

خوردگی در رآکتورهای هسته‌ای

(رآکتورهای شکافت و گداخت)

گردآورنده

هادی عادل‌خانی

H. Adelhkhani

گردآورنده: هادی عادل‌خانی، ۱۳۵۰

خوردگی در رآکتورهای هسته‌ای (رآکتورهای شکافت و گداخت)

گردآورنده: هادی عادل‌خانی

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۸.

۲۱۹ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۳۲-۳

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیفا

عنوان اصلی: خوردگی در رآکتورهای هسته‌ای (رآکتورهای شکافت و گداخت)

رده‌بندی کنگ: ۱۳۹۸ خ ۲ ع / TK ۹۲۰۲

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۴۸ ۳۲

شماره‌ی کتابشناسی ملی: ۵۶۳۷۴۶

نام کتاب: خوردگی در رآکتورهای هسته‌ای (رآکتورهای شکافت و گداخت)

گردآورنده: هادی عادل‌خانی

ویراستاری علمی: امیر شهابی

ناظر علمی و فنی: سیدابوالفضل قاسمی

ویراستاری ادبی و فنی: مهدیه‌السادات عامل ابراهیمی

ویرایش صفحه‌بندی و تنظیم جلد: شادی معماری‌آذر

حروف‌چینی: محمدحسین مجربی‌تبریزی

تیراژ: ۱۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۸

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: چاپخانه دیجیتال آبنوس

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۳۲-۳

کلیه‌ی حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

تأسیس ۱۳۸۹



اشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب تجهیزات صنعتی پدیده‌ی خوردگی است. این پدیده به منزله‌ی یکی از زیان‌بارترین است‌های صنایع مطرح می‌شود. هرگونه واکنشی که بین ماده (فلز و غیر فلز) و محیطی که در آن قرار دارد باعث تخریب آن ماده شود، خوردگی نام دارد. خوردگی در اکثر محیط‌ها (هوا، آب، گازها، اسیدهای معدنی و آلی، خاک، حلال‌ها و مواد نفتی) اتفاق می‌افتد. از این‌رو می‌توان گفت که هیچ صنعتی از خوردگی و هزینه‌های مرتبط با آن در امان نیست. این زیان به حدی اهمیت دارد که مطالعه‌ی خوردگی و کنترل آن بخش عظیمی از پژوهش‌ها و تحقیقات کشورهای پیشرفته را به خود اختصاص داده است. اگرچه در میان انواع روش‌های خوردگی، شباهت‌های زیادی وجود دارد؛ اما براساس سازوکار و چگونگی انجام خوردگی از نظر ماده‌ی خورده‌شده می‌توان خوردنده، ویژگی و اثر ظاهری خوردگی تفاوت‌هایی نیز وجود دارد که این امر دسته‌بندی خوردگی را به دنبال دارد.

خوردگی فرایندی است که در آن فلزات، آلیاژها، سرامیک و ... مورد حمله قرار می‌گیرند. از آن‌جایی که این مواد مصرف گسترده‌ای در جهان امروزی دارند، خوردگی تبدیل به پدیده‌ای شده که اطراف ما را احاطه کرده است. برای مثال، وسایل خانه، وسایل حمل و نقل، تجهیزات صنعتی، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، لوله‌های نفت و گاز و ... همه در معرض خوردگی قرار دارند و این پدیده باعث ضررهای مالی فراوانی می‌شود.

مطالعات متنوع و جامعی در زمینه‌ی انواع خوردگی در صنایع مختلف (نفت، گاز و پتروشیمی، تولید برق، ذوب‌آهن، حمل و نقل و آب و فاضلاب) صورت گرفته است و

نتایج نشان می‌دهد که خوردگی زیان اقتصادی عظیمی را در این صنایع ایجاد می‌کند. اگرچه حذف کامل خوردگی غیرممکن است؛ اما این امکان وجود دارد تا با روش‌های علمی و عملی هزینه‌های خوردگی را کاهش داد. صنعت هسته‌ای هم که صنعتی پیشرفته و پیشرو است نیز از عوارض و هزینه‌های خوردگی در امان نیست. در این صنعت علاوه بر خوردگی‌های موجود در سایر صنایع، به دلیل شرایط ویژه‌ی محیطی (حضور تابش‌های هسته‌ای)، پدیده‌ی خوردگی از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. به طوری‌که حضور تابش‌های هسته‌ای وجه متمایز و متفاوتی را برای مطالعات خوردگی در این صنعت ایجاد می‌کند. در حالت کلی صنعت هسته‌ای را می‌توان به سه بخش فرآوری و تولید سوخت هسته‌ای (چرخه‌ی سوخت)، مصرف سوخت هسته‌ای (رآکتورهای اتمی) و پسمانداری سوخت هسته‌ای تقسیم‌بندی کرد. در هر سه بخش فوق خوردگی اتفاق می‌افتد؛ اما حضور تابش‌های رایواکتیو در بخش رآکتورها سوخت اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. به بیان دیگر، حضور این منابع خوردگی به صورت عمومی در همه‌ی سازه‌ها و تأسیسات (اتمی و غیراتمی) مشترک بوده و بعضی از موارد خوردگی، به خاطر مواد و شرایط خاص، صرفاً مختص رآکتورها (به ویژه در قلب رآکتور)^۱ و دیگر تأسیسات مرتبط با صنعت هسته‌ای است. در این کتاب به آن دسته از خوردگی‌ها پرداخته می‌شود که مختص تأسیسات مرتبط با رآکتورهای هسته‌ای از نوع شکافت و گداخت است.

