

تهیه اکسید سرب از کنسانتره سرب

محمد رضا گلکار نارنجی

استادیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

شهین برهانی

استادیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سید فواد آقامیری

کارشناس ارشد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

وجود میلیونها تن کانی سرب در بیش از یکصد و شصت معدن، ایران را جزو کشورهای غنی دارنده سرب قرار داده است. با این وجود استفاده از معادن فوق الذکر تاکنون بصورت صدور کنسانتره به خارج بوده است. روش عمده تهیه ترکیبات سرب، تهیه آنها از اکسیدهای سرب می باشد که این اکسیدهای سرب به روش پیرومتالوژی از کنسانتره سرب بدست می آیند. به بیان دیگر تنها روش تبدیل کانی های سرب در حال حاضر در جهان روش خشک (پیرومتالوژی) می باشد. در این مقاله برای نخستین بار در ایران و جهان یک روش هیدرومتالوژی برای تبدیل بدون واسطه کانی سرب به یکی از ترکیبات بر مصرف آن ارائه می شود. در این فرآیند ابتدا کنسانتره اکسیدی سرب با اسید سولفوریک واکنش داده می شود تا سولفات سرب بدست آید. سولفات سرب که رسوب می باشد از محلول جدا شده و به کمک محلول استات سدیم، سرب بصورت نمک استات که محلول می باشد تبدیل شده و در آخرین مرحله، با افزودن ترکیبات کربناته مانند کربنات سدیم، سرب بصورت کربنات سرب در خواهد آمد که طی این مرحله استات سدیم بازیافت می شود. در ضمن نقره موجود در کنسانتره بصورت سولفات نقره جدا می شود.

Production of Lead Oxide by Wet Process From Lead Concentrate

Mohamad Reza Golkar Narenji, Ph.D.

Assistant Prof. Chem. Eng. Dept, AmirKabir University

Shahin Borhany, Ph.D.

Assistant Prof. Chem. Eng. Dept, AmirKabir University

Foad Aghamiri, M.Sc.

Chem. Eng. Dept, AmirKabir University

The existence of millions of tons of mineral lead, in more than 160 mines has placed Iran among the countries rich in lead resources. However, the use of the above mentioned mines so far been only in the form lead Oxides. which in turn are produced from lead concentrate by pyrometallurgical methods, In other words, at present the only known method for transforming the lead concentrate is the dry pyrometallurgical method.

In this research, for the first time, a hydrometallurgical method for the direct transformation of lead minerals to other useful compounds of lead is presented. In this process, initially, the oxidized lead concentrate is reacted with Sulfuric acid, Lead sulfate then precipitated out of the solution and through the addition of sodium acetate solution, is converted into an acetate salt, which is soluble. In the last operation, the addition of Carbonated compounds, such as sodium carbonate, Lead Carbonate, is formed and sodium acetate is recovered. Additionally, the Silver in the concentrate, is separated, as silver sulfate.

مقدمه

روش اصلی تهیه ترکیبات مختلف سرب از دیرباز در امتداد زنجیره‌ای بوده است که شروع آن تبدیل کنستانتره سرب به سرب فلزی به روش پیرومتالوژی و سپس تبدیل سرب فلزی به اکسید سرب طی یک فرایند اکسیداسیون می‌باشد. روشهای پیرومتالوژی شدیداً به تغییر در خلوص عیارکانی حساس بوده و همچنین مصرف انرژی بالایی نیاز دارند. در دو دهه اخیر به علت کاهش عیارکانی‌های معدنی و افزایش بهای انرژی و تمایل به استفاده مجدد از مواد اسقاطی (مانند باتری‌های سربی در مورد کانی سرب) فرآیندهای هیدرومتالوژی (تبدیل در فاز مایع) مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند: [۱] و [۲]. البته تاکنون هیچ فرآیند مستقیمی برای تبدیل کانی‌های سرب به دیگر ترکیبات آن برون هیدرومتالوژی ارائه نشده است: [۳] و تمام کارهایی که انجام شده برای تبدیل مواد اسقاطی حاوی سرب بویژه باتری‌های سرب است [۴].

ایده اصلی اکثر روشهای هیدرومتالوژی اخذ شده از طبیعت است و در واقع یک فرآیند هیدرومتالوژی همان مسیری را دنبال می‌کند که طبیعت در طول هزاران سال برای تهیه و انباشت مواد معدنی پیموده است [۵].

در مقاله حاضر یک فرآیند هیدرومتالوژی برای اولین بار در ایران و جهان برای تبدیل مستقیم کنستانتره سرب به کربنات سرب خالص پیشنهاد شده است.

