به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

کنترل خوردگی در تأسیسات صنعتی

سخنران :

فرشید شعباني دائم

موسسه سرم سازي رازي

سال ۱۳۸۸

E.mail:F.shabani@rvsri.ir

www.iran-mavad.com

مرجع علمی مهندسی مواد

مقدمه

تعریف خوردگی :

واکنش الکتروشیمیایی در اثر اختلاف پتانسیل بین دو قسمت یک فلز

عوامل موثر در واکنش های خوردگی

- درجه حرارت
- اختلاف پتانسیل
- ناخالصی های محیط
- خواص فلز
- تنش و فشار

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خوردگی و اهمیت آن

- اقتصادی
- ایمنی
- صرفه جویی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خسارت خوردگی در آمریکا(۱۹۴۹)

جدول ۱-۱) خسارات خوردگی در آمریکا، ۱۹۴۹ ـ بررسی‌های UHLIG

موارد ارزیابی شده	هزینه (دلار)
رنگ‌ها و لعاب‌ها و لاک‌ها	۲,۰۴۵,۰۰۰,۰۰۰
پوشش‌های فسفاته	۲۰,۰۰۰,۰۰۰
ورقه‌ها و لوله‌های گالوانیزه	۱۳۶,۵۰۰,۰۰۰
قلع و روکش قلع	۳۱۶,۰۰۰,۰۰۰
آب کاری کادمیومی	۲۰,۱۰۰,۰۰۰
نیکل و آلیاژهای نیکلی	۱۸۲,۰۰۰,۰۰۰
مس و آلیاژهای مسی	۵۰,۰۰۰,۰۰۰
فولاد ضد زنگ Fe-Cr و Fe-Cr-Ni	۶۲۰,۴۰۰,۰۰۰
دیگ‌های بخار و سایر شرایط سازی آب‌ها	۶۶,۰۰۰,۰۰۰
لوله‌های زیرزمینی	۶۶۰,۰۰۰,۰۰۰
پالایشگاه‌ها	۵۰,۰۰۰,۰۰۰
آب گرم‌کن‌های خانگی	۲۲۵,۰۰۰,۰۰۰
موتورهای احتراق داخلی	۱,۰۳۰,۰۰۰,۰۰۰
لوله‌ها و انباره اگزوزها	۶۶,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل	۵,۴۳۷,۰۰۰,۰۰۰

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خسارت خوردگی در آمریکا(۱۹۶۶)

جدول ۱-۲) خسارات خوردگی در آمریکا۱۹۶۶ ـ بررسی‌های LIECHTENSTEIN

موارد ارزیابی شده	هزینه (دلار)
آب‌گرم‌کن‌ها	۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰
تانکرهای بنزین	۷۵,۰۰۰,۰۰۰
پالایشگاه‌ها	۵۰,۰۰۰,۰۰۰
اگزوزها	۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
چاه‌های نفت و لوله‌های زیرزمینی	۳۶۵,۰۰۰,۰۰۰
تلمبه‌های آب	۴۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه‌های متفرقه	۸,۶۷۰,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

اصول خوردگی

- پدیده خوردگی در محیط آبی به صورت انجام واکنش الکتروشیمیایی در داخل پیل ها

- انواع پیل ها
  - ✓ پیل الکترولیت
  - ✓ پیل گالوانیک

در هر دو پیل خوردگی در آند انجام می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

انواع پیل های خوردگی

- پیل ها با الکترودهای غیر مشابه
- پیل های غلظتی
- پیل های با اختلاف دما

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پيل هاى با الكترود غير مشابه

- نمونه هايى از اين پيل ها
- ✓ پيل خشک،
- ✓ داشتن ناخالصي هاي هادي بر روي فلز،
- ✓ اتصال يك لوله مسي به يك لوله آهني
- ✓ تماس پروانه برنزي كشتي ها با بدنه فولادي آن

در اين پيل ها اختلاف پتانسيل مابين دو الكترود غير مشابه باعث انتقال جريان و خوردگي مي شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پیل های غلظتی

