



الکتروشیمی خوردگی

پدیدآورنده

د. ل. پیرون

دانشگاه پردو، ایندیانا

برگرداننده

محمد علی گلغزدار

استاد دانشکده مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی اصفهان

با همکاری

احمد رضا ریاحی

استادیار دانشکده مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی اصفهان

95994
ع
۱/۱
/

www.ketab.ir



انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان

شماره کتاب ۵۷

گروه فنی و مهندسی ۳۱

الکتروشیمی خوردگی

پدیدآورنده	: د. ل. پیرون
برگرداننده	: دکتر محمدعلی گلغذار با همکاری دکتر احمدرضا ریاحی
حروف چینی و صفحه آایی	: زحل شیروانی
ویراستار	: مهندس بیژن دیبائی نیا
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ پنجم	: پاییز ۱۳۹۸
شمارگان	: ۵۰۰ جلد
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۶۰۲۹-۶۱۳
قیمت	: ۲۷۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	: پیرون، دومینک - ۳۱
عنوان و نام پدیدآور	: الکتروشیمی خوردگی / تالیف د. ل. پیرون، ترجمه محمدعلی گلغذار؛ با همکاری احمدرضا ریاحی
مشخصات نشر	: اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات، ۱۳۷۸.
مشخصات ظاهری	: شانزده، ۳۲۳ ص. مصور، جدول، نمودار.
فروست	: دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات: ۵۷. گروه فنی و مهندسی ۳۱.
شابک	: 978-964-6029-61-3
وضعیت فهرست نویسی	: فهرست نویسی قبلی
یادداشت	: عنوان اصلی: The electrochemistry of corrosion, 1991
یادداشت	: چاپ سوم: زمستان ۱۳۸۷.
یادداشت	: واژه نامه
یادداشت	: الکتروشیمی.
موضوع	: خوردگی
شناسه افزوده	: گلغذار، محمدعلی، ۱۳۲۹-، مترجم
شناسه افزوده	: ریاحی، احمدرضا، ۱۳۳۷
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی اصفهان. انتشارات
رده بندی کنگره	: ۱۳۷۸ الف ۱۶ پ / QD۵۵۳
رده بندی دیویی	: ۵۴۱/۳۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۳-۳۰۴۰۹

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - انتشارات - کدپستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱ تلفن: ۳۳۹۱۲۹۵۲ (۰۳۱) ۳۳۹۱۲۵۵۲ (۰۳۱) دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲
برای خرید اینترنتی کلیه کتاب های منتشره انتشارات می توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا مستقیماً از کتابفروشی انتشارات واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

مقدمه نویسنده

این کتاب مقدمه‌ای بر اصول نوین الکتروشیمی با تکیه بر مفاهیم مورد استفاده برای متخصصان خوردگی است. با توجه به سالهای زیاد تجربه و تدریس، به جای جنبه‌های نظری، در نگارش این کتاب بر جنبه‌های عملی تکیه داشته و کاربرد آن برای کاردانشها، مهندسان و دانش‌جویان در نظر گرفته شده است. روند تجربی در نظر گرفته شده در این کتاب، به استفاده کنندگان از این فرصت را می‌دهد که مبانی خوردگی را با توجه به مشاهدات و پدیده‌های مشاهده شده مطالعه کنند.

مشاهده حقایق پدیده‌ها یک جنبه مهم مسئله خوردگی در صنعت و همچنین یک روش مورد استفاده در تحقیقات خوردگی است. علم و بسیاری از نظریه‌های علمی عمدتاً دارای مبانی و پایه تجربی‌اند. بنابراین امید است که این کتاب و مطالب آن در کارهای روزانه مفید بوده و موجب آسان شدن بحث بین محققان و همکاران فعالان فن‌آوریها شود.

