



مقایسه‌ی جداسازی اورانیوم، نیکل و منیزیم در سیستم الکترودیالیز پیوسته

ادیب، ظاهری؛ علیرضا، کشتکار*

سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده‌ی چرخه سوخت هسته‌ای

چکیده

مقایسه‌ی جداسازی اورانیوم، نیکل و منیزیم از محلول‌های آبی به روش الکترودیالیز پیوسته بررسی شد. به این منظور، دو محلول دوجزبی شامل اورانیوم-نیکل و اورانیوم-منیزیم و یک محلول سه جزبی حاوی هر سه عنصر تهیه شد. نتایج بدست آمده برای این سه فلز نشان داد، هر چه جرم اتمی یون فلزی کمتر باشد، جداسازی آن در فرایند الکترودیالیز بیشتر است. این اختلاف در جداسازی می‌تواند در جداسازی فلزات از یکدیگر به منظور بازیابی آنها بسیار مفید باشد.

کلیدواژه: اورانیوم، نیکل، منیزیم، الکترودیالیز، ولتاژ و دبی

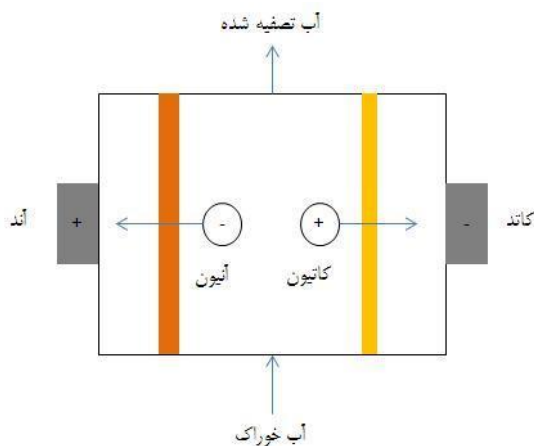
مقدمه

با توجه به خطرات پسمان‌های خطرناک برای سلامت عمومی، توسعه روش‌های ارزان و با کارایی بالا بسیار ضروری است [۱]. اورانیوم به دلیل سمیت شیمیایی و رادیواکتیویته آن، یکی از خطرناک‌ترین فلزات سنگین به شمار می‌رود و به همین دلیل حذف اورانیوم از پسمان‌های فاز مایع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [۲].

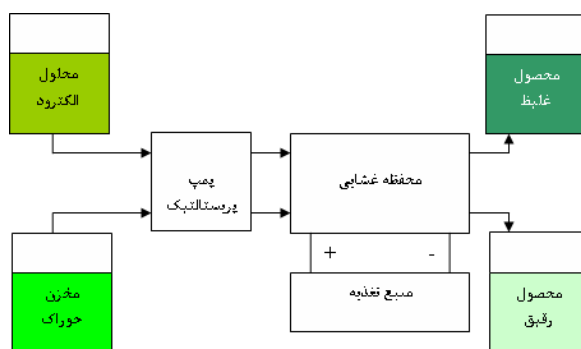
گزارش‌های شماره ۴۰۸ و ۴۳۱ آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در مورد کاربرد فرایندهای غشایی و تبادل یونی در تصفیه پسمان‌های رادیواکتیو فاز مایع و تجارب بدست آمده در این زمینه، به خوبی بیانگر کارایی این فرایندها می‌باشد [۳ و ۴]. یکی از فرایندهای مهم غشایی، الکترودیالیز است که نیرومحرکه‌ی جداسازی در آن اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌باشد [۵]. جداسازی اورانیوم به روش الکترودیالیز ناپیوسته و توسط Zaki انجام شد [۶]. بررسی پارامترهای ولتاژ، دبی و غلظت بر جداسازی اورانیوم به روش الکترودیالیز پیوسته نیز نشان داد که این روش می‌تواند به منظور جداسازی اورانیوم از محلول‌های آبی بسیار موثر باشد [۷]. هدف از این تحقیق، بررسی اثر حضور نیکل و منیزیم بر جداسازی اورانیوم از محلول‌های دو جزبی و سه جزبی در یک سیستم الکترودیالیز پیوسته می‌باشد.

