

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



خوردگی در صنعت

INDUSTRIAL CORROSION

تاریخچه علم خوردگی

- پلینی فیلسوف بزرگ یونانی (۷۹ - ۲۳ میلادی)
- همفری دیوی (H.Davy) دانشمند انگلیسی در سال ۱۸۲۴
- مایکل فارادی دیگر دانشمند انگلیسی در سالهای ۴۰-۱۸۳۰
- ریچارد آدی در سال ۱۸۴۷ میلادی
- در سال ۱۹۰۳ میلادی برای اولین بار در ایالات متحده آمریکا، مبحث خوردگی به عنوان یک علم در دانشگاه تدریس شد
- در دهه ۱۹۳۰ گام مهمی در مورد خوردگی برداشته شد و حفاظت کاتدی (CP) کاربرد گسترده‌ای پیدا کرد
- در نهم اکتبر ۱۹۴۳، یازده مهندس خوردگی جدید به خرج دادند و انجمن ملی مهندسان خوردگی متولد شد.

EL AL Boeing 747 Crash

On October 4, 1992 an EL AL 747 freighter crashed in Amsterdam, killing all four hundred people on board and over 50 people on the ground. The cause of the crash was the number 3 and 4 engines separated from the wing, causing a loss of control





PIPING RUPTURE CAUSED BY FLOW ACCELERATED CORROSION (FAC)
A PIPING RUPTURE LIKELY CAUSED BY FLOW ACCELERATED CORROSION
AND/OR CAVITATION-EROSION OCCURRED AT MIHAMA-3 AT 3:28PM ON AUGUST
9, 2004, KILLING FOUR AND INJURING SEVEN. ONE OF THE INJURED MEN LATER
DIED, BRINGING THE TOTAL TO FIVE FATALITIES. THE RUPTURE WAS IN THE
CONDENSATE SYSTEM, UPSTREAM OF THE FEEDWATER PUMPS (DIAGRAM),
SIMILAR TO THE SURRY AND LOVIISA LOCATIONS





FILXBOROUGH, 01.06.1974,
UK



www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

بوپال هند Union Carbide India Limited (UCIL)

این حادثه در نتیجه ترکیبی از خطای قانونی، فنی، سازمانی و اشتباه انسانی رخ داد



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد



1988 - The Aloha Incident

The structural failure on April 28, 1988 of a 19 year old Boeing 737, operated by Aloha airlines, was a defining event in creating awareness of aging aircraft in both the public domain and in the aviation community.



Guadalajara Sewer Explosion due to Corrosion

An example of corrosion damages with shared responsibilities was the sewer explosion that killed 215 people in Guadalajara, Mexico, in April 1992. Besides the fatalities, the series of blasts damaged 1,600 buildings and injured 1,500 people



Corrosion and hole in larger gas pipe caused by smaller water pipe on top. Photo courtesy of Jose M. Malo, Electrical Research Institute, Mexico. Source: <http://www.corrosion-doctors.org/Localized/sewer.htm>; accessed May 5, 2006.



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

NYC explosion of steam pipe 'like a volcano'

USA Today Wednesday, 18 July 2007



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

علت حساسیت موضوع خوردگی

● درساهای اخیر از بین رفتن ساختمانها، پلها، سازه های فلزی و غیر فلزی و آثار باستانی و ... در اثر خوردگی همراه با افزایش خطرات ناشی از نشت مواد، انفجار مخازن یا راکتورهای مواد شیمیایی و آلودگیهای محیطی و خطرات بهداشتی برای محیط و افراد، مشکلات جدی و متعددی برای نسل بشر بوجود آورده است. تحلیل داده های حاصل از ضایعات هیدروکربنها نشان می دهد که خوردگی به لحاظ آماری دومین عامل ایجاد این ضایعات می باشد

● تمام مواد با نسبت‌های مختلف خورده می شوند. همچنین کلیه محیط‌ها ممکن است خاصیت خوردندگی داشته باشند. علت اینکه امروزه بر روی مسأله خوردندگی این چنین تأکید می شود به مخاطره افتادن سلامتی انسان و محیط زیست است که تخمین این زیانها در قالب اعداد و ارقام نمی گنجد بهمین دلیل نیاز مبرم و فوری به ساخت و حفاظت و ایمنی و نگهداری تاسیسات مدرن نظیر نیروگاههای هسته ای، صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و ... و حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی وجود دارد.