سه فرآیند مورد توجه قرار گرفت و با انجام یکسری آزمایش فرآیند برتر انتخاب، و طی آزمایشات متعدد مورد بررسی دقیق کمی و کیفی قرار گرفت. مشخصات کنستانتره سرب مورد مصرف

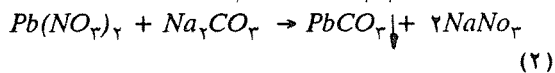
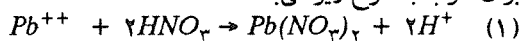
در مرجع ۳ ضمیمه ۱ داده شده است.

۱- فرآیندهای تبدیل:

۱-۱- فرآیند اول (روش اسیدنیتریک):

در این فرآیند، ابتدا واکنش میان کنستانتره سرب و اسیدنیتریک رقیق انجام می‌شود. در این صورت کاتیون سرب موجود در کنستانتره تبدیل به نترات سرب می‌شود.

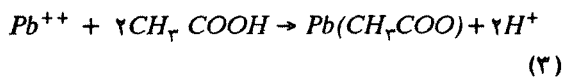
در مرحله دوم این فرآیند پس از جداسازی مواد نامحلول، محلول حاصل تحت تاثیر عوامل کربناتی قلیایی قرار گرفته تا نترات سرب تبدیل به کربنات سرب شود. واکنشهای انجام شده برای سرب به شرح زیر می‌باشند.

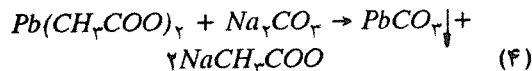


البته با مروری بر داده‌های حلالیت برای ترکیبات نترات و کربنات عناصر، آهن روی و نقره نظیر دو واکنش فوق نیز برای این سه عنصر انجام می‌پذیرد.

۱-۲- فرآیند دوم: (فرآیند اسید استیک):

این فرآیند شباهت تمام با فرآیند قبل داشته با این تفاوت که در مرحله اول این فرآیند، به جای اسیدنیتریک از اسید استیک استفاده می‌شود. واکنشهای انجام شده عبارتند از:

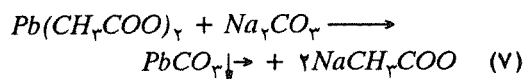
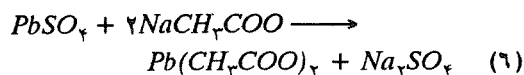
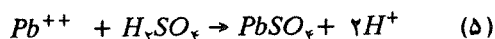




در این روش نیز به علت مشابهت داده‌های حلالیت، رسوب نهایی شامل ترکیبات روی، نقره و آهن علاوه بر سرب می‌باشد.

۳-۱- فرآیند سوم: (فرآیند اسیدسولفوریک)

در این روش، ابتدا با واکنش میان کنستانتره و اسید سولفوریک، سولفات سرب بدست می‌آید. سولفات سرب را که رسوب است از محلول جدا کرده و طی واکنش با محلول غلیظ استات سدیم، تبدیل به استات سرب می‌نمائیم. ترکیب اخیر که محلول است پس از جدا کردن آن از رسوب باقی مانده تحت تأثیر کربنات با بی‌کربنات سدیم تبدیل به کربنات سرب می‌شود. واکنشهای انجام شده عبارتند از:



چون سولفات روی، آهن و نقره برخلاف سرب محلول می‌باشند، این سه عنصر که عمده‌ترین و مهم‌ترین ناخالصی‌های همراه با سرب می‌باشند، پس از واکنش (۵) از سرب جدا می‌شوند.

۲- نتایج آزمایشات

۱-۲- فرآیند اول

واکنش مورد بررسی واکنش (۱) بوده و تحت شرایط، زمان یک

ساعت در دمای $18^\circ C$ انجام شده است.

هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر عوامل غلظت اسید مصرفی در راندمان واکنش (۱) می‌باشد. منظور از راندمان واکنش (۱) در واقع مقدار نسبت سرب بازیافت شده به کل سرب موجود در نمونه مورد آزمایش است.

