۱۲	۷۳	۴۵
نومولیت	< ۸	۷۴	۵۱
آلبیت	< ۵	۱۲	۱۰
کوارتز	< ۲	۱۵	۱۳
کلسیت	< ۳/۵	۸	۱۸



شکل ۱- کانی ایلمنیت جدا شده با ۲- پروپانول $\times 300$



شکل ۲- کانی اکتینولیت جدا شده با ام - کرزول $\times 200$



شکل ۳- کانی منیتیت جدا شده با استون $\times 200$



References

- ۱- حسین. نعمت‌الهی، کانه آرای، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران جلد ۱ و ۲، ص ۱۳۷، ۱۸۳، ۲۱۷، ۲۱۹، (۱۳۷۱).
2. B. Yarar & Doghan, *mineral Processing Design*. Z.M. pp. 1-45, (1986).
3. *Development of Projects for the Production of Uranium*, International Atomic Energy Agency, pp. 33-75, (1988).
4. *HandBook of CHEMISTRY and PHYSICS (CRC)*, E-49-55.
- ۵- آلبرت. رابرت‌ای، ترجمه شهناز خالقی، اصغر زینی‌اصفهانی و... شیمی فیزیک، جلد دوم، ص ۳۸۵-۳۷۲، (۱۳۷۶).
- ۶- گ.م. بارو، ترجمه مسعود حسن‌پور، قاسم خدادی و... شیمی فیزیک، جلد دوم، ص ۱۶۹-۱۵۲، (۱۳۷۵).
- ۷- پی.دبلیو. اتکینز، ترجمه حسین آقایی، حمید مدرس، شیمی فیزیک، جلد دوم، ص ۸۰۷-۷۹۹ و ۸۳۳-۸۲۹، (۱۳۷۵).
- ۸- بهرام. سامانی و طالع‌زاده‌لاری، گزارش اکتشاف آنومالی ۵ سازمان انرژی اتمی، ص ۲۵-۱، (۱۳۶۱).

Preliminary investigation for ore processing of U, Th, REE and Fe-bearing ore minerals from Anomaly No. 5 of Saghand ore field, applying electroforse method

M. Kiaii, B. Samani, A. sam

Maniger of Exploration Affairs, AEOI, P.O. Box 14155-1339, Tehran-Iran

Abstract

A Radioactive Anomaly no 5 which is located in Saghand ore field, Yazd province, is a type of U, Th, REE, Y bearing prospect. By using electroforse mineral separation method it was established that with efficiency of about 90 percent it is possible to separate different minerals as to prepare high grade concentrated ore. Resaults of this processing are as following:

Element	Contents in Primary ore (ppm)	Contents in concentrated ore (ppm)
U	450	9360
Th	223	4500
Y	1200	21000
Ce	2000	20000
La	1400	23000
Fe ₂ O ₃	8%	35%

This study shows that it is possible to apply ore processing methods for making ore concentrate locking carbonate mineral, and faveurable for Uranium acid leaching.