

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فولادهای زنگ‌زن

خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا

تالیف:

دکتر آرش فتاح الحسینی، استاد گروه مهندسی مواد دانشگاه بوعلی سینا
دکتر احمد ساعتچی، استاد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر پرویز محمدیان صمیم، عضو هیات علمی دانشگاه فنی و حرفه ای همدان

TA	فتاح الحسینی، آرش ۱۳۵۹
۴۷۹	فولادهای زنگ نزن: خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا/
۲ ف ۹/	تألیف: آرش فتاح الحسینی، احمد ساعتچی، پرویز محمدیان صمیم
۱۴۰۱	همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۱۴۰۱
	۲۱۶ ص: نمودار. شابک: ۴-۱۰۴-۱۲۸-۱۶۹-۶۰۰-۹۷۸
	کتابنامه
	۱. فولاد زنگ نزن. الف. ساعتچی، احمد. ب. محمدیان صمیم، پرویز. ج. عنوان
	۶۶۹/۱۴۲



عنوان: فولادهای زنگ نزن خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا
مولفان: دکتر آرش فتاح الحسینی، دکتر احمد ساعتچی، دکتر پرویز محمدیان صمیم
ناشر: مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا
مدیر مرکز نشر: دکتر محمدجواد یداللهی فر
چاپخانه: پیام رسانه
صفحه و قطع: ۲۱۶ و وزیری
نوبت چاپ: دوم
تیراژ: ۱۰۰۰
قیمت: ۱۰۸۰۰۰۰ ریال
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱
شماره کتاب: ۲۷۲-م
شابک: ۴-۱۰۴-۱۲۸-۱۶۹-۶۰۰-۹۷۸

کلیه حقوق برای مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است

- مراکز فروش در همدان: ۱. دانشگاه بوعلی سینا، مرکز نشر دانشگاه تلفکس: ۰۸۱۱-۸۲۹۱۲۷۶-۰۸۱۱
۲. خیابان شهید حسین فهمیده، روبروی پارک مردم فروشگاه مرکز نشر
۳. خیابان مهدیه روبروی خانه معلم- انتشارات دانشجو
- نمایندگی فروش در تهران: ۱. موسسه کتابیران، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد غربی (بعد از چهار راه کارگر جنوبی)، بعد از فروشگاه شیلات، پلاک ۲۳۷ تلفن: ۶۶۴۲۳۴۱۶-۶۶۴۲۶۸۷
۲. نوپردازان، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد، بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۰۶ تلفن: ۶۶۴۱۱۱۷۳-۶۶۴۹۴۴۰۹

پیش‌گفتار

دلیل اصلی وجود فولادهای زنگ‌نزن، مقاومت بالای آن‌ها در برابر خوردگی است. تحقیقات نشان می‌دهد که امروزه استفاده از این فولادها به‌طور متوسط در حدود ۵ درصد در سال رشد دارد. تولید فولادهای زنگ‌نزن کم‌تر از ۲ درصد تولید فولاد در ایالات متحده است، اما به‌دلیل این‌که از این نوع فولادها برای تجهیزات مقاوم به خوردگی در بیش‌تر صنایع، مخصوصاً در صنایع شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی استفاده می‌شود، اهمیت اقتصادی و فن‌آوری زیادی دارند.

به‌طور طبیعی بررسی خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا انواع فولادهای زنگ‌نزن در این کتاب امکان‌پذیر نبوده و هدف آشنایی مورد نیاز برای شناخت این دو نوع خوردگی فولادهای زنگ‌نزن و کنترل آن است که در این راستا کتاب به یازده فصل تقسیم شده است:

فصل اول: در این فصل اهمیت و نقش فولادهای زنگ‌نزن در صنایع، شناسایی، میزان تولید و انواع روش‌های فولادسازی و هم‌چنین نمودار شافلر ارایه شده است.

فصل دوم: به‌دلیل اهمیت فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی در صنایع گوناگون و گستردگی استفاده از آن‌ها، انواع فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی شامل سری‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ و هم‌چنین مواد آستنیتی پرآلیاژ معرفی و به‌طور کامل مورد بحث قرار گرفته‌اند.