هادی عادل‌خانی

مهرماه ۹۸

فهرست

فصل اول

۱. مبانی خوردگی.....
۱. مفاهیم اولیه.....
- ۱-۱-۱ تعریف و اهمیت خوردگی.....
- ۱-۱-۲ الکتروود، الکترولیت، پتانسیل لکتروشیمیایی، پیل الکتروشیمیایی.....
- ۱-۱-۳ واکنش‌های کاتدی و آندی در خوردگی.....
- ۱-۱-۴ ترمودینامیک واکنش‌های خوردگی.....
- ۱-۱-۵ نمودارهای پوربه.....
- ۱-۱-۶ سینتیک واکنش‌های خوردگی.....
- ۱-۱-۷ سری‌های گالوانیکی.....
- ۱-۱-۸ روش‌های بیان آهنگ خوردگی.....
- ۱-۱-۹ آزمون و روش‌های پایش و تعیین آهنگ خوردگی.....
- ۱-۱-۱۰ محیط‌های خورنده و پیش‌بینی وقوع خوردگی برای محیط‌های مختلف.....
- ۱-۲ انواع خوردگی.....
- ۱-۲-۱ خوردگی یکنواخت.....
- ۱-۲-۲ خوردگی شیاری.....
- ۱-۲-۳ خوردگی حفرهای.....
- ۱-۲-۴ خوردگی مرزدان‌های.....
- ۱-۲-۵ فرسایش - خوردگی.....
- ۱-۲-۶ خوردگی تنشی.....

۳۱	۷-۲-۱ خوردگی دوفلزی
۳۱	۸-۲-۱ آسیب هیدروژنی
۳۴	۹-۲-۱ خوردگی بیولوژیکی
۳۵	۱۰-۲-۱ خوردگی خستگی
۳۷	۳-۱ تأثیرات عوامل محیطی بر خوردگی
۳۷	۱-۳-۱ ترکیب شیمیایی محیط خورنده
۳۸	۲-۳-۱ دما
۴۰	۳-۳-۱ سایر عوامل
۴۱	۴-۱ روش های سنبله با خوردگی
۴۱	۱-۴-۱ انتخاب مواد مناسب
۴۲	۲-۴-۱ ایجاد شرایط محیط مناسب
۴۲	۳-۴-۱ استفاده از پوشش های مقاوم
۴۲	۴-۴-۱ استفاده از بازدارنده ها
۴۳	۵-۴-۱ حفاظت کاتدی
۴۴	۶-۴-۱ حفاظت آندی
۴۴	۷-۴-۱ طراحی مناسب سامانه ها

فصل دوم

۴۷	تأثیر پرتوهای هسته ای بر مواد
۴۸	۱-۲ تأثیر پرتوهای هسته ای بر آب (پرتوکافت)
۵۴	۲-۲ تأثیر پرتوهای هسته ای بر خواص فیزیکی و مکانیکی مواد
۵۵	۱-۲-۲ جدانشینی ناشی از تابش
۵۷	۲-۲-۲ ناهمچایی میکروساختاری
۵۷	۳-۲-۲ ایجاد حباب و حفره ی ناشی از تابش
۶۱	۴-۲-۲ پایداری فاز تحت تابش
۶۴	۵-۲-۲ سخت شدن در اثر تابش
۶۶	۶-۲-۲ خزش ناشی از تابش
۶۶	۳-۲ جمع بندی

