



رشته تحصیلی: ساخت و تولید

نام درس:

ریخته گری گارگاه

نام استاد:

علی محمد بیگی

نام محقق:

داوود محکم

شماره دانشجویی:

۹۲۰۳۱۷۴۴۳

h-Daneshmand.ir

رئوس مطالب :

- ✓ تعریف خوردگی
- ✓ انواع خوردگی
- ✓ خوردگی یکنواخت
- ✓ خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی
- ✓ اثرات محیط
- ✓ اثر فاصله دو الکتروود
- ✓ اثر سطح
- ✓ جلوگیری
- ✓ کاربردهای محیط
- ✓ حفاظت کاتدی
- ✓ تمیز کردن نقره
- ✓ حفاظت کاتدی و آندی

h-Daneshmand.ir

تعریف خوردگی

خوردگی را به چند بیان می توان تعریف نمود:

- (۱) از بین رفتن یا پوسیدن یک ماده در اثر انجام واکنش با محیطش .
- (۲) از بین رفتن مواد در اثر عواملی که صد در صد مکانیکی نیستند .
- (۳) عکس متالورژی استخراجی .

در این کتاب تعاریف ۱ و ۲ مناسب ترند زیرا سرامیکها، پلاستیکها، لاستیک و مواد غیر فلزی دیگر نیز مورد بررسی قرار خواهند گرفت. مثلا از بین رفتن رنگ و لاستیک در اثر تابش خورشید ، فرسوده شدن جداره کوره های فولاد سازی ، از بین رفتن فلز در اثر تماس با فلز مذاب ، همه خوردگی نامیده می شوند . بعضی ها ترجیح می دهند که "خوردگی" را فقط در مورد فلزات بکار برند و بعضی دیگر طیف وسیع تر فوق را بکار میبرند. اکثر سنگ معدنهای آهن شامل اکسید آهن میباشند و رنگ زدن فولاد به وسیله اب و اکسیژن منجر به تولید اکسید آهن هیدراته می شود.

زنگ زدن منحصر در مورد خوردگی آهن و فولاد به کار میرود . هر چند که فلزات دیگر نیز هنگام خوردگی تبدیل به اکسیدهای خود می شوند ، بنابراین می گوئیم فلزات غیر آهنی خورده می شوند و نمی گوئیم زنگ می زنند .

انواع خوردگی :

خوردگی را می توان به روش های مختلف طبقه بندی نمود . اساس که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته است ، ظاهر و شکل فلز خورده می باشد . بدین طریق صرفا با مشاهده فلز خورده شده می توان نوع خوردگی را مشخص کرد . برای تشخیص نوع خوردگی در اکثر موارد چشم غیر مسلح کافی است، لکن گاهی اوقات بزرگ نمایی (مثلا ذره بین یا میکروسکوپهایی با بزرگ نمایی های کم) مفید خواهد بود یا ضروری است .

اطلاعات با ارزش برای حل یک مسئله خوردگی غالبا با مطالعه دقیق نمونه های آزمایشی خورده شده یا تجهیزات یا اجزائی که منهدم شده اند ، بدست می آید. بررسی و مطالعه نمونه های خورده شده مخصوصا قبل از تمیز کردن آنها ضروری است .

در بین انواع خوردگی می توان ۸ نوع منحصر به فرد پیدا نمود ، لکن تمام آنها کم و بیش وجه تشابهی دارند . این ۸ نوع عبارتند از :

- ۱) خوردگی یکنواخت یا سرتاسری (uniform attack)
- ۲) خوردگی دو فلزی (galvanic or two metal corrosion)
- ۳) خوردگی شیاری (crevice corrosion)
- ۴) حفره دار شدن (pitting)
- ۵) خوردگی بین دانه ای (intergranular corrosion)
- ۶) جدایش انتخابی (selective leaching)
- ۷) خوردگی سایشی (erosion corrosion)
- ۸) خوردگی توام با تنش (stress corrosion)

این طبقه بندی اختیاری است و ممکن است صد در صد کامل نباشد، لکن تقریبا تمام انواع مشکلات و انهدامهای ناشی از خوردگی را شامل می شود . ضمنا ترتیب فوق نشاندهنده اهمیت انواع ذکر شده نیست . در زیر ۸ نوع خوردگی فوق الذکر از نقطه نظر خصوصیات ، مکانیزمها و طرق جلوگیری از آنها مورد بحث خواهند گرفت. خسارت هیدروژنی ، اگر چه از انواع خوردگی محسوب نمی شود ، لکن چون به طور غیر مستقیم در اثر خوردگی واقع می شود ، در این فصل گنجانده شده است .

خوردگی یکنواخت (uniform attack) :

خوردگی یکنواخت معمولترین و متداولترین نوع خوردگی است . معمولا به وسیله یک واکنش شیمیایی که به طور یکنواخت در سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد، مشخص می شود . فلزنازک و نازکتر شده و نهایتا از بین می رود یا تجهیزات مورد نظر منهدم می شوند . مثلا "یک قطعه فولاد یا روی در داخل یک محلول رقیق اسید سولفوریک معمولا" با سرعت یکسانی در تمام نقاط قطعه خورده خواهد

شد. خوردگی یک نواخت یا سرتاسری، از نظر تناژ مقدار فلز خورده شده بالاترین رقم را دارد. لکن این نوع خوردگی از نقطه نظر فنی اهمیت چندانی ندارد، زیرا عمر تجهیزاتی که تحت این نوع خوردگی قرار می گیرند را دقیقا "می توان با آزمایشات ساده ای تخمین زد. برای این منظور، تنها قرار دادن نمونه های آزمایش در داخل محلول مورد نظر غالبا کافی است. خوردگی یکنواخت را به طریق زیر می توان متوقف نمود یا کم کرد:

(۱) انتخاب مواد و پوشش صحیح

(۲) به وسیله ممانعت کننده،

(۳) با استفاده از حفاظت کاتدی

این روشهای مبارزه با این نوع خوردگی را که می توان به تنهایی یا با یکدیگر به کار برد. اکثر انواع دیگر خوردگی طبیعت پیچیده تری دارند و به سختی می توان آنها را پیش بینی نمود. همچنین موضعی بوده و محدود به نواحی خاصی یا قطعات یا قسمتهای معینی از ساختمان فلزی هستند. در نتیجه باعث انهدامهای غیر منتظره یا زود رس کارخانجات، ماشین الات یا ابزار الات می شوند.

خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی (galvanic or two metal corrosion) :

موقعی که دو فلز غیر همجنس که در تماس الکتریکی با یکدیگر هستند، در معرض یک محلول هادی یا خورنده قرار بگیرند، اختلاف پتانسیل بین این دو فلز در تماس الکتریکی با یکدیگر نباشند، خوردگی فلز مقاومت خوردگی کمتری دارد، افزایش یافته و بر عکس، خوردگی فلز مقاومتر، تقلیل می یابد. فلزی که مقاومت خوردگی کمتری دارد اندی شده و فلز مقاومتر (از نظر خوردگی) کاتدی می شود معمولا "کاتد یا فلز کاتدی در این نوع خوردگی با اصلا" خورده نمی شود و یا اگر خورده شود، مقدار خوردگی آن خیلی کم خواهد بود. ویژگی برقراری جریان الکتریکی بین فلزات غیر همجنس باعث شده است که این نوع خوردگی، خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی نامیده شود. این نوع خوردگی، خوردگی الکتروشیمیایی بوده، لکن برای سهولت تشخیص، اصطلاح گالوانیکی یا دو فلزی را در این مورد به کار می بریم.

در خوردگی گالوانیکی، معمولا پولاریزاسیون واکنش کاتدی (پولاریزاسیون کاتدی) کنترل کننده است. چون درجه پولاریزاسیون و موثر بودن آن بستگی به فلز و الیاژ دارد، لذا قبل از آنکه بتوان میزان خوردگی گالوانیکی را برای یک کوپل پیش بینی نمود، لازم است اطلاعاتی درباره ویژگی پولاریزاسیون آنها به دست آورد. مثلا تیتانیوم در اب دریا خیلی نجیب می باشد (مقاومت عالی نشان می دهد)، مع هذا خوردگی گالوانیکی یک فلز فعال تر که در تماس با تیتانیوم در اب دریا قرار می گیرد، معمولا شدید نخواهد بود یا کمتر از مقداریست که پیش بینی می شود. دلیل آن این است که تیتانیوم به سهولت در اب دریا به صورت کاتدی پولاریزه می شود.

به طور خلاصه ، جداول گالوانیکی ویزگی خوردگی گالوانیکی را دقیق تر از جدول emf نشان می دهد .
لکن همانطور که بعدا بحث خواهد شد بایستی توجه داشت که در مورد سری گالوانیکی نیز استثنائاتی
وجود دارد ، لذا هر جا که ممکن باشد بایستی آزمایشات خوردگی در شرایط مورد نظر انجام شود .

۲-۳ اثرات محیط :

ماهیت و خوردگی محیط به میزان زیادی بر شدت خوردگی گالوانیکی تاثیر می گذارد . معمولا فلزی که
مقاومت کمتری نسبت به محیط مورد نظر دارد ، اند می شود . بعضی وقتها پتانسیل یک زوج گالوانیکی در
یک محیط دیگر عکس می شود . جدول ۳-۳ رفتار عمومی فولاد و روی را در محیط های ابی نشان می
دهد . معمولا هم فولاد و هم Zn هر کدام به تنهایی خورده می شوند ، لکن موقعی که آنها را به هم متصل
می کنیم روی خورده می شود و فولاد حفاظت می شود . در موارد خاصی مثل دیگ های اب گرم در درجه
حرارت های بالاتر از $f \ 180^{\circ}$ حالت فوق بر عکس شده و فولادی اندی می شود . ظاهرا در این حالت
محصولات خوردگی Zn باعث نحیب تر شدن این فلز نسبت به فولاد می شود .

تانتال از نظر مقاومت در برابر خوردگی یک فلز خیلی مقاوم است و نسبت به پلاتین و کربن اند است . لکن
پیل حاصل تنها در درجه حرارتهای بالا فعال است . مثلا در زوج تانتال - پلاتین جریان تا $C \ 110^{\circ}$ بر قرار
نمی شود و در $C \ 265^{\circ}$ حدود 100 ma/ft^2 جریان وجود دارد . تانتال نسبت به چدن پر سیلیسیم در اسید
سولفوریک غلیظ کاتد است، لکن جریان بین آن دو به سرعت به صفر می رسد . در بالاتر از $C \ 145^{\circ}$ قطبین
پیل عکس می شود . تانتال را نبایستی در تماس با فلزات آندی قرار داد زیرا هیدروژن کاتدی را جذب
نموده و ترد می شود .

خوردگی گالوانیکی در اتمسفر نیز واقع می شود . شدت آن بستگی به نوع و مقدار رطوبت موجود در اتمسفر
دارد . مثلا خوردگی نزدیکی سواحل دریا بیشتر از اتمسفر خشک می باشد . کندانس بخار در نزدیک ساحل
دریا حاوی نمک است و لذا هادی تر است (و خورنده) ، و در رطوبت و درجه حرارت یکسان نسبت به
کندانس در یک ناحیه دور از دریا الکترولیت بهتری است . آزمایشات اتمسفری در نقاط مختلف نشان داده
اند که روی (Zn) در تمام موارد نسبت به فولاد آند است ، الومنیوم وضعیت مختلفی و متغیری داشته و
قلع و نیکل همواره کاتد بودند . موقعیکه فلزات کاملا خشک باشند خوردگی گالوانیکی اتفاق نخواهد افتاد ،
زیرا الکترولیتی برای حمل جریان بین سطوح الکترودها وجود ندارد .

۳-۳ اثر فاصله دو الکتروود

خوردگی گالوانیکی معمولا نزدیک محل اتصال دو فلز شدیدتر است و با دور شدن از این نقطه خوردگی نیز
کم می شود . فاصله ای که تحت تاثیر خوردگی قرار می گیرد بستگی به مقاومت محصول دارد . با در نظر

گرفتن مسیر جریان و مقاومت مدار این مسئله واضح است، در آب با مقاومت بالای یک ملا خالص خوردگی ممکن است به صورت یک شیار باریک ظاهر گردد. خوردگی گالوانیکی از موضعی بودن آن در نزدیکی محل اتصال دو فلز به سهولت قابل تشخیص است.

۴-۳ اثر سطح

یک فاکتور مهم دیگر در خوردگی گالوانیکی اثر سطح، یا نسبت سطح کاتد به سطح آند می باشد. نسبت سطح نامناسب مشتمل بر کاتد بزرگ و آند کوچک است، (۱). برای یک مقدار معین جریان در پیل، دانسیته جریان برای الکتروود کوچک به مراتب بزرگ تر است تا دانسیته جریان برای الکتروود بزرگتر، هر چه دانسیته جریان در یک منطقه آندی بزرگ تر باشد، سرعت خوردگی بیشتر است. خوردگی نواحی آندی ممکن است ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر بیشتر از حالتی باشد که سطح آند با کاتد برابرند نمونه ها، صفحات پرچ شده مسی و فولادی هستند که هر دو در یک زمان به مدت ۱۵ ماه در آب دریا قرار گرفته اند. در سمت چپ، صفحات فولادی با میخ پرچ های مسی، و در طرف راست صفحات مسی با میل پرچ های فولادی قرار دارد. مس نسبت به فولاد در آب دریا، فلز نجیب تر یا مقاوم تر در برابر خوردگی است. صفحات فولادی در سمت چپ قدری خورده شده اند، لکن اتصال حاصل از میخ پرچها هنوز قوی است. نمونه سمت راست دارای نسبت سطحی نامناسبی است میخ پرچهای فولادی کاملاً خورده شده اند. واضح است که سرعت یا دانسیته خوردگی روی میخ پرچهای فولادی که در تماس با سطح بزرگ کاتدی قرار دارند، خیلی بیش تر است.