- دو الکترود همجنس در داخل محلولی با غلظت های مختلف

- انواع پیل های غلظتی
  - ✓ پیل های غلظتی نمکی
  - ✓ پیل های اختلاف دمشی

خسارتهایی را در فصل مشترک قطعات و شکاف ها به وجود می آید توجیه می نماید.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پیل ها با اختلاف دما

- دو الکترود همجنس در داخل الکترولیتهایی باترکیب شیمیایی یکسان ولی با دمای متفاوت
- این پیل ها :
  - ✓ مبدل های حرارتی
  - ✓ دیگ های بخار

زمانی که دو الکترود مس در محلول سولفات قرار گیرد. الکترودی که دمای کمتردارد آند است وزمانی که مدار پیل وصل می شودالکترود سردتر حل شده و بر روی الکترود گرمتر رسوب می کند

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

انواع خوردگي

۱) خوردگی یکنواخت یا سرتاسری
۲) خوردگی گالوانیک یا دو فلزی
۳) خوردگی شیاری
۴) حفره دار شدن
۵) خوردگی بین دانه ای
۶) جدایش انتخابی
۷) خوردگی سایشی
۸) خوردگی توأم با تنش

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خوردگی یکنواخت

- خوردگی سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد به وسیله یک واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی
- روشهای پیش گیری از خوردگی یکنواخت
  - ✓ استفاده از انواع پوشش ها (فلزی-آلی- معدنی)
  - ✓ استفاده از مواد شیمیایی کنند کننده
  - ✓ محافظت کاتدی
  - ✓ محافظت آندی
  - ✓ تغییر نوع آلیاژ

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خوردگی گالوانیکی یا دوفلزی

- زمانیکه دو فلز غیرهمجنس در تماس الکتریکی با یکدیگر باشند ودرمعرض یک محلول هادی قراربگیرند اختلاف پتانسیل بین آن دو باعث برقراری جریان الکترون بین آنها می شود.
- برقراری جریان باعث خوردگی می شود.
- در این شرایط فلزی که مقاومت خوردگی کمتری دارد آندی شده و فلزی که مقاومت خوردگی بیشتری دارد کاتدی می شود.
- خوردگی فلز کاتدی بسیار کم می باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خوردگی شیاری

- این نوع خوردگی معمولاً همراه با حجمهای کوچک محلولها که در اثر وجود سوراخ سطوح واشرها، محل روی هم قرارگرفتن دو فلز، رسوبات سطحی و شیارهای زیر پیچ مهره ها و میخ پرچها ساکن شده اند. رخ می دهد.
- روشهای جلوگیری از خوردگی شیاری

۱) استفاده از جوشکاری به جای پرچکاری یا استفاده از پیچ و مهره

۲) لحیم کاری یا جوشکاری مداوم شیارهای ایجاد شده در محل قرار گرفتن دو فلز

۳) بازرسی منظم تجهیزات و تمیز نمودن رسوبات

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

حفره دار شدن

- حفره دار شدن نوعی خوردگی شدیداً موضعی است که باعث سوراخ شدن فلز می شود.

- حفره دار شدن نوعی خوردگی اتوکاتالیزور است. یعنی واکنشهای خوردگی در داخل حفره شرایطی را به وجود می آورند که محرک خودشان هست.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

جدایش انتخابی و خوردگی سایشی

- در اثر این خوردگی یکی از عناصر آلیاژ از آلیاژ جامد جدا می شود.

