

روشهای صنعتی استخراج فلزات با حلال

نگارش :

مرتضی سهرابی

طاهره کاغذچی

استادیاران دانشکده صنعتی (پلی تکنیک تهران) انستیتو مهندسی شیمی و پتروشیمی

چکیده :

روشهای صنعتی استخراج فلزات با حلال ابتدا در استخراج فلزات نادر و نیز خالص ساختن اورانیوم مورد استفاده قرار گرفتند. اخیراً در نتیجه تحقیقات و مطالعات مفصل در این زمینه امکان استخراج و تولید فلزات معمولی مانند مس نیز در مقیاس صنعتی میسر گردیده است. روشهای استخراج با حلال را میتوان در موارد بسیاری از جمله بازیابی فلزات از سنگهای معدن ناسرغوب و پس آبهای که محتوی کمتر از ۱ گرم در لیتر فلز میباشند و همچنین جداسازی یک فلز مورد نظر از محلولی که فلزات متعددی را در بردارد بکار برد. روشهای مزبور فرایندهای بسیاری را که در سابق غیر اقتصادی محسوب میشدند چون استخراج از کانیهای پیچیده و ناسرغوب و پس آبهای کارخانجات، اقتصادی و ممکن ساخته اند.

استخراج مس بوسیله حلال برطریق معمول در گذشته رجحان فراوان دارد زیرا با استفاده از این روش میتوان مس بسیار خالص را در واحدی نه چندان دور از معدن اصلی تهیه نمود. امتیازات دیگر آن در هزینه اندک نگاهداری و تعمیرات دستگاهها و نیز در کار نبودن گازهای سمی و آلوده کننده محیط زیست می باشد. در مقاله زیر تئوریهای شیمیائی و نیز روش های صنعتی استخراج فلزات با حلال مورد بررسی قرار گرفته و بعنوان مثال مشخصات و اطلاعات مربوط به یک واحد تولید مس داده شده است.

با آنکه متجاوز از ۴۰ سال است که شیمی دانان از روشهای استخراج با حلال برای جدا کردن فلزات مختلف از یکدیگر سود می جویند، معهداً تا چند سال قبل این روشها در صنایع متالورژی مورد استفاده ای نداشته اند. تنها در سالهای اخیر بود که بعلا کشف ویا سنتز حلالهای مناسب و ارزان قیمت و بخصوص بدلیل موفقیت جالبی که با استفاده از این روش ها در تهیه سوخته های هسته ای بدست آمد، توجه صنایع به روشهای استخراج فلزات بوسیله حلال جلب گردید و در نتیجه تحقیقات و بررسی های مفصل در این زمینه روشهای نوینی پیدا شد که امروزه در استخراج بسیاری از فلزات مورد استفاده قرار می گیرند.

مطالعه شیمیائی استخراج فلزات با حلال

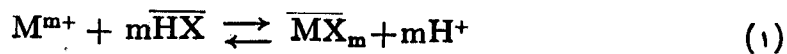
بطور کلی استخراج فلزات با حلال به سه طریق ممکنست انجام گیرد :

الف : تبادل کاتیونی - حلالهائی که در این روش مورد استفاده واقع میشوند اسیدهای سولفونیک

فسفریک و کربوکسیلیک حلقوی و زنجیری و دیگر عواملی هستند که با یونهای فلزات ایجاد کمپلکسهای Chelate میکنند.

سیستمهای Chelate : با استفاده از قانون اثر جرم میتوان چگونگی و مسیر استخراج فلزات در این قبیل سیستمها را توضیح داد. مطالعه چنین سیستمهایی معمولاً ساده بوده و در صورتیکه عمل استخراج از یک محلول رقیق صورت گیرد، هیچ عامل ترمودینامیکی بر روی فعالیت (activity) جسم حل شده در فاز آبدار اثر نخواهد گذارد.