تخلف بر اصل ساده فوق غالباً منجر به خسارات زیادی می گردد. به عنوان مثال در یک کارخانه در طی یک برنامه عظیم توسط چند صد تانک بزرگ نصب گردید. اکثر تانک های قدیمی را از فولاد معمولی می ساختند و با یک رنگ فنلی پخته شده قسمت داخل را پوشش می دادند. محلولی که در تانک قرار داشت، اثر خوردگی کمی روی فولاد داشت. لکن الوده شدن محصول مسئله مهمی بود. این پوشش در قسمت کف خساراتی متحمل می شد که اکثراً در اثر ضربات مکانیکی بود و لذا هر چند وقت یک بار بایستی پوشش کف تعمیر می شد. برای غلبه به این مسئله کف تانک های جدید را از فولاد کم کربن معمولی که با فولاد زنگ نزن روکش شده بود ساخته شد. دیواره ها و سقف تانک ها از فولاد معمولی ساخته شده و به وسیله همان رنگ فنلی پوشش شد و پوشش را تا اندکی روی فولاد زنگ نزن در قسمت زیر خط جوش ادامه دادند چند ماه بعد از آغاز به کار کارخانه جدید تانک ها یکی بعد از دیگری شروع به سوراخ شدن در قسمت دیواره نمودند. اکثر سوراخ ها در یک باند به پهنای ۲ اینچ در بالای خط جوش واقع می شدند. بعضی از تانک های تمام فولادی قدیمی از نقطه نظر سوراخ شدن دیواره ها، ۱۰ تا ۲۰ سال بدون کوچکترین دردمر عمر کرده بودند.

توجیه و علت مسئله فوق به قرار زیر است ، به طور کلی کلیه پوشش های رنگی قابل نفوذ بوده و ممکن است دارای نواقصی باشند . مثلاً این رنگ فنلی پخته شده حتی در مقابل آب دو بار تقطیر شده، نیز از بین می رود . سوراخ شدن تانک های جدید ناشی از نسبت سطح کاتد به آند نامناسب می باشد . آندهای کوچکی که روی ورقه های فولادی دیواره به وجود آمده بود ، در تماس الکتریکی با سطح بزرگ فولاد زنگ نزن بوده و باعث ایجاد سرعت های بالای خوردگی در حدود 1000 mpy شده است .

یک موضوع جنبی در این رابطه ادعای کارخانه بود که سوراخ شدن تانک ها در اثر پوشش ضعیف در نزدیکی محل جوش بوده است . آنها از شرکت مزبور درخواست کردند که تانکها را دوباره پوشش دهند ، خرج اینکار بیشتر از مخارج کار اولیه می شد زیرا در حالت اول تمیز کردن سطح زنگ زده فولاد با ماسه پاشی (sand blasting) بسیار راحتتر از تمیز کردن سطح از پوشش فنلی چسبیده می باشد . لکن هنوز هم اتفاق قبلی تکرار می شد .

کارخانه ثابت نمود که خوردگی گالوانیکی فاکتور مهمی نبوده است ، این کار را با قرار دادن نمونه هایی از فولاد و فولاد زنگ نزن با سطوح یکسان ، در تماس با یکدیگر در محلول جوشان انجام دادند . برای تسریع تسریع خوردگی آزمایش در درجه حرارت جوش انجام شد . لکن این کار باعث خارج شدن گازهای حل شده در محلول شده و عملاً خوردگی محیط مربوط را کم کرده بودند . این مسئله با پوشش دادن کف تانک (قسمت فولاد زنگ نزن) که سطح کاتدی را کم می نمود ، حل شد .

در یک کارخانه دیگر که از همان محلول ها استفاده می نمودند ، در اثر دریچه های برنزی روی تانک ها (manhole doors) که فاقد پوشش بودند ، خوردگی قسمت های پوشش داده شده تسریع شد . علت استفاده از دریچه های برنزی این بود که سریعتر از دریچه هایی از جنس فولاد ریختگی قابل تهیه بود . در این کارخانه ، دو تانک مجاور همدیگر را که یکی دارای دریچه برنزی بدون پوشش و دیگری با پوشش بود ، با یکدیگر مقایسه شد . در حالیکه کلیه فاکتورهای دیگر ثابت بود . این آزمایش به وضوح سوراخ شدن تانک ها را در اثر دریچه های برنزی بدون پوشش اثبات نمود . این مثال ها وجود یک اصل مهم درباره پوشش ها را نشان می دهد اگر یکی از دو فلز غیر هم جنس که در تماس با یکدیگر قرار دارند بایستی پوشش داده شوند ، فلز نجیب تر یا فلزی که در مقابل خوردگی مقاوم تر است را بایستی پوشش داد . این موضوع به نظر افراد نامطلع ممکن است عجیب بیاید ، لکن اطلاعات فوق برای روشن کردن این مطلب کافی خواهد بود .

