

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان  
مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# انواع روشهای خوردگی در فلزات

گردآورنده:

دانشجو علی سالاری کنگ

## خوردگی ، انواع و روشهای کنترل



### – مقدمه

برای اغلب مردم، کلمه خوردگی یادآور زنگ-زدگی است که پدیده-ای نامطلوب می باشد و زنگ-زدگی اصطلاحی است که به خوردگی آهن اطلاق می شود. در حالی که خوردگی پدیده-ای است که تقریباً دامنگیر تمام فلزات است. البته از بین رفتن غیر فلزات را غالباً فساد یا تخریب می نامند. اگر چه آهن اولین فلزی نیست که توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته، ولی مطمئناً بیشترین کاربرد را در بین سایر فلزات به خود اختصاص داده است.

رومی های باستان با زنگ زدگی آهن آشنا بوده و این یکی از سوالات پلینی (فیلسوف بزرگ یونانی که در سال های ۷۹-۲۳ میلادی می زیسته است) چرا آهن راحت تر از بقیه فلزات زنگ می زند.

خوردگی پدیده مخربی است که موجب اتلاف مواد، انرژی و سرمایه می شود. در واقع همان طوری که فلزات طی مراحل مختلف از دامان طبیعت جدا شده-اند، توسط این پدیده، مجدداً به طبیعت باز می گردند. در حقیقت رسالت علم خوردگی در آن است که این برگشت را به تاخیر اندازد و به عبارت دیگر طول عمر مفید آنها را افزایش دهد. نتایج ارزیابیهای به عمل آمده در برخی کشورهای صنعتی پیشرفته نشان می دهد که، زیانهای مالی ناشی از خوردگی سالیانه رقمی در حدود ۴-۵ درصد تولید ناخالص مالی را شامل می شود. این رقم برای کشوری مثل آمریکا سالیانه بالغ بر ۳۰۰ میلیارد دلار برآورد شده است.

## - خوردگی چیست؟

برای این پدیده چند تعریف ارائه شده است از جمله:

- انهدام و زوال یک ماده در اثر واکنش با محیط اطرافش را خوردگی نامند.

- از بین رفتن مواد در اثر عواملی که صد در صد مکانیکی نیستند.

- عکس متالورژی استخراجی

## - تئوری خوردگی

غالباً واکنشهای کاتدی و آندی خوردگی می توانند توأماً روی یک سطح فلزی به وقوع پیوندند. مناطقی که این واکنشها صورت می گیرند به ترتیب مناطق کاتدی و آندی خوانده می-شوند. برای ایجاد خوردگی، چهار جزء اصلی یعنی آند، کاتد، الکترولیت و اتصال الکتریکی مورد نیاز است.

آند، فلز یا محلی است که در آن محل خوردگی صورت می گیرد. کاتد، معمولاً خورده نمی شود اگر چه ممکن است تحت شرایط ویژه-ای خورده شود.

دو واکنش مهم در کاتد، احیاء هیدروژن در محیط های اسیدی و احیاء اکسیژن در محیطهای خنثی و بازی می-باشد. الکترولیت، محلولی است که قادر است جریان الکتریکی بین آند و کاتد را برقرار نماید. با توجه به این چهار عامل واضح است که برای جلوگیری از خوردگی باید یکی از این چهارتا را حذف نمود.

## - محیطهای خورنده

عملاً کلیه محیطها خورنده-اند، لکن قدرت خوردگی آنها متفاوت است. مثلاً هوا، رطوبت، بخار و گازهای دیگر مثل کلر، آمونیاک، سولفید هیدروژن، دی-اکسید گوگرد، اسیدهای معدنی مثل هیدروکلریک، سولفوریک و نیتریک اسید و اسیدهای آلی مثل استیک و فرمیک اسید.

بطور کلی مواد معدنی خورنده-تر از مواد آلی می-باشند. مثلاً خوردگی در صنایع نفت بیشتر در اثر کلرید سدیم، گوگرد، سولفوریک و کلریدریک اسید و آب است تا بخاطر روغن، نفت و بنزین.

