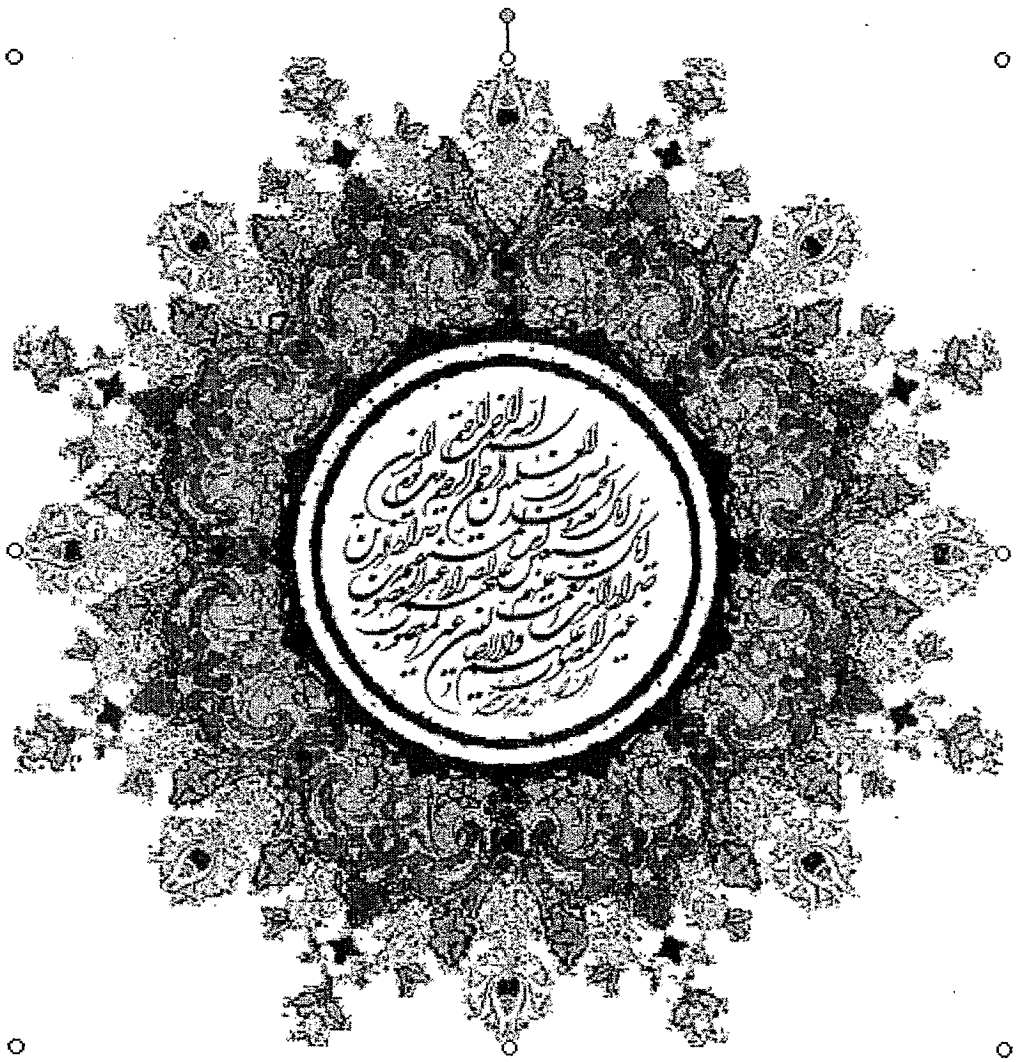

٩٤٩٤٢

مجتمع فنی و مهندسی - دانشکده مهندسی معدن

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد فرآوری موادمعدنی

بررسی امکان فروشویی(لیچینگ) تحت فشارکانه های اورانیم وکانی های مقاوم همراه با طراحی وساخت اتوکلاوتحت فشار

اساتید راهنما

دکتر عباس سام

دکتر سعید علمدار میلانی

استاد مشاور

دکتر امیرحسین کوهساری

تحقیق و پژوهش

روح الله دره سیری

۱۳۸۶/۱۱/۰۸

پاییز۸۵

۴۳۹۶۲

تقدیم به پدر بزرگوارم و
مادر عزیزم که بالندگیم را از آنها دارم

تقدیر وتشکر

از جناب آقای دکتر محمد قنادی مراغه، معاونت محترم پژوهشی سازمان انرژی اتمی برای مساعدت های ارزشمند ایشان تشکر و قدردانی می نمایم.

از استاد ارجمند و گرامی جناب آقای دکتر سعید علمدار میلانی عضو هیأت علمی سازمان انرژی اتمی به خاطر کمک های بی دریغ ایشان و زحماتی که در طول انجام این پروژه متحمل شدند تشکر و قدردانی می نمایم.

