



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"

مهندسی معدن - اکتشاف

عنوان :

فرآوری عناصر نادر خاکی

استاد راهنما :

نگارش :

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱	چکیده
۳	مقدمه
۵	فصل اول : کلیات
۵	۱-۱- تاریخچه عناصر کمیاب خاکی
۵	۲-۱- فراوانی و توزیع
۷	۳-۱- خواص اولیه عناصر کمیاب خاکی
۸	۴-۱- انواع کانسارهای عناصر کمیاب خاکی
۹	۴-۱-۱- ذخایر همراه کربناتها
۱۰	۴-۱-۲- ذخایر همراه با سنگهای پر آلکالن
۱۰	۴-۱-۳- ذخایر تیپ برشهای گرانیتی <i>Olympic Dom</i>
۱۱	۴-۱-۴- ذخایر اسکارن
۱۱	۴-۱-۵- ذخایر پلاسربی
۱۱	۴-۱-۶- ذخایر بازماندی
۱۲	۵-۱- رفتار عناصر کمیاب خاکی در طول تبلور ماغما
۱۳	۶-۱- ضریب توزیع عناصر کمیاب خاکی
۱۴	۷-۱- کانیهای عناصر کمیاب خاکی
۲۳	۸-۱- مصارف عناصر کمیاب خاکی
۲۷	۹-۱- بررسی عرضه و تقاضا
۲۸	۱۰-۱- میزان ذخیره در جهان
۳۰	۱۱-۱- تولید در جهان
۳۱	۱۲-۱- قیمت عناصر کمیاب خاکی
۳۴	۱۳-۱- کانسارهای فسفات ایران

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۳۵	۱-۱-۱- واحد پر عیار سازی آپاتیت و جدا شدن مواد در مجتمع اسفورودی
۳۷	فصل دوم : فرآوری عناصر کمیاب خاکی (لیچینگ فسفاتها)
۳۸	۱-۲- کانه آرایی ، ذوب ، تصفیه
۳۸	۲-۲- فسفاتها
۳۹	۳-۲- سنگ فسفات
۴۰	۴-۲- روش‌های لیچینگ
۴۰	۴-۴-۱- بازیابی لانتانیدها
۴۰	۴-۴-۲- شن مونازیتی و گزینوتیم
۴۴	۴-۴-۳- روش اسید سولفوریک
۴۵	۴-۴-۴- روش هیدروکسید سدیم
۴۶	فصل سوم : تبادل یونی
۴۶	۱-۳- اصول کلی
۴۷	۲-۳- روش‌ها و تجهیزات
۴۸	۳-۳- جداسازی فلزات
۵۳	فصل چهارم : استخراج با حلال
۵۳	۱-۴- مقدمه
۵۳	۲-۴- جنبه‌های مهندسی
۵۳	۳-۴- فاز آلی
۵۴	۴-۴- ماهیت اجزاء استخراج شده

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۵۵	۴-۵- جداسازی
۵۵	۴-۵-۱- لانتانیدها
۵۶	۴-۱-۱- اسکاندیم- اورانیوم
۵۶	۴-۶- تبلور جزء به جزء
۵۷	۴-۷- جنبه های مهندسی
۵۷	۴-۸- جدا سازی لانتانیدها
۵۸	۴-۹- مقایسه روشها
۵۹	نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۰	فهرست منابع و مأخذ
۶۱	چکیده انگلیسی

فهرست جدول ها

شماره صفحه

عنوان

۳	جدول ۱ - ۱ : جدول تناوبی مندلیف با عناصر کمیاب خاکی (REE)
۶	جدول ۲ - ۱ : تاریخچه ای از اکتشاف عناصر کمیاب خاکی
۹	جدول ۲ - ۲ : خواص عناصر کمیاب خاکی
۱۵	جدول ۲ - ۳ : کانی ها عناصر کمیاب خاکی
۲۵	جدول ۲ - ۴ : میزان مصرف عناصر نادر خاکی در صنایع کاربردی در جهان
۲۸	جدول ۲ - ۵ : میزان مصرف عناصر نادر خاکی در صنایع گوناگون در جهان
۳۱	جدول ۲ - ۶: میزان ذخیره اقتصادی و پایه عناصر کمیاب خاکی در سالهای (1995-2004)
۳۲	جدول ۲ - ۷: میزان ذخیره عناصر کمیاب خاکی کشورهای جهان
۳۳	جدول ۲ - ۸: میزان تولید عناصر نادر در جهان در طی سالهای ۱۹۹۷ - ۲۰۰۴ (تن)
۳۷	جدول ۲ - ۹: کنسانتره مونازیت: تولید جهانی هر کشور
۳۸	جدول ۲ - ۱۰: قیمت‌های پایان سال کنسانتره کمیاب خاکی
۴۰	جدول ۲ - ۱۱: ذخایر مهم فسفات در ایران
۴۲	جدول ۳ - ۱: مواد خام اصلی فسفاتها
۴۵	جدول ۳ - ۲: انواع اصلی سنگ فسفات
۴۷	جدول ۳ - ۳: خواص فیزیکی کانیهای فسفات لانتانید
۴۹	جدول ۳ - ۴: آنالیز شیمیایی کنسانتره فسفات لانتانید
۵۰	جدول ۳ - ۵: ترکیب نمونه از لانتانیدها در مونازیت، گزینوتیم و بستنازیت
۵۲	جدول ۳ - ۶: آنالیز نمونه محلول لیچ مونازیت، $PH=0.05$
۵۳	جدول ۵ - ۱: اشباع فاز آلی در استخراج توریم

فهرست جدول ها

شماره صفحه

عنوان

۵۵ جدول ۲-۵: استخراج توریم ، اورانیوم و لانتانیدها با آمین ها

۵۶ جدول ۳-۵: حلالیت بعضی از ترکیبات لانتانیدی

فهرست نمودارها

شماره صفحه

عنوان

-
- نمودار ۱-۲ : میزان مصرف عناصر نادر خاکی در صنایع کاربردی در جهان ۳۶
- نمودار ۲-۲ : نمودار میزان ذخیره اقتصادی و پایه عناصر کمیاب خاکی در جهان ۳۹
- نمودار ۳-۲: میزان ذخیره عناصر کمیاب خاکی در کشورهای هند ، آمریکا، استرالیا وكل جهان ۴۱

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان

۱۹	شکل ۱-۲ : تغییرات عناصر کمیاب خاکی نسبت به کندریتها در بازالت‌های اقیانوسی، بازالت‌های قاره‌ای، گرانیتها و آنورتیت‌ها
۲۲	شکل ۲-۲: فلوشیت کارخانه فرآوری فسفات اسفورودی
۳۱	شکل ۳-۱: جدایش مونازیت و دیگر کانیهای بالرزش از شن مونازیت بوسیله روش‌های فیزیکی
۳۳	شکل ۳-۲: روش‌های لیچینگ برای شن مونازیت
۴۲	شکل ۴-۱: مدل اسفنجی تعویض کننده
۴۳	شکل ۴-۲: جداسازی توربیوم واورانیوم بر روی رزین آئیونی
۴۵	شکل ۴-۳: جداسازی فلزات از Zn تا Mn به وسیله شستشوی انتخابی با اسید هیدروکلریک
۵۰	شکل ۴-۴: جداسازی لانتانیدها از تبادل کننده کاتیونی (Dowex50) با لاكتات یک مول
۵۳	شکل ۴-۵: ستون‌های تبادل یونی برای جداسازی لانتانیدها در مرکز شیمیایی میشگان
۵۴	شکل ۵-۱: جداسازی لانتانیدها از بستنازیت با استخراج به وسیله D2EHPA
۵۶	شکل ۵-۲: تبلور جزء به جزء‌نمک‌های خاک‌های نادر

چکیده

در این نوشه کلیاتی در ارتباط با تاریخچه کشف و نامگذاری عناصر کمیاب خاکی فراوانی توزیع آنها به این معنی که این عناصر در حقیقت خیلی کمیاب نیستند و خواص اولیه آنها از نظر مغناطیسی بررسی می شود.

کانسارهای آنها که به عنوان مثال در کربناتیتها بیشتر از دیگر انواع سنگها بوده به ترتیب در کربناتهای کلسیمی، منیزیمی و آهن دار بیان شده است. عناصر کمیاب در پوسته زمین به صورت فلز آزاد یافت نمی شود و به طور طبیعی در کانیهای که شامل ترکیبی از عناصر کمیاب گوناگون وغیر فلزات هستند یافت می شوند. بررسی این کانیها و کانیهای مهم اقتصادی آنها از جمله باستانیت ، مونازیت ، زینوتیم و غیره به همراه ساختمان و ترکیب شیمیائی و دیگر خصوصیات آنها به علاوه مصارف عناصر نادر خاکی در صنایع مختلف از جمله شیشه و سرامیک ، رآکتورهای اتمی ، در تولید آهنرباهای دائمی و... مورد نظر است.

تقاضا برای این عناصر در جهان رو به افزایش است. که این موضوع با استفاده از جداولی قابل توضیح بیشتر است. روشهای متداول فرآوری عناصر کمیاب خاکی (کانه آرائی، ذوب ، تصفیه) می باشد. یکی از روشهای استحصال و جدایش عناصر کمیاب خاکی شامل استخراج حلال سیال- سیال براساس تفاوت در میل ترکیبی عناصر نادر خاکی مجرزا برای عامل کی لیت ساز در یک حلال آلی است. فسفاتها از مواد خام مورد علاقه متالورژیستها می باشد و از نظر وزنی در مقایسه با مواد دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. روشهای لیچینگ فسفاتها - بازیابی لانتانیدها که از سنگ فسفات با منشاء رسوبی حدود ۵٪ و منشاء آذرین صورت می گیرند - روشهای پر عیار کردن شن مونازیتی وزینوتیم - روش اسید سولفوریک و روش هیدروکسید سدیم برای فرآوری کنسانتره آنها.

یکی دیگر از روشهایی که برای فرآوری کانیهای کمیاب خاکی استفاده می شود ، تبادل یونی است. این روش در متالورژی استخراجی برای بازیابی عناصر با ارزش مانند اورانیم و جداسازی فلزات با خواص مشابه مانند نیکل و کبالت ، زیر کونیم ، هافنیوم ، تانتالیوم ، نیوبیوم و لانتانیدها از محلول لیچ بکار می رود. اصول کلی این روش و تجهیزات مورد نیاز این روش به صورت مفیدی قابل توضیح است.

روش دیگر استخراج با حلال : یک فرایند شیمیائی است که در این روش فلزات موجود در فاز آبی برای تشکیل کمپلکس آلی فلزی با یک ماده آلی واکنش می دهند لذا اجزاء فلز فاز آبی را ترک کرده و وارد فاز آلی می شوند. فلز در فاز آلی با اتمهای کربن به ترکیبات آلی فلزی پیوند ندارد ولی با اکسیژن ، ازت ، گوگرد یا هیدروژن با یک پیوند کثوردینانسی (داتیو) ارتباط دارد. عکس این روش را استریپینگ گویند. جنبه های مهندسی و تجهیزات این روش نیز قابل توضیح بیشتر است.