۵-۳ جلوگیری

روشهایی برای مبارزه یا حداقل نمودن خوردگی گالوانیکی وجود دارد . بعضی وقت ها یکی از این روش ها کافی است ، لکن بعضی مواقع ممکن است یک یا چند تا از این روش ها لازم باشد . این روش ها به شرح زیر می باشند :

۱- در صورت نیاز به کاربرد فلزات غیر همجنس حتی الامکان سعی شود که موقعیت آنها در جدول گالوانیکی به یکدیگر نزدیک تر باشد .

۲- از نسبت سطحی نامطلوب ، آند کوچک و کاتد بزرگ ، بپرهیزید . قطعات کوچک مثل پیچ و مهره ها یا میخ پرچ ها برای نگهداشتن فلزات فعال تر به یکدیگر مناسب تر هستند .

۳- فلزات غیر همجنس را هر جا که ممکن است از یکدیگر عایق سازید . شکل ۵-۳ نحوه صحیح عایق کردن را در یک اتصال یا پیچ نشان می دهد . نوار پیچی ورنگ ، مقاومت الکتریکی مدار را زیاد می کند و راه حل های دیگری می باشند .

۴- پوشش ها را البته با احتیاط ، به کار ببرید . از حالات شبیه آنچه که در رابطه با شکل ۴-۲ گفته شد ، پرهیز نمایید . پوشش را به خوبی تعمیر کنید ، مخصوصا پوشش روی نواحی آندی .

۵- در صورتی که ممکن باشد برای کم کردن خوردگی محیط ، از ممانعت کننده (inhibitors) استفاده کنید .

۶- درباره موادی که در جدول گالوانیکی دور از یکدیگر قرار دارند ، از اتصالات پیچ و مهره ای پرهیز نمایید. قسمتی از ضخامت موثر جداره فلز در مرحله پیچ سازی بر داشته می شود . به علاوه ، مایعات کندانس شده یا رطوبت کندانس شده ، می تواند در شیارهای پیچ تجمع پیدا نماید و همانجا باقی بماند . اتصال زردجوش (brazing) ، با استفاده از یک الیاژی که حداقل نسبت به یکی از دو فلز تحت اتصال نجیب تر باشد ، ارجعیت دارد . استفاده از الکتروود هم جنس با فلز زمینه ای که جوشکاری در آن صورت می گیرد ، مطلوب تر است .

۷- قسمت های آندی را طوری طراحی کنید که به سهولت قابل تعویض باشند یا آنها را ضخیم تر انتخاب کنید تا عمر بیش تری داشته باشد.

۸- به اتصال های گالوانیکی ، فلز سومی که نسبت به دو فلز قبلی آند باشد متصل نمائید .

۳-۶ کاربردهای مفید

خوردگی گالوانیکی دارای چند کاربرد مفید می باشد . همانطور که قبلا اشاره گردید باطری های خشک و باطری های دیگر انرژی الکتریکی خود را از خوردگی گالوانیکی یک الکتروود به دست می آورند . جالب توجه است که اگر این گونه باطری ها تا انجا استفاده شوند که جداره روی (Zn) سوراخ شود و الکتروولیت خوردنهبه بیرون نشست نماید ، در این صورت یک مسئله خوردگی گالوانیکی خواهیم داشت . بعضی کاربردهای مفید این نوع خوردگی به طور خلاصه در زیر آمده است :

حفاظت کاتدی

مبحث حفاظت کاتدی را در اینجا بررسی می کنیم زیرا براساس خوردگی گالوانیکی قرار دارد . این مطلب در فصل ۶ مفصل تر بحث خواهد شد . حفاظت کاتدی عبارتست از حفاظت یک ساختمان فلزی کاتدی

ساختن آن در یک پیل گالوانیکی . فولاد گالوانیزه شده (پوشش روی) مثال کلاسیک حفاظت کاتدی فولاد است . پوشش روی را روی فولاد می دهند نه به خاطر این که روی در مقابل خوردگی مقاوم است بلکه به خاطر این که روی در مقابل مقاوم نیست . درخراش ها یا سوراخ های سطحی ، روی خورده خواهد شد و فولاد را حفاظت خواهد نمود . برعکس ، قلع ، که از روی مقاوم تر است ، گاهی اوقات پوشش مناسبی برای فولاد نیست زیرا معمولاً نسبت به فولاد کاتد است . در خراشها یا سوراخ های پوشش قلع ، خوردگی فولاد به واسطه عامل گالوانیکی تسریع می گردد. منیزیم را غالباً به لوله های فولادی زیر زمینی متصل می کنند تا خوردگی آنها متوقف گردد (در ازای خورده شدن منیزیم). حفاظت کاتدی راهمچنین با اعمال جریان توسط یک منبع برق خارجی از طریق یک الکتروود خنثی نیز بدست می آورند .