با مشاهده حقایق و توضیح پدیده‌ها، مفاهیم جدید الکتروشیمیایی که مفیدترین جنبه درک خوردگی است را می‌توان گسترش داد. برای مثال، مشاهده کاملاً شناخته شده خوردگی فلزی و توضیح آن توسط الکترون‌ها و یونها امکان معین مفهوم بسیار مهم و نوین درک الکترودها و اندازه‌گیری پتانسیل را فراهم می‌کند. برای توضیح بسیاری از جنبه‌های خوردگی و کنترل آن، درک این مفاهیم اساسی لازم است. به عنوان مثال، علت حمله داخل یک لوله آب که با استفاده از آندهای نصب شده در خاک اطراف حفاظت کاتدی شد، است را می‌توان توضیح داد. در این کتاب، تأکید خاص بر روی دو نمودار از مهمترین نمودارهای خوردگی گذاشته شده است: یکی نمودار $E - pH$ ، که اطلاعات زیادی در رابطه با خوردگی و حفاظت داده؛ و دیگری نمودار $E - \log |i|$ که وسیله‌ای بسیار خوب برای تعیین و توضیح بسیاری از موارد خوردگی و آهنگ آن است.

مطالب الکتروشیمیایی در پنج فصل اول ارائه شده و سپس در پنج فصل دوم با استفاده از این مطالب به برخی از مهمترین کاربردهای عملی در صنعت پرداخته شده است. در فصل شش، روش جدیدی برای ارزیابی، انتخاب و استفاده صحیح الکترودهای مرجع ارائه شده است. همچنین، مسئله‌های افت اهمی و اصلاح آن در اندازه‌گیریهای پتانسیل بحث شده است. در سه فصل تحت عنوانهای انهدامهای خوردگی، روپین شدن و حفاظت کاتدی، اهمیت و استفاده از اصول الکتروشیمیایی آورده شده است. در این فصلها، مثالهایی برای استفاده از اصول الکتروشیمیایی در برخی از کاربردها ارائه شده، ولی اطلاعات کامل و مبسوطی در رابطه با موارد خاص خوردگی ارائه نشده است. به علاوه، برای اجتناب از پیچیدگیهای بیش از حد لزوم، به هنگام ارائه یک روش الکتروشیمیایی در خوردگی، اغلب ساده‌ترین مورد انتخاب شده است. در فصل آخر، مثالهایی از محاسبات مفید در خوردگی ارائه شده است.

دل. پیرون

مونترال

ژانویه ۱۹۹۱

فهرست مطالب

فصل اول مفاهیم اساسی الکتروشیمیایی و استفاده‌های آنها

الف - مقدمه	۲
۱- اهمیت و امنیت کاربردها	۲
۲- تعریف الکتروشیمی	۵
۳- مراحل اصلی در توسعه الکتروشیمی	۸
ب - مفهوم الکتروود	۹
۱- در خوردگی	۹
۲- پتانسیل الکتروود (الکترود سس)	۱۴
۳- تشابه الکتریکی	۱۵
۴- پتانسیل برگشت پذیر و واکنشهای الکتروشیمیایی	۱۸
۵- تمایل به خوردگی و مقیاس پتانسیل	۱۹
ج - مفهوم پیلهای الکتروشیمیایی	۲۱
۱- کلیات و تعاریف	۲۱
۲- پیل گالوانیکی	۲۱
۳- پیل الکترولیتی	۲۳

۲۴	۴- جدول مقایسه‌ها.....
۲۴	د - قراردادهای الکتروشیمیایی.....
۲۴	۱- قرارداد صفر.....
۲۶	۲- قرارداد احیا.....
۲۶	● مقدمه.....
۲۶	● اصل قرارداد علامت.....
۲۷	● قرارداد احیا.....
۲۸	۳- محاسبه پتانسیل پیل.....
۲۸	● پیل‌های گالوانیکی.....
۳۰	۱۱ پیل‌های الکترولیتی.....
۳۱	● معادلات لازم برای محاسبه.....
۳۱	مسئله‌ها.....