● خوردگی یک پدیده فراگیر و جهانی بوده و موجب تخریب و تغییر ماهیت موادی می شود که در طبیعت موجودند و یا به طور مصنوعی ساخته می شوند. بر اساس آمار موجود در سطح بین المللی، هر نود ثانیه یک تن فولاد در اثر خوردگی از بین می رود که انرژی مورد استفاده برای تولید این مقدار فولاد، معادل مصرف انرژی یک خانوار متوسط در سه ماه است.

تعریف خوردگی

زنگ زدن (**Rusting**) ، به نوعی از خوردگی آلیاژی آهن و فولاد اطلاق می شود در حالیکه خوردگی (**Corrosion**) شامل اکثریت فلزات می باشد. بعلاوه ترجیحاً برای بیان ضایعات در غیر فلزات از الفاظ **Deterioration** و یا **Degradation** - به معنای زوال پوسیدگی - استفاده می شود، زیرا مکانیسم خوردگی فلزی با پوسیدگی در غیر فلزات و مثلاً پلیمرها، متفاوت است .

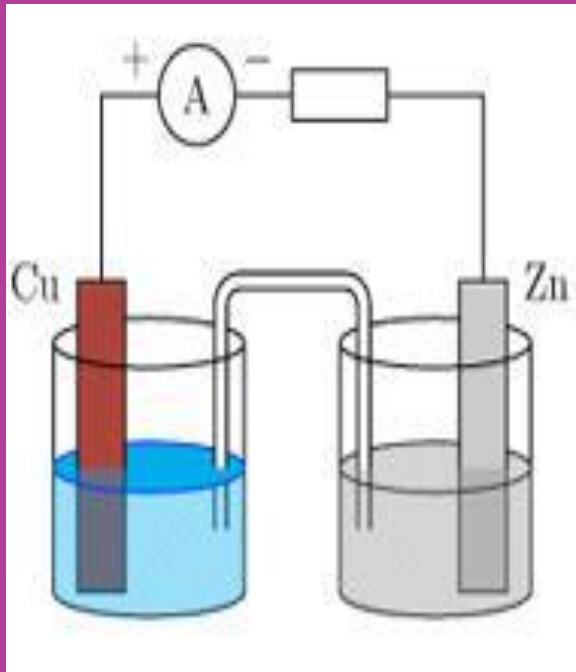
پتانسیل تعدادی از فلزات در مقایسه با الکتروود استاندارد در ۲۵°C

