



فرآیندهای صنعتی تولید آب سنگین

گردآوری و تألیف:

دکتر علیرضا فضلعلی (عضو هیات علمی دانشگاه اراک)

دکتر محمد ایل بیگی (شرکت مصباح انرژی)

۱۳۹۷

سرشناسه	:	فضلعلی، علیرضا، ۱۳۴۳-
عنوان و نام پدیدآور	:	فرآیندهای صنعتی تولید آب سنگین / گردآوری و تالیف علیرضا فضلعلی، محمد ایل بیگی.
مشخصات نشر	:	اراک: دانشگاه اراک، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۱۷۱ص.: مصور
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۷۳۲۰-۸۹-۴
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
موضوع	:	آب سنگین
موضوع	:	Deuterium oxide
موضوع	:	رآکتورهای هسته ای
موضوع	:	Nuclear reactors
موضوع	:	اورانیوم -- ایزوتوپ ها
موضوع	:	Uranium--Isotopes
شناسه افزوده	:	ایل بیگی، محمد، ۱۳۶۵-
شناسه افزوده	:	دانشگاه اراک
رده بندی کنگره	:	۱۶۹QD / آ ۲ ف ۶ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	:	۵۴۶/۲۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۵۷۵۶۶۴



فرآیندهای صنعتی تولید آب سنگین

گردآوری و تالیف: دکتر علیرضا فضلعلی، دکتر محمد ایل بیگی

ناشر: دانشگاه اراک

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۷

چاپ: کوثر

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۷۳۲۰-۸۹-۴

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

پیشگفتار

امروزه رشد روز افزون علوم هسته‌ای هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه به چشم می‌خورد، از این رو گسترش این شاخه از علم بیش از پیش نیازمند انتشار متون و مراجعی می‌باشد که پیشرفت در این مسیر را میسر می‌سازد.

با توجه به عدم وجود مرجعی جامع در ارتباط با فرایندهای تولید آب سنگین در کتب فنی مهندسی فارسی و همچنین محدود بودن مراجع در دسترس لاتین، این مجموعه با هدف آشنایی محققین و پژوهشگران علاقمند به آشنایی با فرایندهای هسته‌ای تألیف گردیده است. در این کتاب ضمن معرفی و توضیح هر روش سعی شده است تا حدودی معایب و مزایای اقتصادی هر فرایند مورد بررسی قرار گیرد. هدف این مجموعه آشنایی با طرحواره‌ی کلی و شرایط هر فرایند می‌باشد و طراحی مفهومی واحدهای تولید آب سنگین و جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن مورد بررسی قرار نگرفته است. اما در مواردی نیز به بعضی از این خصوصیات اشاره شده است. این کتاب در هفت فصل کلی جمع آوری شده است و در فصل چهارم مهمترین روش‌های تولید یعنی تبادلات ایزوتوپی ارائه شده است.

هرچند در تألیف این مجموعه حداکثر تلاش جهت ارائه‌ی اطلاعات صحیح و فنی به کار گرفته شده است اما قطعاً اشکالات و اشتباهاتی از دید مولفین پنهان مانده است از این رو از اساتید، صاحب‌نظران و خوانندگان محترم تقاضا می‌شود تا با ارائه‌ی نظرات و پیشنهادات خود مولفین را در رفع مشکلات و پربارتر کردن مجموعه یاری نمایند. مولفین بر خود لازم می‌دانند از زحمات مدیریت محترم عامل مجتمع آب سنگین اراک به دلیل ارائه نظرات سازنده و فنی و آقایان مهندس محمد اله‌قلی‌پور و مهندس بهراد نقدی‌بک برای طراحی جلد کتاب و نیز کارکنان محترم معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اراک آقایان مهدی صالحی جیریایی و مجید مینا عراقی تقدیر و تشکر نمایند.

علیرضا فضلعلی و محمد ایل‌بیگی

A-Fazlali@Araku.ac.ir
Ms.2006.illbeigi@gmail.com

فصل اول: ایزوتوپ‌های هیدروژن و تاریخچه تولید آب سنگین	۷
ایزوتوپ‌های هیدروژن	۸
فراوانی دوتریوم در طبیعت	۹
کاربردهای آب سنگین	۹
آب به عنوان بهترین تعدیل کننده‌ی نوترونی و عامل انتقال حرارت	۱۲
تاریخچه تولید آب سنگین	۱۳
فصل دوم: ماهیت فرایندهای تولید آب سنگین و فاکتور جداسازی	۱۶
فرایندهای تولید آب سنگین	۱۷
فاکتور جداسازی	۱۷
تقطیر (Distillation)	۱۸
تبادل ایزوتوپی یا تبادل شیمیایی (Isotope Exchange or Chemical Exchange)	۲۰
فرایندهای تک دمایی (Monothermal)	۲۱
فرایندهای دودمایی (Bithermal)	۲۲
فصل سوم: فرآیند تقطیر	۲۸
تقطیر هیدروژن (Hydrogen Distillation)	۲۹
تقطیر آب (Water Distillation)	۳۵
فصل چهارم: تبادل ایزوتوپی	۴۰