از جناب آقای دکترعباس سام بخاطر راهنمایی های ارزشمندشان سپاس گذاری می کنم.

از جناب آقای دکتر امیر حسین کوهساری استاد مشاور ارجمند و عزیزم کمال تشکر دارم.

از تلاش های بی دریغ دوست و استاد عزیزم، مهندس محمد کیایی، به خاطر کمک های ارزنده ایشان در طول پروژه ، تشکر می کنم.

و درآخر از کلیه دوستان ارجمندم آقایان مهندس محمود عبدیان ، مهندس مهدی آشتیانی فر و پرسنل فنی محترم و زحمتکش واقع درقسمت کارگاه فنی و آزمایشگاه تحقیقاتی جابربن حیان بابت کمک های بی دریغ آنها کمال تشکر دارم.

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی خانم /آقای: روح الله دره سیری

دانشجوی کارشناسی ارشد مجتمع فنی و مهندسی دانشگاه یزد،دررشته/ گرایش فرآوری مواد معدنی

تحت عنوان: بررسی امکان لیچینگ تحت فشار کانه های اورانیوم همراه با طراحی و ساخت اتوکلاو تحت فشار

وتعداد واحد: ۶ درتاریخ ۹ / ۸ / ۱۳۸۵

باحضور اعضای هیات داوران متشکل از :	نام ونام خانوادگی	امضاء
۱-استاد/استادان راهنما اول:	عباس سام	
۲-استاد/استادان راهنما دوم:	سعید علمدار میلانی	
۳- استاد/استادان مشاور:	امیرحسین کوهساری	
۴-داور خارج از گروه:	محمد نوع پرست	
۵-داور داخل گروه:	علی دهقانی	

تشکیل گردید و پس ازارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران، بادرجه عالی و نمره: به عدد ۱۸/۹ به حروف هیجده و نه دهم مورد تصویب قرارگرفت.

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام ونام خانوادگی:سیدعباس میرجلیلی

امضاء:

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱.مبانی ۳

۱. ۱ کانی های اورانیم ۴

۱. ۲ کانسارهای اورانیم ۶

۱. ۲. ۱ کانسارهای اورانیم همراه کنگلومرای پرکامبرین ۶

۱. ۲. ۲ کانسارهای اورانیم نوع دگرشیبی ۷

۱. ۲. ۳ کانسارهای اورانیم در ماسه سنگ ها ۸

۱. ۲. ۴ اورانیم در رسوبات تبخیری(کالکریت) ۹

۱. ۲. ۵ شیل های سیاه دریایی حاوی اورانیم ۹

۱. ۲. ۶ کانسارهای اورانیم همراه با سنگ های آذرین درونی ۱۰

۱. ۲. ۷ کانسارهای اورانیم موجود در سنگ های آتشفشانی ۱۰

۱. ۲. ۸ کانسارهای اورانیم نوع تماس متاسوماتیسم ۱۰

۱. ۲. ۹ کانسارهای نوع رگه ای ۱۱

۱. ۲. ۱۰ سنگ های فسفاته اورانیم دار ۱۴

۲.فرآوری کانه های مقاوم حاوی اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی

۲. ۱ فروشویی کانه های اورانیم ۱۸

۲. ۱. ۱ رفتار کانی های اورانیم در عملیات فروشویی ۲۳

۲. ۲ فرآوری و تجزیه کانی های فسفاته اورانیم دار ۲۴

۲. ۲. ۱ روش اسید سولفوریک در انحلال فسفات مقاوم اورانیم دار ۳۲

۲ .۲. ۲ فرآیند قلیایی در هضم فسفات مقاوم اورانیم دار ۳۳

۲ .۳ روش های های انحلال کانی باستنازیت ۳۶

۲. ۳. ۱ کاربرد فرآوری اسیدی در انحلال باستنازیت ۳۶

۲. ۳. ۲ کاربرد فرآوری قلیایی در هضم باستنازیت ۳۷

۲. ۴ بررسی تجزیه دیگر کانی های مقاوم در محیط قلیایی ۳۷

۳.طراحی و ساخت اتوکلاو تحت فشار

۳. ۱ فروشویی همزنی ۴۲

۳. ۲ فروشویی تحت فشار ۴۳

۳. ۳ انواع اتوکلاو ۴۴

۳. ۳. ۱ اتوکلاوهای با هم زن بخار ۴۷

۳ .۳. ۲ اتوکلاوهای عمودی ۴۸

۳ .۳. ۳ اتوکلاوهای افقی ۴۹

۳. ۳. ۴ اتوکلاوهای لوله ای ۵۰

۳. ۳. ۵ اتوکلاوهای دوار ۵۰

۳. ۴ روابط سینتیکی برای تعیین مکانیزم کنترل کننده سرعت واکنش ۵۱

۳. ۵ مراحل طراحی اتوکلاو تحت فشار ۵۶

۳. ۵. ۱ محاسبات مربوط به انتقال حرکت دورانی ۵۷

۳. ۵. ۲ تشریح مکانیزم گرمایشی اتوکلاو ۵۸

۳. ۵. ۳ استفاده از گلوله دراتوکلاو ۶۱

۳. ۵. ۴ آب بندی سیستم ۶۲

۳. ۵. ۵ نحوه کار با دستگاه و انجام آزمایش ها ۶۴

۳. ۶ آزمایش های فروشویی تحت فشار ۶۷

۳. ۶. ۱ تجزیه کانی های مقاوم در فروشویی تحت فشار با محلول قلیایی ۶۹

۳. ۶. ۲ فروشویی انتخابی تحت فشار کربناته ۷۱

۳. ۷ نتایج ۷۱

۳. ۸ پیشنهادها ۷۱

منابع ۷۳

فهرست جداول

جدول ۱. ۱ مقدار اورانیم در سنگ ها بر حسب گرم در تن ۵

جدول۱. ۲ مقدار اورانیم موجود در شبکه بعضی از کانی ها ۵

جدول۱. ۳ جدول میزان تولید اورانیم در کشورهای مختلف در سال ۱۹۹۸ ۷

جدول۱. ۴ انواع کانسارهای اورانیم همراه با تقسیمات ۸

جدول۱. ۵ خصوصیات کانسارهای اورانیم ۱۳

جدول۱. ۶ مواد خام اصلی فسفاته حاوی اورانیم ۱۴

جدول۱. ۷ خواص فیزیکی کانی های فسفات لانتانید ۱۵

جدول۲. ۱ ظرفیت و حلالیت اکسیدهای اورانیم ۲۰

جدول۲. ۲ مشخصات کانی های رایج درکنسانتره کانی های سنگین و مقاوم ۲۵

جدول۲. ۳ درصد تقریبی کانی های سنگین در کنسانتره کانی سنگین ۲۶

جدول۲. ۴ آنالیز شیمیایی کنسانتره های فسفات لانتانید ۲۸

جدول۲. ۵ اطلاعات ترمودینامیکی استفاده شده در محاسبات ترمودینامیکی ۴۰

جدول۳. ۱ نتایج آنالیز شیمیایی نمونه حاوی کانی سنگین ۶۷

فهرست اشکال

شکل۲. ۱ جدایش اولیه ماسه های ساحلی به روش مغناطیسی ۲۷

شکل۲. ۲ فلوشیت فرآوری ماسه های ساحلی مربوط به خلیج ریچارد ۳۱

شکل۲. ۳ فلوشیت ساده شده آرایش کانی های سنگین در استرالیا ۳۱

شکل۲. ۴ فلوشیت فرآوری کانی های سنگین در امتداد سواحل دریای عمان ۳۲

شکل۲. ۵ فلوشیت روشهای انحلال کانی مونازیت ۳۵

شکل۲. ۶ تجهیزات مورد استفاده در فروشویی کربناته تحت فشار اتمسفر ۳۶

شکل۳. ۱ نمایی از اتوکلاو مجهز به فشارسنج ۴۵

شکل ۳. ۲ دیاگرام نقطه جوش محلول هیدروکسید سدیم ۴۵

شکل۳. ۳ نمودار فشار بخار محلول قلیایی هیدروکسید سدیم ۴۵٪ در دماهای مختلف ۴۶

شکل۳. ۴ نمودار فشار بخار محلول کربنات آمونیاکی با غلظت ۳۰٪ در دماهای مختلف ۴۶

شکل ۳. ۵ اتوکلاو عمودی برای فروشویی بوکسیت ۴۸

شکل۳. ۶ اتوکلاو عمودی با همزن مکانیکی ۴۹

شکل۳. ۷ اتوکلاو لوله ای ۵۰

شکل۳. ۸ یک اتوکلاو دوار برای فروشویی پر عیار تنگستن و مولیبدن ۵۱

شکل ۳. ۹ نمودار رابطه بازیابی و سرعت فروشویی ۵۲

شکل۳. ۱۰ نمودار تغییرات سرعت فروشویی نسبت به افزایش دما ۵۳

شکل۳. ۱۱ نمایی از ترکیب گلوله های به کارگرفته شده در اتوکلاو گلوله ای گردان ۶۲

شکل۳. ۱۲ نقشه دستگاه اتوکلاو گلوله ای گردان همراه با سیستم چرخش و گرمایش ۶۵

شکل۳. ۱۳ نمایی از اتوکلاو گلوله ای گردان در حین چرخش ۶۵

شکل۳. ۱۴ نمایی از دستگاه اتوکلاو گلوله ای گردان مجهز سیستم کنترل و چرخش ۶۶

شکل۳. ۱۵ نمودار ستونی درصد بازیابی عناصر بر حسب درصد ۶۸

شکل۳. ۱۶ نمودار ستونی درصد بازیابی عناصر در فروشویی تحت فشار کربناته ۷۰

چکیده

منابعی از اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی وجود دارند که به علت قرار گرفتن آنها در شبکه کانی های مقاوم و پایدار در برابر فرسایش، نیاز به فرآوری ویژه ای دارند. از جمله این کانی ها می توان به زیرکن، مونازیت، زینوتیم، توریت، باستنازیت و غیره اشاره کرد. اورانیم در چرخه فرآوری کنسانتره خالص حاوی این کانی ها (حاصل از فرآوری فیزیکی کانی های سنگین) به عنوان یک محصول فرعی بازیابی می شود. علاوه بر این، وجود اورانیم درگیر در ساختمان این کانی ها موجود در بعضی از کانه های اورانیم، باعث ایجاد اشکال در انحلال اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی و در نتیجه عدم ورود آنها به فاز آبی می شود. از عملیات فروشویی به منظور تجزیه و بهم پاشی شبکه این کانی ها و تبدیل آنها به محصولات غیر مقاوم و در نهایت ورود آن ها به فاز آبی استفاده می شود. به طور کلی برای تجزیه و درهم ریختن شبکه این کانی ها از دو روش قلیایی و اسیدی استفاده می شود. روش قلیایی به دلیل انجام واکنش در دمای کمتر انتخابی تر عمل کردن و خوردگی کم تر تجهیزات، مناسب می باشد. برای تحمل فشار بخار در دمای بالاتر از نقطه جوش محلول ها نیاز به اتوکلاو می باشد. اتوکلاوها انواع گوناگونی دارند: استوانه ای کروی یا لوله ای و به صورت عمودی یا افقی.عمل هم زدن در اتوکلاوها با تزریق بخار تحت فشار به روش مکانیکی و یا با دوران اتوکلاوها صورت می پذیرد. در تحقیق حاضر، اتوکلاو استوانه ای فولادی ضدزنگ، در مقیاس آزمایشگاهی به حجم ml ۲۵۰ برخوردار از مکانیزم چرخش با سرعت ۱۳۰rpm همراه با مکانیزم گرمایش خارجی از طریق محفظه گرمایشی عایق بندی شده و مجهز به سیستم کنترل دیجیتالی دما و زمان ساخته شد. در این اتوکلاو، از گلوله های استیل ضدزنگ در قطرهای مختلف برای خردایش و هم زدن پالپ استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا نمونه حاوی کانی های سنگین و مقاوم در برابر فرسایش و دارای اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی برای تجزیه تحت فشار بخار محلول سود سوزآور با غلظت ۴۵٪ در دمای ۱۷۵ درجه سانتی گراد با نسبت مایع به جامد ۲ به ۱ درمدت زمان ۲ ساعت مورد عملیات فروشویی قرار گرفت که طی آن هیدروکسید عناصر نادر خاکی اورانیم و توریم تولید می شود. پس از عملیات انحلال و آنالیز بازیابی برای اورانیوم ۸۴٫۳٪، توریم۸۶٫۲٪، ایتریم۳۶٫۸٪، سریم۳۳٫۷٪، لانتانیم۹۲٫۱٪ بدست آمد. در ادامه، برای استخراج انتخابی اورانیم و توریم، نمونه حاوی هیدروکسید اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی تحت عملیات فروشویی انتخابی کربنات- بی کربنات آمونیوم ۳۰٪ در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد و زمان ۱ ساعت و با نسبت مایع به جامد ۴ به ۱ قرار گرفت. پس از آنالیز میزان بازیابی اورانیم ۹۲٫۳٪، توریم ۹۷٫۸٪ برای سریم۴٫۸، لانتانیم ۱٫۴٪ و ایتریم ۲۲٫۴ ٪ تعیین گردید.

مقدمه

اورانیم عنصری است راهبردی و مصارف آن درنیروگاه های اتمی، صنایع هسته ای، شیمیایی علوم پزشکی و کشاورزی و موارد دیگر می باشد. با توجه به اهداف بلند مدت در بخش نیروگاه های هسته ای و تولید برق حاصل از سوخت هسته ای، بازیابی اورانیم از منابع ثانویه آن مانند اسید فسفریک، آب دریا و اورانیم درگیر با عناصر نادر خاکی به عنوان یک محصول فرعی برای تأمین اورانیم از منابعی غیر ازمنابع متداول آن و همچنین کاربرد عناصر نادر خاکی در ساخت آلیاژها آهنرباهای دایمی، باتری های قابل شارژ شدن، فیبرهای نوری و در صنایع دارویی و در ساخت فوق هادی ها، لامپ های خلأ، لیزر و دیگر موارد متعدد، سبب شده است تا توجه ویژه ای به فرآوری جداسازی و تخلیص این عناصر در مؤسسات تحقیقاتی مبذول شود. این عناصر در طبیعت به شکل های مختلف و در سنگ های مختلف یافت می شوند. به دلیل واقع شدن اورانیم درشبکه کانی های سنگین و مقاوم مانند مونازیت (فسفات عناصر نادر خاکی) زیرکن، زینوتیم توریت که در آنها اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی در داخل شبکه کریستالی با عناصر دیگر پیوندهای بسیار محکمی تشکیل داده اند، هنگام انجام عملیات فروشویی برروی این کانه ها با مشکلات مصرف بالای عامل اسیدی فروشویی، خوردگی تجهیزات و نیاز به مدت زمان های طولانی عملیات برای رسیدن به میزان قابل قبولی از بازیابی، مواجه هستیم. یکی ازروش های پیشنهادی برای رسیدن به میزان قابل قبولی از بازیابی برای اورانیم، توریم و عناصر نادرخاکی درمدت زمان های کم تر، تجزیه و بهم ریختن شبکه کانی های مقاوم تحت شرایط ویژه دما و فشار بالا و در مرحله دوم جدایش انتخابی اورانیم و توریم درگیر با عناصر نادر خاکی توسط عامل لیچ انتخابی در دما و فشار بالا می باشد. اجرای عملیات فروشویی در دمای بالا در روش های معمولی فروشویی بدلیل بخار شدن واتلاف عامل فروشویی مقدور نمی باشد و برای اجرای این عملیات نیاز به اتوکلاو تحت فشار است. انواع گوناگونی از اتوکلاوها به شکل های استوانه ای کروی یا لوله ای وجود دارند و به صورت عمودی یا افقی ساخته می شوند. هم زدن در اتوکلاوها با تزریق بخار تحت فشار، به روش مکانیکی و یا با دوران اتوکلاوها صورت می پذیرد. اتوکلاوهایی که هم زدن در آنها با دوران و فشار بخار

انجام می شود، دارای حداقل هزینه نگهداری هستند. هزینه نگهداری اتوکلاوهای با پره های مکانیکی به علت داشتن محورهای دورانی بالا است. در این نوع اتوکلاو بارگذاری و تخلیه پالپ از طریق یک محور و چرخش آن از طریق محور دیگر صورت می گیرد. در این پروژه تحقیقاتی اتوکلاو استوانه ای دوار در مقیاس آزمایشگاهی و در حجم ۲۵۰ میلی لیتر طراحی و ساخته شد. درطراحی سیستم گرمایش و تثبیت دمای درون اتوکلاو از یک منبع گرمایش الکتریکی خارجی همراه با سیستم کنترل دیجیتالی دما و زمان استفاده شد. در اغلب واکنش ها در درون اتوکلاو، محصولات واکنش مواد غیر محلولی را بر روی سطح کانی ها تولید می کنند که مانع نفوذ عامل فروشویی به سطح کانی و درنتیجه باعث کاهش سرعت واکنش می شود. به همین دلیل، در اتوکلاو مورد بحث در پروژه حاضر، از گلوله های فولادی زنگ نزن در ابعاد و وزن معین استفاده شده است. نقش این گلوله های فولادی در درجه اول به عنوان روشی جدید در خردایش هم زمان با عملیات فروشویی و در درجه دوم به عنوان تسهیل کننده واکنش، مهم می باشد .

در این تحقیق، نمونه حاوی کانی های سنگین روتیل، کرومیت، منیتیت، هماتیت زیرکن و مونازیت قبل ازعملیات فروشویی مورد آزمایش های پیش تغلیظ شامل: مارپیچ، میز ثقلی جدایش مغناطیسی شدت پایین و سپس شدت بالا و در نهایت جدایش الکترواستاتیکی قرار گرفته است. نشان داده شده است که عیار اورانیم، توریم و عناصر نادر خاکی درکانی های سنگین و مقاوم در برابر فرسایش ماسه های ساحلی دریای عمان در محصول غیرهادی، افزایش نشان داده است. به منظور تجزیه کانی های مقاوم، عملیات فروشویی در دمای بالا و تحت فشار بخار محلول قلیایی بر روی محصول هادی حاوی کانی های مقاوم انجام شد و سپس برای بازیابی انتخابی اورانیم و توریم، فروشویی تحت فشار قلیایی کربناته نیز صورت گرفت .