نتایج مربوط به این آزمایش در جدول شماره ۱ ارائه شده است. برای تهیه این جدول در هر نوبت آزمایش مقدار ۱۰ گرم کنستانتره سرب به مدت یک ساعت با محلولی از اسید نیتريك با غلظت اسید و نسبت مولی اسید به سرب تشکیل واکنش داده شده و پس از آن محلول از رسوب باقی مانده به کمک صافی و تحت خلاء جدا شده و در خشک‌کن در دمای $80-90^\circ$ خشک گردیده است. محلول حاصل پس از افزودن مقدار لازم کربنات سدیم و عبور از صافی از رسوب کربنات سرب تولید شده جدا کرده و این رسوب را خشک، توزین و آنالیز می‌نمائیم. راندمان بازیافت سرب در واقع نسبت سرب موجود در نمونه کربنات سرب آنالیزه شده به کل سرب موجود در نمونه ۱۰ گرمی اولیه می‌باشد. با توجه به اینکه واکنش تبدیل نترات سرب به کربنات سرب یک واکنش سریع و کامل بوده راندمان بازیافت را تماماً به واکنش (۱) مربوط می‌کنیم.

۲-۲- فرآیند دوم

واکنش مورد بررسی در این جا، واکنش (۳) بوده و هدف از آن بررسی اثر مقدار اسید استیک مصرفی در راندمان بازیافت سرب و خلوص کربنات سرب نهایی است. روش کار مطابق فرآیند اول بوده و نتایج در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

۳-۲- فرآیند سوم

برای آنکه فرآیند سوم قابل مقایسه با فرآیند ۱ و ۲ باشد در این جا تنها نتایج مرحله اول این فرآیند بحث شده و نتایج مراحل بعد آن به بخش بعد واگذار می‌شود. مرحله اول این فرآیند واکنش

جدول ۱ - نتیجه آزمایش اسید نیتريك و کنستانتره سرب.

شماره آزمایش	حجم اسید cc	غلظت اسید در محلول mol/lit	نسبت مولی اسید به سرب	وزن رسوب باقی مانده gr	وزن کربنات سرب gr	خلوص محصول %	راندمان بازیافت سرب %	درصد پراکندگی
۱	۳	۰/۴۵	۲/۲۶	۴/۵	۵/۱۴	۸۵/۵	۵۵	۵/۴۵
۲	۶	۰/۹	۴/۵۲	۳/۵۸	۶/۱۸	۸۳/۰۸	۶۴/۲	۵/۰۵
۳	۱۰	۱/۵	۷/۵۳	۲/۴۰	۷/۴۹	۸۱/۱۵	۷۴	۳/۹۶
۴	۱۲	۱/۸	۹/۰۴	۱/۹۱	۸/۰۱	۸۰/۷۷	۸۰/۹	۴/۳
۵	۱۵	۲/۲۵	۱۱/۳	۰/۹۲	۹/۰۵	۸۰/۲۳	۹۰/۸	۳/۶
۶	۱۸	۲/۷	۱۳/۵۶	۰/۰۵	۹/۹۵	۷۹/۹۷	۹۵	۳/۲

جدول ۲ - نتیجه آزمایش اسید استیک و کنستانتره سرب.

شماره آزمایش	وزن کنستانتره	حجم اسید cc	نسبت مولی اسید سرب	وزن رسوب باقی مانده g _r	وزن رسوب کربنات سرب g _r	خلوص کربنات سرب %	راندمان بازیافت سرب %	درصد پراکندگی
۱	۱۸/۸	۱۰	۵/۷۹	۱۱/۶۶	۷/۰۵	۸۵/۴	۳۷/۹۸	۷/۴۴
۲	۱۸	۲۰	۶/۴۲	۱۰/۷۹	۷/۱۱	۸۵	۴۰/۰۵	۸/۲۰
۳	۱۵	۳۰	۱۱/۵۷	۸/۲۵	۷/۴۸	۸۲/۳	۲۵	۶/۵۱
۴	۱۰	۳۰	۱۷/۳۶	۴/۷۱	۵/۲۱	۸۰/۱۵	۵۲/۹	۵/۳۰
۵	۱۸/۸	۶۲	۱۹/۰۹	۸/۰۲	۱۰/۵۲	۷۸/۵	۵۷/۴	۷/۱۳
۶	۱۰	۴۵	۲۶/۰۴	۳/۲۰	۶/۶	۷۷/۵	۶۸	۴/۵۵

۴-۲- بررسی نتایج:

جدول شماره ۱ و ۲ بیانگر همسویی نتایج برای اسید نیتریک و اسید استیک می باشد. برای هر دو فرآیند مرحله واکنش میان اسید نیتریک یا اسید استیک با کنستانتره هیچ گونه تفکیکی در کاتیونهای آهن، نقره، روی و سرب ایجاد نمی کند.

