

# آبکاری فلزات

(اروکش های فلزی)

پدیدآوران

فریدون مجد نیا و ناصر خواجه نصیری

## مقدمه

کتاب حاضر اولین بار در سال ۱۳۶۵ به چاپ رسید و مورد استقبال قرار گرفت. چاپ دوم آن توسط انتشارت زبان تصویر به چاپ رسید. تجدید چاپ آن فرصت مناسبی بود تا اشکالات و ایرایشی آن بر طرف شود. پدیدآوران تلاش کرده اند تا تمامی نقایص را بر طرف کنند. در این چاپ کلیه استناد اردهای مورد اشاره بررسی شده و به روز شده اند. هر جا که ضروری بوده توضیحات لازم داده شده اند. ضمن قدردانی از تمامی علاقه مندان گرامی، دانش جویان، صنعت گران، استادان و صاحب نظران امید آن داریم که چاپ جدید مورد توجه قرار بگیرد. پیشنهادهای شما در بالا بردن کیفیت چاپ‌های بعدی بسیار مفید خواهد بود.

پدیدآوران ۱۳۹۱

## فهرست مطالب

۳.....	مقدمه.....
۴.....	فهرست.....

### فصل اول خوردگی فلزات (۱۱-۸۲)

۱۳.....	ماهیت خوردگی.....
۱۵.....	تعریف خوردگی.....
۱۹.....	اشکال خوردگی.....
۲۱.....	مکانیزم الکتروشیمیائی خوردگی.....
۲۴.....	سرعت واکنش.....
۲۷.....	معادله نرنست.....
۳۳.....	پلاریزاسیون.....
۳۷.....	انواع آور پتانسیل.....
۳۷.....	پتانسیل اضافی اکتیویته.....
۳۸.....	پتانسیل اضافی غلظتی.....
۴۱.....	اور پتانسیل مقاومتی.....
۴۱.....	پیل های خوردگی.....
۴۳.....	واکنشهای آندی و کاندی در خوردگی.....
۴۷.....	دیگرامهای ایوانس.....
۵۰.....	تماس فلزات غیرهمجنس.....
۵۴.....	پتانسیل فلزات در عمل.....
۶۰.....	فلزات کاندی.....

- ۶۳.....فلزات آندی.....
- ۶۶.....اثر ناپیوستگی‌ها در روکش فلزات.....
- ۶۷.....روکشهای آندی.....
- ۷۰.....روکشهای کاندی.....
- ۷۲.....روکشهای الکتریکی نیکل و کروم.....
- ۷۵.....دلایل کاربرد روکشهای فلزی.....
- ۷۹.....ملاحظات اقتصادی در کاربرد روکشها.....

## فصل دوم

### آماده سازی قبل از آبکاری

(۱۳ - ۱۰۶)

- ۸۳.....پاک کردن آلودگیهای سطح.....
- ۸۹.....پاک کردن زنگ خفیف سطحی.....
- ۹۵.....کنترل طبیعت فیزیکی سطح.....
- ۹۷.....سنباده کاری یا سنگ زنی.....
- ۹۸.....صیقل کاری.....
- ۹۸.....صیقل مکانیکی.....
- ۹۹.....صیقل شیمیایی.....
- ۱۰۱.....صیقل الکتریکی.....
- ۱۰۳.....اچ کردن (حساس کاری).....

## فصل سوم

### فرآیندهای آبکاری

(۰۷ - ۱۶۰)

- ۱۰۷.....آبکاری با مذاب.....

- ۱۱۰..... روکش روئی (Zn) فولاد به روش غوطه وری گرم (گالوانیزه کردن)
- ۱۱۳..... روکش آلومینیومی فولاد به روش غوطه وری گرم
- ۱۱۵..... روکش قلعی یا مس به روش غوطه وری گرم
- ۱۱۵..... (قلع کاری گرم)
- ۱۱۶..... روکش سربی فولاد به روش غوطه وری گرم
- ۱۱۶..... آبکاری پاششی
- ۱۲۱..... پاشش شعله‌ای
- ۱۲۲..... پاشش قوسی
- ۱۲۲..... پاشش پلاسما
- ۱۲۳..... کاربردهای روکش‌های فلزی پاششی
- ۱۲۶..... آبکاری شیمیائی
- ۱۲۸..... آبکاری الکتریکی
- ۱۳۰..... خواص روکشهای الکتریکی
- ۱۳۵..... طراحی آبکاری الکتریکی
- ۱۳۸..... آماده سازی برای آبکاری الکتریکی
- ۱۳۸..... عملیات پس از آبکاری
- ۱۳۹..... فلزات روکش که به وسیله آبکاری الکتریکی ایجاد می‌شوند
- ۱۳۹..... کادمیم
- ۱۴۰..... کروم
- ۱۴۳..... مس و آلیاژهای آن
- ۱۴۴..... طلا و آلیاژهای آن
- ۱۴۵..... سرب و آلیاژهای آن
- ۱۴۶..... نیکل و آلیاژهای آن
- ۱۴۹..... آبکاری الکتریکی فلزات گرانبها
- ۱۴۹..... قلع و آلیاژهای آن

- ۱۵۰.....روی
- ۱۵۱.....آبکاری قطعات پلاستیک
- ۱۵۳.....آبکاری بخار
- ۱۵۶.....آبکاری نفوذی
- ۱۵۶.....نفوذ در حالت جامد
- ۱۵۷.....نفوذ در حالت گاز
- ۱۵۷.....آبکاری مکانیکی

### فصل چهارم

#### انجام آبکاری

(۶۱ - ۱۸۰)

- ۱۶۱.....آلومینیوم
- ۱۶۵.....کادمیم
- ۱۶۶.....کروم
- ۱۶۸.....مس
- ۱۷۰.....طلا
- ۱۷۱.....سرب
- ۱۷۲.....نیکل
- ۱۷۵.....نقره
- ۱۷۶.....قلع
- ۱۷۷.....روی

### فصل پنجم

#### انتخاب پوشش

(۸۱ - ۱۹۲)

- ۱۸۱.....عوامل طبیعی

- ۱۸۲.....عمر مورد نظر و خوردگی مجاز.....
- ۱۸۴.....تأثیر جنس قطعه.....
- ۱۸۶.....تأثیر شکل و اندازه جسم.....
- ۱۸۷.....تأثیر ساخت بعدی.....
- ۱۸۸.....تأثیر عوامل مکانیکی.....
- ۱۹۰.....تأثیر حرکت محیط.....

### فصل ششم

### آزمایش روکش‌ها

(۹۳ - ۲۴۶)

- ۱۹۴.....بازرسی چشمی.....
- ۱۹۷.....ترکیب شیمیایی.....
- ۱۹۹.....آزمایش ضخامت.....
- ۲۰۱.....روش‌های مغناطیسی.....
- ۲۰۱.....روش‌های جریان القائی.....
- ۲۰۲.....طیف نگاری با اشعه ایکس.....
- ۲۰۳.....روش اشعه برگشتی بتا.....
- ۲۰۴.....روش میکروسکوپ قسمت روشن.....
- ۲۰۵.....تداخل سنجی.....
- ۲۰۶.....پروفیل نگاری.....
- ۲۰۶.....روش‌های تجزیه شیمیائی.....
- ۲۰۷.....آزمایش شیپوره.....
- ۲۰۹.....روش توزین.....
- ۲۱۰.....روش تحلیلی.....
- ۲۱۰.....آزمایشات تولید گاز.....

۲۱۱.....	روش کولمب سنجی.....
۲۱۳.....	روش میکروسکوپ مقطع.....
۲۱۵.....	آزمایش تخلخل.....
۲۱۸.....	آزمایش چسبندگی.....
۲۲۴.....	آزمایش تنش.....
۲۲۵.....	(الف) - روش برنروسندراف.....
۲۲۵.....	(ب) - روش هوآر و آزواسمیت.....
۲۲۶.....	(ج) - روش وراک و روبل.....
۲۲۶.....	آزمایش چکش خواری.....
۲۲۸.....	آزمایش استحکام کششی.....
۲۲۸.....	آزمایش سختی.....
۲۲۹.....	آزمایش مقاومت سایش.....
۲۲۹.....	آزمایش مقاومت خوردگی.....

## فصل هفتم

### اشکالات آبکاری نیکل و طریقه رفع آنها

(۲۴۷ - ۲۵۸)

۲۵۱.....	افزایش PH و کربنات نیکل.....
۲۵۳.....	روش کنترل حضور آب اکسیژنه در محلول مس اسیدی و نیکل.....
۲۵۴.....	روش تصفیه محلول گالوانیزه اسیدی آلوده به آهن.....
۲۵۴.....	روش ساخت محلول مس اسیدی و چگونگی نگهداری از آن.....
۲۵۵.....	چگونگی بهتر آبکاری کردن کروم.....
۲۵۶.....	آبکاری قلع ( بر پایه استانات).....



ضمائم

(۲۶۵ - ۵۹)

ضمیمه ۱..... ۲۵۹

ضمیمه ۲..... ۲۶۳

# فصل اول

## خوردگی فلزات

روکشهای نازک فلزی را به علل گوناگون بر روی اجسام (فلزات)، پلاستیک‌ها و غیره) ایجاد می‌کنند ولی عمده ترین کار برد آن برای محافظت در مقابل خوردگی است. بدین وسیله یک راه اقتصادی برای ادغام خواص فلز پایه و روکش فلزی بدست آمده و ماده مرکبی حاصل می‌شود که هم دارای خواص مکانیکی مناسب است و هم در مقابل خوردگی مقاومت خوبی دارد. فولاد معمولی به دلیل داشتن خواص مکانیکی بسیار مناسب، به سادگی شکل گرفته و ارزان قیمت است ولی مقاومت آن در برابر خوردگی در اکثر محیط‌ها بسیار ضعیف بوده و زنگ زدن آن به از بین رفتن سریع سازه یا اجزاء آن منتهی می‌شود. برای رفع این نقیصه می‌توان آن را با فلزاتی مانند نیکل و کروم که در مقابل خوردگی مقاومتراند آلیاژ نموده و فولاد ضدزنگ آستنیتی (18Cr-8Ni) را به دست آورد ولی چنین آلیاژهایی نسبتاً گران هستند. یک روش اقتصادی تر که به طور گسترده برای تهیه روکشهای تزئینی مقاوم در برابر خوردگی به کار می‌رود عبارت از ایجاد یک لایه نازک نیکل و سپس یک لایه نازک کروم است، قطعه حاصل دارای خواص مکانیکی فولاد نرم بوده و مقاومت آن در مقابل خوردگی شبیه مقاومت کروم و نیکل می‌باشد. روی در محیط‌های مختلف از جمله هوای آزاد و آب‌های طبیعی در مقابل خوردگی مقاومت خوبی دارد ولی مقاومت مکانیکی و قابلیت ساخت آن کم بوده و گران

است، بنابراین در مواردی که مقاومت مکانیکی مورد نظر نباشد، از قبیل پوششهای سقفی، به کار می رود. لیکن روی را می توان به سادگی و با روش های غوطه وری گرم<sup>۱</sup>، الکتریکی<sup>۲</sup>، پاششی<sup>۳</sup> و نفوذی<sup>۴</sup> بر روی فولاد نرم اعمال کرد، روکش های انجام شده با روشهای فوق را برای مقاوم کردن سازه ها یا قطعات فولادی در مواردی که شکل ظاهری مهم نباشد بطور وسیع استفاده می کنند.

بطور ایده آل، یک روکش فلزی که روی آلیاژی مانند فولاد نرم اعمال می شود باید لایه پیوسته تشکیل دهد که جسم پایه را از محیط جدا کند. متأسفانه این خواسته در عمل به ندرت تأمین می شود زیرا در انجام آبکاری ناپیوستگی هایی نظیر خلل و فرج، حفره ها و ترک ها ایجاد می شوند. بعلاوه، ناپیوستگی ها ممکن است طی عملیات بعدی ایجاد گردند. برای مثال، لبه های بریده یا آسیب های مکانیکی و یا از بین رفتن پوشش در اثر خوردگی حین بهره برداری. بنابر این روکشهای فلزی معمولاً با ناپیوستگی همراه بوده و لازم است نه تنها مقاومت روکش و فلز پایه بلکه تأثیر متقابل این دو در موقع تماس نیز مورد مطالعه قرار گیرند. در این نوع خوردگی که معمولاً بین دو فلز روی می دهد، بدلیل اینکه سرعت خوردگی سطح دو فلز که روی هم قرار دارند با هم یکسان نیست، در صورت وجود ناپیوستگی در لایه سطحی بدلیل اینکه سطح نسبتاً کمی از جسم پایه در معرض هوا قرار می گیرد، به مرور سبب خورده شدن سطح زیرین و سست شدن لایه سطحی می گردد که متعاقباً بعد از گذشت مدتی سطح دچار خوردگی می شود.

---

۱- hot dipping

۲- electroplating

۳- metal spraying

۴- diffusion

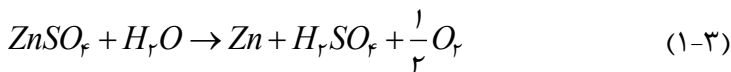
۱- bimetallic corrosion

## ماهیت خوردگی

فلزات به استثنای فلزات نجیب<sup>۲</sup> مس، نقره، طلا، جیوه و پلاتین معمولاً در طبیعت به شکل ترکیب با غیر فلزات به صورت اکسیدها، سیلیکاتها، کربناتها، سولفورها و غیره یافت می شوند و چون از زمانهای خیلی قدیم در زمین وجود داشته اند می توان به این نتیجه رسید که این ترکیبات برعکس خود فلز، حالت پایدارتری دارند. برای تهیه فلز باید سنگ معدن آن را (که ترکیب آن فلز یا کانی به صورت مناسب و با غلظت کافی در آن موجود بوده و می توان به روش فنی و اقتصادی آن را به فلز مورد نظر تبدیل کرد) تحت یک فرآیند احیاء قرار داد که طی این فرایند مواد کانی مورد نظر همراه با ترکیبات دیگر بصورت محلول در آمده و تحت یک عمل الکترولیز در آند یا کاتد رسوب داده می شوند. برای مثال می توان با استفاده از انرژی شیمیائی کربن، اکسیدهای روی و آهن را به فلز احیاء کرد زیرا کربن بیشتر از فلز تمایل به ترکیب با اکسیژن را دارد. فرآیند مزبور را می توان با فعل و انفعالات شیمیائی زیر نشان داد:



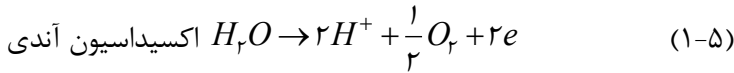
همچنین برای تهیه روی، اکسید آن را می توان به وسیله اسید سولفوریک از سنگ معدن خارج کرده و سپس محلول اسیدی سولفات روی را الکترولیز (دادن انرژی الکتریکی به سیستم) کرد تا فلز روی در قطب منفی رسوب شود:



واکنش کلی (معادله ۱-۳) را می توان به صورت دو نیمه واکنش احیاء کاتدی یون های روی به فلز روی و اکسیداسیون آندی آب به اکسیژن (یونهای

<sup>۲</sup>- noble metals

هیدروژن) نشان داد:



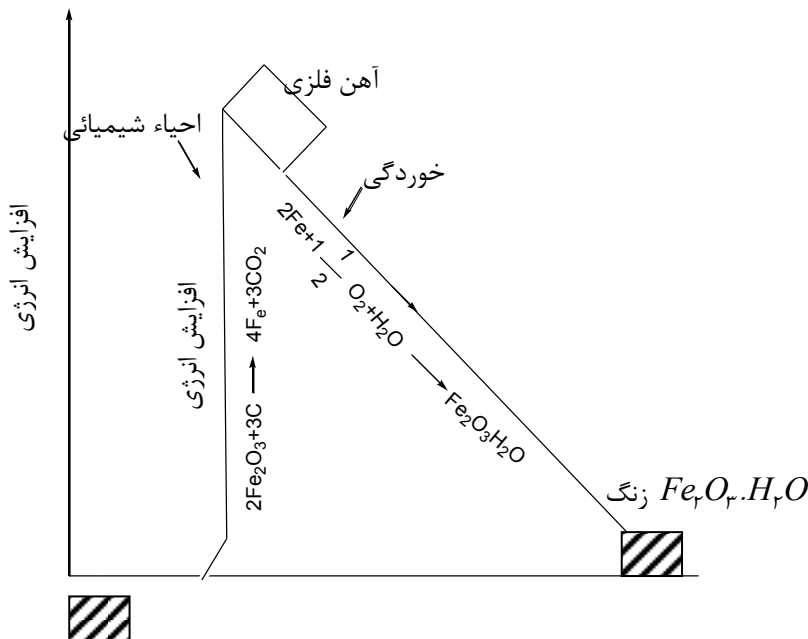
باید توجه کرد که نظیر فرآیند فوق را می توان برای آبکاری الکتریکی فلز روی بر روی فلز دیگر انجام داد، ولی همانطوری که در فرآیند استخراج یک آند خنثی (معمولاً سرب) به کار می رود در آبکاری برای حصول اطمینان از اینکه غلظت یون های روی در وان آبکاری ثابت می ماند از یک آند از جنس روی (Zn) استفاده می شود، در این حالت واکنش آندی عکس واکنش (1-4) است که در آن فلز روی به یون روی تبدیل می شود.

واقعیت اینکه در فرآیند احیاء انرژی مصرف می شود این است که فلز بیشتر از ترکیبات خود حالت انرژی دارد یعنی فلز ناپایدار بوده و هرگاه در یک محیط با غیرفلزات در تماس باشد به شکل ترکیبی در می آید.

این رشته اتفاقات که در آن مواد معدنی با افزایش انرژی به فلز احیاء شده و پس از آن فلز با کاهش انرژی به شکل ترکیبی برمی گردد (اشاره به محصولات خوردگی است که همان ترکیب و ساختار کریستالی مواد معدنی را دارد) در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. بنابر این موقعی که آهن در هوای آزاد و یا بصورت غوطه ور در آب طبیعی یعنی در یک محیط آبی دارای اکسیژن حل شده قرار گیرد تمایل دارد که به اکسید خودش  $Fe_2O_3, H_2O$  تبدیل شود که در ترکیب شیمیائی همانند لپیدوکروسیت<sup>۱</sup> طبیعی معدنی می باشد. اگر مسئله استخراج فلز از سنگ معدن آن به دلیل فایده آن باشد مسئله خوردگی عکس آن است یعنی کاهش فلز و زیان.

---

۱- lepidocrocite



کانی  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$

شکل ۱-۱ نمایش دیاگرام تغییر انرژی که در ضمن احیاء شیمیائی کانی (هماتیت  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ) به فلز (آهن) اتفاق می افتد و تبدیل سریع بعدی فلز به اکسید (محصول خوردگی) در مجاورت آب و اکسیژن.

### تعریف خوردگی

فلزات به خاطر خواص مکانیکی مناسب در سازه های مهندسی به کار می روند و روشن است که در اثر خوردگی و تبدیل مقداری از فلز به محصول خوردگی این خواص کم می شوند و همانطوریکه بعداً خواهیم دید این تأثیر به سرعت خوردگی و پیشرفت عمل بستگی دارد. علت دیگر کاربرد فلز، زیبایی ظاهرشان می باشد و گرچه تشکیل لایه نازک سطحی تأثیر کمی روی خواص مکانیکی دارد، روی زیبایی و سایر خواص آن تأثیر ناگواری ایجاد می نماید. تشکیل لایه سیاه سولفور بر روی نقره به زیبایی آن آسیب زده و همچنین روی

خواص آن تأثیر می گذارد خصوصاً اگر نقره به عنوان اتصال الکتریکی به کار برود.

تعریف دقیق خوردگی آن طور که انتظار می رود ساده نیست و مستلزم درک مفاهیم مختلفی است ولی برای این کتاب تعریف زیر مناسب است: واکنش فلز یا آلیاژ با عوامل محیطی که به تشکیل محصولات خوردگی منجر می شود. تبدیل فلز به محصول خوردگی کلاً زیان آور و نامطلوب است البته این به میزان و پیشرفت خوردگی بستگی دارد- در خیلی از سیستم ها میزان خوردگی ممکن است به آنچنان آهسته باشد که قابل چشم پوشی باشد در بعضی دیگر ممکن است قابل ملاحظه بوده ولی قابل تحمل باشد در صورتی که در سیستم های دیگر ممکن است به قدری باشد که به فاجعه منتهی شود.

باید تأکید کرد که اگر چه خواص فیزیکی و مکانیکی فلزات مستقل از عوامل محیطی می باشد، برعکس، خاصیت خوردگی آنها دقیقاً به عوامل محیطی بستگی دارد. بنابر این در هنگام تعیین استحکام کششی فولاد نرم با ترکیبات مشخص، ضرورت ندارد که عوامل محیطی آزمایش را مشخص کرد چون فقط چند دقیقه در طول آزمایش دخالت دارند. بهرحال سرعت خوردگی فولاد نرم به محیط وابسته است، برای مثال، در محیط آلوده صنعتی میزان خوردگی فلز نسبت به هوای تمیز روستائی سریعتر اتفاق می افتد و همینطور در آب دریا به مراتب سریعتر از آب خالص می باشد.

در نتیجه، خوردگی یک فلز مشخص، یعنی شدت خوردگی، به شرایط محیطی که در آن قرار خواهد گرفت بستگی دارد. فلزات و آلیاژهای مختلف در یک محیط معین سرعت های خوردگی ویژه ای دارند، برای مثال در حالی که فولاد نرم در محیط صنعتی میزان خوردگی فلز به میزان قابل توجهی خورده می شود فولاد ضدزنگ از نوع  $1Cr-1.0Ni-3Mo$  در همان محیط بدون هیچ گونه خوردگی باقی مانده و درخشندگی اولیه را حفظ می کند. شکل ۱-۲ پیچیدگی خوردگی را نشان داده و مشخص می کند که خوردگی نه تنها به

محیط (ترکیب شیمیائی) و شرایط محیطی (درجه حرارت، فشار، سرعت و غیره) بلکه به نوع ترکیب و ساختار آلیاژ و تنش (نوع و مقدار آن) نیز بستگی دارد.

روکش های فلزی برای محافظت فلز پایه از خوردگی در محیط های مختلف که از آب میوه اسیدی تا محصولات سوخت داغ تغییر می کند به کار می روند، و هر محیط شکل خاص خود را دارد. به هر حال بیشترین کار برد روکشها برای حفاظت سازه ها و قطعات در محیط های آبی است که شامل هوای آزاد (صنعتی، روستائی، دریائی، داخل و خارج ساختمانها) و آب ها ( آب تصفیه شده، آب دریا، آب آلوده، آب شور) می باشد.

تا آنجا که به هوا مربوط می شود باید توجه کرد که به جز مس و نقره که لکه های کدرسولفور روی آنها را می پوشاند، وجود آب در روی سطح فلز شرایط مناسبی برای خوردگی آبی آن ایجاد می نماید و این آب ممکن است در اثر تغییر دما به صورت لایه بسیار نازک رطوبت روی قطعه ایجاد شود و یا پس از بارندگی آن را کاملاً خیس کند. ناخالصی های هوا از قبیل گازهای  $H_2S, SO_2$  و ذرات جامد مانند کربن، کلرور آمونیم و نمایش چگونگی خوردگی فلزات و ارتباط آن با محیط و فلز و شرایط محیطی و واکنش با آن

سولفات آمونیم باعث افزایش سرعت خوردگی می شود، بطور کلی، هوای آلوده صنعتی خورنده تر از هوای روستائی است. همچنین باید دقت شود که محیط های نزدیک به دریا به علت دارا بودن ذرات نمک معلق در هوا تأثیر زیادی روی خوردگی دارد.

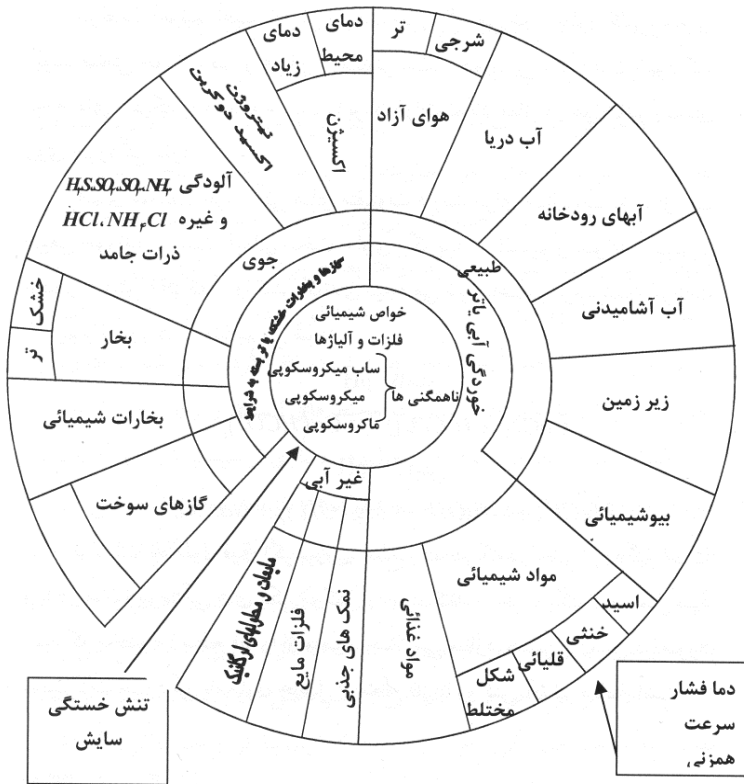
آبهای مختلف خوردنگی های متفاوت دارند برای مثال آب دریا از آب طبیعی خورنده تر است. آبهای سخت حاوی بیکر بنات کلسیم و سولفات منیزیم بوده و افزایش pH که از واکنش کاتدی نتیجه می شود باعث رسوب شدن کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم می شود:



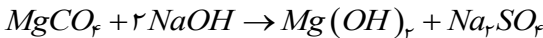
pH کاهش



pH افزایش



شکل ۱-۲



ترکیبات نامحلول فوق اگر بر روی سطح یک فلز که در حال خوردگی است و یا در میان ناپیوستگی های یک روکش رسوب کنند به عنوان یک لایه عمل می کنند که مخصوصاً سطح فلز را از محیط جدا می سازد. همین بررسی در مورد

محصولات خوردگی نامحلول حاصل از سطح فلز یا روکش آن نیز صادق است.

## اشکال خوردگی

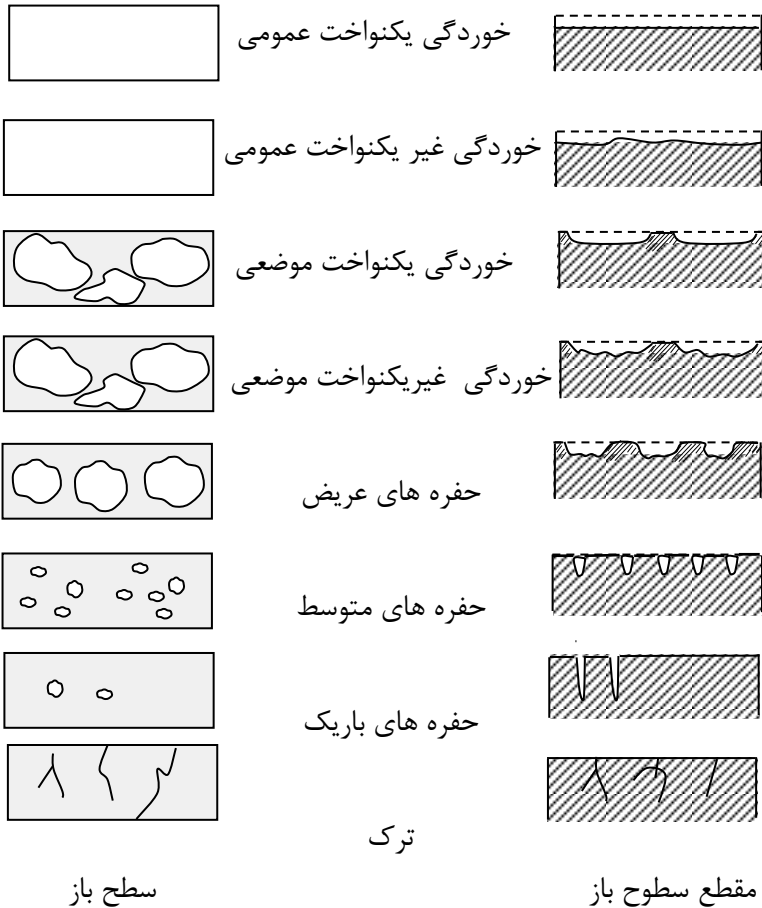
اگر خوردگی به طور یکنواخت در تمام سطح فلز گسترده شده و سرعت خوردگی از یک رابطه خطی پیروی کند می توان آنرا برحسب کاهش وزن فلز در واحد سطح در واحد زمان تعریف کرد. واحدهای مختلفی برای این منظور به کار می رود و دو واحد مهم عبارتند از:

$$\text{میلی گرم بردسی متر مربع برروز } mg \text{ } dm^{-2} d^{-1}$$

$$\text{گرم برمتر مربع برروز } g \text{ } m^{-2} d^{-1}$$

اگر چگالی فلز را هم به حساب آوریم این واحدها را می توان به سرعت نفوذ تبدیل کرد، واحدهای نمونه عبارتند از میلی متر در سال و اینچ در سال.

اگر خوردگی یکنواخت باشد می توان آن را برحسب سرعت تعریف کرد و وسیله ای برای پیش بینی عمق نفوذ در فلز بعد از هر زمان از پیش تعیین شده ای به دست آورد. اگر چه خوردگی یکنواخت زیان آور بوده ولی قابل پیش بینی است و در طراحی سازه ها معمولاً حد مجاز خوردگی در نظر گرفته می شود. خوردگی یکنواخت (یا تقریباً یکنواخت) بیشتر در محیط های اسیدی و برای بعضی از فلزات در محیط طبیعی ایجاد می شود. به هر حال، در بسیاری از سیستم های دو گانه فلز/ محیط، خوردگی موضعی است، گرچه تمام سطح فلز خورده می شود ولی بعضی از قسمت ها سریع تر از نقاط دیگر خورده می شود. از طرف دیگر قسمت اعظم تقریباً سالم می ماند در حالیکه قسمت های کوچکی با سرعت زیاد خورده شده و باعث نفوذ در داخل فلز می گردد و اگر ضخامت فلز ناچیز باشد سوراخ می شود (شکل ۳-۱). این نوع خوردگی که در آن قطر محل خورده شده کمتر از عمق نفوذ باشد «حفره خوردگی» نامیده می شود که زیان بارتر از خوردگی یکنواخت است چون شکل و سرعت خوردگی غیرقابل پیش بینی است. واضح است که تعیین کاهش وزن اطلاعات نادرستی به دست می دهد زیرا ممکن است که کاهش وزن فلزی که به عنوان مخزن به کار گرفته شده است ناچیز باشد ولی سوراخی در آن ایجاد شده باشد که زیان بیشتری را موجب گردد.



سطح باز

مقطع سطوح باز

(در طول محور)

شکل ۱-۳ اشکال خوردگی

به طور کلی خوردگی موضعی یکنواخت است که سیستم فلز / محیط همگن باشد یعنی فلز در ترکیب و ماهیت (دما، غلظت اکسیژن، pH و غیره) یکنواخت بوده و سرعت تاثیر محیط در تمام سطح فلز یکسان باشد. برعکس، ناهمگنی ها در فلز و یا محیط باعث ایجاد خوردگی موضعی خواهد شد، هرچند شدت حمله به سیستم مورد مطالعه بستگی دارد. در مورد فلزات و