اجسام موجود در فاز آلی بیشتر کمپلکسهای پایداری هستند که تجزیه و یا همبسته نمی گردند. عنوان مثال ثابت فعل و انفعال استخراج زیر که در واقع نمودار تشکیل و پایداری Chelate فلزی میباشد، و نیز ضریب توزیع فلز در دو فاز به ترتیب ذیل بدست می آید :



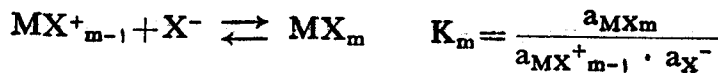
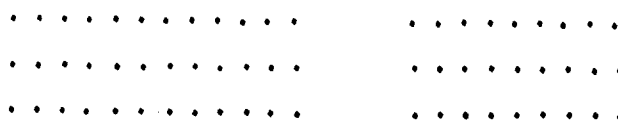
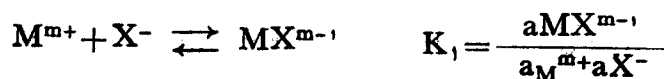
در رابطه (۱)، HX یک اسید ضعیف Chelate دهنده و M یک فلز میباشد.

مراحل مختلف تشکیل کمپلکس فلزی و استخراج آن بدین قرار است:

۱ - یونیزاسیون HX در فاز آبدار :



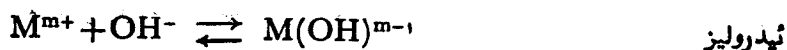
۲ - تشکیل Chelate :



دو نتیجه ثابت کلی تشکیل عبارتست از :

$$\beta_m = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_m$$

۳ - فعل و انفعالاتی که برای ترکیب با یون فلز با یکدیگر رقابت می نمایند :



۴ - پخش اسید در دو فاز :

$$P_x = \frac{a_{\overline{HX}}}{a_{HX}}$$

۵ - پخش Chelate در دو فاز :

$$P_c = \frac{a_{\overline{MX}_m}}{a_{MX_m}}$$

a عبارتست از آکتیویته و خط تیره بر روی بعضی از اجزاء معادلات مبین آن است که اجسام مربوطه در فاز آلی قرار دارند.

برای بدست آوردن رابطه‌ای که نسبت توزیع فلز را در دو فاز بدست دهد فرض میکنیم:

۱ - تنها جسم محتوی فلز در فاز آلی MX_m میباشد.

۲ - جسم فوق در فاز آلی داخل ترکیب دیگری نمیشود.

۳ - تنها عوامل ترکیب شونده در فاز آبدار X^- , HX بوده و هیچ نوع همبستگی بین آنها

ایجاد نمی‌گردد.

$$D = \frac{\text{کلیه اجسام محتوی فلز در فاز آلی}}{\text{کلیه اجسام محتوی فلز در فاز آبدار}}$$

$$D = \frac{a_{MX_m}}{[a_M^{m+} \cdot a_{MX}^{(m-1)+} \cdot \dots \cdot a_{MX}^{+m-1}] + \sum_i a_{M(OH)_i}^{m-i} + \sum_j a_{My_j}^{m-j}}$$

پس از تقسیم عبارت فوق بر $\frac{a_{MX_m}}{a_{MX_m}}$ و قراردادن مقادیر بند ۲ و ۳ خواهیم داشت:

$$D = \frac{\beta_m P_c a_X^{-m}}{1 + K_1 a_X^{-1} + K_1 K_2 a_X^{-2} \cdot \dots \cdot \beta_m a_X^{-m} (1 + y_0)} \quad (2)$$

که در رابطه فوق:

$$y_0 = \left[\sum_i a_{M(OH)_i}^{m-i} + \sum_j a_{My_j}^{m-j} \right] / a_{MX_m}$$

با جانشین نمودن مقادیر بند ۱ و ۴:

$$D = \frac{\beta_m P_c K_X^m}{P_X^m} \left\{ \left[\frac{a_{H^+}}{a_{HX}} \right]^m + \frac{K_1 K_X}{P_X} \left[\frac{a_{H^+}}{a_{HX}} \right]^{m-1} \cdot \dots \cdot \frac{K_1 \cdot \dots \cdot K_{m-1} K_X^{m-1}}{P_X^{m-1}} \times \frac{a_{H^+}}{a_{HX}} + \frac{\beta_m K_X^m}{P_X^m} (1 + y_0) \right\}^{-1} \quad (4)$$

در صورتیکه فرضیات زیر بعمل آید:

I: یون فلزی بمقدار زیاد ئیدرولیز نمیشود و با آنیونهای موجود تشکیل کمپلکس نمی‌دهد:

$$y = 0$$

II غلظت Chelate در فاز آبدار ناچیز است:

$$(MX_m) \rightarrow 0 \quad \text{یا} \quad \left[\frac{a_{H^+}}{a_{HX}} \right]^m \gg \frac{\beta_m K_X^m}{P_X^m}$$

III غلظت مواد میانی اندک میباشد :

معادله (ε) عبارت ذیل ساده خواهد گردید :

$$D = \frac{\beta m P_c K_X^m}{P_X^m} \cdot \frac{a_{\overline{HX}}^m}{a_{H^+}} = K \cdot \frac{a_{\overline{HX}}^m}{a_{H^+}} \quad (۰)$$

مصرف اسیدهای کربوکسیلیک و سولفونیک بعلت انحلال زیاد بسیاری از آنها و نیز نمکهای فلزی آنها در فاز آبدار و قدرت استخراج اندکشان زیاد مطلوب بنظر نمیرسد ، معهذاتوانسته اند با تنظیم PH فاز آبدار ، فلزات متعددی را بوسیله این حلالها و یا مخلوط آنها با حلالهای دیگر استخراج نمایند . در سیستمهای استخراج فلزات بوسیله اسیدهای کربوکسیلیک ، در صورت ثابت ماندن ضرائب فعالیت اجسام ، نسبت توزیع فلز در دو فاز (Distribution Ratio) با معادله ساده زیر داده میشود .

$$\log D = \log K_{II} + m \log a_{\overline{HX}} + mPH \quad (۱)$$

در رابطه (۱) :

$$K_{II} = \frac{a_{\overline{MX}_m} a_{H^+}^m}{a_{M^{m+}} \cdot a_{\overline{HX}}^m}$$

$$D = \frac{a_{\overline{MX}_m}}{a_{M^{m+}}}$$

در تحت شرایط آزمایشی یکسان ، رسم مقادیر D بصورت تابعی از PH برای فلزات مختلف ، منجر به حصول یک دسته منحنی های موازی یکدیگر میگردد که با استفاده از شیب آنها میتوان K_{II} را محاسبه کرد .

ب - تبادل آنیونی - حلالهای مورد استفاده در این روش بیشتر آمین های زنجیری طویل نوع اول تا چهارم هستند . قابلیت استخراج فلزات با آمین های زنجیری بغیر از امیل ترکیبی کمپلکسهای آنیونی فلزات با توده متراکم کاتیونی آمین ها ، به شرایط فاز آبدار نیز بستگی دارد .

قانون اثر جرم را نمیتوان در مورد این سیستمها بکاربرد ، زیرا در شرایط معمولی استخراج ، خواص فاز آلی غالباً از حالت ایده آل بسیار دور است و علت عمده آن نیز همبستگی ملکولی اجسام در فاز آلی است . انواع این همبستگی ها تا بحال بخوبی شناخته نشده اند .

در سالهای اخیر استخراج فلزات بوسیله انواع آمین ها مورد توجه بسیار قرار گرفته و چنانکه خواهیم دید واحدهای صنعتی متعددی بدین منظور تأسیس گشته اند .

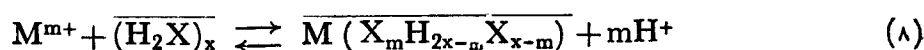
در بین عواملی که عمل استخراج با آمین ها را تحت تأثیر قرار میدهند ، نوع جسم رقیق کننده (diluent) و ساختمان ملکولی خود آمین ها هستند که مورد بررسی بسیار واقع شده اند . قدرت استخراج آمین های نوع سوم بیشتر از نوع دوم و نوع دوم بیشتر از نوع اول است . معهذاتوانسته با استخلاف برخی عوامل در ساختمان آمین ها میتوان این ترتیب را برهم زد .