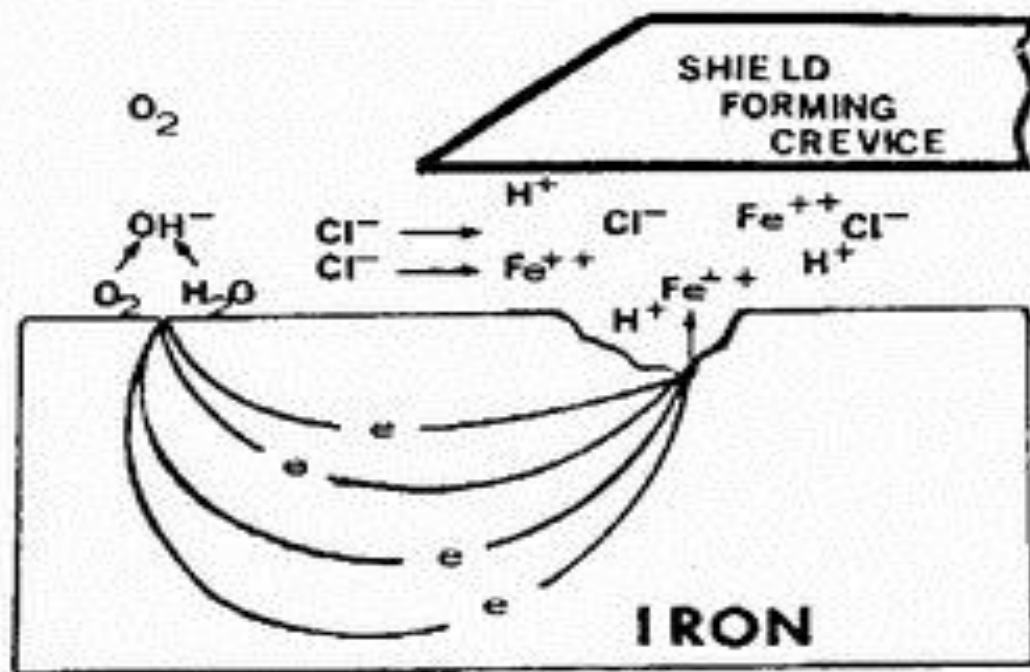
پتانسیل الکتروود E_0 (در مقایسه با الکتروود هیدروژن استاندارد)	واکنش اکسیداسیون (خوردگی)
<p style="text-align: center;">↑ (تمایل کمتر برای خوردگی) بیشتر کاندی</p> <p style="text-align: center;">۱/۴۹۸ +۱/۲۲۹ +۱/۲۰۰ +۰/۷۹۹ +۰/۷۸۸ +۰/۷۷۱ +۰/۴۰۱ +۰/۳۳۷ +۰/۱۵۰ +۰/۰۰۰</p>	<p>$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e^-$ $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H^+ + 4e^-$ $Pt \rightarrow Pt^{2+} + 2e^-$ $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ $2Hg \rightarrow 2Hg^{2+} + 2e^-$ $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$ $4(OH)^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$</p>
<p style="text-align: center;">↑ (تمایل بیشتر برای خوردگی) بیشتر آندی</p> <p style="text-align: center;">-۰/۱۲۶ -۰/۱۳۶ -۰/۲۵۰ -۰/۲۷۷ -۰/۴۰۳ -۰/۴۴۰ -۰/۷۴۴ -۰/۷۶۳ -۰/۶۶۲ -۰/۳۶۳ -۰/۷۱۱</p>	<p>$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$ $Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$ $Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^-$ $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$ $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ $Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e^-$ $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ $Na \rightarrow Na^+ + e^-$</p>

استاندارد ISO 8044 خوردگی را به شکل زیر

تعریف می‌کند:

”واکنش فیزیکی - شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطراف آن که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه آن تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکردی فلز، محیط، یا سیستمی شود که این دو قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند.“





مکانیسم خوردگی فلزات (آهن)

www.iran-mavad.com

خوردگی را می‌توان میل ترمودینامیکی برای بازگشت به اصل خود فلز دانست و آن را چنین توضیح داد: فلز هنگامی که به شکل ترکیبات کافی در سنگ معدن موجود است از نظر ترکیبی در وضعیت پایدار قرار دارد و در واقع خوردگی عکس متالوژی استخراجی است.