فصل سوم: انواع فولادهای زنگ‌نزن فریتی شامل فولادهای زنگ‌نزن فریتی با بیش از ۱۴ درصد وزنی کروم و فولادهای زنگ‌نزن فریتی با کروم پایین معرفی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

فصل چهارم: به‌دلیل اهمیت فولادهای زنگ‌نزن دوفازی در صنعت، آشنایی با این نوع فولادهای زنگ‌نزن و انواع آن در فصل چهارم انجام شده است.

فصل پنجم: به معرفی فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی پرداخته و تاثیر پازپخت بر این نوع فولادها نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند.

فصل ششم: در این فصل فولادهای زنگ‌نزن رسوب سخت‌شونده به‌طور مختصر معرفی و مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل هفتم: انواع فولادهای زنگ‌زن ریختگی شامل فولادهای زنگ‌زن ریختگی مقاوم به خوردگی و فولادهای زنگ‌زن ریختگی مقاوم به گرما معرفی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

فصل هشتم: با توجه به گستردگی روش‌های الکتروشیمیایی برای تعیین سرعت و رفتار خوردگی، آزمون‌های الکتروشیمیایی مانند آزمون پلاریزاسیون خطی و آزمون طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی به‌طور اختصار ارائه شده‌اند.

فصل نهم: به‌دلیل اهمیت پدیده رویین شدن در صنعت و ضرورت آشنایی با این موضوع، مدل‌های اولیه و سپس مدل عیوب نقطه‌ای مطرح شده است.

فصل دهم: به‌دلیل اهمیت خوردگی یکنواخت در صنعت و ضرورت آشنایی با این موضوع، در این فصل ابتدا این نوع خوردگی تشریح و روش‌های بیان سرعت خوردگی مطرح شده است. در ادامه خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسیدها و محیط‌های قلیایی به‌طور کامل مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

فصل یازدهم: در این فصل خوردگی در دماهای بالا انواع فولادهای زنگ‌زن بررسی شده است. برای این منظور پدیده‌های اکسیداسیون، سولفیداسیون، کربوراسیون، نیتride شدن و هم‌چنین خوردگی با گازهای هالوژن و ترکیبات مذاب مورد بررسی قرار گرفته است.

از آن‌جاکه این کتاب نمی‌تواند خالی از نقص باشد، امید است دانشجویان، محققان و همکاران آگاه و نکته‌سنجی که این کتاب را مطالعه می‌کنند، در صورت برخورد با کاستی‌های آن، به‌منظور اصلاح آن در چاپ‌های بعدی، اینجانبان را از رهنمودهای خود آگاه نمایند.

در پایان از مدیریت محترم انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، جناب آقای دکتر محمد جواد یداله‌فر به‌دلیل در اختیار گذاشتن امکانات چاپ و نشر کتاب و سرکار خانم مهندس فاطمه خانی به‌دلیل صفحه‌آرایی تشکر و قدردانی می‌شود.

آرش فتاح الحسینی، احمد ساعتچی، پرویز محمدیان صمیم

آذرماه ۱۴۰۱

پیشگفتار

فصل اول: اهمیت فولادهای زنگ‌نزن

- ۱- ۱. مقدمه ----- ۱
- ۲- ۱. انواع فولادهای زنگ‌نزن ----- ۴
- ۳- ۱. نمودار شافلر ----- ۵
- ۴- ۱. شناسایی فولادهای زنگ‌نزن ----- ۶
- ۵- ۱. میزان تولید فولادهای زنگ‌نزن ----- ۸
- ۶- ۱. انواع روش‌های فولادسازی برای تولید فولادهای زنگ‌نزن ----- ۱۰
- ۷- ۱. تخریب فولادهای زنگ‌نزن ----- ۱۳
- ۸- ۱. مراجع ----- ۱۴

فصل دوم: فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی

- ۱- ۲. مقدمه ----- ۱۷
- ۲- ۲. ریزساختار فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی ----- ۱۷
- ۲- ۲- ۱. فریت ----- ۱۸
- ۲- ۲- ۲. فریت دلتا ----- ۱۸
- ۲- ۲- ۳. مارتنزیت ----- ۱۹
- ۲- ۲- ۴. انواع کاربیدها ----- ۱۹
- ۲- ۲- ۵. فازهای بین‌فلزی ----- ۲۱
- الف) فاز سیگما ----- ۲۱
- ب) فاز چی ----- ۲۲
- ج) فاز لاوه ----- ۲۲
- ۲- ۳. فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی - سری‌های ۳۰۰ ----- ۲۲
- ۲- ۴. حساس‌شدن فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی سری ۳۰۰ ----- ۲۸
- ۲- ۵. فازهای لاوه، چی و سیگما در فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی سری ۳۰۰ ----- ۳۲
- ۲- ۶. تشکیل مارتنزیت در فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی سری ۳۰۰ ----- ۳۴
- ۲- ۷. آخال‌های سولفیدی در فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی سری ۳۰۰ ----- ۳۵
- ۲- ۸. فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی حاوی نیکل - منگنز - نیتروژن - سری‌های ۲۰۰ ----- ۳۶
- ۲- ۹. چند مثال از فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی - سری ۲۰۰ ----- ۴۰
- ۲- ۱۰. مواد آستنیتی پرآلیاژ ----- ۴۲
- ۲- ۱۱. فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی مولیبدن بالا و آلیاژهای مربوطه ----- ۴۷
- ۲- ۱۲. مراجع ----- ۴۹

فصل سوم: فولادهای زنگ‌نزن فریتی

- ۳- ۱. مقدمه ----- ۵۱
- ۳- ۲. فولادهای زنگ‌نزن فریتی با بیش از ۱۴ درصد وزنی کروم ----- ۵۱
- ۳- ۳. دمای انتقال نرمی به تردی ----- ۵۴
- ۳- ۴. تردی ۴۷۵ درجه سانتی‌گراد ----- ۵۸
- ۳- ۵. فازهای لاهه، چی و سیگما ----- ۵۹
- ۳- ۶. انعطاف‌پذیری جوش ----- ۶۱
- ۳- ۷. حساس‌شدن ----- ۶۲
- ۳- ۸. فولادهای زنگ‌نزن فریتی با کروم پایین ----- ۶۴
- ۳- ۹. مراجع ----- ۶۶

فصل چهارم: فولادهای زنگ‌نزن دوفازی

- ۴- ۱. مقدمه ----- ۶۷
- ۴- ۲. فولادهای زنگ‌نزن دوفازی با PREN زیر ۴۰ ----- ۶۸
- ۴- ۳. حساس‌شدن ----- ۷۲
- ۴- ۴. دیگر رسوب‌های دما بالا ----- ۷۳
- ۴- ۵. فولادهای زنگ‌نزن سوپر دوفازی ----- ۷۴
- ۴- ۶. مراجع ----- ۷۵

فصل پنجم: فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی

- ۵- ۱. مقدمه ----- ۷۷
- ۵- ۲. ترکیب شیمیایی ----- ۷۷
- ۵- ۳. خواص فیزیکی فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی ----- ۸۱
- ۵- ۴. خواص مکانیکی فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی ----- ۸۲
- ۵- ۵. عملیات حرارتی فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی ----- ۸۳
- ۵- ۶. اثر بازپخت ----- ۸۷
- ۵- ۷. مراجع ----- ۸۹

فصل ششم: فولادهای زنگ‌نزن رسوب سخت‌شونده

- ۶- ۱. مقدمه ----- ۹۱
- ۶- ۲. ترکیب شیمیایی ----- ۹۲
- ۶- ۳. عملیات حرارتی ----- ۹۵
- ۶- ۴. مراجع ----- ۹۸

فصل هفتم: فولادهای زنگ‌نزن ریختگی

- ۷- ۱. مقدمه ----- ۹۹
- ۷- ۲. فولادهای زنگ‌نزن ریختگی مقاوم به خوردگی ----- ۹۹
- ۷- ۲- ۱. انواع آستنیتی ----- ۹۹

- ۷- ۲- ۲. انواع مارتنزیتی، فریتی، دوفازی و رسوب سخت‌شونده ----- ۱۰۳
- ۷- ۳. فولادهای زنگ‌زن ریختگی مقاوم به گرما ----- ۱۰۵
- ۷- ۴. مراجع ----- ۱۰۷

فصل هشتم: اندازه‌گیری سرعت خوردگی

- ۸- ۱. مقدمه ----- ۱۰۹
- ۸- ۲. تئوری پتانسیل مختلط ----- ۱۰۹
- ۸- ۳. انواع آزمون‌های الکتروشیمیایی ----- ۱۱۰
- ۸- ۴. سل الکتروشیمیایی ----- ۱۱۱
- ۸- ۵. اندازه‌گیری سرعت خوردگی با آزمون پلاریزاسیون خطی ----- ۱۱۳
- ۸- ۵- ۱. مزیت‌های آزمون پلاریزاسیون خطی ----- ۱۱۴
- ۸- ۵- ۲. محدودیت‌های آزمون پلاریزاسیون خطی ----- ۱۱۵
- ۸- ۶. اندازه‌گیری سرعت خوردگی با روش برون‌یابی تافل ----- ۱۱۵
- ۸- ۶- ۱. مزیت‌های روش برون‌یابی تافل ----- ۱۱۷
- ۸- ۶- ۲. محدودیت‌های روش برون‌یابی تافل ----- ۱۱۷
- ۸- ۶- ۳. تفاوت‌های پلاریزاسیون حاصل از جریان مستقیم با جریان متناوب ----- ۱۱۸
- ۸- ۶- ۴. چگونگی پاسخ لایه دوگانه الکتریکی به پلاریزاسیون جریان متناوب ----- ۱۱۹
- ۸- ۷. مراجع ----- ۱۲۱

فصل نهم: رویین شدن

- ۹- ۱. مقدمه ----- ۱۲۳
- ۹- ۲. رویین شدن ----- ۱۲۳
- ۹- ۳. رفتار خوردگی فعال- رویین ----- ۱۲۴
- ۹- ۴. رویین شدن فولادهای زنگ‌زن ----- ۱۲۹
- ۹- ۵. حفاظت آندی ----- ۱۳۶
- ۹- ۶. مدل عیوب نقطه‌ای ----- ۱۴۰
- ۹- ۷. مراجع ----- ۱۴۴

فصل دهم: خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن

- ۱۰- ۱. مقدمه ----- ۱۴۷
- ۱۰- ۲. اهمیت خوردگی یکنواخت ----- ۱۴۷
- ۱۰- ۳. روش‌های بیان سرعت خوردگی ----- ۱۵۰
- ۱۰- ۴. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسید سولفوریک ----- ۱۵۳
- ۱۰- ۵. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسید کلریدریک ----- ۱۵۸
- ۱۰- ۶. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسید فسفریک ----- ۱۶۱
- ۱۰- ۷. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسید نیتریک ----- ۱۶۴
- ۱۰- ۸. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌زن در اسیدهای آلی ----- ۱۶۶

- ۱۰- ۹. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌نزن در اسیدهای دیگر ----- ۱۶۷
- ۱۰- ۱۰. خوردگی یکنواخت فولادهای زنگ‌نزن در محیط‌های قلیایی ----- ۱۶۸
- ۱۰- ۱۱. مراجع ----- ۱۷۱

فصل یازدهم: خوردگی با گازهای داغ و ترکیبات مذاب

- ۱۱- ۱. مقدمه ----- ۱۷۳
- ۱۱- ۲. اکسیداسیون ----- ۱۷۴
- ۱۱- ۳. مشخصات اکسیداسیون ----- ۱۷۵
- ۱۱- ۴. اثرات ترکیب شیمیایی بر اکسیداسیون ----- ۱۷۶
- ۱۱- ۵. اثرات ریزساختار بر اکسیداسیون ----- ۱۸۵
- ۱۱- ۶. اثرات محیط بر اکسیداسیون ----- ۱۸۸
- ۱۱- ۷. سولفیداسیون ----- ۱۸۹
- ۱۱- ۸. محیط‌های دی‌اکسید گوگرد ----- ۱۹۰
- ۱۱- ۹. محیط‌های هیدروژن- سولفید هیدروژن ----- ۱۹۱
- ۱۱- ۱۰. بخار گوگرد ----- ۱۹۳
- ۱۱- ۱۱. اتمسفرهای احتراق ----- ۱۹۴
- ۱۱- ۱۲. محیط‌های تولید گاز از زغال ----- ۱۹۵
- ۱۱- ۱۳. کربوراسیون ----- ۱۹۵
- ۱۱- ۱۴. نیتride شدن ----- ۱۹۹
- ۱۱- ۱۵. گازهای هالوژن ----- ۲۰۰
- ۱۱- ۱۶. خوردگی خاکستر سوخت ----- ۲۰۲
- ۱۱- ۱۷. خوردگی با فلزات مایع و نمک‌های مذاب ----- ۲۰۴
- ۱۱- ۱۸. مراجع ----- ۲۰۶