

تردی هیدروژنی و خوردگی زیرکونیوم

دکتر ایرج مرادی قاسمی

مهندس حسن رضایی

(پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای)

تردی هیدروژنی و خوردگی زیر کونیم

نویسنده: دکتر ایرج مرادی و مهندس حسن رضائی
طراح جلد و صفحه آرایی: ادبی قرائلو
چاپ اول: ۱۳۹۷
شمارگان: ۵۰۰ نسخه
قیمت: ۱۵۰۰۰ تومان
WWW.jadooyeghalam.com

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر
مشخصات ظاهری

شابک
و ضمیمه

ISBN: 978-600-6313-91-7

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

شماره افزوده

رده بندی کنگره

رده بندی دیویی

شماره کاتالوگ ملی

زیر کونیم - خوردگی
Corrosion -- خوردگی
Zirconium oxide --
Metals -- Hydrogen embrittlement

قرنیا
فیفا
کتابخانه
زیر کونیم - خوردگی
Corrosion -- خوردگی
Zirconium oxide --
Metals -- Hydrogen embrittlement

رضائی، حسن، ۱۳۹۷ :
TP۳۴۵/۹۴۴
۶۶۱/۵۱۳ :
۵۴۴۹۷۰ :

۱۳۹۷ -
TP۳۴۵/۹۴۴
۶۶۱/۵۱۳ :
۵۴۴۹۷۰ :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

۱۱	فصل اول: جذب های مژن و تردی هیدروژنی
۱۲	جذب هیدروژن در فلز
۱۶	جذب هیدروژن ناشی از خوردگی
۱۸	شناسایی هیدروژن جذب شده در فولاد
۱۸	روش های شناسایی هیدروژن در فلز
۲۰	تشخیص الکتروشیمیایی هیدروژن نفوذی در فولاد
۲۲	تحلیل جریان نفوذ هیدروژن
۲۸	اندازه گیری هیدروژن در فولاد با میکرو الکتروود
۳۳	فصل دوم: زیرکونیوم و خوردگی آن
۳۶	آلیاژهای زیرکونیوم
۳۸	آلیاژهای زیرکالوی
۴۰	آلیاژهای زیرکونیوم-نیوبیوم
۴۲	مقاومت زیرکونیوم در برابر خوردگی
۴۴	رشد ساختاری فیلم های اکسیدی
۴۶	توزیع ناخالصی ها در لایه اکسیدی
۴۷	مکانیسم های خوردگی آلیاژهای زیرکونیومی
۴۸	خوردگی یکنواخت
۴۹	خوردگی گرمی

۴۹.....	خوردگی سایه‌ای
۵۴.....	عوامل مؤثر بر روی مکانیسم‌های خوردگی
۵۶.....	سینتیک خوردگی
۵۸.....	رفتار خوردگی آلیاژهای Zr-Nb
۶۴.....	ارتباط متالورژیکی خوردگی آلیاژهای Zr-Nb
۶۵.....	خوردگی آلیاژهای زیرکونیومی در راکتورهای آب سنگین
۶۸.....	تفاوت نرخ خوردگی آلیاژهای زیرکونیومی با دیگر آلیاژها
۷۳.....	راه‌های تشخیصی از خوردگی
۷۴.....	اصلاح پیه آسیدی
۷۶.....	استفاده از بازدارنده‌ها
۷۹.....	فصل سوم: تودی هیدروژنی زیرکونیوم
۷۹.....	منابع نفوذ هیدروژن در زیرکونیوم
۸۲.....	فازهای هیدریدی
۸۵.....	فاز دلتا
۸۶.....	فاز اپسیلین
۸۶.....	فاز گاما
۸۸.....	دگرگونی‌های فازی
۸۹.....	فاکتورهای مؤثر بر پایداری انواع فازهای هیدریدی
۹۱.....	اثرات مخرب تشکیل فازهای هیدریدی بر روی زیرکونیوم
۹۴.....	تاول زدن و تشکیل فاز هیدرید شعاعی
۹۵.....	جهت‌گیری هیدریدی
۹۷.....	تأثیر عملیات حرارتی بر مورفولوژی و جهت‌گیری هیدریدها
۹۹.....	مطالعات انجام شده در زمینه جهت‌گیری هیدریدها در آلیاژ Zr-2.5Nb
۱۰۱.....	روش‌های سنتز هیدرید زیرکونیوم
۱۰۱.....	روش هیدروژن‌دهی مستقیم
۱۰۳.....	روش شارژ الکتروشیمیایی