## – انواع خوردگی

### حمله یکنواخت Uniform Attack



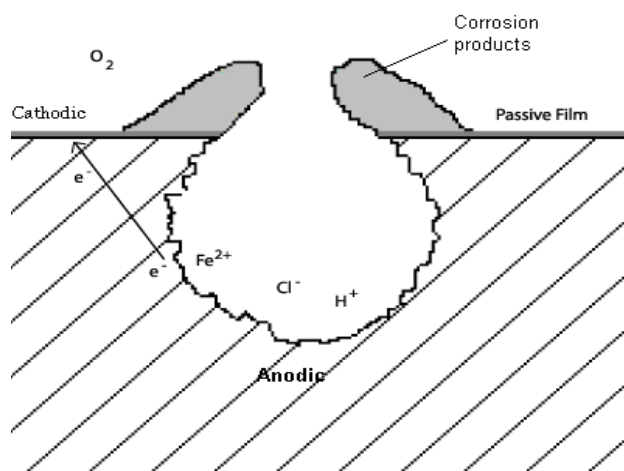
در این نوع خوردگی که متداول ترین نوع خوردگی محسوب می شود ، خوردگی به صورتی یکنواخت به سطح فلز حمله می کند و به این ترتیب نرخ آن از طریق آزمایش قابل پیش بینی است .

### خوردگی گالوانیک Galvanic Corrosion



این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که دو فلز یا آلیاژ متفاوت ( یا دو ماده متفاوت دیگر همانند الیاف کربن و فلز ) در حضور یک ذره خورنده با یکدیگر تماس پیدا کنند . در منطقه تماس ، فرایندی الکترو شیمیایی به وقوع می پیوندد که در آن ماده ای به عنوان کاتد عمل کرده و ماده دیگر آند می شود . در این فرآیند کاتد در برابر اکسیداسیون محافظت شده و آند اکسید می شود .

## خوردگی شکافی Crevice Corrosion



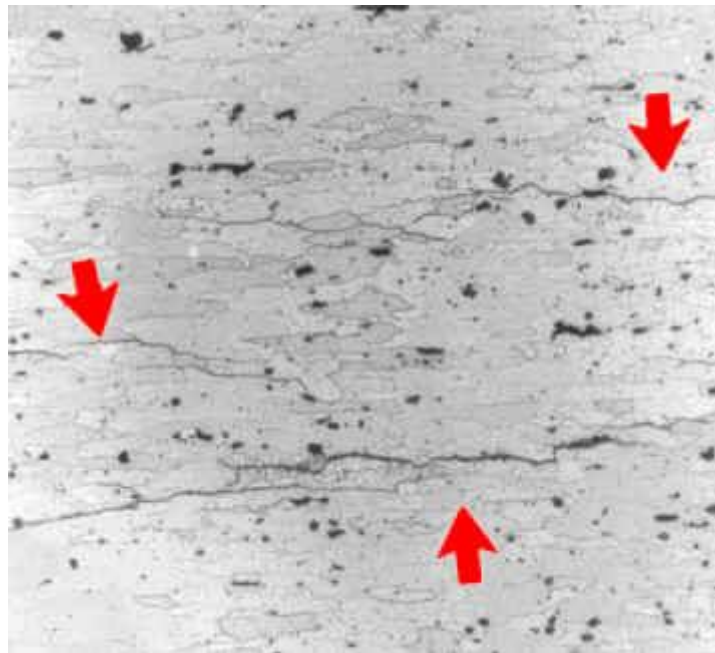
این ساز و کار وقتی رخ می دهد که یک ذره خورنده در فاصله ای باریک ، بین دو جزء گیر کند . با پیشرفت واکنش ، غلظت عامل خورنده افزایش می یابد . بنابراین واکنش با نرخ فزاینده ای پیشروی می کند.

## آبشویی ترجیحی Selective Leaching



این نوع خوردگی انتخابی وقتی رخ می دهد که عنصری از یک آلیاژ جامد از طریق یک فرآیند خوردگی ترجیحی و عموماً با قرار گرفتن آلیاژ در معرض اسیدهای آبی خورده می شود . متداول ترین مثال جدا شدن روی از آلیاژ برنج است . ولی آلومینیوم ، آهن ، کبالت و زیرکونیم نیز این قابلیت را دارند .