عوامل موثر در خوردگی فلزات:

1. درجه ی خلوص فلز
2. تغییرات فیزیکی و مکانیکی فلز
3. غلظت ماده ی موثر و جنس آن (عامل خورنده)
4. مقدار اکسیژن
5. PH محیط
6. درجه حرارت

محیط‌های خورنده

عملاً کلیه محیط‌ها خورنده هستند، لکن قدرت خوردندگی آنها متفاوت است. مثالهایی در این مورد عبارتند از: هوا و رطوبت، آب‌های تازه، مقطر، نمک‌دار، و معدنی، اتمسفرهای روستائی، شهری، و صنعتی، بخار و گازهای دیگر مثل کلر، آمونیاك، سولفور هیدروژن، دی اکسید گوگرد، و گازهای سوختنی، اسیدهای معدنی مثل اسید کلریدريك، سولفوريك، و نیتريك، اسیدهای آلی مثل اسید نفتيك، استيك، و فرميك، (بازها) قلیاها، خاکها، حلالها، روغن نباتی و نفتی، و انواع و اقسام محصولات غذائی، بطور کلی مواد "معدنی" خورنده تر از مواد "آلی" می باشند.

انواع اثرات زیانبار خوردگی

اثرات ظاهری به ویژه در مورد کالاهایی که باید دارای ویژگی تزئینی نیز باشد .

هزینه های نگهداری

هزینه ناشی از توقف تولید

آلودگی محصول، بویژه در مواردی نظیر پلاستیکهای شفاف،

پیگمنتها، داروها، مواد غذایی و نیمه هادی ها

هدر رفتن ترکیبات و مواد با ارزش

تاثیر بر ایمنی کارکنان و محیط زیست که در بر گیرنده کار با

گازها و مایعات سمی، انفجاری، رادیواکتیو، بیولوژیک و یا

مواد دارای حرارت و فشار بالا است.

www.iran-mavad.com

علاوه بر آن مخارجی نظیر، جایگزین کردن تجهیزات خورده شده، تعطیلی و خاموشی واحدها بدلیل جایگزینی تجهیزات خورده شده، ایجاد اختلال در فرآیندها بدلیل خوردگی تجهیزات و عدم خلوص محصولات فرآیندی به دلیل نشت ناشی از خوردگی در اتلاف محصولات مخزن‌هایی که مورد حمله خوردگی قرار می‌گیرند، از مهمترین هزینه‌ها و زیان‌های حاصل از خوردگی می‌باشد.

انواع خوردگی

- خوردگی تنشی
- خوردگی خستگی
- صدمات هیدروژنی
- اکسیداسیون در درجه حرارت‌های بالا
- خوردگی اتمسفری
- خوردگی بیولوژیک

- خوردگی گالوانیک
- خوردگی یکنواخت
- خوردگی شیاری
- خوردگی حفره‌ای
- خوردگی مرزدانه‌ای
- خوردگی جدایشی
- خوردگی سایشی

اهمیت ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی خوردگی

ضرر سالانه اثرات خوردگی در ایالات متحده و اروپا حدود ۱/۳ درصد تولید ناخالص داخلی برآورد می گردد که طبق آمار، خسارات خوردگی که طی ۲۲ سال گذشته در صنایع آمریکا رخ داده، چیزی حدود ۳۸۰ میلیارد دلار می باشد. میانگین سالانه این خسارت ها حدود ۱۷ میلیارد دلار است که از کل هزینه سوانح طبیعی از قبیل زلزله، سیل و آتش سوزی در این کشور بیشتر می باشد.

خوردگی در کشور کانادا در فاصله زمانی ۱۹۷۷ تا ۱۹۹۶، ۱۰ بار باعث نشتی خطوط لوله و ۱۲ بار باعث انفجار گردیده که از جهاتی اهمیت این موضوع را تا حدی آشکار می‌سازد. گزارشات خرابی‌های حاصل از خوردگی نشان می‌دهد که علل وقوع این پدیده عمدتاً بر اثر کوتاهی در لوله‌کشی‌ها و ساخت و نصب تجهیزات می‌باشد که منجر به انفجار، آتش‌گرفتن و منتشر شدن مواد سمی در محیط زیست می‌گردد.

