



مطالعه سینتیک جذب و بازیابی اورانیوم بر روی رزین تبادلگر یون

امین، منفرد*؛ هادی، عادل؛ مهدی، حافظی؛ مهدی، عابدی؛ علی، شهابی آذر

یزد، اردکان، مجتمع تولیدی شهید رضایی نژاد

چکیده

در این پژوهش عملکرد رزین تبادلگر یونی در بازیابی اورانیوم از محلول لیچینگ سولفاتی و سینتیک جذب و واجذب آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که با استفاده از این رزین تبادلگر یونی به خوبی می‌توان اورانیوم را بازیابی کرد و غلظت ناخالصی‌ها را به شدت کاهش داد. نتایج نشان می‌دهد که در زمان تماس اولیه ۱۵۰ دقیقه این رزین بیشترین جذب اورانیوم را از خود نشان می‌دهد اما این زمان جذب باعث افزایش ناخالصی‌های موجود در محلول الوت می‌گردد و از نظر اقتصادی نیز در فاز صنعتی قابل توجه نیست، از طرف دیگر در زمان تماس اولیه ۶۰ دقیقه بیشترین بازده برای شویش اورانیوم مشاهده شده و غلظت ناخالصی‌های موجود نیز به کمترین مقدار ممکن رسیده است.

واژه های کلیدی: اورانیوم، بازیابی، شستشو، وانادیوم، رزین تبادل یونی

۱- مقدمه

یکی از بزرگترین پیشرفت‌ها در صنعت در زمینه فراوری اورانیوم استفاده از رزین‌های تبادلگر یون بود [۱]. کاربرد رزین‌های تبادلگر یون بر این اصل استوار است که کمپلکس‌های آنیونی اورانیوم در محلول رقیق سولفوریک اسیدی و سدیم کربناتی به صورت انتخاب پذیر بوسیله رزین‌های سنتزی مناسب از محلول لیچ لیکور جذب می‌گردند. واکنش مبادله عکس آن با استفاده از محلول شویش مناسبی انجام می‌گیرد و باعث تولید یک محلول خالص و پرعیار اورانیوم می‌گردد که یک محلول ایده‌آل برای رسوب گیری محصولی با عیار بالایی از اورانیوم است. در اولین کاربردهای رزین‌های تبادلگر یون در فراوری اورانیوم محلول حاوی اورانیوم از درون ستون از رزین با بستر ثابت عبور داده می‌شد تا این غلظت اورانیوم موجود در محلول خروجی به مقدار ناچیزی برسد. انجام این کار به صورت پیوسته و چند مرحله‌ای باعث می‌شد تا کارایی استخراج اورانیوم افزایش یافته و رزین ظرفیت بالاتری از خود نشان دهد. در کاربردهای بعدی رزین به صورت بستر متحرک با محلول حاوی اورانیوم تماس داده می‌شد تا کارایی افزایش یابد.

به طور کلی رزین‌هایی که در صنایع فراوری اورانیوم استفاده می‌شوند رزین‌های آنیونی بازی قوی هستند [۲]. جایگاه فعال رزین‌های آنیونی بازی قوی گروه عاملی آمین نوع چهارم است [۳]. جایگزینی گروه عاملی پیریدینیوم با برخی گروه های آمین موجود در ساختار رزین موجب تولید رزین‌های اختصاصی برای صنعت بازیابی اورانیوم شده است.

تمایل رزین نسبت به یون‌های مختلف موجود در محلول متفاوت است و برای برخی از یونها تمایل بیشتری نسبت به سایر یونها نشان می‌دهد که این تمایل انتخاب پذیری رزین نامیده می‌شود [۴]. انتخاب پذیری رزین با افزایش بار یون افزایش یافته و برای یون‌هایی که بار بزرگتری نسبت به سایر یونها دارد با کاهش غلظت افزایش می‌یابد. همچنین رزین‌ها تمایل بیشتری به یون‌های با حجم کمتر نشان می‌دهند.