## خوردگی درون دانه ای Intergranular Corrosion



این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که مرز دانه ها در یک فلز پلی کریستال به صورت ترجیحی مورد حمله قرار می گیرد . چندین عامل می توانند آلیاژی مثل فولاد زنگ نزن آستنیتی را مستعد این نوع خوردگی سازند . از جمله حضور ناخالصی ها و غنی بودن یا تهی بودن مرزدانه از یکی از عناصر آلیاژی .

## خوردگی حفره ای Pitting Corrosion





این نوع خوردگی تقریباً همیشه به وسیله یون های کلر و کلرید ایجاد می شود و به ویژه برای فولاد ضد زنگ بسیار مخرب است ؛ چون در این خوردگی ، سازه با چند درصد کاهش وزن نسبت به وزن واقعی اش ، به راحتی دچار شکست می شود . معمولاً عمق این حفرات برابر یا بیشتر از قطر آنهاست و با رشد حفرات ، ماده سوراخ می شود .

### خوردگی فرسایشی Erosion Corrosion



این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که محیطی نسبت به یک محیط ثابت دیگر حرکت کند ( به عنوان نمونه مایع یا دوغابی که درون یک لوله جریان دارد ) یک پدیده مرتبط با این گونه خوردگی ، سایش Fretting است که هنگام تماس دو ماده با یکدیگر و حرکت نسبی آنها از جمله ارتعاش به وجود می آید . این عمل می تواند پوشش های ضد خوردگی را از بین برده و باعث آغاز خوردگی شود .

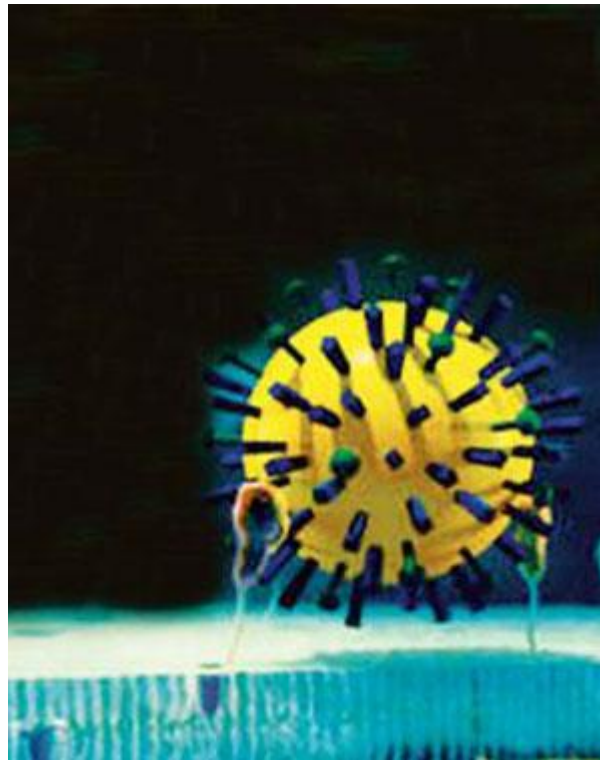
### خوردگی تنش Stress Corrosion



این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که ماده ای تحت تنش کششی در معرض یک محیط خورنده قرار گیرد . ترکیب این عوامل با هم ، ترک هایی را در جزء تحت تنش آغاز می کند .

### خوردگی میکروبی

حوزه ای نوین در پژوهش های بیوتکنولوژی



شکی نیست بیوتکنولوژی در زندگی حال و آینده بشر اهمیت روزافزونی دارد. پیشرفت های بیوتکنولوژیک در دیگر کشورها نیز با شتاب ادامه دارد که حاکی از انرژی فزاینده ای است که پژوهش ها و اکتشافات بیوتکنولوژیک در عرصه های مختلف زندگی انسان پدید می آورند. فرآورده های مختلف بیوتکنولوژیک در علوم و صنایع مختلف، از معدن و محیط زیست گرفته تا رشته های پزشکی، کشاورزی و داروسازی، صنایع غذایی و حتی علوم و صنایع رایانه ای کاربرد دارد. یکی از حوزه های نوین بیوتکنولوژی در صنعت مربوط به خوردگی میکروبی است که یکی از معضلات عمده صنعت به ویژه در ایران برآورد شده است. زیان خوردگی میکروبی به صنایع ایران، تنها در سال ۱۳۷۵ معادل شش برابر سرمایه گذاری دولت در بخش صنعت در همان سال بوده است.

طبق تعریف خوردگی عبارت است از واکنش فیزیکی شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولا دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه اش تغییر در خواص فلز است. تغییرات خواص فلز ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکرد فلز یا محیط شود. بررسی های

اقتصادی در سطح جهان نشان می دهد که معمولا بین ۱ تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی هر کشور توسط خوردگی از بین می رود و سهم خوردگی میکروبی از زیان اقتصادی وارد آمده ۲۰ درصد کل این خسارات است. خوردگی میکروبی یا به اصطلاح صحیح تر آن، خوردگی تاثیرپذیر از عوامل میکروبیولوژیک دارای اثرهای زیست محیطی فراوانی است. در این نوع خوردگی بیشتر اثر باکتری های احیا کننده سولفات و باکتری های اکسید کننده گوگرد مدنظر است.

برای مثال ترکیبات گوگردی حاصل از فعالیت باکتری های احیاکننده سولفات علاوه بر اتلاف هزاران ماهی در سواحل انگلستان در سال ۱۹۹۴ باعث سوختگی شیمیایی شالیزارها و حتی مسمومیت کارگران شد.

باکتری های احیاکننده در ایران در مکان هایی نظیر اطراف دریاچه نمک قم، آب خلیج فارس و جزیره های خارک و سیری، آب دریاچه خزر نواحی آستارا و انزلی و شهرهای قم و سبزوار یافت شده است و باکتری های اکسیدکننده گوگرد در مکان هایی مانند آبیک قزوین، اهرم و میراحمد بوشهر، آل طیب اهواز و مزارع اطراف پژوهشگاه نفت ری.

بیوتکنولوژی می تواند از دو راه به حل مسائل خوردگی میکروبی کمک کند:

۱ تقلید روش های طبیعی برای کنترل جمعیت های میکروبی

۲ استفاده از روش های مهندسی ژنتیک برای کنترل فعالیت های میکروبی در جهت دلخواه.

در طبیعت، روش های مختلفی توسط جانداران به کار گرفته می شود تا جمعیت های میکروبی کنترل شوند و اثرهای زیانبار آنها تقلیل یابد. در این زمینه سه عامل وجود دارد که با توجه به آنها می توان امیدوار بود که نه تنها روش نوینی برای مبارزه با مسائل ناشی از خوردگی میکروبی یافت شود، بلکه روش های موجود نیز با طبیعت سازگارتر شود:

۱ شناخت هر بیشتر و عمیق تر این روش ها و مشکلات ناشی از عملکرد میکروارگانیسم ها و

نتایج آن بر روند خوردگی

۲ تطبیق روش های طبیعی مقابله با جمعیت های میکروبی

۳ اعمال این روش ها در صنایع با هدف اقتصادی بودن، کارا بودن و سازگار بودن با سایر روش

ها و مواد شیمیایی موجود در سیستم ها

مثالی از این روش های طبیعی عمل گلبول های سفید خون در سیستم ایمنی بدن است که

باعث تخریب و از بین رفتن میکروب های مهاجم می شوند.

از دیگر حوزه هایی که کاربرد بیوتکنولوژی در آن می تواند مفید باشد، حوزه مهندسی ژنتیک

باکتری ها، برای دستیابی به هدف های معین است. برای مثال در سال ۱۹۹۸، پژوهشگران موسسه

پژوهشی برق آمریکا و دانشگاه کالیفرنیا گزارش کردند که با دستکاری ژنتیکی می توانند آنها را به

نحوی کدبندی کنند که علاوه بر ترشح بیوفیلم های محافظت کننده در برابر خوردگی، قادر به

تشریح مواد ضد میکروبی باشند که به خصوص مانع اثرهای مضر باکتری های احیاکننده سولفات

گردند.

با توجه به خسارت های ناشی از خوردگی میکروبی به صنایع ایران، بیوتکنولوژی در بخش صنعت می تواند در کنار دیگر هدف های تعریف شده خود با به کار بستن دانش انباشته در این حوزه به حل مسائل و معضلات خوردگی میکروبی بپردازد. بدیهی است با ورود بیوتکنولوژی به این حوزه می توان امید داشت که همانند دیگر کشورها، مسائل خوردگی میکروبی مورد مطالعه و بررسی فعالانه قرار گیرد و از نتایج آن در بخش های صنعت به طور گسترده بهره مند شوند.

#### خوردگی هیدروژنی فولاد: نفوذ هیدروژن و اضمحلال ساختار

آزمایشات نفوذ هیدروژن در فولاد به روشهای الکترو شیمیایی دواناتون (Devanathan) و الکترو خلا انجام گرفت. نتایج حاصله بیانگر آن است که با تغییر ریز ساختار، ثابت نفوذ  $D$  در فولاد تغییر می نماید. این ثابت برای فولاد BS 4360 پس از آبدیده شدن به میزان ۳.۷ برابر آن در فولاد پایه کاهش می یابد. با مقایسه رفتار آلیاژهای AISI 4340 و API X 52 مشخص می شود. که اندازه  $D$  برای AISI 4340 به میزان ۲.۲۳ برابر بیشتر از API X 52 است که به دلیل حضور مقادیر کمتر کربن و نیکل می باشد. با کاهش ولتاژ (منفی تر شدن آن) و  $Ph$  حجم نفوذ یافته هیدروژن افزایش می یابد. برای آلیاژ BS 4360 زمانی که ولتاژ به میزان  $400\text{ mv}$  - کاهش یافت مقدار  $D$  به اندازه ۶۲٪ افزایش پیدا نمود. تغییر ضخامت در قطعات مورد آزمایش نباید در مقدار  $D$  تغییر ایجاد نماید اما افزایش کار سرد باعث ایجاد تغییر در اندازه  $D$  می گردد. قطعه ای که به میزان ۷۲٪ کار سرد شده بود با کاهش  $D$  به اندازه ۱۵٪ روبرو گردید. تفاوت مقادیر  $D$  که با روشهای مختلف اندازه گرفته شده است به دلیل تفاوت در طراحی و عملکرد دستگاه ها و تغییرات میکروسکوپی در قطعات می باشد. اضمحلال هیدروژنی به هنگام خوردگی تنشی و خوردگی خستگی یکی از دو روش پیشروی ترک محسوب می گردد. آزمونهای غوطه وری، پلاریزاسیون، دینامیکی، خوردگی تنشی (دینامیکی و استاتیکی)، خوردگی خستگی، حفاظت کاتدی و مطالعات سطوح شکست در محیط آب دریا و ترش (در مجاورت سولفید هیدروژن تولید شده توسط باکتری های احیا کننده سولفات) صورت گرفتند. در تمامی موارد استنتاج گردید که با استفاده از فرمول در تست (Nernst) می توان فشار جزئی گاز هیدروژن را به دست آورد. که مقادیر آن با اعداد اندازه گرفته شده  $D$  رابطه مستقیم دارد. همچنین با کاهش ولتاژ سرعت نفوذ هیدروژن افزایش می یابد. نتیجه گرفته شد که در محیط ترش مکانیزم اصلی تردی هیدروژنی است و نه جرم زدائی آندتی.

#### – نتیجه گیری

شناخت پدیده خوردگی به ویژه در صنایع، لوله-کشی آب شهری، موتور خودروها و ... و نیز روشهای مقابله با آن می-تواند نقش مهم و عمده-ای در جلوگیری از خسارات بسیار این پدیده ایفا نماید. این مقاله تاکید می-کند که پدیده خوردگی بسیار پیچیده-تر از آن چیزی است که معمولاً در کتابهای درسی دبیرستانی بحث می-شود. در واقع مطالعه عمیق این پدیده یکی از گرایشهای

مهندسی شیمی در مقطع کارشناسی ارشد می-باشد و آشنایی دبیران با آن میتواند باعث ایجاد انگیزه-های قوی در دانش-آموزان علاقه-مند به علم شیمی شود.

منبع : کتاب خوردگی دکتر ساعتچی