اکثر صنایع و کارخانه‌ها قادر به اعلام هیچگونه اطلاعات و آماری در ارتباط با مسائل اقتصادی خوردگی نبوده و در بسیاری از موارد خسارتها و هزینه‌های ناشی از خوردگی در قالب مخارج تعمیراتی نهفته است. به عنوان مثال اقداماتی چون تعویض لوله‌های خورده شده و یا تعویض پلित‌های بدنه کشتی که باید به عنوان آخرین راهکار کنترل خوردگی انجام شود، به عنوان تنها راه بر طرف کردن مشکل خوردگی انجام می‌شود .

متأسفانه در ایران بر روی آمار خوردگی فعالیت زیادی انجام نشده و آمار رسمی در این زمینه وجود ندارد. اما بر اساس شواهد می‌توان اذعان نمود که هزینه‌های خوردگی در ایران اعدادی نجومی خواهد بود، چرا که اولاً در اکثر صنایع مقوله خوردگی کاملاً ناشناخته بوده و از روش‌های پیشگیری استفاده نمی‌شود. ثانیاً اگر خوردگی در صنعتی شناخته شده باشد از روش‌های پیشگیری قدیمی و هزینه‌بر برای مقابله با آن استفاده می‌شود. بنابراین تخمین‌ها برای هزینه خوردگی می‌تواند بیش از ۵ درصد درآمد ناخالص ملی در کشور باشد.

آسیب شناسی صنعت

با توجه به شرایط اقلیمی و تنوع آب و هوایی ایران، مناطق خورنده زیادی در کشور وجود دارد. خلیج فارس و دریای عمان یکی از خورنده ترین آب های دنیا می باشند. تجهیزاتی که در این آبها کار می کنند (اعم از تجهیزات ثابت مانند اسکله های نفتی و سکوها و تجهیزات متحرك مثل نفت کش ها، ناوها و ناوچه های جنگی) تحت شدیدترین خوردگی ها قرار دارند. در مرکز ایران محیط کویری و صنعتی و در شمال اتمسفر بارانی، شرایط مناسبی برای خوردگی تجهیزات فراهم آورده اند.

برای شناخت صحیح تر خوردگی و اهمیت آن باید به آسیب شناسی صنعت پرداخت، زیرا یکی از مهمترین عواملی که گریبانگیر رشد صنایع و به خصوص صنایع ایران می باشد، عدم درک عمیق مساله خوردگی است. شاید بتوان دو دلیل عمده برای این بی عنایتی برشمرد: در رابطه با ضرر و زیانهای وارد آمده توسط خوردگی به صنایع، نه تنها آمار مستند نیستند بلکه حتی تخمینهای رسمی مستند و قابل اتکا وجود ندارد، لذا مشخص نیست که خوردگی چگونه به آرامی اما بطور مداوم ثروتهای ملی را هدر می دهد.

ابعاد فاجعه آمیز خوردگی از نظر اتلاف ماده و انرژی و ضرر و زیانهای زیست محیطی روشن نیست. لذا اکثرا با تصور اینکه مسائل مالی مربوط به خوردگی در بررسیهای مالی، اقتصادی در سر فصل استهلاک دیده می شوند، از ابعاد واقعی قضیه بی خبر می مانند و در نتیجه اهمیت مساله همواره در هاله ای از ابهام باقی می ماند .

استراتژی‌های پیشگیری می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ۱- افزایش آگاهی از هزینه‌های بالای خوردگی و پتانسیل‌های کاهش هزینه.
- ۲- تغییر این نگرش غلط که کاری در مورد کاهش هزینه‌های خوردگی نمی‌توان انجام داد.
- ۳- تغییر سیاست‌ها، قوانین، استانداردها و بهبود مدیریت تا جاییکه هزینه‌های خوردگی را از طریق مدیریت خوردگی اثربخش کاهش دهیم.