نکته مهم، جهت معکوس راندمان بازیافت سرب و خلوص کربنات سرب نهایی در فرآیندهای اول و دوم است. دیده می شود که راندمان قابل قبول بازیافت سرب، در نسبتهای بالایی از اسید به سرب بدست می آید که در این صورت خلوص محصول کاهش می یابد. تنها تفاوت مهم در این دو فرآیند، کندتر بودن سینتیک اثر اسید استیک در مقایسه با اسید نیتریک می باشد.

همانطور که بیان شد، راندمان قابل قبول در فرآیندهای ۱ و ۲ در نسبتهای بالای مصرف اسید به سرب بدست می آید. در مرحله دوم هر دو این فرآیندها، به محلول شامل اسید نیتریک و نیترات سرب (یا اسید استیک و استات سدیم برای فرآیند دوم) کربنات سدیم افزوده می شود تا نمک محلول سرب را به کربنات آن تبدیل کند. ولی قبل از انجام واکنش مزبور، ابتدا اسید اضافی از

میان اسید سولفوریک و کنستانتره سرب است. در این آزمایشات اسید سولفوریک با کنستانتره سرب در نسبتهای مختلفی از اسید به سرب واکنش داده شده و برای جلوگیری از تغییرات شدید دما، آزمایش در حمام با دمای ثابت انجام گرفته است. در این آزمایشات پس از اتمام واکنش (زمان واکنش یک ساعت بوده است) رسوب باقی مانده از محلول جدا شده و خشک و توزین گردیده است. پس از اتمام مرحله آزمایش تست کیفی وجود سرب در فاز محلول انجام شد که منفی بود. در ضمن تست وجود آهن در فاز محلول مثبت بود.

نتایج مربوط به این مرحله از فرآیند سوم در جدول شماره ۳ مشاهده می شود. با توجه به اینکه عناصر باریم و کلسیم که سولفاتهای نامحلولی دارند در نمونه کنستانتره مورد آزمایش بسیار کم است (ر. ک ضمیمه (۱) مرجع ۳) و عناصر روی و آهن سولفاتهای محلولی را دارند، رسوب بدست آمده از هر آزمایش را سولفات سرب در نظر گرفته^۱ و راندمان را بر اساس نسبت سرب موجود در رسوب باقی مانده به کل سرب موجود در نمونه آزمایش محاسبه می نمایم.

جدول ۳ - نتیجه آزمایش اسید سولفوریک و کنستانتره سرب.

شماره آزمایش	وزن کنستانتره	حجم اسید cc	غلظت اسید در محلول mol/lit	نسبت مولی اسید به سرب	وزن رسوب حاصل g _r	راندمان %	درصد پراکندگی
۱	۳۳	۸	۰/۵	۱/۴۹	۲۷/۸	۹۹	۱/۲
۲	۴۰	۱۵	۰/۹۲	۲/۳۰	۳۵/۷۵	۹۸	۱/۵
۳	۴۱/۴	۲۵	۱/۵۳	۳/۷	۳۵/۲۵	۹۹	۱/۳
۴	۷۵	۶۰	۳/۶۷	۴/۹	۶۵/۲	۹۶	۲/۹۵
۵	۳۰	۲۵	۱/۵۳	۵/۱۱	۲۴/۷۸	۹۱	۳/۴
۶	۷۰	۶۰	۳/۶۷	۵/۲۵	۵۷/۷۵	۹۱	۳/۱

مرحله قبل موجود در محلول، خنثی می شود. بدین ترتیب این دو فرآیند قادر به بازیافت اسید اتلافی که مقدار آن بسیار زیاد هم هست نمی باشند و به اصطلاح فرآیندهای غیرچرخشی می باشند. در فرآیند سوم، و پس از مرحله اول همانطور که بیان شد، کاتیونهای نقره، روی و آهن از سرب جدا می شوند. در ضمن در این واکنش اسید کمتری نسبت به دو فرآیند اول مصرف می شود و علاوه بر آن قیمت اسید سولفوریک بسیار کمتر از اسید نیتریک یا اسید استیک می باشد. در مورد فرآیند سوم از مطالعه جدول شماره ۳ به دو نتیجه بسیار مهم دست می یابیم:

۱ - عدم وابستگی راندمان بازیافت سرب با غلظت اسید در محلول.

۲ - کاهش راندمان بازیافت سرب با افزایش نسبت مولی اسید به سرب.

در مورد نتیجه اول می توان آزمایش ۵ و ۶ را در جدول شماره ۳ مقایسه کرد، که با وجود افزایش ۱۴۰ درصدی در غلظت اسید، آزمایش ۶ نسبت به ۵ در راندمان بازیافت سرب تغییری رخ نداده است. و این بدان معنی است که رسوب حاصل از این مرحله فاقد سولفات محلول می باشد و این تأیید فرضی است که در قسمت ۳-۲ بیان شد.

