



خوردگی قطعات جوشکاری شده

کتاب حاضر در 12 فصل تهیه گردیده که در فصل 1 درک پایه‌ای از خوردگی قطعات جوشکاری شده را توضیح می‌دهد. در فصل 2، 3 و 4 به خوردگی جوش‌های فولاد کربنی، فولادهای آلیاژی، خوردگی فولادهای زنگ‌نزن استنیتی و خوردگی جوش‌های فولاد زنگ‌نزن و فریتی می‌پردازد فصول 5 و 6 به ترتیب خوردگی جوش‌های فولاد های دوبلکس، مارتنزیتی و پایه نیکل را توضیح می‌دهد.

فصل 8 و 9 به ترتیب خوردگی جوش فلزات غیر آهنی نظیر Zr ، Al ، Ti و تنتالیم و آلیاژهای آنها و خوردگی جوشمانهای غیرهمجنس را مورد بررسی قرار می‌دهد. از طرفی دیگر در فصل 10 خوردگی فلز جوش در محیط‌های خورنده خاص نظیر خوردگی جوش‌ها در محیط‌های پالایشگاهی و پتروشیمیایی، محیط H_2S راکتورهای آبی جوشان، ترک خوردگی تنش جوش‌ها در صنایع کاغذ و چوب و غیره را بررسی می‌کند و در فصل 11 نحوه پایش خوردگی و آزمایش‌های مربوطه به خوردگی جوش‌ها را بیان می‌کند. در ورای این مطالب فصل 12 می‌باشد که نکات کاربردی عام در جلوگیری از خوردگی در صنعت را به‌ویژه در خصوص تعداد دفعات تعمیر، عملیات تنش‌زدایی، اسیدشویی و هاپروتست را ارائه می‌کند.

ترجمه و تألیف:

دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و مهندس محمدابراهیم باجقلی



انشارات انجمن خوردگی ایران

پاییز 1393

عنوان و نام پدیدآور	: خوردگی قطعات جوشکاری شده / نویسندگان جوزف، آر. دیوس... [و دیگران]؛ ترجمه و تألیف: ابراهیم حشمت دهکردی، رسول سپهرزاد، محمد ابراهیم باجقلی.
مشخصات نشر	: تهران : انجمن خوردگی ایران، 1393.
مشخصات ظاهری	: 468 ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-5583-30-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Corrosion of weldments, c 2006.
موضوع	: فولاد ساختمانی - جوشکاری
موضوع	: فولاد ساختمانی - خوردگی
موضوع	: اتصال های جوش شده
شناسه افزوده	: دیویس، جوزف آر
شناسه افزوده	: Davis, J. R. (Joseph R.)
شناسه افزوده	: حشمت دهکردی، ابراهیم، 1329 -، مترجم و مولف
شناسه افزوده	: سپهرزاد، رسول، 1365 -، مترجم و مولف
شناسه افزوده	: باجقلی، محمد ابراهیم، 1361 -، مترجم و مولف
شناسه افزوده	: انجمن خوردگی ایران
رده بندی کنگره	: 1393TS227/2 9خ/
رده بندی دیویی	: 671/52
شماره کتابشناسی ملی	: 3604784



نام کتاب	: خوردگی قطعات جوشکاری شده
مؤلفان	: داویس
ترجمه و تألیف	: ابراهیم حشمت دهکردی، رسول سپهرزاد و محمد ابراهیم باجقلی
ناشر	: انجمن خوردگی ایران
نوبت و سال چاپ	: اول، پاییز 1393
تیراژ	: 1000 جلد
طراح جلد و صفحه آراء	: فاطمه صحرایی
چاپ	: فرسیما

نشانی ناشر: تهران، خ انقلاب، م فردوسی، خ شهید عباس موسوی (فرست)، خ بهبهان، پ 11، ط 2. تلفن: 8-88827334، 88344287، دورنگار: 88827334

شابک: 978-600-5583-30-4
تمامی حقوق محفوظ و متعلق به گردآورندگان و ناشر می باشد

قیمت: 25000 تومان

مختصری در مورد پدید آورندگان:



دکتر ابراهیم حشمت دهکردی

- دکتری مواد و متالورژی از دانشگاه ماری و کوری فرانسه.
- عضو هیئت علمی سازمان انرژی اتمی ایران.
- کارشناس سطح III تست‌های غیرمخرب از انجمن تست غیرمخرب آمریکا (ASNT) و موسسه بین‌المللی استاندارد (ISO).
- مدرس و ممتحن دانشگاه و مدرس بین‌المللی دوره‌های بازرسی فنی.
- رئیس انجمن خوردگی ایران و نایب رئیس انجمن جوشکاری و آزمایشات غیرمخرب ایران.
- عضو هیئت تحریریه مجله Advanced Materials and Processing.
- مخترع در زمینه فرآیند اتصال مناسب آلیاژهای پایه زیرکونیوم به فولاد زنگ‌زن 321 به شماره ثبت 83471 در سازمان ثبت اسناد و املاک کشور.
- چاپ ده‌ها مقاله در مجلات بین‌المللی (ISI)، علمی - پژوهشی و کنفرانس‌های علمی خارجی و داخلی و چاپ چندین کتاب در زمینه بازرسی فنی.
- بیش از 30 سال سابقه در زمینه خوردگی، جوشکاری، تست‌های غیرمخرب و بازرسی فنی در پروژه‌های مختلف صنعتی.



مهندس رسول سپهرزاد

- کارشناس ارشد مهندسی مواد و متالورژی گرایش جوشکاری از دانشگاه نجف آباد - اصفهان.
- بازرس بین‌المللی تست‌های غیرمخرب از انجمن تست غیرمخرب آمریکا (ASNT).
- عضو باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان.
- چاپ چندین مقاله در مجلات و کنفرانس‌های بین‌المللی و داخلی.
- سابقه اجرای پروژه‌های تحقیقاتی برای سازمان صنایع دریایی.
- همکاری با کمیته تدوین استاندارد انجمن خوردگی ایران.



مهندس محمد ابراهیم باجقلی

- کارشناس مهندسی مکانیک - ساخت و تولید گرایش جوشکاری از دانشگاه اسلامی کار - رفسنجان.
- کارشناس ارشد مهندسی مواد و متالورژی گرایش جوشکاری از دانشگاه علوم و تحقیقات - تهران.
- بازرس بین‌المللی تست‌های غیرمخرب (UT-RT-VT-MT-PT) از انجمن تست غیرمخرب آمریکا (ASNT).
- مدرس دانشگاه و مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران.
- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- مخترع در زمینه فرآیند اتصال مناسب آلیاژهای پایه زیرکونیوم به فولاد زنگ‌زن 321 به شماره ثبت 83471 در سازمان ثبت اسناد و املاک کشور.
- چاپ ده‌ها مقاله در مجلات بین‌المللی (ISI)، علمی - پژوهشی و کنفرانس‌های علمی خارجی و داخلی.
- متخصص در زمینه جوشکاری، تست‌های مخرب و غیرمخرب و بازرسی فنی ساخت تجهیزات صنعتی.