فصل اول

مبانی

۱. ۱ کانی های حاوی اورانیم

اورانیم دارای ظرفیت های شیمیایی ۳، ۴، ۵ و ۶ است و در طبیعت عموماً در ظرفیت های ۴ و ۶ یافت می شود. یون های ۴ و ۶ ظرفیتی که در پوسته خارجی شان دارای ۸ الکترون هستند دارای میل ترکیبی زیاد با اکسیژن بوده و در طبیعت به صورت اکسید یا نمک اسیدهای اکسیژن می باشند. علیرغم آنکه اورانیم، اکسیدهای متعددی تشکیل می دهد، تنها۲ اکسید آن یعنی اورانینیت (UO_2) و پشبلاند (U_3O_8) حایز اهمیت اند و بیشتر ذخایر اورانیم دنیا را تشکیل می دهند. علاوه بر کانی های اولیه اورانیم که در آنها اورانیم به عنوان عنصر اصلی می باشد کانی های ثانویه ای نیز از عناصر و یون های کانی های اولیه تحت شرایط pH متغیر و با مهاجرت آب های زیر زمینی مشتق می شوند. همچنین بعضی اوقات اورانیم در نیوبات ها و تانتالات های نادر خاکی پیدا می شود که در بیشتر آن ها اورانیم دارای ظرفیت ۴ می باشد. آنالیزهای شیمیایی نشان می دهد که هر دو مورد U^{4+} و U^{6+} در آن ها وجود دارد. چوکلیت[۱] کانی ای از اورانیم است که حاوی توریم کربن، هیدروژن و اکسیژن است و بیشتر در کانه های طلای آفریقای جنوبی وجود دارد. این کانه ها به طور متوسط دارای ۰.۲-۰.۱٪ U_3O_8 می باشند و ابتدا طلا از آن ها بازیابی می گردد[۱]. دسته دیگری از کانی ها وجود دارند که در آن ها مقدار کمی اورانیم وجود دارد، ولی به عنوان جزء اصلی کانی محسوب نمی شود و اورانیم به عنوان یک محصول فرعی از چرخه فرآوری این کانی ها بازیابی می شود. این کانی ها دارای منشأ پگماتیت ها یا آذرین می باشند، که در آن ها هوازدگی باعث آزاد شدن اورانیم در آب های زیرزمینی شده است[۱۵].

اورانیم چهارظرفیتی دارای قابلیت حلالی اندک است، حال آن که شکل ۶ ظرفیتی از حلالیت بالایی برخوردار بوده و در این حالت مهاجرت می کند. بیشترین مقدار اورانیم (تا ۵۰ درصد از کل) درکانی‌های فرعی پرتوزا نظیر اسفن، مونازیت، زینوتیم، باستنازیت، رابدوفن، زیرکن توریت (سیلیکات توریم)، آپاتیت، ایلمنیت و غیره... تمرکز می‌یابد. عمده‌ترین کانی‌های سازنده سنگ، به خصوص کانی‌های تیره حاوی ۵ تا ۱۵ درصد از مقدار کل اورانیم را دارا هستند .

اورانیم به دلیل بزرگی شعاع یونی اش و بالا بودن بار یونی اش،در سنگ های آذرین اسیدی متمرکز می شود. در مراحل آغازین تبلور ماگمای گرانیتی با کاسته شدن از درجه قلیایی محیط اورانیم چهارظرفیتی عموماً به صورت ایزومورف وارد شبکه بلورین کانی‌های سازنده سنگ می‌شود و گرانیت‌های پرمایه از اورانیم را می‌سازد. در جدول۱. ۱ میزان فراوانی اورانیم در سنگ های مختلف گزارش شده است. میزان فراوانی اورانیم در کانی های مهم در جدول ۱ .۲ گزارش شده است. زینوتیم، زیرکن و مونازیت بیشترین مقدار اورانیم و الیوین کم ترین مقدار اورانیم دارند. زینوتیم، زیرکن و مونازیت در سنگ های آذرین اسیدی تا حد واسط آلکالن یافت می شوند و به همین دلیل میزان فراوانی آن ها در این نوع سنگ ها بالاست[۷].

جدول۱. ۱ مقدار متوسط اورانیم موجود در سنگ های مختلف(گرم در تن)[۷] .

