

اصول و مبانی خوردگی دمای بالای فلزات

گردآوری و تدوین
دکتر علیرضا کیانی رشید
مهندس صادق پورعلی



سرشناسه	: کیانی‌رشید، علیرضا، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	: اصول و مبانی خوردگی دمای بالای فلزات/ گردآوری و تدوین علیرضا کیانی‌رشید، صادق پورعلی .
مشخصات نشر	: مشهد : نشر نما: جهان فردا، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۳۱۲ ص.: مصور، جدول .
شابک	: ۱۱۰۰۰۰ ریال ۹۷۸-۶۰۰-۲۱۷-۲۳-۱۰۰۱:
وضعیت فهرست نویسی	: فیها
یادداشت	: واژه‌نامه .
موضوع	: خوردگی
موضوع	: خوردگی - کنترل
شناسه افزوده	: پورعلی، صادق، ۱۳۶۸ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ۶ الف ۶ ک / TA۴۶۳
رده بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۱۳۲۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۰۲۳۵۵



نشر جهان فردا



انتشارات نما

انتشارات نما، مشهد، تلفن ۸۴۰۷۹۹۵ - تهران، تلفن ۶۶۴۴۴۵۹۳

E-mail: info@namapub.ir http://www.namapub.ir

اصول و مبانی خوردگی دمای بالای فلزات

گردآوری: دکتر علیرضا کیانی رشید، مهندس صادق پورعلی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول: پاییز ۱۳۹۱ - ۳۱۲ صفحه وزیری

صفحه آرای: واژگان خرد، لیتوگرافی: مشهد اسکر

طراحی جلد: شرکت بوم و رنگ

چاپ و صحافی: دانشگاه فردوسی

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۱۷-۰۲۳-۱

قیمت: ۱۱۰۰۰ تومان

حق چاپ محفوظ است

مرکز پخش: تهران - انقلاب، خیابان اردیبهشت - کوچه وحید شماره ۷ تلفاکس ۶۶۴۴۴۵۹۳

مرکز پخش: مشهد: قاسم آباد - استاد یوسفی ۱۷ - کتاب جهان نما تلفاکس ۶۶۲۸۲۲۵

فهرست مطالب

پیش گفتار	۷
فصل ۱ مقدمه و بررسی روش های آزمایش	۹
۱-۱ مقدمه	۹
۱-۲ ارزیابی اکسیداسیون دمای بالا	۱۲
۱-۳ اندازه گیری سینتیک واکنش ها	۱۲
۱-۴ روش های ناپیوسته اندازه گیری سینتیک واکنش ها	۱۴
۱-۵ روش های اندازه گیری پیوسته	۱۵
۱-۶ آزمون های سریع تعیین دوام	۱۸
۱-۷ روش های بررسی نمونه	۱۸
۱-۸ آماده سازی مقطع عرضی نمونه ها	۱۹
۱-۹ روش های خاص بررسی نمونه	۲۰
مراجع	۲۵
فصل ۲ مبانی ترمودینامیکی	۲۶
۲-۱ مقدمه	۲۶
۲-۲ مقدمات ترمودینامیکی	۲۷
۲-۳ رسم و به کارگیری نمودارهای ترمودینامیکی	۲۸
۲-۴ محاسبه اکتیویته در محیط گازی	۴۲
مراجع	۴۴
فصل ۳ نقش نفوذ و عوامل موثر بر آن	۴۶
۳-۱ مقدمه	۴۶

۴۶	۲-۳ مکانیزم‌های اکسیداسیون
۴۷	۳-۳ مکانیزم‌های انتقال
۴۷	۴-۳ ترکیبات یونی به شدت استوکیومتری
۴۸	۵-۳ ترکیبات یونی غیراستوکیومتری
۵۵	۶-۳ مکانیزم‌های نفوذ
۵۶	۷-۳ قانون فیک
۵۸	۸-۳ اثر ناخالصی‌ها
۵۹	مراجع

فصل ۴ تئوری‌ها، مدل‌ها و مکانیزم‌های پیشنهادی

۶۰	۱-۴ مقدمه
۶۰	۲-۴ سرعت اکسیداسیون
۶۰	۳-۴ تئوری‌های آرایه شده
۷۶	۴-۴ نفوذ مدار کوتاه
۷۸	۵-۴ قانون سرعت خطی
۸۰	۶-۴ اتمسفرهای با فشار پایین
۸۱	۷-۴ گازهای رقیق
۸۲	۸-۴ انتقال از قانون خطی به قانون سهمی
۸۲	۹-۴ قانون سرعت لگاریتمی
۸۵	۱۰-۴ ارتباط میان ثوابت سرعت سهمی
۸۶	مراجع