فصل چهارم: تأثیر فازهای هیدریدی بر خوردگی زیرکونیوم	۱۰۷
سنتز فازهای هیدریدی	۱۰۸
بررسی الکتروشیمیایی تأثیر فازهای هیدریدی بر رفتار خوردگی زیرکونیوم	۱۱۴
طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی	۱۱۴
پلاریزاسیون پتانسیودینامیک	۱۱۸
رفتار خوردگی نمونه‌های هیدریدی در محیط H_2SO_4	۱۲۱
منابع و مراجع	۱۳۱

پیشگفتار

زیرکونیوم دلیل دارا بودن سطح مقطع کم برای جذب نوترون‌های حرارتی و مقاومت نسبتاً بالا در برابر خوردگی و آسیب‌ها، ناپس، به عنوان غلاف سوخت هسته‌ای و ترکیبات سازه‌ای در راکتورهای شکافت نظیر راکتورهای آب سبک و راکتورهای CANDU¹ مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرکونیوم در محیط‌های هسته‌ای در معرض ردی هیدروژنی قرار دارد، که مشکلی بالقوه برای مواد ساختاری است، و فرآیندی است که در آن هیدروژن با نفوذ به ماده فلزی منجر به ایجاد ترک، کاهش انعطاف‌پذیری و در نهایت شکست و تخریب آن می‌شود. با این که چندین دهه است که تردی هیدروژنی مورد مطالعه قرار می‌گیرد، اما طبیعت آن هنوز موضوعی ناشناخته است، زیرا ویژگی بین رشته‌ای این پدیده شامل الکتروشیمی، علم مواد و مکانیک است و فهم جامع آن را دشوار می‌کند. دلیل دیگر این است که در تشخیص مستقیم رفتارهای هیدروژنی مشکلات تجربی زیادی وجود دارد. با توجه به حضور فراوان هیدروژن و ترکیبات آن در راکتورهای هسته‌ای، ردی هیدروژنی مشکلات زیادی را در صنعت هسته‌ای ایجاد کرده و هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند.

با توجه به کمبود منابع فارسی در زمینه خوردگی زیرکونیوم و تردی هیدروژنی آن، تصمیم گرفتیم ماحصل چندین سال مطالعه خود در ارتباط با این موضوع را در کتابی جمع‌آوری کرده و در دسترس جامعه علمی کشور قرار دهیم. فصل اول این کتاب، به معرفی تردی هیدروژنی و روش‌های شناسایی هیدروژن در فلزات اختصاص یافته است و مطالب مرتبط با زیرکونیوم در فصل‌های بعدی ارائه شده

است. در فصل دوم کاربردهای زیرکونیوم در صنعت هسته‌ای و مباحث مربوط به خوردگی آن مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم، اثرات جذب هیدروژن مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل چهارم، تأثیر فازهای هیدریدی بر خوردگی زیرکونیوم مورد بررسی قرار گرفته است. امید است با تدوین و انتشار این کتاب گامی هر چند کوتاه در زمینه رشد و اعتلای صنعت کشورمان برداشته باشیم. بدون شک این اثر خالی از ایراد و اشتباه نیست. خواهشمند است با ارسال نظرات و انتقادات خود به آدرس (irajmgh@gmail.com) ما را در اصلاح و ارائه هر چه بهتر این کتاب یاری نمایید.

ایرج مرادی قراتلو

حسن رضائی