نام سنگ	میزان متوسط اورانیم (گرم در تن)	نام سنگ	میزان متوسط اورانیم (گرم در تن)
دونیت	۰٫۰۲	گرانیت	۴
اکلوژیت	۰٫۲	شیل ارگانیکی	۱۰
پیروکسینیت	۰٫۷	شیل قرمز	۳
گابرو	۰٫۹	ماسه سنگ	۱
دیوریت	۲	کربنات ها	۲
گرانودیوریت	۲٫۶	تبخیری ها	۰٫۱

جدول۱. ۲ مقدار اورانیم موجود در شبکه بعضی از کانی ها(گرم در تن)[۷]

نام کانی	**مقدار اورانیوم** (گرم در تن)	**نام کانی**	**مقدار اورانیوم** (گرم در تن)
کوارتز	۰٫۱-۱۰	آپاتیت	۵-۱۵۰
مگنتیت	۱-۳۰	زینوتیم	۳۰۰-۳۵۰۰۰
موسکویت	۲-۸	زیرکن	۱۰۰-۶۰۰۰
بیوتیت	۰٫۰۵	مونازیت	۵۰۰-۳۰۰۰
اولیوین	۰٫۲-۶	اسفن	۱۰-۷۰۰
پیروکسین	۰٫۰۱-۵۰	اپیدوت	۲۰-۲۰۰
آلانیت	۳۰-۱۰۰۰	ایلمنیت	۱-۵۰

۱. ۲ کانسارهای اورانیم

امروزه حدود ۴,۳۰۰,۰۰۰ تن از منابع معدنی اورانیم در کره زمین کشف شده است و میزان مصرف سالانه اورانیم در کشورهای مختلف بالغ بر ۶۵۰۰ تن می‌شود. انتظار می رود مقدار مصرف تا سال ۲۰۲۰ میلادی به ۷۵۰۰۰ تن در سال افزایش یابد. ذخایر شناخته شده اورانیم برحسب قیمت تمام شده طبقه‌بندی می‌شود. ذخایر ارزان RAR[۱] و EAR[۲] به قیمت هر کیلوگرم اورانیم کمتر از ۴۰ دلار، قیمت متوسط ۴۰ تا ۸۰ دلار برای هر کیلوگرم اورانیم و اورانیم گران به قیمت بیش از ۸۰ دلار برای هر کیلوگرم. به نظر می‌رسد که تا سال ۲۰۱۰ عموماً منابع اورانیم ارزان و متوسط تأمین کننده اصلی بازار جهانی اورانیم باشند. اما از سال ۲۰۱۰ به بعد تولید کنندگان اورانیم به منابع گران تر روی خواهند آورد[۱۸]. مهم ترین کشورهای دارای منابع اورانیم عبارت اند از کانادا، استرالیا افریقای جنوبی، برزیل، قزاقستان، ازبکستان، روسیه، نیجر و نامیبیا. کانسارهای ورانیم با بیش از ۱۰ هزار تن U_3O_8 از کانسارهای بزرگ به حساب می آیند و کوچک ترین واحد معدنی به کانسارهای دارای حدود ۵۰۰ تن U_3O_8 اطلاق می‌شود. مقدار اورانیم تولید شده در کشورهای مختلف در جدول ۱. ۳ آمده است . کانادا حدود ۳۲ درصد اورانیم کل جهان را تولید می کند که بعد از آن استرالیا با ۱۴٫۴ درصد، مقام دوم را دارا است. گرچه انواع مختلفی از کانسارهای اورانیم کشف شده و در دست بهره برداری است اما کانسارهای جای گرفته در میزبان ماسه سنگی که مناسب استحصال درجا هستند، از انواع ارزان و اقتصادی در بازار جهانی تلقی می‌شوند.[۱۷]

۱. ۲. ۱ کانسارهای اورانیم همراه کنگلومرای پرکامبرین

کانسارهای اورانیم موجود درکنگلومرا که به نوع پلاسر نیز معروف اند، قدیمی ترین کانسارهای اورانیم کشف شده محسوب می شوند. مهم ترین کانسارهای پلاسر درآفریقای جنوبی و کانادا واقع شده اند. حدود ۲۰٪ ذخایر اورانیم کشف شده در کشورهای غربی ازنوع پلاسری اند. این کانسارها در حاشیه حوضه های کم عمق درون قاره ای و همراه رسوبات دلتایی تشکیل شده اند.

