

اصول خوردگی

سازوکارها، علل و روش‌های پیشگیرانه

شامل مطالبی جامع در زمینه سازوکارهای خوردگی، شکل‌های خوردگی فلزی، خوردگی جوی، خوردگی مواد پلیمری، خوردگی آستری‌ها، خوردگی پوشش‌ها، خوردگی پوشش‌های فلزی، حفاظت کاتدی، بازدارنده‌های خوردگی و فرایند طراحی تجهیزات.

تألیف: فیلیپ ا. شوابتزر

ترجمه: مهندس محمدرضا نفری

سرشناسه : شوايتزر، فيليب، ا.، ۱۹۲۵ - م. A. Schweitzer
 عنوان و نام پديدآور : اصول خوردگي (سازوکارها، علل و روش‌های پيشگيرانه) / تأليف فيليب ا. شوايتزر؛ ترجمه محمدرضا نفري.
 مشخصات نشر : تهران: انجمن خوردگي ايران، ۱۳۹۳.
 مشخصات ظاهري : ۵۰۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
 شابک : 978-600-5583-25-0
 وضعيت فهرست‌نويسي : فيبا
 يادداشت : عنوان اصلي: Fundamentals of corrosion: mechanisms, causes, and preventative methods, c2010.
 موضوع : مصالح ساختماني - خوردگي
 موضوع : خوردگي
 شناسه افزوده : نفري، محمدرضا، ۱۳۲۹ -، مترجم
 شناسه افزوده : انجمن خوردگي ايران
 رده‌بندي کنگره : ۱۳۹۳ ۶ الف ۹ ش / TA ۴۱۸/۷۴
 رده‌بندي ديويي : ۱۱۲۲۳/۶۲۰
 شماره کتابشناسي ملي : ۴۵۲۷۲۴۸



نام کتاب : اصول خوردگي؛ سازوکارها، علل و روش‌های پيشگيرانه

مؤلف : فيليب ا. شوايتزر

مترجم : محمدرضا نفري

ناشر : انجمن خوردگي ايران

چاپ : اول

تيراژ : ۲۰۰۰ جلد

ليتوگرافي : طيف‌نگار

چاپ : طيف‌نگار

آدرس ناشر: تهران، خيابان انقلاب، ميدان فردوسي، خيابان شهيد موسوي (فرست).

کوچه بهبهان، پلاک ۱۱ کدپستي: ۱۵۸۱۹۷۶۴۱۵ تلفن و دورنگار: ۸۸۸۲۷۳۳۴

کليه حقوق محفوظ و متعلق به مترجم است.

قيمت: ۲۵۰۰۰ تومان

به نام خداوند جان و خرد

انسان از قرن‌ها پیش با آثار زیان‌بار خوردگی در مبارزه بوده ولی تلاش‌ها جهت جلوگیری و به حداقل رسانیدن آن از قرن بیستم رو به فزونی گذاشته، تلاشی که هم‌اکنون به صورت هزینه‌همه‌جانبه شتاب یافته و امروز این امر مهم از طرف دانشگاه‌ها و کارشناسان صنعت به عنوان یک هدف اساسی مطمح نظر است.

«طراحی» و «گزینش» درست مواد و «آموزش» چند رکن اصلی مهار خوردگی است لذا چنانچه دو اصل اول درست انجام شود، امر مهم آموزش بایستی در واحدهای صنعتی در رأس قرار گیرد و اگر این امر به خوبی محقق شود، می‌توان در نهایت توقف ناخواسته تولید ناشی از خوردگی واحدهای صنعتی را به حداقل رسانید.

در شرایط فعلی صنعت از خوردگی به ویژه ناشی از مسائل آب دچار خسارات قابل توجهی می‌شود و این در حالی است که متأسفانه در خیلی از رشته‌های فنی دو موضوع فوق تنها به عنوان درس اختیاری در دانشکده‌های فنی در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که وقایع اتفاقیه در امر خوردگی حکم می‌کند که باید هر دو مورد فوق جزو دروس اصلی باشند و این امر امعان نظر بیشتر برنامهریزان دانشکده‌های فنی را در این خصوص می‌طلبد.

کتابی که در پیش رو دارید حاوی اطلاعات با ارزش در ارتباط با امر مهم خوردگی با گرایش به خوردگی جوئی، پوشش‌نگ‌ها (رنگ‌ها)، پوشش‌ها و آستری‌ها، توجه مخاطبان خوردگی را بر اهمیت موضوع‌های فوق متمرکز نموده و عنایت هرچه بیشتر به امر مهم خوردگی را به آن معطوف کرده است، از طرف دیگر هزینه‌های ناشی از خوردگی جوئی و استفاده از پوشش‌ها از همه انواع خوردگی بیشتر است لذا مطالعه کتاب فوق به تمامی دانشجویان رشته‌های مهندسی و کارشناسان صنعتی مورد توصیه است و انجمن خوردگی ایران به عنوان یک انجمن علمی پیشگراول در ترویج علم خوردگی بر آن تأکید دارد.

آقای مهندس نقری از کارشناسان باتجربه و پیشکسوتان شناخته‌شده «صنعت نفت» و «انجمن خوردگی ایران» بر این معضل اساسی وقوف کامل یافته‌اند و رأساً به صورت خدماتی خودجوش، ظرف چند دهه اخیر در این راستا تأثیرگذار بوده‌اند، خدماتی که همچنان در حال انجام است و می‌طلبد که سایر کارشناسان عرصه‌های صنعتی در این زمینه پیشقدم شوند تا با تداوم آن رسالت اهل علم هرچه بیشتر تحقق یابد.

ابراهیم حشمت دهکردی

رئیس انجمن خوردگی ایران

تهران - تابستان سال ۱۳۹۳

به نام خداوند جان آفرین

پیشگفتار مترجم

از زمان پیدایش انسان، حیات بشر همواره با مشکلات ناشی از خوردگی روبه‌رو بوده و آثار زیان‌بار آن زندگی روزمره انسان را تحت الشعاع قرار داده است. با نگرشی بر آثار باستانی باقی‌مانده در طی قرون و اعصار، مشخص می‌شود که انسان همواره از معضل خوردگی رنج برده و سعی‌اش بر این بوده که بتواند به طریقی با آثار زیان‌بخش آن مبارزه نماید.

اگرچه آثار زیان‌بار خوردگی در طی اعصار سایه خود را بر زندگی انسان افکنده ولی مبارزه با این امر مهم نیز سابقه بسیار طولانی دارد لکن با بروز عصر رتسانس و صنعتی شدن زندگی انسان از قرن شانزدهم، آثار زیان‌بار خوردگی رو به تزاید گذاشته و خسارت‌های ناشی از آن بیشتر شده لذا اندیشه واپایش و پیشگیری خوردگی، فکر دانشمندان علم خوردگی را بیشتر به خود معطوف نموده، به طوری که در مجامع علمی و صنعتی راه‌های مبارزه و پیشگیری از آن در عمل به صورت علمی فراگیر درآمده و واپایش آن جهت حفظ تولید همچنان مد نظر است.

اگرچه در ابتدا، امر مهم خوردگی به طور پراکنده با زندگی انسان سروکار داشته ولی امروز آثار زیان‌بار آن به کل صنایع گسترش یافته به طوری که امر مبارزه با آن به صورت نهضتی جهانی درآمده است و این امر با دستورنامه‌هایی اجرایی، همانند NACE در عمل عمومیت یافته است.

راه‌های پیشگیری از خوردگی به گذشته دور برمی‌گردد ولی به‌ویژه از قرن بیستم توجه به آن فراگیر شده و دانشگاه‌ها در این امر مهم پیشقراول بوده‌اند به طوری که حتی در دانشگاه‌های ایران از حدود پنج دهه پیش، «خوردگی» جزو درس‌های دانشگاهی درآمده و حتی رشته «خوردگی» تا سطح دکتری دانشجو می‌پذیرد، امری که اهمیت آن رو به فزونی است.

واقعیت بر این است که توقف کامل خوردگی امکان‌پذیر نیست و تنها می‌توان با تمسک به راه‌های مختلف مقدار آن را کاهش داد لذا در عمل واپایش خوردگی امری بسیار مهم است و می‌طلبد که در صنایع کشور مورد توجه ویژه قرار گیرد.

از جناب آقای مهندس نعمت‌زاده وزیر محترم صنعت، معدن و تجارت که همواره مشوق این جانب در این امر مهم بوده‌اند همواره سپاسگزارم.

از جناب آقای مهندس شعری مقدم معاون محترم وزیر نفت در پتروشیمی که همواره از حامیان کارشناسان در عرضه علم و عمل بوده‌اند تقدیر می‌نمایم.

از جناب آقای مهندس عبدالحسین بیات رئیس محترم هیئت مدیره شرکت ملی صنایع پتروشیمی که از هیچ حمایتی در تداوم این امر مهم دریغ نورزیده‌اند سپاسگزارم.

از جناب آقای مهندس شریف موسوی مدیرعامل محترم شرکت پتروشیمی مارون به‌خاطر حمایت به‌عمل آمده قدردانی می‌کنم.

از مدیریت توسعه منابع انسانی و اعضای محترم کمیته انتشارات شرکت ملی نفت ایران به‌ویژه سرکار خانم فاضلی به‌خاطر حمایت به‌عمل آمده تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر حشمت دهکردی ریاست محترم انجمن خوردگی ایران که با انتشار کتاب حاضر از طریق انتشارات انجمن خوردگی موافقت نمودند تشکر می‌کنم.

از جناب آقای دکتر گیوه‌چی که به‌نمایندگی از طرف انجمن خوردگی ایران این کتاب را مورد مطالعه نهایی قرار دادند، سپاسگزارم.

در ترجمه و تدوین این کتاب از واژه‌های تخصصی مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی نهایت استفاده به‌عمل آمد؛ لذا این کتاب صرف نظر از بُعد علمی‌ای که دارد، به طریقی واژه‌های مصوب فرهنگستان در زمینه علم خوردگی را نشر می‌دهد لذا امید است این کتاب از این نظر نیز مورد توجه اهل علم قرار گیرد.

به‌رغم تلاش به‌عمل آمده احتمالاً مطالب این کتاب با کمی و کاستی‌هایی مواجه خواهد بود، لذا از تمامی خوانندگان درخواست می‌شود، نقطه نظرهای اصلاحی خویش را به مترجم گوشزد فرمایند تا در چاپ‌های آتی نسبت به اعمال آن‌ها اقدام گردد.

محمدرضا نفری

عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران

تهران - تابستان سال ۱۳۹۳

مقدمه مؤلف

هدف از این کتاب تأمین برخی اطلاعات مربوط به علل، پیشگیری و واپایش خوردگی برای مهندسان، طراحان و آن‌هایی که درگیر گزینش مواد ساختمانی هستند، خواهد بود. خوردگی هم هزینه‌بر و هم خطرناک است. سالانه میلیاردها دلار صرف تعویض سازه‌ها، ماشین‌آلات و اجرای خورده‌شده، می‌شود. نقص فنی پیش از موقع پُل‌ها یا سازه‌ها به واسطه خوردگی می‌تواند همچنین سبب آسیب انسانی، اتلاف زندگی و خسارت جنبی شود.

با به حساب آوردن تمامی این عوامل، روشن می‌شود که چرا آن‌هایی که با طراحی و/یا تعمیر و نگهداری سازه‌ها و تجهیزات سروکار دارند، بایستی دارای درک اصولی از فرایندهای خوردگی باشند.

این کتاب سازوکارها و شکل‌های خوردگی، روش‌های حمله به مواد پلاستیکی و علل نقص فنی پوشش‌ها، آستری‌ها و پوشش‌نگ‌ها را توضیح می‌دهد. به جز فصل ۴ که با خوردگی جوئی و تأثیر مواد خورنده خاص روی مواد مشخص که پوشانده نمی‌شوند؛ سروکار دارد، اگرچه منابع فراوانی برای این اطلاعات تأمین خواهد شد. در آن فصل تأثیرات مرتبط موجود به جو، بحث می‌شود.

این امر همچنین شامل اطلاعاتی است که به طراحی و گزینش مواد ساختمانی برای اجتناب یا حفظ یا به حداقل رسانیدن تأثیرات خوردگی، کمک می‌کند.

فیلیپ ا. شوابتز

فهرست مطالب

فصل ۱

۲۳	مقدمه
۲۴	۱-۱ خسارت‌های اقتصادی
۲۴	۱-۲ خسارت‌های غیرمستقیم
۲۵	۱-۲-۱ توقف
۲۵	۱-۲-۲ آلاینش
۲۵	۱-۲-۳ اتلاف محصول
۲۵	۱-۲-۴ آفت بازده
۲۶	۱-۲-۵ آسیب زیستی
۲۶	۱-۲-۶ اضافه طراحی
۲۶	۱-۳ خسارت‌های حفاظت
۲۶	۱-۴ مواد غیرفلزی
۲۷	۱-۵ خلاصه

فصل ۲

۲۹	سازوکارهای خوردگی
۳۱	۲-۱ پتانسیل‌های پیل
۳۳	۲-۲ انواع شکل‌های پیل موضعی
۳۴	۲-۲-۱ پیل‌های الکتروود نامشابه
۳۴	۲-۲-۲ پیل‌های غلظتی
۳۶	۲-۲-۳ پیل‌های با اختلاف دما
۳۶	۲-۲-۴ پیل‌های غلظتی اکسیژن
۳۷	۲-۲-۵ پیل‌های غلظتی یون فلز
۳۷	۲-۳ نمودارهای پتانسیل-pH
۴۱	۲-۴ قطبش

۴۲	۲-۴-۱ قطبش فعال سازی
۴۴	۲-۴-۲ قطبش غلظت
۴۶	۲-۵ اندازه گیری قطبش
۴۹	۲-۵-۱ قطبش آندی
۵۰	۲-۶ سایر عوامل مؤثر روی خوردگی
۵۳	۲-۷ اندازه گیری آهنگ خوردگی
۵۳	۲-۷-۱ روابط آهنگ خوردگی

فصل ۳

۵۵	شکل های خوردگی فلزی
۵۶	۳-۱ خوردگی عمومی (یکنواخت)
۵۷	۳-۱-۱ فیلم رویین روی آهن
۵۷	۳-۱-۲ فیلم رویین روی نیکل
۵۸	۳-۱-۳ فیلم رویین روی فولاد زنگ نزن آستنیتی
۵۸	۳-۱-۴ فیلم رویین روی مس
۵۹	۳-۱-۵ فیلم رویین روی آلومینیم
۵۹	۳-۱-۶ فیلم رویین روی تیتانیوم
۶۰	۳-۱-۷ فیلم رویین روی تانتالیوم
۶۰	۳-۱-۸ آهنگ های خوردگی یکنواخت
۶۱	۳-۱-۹ اندازه گیری های حفاظتی
۶۲	۳-۲ خوردگی مرز دانه ای
۶۲	۳-۲-۱ فولاد زنگ نزن آستنیتی
۶۶	۳-۲-۲ فولاد زنگ نزن فریتی
۶۶	۳-۲-۳ سایر آلیاژها
۶۷	۳-۳ خوردگی دوفلزی
۷۰	۳-۳-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۷۰	۳-۴ خوردگی شیاری
۷۳	۳-۴-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۷۴	۳-۵ خوردگی حفره ای
۷۷	۳-۵-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه

۷۷	۳-۶ خوردگی فرسایشی
۸۰	۳-۶-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۸۱	۳-۷ ترک خوردگی «خوردگی تنش» (SCC)
۸۶	۳-۷-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۸۶	۳-۸ خوردگی زیستی
۹۳	۳-۸-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۹۴	۳-۹ جدایش گزینشی
۹۶	۳-۹-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۹۶	۳-۱۰ آسیب هیدروژنی
۹۷	۳-۱۰-۱ منابع هیدروژن
۹۹	۳-۱۰-۲ انواع آسیب هیدروژنی
۹۹	۳-۱۰-۲-۱ تَرَدش هیدروژنی
۹۹	۳-۱۰-۲-۱-۱ افت شکل پذیری
۱۰۰	۳-۱۰-۲-۱-۲ ترک خوردگی تنش هیدروژنی
۱۰۲	۳-۱۰-۲-۱-۳ تَرَدش محیط هیدروژنی
۱۰۲	۳-۱۰-۲-۱-۴ تَرَدش به واسطه تشکیل هیدرید
۱۰۳	۳-۱۰-۲-۲ تاول زنی هیدروژنی
۱۰۴	۳-۱۰-۲-۳ پوسته ها، موثرک ها و ترک های شکافی
۱۰۴	۳-۱۰-۲-۴ حمله هیدروژنی
۱۰۶	۳-۱۰-۳ اندازه گیری های پیشگیرانه
۱۰۶	۳-۱۰-۳-۱ تاول زنی هیدروژنی
۱۰۸	۳-۱۰-۳-۲ تَرَدش هیدروژنی
۱۱۰	۳-۱۰-۳-۳ حمله هیدروژنی
۱۱۰	۳-۱۱ حمله فلز مذابی
۱۱۱	۳-۱۱-۱ تَرَدش فلز مذابی (LME)
۱۱۲	۳-۱۱-۱-۱ الزامات تَرَدش
۱۱۴	۳-۱۱-۱-۲ عوامل مؤثر روی LME
۱۱۵	۳-۱۱-۱-۳ نقص فنی تأخیر دار
۱۱۵	۳-۱۱-۱-۴ اندازه گیری های پیشگیرانه
۱۱۶	۳-۱۱-۲ خوردگی توسط فلزات مذابی

۱۱۷	تورق (۳-۱۲)
۱۱۷	۳-۱۲-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۱۱۸	۳-۱۳ خوردگی خستگی
۱۱۸	۳-۱۳-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۱۱۹	۳-۱۴ خوردگی رشته ای
۱۲۰	۳-۱۴-۱ اندازه گیری های پیشگیرانه
۱۲۰	منابع

فصل ۴

۱۲۱	خوردگی جوئی
۱۲۲	۴-۱ انواع جوئی
۱۲۴	۴-۲ عوامل مؤثر روی خوردگی جوئی
۱۲۵	۴-۲-۱ زمان «ترکندگی»
۱۲۵	۴-۲-۱-۱ لایه های جذب سطحی
۱۲۶	۴-۲-۱-۲ لایه های فازی
۱۲۶	۴-۲-۱-۲-۱ شبنم
۱۲۷	۴-۲-۱-۲-۲ باران
۱۲۷	۴-۲-۱-۲-۳ مه
۱۲۷	۴-۲-۱-۲-۴ گرد و خاک
۱۲۸	۴-۲-۱-۲-۵ اندازه گیری زمان «ترکندگی»
۱۲۹	۴-۲-۲ ترکیب برق کاف سطح
۱۲۹	۴-۲-۲-۱ اکسیژن
۱۲۹	۴-۲-۲-۲ SO_x
۱۳۰	۴-۲-۲-۳ NO_x
۱۳۰	۴-۲-۲-۴ کلریدها
۱۳۰	۴-۲-۲-۵ CO_2
۱۳۰	۴-۲-۲-۶ غلظت نمونه های مختلف
۱۳۱	۴-۲-۳ دما
۱۳۱	۴-۲-۴ مواجهه اولیه
۱۳۲	۴-۲-۵ حفاظت

- ۱۳۲ ۴-۲-۶ سرعت باد
- ۱۳۳ ۴-۲-۷ طبیعت محصولات خوردگی
- ۱۳۴ ۴-۲-۸ آلاینده‌های موجود
- ۱۳۶ ۴-۳ سازوکارهای خوردگی جوئی فلزات
- ۱۳۷ ۴-۳-۱ خوردگی جوئی مرطوب (لایه‌های جذب)
- ۱۴۰ ۴-۳-۲ خوردگی جوئی «تر» (لایه‌های فازی)
- ۱۴۰ ۴-۳-۲-۱ شبنم
- ۱۴۰ ۴-۳-۲-۲ باران
- ۱۴۱ ۴-۳-۲-۳ مه
- ۱۴۱ ۴-۳-۳ رسوب آلاینده‌ها
- ۱۴۳ ۴-۴ محصولات خوردگی
- ۱۴۴ ۴-۵ مواد خورنده جوئی خاص
- ۱۴۶ ۴-۵-۱ ترکیبات حاوی گوگرد
- ۱۴۸ ۴-۵-۲ ترکیبات حاوی نیتروژن
- ۱۴۹ ۴-۵-۳ ترکیبات حاوی کلر
- ۱۵۰ ۴-۵-۴ کربن دی‌اکسید
- ۱۵۰ ۴-۵-۵ اکسیژن (O_2)
- ۱۵۰ ۴-۵-۶ ترکیبات جوئی داخل ساختمان
- ۱۵۱ ۴-۶ خلاصه
- ۱۵۱ ۴-۷ مقاومت فلزات و آلیاژهای خاص به خوردگی جوئی
- ۱۵۲ ۴-۷-۱ فولاد کربنی
- ۱۵۴ ۴-۷-۲ فولادهای هوازدگی
- ۱۵۷ ۴-۷-۳ «روی»
- ۱۶۱ ۴-۷-۴ پوشش‌های «روی» و آلیاژ «روی» روی فولاد
- ۱۶۴ ۴-۷-۴-۱ پوشش‌های غوطه‌وری داغ «روی»-آلومینیم
- ۱۶۴ ۴-۷-۴-۲ پوشش‌های افشانه‌شده دمایی «روی»-آلومینیم
- ۱۶۵ ۴-۷-۴-۳ پوشش‌های آلیاژ «روی»-آهن
- ۱۶۵ ۴-۷-۴-۴ آلیاژهای ریختگی «روی»
- ۱۶۵ ۴-۷-۵ مس
- ۱۶۸ ۴-۷-۶ آلیاژهای مس

- ۱۶۸ ۴-۷-۶-۱) برنج‌ها
- ۱۷۰ ۴-۷-۶-۲) بُرنزها
- ۱۷۱ ۴-۷-۶-۳) آلیاژهای مس-نیکل
- ۱۷۱ ۴-۷-۷) آلیاژهای آلومینیم
- ۱۷۶ ۴-۷-۷-۱) اندازه‌گیری‌های پیشگیرانه
- ۱۷۷ ۴-۷-۷-۲) کاربردها
- ۱۷۸ ۴-۷-۸) فولاد زنگ‌نزن
- ۱۷۹ ۴-۷-۸-۱) گریدهای آستنی
- ۱۸۱ ۴-۷-۸-۲) گریدهای فریتی
- ۱۸۱ ۴-۷-۸-۳) گریدهای مارتنزیتی
- ۱۸۲ ۴-۷-۸-۴) گریدهای دویلکس
- ۱۸۲ ۴-۷-۹) نیکل
- ۱۸۲ ۴-۷-۱۰) آلیاژ مومل
- ۱۸۲ ۴-۷-۱۱) آلیاژ اینکونل ۶۰۰
- ۱۸۳ ۴-۷-۱۲) اینکونل آلیاژ ۶۲۵، اینکونل آلیاژ ۸۰۰، اینکونل آلیاژ ۸۲۵
- ۱۸۳ ۴-۸) خوردگی جوی نافلزات
- ۱۸۳ ۴-۸-۱) پلاستیک‌ها
- ۱۸۵ ۴-۸-۱-۱) گرمانرم‌ها
- ۱۸۹ ۴-۸-۱-۲) گرماسخت‌ها
- ۱۹۱ ۴-۸-۲) کشپارها
- ۱۹۴ ۴-۸-۳) مواد سنگ‌کاری
- ۱۹۷ ۴-۸-۳-۱) بُتن حفاظتی
- ۱۹۸ ۴-۸-۳-۲) گزینش پوشش
- ۲۰۰ ۴-۸-۳-۳) بُتن پلیمری
- ۲۰۱ ۴-۸-۳-۴) ملات‌ها و دوغاب‌ها
- ۲۰۳ ۴-۸-۴) سرامیک‌ها
- ۲۰۴ ۴-۸-۴-۱) شکل‌های خوردگی
- ۲۰۶ ۴-۸-۴-۲) خوردگی سرامیک‌های خاص
- ۲۰۷ ۴-۸-۵) چوب
- ۲۱۲ ۴-۸-۵-۱) تخته سه‌لایی

۲۱۲	 محصولات چوبی بازسازی شده (۴-۸-۵-۲)
۲۱۴	 استفاده از چوب پرداخت (نماکاری) خارجی (۴-۸-۵-۳)
۲۱۷	 خوردگی جوی داخل ساختمان (۴-۸-۶)
۲۱۹	 منابع

فصل ۵

۲۲۱	 خوردگی مواد پلیمری (پلاستیکی)
۲۲۲	 ۵-۱ تابش
۲۲۴	 ۵-۲ تراوش
۲۲۸	 ۵-۳ جذب
۲۳۱	 ۵-۴ مواد گرمانرم (پلیمرهای گرمانرم)
۲۳۲	 ۵-۵ پلیمرهای گرماسخت
۲۳۵	 ۵-۶ ترک خوردگی محیطی

فصل ۶

۲۳۷	 خوردگی آستری‌ها
۲۳۸	 ۶-۱ آستری‌های اعمال شده مایع
۲۳۸	 ۶-۱-۱ طراحی ظرف
۲۴۴	 ۶-۱-۲ گزینش آستری
۲۵۰	 ۶-۱-۳ کاربرد آستری
۲۵۰	 ۶-۱-۴ بُخت آستری اعمال شده
۲۵۱	 ۶-۱-۵ علل نقص پوشش
۲۵۳	 ۶-۲ آستری‌های صفحه‌ای
۲۵۳	 ۶-۲-۱ طراحی پوسته
۲۵۵	 ۶-۲-۲ ملاحظات گزینش آستر
۲۵۶	 ۶-۲-۲-۱ آستری‌های پیوندی
۲۵۸	 ۶-۲-۲-۲ آستری‌های غیر پیوندی
۲۵۸	 ۶-۲-۳ ملاحظات طراحی
۲۵۹	 ۶-۲-۳-۱ تراوش
۲۶۱	 ۶-۲-۳-۲ جذب

۲۶۲	۶-۲-۴) بازرسی آستری
۲۶۴	۶-۲-۵) علل نقص آستری
۲۶۴	۶-۲-۵-۱) گزینش آستر
۲۶۴	۶-۲-۵-۲) آماده‌سازی نامناسب سطح
۲۶۴	۶-۲-۵-۳) تنش گرمایی
۲۶۴	۶-۲-۵-۴) تراوش
۲۶۵	۶-۲-۵-۵) جذب
۲۶۵	۶-۲-۵-۶) ریزش ترک‌های جوشکاری
۲۶۵	۶-۲-۵-۷) وادادگی
۲۶۵	۶-۲-۵-۸) عملیات
۲۶۶	۶-۲-۵-۹) ترک خوردگی تنش محیطی
۲۶۶	۶-۳) آستری‌های کشاری

فصل ۷

۲۶۹	خوردگی پوشش‌نگ
۲۷۱	۷-۱) سازوکارهای حفاظت
۲۷۳	۷-۲) ترکیب پوشش‌نگ
۲۷۴	۷-۲-۱) چسب‌ها
۲۷۵	۷-۲-۲) رنگدانه‌ها
۲۷۶	۷-۲-۳) حلال‌ها
۲۷۸	۷-۲-۴) افزودنی‌ها
۲۷۹	۷-۲-۵) پرکننده‌ها (رنگدانه‌یارها)
۲۸۱	۷-۳) علل پیوند و نقص‌های پوشش
۲۸۱	۷-۳-۱) آماده‌سازی سطح و کاربرد
۲۸۲	۷-۳-۲) تأثیرات جوّی
۲۸۴	۷-۳-۳) انواع نقص‌ها
۲۸۵	۷-۳-۳-۱) استحکام فیلم رنگ
۲۸۷	۷-۳-۳-۲) نقص چسبده
۲۸۸	۷-۳-۳-۳) تنش و نقص‌های شیمیایی
۲۸۹	۷-۴) انواع خوردگی زیر پوشش‌های آلی

- ۲۹۰ (۷-۴-۱) چسبندگی «ترا»
- ۲۹۰ (۷-۴-۲) اسمز
- ۲۹۱ (۷-۴-۳) تاول زنی
- ۲۹۱ (۷-۴-۴) ورقه‌شدگی کاندی
- ۲۹۲ (۷-۴-۵) از زیر خالی شدگی آندی
- ۲۹۲ (۷-۴-۶) خوردگی رشته‌ای
- ۲۹۴ (۷-۴-۷) زنگ‌زدگی پیش از موقع
- ۲۹۴ (۷-۴-۸) زنگ‌زدگی ناگهانی
- ۲۹۴ (۷-۵) مراحل خوردگی
- ۲۹۵ (۷-۵-۱) مراحل اولیه خوردگی
- ۲۹۶ (۷-۵-۲) مرحله دوم خوردگی
- ۲۹۶ (۷-۵-۳) مرحله سوم خوردگی
- ۲۹۶ (۷-۵-۴) مرحله چهارم خوردگی
- ۲۹۶ (۷-۵-۵) مرحله پنجم خوردگی
- ۲۹۷ (۷-۵-۶) مرحله نهایی
- ۲۹۷ (۷-۶) آماده‌سازی سطح
- ۲۹۷ (۷-۶-۱) آماده‌سازی بستر فلز
- ۳۰۰ (۷-۶-۱-۱) تمیزکاری با ساینده
- ۳۰۰ (۷-۶-۱-۲) تمیزکاری با شوینده‌ها
- ۳۰۰ (۷-۶-۱-۳) تمیزکاری با قلیا
- ۳۰۰ (۷-۶-۱-۴) تمیزکاری با نامیزه
- ۳۰۱ (۷-۶-۱-۵) تمیزکاری با حلال
- ۳۰۱ (۷-۶-۱-۶) گریس‌زدایی با بخار
- ۳۰۱ (۷-۶-۱-۷) تمیزکاری با بخار
- ۳۰۱ (۷-۶-۲) پیش‌بها سازی سطح فلز
- ۳۰۲ (۷-۶-۲-۱) آلومینیم
- ۳۰۲ (۷-۶-۲-۲) مس
- ۳۰۲ (۷-۶-۲-۳) فولاد «روی‌اندود»
- ۳۰۲ (۷-۶-۲-۴) فولاد
- ۳۰۳ (۷-۶-۲-۵) فولاد زنگ‌نزن

- ۳۰۳ ۷-۶-۲-۶ تیتانیوم
- ۳۰۳ ۷-۶-۲-۷ «روی» و کادمیوم
- ۳۰۳ ۷-۶-۳ آماده سازی بستر پلاستیکی
- ۳۰۴ ۷-۶-۳-۱ تمیزکاری با حلال
- ۳۰۵ ۷-۶-۳-۲ تمیزکاری با شوینده ها
- ۳۰۶ ۷-۶-۳-۳ بهسازی مکانیکی
- ۳۰۶ ۷-۶-۳-۴ بهسازی با مواد شیمیایی
- ۳۰۸ ۷-۶-۳-۵ مایع بهسازی ها
- ۳۰۹ ۷-۷ کاربرد پوشش ها
- ۳۱۱ ۷-۷-۱ روش های کاربرد
- ۳۱۱ ۷-۷-۱-۱ قلم موزنی
- ۳۱۲ ۷-۷-۱-۲ غلتک زنی
- ۳۱۲ ۷-۷-۱-۳ پوشش غلتشی
- ۳۱۲ ۷-۷-۱-۴ رنگ کاری با افشانه
- ۳۱۴ ۷-۷-۱-۵ پوشش با پودر
- ۳۱۶ ۷-۷-۱-۶ آب فلزکاری پلیمرها
- ۳۱۸ ۷-۷-۲ پوشش های چندلایه
- ۳۱۹ ۷-۷-۳ بُخت
- ۳۲۱ ۷-۷-۳-۱ خشک کردن با هوا
- ۳۲۲ ۷-۷-۳-۲ بُخت
- ۳۲۳ ۷-۷-۳-۳ خشک کردن با نیرو
- ۳۲۳ ۷-۷-۳-۴ بازجریان
- ۳۲۳ ۷-۷-۳-۵ بُخت با تابش
- ۳۲۳ ۷-۷-۳-۶ بُخت با بخار
- ۳۲۳ ۷-۷-۴ بازرسی
- ۳۲۴ ۷-۸ مرمت پوشش
- ۳۲۵ ۷-۹ گزینش یک سامانه رنگ
- ۳۲۶ ۷-۹-۱ ناحیه ۱: در معرض (محیط) ملایم
- ۳۳۱ ۷-۹-۲ ناحیه ۲: حفاظت موقت، قسمت های داخلی معمولاً خشک
- ۳۳۲ ۷-۹-۳ ناحیه ۳: قسمت های خارجی معمولاً خشک

۳۳۴	۷-۹-۴ ناحیه ۴: مواجهه با آب شیرین
۳۳۴	۷-۹-۵ ناحیه ۵: مواجهه با آب نمک
۳۳۴	۷-۹-۶ ناحیه ۶: غوطه‌وری در آب شیرین
۳۳۵	۷-۹-۷ ناحیه ۷: غوطه‌وری در آب نمک
۳۳۶	۷-۹-۸ ناحیه ۸: مواجهه با مواد شیمیایی
۳۳۶	۷-۹-۹ ناحیه ۹: مواجهه با مواد شیمیایی خنثی
۳۳۷	۷-۹-۱۰ ناحیه ۱۰: مواجهه با حلال‌های ملایم
۳۳۷	۷-۹-۱۱ ناحیه ۱۱: مواجهه با pH حداکثر

فصل ۸

۳۳۹	خوردگی پوشش‌های فلزی
۳۳۹	۸-۱ پیل خوردگی
۳۴۹	۸-۲ واپایش حفاظت EMF توسط فلزات نجیب
۳۴۹	۸-۲-۱ سازوکار واپایش حفاظت
۳۴۹	۸-۲-۱-۱ پوشش‌های مس
۳۵۲	۸-۲-۱-۲ پوشش‌های طلا
۳۵۳	۸-۳ واپایش حفاظت آندی با فلزات نجیب
۳۵۳	۸-۳-۱ سازوکارهای واپایش حفاظت
۳۵۳	۸-۳-۱-۱ پوشش‌های نیکل
۳۵۹	۸-۳-۱-۲ پوشش کروم
۳۶۱	۸-۳-۱-۳ پوشش‌های قلع (آهن سفید)
۳۶۴	۸-۳-۱-۴ پوشش‌های سرب
۳۶۵	۸-۴ واپایش کاتدی با پوشش‌های فلز فداشونده
۳۶۹	۸-۴-۱ سازوکار حفاظت واپایش
۳۶۹	۸-۴-۱-۱ پوشش‌های «روی»
۳۷۴	۸-۴-۱-۲ خوردگی پوشش‌های «روی»
۳۷۷	۸-۴-۱-۳ پوشش‌های غوطه‌وری داغ «روی»- آلومینیم ۵٪
۳۷۸	۸-۴-۱-۴ پوشش‌های غوطه‌ورسازی داغ «روی»- آلومینیم ۵۵٪
۳۸۰	۸-۴-۱-۵ افشانه گرمایی «روی»- ۱۵٪ آلومینیم
۳۸۱	۸-۴-۱-۶ پوشش‌های آلیاژ «روی»- آهن

۳۸۲	پوشش‌های آلومینیم (۸-۴-۱-۷)
۳۸۲	پوشش‌های کادمیوم (۸-۴-۱-۸)
۳۸۲	پوشش‌های منگنز (۸-۴-۱-۹)
۳۸۳	واپایش حفاظت مختلط (۸-۵)
۳۸۴	پوشش‌های فسفات (۸-۵-۱)
۳۸۶	پوشش‌های کرومات (۸-۵-۲)
۳۸۸	پوشش‌های اکسید (۸-۵-۳)
۳۸۹	پوشش‌های آندشی (۸-۵-۴)
۳۹۱	حفاظت واپایش چهارچوب مدلی اسلیس (EMF) (۸-۶)

فصل ۹

۳۹۳	حفاظت کاتدی
۳۹۳	پس‌زمینه (۹-۱)
۳۹۵	نظریه (۹-۲)
۳۹۷	آندهای فداشونده (۹-۲-۱)
۳۹۷	الزامات آندی (۹-۲-۱-۱)
۴۰۰	مواد آندی و پس‌ریز (۹-۲-۱-۲)
۴۰۱	سامانه‌های جریان اعمالی (۹-۲-۲)
۴۰۲	الزامات جریان (۹-۲-۲-۱)
۴۰۳	مواد آندی و پس‌ریز (۹-۲-۲-۲)
۴۰۳	آزمون جهت کامل شدن حفاظت (۹-۲-۲-۳)
۴۰۵	استفاده از پوشش‌ها (۹-۳)
۴۰۶	اقتصاد (۹-۴)

فصل ۱۰

۴۰۷	بازدارنده‌های خوردگی
۴۰۹	ارزیابی بازدارنده (۱۰-۱)
۴۰۹	دسته‌بندی بازدارنده‌ها (۱۰-۲)
۴۱۰	بازدارنده‌های رویش (۱۰-۲-۱)
۴۱۰	سازوکار رویش (۱۰-۲-۱-۱)

۴۱۵	 بازدارنده‌های آلی	۱۰-۲-۲
۴۱۷	 بازدارنده‌های رسوبی (بازدارنده‌های کاتدی)	۱۰-۲-۳
۴۱۷	 بازدارنده‌های فاز بخار	۱۰-۲-۴
۴۱۸	 بازدارندگی در محلول اسیدی	۱۰-۳
۴۱۹	 جذب سطحی فیزیکی	۱۰-۳-۱
۴۲۰	 بر جذب شیمیایی	۱۰-۳-۲
۴۲۲	 برهم کنش بین بازدارنده‌های جذب شده	۱۰-۳-۳
۴۲۲	 روابط بین واکنش پذیری بازدارنده و بازده	۱۰-۳-۴
۴۲۳	 بازدارندگی محلول‌های نزدیک به خنثی	۱۰-۴
۴۲۴	 بازدارندگی محلول‌های قلیایی	۱۰-۵
۴۲۵	 حفاظت موقت با بازدارنده‌ها	۱۰-۶
۴۲۵	 بازدارندگی خوردگی موضعی	۱۰-۷
۴۲۸	 خلاصه	۱۰-۸
۴۲۸	 منابع	

فصل ۱۱

۴۳۱	 فرایند طراحی تجهیزات	
۴۳۱	 درک کاربرد	۱۱-۱
۴۳۵	 گزینش مواد ساختمانی	۱۱-۲
۴۳۹	 واپایش خوردگی با طراحی	۱۱-۳
۴۳۹	 حفاظت از خوردگی جوی	۱۱-۳-۱
۴۴۱	 ملاحظات کلی طراحی	۱۱-۳-۱-۱
۴۴۱	 سازه‌ها	۱۱-۳-۱-۲
۴۴۳	 اجزای الکتریکی	۱۱-۳-۱-۳
۴۴۴	 اتاق‌های فرمان	۱۱-۳-۱-۴
۴۴۵	 حفاظت از فولاد کربنی	۱۱-۳-۱-۵
۴۴۸	 خوردگی زیر عایق	۱۱-۳-۲
۴۴۸	 گزینش یک ماده عایق مناسب	۱۱-۳-۲-۱
۴۵۱	 طراحی مشخصات عایق	۱۱-۳-۲-۲
۴۵۵	 مقایسه پوشینه کردن	۱۱-۳-۲-۳

- ۴۵۹..... الزامات طراحی برای سروس‌ها و سامانه‌های مختلف (۱۱-۳-۲-۴)
- ۴۶۶..... صنایع و سامانه‌های پوشش‌دار (۱۱-۳-۳)
- ۴۶۶..... صنایع شیمیایی (۱۱-۳-۳-۱)
- ۴۶۹..... صنعت پالایش نفت (۱۱-۳-۳-۲)
- ۴۷۶..... تصفیه آب و سامانه‌های عرضه (۱۱-۳-۳-۳)
- ۴۸۶..... ویژگی‌های طراحی (۱۱-۳-۳-۴)
- ۴۸۶..... صنعت گاز (۱۱-۳-۵)
- ۴۸۶..... انزاع خوردگی در لوله‌کشی زیرزمینی (۱۱-۳-۵-۱)
- ۴۸۷..... روش‌های واپایش (۱۱-۳-۵-۲)
- ۴۸۸..... صنعت خط لوله (۱۱-۳-۶)
- ۴۸۸..... پوشش‌ها (۱۱-۳-۶-۱)
- ۴۸۹..... حفاظت کاتدی (۱۱-۳-۶-۲)
- ۴۹۰..... خوردگی داخلی (۱۱-۳-۶-۳)
- ۴۹۱..... صنعت دریایی (۱۱-۳-۷)
- ۴۹۲..... حفاظت از چگالنده‌ها و تبادلهای آب دریا (۱۱-۳-۷-۱)
- ۴۹۲..... استفاده از آلومینیم در سروس دریایی (۱۱-۳-۷-۲)
- ۴۹۵..... فرهنگ واژه‌های انگلیسی به فارسی