از مقایسه آزمایشهای ۴ و ۶ جدول شماره ۳ که غلظت اسید سولفوریک در آنها ثابت بوده است دیده می شود با افزایش نسبت مولی اسید به سرب، کاهش راندمان از ۹۱ به ۹۶ درصد داریم. که این به لحاظ تمایل انحلال سولفات سرب در محلول گرم و غلیظ اسید سولفوریک است.

در عین حال هر دو نتیجه فوق بیانگر این است که در مدت یک ساعت واکنش تبدیل سرب موجود در کنستانتره به سولفات سرب تقریباً کامل می شود. لازم به تذکر است در انجام این آزمایش از فرآیند سوم از نتایج مرجع ۶ استفاده شده است. با توجه به نکات بیان شده، در نهایت فرآیند سوم برای بررسی دقیق تر و تهیه کربنات سرب از کنستانتره انتخاب شد. برای شناخت کامل فرآیند انتخاب شده، نیاز به بررسی دقیق تر آن داریم.

۳ - آزمایشات تکمیلی:

در مرحله بعدی، فرآیند تهیه کربنات سرب از کنستانتره آن به ترتیب واکنش سولفات سرب با استات سدیم برای تهیه استات سرب و سپس تبدیل استات سرب به کربنات سرب تحت تأثیر کربنات سدیم است. مرحله سوم همانطور که در مورد فرآیند دوم بیان شد یک مرحله سریع و کامل است (چون طی آن یک جسم راسب تشکیل می شود). ولی مرحله دوم (تهیه استات سدیم) یک واکنش تعادلی با سینتیک کند می باشد. برای بدست آوردن داده های لازم در طراحی تجهیزات در مقیاس نیمه صنعتی نیاز به مطالعه دقیق این مرحله می باشد. بررسی دقیق سینتیکی و

ترمودینامیکی و واکنش تبدیل سولفات سرب به استات سرب (واکنش ۶) در مرجع (۳) قسمت (۱-۲-۴-۳) موجود است. بطور خلاصه میزان تبدیل تعادلی واکنش (۶) پنجاه درصد بوده و واکنش یک نوع واکنش ناهمگون دوفازی از نوع سیال - جامد بوده که مقاومت های مهم در انجام آن عبارت از واکنش روی سطح و نفوذ فیلمی واکنش کننده سیال و محصول عمل می باشند. برای این واکنش مدل هسته ترکیب نشده یک مدل قابل قبول سینتیکی می باشد. برای بررسی صحت نتایج نظری فوق نیاز به انجام یک سری آزمایش است. همچنین از آزمایشات فوق برای یافت داده های لازم در طراحی تجهیزات پالوت استفاده می شود. در واکنش مورد بحث چهار عامل زیر باید بررسی شوند:

۱ - زمان انجام واکنش

۲ - دمای واکنش

۳ - غلظت استات سدیم

۴ - غلظت ذرات سولفات سرب

در انجام آزمایشات فوق، هر نوبت سه عامل را ثابت و تنها یک عامل را تغییر می دهیم. به این ترتیب اثر این عامل روی راندمان واکنش بدست می آید. راندمان واکنش به راحتی از اختلاف وزن رسوب سولفات سرب در ابتدا و انتهای واکنش بدست می آید. در عین حال با توجه به اینکه آزمایشات در شرایط ناپیوسته ای انجام می شود، می توان از اختلاف وزن رسوب سولفات سرب در ابتدا و انتهای واکنش برای مقایسه سرعت واکنش در شرایط زمان ثابت بهره برد. برای حذف اثرات جانبی مانند اثر شکل ظرف و یا همزن، تمام آزمایشات در یک بالن یک لیتری سه دهانه مجهز به یک همزن مکانیکی دور ثابت انجام شده است. نتایج بدست آمده در جداول ۴، ۵، ۶، ۷ ارائه شده اند.

جدول شماره ۴ نشان دهنده میزان تبدیل تعادلی است. همانطور که از این جدول مشاهده می شود، با افزایش زمان انجام واکنش، حداکثر کسر تبدیل بدست آمده همان میزان پنجاه درصد است که قبلاً گفته شد. جدول شماره ۵ نکته مهمی را بیان می دارد و آن تأثیر کم دما روی سرعت واکنش است. طبق رابطه آربنوس برای ثابت سرعت واکنش های شیمیایی، با افزایش هر ۱۰ درجه سانتیگراد در دمای واکنش، سرعت واکنش دوبرابر خواهد شد. نتایج جدول شماره ۵ خلاف این را نشان می دهد و این بیانگر آن است در انجام واکنش مورد بحث اثر نفوذ فیلمی نه تنها قابل توجه که حتی مهمتر از مقاومت واکنش روی سطح می باشد. جدول شماره ۶ اثر مهم غلظت استات سدیم را روی سرعت واکنش نشان می دهد که قابل انتظار می باشد.

نتایج جدول شماره ۷ نیاز به توضیح مختصری دارد. علت کاهش راندمان با افزایش مقدار سولفات سرب در مخلوط واکنش، نحوه محاسبه راندمان می باشد. همانطور که گفته شد راندمان بصورت تفاضل وزن سولفات سرب در ابتدا و انتهای

جدول ۴ - اثر پارامتر زمان روی راندمان واکنش (۶).

شماره آزمایش	زمان دقیقه	راندمان %	درصد پراکندگی
۱	۳۰	۳۲	۸/۸۳
۲	۶۰	۳۸	۶/۲
۳	۹۰	۴۰	۵/۳
۴	۱۰۵	۴۱	۶/۰۱
۵	۱۲۰	۴۲	۴/۲
۶	۱۵۰	۴۶	۴/۹
۷	۱۸۰	۴۸	۳/۸
۸	۲۴۰	۵۰	۳/۸۱
۹	۳۰۰	۵۰	۲/۵۰

دمای واکنش $t = 18^{\circ}C$
 غلظت سولفات سرب $c1 = 0.055$
 غلظت استات سدیم $c2 = 1 \text{ mol/lit}$

جدول ۵ - اثر درجه حرارت بر روی واکنش (۶).

شماره آزمایش	دما c	راندمان %	درصد پراکندگی
۱	۱۸	۵	۱۲/۳
۲	۲۶/۵	۶/۴	۲۵/۱۲
۳	۲۹	۷	۲۰/۲
۴	۳۵/۸	۸	۱۸/۹
۵	۴۰	۹	۱۶/۷۱
۶	۴۹	۱۰	۱۷/۴۱
۷	۵۶	۱۰	۱۸/۱۲
۸	۶۵/۳	۱۲	۱۳/۱
۹	۷۷	۱۶	۱۲/۵
۱۰	۸۹	۲۰	۱۲/۷

غلظت سولفات سرب $c1 = 0.074 \text{ mol/lit}$
 غلظت استات سدیم $c2 = 0.15 \text{ mol/lit}$
 زمان واکنش $t = 45 \text{ min}$

جدول ۶ - اثر غلظت استات روی واکنش (۶).

شماره آزمایش	غلظت استات سدیم mol/lit	راندمان %	درصد پراکندگی
۱	۰/۰۸	۸/۴	۳/۳۷
۲	۰/۱	۱۰	۳/۱۵
۳	۰/۱۷	۱۵	۴/۱
۴	۰/۲۵	۱۸	۳/۲۲
۵	۰/۳۵	۲۰/۵	۲/۸۵
۶	۰/۵	۲۶	۳/۱۹
۷	۰/۷	۳۰	۲/۱۸
۸	۱	۳۵	۲/۷

غلظت سولفات سرب $c1 = 0.055$
 زمان واکنش $t = 0.5 \text{ hr}$
 دمای واکنش $T = 18^{\circ}C$

جدول ۷ - اثر غلظت اولیه سولفات سرب روی واکنش (۶).

شماره آزمایش	c1 mol/lit	راندمان %	سولفات سرب حل شده	درصد پراکندگی
۱	۰/۳۳	۲۷	۰/۸	۱/۷۷
۲	۰/۵۵	۱۵	۰/۸	۱/۷۲
۳	۰/۷۷	۱۱/۵	۰/۸	۱/۶۵
۴	۰/۹۹	۸/۸	۰/۸۵	۲/۱
۵	۰/۱۱	۸	۰/۹	۱/۹۵
۶	۰/۱۵۶	۶/۶	۱	۲/۲۱

غلظت استات سدیم $c2 = 0.5 \text{ mol/lit}$
 زمان واکنش $t = 0.5 \text{ hr}$
 دمای محیط واکنش $T = 18^{\circ}C$

آزمایش برای یافت پارامترهای لازم در طراحی فیلتر پرس انجام شده که در جدول شماره ۸ نتایج ارائه شده است.