۲- روش کار

محلول لیچینگ مورد نیاز از لیچینگ کانسنگ اورانیوم بدست آمد و سپس با استفاده از شیرآهک در $\text{pH}=1/8$ تنظیم گردید که مشخصات محلول PLS مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات محلول‌های صنعتی مورد استفاده

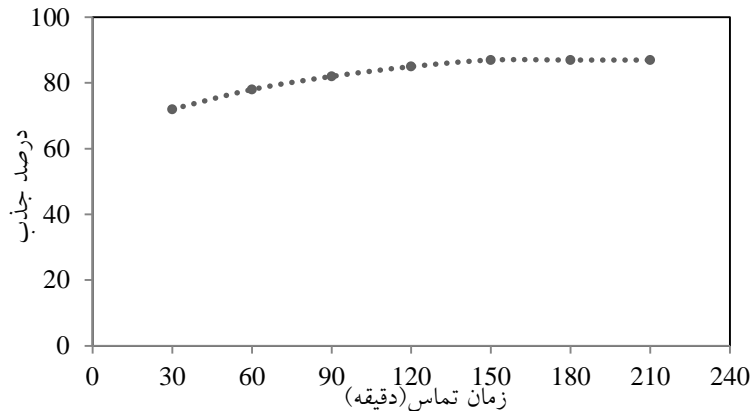
پارامتر	دانسیته محلول PLS (g/ml)	اورانیوم (ppm)	وانادیوم (ppm)	آهن (ppm)
مقدار	۱/۱۶۲	۱۸۰	۱۳۱۳	۱۰۶۳۰

برای انجام آزمایش جذب ۷ نمونه ۱۳/۵ گرمی رزین Amberjet ۴۰۰۰، به صورت جداگانه، برای مدت ۱ ساعت به صورت سیستم بسته با استفاده از هیتر همزن در تماس با محلول اسیدسولفوریک ۴٪ قرار داده شد تا یون کلر آن با یون‌های سولفات جایگزین شده و برای بارگیری اورانیوم آماده گردد. سپس هر کدام از نمونه‌های رزین برای بارگیری اورانیوم به ترتیب در مدت زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ دقیقه به صورت سیستم بسته با استفاده از همزن مغناطیسی در تماس با محلول PLS با مشخصات ذکر شده قرار داده شد. در انتهای زمان تماس هر یک از نمونه رزین با استفاده از کاغذ صافی فیلتر شده و غلظت اورانیوم موجود در محلول‌های باقی مانده اندازه‌گیری شد تا میزان جذب مشخص گردد. سپس هر نمونه رزین با استفاده از ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۲٪ سولفوریک اسید و ۰/۵٪ نیتریک اسید برای مدت ۴۵ دقیقه و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در دو مرحله شستشو داده شد تا اورانیوم جذب شده از روی رزین و جذب گردد. محلول‌های بدست آمده مورد آنالیز قرار گرفتند و غلظت یون‌های آهن، وانادیوم و اورانیوم در هر یک مشخص گردید.

۳- نتایج

۳-۱- جذب اورانیوم به وسیله رزین

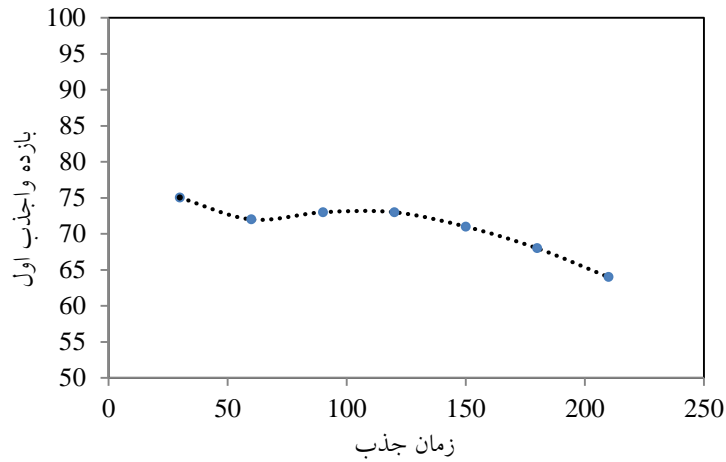
در شکل ۱ منحنی جذب اورانیوم در برابر زمان نشان رزین Amberjet ۴۰۰۰ از محلول PLS حاوی ppm ۱۸۰ اورانیوم نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد از زمان ۳۰ تا ۱۵۰ با افزایش زمان تماس مقدار بیشتری اورانیوم جذب می‌گردد و در زمان‌های تماس بیش از ۱۵۰ دقیقه هیچ تغییری در میزان اورانیوم جذب شده نشان داده نمی‌شود. در زمان تماس ۱۵۰ دقیقه ظرفیت رزین معادل $2/9 \text{ mg U/g resin}$ است.