- ۴- افزایش آموزش و مهارت کارمندان بمنظور شناخت و شناسایی روش‌های کنترل خوردگی.
- ۵- بازنگری در فرآیند طراحی محصولات در راستای جلوگیری از افزایش هزینه‌های خوردگی.
- ۶- طراحی و تدوین متدهای پیش‌بینی پیشرفته در عمر محصول و تشخیص در حین فرآیند.
- ۷- ایجاد فناوری‌های پیشرفته کنترل خوردگی که از تحقیقات به‌وجود می‌آید.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد با رعایت ضوابط و اصول مربوطه می‌توان از ۷۰ درصد این خسارت‌ها جلوگیری کرد. طبق گزارش انستیتو باتل با اعمال ساده دانش و تکنولوژی موجود، از يك سوم هزینه‌های خوردگی صنایع جلوگیری به عمل می‌آید. نکته دیگری که غالباً مورد غفلت قرار می‌گیرد این است که خسارات غیرمستقیم خوردگی در برخی موارد به مراتب بیشتر از خسارات مستقیم آن می‌باشد. به عنوان نمونه، تعویض پروانه پمپ سانتریفیوژ نه تنها هزینه‌ای برای تعمیر خود قطعه ایجاد می‌کند، بلکه قطع جریان در فرآیند، باز و بسته شدن پمپ و هزینه دستمزد را نیز به دنبال دارد.

نتیجه گیری

انجمن های علمی (اعم از کانون های تفکر) موظفند، راه کار های مدیریت خوردگی را به گوش مجامع تصمیم گیر حکومت برسانند تا با تهیه قوانین عملیاتی برای اجرای قانونی آن در سطح کشور اقدام گردد. در هر مجموعه در معرض خوردگی، ارزیابی ریسک، طراحی سیستم های کنترل خوردگی و استفاده از بازرسان در تهیه گزارش های فنی می تواند در ارتقاء مدیریت خوردگی موثر باشد. با استفاده از گزارش های جمع آوری شده و تدوین آنها می توان دستورالعمل هایی را بدست آورد که اجرای آن در کل کشور موجب جلوگیری از وارد آمدن خسارات مالی و جانی مکرر ناشی از خوردگی شود.

<http://www.corrosioncost.com> .

<http://www.acanz.org.nz> .

<http://www.asme.org> .

• اصول علم مواد : تالیف حسین تویسرکانی
• مهندسی خوردگی : ترجمه دکتر ساعت چی
• مقدمه ای بر بیومتریال ها: ترجمه مهندس فتحی و دکتر مرتضوی

• D. Miller "Corrosion Control on Aging Aircraft: What is being done ?", Materials Performance, October 1990, pp.10-11. ([back](#))

• J.F. Wildey II, "Aging Aircraft", Materials Performance, March 1990, pp.80-85. ([back](#))

• J.P. Komorowski et al. "Quantification of Corrosion in Aircraft Structures with Double Pass Retroreflection", Canadian Aeronautics and Space Journal, Vol.42, No.2, June 1996, pp.76-82.

• -جواهردشتی، رضا؛ "خوردگی میکروبی: دشمنی که نباید دستکم گرفت"، گسترش صنعت سنگین، سال هفتم، شماره ۳۲۰، ۱۳۷۵
زمانیان، رحیم؛ "خوردگی و روشهای کنترل آن"، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۶ .
فونتانا، مارس؛ "مهندسی خوردگی"، ترجمه دکتر احمد ساعتچی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان .
پیشنمازی، احمد و معینی، غلامرضا؛ "اقتصاد خوردگی در ایران (با نگرش بر مشکلات، آمار و ارزیابی ها)" - هشتمین کنگره ملی خوردگی - دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲

معینی، غلامرضا؛ "جزوه آموزشی خوردگی و روشهای پیشگیری آن"، انجمن خوردگی ایران، نیروی دریایی سپاه، ۱۳۷۹ .
مفیدی، جمشید؛ "اصول خوردگی و حفاظت فلزات"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷ .
هوفر، فران؛ "اصول خوردگی" انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۶۷



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد