

روش انتخابی جدید جهت استخراج و تعیین طیف نورسنجی سریم موجود در فروسیلیکو منیزیم

هادی حیدری^۱، سحر بلیانی^۲، مجید عبدوس^{۳*}، محمدحسین کشاورز^۴، بهروز قاسمی^۵ و شیدا مرادی نسب^۶

- ۱- دانشجوی دکتری شیمی کاربردی، گروه مستقل شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران
- ۳- استاد شیمی آلی، گروه مستقل شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
- ۴- استاد شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران
- ۵- استادیار مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
- ۶- کارشناس ارشد شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶، بازنگری: مرداد ۱۳۹۶، پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده: یکی از بهترین روش‌ها برای استخراج سریم از فروسیلیکومنیزیم، استفاده از حلال‌های آلی است. در این مطالعه، از یک روش سریع، حساس و انتخاب پذیر طیف‌نورسنجی برای تعیین مقدار بسیار کم سریم موجود در فروسیلیکومنیزیم، استفاده شده است. بر این اساس، چندین حلال آلی مورد بررسی قرار گرفته و معرف کلروفورم به‌عنوان بهترین حلال برای استخراج سریم موجود در فروسیلیکومنیزیم انتخاب شده و درصد استخراج ۹۵٫۵٪ گزارش شده است. عامل‌های تاثیر گذار بر استخراج، شامل حجم حلال، مدت تماس فاز آبی و آلی و pH مورد مطالعه قرار گرفته و شرایط بهینه استخراج شامل ۱۱ میلی لیتر معرف کلروفورم، مدت ۳ دقیقه و pH برابر با ۱۰٫۷ به‌دست آمده است. به منظور بررسی دقت روش مذکور، نتایج روش با نتایج مواد استاندارد تایید شده با استفاده از دستگاه پلاسما جفت شده القایی (ICP) و فلورسانس پرتو ایکس (XRF) مورد مقایسه قرار گرفت و تفاوت بسیار کمی به‌دست آمد. بنابراین، روش پیشنهاد شده با صحت و دقت بالا برای تعیین سریم به‌کار گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: سریم، استخراج، فروسیلیکو منیزیم، حلال آلی، طیف‌نورسنجی

مقدمه

آن‌ها با درصد خلوص بالا مشکل است [۴ تا ۵]. عناصر این گروه، در طبیعت با نسبت‌های وزنی مشخص وجود ندارند، به‌طوری‌که بر اساس مکان‌های استخراج، نسبت‌های متفاوتی از این عناصر در گونه‌های متفاوت معدنی، موجود هستند. روش‌های متفاوتی مانند طیف‌سنجی نشر اتمی [۲]، طیف‌سنجی فلورسانس پرتو ایکس [۶] و طیف‌نورسنجی [۷] برای تعیین عنصر سریم مورد استفاده

در سال‌های اخیر، توجه زیادی به استخراج و تعیین عناصر گروه لانتانیدی، شده است [۱ تا ۲] سریم و لانتانیم به‌عنوان عناصر فعال یا آلیاژ در تولید مواد و ترکیباتی با کیفیت بالا مانند فروسیلیکو منیزیم استفاده می‌شود [۳]. عدد اتمی عناصر گروه لانتانیدی، ۵۷ تا ۷۱ است به‌طوری‌که ویژگی آن‌ها به یکدیگر شبیه بوده و جدایش

برخوردار است. قابل ذکر است برای استخراج محلول شامل سریم، حلال‌های متفاوتی به کار گرفته شده است [۱۸ تا ۲۱] به طوری که در این کار، با بررسی دقیق فروسیلیکو منیزیم، از حلال کلروفرم استفاده شده است.

بخش تجربی

آماده سازی نمونه

ابتدا نمونه فروسیلیکو منیزیم با دستگاه سنگ شکن خرد شد و ذرات با اندازه صفر تا ۵ میلی‌متر به دست آمد. سپس ۱۰۰ گرم از ذرات خرد شده به مدت ۱ دقیقه با دستگاه آسیاب دیسک حلقه ای با دور ۱۴۰۰ در دقیقه پودر شده و به ابعاد میکرون رسید. ابعاد نمونه پودر شده پس از عبور از الک های لرزان در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ تجزیه سرندي نمونه

اندازه سرندي (میکرون)	مقدار وزني (گرم)	درصد وزني
۱۲۵۰	۰٫۴۹	۰٫۴۹
۱۰۰۰	۰٫۳۳	۰٫۳۳
۸۰۰	۰٫۲۵	۰٫۲۵
۶۳۰	۰٫۱۲	۰٫۱۸
۵۰۰	۰٫۴۹	۰٫۴۹
۳۱۵	۰٫۵۰	۰٫۵۰
۱۰۰	۴۰٫۹۶	۴۰٫۹۶
۱۰۰	۵۷٫۰۴	۵۷٫۰۰

روش آزمایش

فرایند/تحلال فروسیلیکو منیزیم

مقدار ۰٫۱ گرم نمونه فروسیلیکو منیزیم آماده شده در مرحله قبل با اندازه کمتر از ۱۰۰ میکرومتر را به ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۱:۱ (۳۲/۵٪) و ۱۰ میلی لیتر فلوریدریک اسید ۴۰٪ افزوده شد تا سریم

قرار گرفته است. امروزه پیدا کردن روش مناسب برای تعیین سریم خیلی حائز اهمیت است به طوری که روش طیف‌نورسنجی برای تعیین عنصر سریم روش ارزان و ساده است [۷ تا ۸]. عناصر این گروه، به دلیل واکنش پذیری خیلی بالایی که دارند در صنایع متالورژی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. ترکیبات مشخصی از آن‌ها به صورت میش-متال طراحی می‌شوند. البته، ممکن است عناصر خاصی از بین آن‌ها انتخاب شوند و لازم نباشد همه آن‌ها در میش-متال موجود باشند [۹]. دو عنصر سریم ولانتانیم جزء ترکیبات اصلی میش-متال به حساب می‌آیند [۱۰]، به طوری که ترکیب میش-متال شامل ۴۵ تا ۶۰٪ سریم، ۲۵ تا ۳۵٪ لاتتانیم، ۶ تا ۱۲٪ پراسودیمیم، ۳ تا ۶٪ نئودیمیم و مقدار خیلی کم از سایر عناصر است. میش-متال‌ها از ویژگی‌های قابل توجهی برخوردار هستند که می‌توان میل به انجام واکنش بالا با سایر ناخالصی‌ها و عناصر مضر مانند سولفور و حذف آن‌ها و بهبود ریخت ساختار تولیدی اشاره کرد [۱۱ تا ۱۲]. قابل ذکر است میش-متال‌ها به دلیل واکنش پذیری بالا، به‌عنوان عامل کاهنده و عامل افزودنی مفید مانند آلیاژهای جرقه‌ساز در فرایند‌های متفاوتی مانند فولادسازی استفاده می‌شوند [۹] و همچنین، در تولید چدن نشکن و ترکیبات فروآلیاژ مانند فروسیلیکو منیزیم کاربرد دارند [۳]. در تولید چدن نشکن برای گوگردزایی از فروسیلیکو منیزیم استفاده می‌شود که موجب بهینه سازی ساختار چدن نشکن با گرافیت کروی می‌شود. فروآلیاژها به‌ویژه فروآلیاژهای حاوی میش-متال به‌طور گسترده در تنظیم ترکیب فولاد و تولید فولاد‌های با کیفیت بالا برای کاربردهای مهم مانند راه آهن، قطعات اتومبیل و سایر قطعات مهندسی [۱۳] نقش به‌سزایی دارند [۱۴ تا ۱۷]. در مطالعه حاضر، با توجه به اهمیت سریم موجود در میش-متال، ویژگی‌های شیمیایی و تعیین غلظت آن مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور روش‌های متفاوتی مانند روش فلورسانس پرتو ایکس^۱، پلاسمای جفت شده القایی^۲ و طیف‌نورسنجی وجود دارند که اساس روش طیف‌نورسنجی بر مبنای شیمی تر^۳ بوده و با توجه به در دسترس بودن، ارزان بودن و نیز انجام تجزیه به شکل گزینشی بر روی عنصر مورد نظر، از اهمیت بالایی

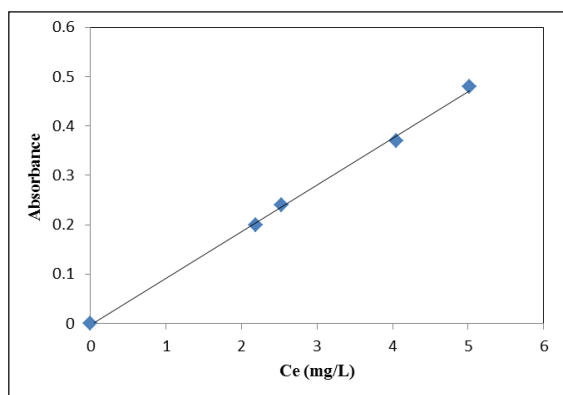
1. X-Ray Fluorescence

2. Inductively Coupled Plasma

3. Wet Chemistry

تعیین غلظت با دستگاه طیف‌نورسنج

در این پژوهش برای اندازه‌گیری غلظت سریم استخراج شده از محلول آبی با معرف مورد نظر، از دستگاه طیف‌نورسنج با مشخصات Spectronic 21 Milton Roy Company استفاده و برای آشکارسازی سریم، دستگاه روی طول موج مشخصه سریم یعنی ۴۹۰ nm تنظیم شده است [۲۲]. شکل ۱ نمودار درجه‌بندی دستگاه طیف‌نورسنج را نشان می‌دهد. محلول‌های مورد نیاز برای درجه‌بندی، از محلول استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سریم با برند سیگما-آلدریج و شماره فراورده ۱۶۷۳۴ تهیه شده است.



شکل ۱ نمودار درجه‌بندی دستگاه طیف‌نورسنج

برای این منظور محلول فاز آلی حاوی سریم، با دکانتور از فاز آبی جدا و به دستگاه طیف‌نورسنج انتقال داده شد. با تنظیم دستگاه و استفاده از نمونه استاندارد در کنار نمونه مورد نظر، مقدار پرتو جذب شده مشخص شد. سپس با استفاده از فرمول بیر-لامبرت، ضریب جذب مولی با نمونه استاندارد به دست آمد. مقدار پرتو جذب شده با عنصر سریم را از دستگاه گرفته و از معادله ۲، غلظت عنصر سریم در فاز آلی تعیین شد.

$$A = \epsilon b C \quad (2)$$

در این رابطه، C غلظت عنصر مورد نظر، b طول سل، ε ضریب جذب مولی و A مقدار پرتو جذب شده با عنصر مورد نظر است.

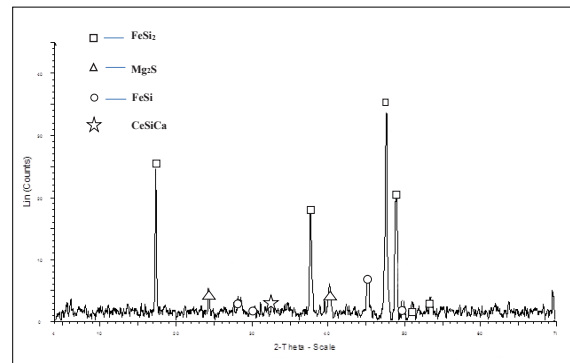
به صورت تری فلورید سریک حل شود. واکنش ۱ واکنش انحلال را به درستی نشان می‌دهد. در این واکنش نیتریک اسید به عنوان اکسید کننده باعث تولید Ce (IV) می‌شود:



سپس به منظور حذف نیتریک اسید مازاد، ۳ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن افزوده و تا خشک شدن، گرم داده شد. پس از سرد شدن، ۸ میلی لیتر کلریدریک اسید غلیظ به نمونه به دست آمده افزوده سپس محلول به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. ۱۰ میلی لیتر از محلول به حجم رسیده، ۲ میلی لیتر سیتریک اسید افزوده و دو قطره فنل فتالین افزوده شد. سپس به محلول فوق، آمونیاک به صورت قطره قطره افزوده و هم‌زمان هم‌زده شد تا نخستین تغییر رنگ، به رنگ گلی ظاهر شود. در این مرحله کمپلکس سریم هگزانیتراتو $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ تشکیل می‌شود. سپس به محلول به دست آمده، ۴ میلی لیتر پتاسیم سیانید (KCN) افزوده و محلول تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد گرم داده شد. به طوری که در این مرحله، کمپلکس سریم سیانید به دست می‌آید. در ادامه به محلول به دست آمده، ۱۵ قطره سدیم دی تیونیت افزوده تا بی رنگ شود. سپس محلول را تا دمای محیط سرد کرده، دو قطره فنل فتالین به آن افزوده شد. در نهایت با افزودن آمونیاک دوباره رنگ گلی ظاهر شد. به منظور تنظیم pH مورد نظر برای استخراج عنصر سریم، مقدار ۵ میلی لیتر دیگر، آمونیاک افزوده شد. معرف کلروفرم مورد استفاده در این پژوهش به این صورت تهیه شده است: ۱۲۵ میلی لیتر کلروفرم (CHCl_3) به همراه ۵۰ میلی لیتر آمونیاک ۱:۹ و ۵۰ میلی لیتر آمونیم کلرید ۵٪ را در دکانتور ریخته و به مدت ۳ دقیقه به شدت و مستمر تکان داده شد تا فازها از هم جدا شوند. حال فاز آلی را از قیف جدا کرده و با افزودن ۳ گرم ۸- هیدروکسی کینولین $(\text{C}_9\text{H}_7\text{NO})$ و ۱۰ میلی لیتر استون $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})$ و هم‌زدن آن، معرف کلروفرم تهیه شد. قابل ذکر است با توجه به چگالی بالای معرف کلروفرم $(d=1.44 \text{ g/cm}^3)$ نسبت به آب، معرف کلروفرم به عنوان حلال آلی در پایین محلول قرار می‌گیرد.

نتیجه‌ها و بحث

شناسایی فاز فروسیلیکو منیزیم با پراش پرتو ایکس در شکل ۲ الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه اولیه فروسیلیکو منیزیم نشان داده شده است که در آن عناصر آهن و سیلیکون و منیزیم به صورت ترکیب‌های متفاوت فردیسیلیسایت^۱، منیزیم سیلیساید^۲، فرسیلیسایت^۳ و ترکیب سه تایی کلسیم-سیلیکون-سیریم مشاهده می‌شود و در آن سایر عناصر مانند لاتانیم به دلیل ناچیز بودن، مشاهده نمی‌شود. در جدول ۲ تجزیه عنصری مربوط به نمونه استاندارد نشان داده شده است.



شکل ۲ الگوی پرتو ایکس نمونه فروسیلیکو منیزیم استاندارد

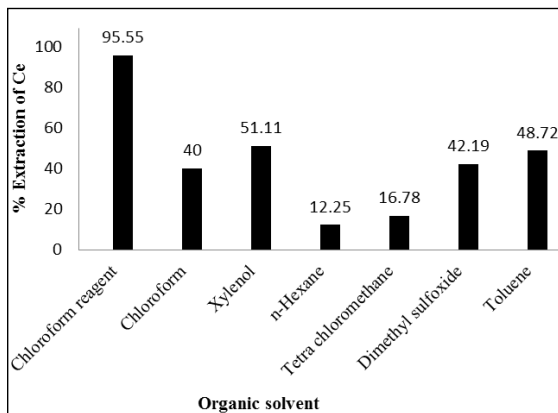
جدول ۲ تجزیه عنصری نمونه استاندارد با XRF

عناصر مورد اندازه‌گیری	مقدار (%)
Si	۴۷/۹
Al	۰/۵
Fe	۴۵/۵
Ca	۰/۴
Mg	۴/۳
Ti*	-
Cr	۰/۱
Mn	۰/۶
Cu	۰/۱
La	۰/۳
Ce**	۰/۴

* (به دلیل مقدار خیلی کم Ti، دستگاه XRF قادر به تشخیص نبوده است.)
 ** (مقدار واقعی بر حسب گواهینامه استاندارد ۰/۴۵-تایید شده است.)

تأثیر نوع حلال آلی بر استخراج سیریم

عامل اصلی در فرایند استخراج یک عنصر از بستر نمونه، انتخاب حلال آلی مناسب است. در این پژوهش، تأثیر حلال‌های متفاوت شامل کلروفرم، معرف کلروفرم، زایلنول، هگزان نرمال، تتراکلرومتان، دی‌متیل‌سولفوکسید و تولوئن بر فرایند استخراج مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج با نمونه مواد استاندارد تایید شده^۴ مورد مقایسه قرار گرفته و حلال آلی با بازده استخراج بالا انتخاب شده است. شکل ۳ تأثیر حلال‌های متفاوت در استخراج سیریم را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود معرف کلروفرم بیشترین بازده را برای استخراج سیریم نسبت به حلال‌های دیگر داشته است که دلیل آن ناشی از وجود ۸-هیدروکسی کینولین در معرف کلروفرم و تشکیل کمپلکس عناصر مذکور با لیگاند حاوی اکسیژن است.



شکل ۳ تأثیر حلال‌های متفاوت در استخراج سیریم و بازده استخراج

تأثیر ترکیب اجزا معرف کلروفرم

در این مرحله، با مشخص شدن معرف کلروفرم، اجزای تشکیل‌دهنده آن برای استخراج سیریم مورد بررسی قرار گرفت به طوری که ماده ۸-هیدروکسی کینولین بیشترین تأثیر را در فرایند استخراج داشته است.

1. Ferdasilicite

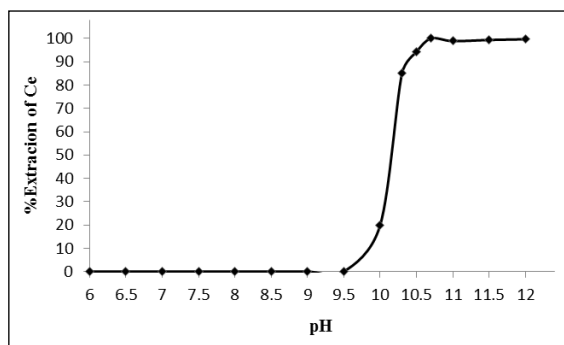
2. Magnesium Silicite

3. Fersilicite

4. Nist Standard Reference Material 347

تأثیر pH بر استخراج سریم

پس از مشخص شدن نوع حلال، لازم است که دامنه تغییرات pH برای استخراج سریم از فاز آبی و انتقال آن به فاز آلی مشخص شود. برای این منظور بر روی حلال آبی مورد نظر با انتخاب غلظت های متفاوتی از آمونیاک، pH محیط را تغییر داده و در pH های متفاوت، درصد سریم استخراج شده مشخص شد که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشخص است در pH های کمتر از ۹٫۵ استخراج سریم امکان پذیر نیست، به طوری که با افزایش pH درصد استخراج سریم افزایش یافته و ترتیب دامنه pH برای استخراج سریم بین ۹٫۸ تا ۱۰٫۷ به دست آمد.



شکل ۴ تأثیر pH در فرآیند استخراج سریم

تأثیر حجم معرف کلروفورم

در مرحله بعد و با مشخص شدن معرف کلروفورم به عنوان حلال با بازده استخراج بالا و انتخاب pH مناسب، حجم حلال مورد استفاده، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است. در شکل فوق مشخص است که با افزایش حجم معرف کلروفورم از ۵ میلی لیتر، درصد استخراج سریم از ۴۵ درصد تا حدود ۹۶ درصد با حجم حلال ۱۱ میلی لیتر، افزایش یافته است و نرخ افزایش تا حدودی ثابت بوده است و پس از آن افزایش حلال تأثیری بر بازده استخراج نداشته است که دلیل آن رسیدن به حداکثر ظرفیت و توان بازیابی حلال مذکور است.

جدول ۳ بررسی ترکیب اجزای معرف کلروفورم با تغییر حلال

مقدار استخراج سریم (%)	مقدار ۸-هیدروکسی کینولین (گرم)	غلظت آمونیم کلرید (%)	حجم حلال کلروفورم (میلی لیتر)
۶۵٫۰	۳	۵	۲۰
۶۸٫۰	۳	۵	۳۰
۷۴٫۰	۳	۵	۶۰
۷۷٫۰	۳	۵	۹۰
۸۵٫۰	۳	۵	۱۲۰
۸۵٫۵	۳	۵	۱۳۰

جدول ۴ بررسی ترکیب اجزای معرف کلروفورم با تغییر غلظت محلول آمونیم کلرید

مقدار استخراج سریم (%)	مقدار ۸-هیدروکسی کینولین (گرم)	غلظت آمونیم کلرید (%)	حجم حلال کلروفورم (میلی لیتر)
۷۸٫۰	۳	۱	۱۲۵
۸۰٫۰	۳	۲	۱۲۵
۸۳٫۰	۳	۳	۱۲۵
۸۴٫۰	۳	۴	۱۲۵
۸۴٫۸	۴	۵	۱۲۵
۸۵٫۰	۵	۶	۱۲۵

جدول ۵ بررسی ترکیب اجزای معرف کلروفورم با تغییر ۸-هیدروکسی کینولین

مقدار استخراج سریم (%)	مقدار ۸-هیدروکسی کینولین (گرم)	غلظت آمونیم کلرید (%)	حجم حلال کلروفورم (میلی لیتر)
۴۳	۰٫۵	۵	۱۲۵
۶۴	۱	۵	۱۲۵
۷۹	۱٫۵	۵	۱۲۵
۸۲	۲	۵	۱۲۵
۸۷	۳	۵	۱۲۵
۸۷	۴	۵	۱۲۵

تغییر باقی مانده است.

مقایسه تجزیه عنصری نمونه استاندارد تایید شده با ICP و XRF پس از مشخص شدن معرف کلروفورم برای استخراج سرب، نتایج تجزیه عنصری نمونه استاندارد تایید شده، با سایر روش‌های تجزیه مورد مقایسه قرار گرفت و همچنین، یک نمونه فروسیلیکو منیزیم تجاری و غیر استاندارد با این روش و تجزیه مربوط به یک شرکت انگلیسی^۱ مقایسه شد که نتایج مربوط در جدول ۶ به نمایش گذاشته شده است. از مقایسه نتایج به دست آمده از این روش با سایر نتایج، برمی آید که روش مورد نظر دارای دقت بالایی بوده و فقط برای تجزیه و استخراج سرب است، در صورتی که سایر روش‌ها عمومی هستند.

جدول ۶ مقایسه روش‌های متفاوت تجزیه نمونه‌های فروسیلیکو منیزیم برای تعیین سرب

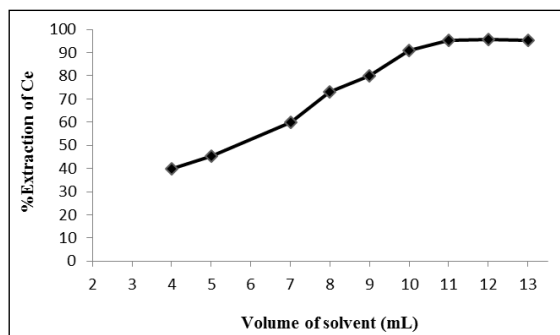
Ce (%)	نمونه
۰/۴۵	تجزیه نمونه استاندارد* بر اساس گواهی تایید شده
۰/۴۳	نمونه استاندارد* تجزیه شده با معرف کلروفورم
۰/۴۲	نمونه استاندارد* تجزیه شده با XRF
۰/۴۵	نمونه استاندارد* تجزیه شده با ICP
۰/۴۸	نمونه تجاری و غیر استاندارد تجزیه شده با معرف کلروفورم در این پژوهش
۰/۴۷	نمونه تجاری و غیر استاندارد تجزیه شده توسط یک شرکت انگلیسی**

* CRM 347

***STEWART (ASSAYERRS) LTD

نتیجه‌گیری

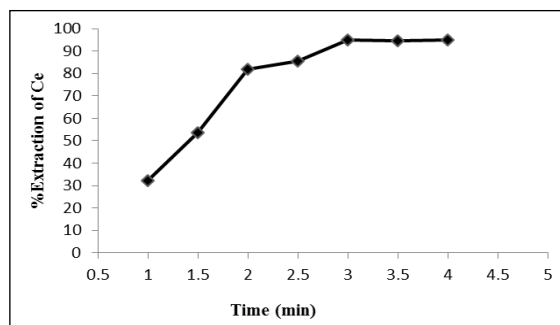
با توجه به این که نمونه فروسیلیکو منیزیم حاوی عناصر متفاوتی است و استخراج عناصر نادر و با غلظت پایین مانند سرب و لانتانیم کار بسیار سختی است. در این پژوهش با استفاده از روش شیمی تر^۲ و به کارگیری یک حلال ترکیبی (معرف کلروفورم)، استخراج عنصر سرب با بازده بالا میسر شد. در فرایند انحلال فروسیلیکو منیزیم، به منظور تشکیل نمک $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$



شکل ۵ تأثیر حجم حلال بر فرایند استخراج سرب

تأثیر زمان بر فرایند استخراج سرب

با توجه به آن که ۱۱ میلی لیتر معرف کلروفورم بیشترین بازده استخراج سرب را به همراه داشت با انتخاب این حجم از این حلال، تأثیر زمان برهم کنش مورد بررسی قرار گرفت. سرعت هم‌زدن در این مراحل برابر ۳۰۰ rpm بوده است. نتایج به دست آمده در این مرحله، در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۶ تغییرات درصد استخراج سرب بر حسب مدت تماس فاز آبی و فاز آلی با انتخاب ۱۱ میلی لیتر معرف کلروفورم

مدت در نظر گرفته شده به منظور تماس فاز آبی با فاز آلی، از ۱ تا ۴ دقیقه متغیر است که با توجه به شکل ۶، بهترین زمان ممکن که درصد استخراج به ۹۴/۸٪ می‌رسد، ۳ دقیقه تعیین شده است و با زمان‌های بیشتر و ایجاد حالت تعادلی، بازده استخراج بدون

فرایند مورد نظر، بازده بالایی داشته باشد. در این روش، سریم موجود در نمونه از حالت عنصری، به سریم با عدد اکسایش (IV) تبدیل شده و بر اساس ویژگی‌های طیف‌سنجی، غلظت آن تعیین شد. در نهایت به منظور اطمینان از دقت روش مورد استفاده، از روش‌های دستگاهی دیگر نیز استفاده شد که نتایج مربوط، صحت و درستی روش مورد استفاده را تایید می‌کنند.

دارای اهمیت زیادی است به طوری که بر مبنای مطالعات انجام یافته pH مناسب برابر با ۹٫۸ تا ۱۰٫۷ است. در روش یاد شده، ماده آلی ۸-هیدروکسی کینولین موجود در معرف کلروفرم عامل اصلی استخراج گونه های مذکور از فاز آبی به حساب می‌آید. همچنین، از بین عامل‌های مهم در استخراج با حلال آلی، نوع حلال، حجم حلال و زمان لازم برای استخراج مورد بررسی قرار گرفت تا

مراجع

- [1] Chumakova, N.L.; Smimova, E.V.; Inorg. Mater. 1522-1528, 2011.
- [2] Berman, S.; Geochim. Cosmochim. Acta. 271-272, 1957.
- [3] El-Faramawy, H.; Eissa, M.; Mattar, T.; Fathy, A.; Ghali, S.; Scand. J. Metall. 37-46, 2003.
- [4] Earnshaw, A.; Greenwood, N.; "Chemistry of the Elements", Second ed., Oxford, U.K. 1997.
- [5] Jain, V.K.; Handa, A.; Sait., S.S.; Shrivastav, P.; Anal. Chim. Acta. 237-246, 2001.
- [6] Lalrecque, J.J.; Beusen, J.M.; Van Grieken.; X-Ray Spectrom. 13-18, 1986.
- [7] Jingmei, LI.; WEI, Wentao.; J. Rare Earths. 28, 387-390, 2010.
- [8] Gowda, H.S.; Gowda, A.T.; Gowda, N.M.M.; Microchem. J. 385-391, 1985.
- [9] Liao, H.M.; Long, S.Y.; Guo, C.B.; Zhu, Z.B.; Trans. Nonferrous Met. Soc. 18, s44-s49, 2008.
- [10] Palmer, P.E.; Burkholder, H.R.; Beaudry, B.J.; Gschneidner, K.A.; J. Less-Common. Met. 87, 135-148, 1982.
- [11] Tran, N.E.; Lambrakos, S.G.; Ashraf Imam, M.; J. Alloys Compd. 240-248, 2006.
- [12] Wood, L-R; Us Patent, US3383294 A. 1968.
- [13]. Kenawy, M.A.; Abdel-Fattah, A.M.; Egypt. J. Sol. 24, 15-159, 2001.
- [14] Vatolin, N.A.; Zavialov, A.L.; Zhuchkov, V.I.; J. Less-Common. Met. 1117, 91-95, 1986.
- [15] Sripriya, R.; Murty, VG.K.; Int. J. Miner. Process. 123-134, 2005.
- [16] Young, R.S.; Talanta. 561-565, 1986.
- [17] Kutsin, V.S.; Oishanskiy, V.I.; Dedov, U.B.; Philipov, I.; Gasik, M.I.; Efficient technologies in Ferro alloy industry, Almaty, Kazakhstan. 17-24, 2013.
- [18] Shengting, K.; Zhifeng, Z.; Yanling, Li.; Guolong, Wu.; Hydrometallurgy. 107-114, 2017.
- [19] Aly, M.I.; Masry, B.A.; Gasser, M.S.; Khlifia, N.A.; Daoud, J.A.; Int. J. Miner. Process. 350-363, 2016.
- [20] Sujata, M.; Sushanta, K.; Hydrometallurgy. 166, 252-259, 2016.
- [21] Hui, T.; Yanliang, W.; Wuping, L.; Deqian, L.; Sep. Purif. Technol. 487-491, 2013.
- [22] Vernon, F.; J. Inorg. Nucl. Chem. 1005-1010, 1970.

New selective method for extraction and spectrophotometric determination of cerium existed in Ferrosilicon Magnesium

H. Heydari¹, S. Belyani², M. Abdouss^{3,*}, M.H. Keshavarz⁴, B. Ghasemi⁵ and S. Moradinasab⁶

1. PhD student, Department of Chemistry, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
2. PhD student, Faculty of Chemistry, Malek-Ashtar University of Technology, Esfahan, Iran
3. Prof. of Organic Chemistry, Department of Chemistry, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
4. Prof. of Physical Chemistry, Faculty of Chemistry, Malek-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran
5. Assistant Prof. of Materials Engineering, Faculty of Materials and Metallurgical, Semnan University, Tehran, Iran
6. MSc in Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Semnan University, Tehran, Iran

Received: May 2017, Revised: August 2017, Accepted: September 2017

Abstract: One of the best methods for extracting cerium from Ferrosilicon Magnesium (FeSiMg) is using organic solvents. In this study, a simple, fast and sensitive spectrophotometric method for the determination of trace amounts of cerium in Ferro Silicon Magnesium was studied. Accordingly, some organic solvents have investigated and chloroform reagent was chosen as the superior solvent for cerium extraction in Ferrosilicon Magnesium and maximum extraction of 95.5% was achieved. The effect of extraction parameters, such as volume of solvent, contact time of aqueous/organic phases, and pH were studied. The high yield obtained under optimized conditions of 11 mL of chloroform reagent, contact time of 3 min, and pH of 10.7. Results of the batch process were compared with the results of certified reference materials by using Inductively Coupled Plasma and X-Ray Fluorescence methods and low differences were revealed. So the proposed technique was applied with high accuracy and precision for determination of cerium.

Keywords: Cerium, Extraction, Spectrophotometric, Ferrosilicon magnesium, Organic solvent