فصل دوم: پیش‌بینی تخریب به خوردگی

۳۵	الف - مقدمه‌ای بر ترمو-میک خوردگی.....
۳۶	ب - پتانسیل برگشت پذیر و معادله نرنست.....
۳۶	۱- الکتروود برگشت پذیر.....
۳۸	۲- معادله نرنست.....
۴۱	۳- مفهوم پتانسیل برگشت پذیر.....
۴۲	۴- اثر غلظت یونی در تمایل به خوردگی.....
۴۵	ج - استفاده از پتانسیلهای برگشت پذیر در خوردگی.....
۴۵	۱- خوردگی آهن در محلولهای اسیدی.....
۴۶	۲- خوردگی مس.....
۴۸	۳- خوردگی دو فلزی.....
۴۸	۴- نقش آند فداشونده.....
۴۹	د - الکترولیز آب.....
۵۲	هـ - نمودار پتانسیل - pH
۵۲	۱- نمودار پتانسیل - pH برای فلز روی.....
۵۵	۲- محدودیتهای نمودارهای پتانسیل - pH
۵۶	مسئله‌ها.....

فصل سوم: رسانایی الکترولیتی و قانون فاراده

الف - مقدمه	۵۹
ب - محلولهای الکترولیت و قابلیت رسانایی	۶۰
۱- محلولها و غلظتها	۶۰
۲- محلول الکترولیتی	۶۲
۳- تحرک یونی	۶۵
۴- رسانایی	۶۵
● رسانایی ویژه	۶۵
● رسانایی معادل	۶۶
۵- اثر غلظت بر رسانایی معادل (الکترولیتهای قوی و ضعیف)	۶۶
۱- ممانعت از انتقال جرم	۶۸
ج - قانون فاراده و استفاده آن	۷۲
۱- قانون فاراده	۷۲
۲- محاسبه با استفاده از قانون فاراده	۷۳
۳- معادله جریان	۷۵
مسئله‌ها	۷۵

فصل چهارم: فرایندهای الکترودی، آنتالپی و آنتالپی

الف) مقدمه	۷۸
ب) الکتروودکار	۷۸
۱- اثر چگالی جریان بر پتانسیل الکتروود	۷۸
● تشابه الکتروکی	۷۹
۲- مفهوم پتانسیل اضافی	۸۰
۳- پلاریزاسیون	۸۳
۴- علامتهای پتانسیل اضافی و پلاریزاسیون	۸۵
ج) انواع پتانسیلهای اضافی	۸۶
۱- مقدمه	۸۶
۲- افت اهمی	۸۶
۳- پتانسیل اضافی انتقال بار	۸۷
● نمودار	۸۸

۹۰	۴- پتانسیل اضافی غلطی
۹۴	۵- انواع دیگر پتانسیل اضافی
۹۴	(د) اندازه گیری پتانسیل اضافی
۹۵	۱- سیستم سه الکترودی
۹۶	۲- روشهای حالت پایدار
۹۷	● روش گالوانواستاتیک
۹۷	● روش پتانسیو استاتیک
۹۹	۳- روشهای لحظه ای (گذرا)
۹۹	● روش کرنو پتانسیو متری
۹۹	● روش کرنو آمپرو متری
۱۰۱	مسئله ها

فصل پنجم: نظریه پتانسیل مختلط و آهنگ خوردگی

۱۰۳	(الف) مقدمه
۱۰۳	۱- یادداشت قدیمی هدف نظریه
۱۰۴	۲- چند الکترودی (یا الکترو د مختلط)
۱۰۶	۳- پتانسیل مختلط
۱۰۷	(ب) نمودار ایوانس
۱۰۷	۱- خوردگی آهن
۱۰۹	۲- پیل دانیل
۱۱۱	(ج) نمودار پتانسیل مختلط
۱۱۶	(د) اندازه گیری آهنگ خوردگی
۱۱۷	(هـ) موارد و کاربردهای نظریه پتانسیل مختلط
۱۱۷	۱- اثر بازدارنده های آلی
۱۱۸	۲- استخراج الکترو لیتی روی
۱۱۹	۳- خوردگی توسط اکسیژن
۱۲۲	۴- معادله باتلر - والمر (BVE)
۱۲۳	نتیجه گیری
۱۲۳	مسئله ها

فصل ششم: الکترودهای مرجع و کاربرد آنها

الف - مقدمه	۱۲۸
ب - تبدیل پتانسیل بین الکترودهای مرجع مختلف	۱۲۹
ج - تشریح دو الکتروود مرجع	۱۳۱
۱- الکترودهای مرجع مس - سولفات مس ($Cu/CuSO_4$)	۱۳۱
۲- الکترودهای مرجع کالومل	۱۳۱
د - پتانسیلهای الکتروود در حال استراحت و در حال کار	۱۳۳
۱- پتانسیلهای استراحت الکتروود	۱۳۳
۲- پتانسیلهای الکتروود در حال کار	۱۳۵
هـ - ویژگیهای الکتروشیمیایی برای انتخاب و طراحی الکترودهای مرجع	۱۳۷
۱- بلیت برگشت پذیری شیمیایی	۱۳۷
۲- پتانسیل اتصال مایع	۱۳۸
۳- جریهای تداپی و پتانسیل اضافی	۱۴۱
ی - شرایط برای استفاده از الکترودهای مرجع	۱۴۳
۱- انتخاب الکتروود مرجع	۱۴۳
۲- استفاده تحت شرایط پتانسیل اضافی قابل چشمپوشی	۱۴۴
۳- تصحیح افت IR	۱۴۴
● مسئله افت IR	۱۴۴
● قرار دادن الکتروود در فاصله دور	۱۴۶
● لوله موئینه	۱۴۶
● قطع جریان	۱۴۷
● تعیین افت IR با استفاده از برونیابی	۱۴۸
● مسئله ها	۱۵۰

فصل هفتم: انهدام فلزات در اثر خوردگی

عوامل و انواع انهدام فلزات	۱۵۳
الف) مقدمه	۱۵۳
ب) خوردگی یکنواخت	۱۵۴
۱- توضیح	۱۵۴
۲- محاسبه آهنگ خوردگی	۱۵۴

۱۵۵	۳- بحث خوردگی یکنواخت.....؟
۱۵۶	۴- جلوگیری.....
۱۵۶	ج) خوردگی گالوانیکی.....
۱۵۶	۱- توضیح.....
۱۵۷	۲- تمایل به خوردگی گالوانیکی.....
۱۵۸	۳- آهنگ خوردگی گالوانیکی.....
۱۵۹	۴- تعمیم.....
۱۵۹	۵- جلوگیری.....
۱۵۹	د) خوردگی توسط اکسیژن.....
۱۵۹	۱- توضیح.....
۱۶۰	۲- خوردگی عمومی.....
۱۶۲	۳- خوردگی موضعی توسط اختلاف دمش هوا (اکسیژن).....
۱۶۲	● مکانیزم اختلاف دمش هوا.....
۱۶۲	پتانسیل پیل.....
۱۶۲	پدیده انتقال.....
۱۶۴	● خوردگی شیاری.....
۱۶۵	● خوردگی حفره‌ای.....
۱۶۵	● خوردگی حفره‌ای در اثر تماس با مواد با ذرات رطوبت.....
۱۶۶	۴- جلوگیری.....
۱۶۶	ک) خوردگی بین دانه‌ای.....
۱۶۶	۱- توضیح.....
۱۶۶	۲- آلیاژهای آلومینیم.....
۱۶۶	۳- حساس شدن فولاد زنگ نزن.....
۱۶۷	۴- جلوگیری.....
۱۶۸	م) خوردگی انتخابی.....
۱۶۸	۱- توضیح عمومی.....
۱۶۹	۲- زدایش روی.....
۱۶۹	● توضیح.....
۱۶۹	● نوع موضعی.....
۱۶۹	● نوع لایه‌ای.....

۱۷۰	● مکانیزم
۱۷۰	● جلوگیری
۱۷۱	۳- گرافیته شدن
۱۷۱	● توضیح
۱۷۱	● جلوگیری
۱۷۱	(ن) خوردگی حبابی
۱۷۱	۱- توضیح
۱۷۲	۲- جلوگیری
۱۷۲	(و) خسارت هیدروژنی
۱۷۲	۱- مقدمه
۱۷۳	۲- تین هیدروژنی
۱۷۳	۳- تاول زدن هیدروژنی
۱۷۴	۴- جلوگیری
۱۷۴	(ه) ترک خوردن راث خوردگی توأم با تنش (خوردگی تنش)
۱۷۴	۱- مقدمه
۱۷۴	۲- پارامترهای اصلی
۱۷۴	● ترکیب شیمیایی آلیار
۱۷۵	● پارامترهای متالورژیکی
۱۷۵	● تنش کششی
۱۷۶	● محیط
۱۷۶	۳- جلوگیری
۱۷۶	۴- اثرات توأم مکانیکی - شیمیایی
۱۷۶	۵- خوردگی سایشی
۱۷۶	۶- خوردگی خستگی
۱۷۷	(ی) خوردگی بیولوژیکی
۱۷۷	۱- باکتریهای بی هوازی
۱۷۸	۲- باکتریهای هوازی
۱۷۸	۳- جانداران ماکروسکوپی
۱۷۸	۴- بدن انسان
۱۷۹	آب به عنوان یک محیط خورنده

الف) مقدمه.....	۱۷۹
ب) اثر اکسیژن و pH	۱۷۹
۱- pH کم (کمتر از ۴).....	۱۷۹
۲- pH متوسط (بین ۴ تا ۱۰).....	۱۸۰
۳- pH زیاد (بیشتر از ۱۰).....	۱۸۰
ج) اثر یونهای کلرید.....	۱۸۰
د) جابه‌جایی الکترولیت و خوردگی.....	۱۸۱
● آزمون کاپسون.....	۱۸۲
هـ) اندیس لانگلیر.....	۱۸۲
مسئله‌ها.....	۱۸۴

فصل هشتم: رویین، شدن و حفاظت

الف) مقدمه.....	۱۸۸
ب) نکات تاریخی.....	۱۸۹
ج) رویین شدن آندی.....	۱۹۰
۱- شرح.....	۱۹۰
۲- استفاده از محاسبات ترمودینامیکی.....	۱۹۳
۳- رویین شدن در کلریدهای ملایم.....	۱۹۶
د) حفاظت آندی.....	۱۹۶
۱- رویین شدن الکتروشیمیایی و حفاظت.....	۱۹۶
۲- اثر محیط.....	۱۹۷
۳- اهمیت طبیعت آلیاژ.....	۱۹۸
۴- رفتار متقابل فلز - الکترولیت.....	۱۹۸
۵- نحوه عمل.....	۱۹۹
۶- معیار حفاظت.....	۱۹۹
۷- نتیجه‌گیری.....	۲۰۰
و) فولاد زنگ‌نزن.....	۲۰۰
۱- الکتروشیمی فولاد زنگ‌نزن.....	۲۰۰
۲- اثر عناصر آلیاژی.....	۲۰۳
۳- اثر ترکیب شیمیایی الکترولیت.....	۲۰۴