مقدمه نویسنده

جوشکاری یکی از مهمترین فرایندها برای ساخت سازه‌های فلزی است. مطالعه‌ی متالورژی جوشکاری تا مدت‌های طولانی توسط دانشگاه، صنعت و سازمان‌هایی مانند انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) و موسسه‌ی جوشکاری ادیسون (EWI) در ایالات متحده آمریکا و موسسه‌ی جوشکاری در انگلستان، انجام شده است. به طور مشابه، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی اصول خوردگی و انواع مختلف خوردگی که می‌تواند یک سازه را بی‌استفاده نمایند، انجام شده است. کتاب خوردگی قطعات جوشکاری شده، این هر دو زمینه‌ی مهم را بررسی می‌کند و توضیح می‌دهد که فرایند جوشکاری چگونه می‌تواند رفتار ریزساختاری و خوردگی را تحت تاثیر قرار دهد. ترک خوردن متاثر از هیدروژن در قطعات جوشکاری شده‌ی فولادی، حساس شدن و در نتیجه خوردگی بین دانه‌ای قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد زنگ‌نزن، ترک خوردن تنشی سولفیدی (SSC) در قطعات جوشکاری شده‌ی فولادی خط لوله، خوردگی ناشی از عوامل میکروبی در قطعات جوشکاری شده و ترک خوردگی تنشی (SCC) در قطعات جوشکاری شده در این کتاب به طور مفصل بررسی شده است. اگر چه روی فولادهای کربنی و فولادهای زنگ‌نزن تاکید شده است، اما آلیاژهای غیر آهنی مانند آلیاژهای پر نیکل، آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای تیتانیوم نیز پوشش داده شده است. همچنین خوردگی جوش در برخی از محیط‌ها و صنایع مهم و نیز روش‌های پایش و آزمایش خوردگی قطعات جوشکاری شده بررسی شده است.

مانند همیشه می‌خواهم از حمایت هیئت مدیره‌ی ASM و کارکنان تولید در طی کار بر روی این پروژه، قدردانی نمایم. به ویژه، می‌خواهم از ویراستار پروژه چارلز موسبروگر برای کمک و صبر او تشکر نمایم. امیدوارم که تلاش‌های مشترک ما در یک مشارکت پایدار به نگارش تخصصی منجر شده باشد.

جوزف آر. دیویس

دیویس و همکاران

چاگرین فالز، اوهایو

پیشگفتار پدید آورندگان

کتاب خوردگی قطعات جوشکاری شده از مجموعه کتابهای ASM بین المللی می باشد که توسط J. R. Davis (Davis و همکاران) در سال 2006 در آمریکا چاپ شده است. این کتاب زیر نظر کمیته کتابهای بین المللی ASM به ریاست yip - wah chung (2005-2006) FASM تهیه شده است. این کتاب که دو تخصص جوشکاری و خوردگی را در خود جای داده است، هر دو عامل را بر رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده (جوشمان)ها بررسی می نماید، می تواند بسیار برای جامعه صنعتی کشور که حجم گسترده ای از فعالیت های استخراج و فرآوری، پخش محصولات نفتی گاز و پتروشیمی را بخود اختصاص می دهد، مسائل صنعتی عام مثل خوردگی در نیروگاه های حرارتی و اتمی، صنایع کاغذ و چوب، خوردگی قطعات جوشکاری شده آهنی و غیر آهنی شامل فولاد های کربنی، آلیاژی زنگ نزن فریتی، مارتزیتی، آستنوفریتی و آستنیتی را در بر می گیرد. از طرفی دیگر این کتاب به خوردگی قطعات جوشکاری شده (جوشمان های غیر آهنی نظیر آلیاژهای پایه نیکلی، تیتانیومی، زیر کونیمی، آلومینیومی، مسی و غیره می پردازد. سرویس دهی قطعات جوشکاری شده اعم از آهنی و غیر آهنی را در محیط های خورنده چالش برانگیز که همه صنعت گران در انتخاب ماده، روش جوشکاری و مسائل خوردگی بعدی را با آن سروکار دارند بخوبی مورد بررسی قرار می دهد و از آنجا که جوشکاری و خوردگی هر دو گرایش مستقل از یکدیگر می باشند و اثر متقابل آنها می تواند فجایع صنعتی شدیدی را به دنبال داشته باشد بطوریکه بهره برداری از پروژه های ملی و استراتژیک را به عقب بیاورد و یا در مواردی روش جوشکاری، پارامترهای اثرگذار بر یکپارچگی جوش و یا در صورت لزوم تعمیر و تعداد دفعات تعمیر که می تواند بر کار آمدی قطعات جوشکاری شده در محیط های خورنده بسیار اثرگذار باشد همگی در این کتاب آورده شده است. از این رو مترجمان و مولفان با توجه به نیازهای صنعتی کشور به منظور ساخت قطعات جوشکاری شده با مقاومت خوردگی عالی به ویژه خوردگی های موضعی نظیر حفره ای، شیاری، تنشی، گالوانیکی، میکروبی، مرزدانه ای، درون دانه ای و پوسیدگی جوش این کتاب را ترجمه و تألیف کرده اند. در ترجمه سعی شده است از واژه های رایج صنعتی استفاده شود و تا حدودی از واژه های فرهنگستان زبان و ادب

فارسی گروه‌های واژه‌گزینی انجمن خوردگی ایران و گروه واژه‌گزینی انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیر مخرب ایران (IWNT) استفاده شود.