فصل سوم

- ۶۷ خوردگی در رآکتورهای شکافت هسته‌ای
- ۶۸ ۱-۳ اجزای رآکتور هسته‌ای
- ۶۹ ۱-۱-۳ دیگ رآکتور
- ۶۹ ۲-۱-۳ مجتمع‌های سوخت
- ۷۰ ۳-۱-۳ مجتمع کنترلی
- ۷۱ ۴-۱-۳ خنک‌کننده
- ۷۳ ۵-۱-۳ سدها
- ۷۳ ۶-۱-۳ سیستم‌های ایمنی
- ۷۳ ۷-۱-۳ سیستم‌های پایش خوردگی
- ۷۴ ۲-۳ انواع رآکتور شکافت هسته‌ای
- ۷۹ ۳-۳ خوردگی در غلاف سوخت (آلیاژهای زیرکونیم)
- ۸۰ ۱-۳-۳ اکسیداسیون آلیاژهای زیرکونیم
- ۸۹ ۲-۳-۳ آسیب هیدروژنی در آلیاژهای زیرکونیم
- ۹۳ ۳-۳-۳ خوردگی حفره‌ای در آلیاژهای زیرکونیم
- ۹۵ ۴-۳-۳ ترک خوردگی خوردگی - تنش در آلیاژهای زیرکونیم
- ۹۷ ۵-۳-۳ خوردگی شیباری در آلیاژهای زیرکونیم
- ۹۸ ۶-۳-۳ خوردگی دوفلزی (گالوانیکی) در آلیاژهای زیرکونیم
- ۱۰۰ ۷-۳-۳ خوردگی سایه‌ای در آلیاژهای زیرکونیم
- ۱۰۲ ۸-۳-۳ تأثیر تابش بر اکسیدهای محافظ زیرکونیم
- ۱۰۴ ۴-۳ خوردگی در اجزای فولادی رآکتورها
- ۱۰۷ ۱-۴-۳ ترک خوردگی خوردگی - تنش ناشی از تابش
- ۱۱۳ ۲-۴-۳ تأثیر شرایط محیطی بر وقوع IASCC
- ۱۱۳ ۱-۲-۴-۳ تأثیر پتانسیل الکتروشیمیایی
- ۱۲۰ ۲-۲-۴-۳ تأثیر حضور هیدروژن
- ۱۲۲ ۳-۲-۴-۳ تأثیر حضور پالادیم
- ۱۲۲ ۳-۴-۳ جدانشینی ناشی از تابش در فولادها
- ۱۲۹ ۴-۴-۳ سخت شدن در اثر تابش در فولادها

۱۳۰	۵-۴-۳ پدیده حساس شدن در فولادها
۱۳۶	۶-۴-۳ تورم در فولادها
۱۴۰	۵-۳ خوردگی در آلیاژهای پایه‌ی نیکل
۱۴۲	۱-۵-۳ SCC در آلیاژهای پایه‌ی نیکل
۱۴۴	۲-۵-۳ تورم در آلیاژهای پایه‌ی نیکل
۱۴۶	۳-۵-۳ تأثیر نوع و دُر تابش بر آهنگ خوردگی آلیاژهای پایه‌ی نیکل
۱۴۹	۴-۵-۳ جدانشینی ناشی از تابش در آلیاژهای پایه‌ی نیکل
۱۵۰	۶-۳ خوردگی در آب روق بحرانی
۱۵۳	۷-۳ جمع بندی

فصل چهارم

۱۵۵	خوردگی در رآکتورهای فشار
۱۵۵	۱-۴ اصول کار رآکتور گداخت
۱۵۷	۲-۴ شرایط کاری رآکتور گداخت
۱۶۲	۳-۴ خوردگی ناشی از تماس با خنک‌ساز/زیمنده
۱۶۲	۱-۳-۴ انواع مواد خنک‌ساز/زیمنده
۱۶۴	۲-۳-۴ خوردگی در نمک‌های مذاب
۱۶۴	۱-۲-۳-۴ سازوکار خوردگی
۱۶۸	۲-۲-۳-۴ اثر نوع و ترکیب مذاب
۱۶۹	۳-۲-۳-۴ اثر زمان
۱۷۲	۴-۲-۳-۴ اثر دما
۱۷۶	۳-۳-۴ خوردگی در فولادها
۱۷۸	۴-۳-۴ خوردگی در فلزات دیرگداز
۱۷۸	۵-۳-۴ خوردگی در کامپوزیت‌ها
۱۸۰	۶-۳-۴ خوردگی در مس
۱۸۲	۷-۳-۴ خوردگی در نیکل
۱۸۲	۴-۴ جمع بندی

فصل پنجم

۱۸۵	هزینه‌های خوردگی
۱۸۵	۱-۵ پیامدهای خوردگی
۱۸۷	۲-۵ هزینه‌ی خوردگی در کشورهای مختلف
۱۸۹	۳-۵ هزینه‌ی خوردگی در صنایع مختلف
۱۹۱	۱-۳-۵ هزینه‌ی خوردگی در صنعت نفت
۱۹۳	۲-۳-۵ هزینه‌ی خوردگی در بخش خدمات عمومی
۱۹۴	۳-۳-۵ هزینه‌ی خوردگی در صنعت حمل و نقل
۱۹۴	۴-۳-۵ هزینه‌ی خوردگی در صنعت هسته‌ای
۱۹۹	۴-۵ مدیریت خوردگی
۲۰۱	مراجع