۲۰۶	۴- دسته‌بندی فولادهای زنگ نزن
۲۰۹	هـ) بازدارنده‌های رویین‌کننده
۲۰۹	۱- ملاحظات عمومی
۲۱۰	۲- تفسیر الکتروشیمیایی
۲۱۲	۳- اثر ترکیب شیمیایی
۲۱۳	ی) بازدارنده‌های دیگر
۲۱۴	۱- بازدارنده‌های آلی
۲۱۵	۲- رسوب، حفاظت و اندیس لانگلیز
۲۱۷	مسئله‌ها

فصل نهم. الکتروشیمی حفاظت کاتدی

۲۲۰	الف) مقدمه
۲۲۱	ب) اصول - حفاظت کاتدی
۲۲۱	۱- اصول کلی
۲۲۳	۲- اصول حفاظت کاتدی - استفاده از نمودارهای $E-pH$
۲۲۳	۳- اصول حفاظت کاتدی با استفاده از نمودارهای $E - \log i $
۲۲۷	ج) معیار حفاظت کاتدی
۲۲۷	۱- مقدمه
۲۲۷	۲- معیار پتانسیل
۲۳۰	۳- معیار جابه‌جایی پتانسیل
۲۳۱	۴- ۱۰۰ میلی ولت پلاریزاسیون
۲۳۲	۵- شکست پتانسیل (یا معیار $E - \log i $)
۲۳۲	۶- نتیجه‌گیری
۲۳۳	د) چگالی جریان مورد نیاز
۲۳۳	۱- مقدمه
۲۳۵	۲- مقدار چگالی جریان حفاظت
۲۳۵	۳- ارزیابی جریان مورد نیاز
۲۳۷	۴- حفاظت در یک پتانسیل ثابت
۲۳۸	۵- تعیین مقاومت ویژه خاک
۲۴۰	و) آندهای فدا شونده

۲۴۰	۱- سیستم کالواییکی
۲۴۰	۲- EMF مفید
۲۴۲	۳- آندهای فداشونده در نمودارهای $E - \log i $
۲۴۵	۴- محتوای انرژی آند و بازده
۲۴۶	۵- محاسبه طول عمر مورد انتظار از آند
۲۴۷	۶- محاسبه تعداد آند مورد نیاز
۲۴۸	هـ) سیستمهای جریان اعمال شده
۲۴۸	۱- اصول
۲۵۰	۲- آند
۲۵۰	• آندهای خنثی
۲۵۲	• آندهای مصرفی
۲۵۲	مسابقات

فصل دهم: مسائلهای و محاسبات خوردگی

۲۵۵	الف) مقدمه
۲۵۶	ب) قانون فاراده و محاسبات خوردگی
۲۵۶	۱- محاسبه با استفاده از قانون فاراده
۲۵۷	۲- محاسبات نمونه
۲۵۷	مثال ۱- خوردگی آهن
۲۵۸	مثال ۲- مزایای حفاظت کاتدی
۲۵۸	مثال ۳- محدودیت جریان در حفاظت کاتدی با استفاده از آندهای منیزیم
۲۵۹	مثال ۴- طول عمر یک سیستم حفاظت کاتدی
۲۶۰	مثال ۵- مقدار روی مورد نیاز برای حفاظت یک مخزن فولادی
۲۶۰	مثال ۶- حفاظت توسط پوشش دادن
۲۶۲	مثال ۷- محاسبه وزن اکسی والان و ظرفیت یون فلزی
۲۶۲	ج) غلظت محلول و pH
۲۶۲	۱- غلظت محلول
۲۶۲	مثال ۸- به دست آوردن کسر وزنی از کسر مولی
۲۶۳	مثال ۹- محاسبه کسر مولی
۲۶۳	مثال ۱۰- به دست آوردن غلظت C برحسب مول در لیتر از کسر وزنی

۲۶۴	PH و محاسبه آن.....
۲۶۴	● PH.....
۲۶۴	مثال ۱۱- محاسبه PH آب خالص در ۲۵ درجه سانتیگراد.....
۲۶۴	مثال ۱۲- اضافه کردن یک اسید مانند HCl به آب.....
۲۶۴	مثال ۱۳- اضافه کردن یک باز مانند KOH به آب.....
۲۶۵	مثال ۱۴- محاسبه PH در دمای بالا.....
۲۶۵	مثال ۱۵- محاسبه PH محلول اسیداستیک.....
۲۶۵	مثال ۱۶- محاسبه PH محلولهایی با نرمالینه ۱، ۱۰ و ۱۰۰٪.....
۲۶۵	مثال ۱۷- محاسبه غلظت H^+ از PH.....
۲۶۶	(د) معادله نرنست و نمودارهای E - PH.....
۲۶۶	- بیان ریاضی و ترسیمی.....
۲۶۷	۲- مثال محاسبه ساده.....
	مثال ۱۸- محاسبه پتانسیل تعادلی یک صفحه مسی غوطه‌ور در یونهای
۲۶۷	خودش.....
۲۶۸	مثال ۱۹- محاسبه پتانسیل تعادلی H^+/H_2 در آب ۲۵ درجه سانتیگراد.....
۲۶۹	مثال ۲۰- نمودار E - H_2
۲۷۱	۳- انحلال طلا به صورت کمپلکس سیانیدی.....
۲۷۱	● ارائه مسئله.....
۲۷۱	مثال ۲۱- محاسبه پتانسیل تعادل طلا - سیانید طلا.....
۲۷۲	(هـ) مسئله‌های $E - \log i $
۲۷۲	۱- استفاده از بازدارنده‌های آلی.....
۲۷۲	مثال ۲۲- استفاده از نمودار $E - \log i $ برای نشان دادن اثر بازدارنده‌ها.....
۲۷۴	مثال ۲۳- یک فلز در یک محلول اسیدی هوازدایی شده.....
۲۷۴	۲- حفاظت کاتدی آهن با استفاده از آند فدا شونده.....
۲۷۴	مثال ۲۴- یک سازه آهنی کوچک درخاکی با رسانایی ویژه زیاد.....

پیوست یک

۲۷۷	اصول شیمی.....
۲۷۷	الف - طبیعت شیمی.....
۲۷۸	ب - اتمها، عناصر و ترکیبات.....
۲۷۹	ج - اتم - مدل بور.....
۲۸۱	د - جدول تناوبی مندلیف.....
۲۸۳	و - حالت و فرمولهای اکسایش.....

۲۸۵	هـ - محلولها و غلظت
۲۸۵	۱- محلولها
۲۸۵	۲- قابلیت انحلال
۲۸۶	۳- غلظت
۲۸۶	● ملاریته
۲۸۶	● نرمالیه
۲۸۷	● مولالیه
۲۸۸	۴- محلولهای الکتروشیمیایی
۲۸۹	۵- خواص محلولها
۲۹۰	ی - اسیدها، بازها و pH
۲۹۱	● غلظت H^+

پیوست و

۲۹۵	مقاله‌های الکتروشیمیایی
۲۹۵	الف - مقدمه
۲۹۶	ب - طبیعت فلزات
۲۹۶	۱- ساختار بلوری
۲۹۸	۲- تقایص و عیوب
۳۰۰	۳- آلیاژها
۳۰۰	ج - فازهای فلزی
۳۰۰	۱- مفهوم فاز
۳۰۲	۲- نمودارهای فازی
۳۰۵	۳- نمودار آهن - کربن
۳۰۷	۴- نمودار TTT
۳۰۷	۵- خواص مکانیکی
۳۰۹	و - عملیات حرارتی
۳۰۹	۱- بازپخت
۳۰۹	۲- سردکردن سریع
۳۱۰	هـ - ساختار فلز و خوردگی الکتروشیمیایی

پیوست سه

۳۱۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
-----	----------------------------

پیوست چهار

۳۱۷	فهرست علامتها و خلاصه‌ها
۳۲۱	واژه‌یاب