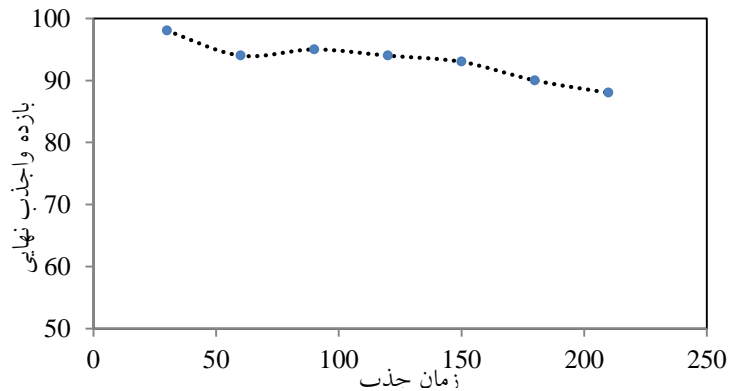
شکل ۱- اثر زمان تماس بر روی جذب

۳-۲- واجذب اورانیوم از روی رزین

پس از مرحله جذب رزین‌های باردار با استفاده از محلول اسید سولفوریک ۱۲٪ و اسید نیتریک ۵٪/۰ شستشو داده شدند تا اورانیوم واجذب گردد و مقدار اورانیوم، آهن و وانادیوم در محلول‌های شستشو مشخص شد. در شکل ۲ نمودار درصد واجذب اورانیوم در مرحله اول شویش در مقابل زمان جذب نشان داده شده است. همانطور که از روی شکل مشخص است درصد واجذب برای نمونه‌های حاصل زمان جذب ۳۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه از دیگر نمونه‌ها بیشتر است با این حال رزینی که در مدت زمان ۳۰ دقیقه در تماس با محلول اورانیوم قرار گرفته است ۳٪ واجذب بیشتری نسبت به رزین‌های با زمان تماس ۹۰ و ۱۲۰ نشان می‌دهد. در شکل ۲ نیز میزان کل اورانیوم بازیابی شده در مجموع دو مرحله شویش نشان داده شده است. همانطور که نمودارها نشان می‌دهند در اکثر نمونه‌های رزین اورانیوم تا حدود ۹۰٪ از روی رزین واجذب گردیده‌اند و رزین با دو مرحله شویش تقریباً به صورت مطلوبی احیا شده و آماده بارگیری مجدد اورانیوم است. روند کلی احیا در مجموع دو مرحله نیز همانند مرحله اول احیا بوده و مجدداً زمان‌های جذب ۳۰، ۹۰ و ۱۲۰ مقدار واجذب بیشتری نشان می‌دهند.