فصل ۵ اکسیداسیون فلزات خالص

۸۸	۱-۵ مقدمه
۹۱	۲-۵ سیستم‌هایی که پوسته‌های تک لایه تشکیل می‌دهند
۹۵	۳-۵ سیستم‌هایی که پوسته‌های چند لایه تشکیل می‌دهند
۱۰۲	۴-۵ سیستم‌هایی که در مورد آن‌ها گونه‌های فرار حائز اهمیت هستند
۱۰۹	۵-۵ فلزاتی که دارای حلالیت قابل ملاحظه اکسیژن هستند
۱۱۱	۶-۵ سیستم‌هایی که پوسته‌های به شدت ترک بردار تشکیل می‌دهند
۱۱۳	مراجع

فصل ۶ اکسیداسیون آلیاژها.....	۱۹۵
۱-۶ مقدمه.....	۱۶۵
۲-۶ طبقه‌بندی انواع واکنش‌ها.....	۱۱۶
۳-۶ زمینه نجیب همراه با عناصر آلیاژی با قابلیت اکسید شونده گی بالا.....	۱۱۶
۴-۶ اکسیداسیون انتخابی.....	۱۲۸
۵-۶ زمینه و عناصر آلیاژی با قابلیت اکسید شونده گی بالا.....	۱۲۹
۶-۶ اکسیداسیون سایر آلیاژها.....	۱۴۰
۹-۶ اکسیداسیون ترکیبات بین فلزی.....	۱۴۳
۱۰-۶ سایر فاکتورها در اکسیداسیون آلیاژها.....	۱۴۵
۱۱-۶ اثرات عناصر واکنش پذیر.....	۱۵۶
۱۲-۶ اکسیداسیون خطرناک در اثر افزودن فلز دیرگداز.....	۱۶۲
۱۳-۶ اکسیداسیون و دی کربوراسیون فولادها.....	۱۶۳
مراجع.....	۱۷۰
فصل ۷ بررسی سایر اتمسفرهای اکسیدان.....	۱۷۴
۱-۷ مقدمه.....	۱۷۴
۲-۷ واکنش با گوگرد.....	۱۷۴
۳-۷ واکنش با هالوژن‌ها.....	۱۷۹
۴-۷ واکنش با کربن.....	۱۸۱
۴-۷ واکنش با نیتروژن.....	۱۸۳
مراجع.....	۱۸۴
فصل ۸ خوردگی داغ.....	۱۸۶
۱-۸ مقدمه.....	۱۸۶
۲-۸ انواع خوردگی داغ.....	۱۸۷
۳-۸ شیمی خوردگی داغ.....	۱۸۹
۴-۸ فلاکسینگ قلیایی.....	۱۹۵
۵-۸ فلاکسینگ اسیدی.....	۲۰۴
۶-۸ خوردگی داغ ناشی از گوگرد (سولفیداسیون).....	۲۱۴
۷-۸ اثرات سایر رسوب‌ها.....	۲۱۹
۸-۸ اثر دما و ترکیب گاز بر خوردگی داغ ناشی از سولفات سدیم.....	۲۲۵

۲۲۶	۸-۹ آزمون‌های خوردگی داغ
۲۲۷	۸-۱۰ روش‌های جلوگیری از خوردگی داغ
۲۳۰	مراجع

فصل ۹ خوردگی ناشی از سرد شدن فلزی در فلزات و آلیاژها ۲۳۲

۲۳۲	۹-۱ مقدمه
۲۳۳	۹-۲ دورنمایی از خوردگی ناشی از سرد شدن فلزی
۲۳۴	۹-۳ ماهیت محیط وقوع واکنش سرد شدن فلزی
۲۳۶	۹-۴ سرد شدن فلزی در فلزات خالص
۲۴۳	۹-۵ سرد شدن فلزی در آلیاژها
۲۵۴	۹-۶ جلوگیری از وقوع سرد شدن فلزی
۲۵۷	مراجع

فصل ۱۰ پوشش‌های دمای بالا ۲۶۰

۲۶۰	۱۰-۱ مقدمه
۲۶۰	۱۰-۲ ملزومات سیستم زیرلایه-پوشش
۲۶۱	۱۰-۳ انواع سیستم‌های پوشش‌دهی
۲۷۵	۱۰-۴ تخریب پوشش‌ها
۲۸۸	مراجع

ضمیمه الف ۲۹۱

ضمیمه ب ۲۹۴

ضمیمه ج ۲۹۹

واژه یاب ۳۰۹

پیشگفتار

امروزه خوردگی دمای بالای فلزات و آلیاژها در کارکردهای مهمی نظیر صنایع برق و تولید نیرو، صنایع پتروشیمی، خودروسازی، المنت‌های حرارتی، راکتورها و... از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. با در نظر گرفتن چگونگی این فرایند مخرب، طول عمر مفید تجهیزات به شدت کاهش پیدا می‌کند و می‌تواند لطمات جبران ناپذیری را بر مجموعه وارد کند. در ارتباط با چنین سیستم‌هایی به علت مواجهه با شرایط محیطی ویژه، دماهای بالا، ایجاد پوسته‌های سطحی و آلیاژهای زیرلایه متفاوت تفاسیر و مکانیزم‌های متعدد و در مواردی پیچیده حاکم هستند. تمام افرادی که در این زمینه فعالیت دارند، به کمبود منابع فارسی در این زمینه کاملاً آگاه هستند. این موضوع از یک سو و همچنین لزوم آگاهی صاحبان صنایع، انگیزه کافی در ارتباط با تدوین چنین مباحثی را ایجاد می‌کند. از جمله کتاب‌های موجود در این زمینه می‌توان به کتاب‌های نوشته شده توسط محققینی همچون Zhengwei Li و Wei Gao (۱۹۸۳، ۲۰۰۶)، F.S. Pettit و G.H. Meier (۱۹۸۸)، P. Kofstad (۱۹۸۸)، G. Y. Lai (۲۰۰۷) اشاره نمود. هر یک از این کتاب‌ها بر روی مبحث خاصی از خوردگی دمای بالا متمرکز شده‌اند و هیچ یک از آن‌ها مرور جامع و کاملی از این موضوع ارائه نمی‌دهند. در مجموعه حاضر سعی شده است که با ارایه مفاهیم بنیادی اکسیداسیون و خوردگی دمای بالا اقل‌های روشنی از این موضوع برای خوانندگان نمایان شود. از آن جا که آگاهی از چنین مفاهیمی جهت طراحی‌ها و کارکردهای مهندسی الزامی است، مخاطبان این کتاب به طور عمده دانشجویان مهندسی متالورژی و مواد، مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک و سایر محققینی است که در این زمینه فعالیت می‌کنند.

در آغاز مقدمه‌ای ساده و قابل فهم همراه با معرفی کامل روش‌های بررسی نمونه‌ها در شرایط دمای بالا ارایه شده است. در فصل‌های دوم و سوم به ترتیب ملاحظات ترمودینامیکی و سینتیکی خوردگی دمای بالا مطرح شده است. فصل چهارم مرور جامعی بر مکانیزم‌ها و مدل‌های پیشنهاد شده برای چنین واکنش‌هایی دارد. در فصل‌های پنجم و ششم نیز اکسیداسیون فلزات خالص و آلیاژها و پیچیدگی‌های مربوط به هر یک با ارایه مثال‌هایی ملموس بررسی شده است. از آن جا که ممکن است اتمسفرهای واکنش علاوه بر اکسیژن شامل کربن، گوگرد و... نیز باشند، در فصل هفتم برهم کنش‌های مربوط به این محیط‌ها بررسی شده است. فصل هشتم مربوط به واکنش‌های پوسته‌های سطحی در حضور نمک‌های مذابی است که بسته به شرایط محیطی موجود، در سطح فلزات یا آلیاژها ایجاد می‌شوند. در فصل نهم نیز واکنش‌های کربن با فلز به ویژه آهن که در حالت حدی منجر به گرد شدن فلزی

و تخریب زیرلایه می‌شود، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در حال حاضر ایجاد پوشش‌هایی که به روش‌های مختلف سبب گند شدن و یا توقف واکنش‌های فلز-اتمفر می‌شوند، بسیار حائز اهمیت است که این مبحث نیز در فصل دهم گنجانده شده است. در پایان کتاب نیز پیوستی مشتمل بر حل قانون دوم فیک برای جسم جامد بی‌نهایت، به دست آوردن سینتیک دقیق اکسیداسیون داخلی، اثر ناخالصی‌ها بر ساختار معیوب $\square$ کسیدها، برخی از جداول مهم و واژه‌یاب وجود دارد.

لازم به ذکر است، اگرچه سعی فراوانی برای ارایه مطالب به صورت قابل فهم و شیوا انجام شده است اما قطعاً مشابه هر کار دیگری که محصول تلاش بشر است، خالی از عیب نیز نیست. از این رو از تمام خوانندگان محترم صمیمانه خواهشمندم که نظرات و پیشنهادات سازنده خود را با ما در میان گذاشته و ما را مرهون دقت نظر خود قرار دهند.

علیرضا کیانی رشید