۴ - شرح فرآیند در مقیاس نیمه صنعتی

کستاتر سرب و محلول اسید سولفوریک با غلظت ۱/۵ مول در لیتر وارد تانک انحلال شده و به مدت یکساعت واکنش انجام می شود. سپس با عبور محتویات تانک از فیلتر پرس اول سولفات سرب از سوسپانسیون جدا می شود. کیک حاصل پس از شستشو با آب به همراه سولفات سرب بدست آمده از فیلتر پرس دوم به

واکنش بدست می آید. چون با افزایش وزن سولفات سرب، مقداری از سولفات سرب که وارد واکنش شده است تقریباً تغییری نکرده است مقدار راندمان محاسبه شده کاهش را نشان می دهد.

از دیگر عملیات مهمی که در فرآیند وجود دارد، عمل فیلتراسیون است. این عمل در فرآیند سه بار انجام می پذیرد که در دو نوبت کیک فیلتراسیون سولفات سرب و در نوبت سوم کربنات سرب می باشد. در مورد سولفات سرب داده های لازم موجود بوده [۶] و در مورد رسوب کربنات سرب یک سری

جدول ۸ - مقادیر و Rm بدست آمده از نتایج آزمایش.

	اختلاف فشار Δp PSF	شیب $Kc/2$ s/l ~ 2 s/ft	عرض از مبدأ $1/q_u$ s/l	Rm $ft^{-1} \times 10^9$	$ft/lb \times 10^{12}$
۱	۵۷۷	۵۲/۹۵۵۸	۶۸/۳۰۶۲	۷/۷	۵/۱۴
۲	۸۵۰	۲۷/۶۴۱۴	۵۵/۶۴۴۶	۹/۶	۷/۰۹
۳	۱۱۱۴	۱۷/۳۸۰۵	۳۹/۹۸۶۷	۹/۰۱	۵/۸۶
۴	۱۳۹۳	۱۴/۷۷۸۸	۲۵/۶۳۱۰	۷/۲	۶/۲۳
۵	۱۵۶۰	۴/۹۷۳۵	۱۸/۹۶۳۷	۵/۹۸	۲/۳۵
۶	۱۶۹۰	۴/۸۵۸۴	۱۳/۰۸۹۸	۴/۴	۲/۴۸

۵ - نتیجه گیری

در این مقاله یک فرآیند هیدرومتالورژی برای اولین بار در ایران و جهان برای تهیه کربنات سرب از کنستانتره اکسیدی سرب ارائه شد. این فرآیند یک روش انعطاف پذیر نسبت به خلوص و ترکیب در حد مواد تشکیل دهنده کنستانتره بوده و نسبت به روشهای پیرومتالورژی موجود، ارزان تر و ساده تر می باشد. از تجهیزات این فرآیند براحتی می توان جهت تولید برخی دیگر از نمکهای سرب نظیر سولفات سرب و استات سرب بهره گرفت. در این روش عناصر روی و آهن که عمده ترین خالصیها می باشند از سرب جدا شده و نقره به عنوان جزء با ارزش کنستانتره سرب به صورت محلول سولفات نقره بدست می آید. همچنین فرآیند ارائه شده به عنوان نمونه موفق از برداشت عملی از روشهای تجزیه سنتی شیمیایی در مقیاس صنعتی قابل توجه بوده که می تواند به عنوان الگو در تبدیل دیگر مواد معدنی کشور به محصولات با ارزش افزوده بالا مورد نظر قرار گیرد.

عنوان خوراک وارد راکتور حاوی محلول استات سدیم با غلظت ۳-۴ مول در لیتر می شود. زمان اقامت در راکتور در حدود چهار ساعت بوده و پس از این مدت به کمک فیلتر پرس دوم، سولفات سرب واکنش نکرده از محلول جدا می شود. محلول به تانک رسوبگیری فرستاده شده و به آن بی کربنات سدیم به مقدار ۲۵ درصد بیش از حد تئوری افزوده می شود. در این تانک استات سرب به کربنات سرب تبدیل شده و کیک کربنات سرب در فیلتر پرس سوم جمع آوری می گردد. محلول حاصل از تانک رسوبگیری به راکتور برگشت داده می شود. کربنات سرب بدست آمده برای خشک کردن به خشک کن فرستاده شده و در آنجا بمدت یکساعت در معرض هوا با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در یک خشک کن سینی دار ناپیوسته قرار می گیرد. طراحی خشک کن براساس داده های مرجع [۷] انجام شده است. در شکل ۱ نمودار جعبه ای فرآیند ارائه شده است. و جدول ۹ مشخصات فنی تجهیزات مورد نیاز فرآیند را نشان می دهد.