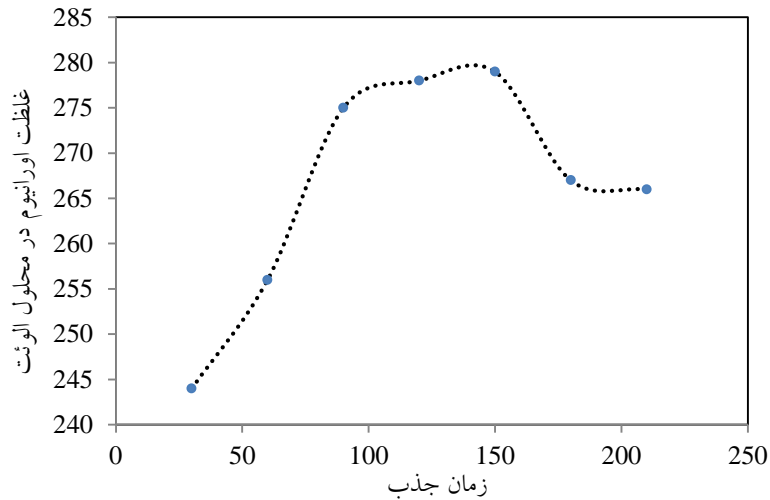


شکل ۲- بازده واجذب مرحله اول در مقابل زمان جذب

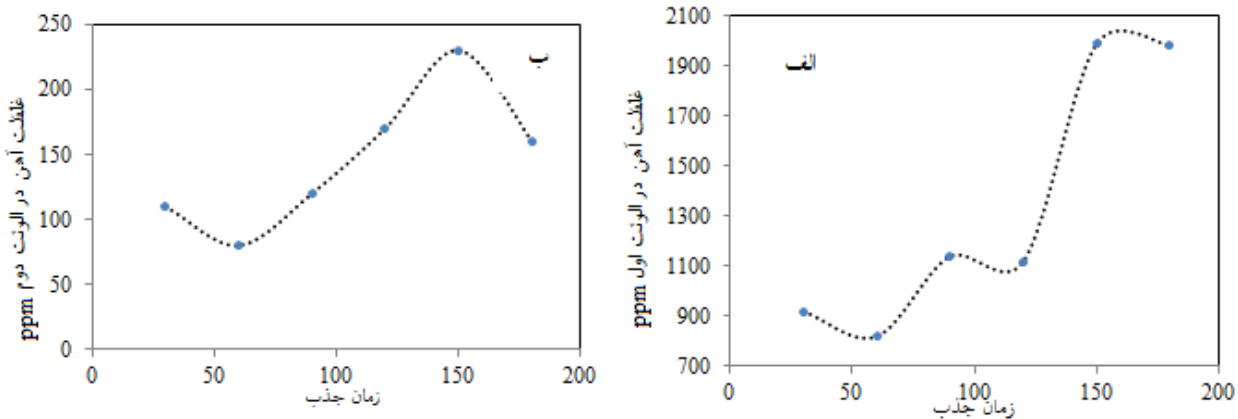


شکل ۳- درصد واجذب نهایی اورانیوم از روی رزین

یکی از فاکتورهای مهم غلظت اورانیوم موجود در محلول الوئ است. در شکل ۴ غلظت اورانیوم موجود در محلول الوئ حاصل از احیای رزین در مقابل مدت زمان جذب نشان داده شده است. در شکل مشاهده می گردد که در مدت زمان جذب ۳۰ تا ۹۰ دقیقه منحنی روند صعودی شدیدی داشته ولی در بازه زمانی ۹۰ تا ۱۵۰ شیب نمودار کاهش یافته و پس از زمان جذب ۹۰ دقیقه نمودار روند نزولی از خود نشان می دهد و غلظت اورانیوم موجود در الوئ کاهش یافته است.