ساده‌ترین معادله شیمیائی استخراج بوسیله یک آمین نوع چهارم عبارتست از :



ج - استخراج بوسیله Solvation

بعضی از فلزات بصورت ملح نیترات از محلولهای اسیدی غلیظ در اثر Solvation کاتیون فلزی باحلالهائی نظیر trialkyl phosphates و یا tri alkyl phosphine oxide استخراج میشوند. بطور کلی حلالهای مورد استفاده در این روش دارای بندهای کربن - اکسیژن و یا فسفر - اکسیژن هستند اما مکانیزم حقیقی فعل و انفعال استخراج در بسیاری از سیستمها بخوبی روشن نیست و بهمین جهت غالب اوقات واکنشهای فرضی در نظر می‌گیرند که مثلاً در مورد حلالهای دی‌بازیک منوالکیل فسفاتها این فعل و انفعال بشکل زیر تصور میشود.



سیستمها و خواص مواد لازم در روشهای استخراج با حلال

سیستمهای صنعتی استخراج با حلال باید دارای مشخصات زیر باشند :

- ۱ - کمی بهاء و فراوانی مواد شیمیائی لازم
 - ۲ - انحلال بسیار زیاد حلال در رقیق‌کننده‌های آلی و حلالیت ناچیز آن در فاز آبدار
 - ۳ - آسانی تشکیل کمپلکس بین حلال و فلز مورد نظر و انحلال زیاد جسم آلی فلزدار در فاز آلی
 - ۴ - میل ترکیبی زیاد حلال با فلز در مجاورت ناخالصی‌های موجود در محلول
 - ۵ - آسانی جدا کردن فلز از فاز آلی و سادگی بازیابی حلال برای جریان مجدد آن در سیستم.
- در جداول ضمیمه مشخصات برخی از سیستمهای استخراج فلزات با حلال داده شده است.
- نظر باینکه در سالهای اخیر تولید مس به روش استخراج با حلال مورد توجه و اهمیت فراوان اقتصادی و فنی قرار گرفته است ، در زیر چگونگی روش و مشخصات واحدهای مربوطه را مورد مطالعه قرار میدهم :

در سالهای نخست دهه ۱۹۶۰ کمپانی General Mills حلالی با نام اختصاری LIX63 را بمنظور استخراج مس از محلولهاییکه PH آنها بزرگتر از ۴ بود تهیه نمود. این حلال در استخراج مس از محلول آمونیاکی آن مورد استفاده قرار گرفت. همین کمپانی حلال دیگری بنام LIX64 را نیز برای محلولهاییکه PH آنها بین ۱ الی ۳ بود فراهم کرد.

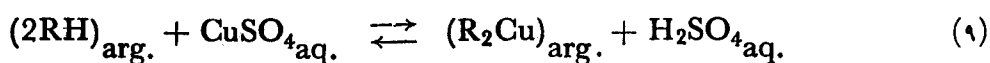
بوجود آمدن LIX64 و نوع مؤثرتر آن بنام LIX64N درحقیقت نخستین قدم در ایجاد واحدهای صنعتی استخراج مس باحلال محسوب میگردد. اولین واحد صنعتی استخراج مس بوسیله حلال درجهان توسط : Ranchers Development and Exploration Corporation , Miami , Arizona تأسیس گردید. اخیراً شرکت Bagdad Corporation , Bagdad , Arizona نیز واحدی با قدرت استخراج ۲۷۵ گالن در دقیقه ایجاد نموده است.

علاوه بر واحدهای مذکور، تعداد زیادی واحدهای آزمایشی (Pilot plant) بوسیله شرکت Inspiration Consolidated و همچنین شرکت Duval Corporation, Esperanza, Arizona و Copper Company, Inspiration, Arizona ساخته شده است.

اخیراً نقشه ایجاد بزرگترین واحد استخراج مس با حلال در جهان که قرار است در Chingola زامبیا بوسیله کمپانی Power Gas Corporation (U. K.) ساخته شود عرضه گردیده است. این واحد بظرفیت ۱۲۰۰۰۰ گالن در دقیقه بوده و قادر به تولید بیش از ۶۰۰۰۰ تن مس در سال خواهد بود. بنابراین بجزرات میتوان گفت که در آینده روش استخراج با حلال نقش بسیار مهمی در تولید مس خواهد داشت.

فعل و انفعالات اساسی فرایند و پارامترهای طرح

استخراج مس از محلول آبدار بوسیله بعضی حلالهای آلی نظیر LIX64N ویا Kelex 100,120 طبق فرمول زیر انجام می گیرد:



بطوریکه دیده میشود عمل استخراج مس باعث افزایش غلظت اسید در فاز آبدار میگردد. لذا در هنگام انتخاب نوع محلول آبدار این نکته را باید در نظر گرفت.

LIX64N حلال بسیار مؤثری در استخراج مس از محلولهاییکه PH آنها بین ۱۰ تا ۱۲ است میباشد. در PH کمتر از ۱۰ ظرفیت بارگیری بطرز سریع و محسوسی کم گشته و در PH حدود ۱۰. این ظرفیت به $\frac{1}{2}$ مقدار آن در PH ۱۰ میرسد. با استفاده از این حلال میتوان حتی از محلولهاییکه مقدار مس آنها بسیار زیاد و در حدود ۳ گرم در لیتر باشد بشرط بالا بودن PH ابتدائی با بهره بسیار خوبی عمل استخراج را انجام داد. محلول یک درصد حجمی LIX64N در نفت سفید قادر با استخراج حداقل ۲۰ گرم در لیتر مس از محلولیکه شامل ۲ تا ۳ گرم در لیتر مس بوده و PH آن نیز بین ۲ الی ۲.۵ باشد خواهد بود. در صورتیکه نسبت حجم فاز آلی به فاز آبداریک بریک اختیار گردد، میتوان غلظت LIX64N موجود در فاز آلی را محاسبه کرد. چون فاز آلی خروجی از قسمت پاکسازی کاملاً عاری از مس نمی باشد، لذا افزودن مقدار کمی LIX64N اضافی ضروری است.

قابلیت استخراج انتخابی حلال LIX64N

قدرت استخراج انتخابی حلال LIX64N در مورد مس بمراتب بیشتر از قدرت آن در استخراج سایر فلزات است. تنها یون فلزی که در ضمن استخراج مس بمیزان قابل اندازه گیری وارد فاز حلال می گردد آهن فریک است. البته باید خاطر نشان ساخت که نسبت جرم مس به آهن استخراج شده در حدود چند صد بریک میباشد. در این عمل استخراج، وجود آهن فریک در محلول اولیه باندازه مسئله PH محلول و غلظت LIX64N مهم نیست. علت اهمیت PH محلول و غلظت حلال آنستکه سهستم بطریق جریان معکوس کار میکنند. باین ترتیب محلول تازه LIX64N ابتداء با محلولی که کمترین مقدار مس و بنابراین بالاترین

معکوس با یکدیگر جریان یافته و در نتیجه مس از فاز آبدار به فاز آلی منتقل میگردد. برای فراهم کردن فشار لازم جهت راندن محلول بداخل Mixer - Settler بهمزنهای مربوطه را طوری طرح می نمایند که عمل پمپ را نیز انجام دهند.

معمولاً نسبت حجم فاز آلی به فاز آبدار را در Mixer - Settler برابر ۱:۱ در نظر می گیرند. در صورتیکه نسبت حجمی بزرگتر از این مقدار اختیار شود با وجود آنکه محلولهای رقیق تری را میتوان مورد عمل قرارداد، معهذاً مقدار حلال مورد نیاز به مراتب بیشتر بوده و در نتیجه ابعاد دستگاه نیز افزایش می یابد. در نسبت های کوچکتر، غلظت زیاد جسم استخراج شده در حلال مسئله گرفته شدن آهن را پیچیده تر میسازد. بهتر است که در آخرین Mixer - Settler بخش استخراج مخلوط کاملاً در همی از دو فاز را در حالیکه فاز آلی فاز مداوم (Continuous) می باشد وارد نمود تا اتلاف مواد ارگانیک به کمترین مقدار تقلیل یابد ولی در هر حال مقداری از مواد آلی در فاز تصفیه (آبدار) موجود خواهد بود.