  مثال : جدا شدن روی از آلیاژهای برنج

- خوردگی سایشی:

  از بین رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

روشهای کنترل خوردگی

معمولترین روشهای کنترل خوردگی :

- ✓ حفاظت کاتدی
- ✓ حفاظت آندی
- ✓ مواد کند کننده روئین کننده ها
- ✓ پوشش ها
- ✓ کاربرد مواد و آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی
- ✓ طراحی مناسب دستگاهها

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

حفاظت کاتدی

جلوگیری یا کاهش خوردگی فلزات

- ✓ استفاده از آندهای فدا شونده

از فلزات فعالی مانند منیزیم روی یا آلومینیوم

- ✓ اعمال جریان خارجی یکسو

از منبع جریانی مانند ژنراتور و یا باطری همراه با یک آند کمکی از جنس آهن یا گرافیت

- ✓ با وارد کردن یک جریان خارجی بیشتر از پتانسیل خوردگی به پتانسیل مدار باز آند، پلاریزاسیون کاتد ادامه پیدا می کند و پس از مدتی دو الکترود هم پتانسیل شده و خوردگی متوقف میشود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پوشش ها

۱) پوشش های فلزی

۲) پوشش های آلی

۳) پوشش های معدنی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پوشش های فلزی

- پوشش های فلزی و انواع آن

✓ پوشش های نجیب یا کاتدی

مانند نیکل، نقره، مس، سرب، کروم در روی فولاد

✓ پوشش های فلزی فدا شونده یا آندی

مانند روی، آلومینیوم و کادمیوم در روی فولاد

به دلیل مقاوم بودن فلز فولاد در برابر خوردگی نسبت به پوشش های فلزی ذکر شده وجود منافذ یا ترک هیچ اشکالی ایجاد نمی نماید.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پوشش های فلزی

- ✓ پوشش های نیکل
- ✓ پوشش های روی
- ✓ پوشش های سرب
- ✓ پوشش های آلومینیوم
- ✓ پوشش های کروم
- ✓ پوشش های قلع
- ✓ پوشش های مس
- ✓ پوشش نقره

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پوشش های آلی

این مواد شامل:

- رنگ ها
- لاک ها
- لعابها یا رویه های روغنی
- لعاب های سخت
- رنگ های پخته یا کوره ای
- لاستیک ها و پلاستیک ها
- پوشش های قیری

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پوشش های معدنی

- لعاب شیشه ای
- پوشش های سیمانی
- پوشش های تبدیل شیمیایی
  - ✓ پوشش های فسفاته
  - ✓ پوشش های اکسیدی
  - ✓ پوشش های کروماته

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

کند کننده ها و رویین کننده ها

- تعریف:

کند کننده ها مواد شیمیایی هستند که با افزودن آنها به مقدارجزئی در محیط خورنده میزان خوردگی کاهش می یابد.

- انواع کنند کننده ها

  - ✓ کند کننده های بی خطر و خطرناک
  - ✓ کند کننده های آندی و کاتدی
  - ✓ کند کننده های اکسیدان و غیر اکسیدان
  - ✓ کند کننده های آلی و معدنی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

کند کننده های آندی و کاتدی

- این کندکننده ها یا سبب افزایش پلاریزاسیون آندی (انحلال فلز)یا سبب افزایش پلاریزاسیون کاتدی(احیاء اکسیژن در محلول های خنثی- تخلیه بار هیدروژن در محلول های اسیدی) می شود.

مثال از کند کننده های آندی

سدیم کربنات، سدیم فسفات، سدیم سیلیکات و سدیم کرومات

- رسوب کلسیم کربنات در لوله های فولادی حامل آبهای سخت که حاوی مقدار زیادی کلسیم بیکربنات میباشد، ناشی از واکنش کاتدی است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

رویین کننده ها

- مواد شیمیایی اکسیدان میباشند که با اضافه شدن به محیط خورنده سبب میشوند پتانسل خوردگی در جهت نجیب شدن متمایل شود و باعث رویین شدن فلز می شود.