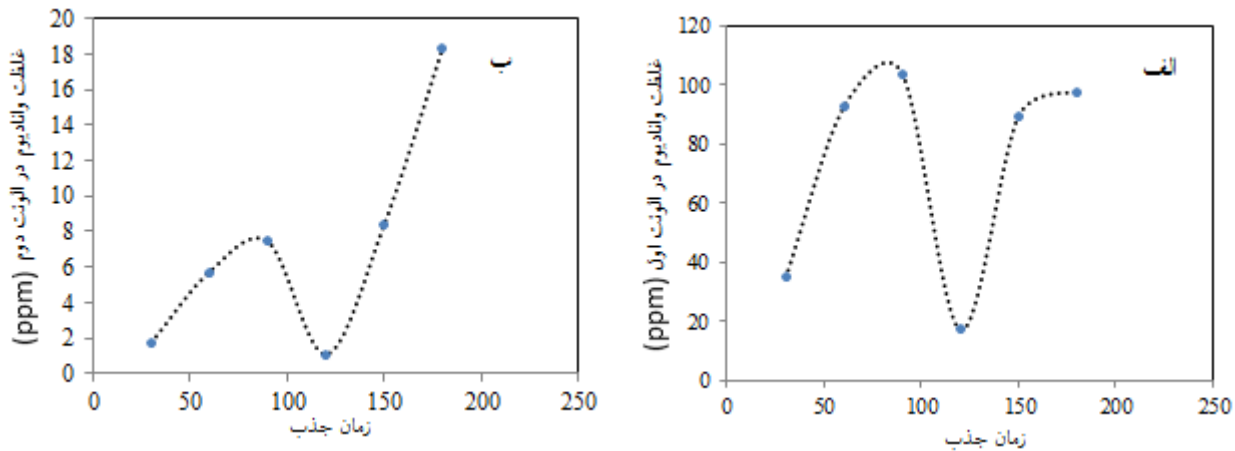
شکل ۴- وابستگی غلظت اورانیوم موجود در الوئث به زمان تماس رزین با محلول PLS در شکل ۵ الف و ب غلظت آهن موجود در الوئث حاصل از شستشوی اول و دوم نشان داده شده است.



شکل ۵- غلظت آهن در الوئث اول و دوم

همانطور که مشاهده می‌گردد شستشوی رزین در این دو مرحله رفتار یکسانی را از خود نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد با افزایش زمان جذب مقدار بیشتری آهن جذب شده و در مرحله واجذب نیز مقدار بیشتری آهن از روی رزین شسته شده و وارد محلول الوئث می‌گردد. با وجود روند افزایش آهن واجذب شده در محلول بجا مانده متناسب با افزایش زمان ولی در شستشوی اول در مدت زمان جذب ۱۲۰ دقیقه نمودار الف دچار یک تغییر شده و غلظت آهن کاهش یافته است.

در شکل ۶ الف و ب غلظت وانادیوم موجود در الوئث حاصل از شستشوی اول و دوم نشان داده شده است. در هر دو نمودار در مدت زمان جذب ۱۲۰ دقیقه، کمینه مقدار وانادیوم واجذب شده به دست می‌آید.



شکل ۶- غلظت وناادیوم در الوت اول و دوم

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق به نظر می‌رسد که رزین Amberjet ۴۰۰۰ در بازیابی اورانیوم از محلول‌های با غلظت پایین عملکرد مناسبی از خود نشان داده است. از روی نمودارهای جذب بیشترین مقدار جذب در زمان‌های بالای ۱۲۰ دقیقه بدست آمده است، اما در عوض بیشترین مقدار واجذب مربوط به زمان جذب ۳۰ دقیقه است و در حدود ۳٪ درصد عملکرد بهتری نسبت به زمان ۱۲۰ دقیقه دارد. با در نظر گرفتن غلظت ناخالصی‌ها مشخص شد که کمترین میزان ناخالصی آهن و وناادیوم در محلول الوت مربوط به زمان جذب ۱۲۰ دقیقه است که در این زمان جذب ماکزیمم غلظت اورانیوم در محلول الوت نیز به دست آمده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در زمان جذب ۱۲۰ دقیقه محلولی با کمترین میزان ناخالصی آهن و وناادیوم و بیشترین غلظت اورانیوم به دست خواهد آمد.

منابع:

- [۱]. Merritt, R.C., The Extractive Metallurgy of Uranium, ۱۹۷۱, Colorado School of Mines Research Institute, Colorado, USA.
- [۲]. Kumin, R., Ion Exchange Resins, The Recovery and Purification of Uranium, Huntington, ۱۹۷۲, New York, USA.
- [۳]. Manual on laboratory testing for uranium ore processing, ۱۹۹۰. IAEA, Austria.
- [۴]. Uranium extraction technology, ۱۹۹۳. IAEA, Austria.