جدول ۹ - مشخصات مخازن.

تعداد	نوع همزن	جنس	ابعاد (ارتفاع x قطر)	نوع ظرف
۴	توربینی	استیل	۱x۲	تانک انحلال
۶	توربینی	استیل	۱/۲۷x۲	راکتور
۶	توربینی	استیل	۱/۲۷x۲	تانک رسوب گیری
۴	توربینی	استیل	۱x۱/۵	تانک خشی سازی

پاورقی:

۱- در قسمت بررسی نتایج دلیل این فرض گفته خواهد شد.

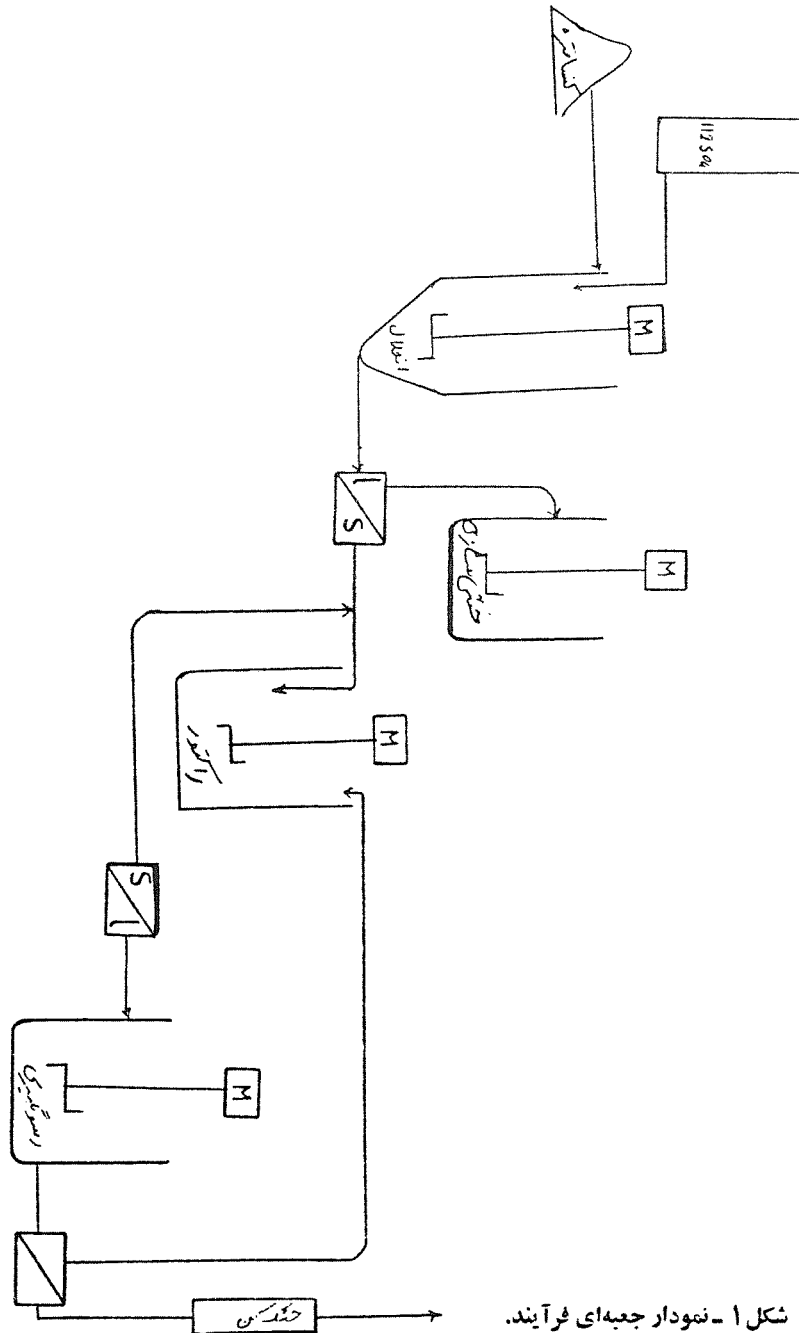
مراجع:

دکتربرهانی، شهین "بررسی تولید آزمایشگاهی کربنات سرب از کنستانتره سرب و طراحی پایلوت" پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی امیرکبیر. دانشکده

1- us. pat 4336236

2- us. pat 4118219

۳- آقامیری، سیدفواد- دکتر گلکار، محمدرضا-



شکل ۱ - نمودار جعبه‌ای فرآیند.