مثال :

- ✓ کرومات ها
- ✓ نیتریت ها
- ✓ مولیبدات

- یون هایی به عنوان رویین کننده استفاده می شوند که به سهولت احیاء شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

رویین کننده ها

- رویین شدن آهن به طور غیر مستقیم
با استفاده از مواد قلیایی نظیر $NaOH, Na_3PO_4,$
$Na_2.nSiO_2, Na_2B_4O_7$

- این مواد غیر اکسیدان هستند و با جذب اکسیژن باعث کاهش خوردگی می شوند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

کند کننده های محیط آبی

عوامل اصلی در انتخاب کند کننده های خوردگی در سیستم آبی

- غلظت املاح
- pH
- میزان اکسیژن حل شده
- غلظت دیگر مواد مزاحم

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت املاح

- خاصیت خورندگی کمتری آبهای تصفیه شده

  داشتن هدایت الکتریکی پایین و غلظت کم یون هیدروژن

- قرار گرفتن این آبها در مجاورت هوا

  جذب CO_2 و تشکیل کربنیک اسید و افزایش هدایت الکتریکی و میزان خوردگی

- ممانعت از خوردگی

استفاده از کنند کننده هایی نظیر سدیم کرومات، سدیم نیتریت، پلی فسفاتها، بوراکس و سدیم بنزوات

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

میزان اکسیژن حل شده

- اکسیژن:

  اکسیژن در آبهای خنثی سبب افزایش خوردگی میشود.

- ممانعت از خوردگی:
  - ✓ استفاده ار مواد جاذب اکسیژن از قبیل سدیم سولفات و هیدرازین
  - ✓ استفاده از روش عریان سازی
- در دیگ های بخار و آبهای داغ از این روش ها استفاده می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت دیگر مواد مزاحم

- کلراید:
- ✓ در حضور این یون رویین سازی فولاد مشکل است.
- ✓ غلظت رویین کننده بایستی بیشتر باشد.
- ✓ در صورتی که غلظت کلراید زیاد باشد نباید از رویین کننده ها استفاده شود. زیرا یون های کلراید شدیدا جذب سطح فولاد می شود
- سولفات ها:
- ✓ شدت تأثیر سولفات در رویین سازی کمتر از یون کلراید می باشد.
- ✓ در سیستم های آبی از تشکیل کلراید و سولفات که در نتیجه تبخیر حاصل می شود بایستی جلوگیری نمود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت دیگر مواد مزاحم

بیکربنات ها:

- ✓ **در آبهای سخت با تبدیل بیکربناتها به کربنات هـا و ایجـاد رسوب حالت کند کنندگی طبیعی به وجود می آید.**

- ✓ **درآبهای شیرین و سبک برای جلوگیری از تـشکیل محـیط اسیدی ناشی از CO_2 از کند کننده های خوردگی استفاده می شود.**

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت دیگر مواد مزاحم

- سولفور ها :
- ✓ باعث رسوب شدن اغلب یون های فلزی می شود.
- ✓ از کند کننده های که حاوی روی باشد نمی توان استفاده نمود
- ✓ احیاء سولفور در مجاورت کند کننده های اکسیدان و تولید گوگرد
- کاتیون های فلزات :
- ✓ وجود یونهای سدیم و پتاسیم تأثیر چندانی بر روی کند کننده ها ندارد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت دیگر مواد مزاحم

- اسیدها
- ✓ افزایش میزان خوردگی و مشکلات درروبین سازی سطح فولاد
- ✓ رویین سازی درحضور سولفوریک اسید و فسفریک اسید انجام شده، ولی در حضور کلرید ریک اسید انجام نمی شود.
- ✓ در عملیات اسید شویی

استفاده از کند کننده های کاتدی یا کند کننده های غیر رویین ساز مانند سدیم آرسنات یا گوانیدین مناسب است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

غلظت دیگر مواد مزاحم

- قلیایی ها

رویین سازی فولاد در محیط قلیایی به راحتی انجام می شود.