فاز تصفیه خروجی از آخرین Mixer - Settler را وارد مخزنی می نمایند تا در صورتیکه مقدار قابل توجهی از مواد آلی بطور تصادفی بوسیله آن برده شده باشد گرفته شود. محلول را سپس وارد قسمت بازیابی حلال می کنند. در این بخش بوسیله واحدهای شناور کننده و یا بسترهای اتصال دهنده قطرات (Coalescence) قسمت بیشتری از اجسام آلی را جدا نموده و به قسمت استخراج برمیگردانند. فاز آبدار سپس وارد بخش تهیه محلول مس میگردد.

قسمت پاکسازی

محلول آلی محتوی مس، از جدا کننده اولین واحد استخراج خارج شده و به قسمت پاکسازی پمپ میشود. این قسمت معمولاً از دو Mixer - Settler تشکیل یافته که محلول محتوی مس و محلول الکترولیت بطور معکوس در آن جریان دارند. محلول الکترولیت در ابتدا بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم در لیتر اسید سولفوریک داشته و حدود ۰.۰۵ تا ۰.۰۱ گرم مس نیز در اثر شستشو در آن داخل خواهد گردید. بسته بنوع استفاده از Electrowinning غلظت مس را میتوان ۲ تا ۲۰ یا حتی ۳۰ گرم در لیتر تغییر داد. در صورتیکه افت غلظت بسیار کمی مورد نظر باشد بایستی شدت جریان محلول الکترولیت را زیاد و شدت جریان کلی فاز آلی/فاز آبدار در قسمت پاکسازی را اندک گرفت و در نتیجه ابعاد دستگاه استخراج با حلال بزرگ خواهد شد. با وجود آنکه حجم زیاد فاز آبدار باعث پایدار ساختن کار Mixer - Settler میگردد معهذاً این روش مطلوب بنظر نمیرسد. معمولاً افت غلظت مس را در حدود ۱ گرم در لیتر در نظر می گیرند و محدوده عمل بین ۳ تا ۰.۰۵ گرم در لیتر تغییر می نماید. در این حالت نسبت شدت جریان فاز آبدار/فاز آلی تقریباً ۱:۱۰ خواهد شد. در اولین Mixer - Settler قسمت پاکسازی معمولاً مخلوط در همی از دو فاز را وارد می نمایند تا از شدت انتقال مواد آلی به فاز آبدار کاسته شود. در صورتیکه افت غلظت بیشتری مورد نیاز باشد نسبتی بزرگتر از ۱:۱۰ را لازمست. این شرط با اضافه کردن یک جریان برگشتی از فاز آبدار که در ضمن حفظ کیفیت عمل پاکسازی کار Mixer - Settler را نیز پایدار میسازد میسر میگردد.

فاز آلی که قسمت اعظم مس خود را از دست داده پس از ترك دویمین Mixer - Settler قسمت پاکسازی به بخش استخراج برمیگردد. الکترولیت محتوی مس بعد از خروج از اولین جداکننده این قسمت، ابتدا وارد مخزنی میشود که در آن جدا سازی مقدماتی سواد آلی همراه این فاز صورت می پذیرد و سپس داخل بخش بازیابی حلال میگردد که در آن بمنظور جدا ساختن باقیمانده حلال واحدهای شناور کننده یا بسترهای اتصال دهنده قطرات تعبیه شده است. این فاز پس از گرم شدن بوسیله الکترولیت مصرف شده در یک تبادل کننده حرارتی به قسمت Electrowinning داخل میشود. خود الکترولیت مصرف شده نیز بدویمین Mixer - Settler قسمت پاکسازی برمیگردد.

در جدول زیر مشخصات واحد صنعتی Bluebird واقع در سیامی ایالات متحده داده شده است.

مدار استخراج

شدت جریان فاز آبدار	.....	$0.6961 \text{ l/s} (0.6961 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s})$
نسبت حجم دو فاز (فاز آبدار / فاز آلی) :		
الف : واحد خوراك	.....	۱ : ۱ (جریان برگشتی ۱ : ۳)
ب : دو واحد دیگر	.....	۳ : ۱
غلظت LIX64N در رقیق کننده هیدروکربوری :	.....	۷٪
زمان باقی ماندن مواد در مخلوط کننده :	.....	۲ دقیقه
مساحت Settler	.....	$1.37 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sm}^2$
غلظت مس در فاز آلی :	.....	۱۲۲ g/l
غلظت فاز تصفیه :	.....	10 g/l اسید سولفوریک 0.4 g/l مس
حجم مخلوط کننده :		
الف : واحد خوراك	.....	1 m^3
ب : دو واحد دیگر	.....	30 m^3

مدار پاکسازی

نسبت حجم دو فاز (فاز آبدار / فاز آلی )	.....	۶ : ۱
شدت جریان فاز آبدار	.....	$2.82 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
غلظت فاز استخراج :	.....	150 g/l اسید سولفوریک 23 g/l مس

حجم کل فاز آلی 430 m^3

بقیه جدول ۱

<p>بطور کلی در استخراج فلزات از محلول سولفات آنها مورد استفاده قرار میگیرد.</p>	۷۰۰	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 \text{CH} - \text{NH}_2 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$	تبادل آمونی	۱ MT لورین
<p>استخراج اورانیوم استخراج اورانیوم در استخراج اورانیوم ، وانادیوم و تنگستن یکا سیود و برای جدا کردن نیکل و کبالت از محلول کلرور آنها پیشنهاد گردیده است.</p>	۷۰۰	$\begin{array}{c} \text{R}_2\text{NH} \\ | \\ \text{—N} \\ | \\ \text{R}_2\text{NH} \\ | \\ \text{—N} \\ | \\ \text{R}_3\text{N} \\ | \\ \text{R} = \text{C}_8 - \text{C}_{10} \end{array}$		LA-1 LA-2 الامین 336
<p>استخراج وانادیوم و کرم</p>	۷۰۰	$\begin{array}{c} (\text{R}_9\text{N}^+ - \text{CH}_2)_4 \text{Cl}^- \\ \text{R} = \text{C}_8 - 10 \end{array}$	تبادل آمونی	Aiquat 336

جدول ۲ مشخصات فرآیندهای صنعتی استخراج فلزات با حلال

نکات مهم	حلال	سیستم	نوع فلز
<p>یک واحد کاملاً اقتصادی بطرفیت ۱/۱۶ در سیاسی</p>	<p>LIX 64</p>	<p>سنگ معدن غنیتر غروب را با H_2SO_4 ترکیب مینمایند فلزس در اثر شستشوی حلال به وسیله Electrowinning آزاد میشود.</p>	<p>مس</p>
<p>یک واحد صنعتی در Mountain Pass کالیفرنیا Thorium Ltd. (بریتانیا) همچنین در ژاپن و آمریکا واحدهایی مشغول بکار هستند. Thorium Ltd (بریتانیا)</p>	<p>DEHPA اسید Versatic TBP</p>	<p>سنگ معدن را با HCl مجاور مینمایند و Eu در اثر شستشوی با حلال آزاد میشود ؟ اسید نیتریک را با عناصر تقلیل شده ترکیب مینمایند</p>	<p>خاکهای نادر Europium Yttrium جدا کردن Neodymium و Praseodymium</p>
<p>روش « Amex » : واحدهای متعددی در آمریکا و کانادا مشغول بکار هستند روش « Dapex » (شستشو با Na_2CO_3 . یون ترکیب قبل از استخراج باید به یون فرو اچاشود) واحدهای صنعتی در نیویورک، کارادو ، وایومینگ و غیره روش « Durex - Uranium Co. » واقع در شهر Saltlake</p>	<p>محلول ۲ تا ۳ درصد آمین های زنجیری طولی در وقت سفید محلول ۱٪ سوکلول DEHPA در ۰.۱ و سوکلول TBP در نفت سفید محلول ۳ درصد DDPA در وقت سفید و دودسید اکل</p>	<p>a : ترکیب H_2SO_4 با سنگ معدن ناسرغوب b : برشته کردن سنگ معدن با زیگک و ترکیب آن با یک فلایا c : ترکیب با اسید سولفوریک</p>	<p>اورانوم</p>