۱.Reasonably Assured Resources

۲.Estimated Additional Resources

سنگ میزبان اورانیم، یک کنگلومرای اوگیلومیتیک حاوی ذرات کوارتز در ماتریس غنی از پیریت (۳۰-۱۰٪) قرار دارد و عیار اورانیم در جایی که قطعات کوارتز فراوان هستند، بالا است و دارای زیرکن و مونازیت می باشد. مهم ترین کانی های حاوی اورانیم اورانینیت، برانریت تاکولیت کافینیت و زینوتیم می باشد. عیار U_3O_8 بین ۰/۱ تا ۰/۲ درصد و میزان ذخیره کانسار

جدول۱. ۳ میزان تولید اورانیم در کشورهای مختلف در سال ۱۹۹۸[۱۷]

کشور	اورانیم(تن)	کشور	اورانیم(تن)
کانادا	۱۰۹۲۴	گابن	۷۳۱
استرالیا	۴۸۸۵	فرانسه	۵۰۸
نیجر	۳۷۳۱	چین	۵۰۰
نامیبیا	۲۷۶۲	اکراین	۵۰۰
ازبکستان	۲۰۰۰	اسپانیا	۲۵۵
روسیه	۲۰۰۰	هند	۲۰۰
آمریکا	۱۸۷۲	دیگرکشورها	۲۴۲
قزاقستان	۱۲۵۰	کل تولید اورانیم	۳۳۹۳۲
آفریقای جنوبی	۹۶۲	کل تولید U_3O_8	۴۰۰۱۶

۲۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ تن می باشد.[۷]

به طور کلی کانسارهای اورانیم براساس منشأ تشکیل شان در سه دسته کانسارهای رسوبی ماگمایی و دگرگونی جای می گیرند (جدول ۱ .۴).

۱. ۲. ۲ کانسارهای اورانیم نوع دگرشیبی

این دسته از کانسارها که به نوع رگه ای نیز معروف اند، درمحدوده زمانی ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ میلیون سال قبل تشکیل شده اند. عیار این کانسارها درمقایسه با انواع دیگر زیاد است و تاکنون در استرالیا و کانادا کشف شده اند. حدود ۱۶/۵ درصد ذخایر اورانیم کشف شده است. در کشورهای غربی از نوع دگرشیبی است. کانی های مهم این ذخایر عبارت اند از: پشبلاند وکافینیت. عیار U_3O_8 این کانسارها ۰/۲ تا ۲ درصداست. میزان ذخیره هرکانسار ۱۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ تن است. میزان کل

ذخیره اورانیم نوع دگرشیبی در کشورهای غربی۴۸۸۰۰۰ تن است، که۱۳۶۰۰۰تن آن در کانادا ۳۲۰۰۰۰ تن آن در استرالیا و۵۰۰۰۰ تن آن در سایر کشورها قرار دارد[۷] .

۱. ۲. ۳ کانسارهای اورانیم در ماسه سنگ ها

مهم ترین ذخایر اورانیم دنیا در ماسه سنگ های رودخانه ای تشکیل شده اند. حدود ۴۵ درصد ذخایر اورانیم کشف شده در کشورهای غربی و ۹۵ درصد اورانیم امریکا ازنوع ماسه سنگی است . کانسارهای اورانیم نوع ماسه سنگی به سه گروه رول فرونت، آبراهه ای و مسطح تقسیم می شوند. این کانسارها عمدتاً از۴۰۰ میلیون سال پیش تاکنون تشکیل شده اند. سنگ در برگیرنده از نوع

جدول۱. ۴ انواع کانسارهای اورانیم همراه با تقسیمات[۷]

<table>
<tr><td>کانسارهای رسوبی</td><td colspan="3">کنگلومرای پرکامبرین(نوع پلاسر)
نوع دگرشیبی
نوع ماسه سنگی</td><td>فسفات ها
شیل های حاوی مواد آلی
کالکریت</td></tr>
<tr><td rowspan="4">کانسارهای ماگمایی</td><td colspan="2" rowspan="2">ریفت های داخل قاره ها</td><td colspan="2">کربناتیت ها نفلین سیانیت ها
سنگ های آذرین آلکالن و فوق آلکالن</td></tr>
<tr><td colspan="2">آلکالی گرانیت ها نوع رگه ای
پگماتیت ها</td></tr>
<tr><td rowspan="3">زون فرورانش حاشیه قاره ای</td><td>آذرین درونی</td><td>کانسارهای مولیبدن پورفیری
کانسارهای مس پورفیری</td></tr>
<tr><td>آذرین بیرونی</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">نوع رگه ای</td></tr>
<tr><td>کانسارهای دگرگونی</td><td colspan="4">تماس متاسوماتیزم
اسلیت وفیلیت</td></tr>
</table>

ماسه سنگ، آرکوز یاتوف است که درمحیط رودخانه یا حوضچه های کم عمق تشکیل شده اند. اورانیم موجود در پگماتیت ها، توف های اسیدی آلکالن وآلکالی گرانیت ها توسط آب های سطحی اکسیده شده و حمل می شود. آب های غنی از اورانیم درجهت شیب توپوگرافی حرکت نموده و ضمن تغییر شرایط اکسنده محیط و با عبور از مواد آلی، اورانیم به صورت اورانیت برجای گذاشته