روش کار

در الکترودیالیز، محلول خوراک از محفظه‌ای بسته بین غشاهای تبادل یونی عبور داده می‌شود. به دو طرف این محفظه، یک میدان الکتریکی اعمال می‌شود. یون‌های موجود در محلول تحت نیروی میدان الکتریکی به سمت الکترودها کشیده می‌شوند. سر راه آنیون‌ها و کاتیون‌ها به سمت الکترودها به ترتیب از غشاهای تبادل آنیونی و تبادل کاتیونی استفاده می‌شود. بنابراین یون‌ها با عبور از این غشاهای از محفظه‌ی خوراک جدا شده و خوراک عاری از یون می‌شود (شکل ۱) [۵]. واحد آزمایشگاهی الکترودیالیز پیوسته در مقیاس آزمایشگاهی از بخش‌های مختلفی شامل محفظه‌ی غشایی، مخزن خوراک، مخزن محصول رقیق، مخزن محصول غلیظ، مخزن محلول الکترودی، پمپ پرستالتیک و منبع تغذیه تشکیل شده است (شکل ۲).



شکل ۱: شماتیک جداسازی در فرایند الکترودیالیز



شکل ۲: شماتیک فرایند الکترودیالیز پیوسته

نتایج



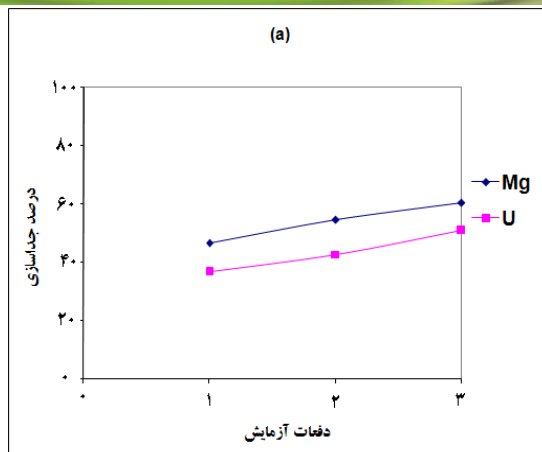
برای بررسی اثر حضور یون‌های منیزیم و نیکل بر جداسازی اورانیوم، آزمایشات مناسبی طراحی شد. در این آزمایشات محلول‌هایی دو و سه عنصری ساخته شد که همواره یکی از این اجزا اورانیوم بوده است. غلظت‌های مولی عناصر در محلول‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. همچنین غلظت مجموع عناصر در هر محلول برابر ۰/۸۴ میلی‌مولار می‌باشد (جدول ۱). برای هر محلول، ۳ آزمایش در شرایط مختلف ولتاژ و دبی انجام شد (جدول ۲). نتایج آزمایشات فوق شامل درصد جداسازی عناصر مختلف بطور جداگانه در شکل‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است.

جدول ۱: غلظت محلول‌های دو و سه عنصری

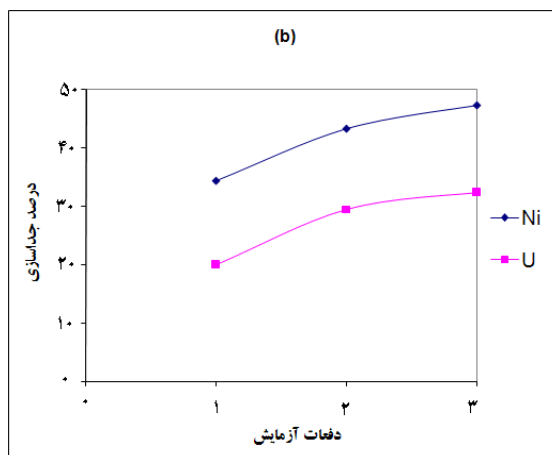
محلول‌ها	غلظت (ppm)		
	اورانیوم	منیزیم	نیکل
۱	۱۰۰	۱۰/۲	۰
۲	۱۰۰	۰	۲۴/۷
۳	۶۶/۷	۶/۸	۱۶/۴

جدول ۲: شرایط آزمایش محلول‌های دو و سه عنصری

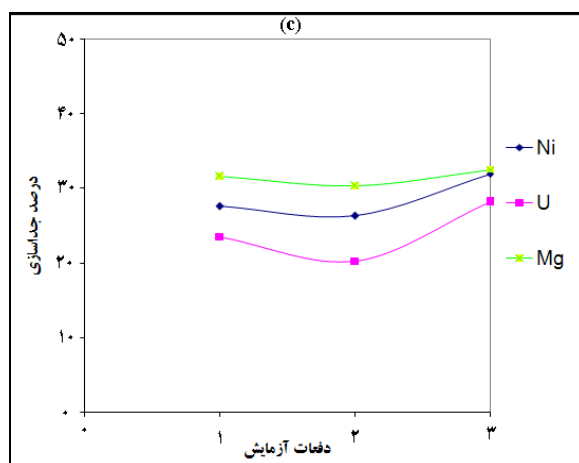
شماره آزمایش	ولتاژ (ولت)	جریان (آمپر)	دبی (میلی لیتر بر دقیقه)
۱	۱۰	۰/۱	۵
۲	۲۰	۰/۲	۱۵
۳	۳۰	۰/۳	۳۰