بقیه جدول ۲

<p>در شهر Mallinckrodt St. Louis شستشو با محلول رقیق HNO_3 در $10^\circ C$ National Lead, Mallinckrodt روش « Darex » روش « Redox » - روش « Purex » چهار واحد بزرگ در افریقای جنوبی</p>	<p>ایتل اتر محلول ۲۰ درصد TBP در هگزان در TBP در محلول ه درصد نفت سفید هگزان</p>	<p>UO_8 با HNO_3 تغلیظ شده c: تبادل یونی f: اورانیوم موجود در سوختهای مصرف شده g: اورانیوم موجود در سوختهای مصرف شده اسید رقیق $Al(NO_3)_2 +$ h: ترکیب H_2SO_4 با Canotite i: ترکیب H_2SO_4 با اقیمازنده کانی طلا</p>	<p>اورانیوم</p>
<p>شستشو با CO_3Na_2، کارخانجاتی در کلرادو، Shiprock و واحد Vitro Chemical در شهر Saltlake شستشو با محلول NH_4Cl، در آرکانزاس، Union Carbide شستشو با محلول ۱۰ درصد اسید سولفوریک</p>	<p>محلول ه درصد R_4N + افزود کاتول در نفت سفید TBP + DEPHA در نفت سفید مخلوط آمین های آلیناتیک و الکیل فسفات اسیدها</p>	<p>a: پوشته کردن سر باره نروفسورو $PH=2.4$ b: محلول جانی تولید اورانیوم c: پوشته کردن محصولات جانی حاصل از تولید اورانیوم</p>	<p>وانادیوم</p>
<p>در شهر Vanadium Corp. در شهر Durango کلرادو</p>			

بقیه جدول ۲

نکات مهم	حلال	سیستم	نوع فلز
تاکنون کارخانجات Wah chang و Mallinczrodt در آمریکا و Murex Ltd در انگلستان و واحدهائی در بلژیک، آلمانی غربی و ژاپن برای استخراج Ta تأسیس شده‌اند.	MIBK	ترکیب با HF/H_2SO_4	جدا کردن Niobium و Tantalum
تصور میشود که حداقل سه واحد در آمریکا موجود باشند که یکی از آنها متعلق به Union carbide است.	Alamine 336	ترکیب با H_2SO_4 و شستشو با محلول آمونیاک	تنگستن
دو واحد صنعتی توسط American Potash و Chemical Corp کالیفرنیا تأسیس گشته‌اند.	Polyol در نفت سفید		بور
واحد صنعتی Brush Beryllium	اسید آرکانو فسفات در نفت سفید	ترکیب با H_2SO_4 با سنگ معدن beryl	بریلوم
کمپانی Amax در ایالت نیویورک. در این روش اتلاف حلال زیاد بوده و بهلاوه قسمتی از حلال بازیابی شده بلعبریزه میگردد.	محلول NH_4SCN در هگزان	a : هیدرولیز $Zr(HF)Cl_4$ b : ذوب فلزاتی سنگ معدن و انحلال آن در اسید نیتریک	جدا کردن Hafnium و Zirconium
Eldorado Nuclear Ltd کانادا در این طریق SiO_2 با پستی کاملاً حذف کرد. HF که همراه Zr می‌باشد در اثر شستشو با اسید نیتریک ه نریال جدا میگردد و Zr در اثر شستشو با آب گرفته میشود.	محلول ۰.۰ درصد TBP در کسپان	ه ۱۲۰ نریال	

فهرست منابع

- 1 - C.C.I. Warwick, J. B. Scuffham & J. B. Lott, World Mining, October 1970, 38
- 2 - Marcus, Y & Kertes, A.S., Ion Exchange and Solvent Extraction of Metal Complexes, John Wiley and Sons, New York, 1969.
- 3 - Cahalan, M.J., Advances in Extractive Metallurgy, Institution of Mining and Metallurgy, London, 1968, 712.
- 4 - U. S. Patent No. 3, 428, 449, 18 th February, 1969.
- 5 - British Patent No. 1,026, 791, 20 th April, 1966.
- 6 - Bridges, D. W. & Rosenbaum, J. B., USBM, I. C. 8139, 1962.
- 7 - Anon, World Mining, 1969, 22, 63
- 8 - Shoemaker, R.S., & Darrah, R.M. The Economics of Heap Leaching, Min. Engng. 1968, 20, 68.
- 9 - Recent Advances in Liquid - Liquid Extraction, edited by C. Hanson, Pergamon Press Ltd., 1971.