تمیز کردن نقره

یکی دیگر از کاربردهای مفید خوردگی گالوانیکی ، تمیز کردن سولفید نقره روی ظروف نقره‌ای با قرار دادن آنها در ظرف الومینیمی با مقداری جوش شیرین (baking soda) می باشد . جریان الکتریکی در اثر تماس نقره و الومینیوم باعث احیاء سولفید نقره - به نقره می شود . سپس نقره را در آب گرم و صابون می شویند و آبکشی می کنند .

گاهی اوقات ، در فروشگاه ها ، یک فلز جادویی عرضه می شود که همین کار را می کند ، بر طبق دستور العمل داده شده ، فلز جادویی را بایستی به ظروف نقره ای متصل نموده و در یک ظرف لعابی حاوی محلول جوش شیرین قرار داد. فلز جادویی در حقیقت یک قطعه آلومینیوم یا منیزیم است.

حفاظت کاتدی و آندی

۶-۸ حفاظت کاتدی حفاظت کاتدی قبل از به وجود آمدن علم الکتروشیمی مورد استفاده قرار گرفته است . در ۱۸۲۴ H.Davy این روش را برای حفاظت کشتی های انگلیسی به کار برد . اساس حفاظت کاتدی را می توان با در نظر گرفتن خوردگی فلز m در یک محیط اسیدی توضیح داد. واکنش های الکتروشیمیائی انحلال فلز و آزاد شدن گاز هیدروژن است . بر طبق معادلات زیر :



با فراهم نمودن الکترون برای فلزی که بایستی محافظت شود ، حفاظت کاتدی انجام می شود بررسی معادلات ۶-۳ و ۶-۴ نشان می دهد که با دادن الکترون به فلز ، انحلال آن تقلیل می یابد و تصعید هیدروژن انجام می شود . اگر فرض کنیم جریان از قطب مثبت به قطب منفی می رود ، مطابق قرار داد در قوانین الکتروسیسته ، بنابراین در صورتیکه جریان از الکتروولیت وارد سطح فلز گردد باعث محافظت آن می شود ، بر

عکس اگر جریان از سطح فلز وارد الکترولیت گردد خوردگی شدید واقع می گردد. در تکنولوژی حفاظت کاتدی قرار داد جهت جریان به صورت فوق فرض شده و در این جا به همین صورت بیان می شود .
دو روش برای حفاظت کاتدی وجود دارد: (۱) بوسیله یک مولد برق یا (۲) بوسیله یک زوج گالوانیکی مناسب. در شکل ۱-۶ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان الکتریکی نشان داده شده است. در این شکل یک تانک زیر زمینی به قطب منفی مولد جریان مستقیم (dc) وصل شده است و قطب مثبت به یک آند خنثی مثل گرافیت یا دور آبرون (duriron) متصل است . محل اتصال کابل به تانک و الکتروود خنثی به دقت عایق می شود تا از نشت جریان جلوگیری شود . آند معمولا بوسیله پشت بند (back fill) شامل پودر کک، گچ یا بنتونیت محصور شده است تا اتصال الکتریکی بین آند و زمین مجاور را بهبود بخشد. همان طوری که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است جریان از زمین (الکترو لیت) وارد سطح تانک می شود و باعث کاهش خوردگی آن می گردد.

در شکل ۲-۶ حفاظت کاتدی با متصل کردن فلزی که بایستی مورد حفاظت قرار گیرد به منیزیم نشان داده شده است . همانطور که در فصل ۲ گفته شد ، منیزیم نسبت به فولاد آندی بوده و در زوج گالوانیکی فولاد - منیزیم خورده خواهد شد . آند در این حالت ، آند قربانی شونده (sacrificial anode) نام دارد زیرا در طی فرآیند حفاظت فولاد مصرف می شود. حفاظت کاتدی با استفاده از آند قربانی شونده همچنین برای حفاظت لوله های زیر زمینی نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد . (شکل ۳-۶). در این مورد آند هایی با فواصل یکسان در طول لوله کار گذاشته می شوند تا توزیع یکنواختی از جریان الکتریکی به سطح لوله برسد.
جریان الکتریکی لازم برای محافظت فلز به طور تجربی تعیین می گردد ، در جدول ۲-۶ بعضی مقادیر به عنوان نمونه داده شده است . محیط های خورنده مثل اسیدهای گرم نیاز به جریان بیشتری دارند در صورتیکه در محیط هایی که قدرت خوردگی کمتری دارند جریان بسیار کمتری مورد نیاز است (مثلا در بتن). جدول ۲-۶ مقادیر متوسط جریان را به طور نمونه نشان می دهد و کاربرد های خاص ممکن است مقادیر متفاوتی نیاز داشته باشند . مثلا در بعضی خاک های خیلی اسیدی غالبا ۱۰ تا ۱۵ میلیآمپر بر فوت مربع جریان لازم است ، همچنین چنانچه لوله دارای پوشش آلی باشد جریان به مراتب کمتری لازم خواهد بود ، زیرا تنها محل هایی از فلز که به واسطه نواقص پوشش در معرض محیط خورنده قرار دارند ، بایستی محافظت شوند . در این گونه موارد به روش سعی و خطا ، اندازه آند یا جریان مورد نیاز بایستی تعیین گردد . یک روش دقیق تر و سریعتر اندازه گیری پتانسیل فلز مورد نظر به وسیله یک الکتروود و مرجع مناسب می باشد .

تجهیزات فولادی در تماس با خاک ها ، آب های شیرین و شور و آب دریا چنانچه به پتانسیل ۰/۸۵ مولت نسبت به الکتروود مقایسه مس - سولفات مس پلاریزه کردند محافظت خواهند شد . شکل ۴-۶ الکتروود

مزبور را که برای حفاظت کاتدی مورد استفاده قرار می گیرد ، نشان می دهد . این الکتروود دارای مزایای زیر است :

ارزان بودن ، دقت خوب ، و محکم و بادوام بودن . پتانسیل یک فلز به وسیله یک ولت متر با مقاومت بالا به صورتی که در شکل ۵-۶ نشان داده شده است اندازه گیری می شود . موقع اندازه گیری الکتروود مقایسه را داخل زمین یا روی یک قطعه اسفنج اغشته به اب نمک دار می گذارند تا اتصال الکتریکی برقرار شود . دانسیته جریان لازم برای پلاریزه کردن فلز تا $0/85$ - ولت به سهولت اندازه گیری می شود در مواردی که از آندهای قربانی شونده (مثلا منیزیم) استفاده می شود . از همین اندازه گیری به منظور تعیین تعداد و اندازه آندها برای حفاظت کامل استفاده می شود . در مورد لوله های بلند یا اسکلت های فلزی بزرگ و پیچیده ، اندازه گیری پتانسیل به وسیله الکتروود مقایسه برای تعیین یک نواحی جریان انجام می شود .

انتخاب آند برای حفاظت کاتدی براساس ملاحظات مهندسی و اقتصادی قرار دارد . جدول ۳-۶ چند نوع آند قربانی شونده و آند برای روش اعمال جریان خارجی با یکدیگر مقایسه شده اند ، بین آندهای قربانی شونده ، منیزیم ، متداولترین است . اگرچه راندمان آن پایین است (حدود ۵۰ درصد) لکن این کمبود با پتانسیل بسیار منفی آن جبران شده و در نتیجه جریان بالایی بدست می دهد .

آندهایی که در روش اعمال جریان خارجی مورد استفاده قرار می گیرند متنوع تر هستند و از قراضه های فولادی ارزان قیمت ، که به سرعت خورده می شوند ، تانتانیم ، پلاتینیزه خنثی که هم راندمان بالایی دارد و هم گرانیقیمت است رادبر می گیرد . فولاد ، گرافیت و آهن سیلیسیم دار متداولترین هستند ، سرب و تیتانیم پلاتینیزه شده کاربرد روز افزونی در محیط های دریایی پیدا کرده اند .

جریان های سرگردان (stray-current) غالباً در سیستم های حفاظت کاتدی باعث اشکالاتی می گردند ، اصطلاح جریان های سرگردان به جریان های مستقیم موجود در منطقه مورد نظر اطلاق می گردد. چنانچه یک شیئی فلزی در یک میدان جریان الکتریکی قرار بگیرد ، اختلاف پتانسیل روی آن به وجود آمده و در نقاطی که جریان از سطح شیئی وارد خاک می گردد خوردگی شدیدی ملاحظه می گردد . در سال های گذشته به خاطر پشت جریان تراموای الکتریکی ، مشکلات ناشی از جریان های سرگردان کاملاً متداول بوده ، لوله ها و تانک هایی که زیر مسیر ترامواها قرار داشتند به سرعت خورده می شدند . لکن چون این نوع وسیله حمل و نقل امروزه کنار گذاشته شده ، جریان های سرگردان از این منابع دیگر وجود ندارند . منبع متداول تر جریان های سرگردان ، سیستم های حفاظت کاتدی می باشند . این مسئله مخصوصاً در حوزه های نفتی شلوغ و کمپلکسهای صنعتی که دارای لوله های زیر زمینی بسیاری می باشند وجود دارد .

شکل ۶-۶ جریان های سرگردان ناشی از یک سیستم حفاظت کاتدی را نشان می دهد . صاحب تانک زیر زمینی حفاظت کاتدی نصب نمود . او از خط لوله مجاور که در اثر حوزه جریان های سرگردان به سرعت سوراخ شد بی اطلاع بود . اگر صاحب خط لوله ها ، حفاظت کاتدی به لوله خود متصل می کرد . خوردگی

ناشی از جریان های سرگردان لوله از بین می رفت ، لکن باعث خوردگی روی تانک مجاور می شد . به سهولت می توان دید که چگونه خوردگی در اثر جریان های آواره تشدید می شود افزایش جریان برای حفاظت روی هر کدام باعث افزایش جریان مورد نیاز برای حفاظت دیگری می شود .

در یک منطقه صنعتی که دارای دانسیته بالایی خطوط لوله زیر زمینی بود ، جریان مورد نیاز برای حفاظت در بعضی مناطق به ۲۰ میلی آمپر بر فوت مربع افزایش یافت . راه حل این مسئله هماهنگی بین دو سیستم می باشد.

مثلا خوردگی ناشی از جریان های سرگردان شکل ۶-۶ به صورت شکل ۶-۷ قابل حل است . بدین ترتیب لوله و تانک بدون ایجاد جریان های سرگردان حفاظت شده و مخارج حفاظت بین دو سیستم تقسیم می شود . **۶-۹ حفاظت آندی** بر عکس حفاظت کاتدی ، حفاظت آندی نسبتا جدید است و اولین بار در ۱۹۵۴ پیشنهاد شد .

این تکنیک با استفاده از اصول الکتروود ابداع گردید و بدون اطلاع از نظریه های مدرن تئوری الکتروشیمی توصیف آن مشکل است . به طور خلاصه ، حفاظت آندی بر اساس تشکیل یک پوسته سطحی محافظ روی فلزات با اعمال جریان های آندی می باشد . معادلات ۳-۶ ، ۴-۶ را در نظر بگیرید . همان طور که مشاهده می شود با اعمال جریان آندی به یک فلز قاعدتا سرعت انحلال فلز بایستی افزایش پیدا کند و سرعت آزاد شدن هیدروژن کاهش یابد . معمولا در مورد فلزات این حالت اتفاق می افتد به جز در مورد فلزات فعال - غیر فعال مثل نیکل ، آهن ، کرم ، تیتانیوم و الیاهای آنها ، اگر به دقت جریان آندی به این فلزات اعمال گردد ، غیر فعال شده و سرعت انحلال تقلیل می یابد . برای حفاظت آندی ، دستگاهی به نام پتانسیواستات لازم است ، پتانسیواستات یک دستگاه الکترونیکی است که فلز را در یک پتانسیل ثابت نسبت به یک الکتروود مقایسه نگه می دارد . در شکل ۸-۶ حفاظت آندی یک تانک فولادی حاوی اسید سولفوریک نشان داده شده است . پتانسیواستات دارای ۲ ترمینال است ، یکی به تانک متصل می شود ، دیگری به یک الکتروود کمکی به عنوان کاتد (الکتروود پلاتین یا پوشش داده شده به وسیله پلاتین) و سومی به یک الکتروود مقایسه (مثلا الکتروود جیوه) . در عمل پتانسیواستات ، همواره پتانسیل ثابتی بین تانک و الکتروود مقایسه برقرار می سازد . پتانسیل لازم را با اندازه گیری های الکتروشیمیایی قبلا معین می کنند .

حفاظت آندی سرعت خوردگی را به شدت تقلیل می دهد جدول ۴-۶ سرعت خوردگی فولاد زنگ نزن آستینیتی را در محلول های اسید سولفوریک حاوی یون های کلر با و بدون حفاظت آندی نشان می دهد . همانطور که ملاحظه می شود سرعت خوردگی در بعضی سیستمها ۱۰۰۰۰۰ برابر کمتر شده اگر چه حفاظت آندی محدود به فلزات فعال_غیر فعال است ولی باید توجه داشت که اکثر فلزات ساختمانی شامل این فلزات می باشند . لذا این محدودیت بر خلاف آنچه که در ابتدا به نظر می رسد . چندان مهم نیست . جدول ۵-۶ بعضی سیستمهایی که حفاظت آندی به طور موفقیت آمیزی در آنها به کار رفته نشان می دهد

. مزیت عمده حفاظت آندی قابلیت استفاده از آن در محیط های بسیار خورنده و نیاز به جریان الکتریکی کم می باشد . (برای کسب اطلاعات بیش تر در مورد اصول و مکانیزم حفاظت آندی ، به فصل ۱۰ رجوع گردد.)

نتیجه گیری

از بین رفتن یا پوسیده شدن یک ماده در اثر واکنش با عناصر محیطی که خوردگی شیمیایی و فیزیکی و ... میباشد.

برای انواع خوردگی ها موارد خوردگی در اکثر موارد با چشم غیر مسلح قابل مشاهده میباشد.

عوامل محیطی بر روی خوردگی که میزان زیادی بر خوردگی گالوانیکی تاثیر میگذارد.

کاربرد خوردگی: که در خوردگی پیزوالکترولیز یا در روش ماشین کاری الکتروشیمیایی کاربرد دارد.

h-Daneshmand