شکل ۳: مقایسه جداسازی اورانیوم و منیزیم در محلول دو جزئی



شکل ۴: مقایسه جداسازی اورانیوم و نیکل در محلول دو جزئی



شکل ۵: مقایسه جداسازی اورانیوم، نیکل و منیزیم در محلول سه جزئی



بحث و نتیجه‌گیری

در یک کار تحقیقاتی، جداسازی در سیستم الکترودیالیز مستقل از نوع یون معرفی شده و فقط شرایط عملیاتی در میزان جداسازی موثر شناخته شده است. به عنوان مثال جداسازی مس و سرب در شرایط یکسان و در محلول‌های با غلظت جرمی یکسان، بسیار نزدیک به هم است در حالیکه جرم اتمی آنها اختلاف زیادی دارد [۸]. در این تحقیق غلظت‌ها از نظر مولی یکسان گرفته شدند؛ زیرا جداسازی در الکترودیالیز بر اساس جریان الکتریکی و در نتیجه جریان تعداد یون‌ها صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر برای مقایسه میزان جداسازی دو نوع یون در الکترودیالیز باید تعداد یون‌های جدا شده از محلول با هم مقایسه شود نه جرم یون‌ها. انتظار می‌رود در یک میدان الکتریکی مشخص، یون‌های سبک‌تر با سرعت بیشتری حرکت کنند. به همین دلیل در یک زمان ماند مساوی، فرصت جداسازی برای عناصر سبک‌تر بیشتر خواهد بود. لذا همانطور که در شکل‌های ۳ تا ۵ مشاهده می‌شود جداسازی سه عنصر نیکل، منیزیم و اورانیوم در غلظت‌های یکسان مولی با هم تفاوت دارد. اگر هدف از جداسازی تصفیه باشد؛ برای اینکه جداسازی بیشتری از اورانیوم حاصل شود باید مقدار انرژی الکتریکی بیشتری (نسبت به محلول تک عنصری) به سیستم اعمال شود. اما اگر هدف از جداسازی، تکفیک این عناصر و بازیابی آنها (به خصوص اورانیوم) باشد، اختلاف درصد جداسازی یون‌ها در الکترودیالیز می‌تواند مفید باشد. با تنظیم ولتاژ و دبی و نیز استفاده از یک چیدمان مناسب (سری-موازی) چند مرحله الکترودیالیز می‌توان به جداسازی انتخابی عناصر نیز دست یافت.

مراجع

1. Mohammadi T., Razmi A., Sadrzadeh M., Effect of operating parameters on Pb^{2+} separation from wastewater using electrodialysis, *Desalination*, ۱۶۷, ۳۷۹-۳۸۵, (۲۰۰۴).
2. Yusan S., Akyil S., Sorption of uranium (VI) from aqueous solutions by akaganeite, *Journal of Hazardous Materials*, ۱۶۰, ۳۸۸-۳۹۵, (۲۰۰۸).
3. International Atomic Energy Agency, Application of Membrane Technologies for Liquid Radioactive Waste Processing, Technical reports series No. ۴۳۱, IAEA, Vienna, (۲۰۰۴).
4. International Atomic Energy Agency, Application of Ion Exchange Processes for the Treatment of Radioactive Waste and Management of Spent Ion Exchanger, Technical reports series No. ۴۰۸, IAEA, Vienna, (۲۰۰۴).



۵. Baker R. W., membrane technology and applications, John Wiley & Sons Ltd, Membrane Technology and Research, Inc. Menlo Park, California, chapter ۱۰, (۲۰۰۴).
۶. Zaki E. E., Electrodialysis of uranium through cation exchange membranes and modeling of electrodialysis processes, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, ۲۵۲ (۱), ۲۱-۳۰, (۲۰۰۲).
۷. Zaheri A., Moheb A., Keshtkar A. R., Shirani A. S., Uranium separation from wastewater by electrodialysis, Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, ۷(۵), ۴۲۹-۴۳۶, (۲۰۱۰).
۸. Toraj Mohammadi, Ahmad Moheb, Mohtada Sadrzadeh, Amir Razmi, Modeling of metal ion removal from wastewater by electrodialysis, Separation and Purification Technology, ۴۱, ۷۳-۸۲, (۲۰۰۵).