فصل 12 در کتاب ASM وجود ندارد، مولفین بنا به ضرورت رعایت دفعات تعمیر در قطعات جوشکاری شده و استانداردهای کیفیت آب‌هایدروتست، اسیدشوئی سایر موارد روئین کردن، بیش‌راه‌اندازی پروژه‌ها فصل دوازدهم را به آن افزوده‌اند. مطالعه این کتاب به تمامی دانشجویان مقطع لیسانس، کارشناسان ارشد و دانشجوی دکتری در زمینه خوردگی، جوشکاری، متالورژی، مهندسی مکانیک، تأسیسات دریایی، نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاهی و تولید انرژی صنایع چوب و کاغذ توصیه می‌گردد.

ابراهیم حشمت‌دهکردی

رسول سپهرزاد

محمد ابراهیم باجقلی

سپاسگزاری

کتاب حاضر با تلاش وافر همکاران محترم، جناب آقایان مهندس رسول سپهرزاد و مهندس محمدابراهیم باجقلی به انجام رسید. از این رو که این توفیق حاصل شد تا بتوانیم نکات فنی فرآیندهای جوشکاری و نقش آنها را در مقاومت خوردگی مواد فلزی مختلف در محیط‌های خورنده به شکل‌های عمومی یا موضعی بیان کنیم بسیار خرسند می‌باشیم. امید است این کتاب همچون سایر کتاب‌های NDT تهیه شده برای اهل علم مفید واقع شود.

جادارد از انتشارات انجمن خوردگی ایران که زمینه چاپ و نشر این کتاب را فراهم آورد و خانم فاطمه صحرایی در زمینه طراحی جلد و صفحه‌آرایی و همکاران محترم انجمن خوردگی ایران که همیشه مشوق آثار علمی بوده‌اند تشکر و سپاسگزاری نمایم.

همچنین از همکاران محترم جناب آقایان: مهندس آرش امام‌بخشی - مدیریت پروژه از شرکت کاهنربا، مهندس حسن اسلامی از شرکت سامان مواد ایمن، مهندس امیرعباس قاسمی از شرکت آزمون فولاد و مهندس غیاثی دانشجوی کارشناسی ارشد جوش - دانشگاه نجف‌آباد که هر کدام در راستای پیشبرد و انجام آزمایش‌ها، تهیه عکس و غیره اینجانب را یاری نمودن سپاسگزاری می‌نمایم.

ابراهیم حشمت‌دهکردی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
17	فصل اول: مفهوم پایه‌ای خوردگی جوش
17	عوامل مؤثر بر خوردگی قطعات جوشکاری شده
18	عوامل متالورژیکی
19	ریزساختارهای جوش
21	شکل‌های مختلف خوردگی جوش
36	روش جوشکاری برای حداقل کردن خوردگی
37	پرداخت سطحی جوش
37	پوشش‌دهی سطح
37	عملیات حرارتی پسگرم
38	دمای پیشگرم و بین پاسی
38	عملیات روین کردن
38	اجتناب از تشکیل شیارها
38	مراجع
41	فصل دوم: خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد کربنی و کم آلیاژ
41	طبقه‌بندی فولادها و ویژگی‌های جوشکاری آن‌ها
52	ملاحظات خوردگی برای قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد کربنی و کم آلیاژ
53	خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد کربنی
53	تأثیر ریزساختار جوش
54	تنش پسماند
55	عوامل هندسی
55	خوردگی ترجیحی منطقه تحت تأثیر حرارت
57	خوردگی خط ذوب / HAZ در خط لوله‌ی جوشکاری شده
57	خوردگی ترجیحی فلز جوش
59	کاهش خوردگی ترجیحی قطعه‌ی جوشکاری شده
61	خوردگی گالوانیکی
65	ترک خوردگی محیطی (EAC)
65	ترک خوردگی ناشی از سولفید هیدروژن تر
66	ترک خوردگی تنشی
67	ترک خوردگی تنشی (SCC) ناشی از تنش‌های پسماند جوشکاری
74	نشت کردن قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد کربنی در یک واحد بازیابی گوگرد

78	 خوردگی جوش‌ها در تانک‌های هوازدایی از جنس فولاد کربنی
78	 ترک خوردن جوش در مخازن هوازدایی پالایشگاه نفت
84	 ترک خوردگی ناشی از القاء هیدروژن
88	 اثر نحوه جوشکاری بر خوردگی قطعه‌ی جوشکاری شده
88	 تخریب ناشی از خوردگی اتصال عبوری T شکل یک لوله فرآیند شیمیایی
97	 مراجع

99	فصل سوم: خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد زنگ‌نزن آستنیتی
99	 نامگذاری نوع‌ها
100	 نوع‌های استاندارد
101	 نوع‌های غیر استاندارد
105	 خواص
106	 ملاحظات عمومی جوشکاری
108	 رفتار خوردگی
108	 خوردگی بین دانه‌ای
112	 مناطق تحت تأثیر حرارت حساس شده در فولادهای زنگ‌نزن نوع 304 و 316
116	 خوردگی ترجیحی مرتبط با رسوب‌های فلز جوش
120	 خوردگی حفره‌ای و شیاری
129	 مثال 1: چاله‌های جوش در فولاد زنگ‌نزن در لوله‌های مبدل حرارتی
129	 ترک خوردگی تنشی
132	 مثال 2: SCC یک لوله‌ی فولاد زنگ‌نزن نوع 304 در اثر تنش‌های باقی‌مانده‌ی جوشکاری
136	 خوردگی متأثر از عوامل میکروبی (MIC)
142	 مثال 3: خوردگی میکروبی جوش‌های لب به لب در مخازن آب
150	 دیگر عوامل موثر بر خوردگی قطعات جوشکاری شده
151	 خوردگی مرتبط با تمیزکاری پس از جوشکاری
151	 خوردگی مرتبط با حلقه‌های پشت‌بند جوش
154	 تاثیر اکسیدهای رنگی حرارتی بر مقاومت به خوردگی
162	 مراجع

165	فصل چهارم: خوردگی اتصالات جوش کاری شده فولاد زنگ‌نزن فریتی
165	 طبقه‌بندی انواع فولادهای زنگ‌نزن فریتی
166	 آلیاژهای گروه I
166	 آلیاژهای گروه II
166	 آلیاژهای گروه III

168	 خواص
169	 مقاومت خوردگی
169	 ملاحظات کلی جوشکاری
171	 جوش پذیری
175	 رفتار خوردگی
175	 تردی هیدروژنی
175	 خوردگی بین دانه‌ای
176	 جلوگیری از خوردگی مرز دانه‌ای
179	 پایدارسازی کربن و نیتروژن
180	 دستورالعمل‌های مناسب جوشکاری و عملیات حرارتی پس از جوشکاری
189	 طراحی مولد بخار بازیافت حرارت HRSG
192	 متالورژی فولاد زنگ نزن فریتی
196	 طراحی و ساخت گرم کن مقدماتی آب تغذیه
197	 عملکرد گرم کن اولیه آب تغذیه
204	 مراجع
207	فصل پنجم: خوردگی قطعات جوشکاری شده فولاد زنگ نزن دوپلکس
207	 رده بندی و توسعه فولادهای زنگ نزن دوپلکس
209	 میکرو ساختار و خواص
215	 ملاحظات عمومی جوشکاری
218	 رفتار خوردگی جوشمان‌ها
221	 تأثیر جوشکاری بر مقاومت به حفره دار شدن و SCC
225	 رفتار خوردگی جوش‌های آلیاژ 2205
232	 مراجع
235	فصل ششم: خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس فولاد زنگ نزن مارتنزیتی
236	 نامگذاری انواع آنها
236	 انواع استاندارد
238	 انواع غیراستاندارد
239	 خواص
239	 ملاحظات عمومی جوشکاری
246	 رفتار خوردگی
248	 مقاومت جوشمانها از نوع 410 به ترک خوردگی تشیی سولفیدی (SSC)
253	 مراجع

255	فصل هفتم: خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس آلیاژهای پر نیکل
256	انواع آلیاژهای مقاوم به خوردگی (CRAs)
267	ملاحظات عمومی جوشکاری
	متالورژی جوشکاری آلیاژهای مقاوم به خوردگی (CRAs) حاوی مولیبدن
272	منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت
	متالورژی جوشکاری آلیاژهای مقاوم به خوردگی
276	Ni-Cr-Fe و Ni-Cr، Ni-Cu (CRAs)
277	ریز جدانشینی در منطقه‌ی ذوب جوش‌های خودزاد (بدون فلز پر کننده)
277	رفتار خوردگی
283	پایداری فازی آلیاژهای پایه نیکل و رفتار خوردگی آن‌ها
287	تغییرات در نرخ خوردگی آلیاژ N۰۶۰۲۲ در اثر رسوب فاز ثانویه
291	مراجع

295	فصل هشتم: مقاومت به خوردگی قطعات جوشکاری شده
295	آلیاژهای غیر آهنی
295	آلومینیوم و آلیاژهای آن
296	ملاحظات عمومی جوشکاری
297	مشخصه‌های ذوب
297	رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده آلیاژ آلومینیوم
297	مقاومت خوردگی
303	انتخاب آلیاژ فلزپرکننده
309	تأثیر کنترل عوامل شیمیایی
309	خوردگی شیاری
310	خوردگی شیارچاقو
311	جلوگیری از خوردگی تنشی
315	مس و آلیاژهای مس
315	ملاحظات کلی جوشکاری
316	رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده مسی
318	تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم
320	ملاحظات کلی جوشکاری
322	رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم
322	تردی هیدروژنی
326	زیر کونیوم و آلیاژهای زیر کونیوم
328	ملاحظات کلی جوشکاری

328	رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده‌ی زیر کونیوم و آلیاژهای زیر کونیوم
329	ترک‌های تاخیری هیدریدی
332	تانتالیوم و آلیاژهای تانتالیوم
333	ملاحظات عمومی جوشکاری
333	رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده تانتالیوم و آلیاژهای تانتالیوم
335	آزمایش‌های مرتبط آزمایشگاهی
337	حد مجاز اکسیژن قطعات جوشکاری شده تانتالیوم
338	مراجع

341	فصل نهم: خوردگی قطعات جوشکاری شده غیرمشابه
341	عوامل مؤثر بر یکپارچگی اتصال
342	فلز جوش
343	لایه‌های دو فلزی
433	رقت
344	دماهای ذوب
344	آسترکشی
345	هدایت حرارتی
347	بررسی ویژگی‌ها
348	رفتار خوردگی
349	ترک خوردن القائی هیدروژن
351	حساس شدن
353	مراجع

355	فصل دهم: خوردگی جوش در صنایع و محیط‌های خاص
355	خوردگی قطعات جوشکاری شده در عملیات تصفیه نفت و پتروشیمی برای اهداف عملی
356	ملاحظات ساخت
357	ترک خوردگی از H_2S مرطوب
358	ترک خوردگی تنشی سولفیدی
359	ترک خوردگی ناشی از القاء هیدروژن
363	جدایش ناشی از القاء هیدروژن
364	تردی ناشی از فلز مایع
366	جلوگیری از تردی روی
367	ترک خوردگی تنشی قطعات جوشکاری شده در سرویس راکتور آبی جوشان
367	سیستم‌های لوله کشی BWR

368	 ترک خوردگی تنش جوشمانهای لوله‌ای
369	 مدلی برای IGSCC
371	 تنش‌های پسماند جوش
373	 تنش‌های پسماند دائمی جوش
376	 کاهش IGSCC در راکتورهای آبی جوشان
376	 راه حل‌های موادی
376	 فولادهای زنگ‌نزن گرید هسته‌ای
377	 عملیات حرارتی انحلالی
378	 غلاف کاری مقاوم به خوردگی
378	 تعمیر روکش جوش
379	 راه حل‌های کاهش تنش کششی
380	 بهبود تنش گرمایش القایی
382	 راه حل‌های محیطی
383	 خوردگی در صنایع خمیر و کاغذ
384	 تولید خمیر
384	 خوردگی جوش‌های هضم کننده
387	 پیشگیری از ترک خوردگی جوش هضم کننده
393	 خوردگی جوشمان‌ها در کارخانجات سفید کننده خمیر
402	 نتیجه‌گیری و توصیه‌ها
402	 مراجع

407	 فصل یازدهم: پایش و آزمایش خوردگی جوش
408	 پایش خوردگی
408	 آزمایش مستقیم کوپن‌ها
408	 مزایای آزمایش کوپن
409	 معایب آزمایش کوپن
410	 نرخ خوردگی کوپن‌ها در مقایسه با تجهیزات
411	 موارد گزینش کوپن
413	 حساس شدن فلز
413	 کوپن‌های خوردگی تنش
415	 فن‌آوری‌های الکتروشیمیایی
415	 مقاومت پلاریزاسیون خطی (LPR)
416	 طیف‌سنجی مقاومت ظاهری الکتروشیمیایی
416	 نويز الکتروشیمیایی

417	پتانسیل خوردگی
417	روش های آزمایش غیر مخرب
418	آزمون فراصوتی جوش ها در خطوط انشعابی یک رآکتور آبی جوشان
420	دیگر روش های غیر مخرب
420	آزمایش های خوردگی
421	آزمایش های مربوط به خوردگی بین دانه ای
421	آزمایش ها برای فولادهای زنگ نزن و آلیاژهای پایه نیکل
428	آزمایش های لازم برای خوردگی حفره ای و شیار
429	آزمایش های مورد نیاز برای ترک خوردگی تنشی
431	ملاحظات ویژه برای آزمایش قطعات جوشکاری شده
432	آزمایش برای خوردگی میکروبی
433	مراجع

435 فصل دوازدهم: نکات کاربردی عام در جلوگیری از خوردگی در صنعت

435	مقدمه
435	تعداد دفعات تعمیر جوش ها
436	تعداد دفعات تعمیر فولادهای زنگ نزن
	بررسی رفتار حساس شدن نمونه های فولاد زنگ نزن 316 که در دفعات
441	مکرر جوشکاری شده و در آزمایش حساسیت به خوردگی قرار گرفته اند
441	بررسی میکروسکوپی نمونه 316Ti-1 بار جوشکاری شده
443	بررسی میکروسکوپی نمونه 316Ti-2 بار جوشکاری شده
445	بررسی میکروسکوپی نمونه 316Ti-3 بار جوشکاری شده
447	بررسی میکروسکوپی نمونه 316Ti-4 بار جوشکاری شده
	بررسی رفتار حساس شدن نمونه های فولاد زنگ نزن 321
	که در دفعات مکرر جوشکاری شده و در آزمایش حساسیت به خوردگی
449	قرار گرفته اند
451	بررسی میکروسکوپی نمونه 321 - 1 بار جوشکاری شده
453	بررسی میکروسکوپی نمونه 321 - 2 بار جوشکاری شده
455	بررسی میکروسکوپی نمونه 321 - 3 بار جوشکاری شده
457	بررسی میکروسکوپی نمونه 321 - 4 بار جوشکاری شده
460	عملیات تنش زدائی فولادهای کربنی در اتصال با فولادهای زنگ نزن آستیتی
461	اسید شویی فولادهای زنگ نزن