فرایند GS (Girdler-Sulphide) بزرگترین فرایند تولید آب سنگین	۴۱
شرح فرایند تک مرحله‌ای	۴۶
نحوه‌ی آرایش جریان در فرایندهای چند مرحله‌ای	۵۴
دیاگرام مکعب- تپله برای فرایندهای تبادل ایزوتوپی	۵۸
مزایا و معایب فرایند GS	۵۹
نکاتی در ارتباط با فرایند GS	۶۰
فرایند GS تک‌دمایی	۶۴
فرایند تبادل دودمایی متیل آمین- هیدروژن	۶۷
تماس دهنده‌های گاز مایع در فرایند آمین- هیدروژن	۶۹
اتصال واحد تولید آمونیاک به واحد تولید آب سنگین آمین- هیدروژن	۷۰
سیستم غنی سازی دوتریوم	۷۴
نکاتی در ارتباط با فرایند آمین- هیدروژن	۷۶
فرایند تبادل آمونیاک- هیدروژن	۷۸
فرایند تبادل تک دمایی آمونیاک- هیدروژن	۷۸
فرایند تبادل دودمایی آمونیاک- هیدروژن	۸۲
فرایند اصلاح شده‌ی UHDE در سیستم تبادل آمونیاک- هیدروژن	۸۴
تولید آب سنگین با استفاده از فرایند الکترولیز	۸۸
فرایند تبادل بخار- هیدروژن و الکترولیز	۹۲
فرایندهای تبادل آب- هیدروژن	۹۸
۱- فرایند ترکیبی تبادل کاتالیستی و الکترولیز (CECE)	۹۸

افزایش محصول در فرایند CECE با استفاده از هیدروژن غیر الکترولیزی	۱۰۲
سایر کاربردهای فرایند CECE	۱۰۵
مزیت‌های فرایند CECE نسبت به سایر فرایندها	۱۰۶
۲- فرایند تبادل دو دمای آب- هیدروژن	۱۰۶
۳- فرایند CIRCE جدیدترین فرایند تولید آب سنگین در دنیا	۱۱۲
فرایند ریفرمینگ متان برای تولید خوراک گازی واحد CIRCE	۱۱۴
فصل پنجم: تولید آب سنگین با استفاده از لیزر	۱۱۹
فرایند جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن و تولید آب سنگین با لیزر	۱۲۰
شرح فرایند	۱۲۱
فصل ششم: تولید آب سنگین با روش کروماتوگرافی	۱۲۵
جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن و تولید آب سنگین با روش کروماتوگرافی	۱۲۶
شرح فرایند	۱۲۸
تهیه آلیاژهای Intermettalic	۱۳۳
فصل هفتم: مدیریت تولید و نگهداری از آب سنگین	۱۳۴
مدیریت تولید	۱۳۵
مدیریت حفظ و نگهداری آب سنگین	۱۳۷
پیوست A: راکتورهای هسته‌ای شکافت	۱۳۹
راکتورهای هسته‌ای شکافت	۱۴۰
راکتورهای تحقیقاتی (Research Reactor)	۱۴۰
راکتورهای توانی (Power Reactor)	۱۴۰

۱۴۱	 انواع راکتورهای توانی
۱۴۱	 ۱- راکتورهای با سوخت اورانیوم
۱۴۳	 ۲- راکتورهای با سوخت پلوتونیوم
۱۴۳	 انواع راکتورها آب سبک
۱۴۴	 راکتورهای آب سبک تحت فشار (PWR)
۱۴۵	 راکتورهای آبی جوشان (BWR)
۱۴۷	 پیوست B: محاسبه تعداد مراحل تئوری در برجهای تبادل
	 پیوست C: آنالیز مکیب برای فرایند تبادل دو دمایی آب- هیدروژن سولفاید و بررسی
۱۵۲	 نزدیکی سیستم به تعادل
۱۶۵	 مراجع