برخی از فلزات نظیر آلومینیوم، روی، سرب، در محیط قلیایی رقیق به کندی خورده میشود ولی در pH های بالاتر از ۹ میزان خوردگی افزایش می یابد که باید از کند کننده ها استفاده نمود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استفاده از کند کننده ها درسیتم های خنک کننده

- ممانعت ازخوردگی در سیستم های خنک کننده مدار بسته
- ✓ خارج نمودن اکسیژن
- ✓ تنظیم pH (اغلب به صورت قلیایی)
- ✓ استفاده از سدیم کرومات و سدیم نیتریت و سیلیکات ها ومولیبداتها
- سیستم های خنک کننده باز

در این سیستم غلظت کند کننده ها در میزان بالایی نگه داشته می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

عوامل خورنده در دیگهای بخار

- آب و ترکیبات آن و بخار آب
- اکسیژن محلول
- گاز کربنیک
- مواد آلی
- غلظت زیاد سود

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترکیبات آب و بخار آب

- آب خالص خیلی کم یونیزه شده و در حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد pH آن حدود ۷ می باشد.
- کاهش pH آب باعث افزایش خاصیت خورندگی آب در مقابل آهن می شود.
- افزایش حرارت آب میزان یونیزاسیون آب را افزایش داده و باعث کاهش pH از ۷ شده و خاصیت خورندگی آب در مقابل آهن را افزایش می دهد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترکیبات آب و بخار آب

- تنظیم pH آب دیگ بخار مابین ۹-۸/۴ از خوردگی آهن جلوگیری مینماید.
- املاح منیزیم کلراید باعث خورندگی شدید در دیگهای بخار میشود.

$$MgCl_2 + 2H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2HCl$$

$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$$

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترکیبات آب و بخار آب

- منیزیم سولفات در حضور سدیم کلراید باعث خورندگی شدید در دیگهای بخار میشود.

$$MgSO_4 + NaCl \longrightarrow MgCl_2 + Na_2SO_4$$

منیزیم کلراید حاصل در محیط قلیائی آب طبق واکنش زیر ضمن پیدایش منیزیم هیدرات خوردگی را ادامه می دهد.

$$MgCl_2 + 2NaOH \longrightarrow 2NaCl + Mg(OH)_2$$

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترکیبات آب و بخار آب

- ترکیباتی مانند کربنات و منیزیم نیترات در حضور سدیم کلراید باعث آزاد شدن کربونیک اسید و نیتریک اسید می شوند که به شدت خورنده هستند.
- بخار آب در حرارت زیاد به هیدروژن و اکسیژن تجزیه شده و می تواند آهن را مورد حمله قرار دهد این پدیده بیشترزمانی رخ میدهد که :
- روی بدنه دیگ بخار رسوب نازک و متخلخل تشکیل شده باشد
- میزان گردش آب در لوله های انتقال حرارت کافی نباشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

تنظیم قلیائیت آب دیگ بخار جهت ممانعت ازخوردگی

- افزایش سدیم فسفات به آب تغذیه دیگ بخار

تنظیم قلیائیت آبهای سبک شده با استفاده از رزین

۱) از بین بردن بیکربنات با روش آهک(کلسیم هیدروکسید)- آهک و سدیم کربنات قبل از عبور آب از روی رزین

۲) مخلوط نمودن آب خروجی از ستونهای هیدروژنی ستونهای سدیم

- روش سبک کردن آب با آهک و سدیم کربنات باعث کاهش کلرایدو منیزیم سولفات که عوامل مهمی درخوردگی هستد می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

اکسیژن محلول

اکسیژن موجود در آب تغذیه دیگ بخار باعث

- ✓ تبدیل آهن به هیدرات فریک نامحلول و هیدرات فرو
- ✓ برجستگی های اکسیدی در داخل دیگ بخار
- ✓ خوردگی در زیر این برجستگی ها تا از بین رفتن فلز ادامه پیدا می کند.
- ✓ اکسیژن در لوله های آب کندانس برگشتی نیز خوردگی ایجاد می نماید
- ✓ افزایش درجه حرارت باعث تشدید فعل و انفعالات اکسیداسیون می شود

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

روش حذف اکسیژن از آب تغذیه دیگ بخار

- روش فیزیکی

استفاده از دستگاه **Deaeration**

- روش شیمیایی

استفاده از سدیم سولفیت

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد