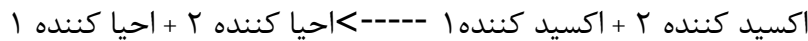
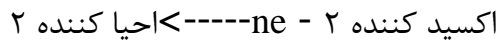
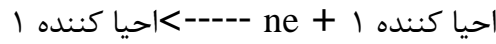


## اکسیداسیون-احیا :

واکنشی را که در آن، تبادل الکترون صورت می‌گیرد، واکنش اکسیداسیون-احیا (Oxidation-reduction) نامیده می‌شود.

## تبادل الکترونی :



پس در نتیجه تبادل الکترونی بین یک اکسید کننده و یک احیا کننده یک واکنش شیمیایی رخ می‌دهد.

## فرآیند اکسیداسیون (اکسایش) :

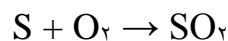
فرآیندی است که در آن یک جسم (اکسید کننده) الکترون می‌گیرد و عدد اکسایش یک اتم افزایش می‌یابد.

## فرآیند احیا (کاهش) :

فرآیندی است که در آن یک جسم (احیا کننده) الکترون از دست می‌دهد و عدد اکسایش یک اتم کاهش می‌یابد.

## مثالی از واکنشهای اکسایش و کاهش :

بر این اساس ، واکنش زیر یک واکنش اکسایش و کاهش می‌باشد. چون عدد اکسایش اتم S از صفر به ۴+ افزایش پیدا می‌کند و می‌گوییم گوگرد اکسید شده است و عدد اکسایش اتم O از صفر به ۲- کاهش پیدا کرده است و می‌گوییم اکسیژن کاهش یافته شده است.



که در آن ، در طرف اول عدد اکسیداسیون هر دو ماده صفر و در طرف دوم ، عدد اکسیداسیون گوگرد در ترکیب ۴+ و اکسیژن ، ۲- است.

اما در واکنش زیر اکسایش- کاهش انجام نمی‌شود، زیرا تغییری در عدد اکسایش هیچ یک از اتمها به وجود نیامده است :

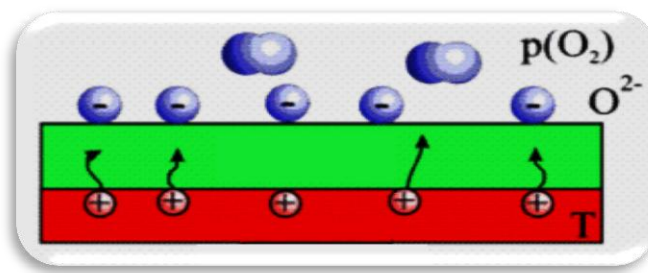


که در  $\text{SO}_2$  ، عدد اکسیداسیون S و O بترتیب ، ۴+ و ۲- و در آب ، عدد اکسیداسیون H و O بترتیب ۱+ و ۲- و در اسید در طرف دوم ، عدد اکسیداسیون H و S و O بترتیب ، ۱+ ، ۴+ و ۲- است .

## عامل اکسنده و عامل کاهنده :

با توجه به چگونگی نسبت دادن اعداد اکسایش ، واضح است که نه عمل اکسایش و نه عمل کاهش بتنهايي انجام پذیر نیستند. چون یک ماده نمی تواند کاهیده شود مگر آن که همزمان ماده ای دیگر ، اکسید گردد، ماده کاهیده شده ، سبب اکسایش است و لذا عامل اکسنده نامیده می شود و ماده ای که خود اکسید می شود، عامل کاهنده می نامیم.

بعلاوه در هر واکنش ، مجموع افزایش اعداد اکسایش برخی عناصر ، باید برابر مجموع کاهش عدد اکسایش عناصر دیگر باشد. مثلا در واکنش گوگرد و اکسیژن، افزایش عدد اکسایش گوگرد ، ۴ است. تقلیل عدد اکسایش ، ۲ است، چون دو اتم در معادله شرکت دارد، کاهش کل ، ۴ است.



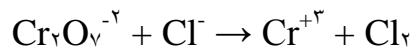
## موازنه معادلات اکسایش - کاهش :

دو روش برای موازنه واکنشهای اکسایش-کاهش بکار برده می شود: روش یون-الکترون و روش عدد اکسایش.

### روش یون - الکترون برای موازنه معادلات اکسایش - کاهش :

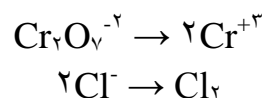
در موازنه معادلات به روش یون - الکترون ، دو دستور کار که کمی با هم متفاوت اند، مورد استفاده قرار می گیرد. یکی برای واکنشهایی که در محلول اسیدی انجام می گیرد و دیگری برای واکنشهایی که در محلول قلیایی صورت می پذیرد.

➤ مثالی برای واکنشهایی که در محلول اسیدی رخ می دهد، عبارت است :



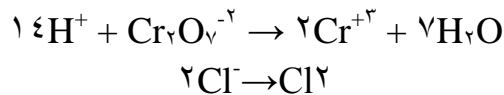
این واکنش موازنه نشده ، طی عملیات زیر موازنه می شود :

ابتدا معادله را به صورت دو معادله جزئی که یکی برای نشان دادن اکسایش و دیگری برای نشان دادن کاهش است، تقسیم کرده و عنصر مرکزی را در هر یک از این نیم واکنش ها موازنه می کنیم :

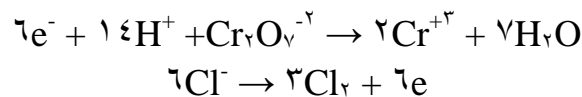


اتمهای O و H را موازنه می کنیم. در سمتی که کمبود اکسیژن دارد، به ازای هر اکسیژن یک H<sub>2</sub>O اضافه می کنیم و در سمتی که کمبود هیدروژن دیده می شود، با افزودن تعداد مناسب H<sup>+</sup> آن را جبران می کنیم.

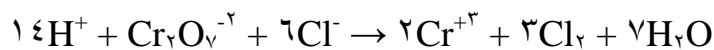
در مثال بالا، طرف راست ، معادله جزئی اول ۷ اتم اکسیژن کم دارد، پس به طرف مزبور  $7H_2O$  افزوده می‌شود. پس اتمهای H معادله جزئی اول را با اضافه کردن چهارده  $H^+$  به طرف چپ معادله، موازنه می‌کنیم. معادله جزئی دوم ، بصورت نوشته شده ، از لحاظ جرمی ، موازنه است :



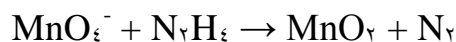
در مرحله بعد ، باید معادلات جزئی را از نظر بار الکتریکی موازنه می‌کنیم. در معادله جزئی جمع جبری بار الکتریکی طرف چپ برابر  $+12$  و در طرف راست  $+6$  است. ۶ الکترون به سمت چپ اضافه می‌شود تا موازنه بار برای معادله جزئی اول حاصل شود. معادله دوم با افزودن دو الکترون به طرف راست ان موازنه می‌شود، ولی چون تعداد الکترونها از دست‌رفته در یک معادله جزئی باید برابر تعداد الکترونها بدست آمده در معادله جزئی دیگر باشد، بنابراین طرفین معادله جزئی دوم را در ۳ ضرب می‌کنیم :



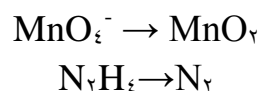
➤ معادله نهایی ، با افزایش دو معادله جزئی و حذف الکترونها بدست می‌آید :



➤ مثالی برای واکنش هایی که در محلول قلیایی صورت می‌گیرد :

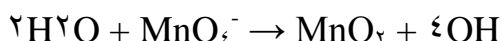


➤ معادله به دو معادله جزئی تقسیم می‌شود:

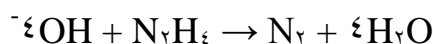


برای موازنه H و O در این واکنش‌ها ، درسمتی که کمبود اکسیژن دارد، به ازای هر اتم اکسیژن  $2OH^-$  و سمت دیگر یک  $H_2O$  اضافه می‌کنیم و در سمتی که کمبود هیدروژن دارد به ازای هر اتم هیدروژن ،

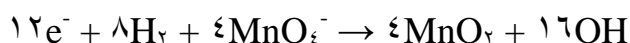
یک  $H_2O$  و در سمت مقابل یک  $OH^-$  اضافه می‌کنیم. سمت راست معادله جزئی اول دو اتم  $O$  کم دارد. لذا  $4OH^-$  به سمت راست و  $H_2O_2$  به سمت چپ می‌افزاییم:



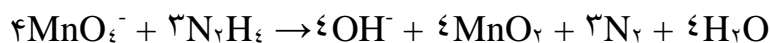
➤ برای موازنه جرمی معادله جزئی دوم، باید چهار اتم هیدروژن به سمت راست اضافه کنیم، لذا  $4H_2O$  به سمت راست و  $4OH^-$  به سمت چپ اضافه می‌کنیم:



برای موازنه بار الکتریکی، هر جا لازم است، الکترون اضافه می‌کنیم و در این جا بطرف چپ معادله جزئی اول، سه الکترون و بطرف چپ معادله جزئی دوم، چهار الکترون افزوده می‌شود و برای موازنه کردن الکترونها بدست آمده و از دست رفته، ضرب مشترک گرفته و معادله اول را در ۴ و معادله دوم را در ۳، ضرب می‌کنیم:

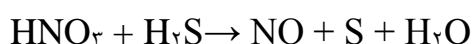


➤ جمع دو معادله جزئی، معادله نهایی را بدست می‌دهد:

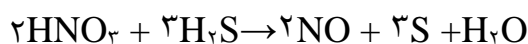


روش عدد اکسایش برای موازنه واکنشهای اکسایش- کاهش:

موازنه شامل سه مرحله است. برای مثال واکنش نیتریک اسید و هیدروژن سولفید را در نظر می‌گیریم. معادله موازنه نشده به قرار زیر است:

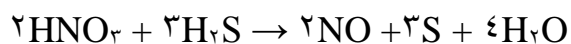


برای تشخیص اتمهایی که کاهش یا اکسید شده می‌شوند، اعداد اکسایش آنها را از معادله بدست می‌آوریم: نیتروژن کاهش شده (از +۵ به +۲، کاهش معادل ۳ در عدد اکسایش) و گوگرد اکسید شده است (از -۲ به صفر، یعنی افزایش معادل ۲ در عدد اکسایش). برای آن که مجموع کاهش در اعداد اکسایش برابر با مجموع افزایش این اعداد باشد، ضرایبی متناسب به هر ترکیب نسبت می‌دهیم:



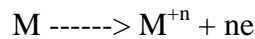
موازنه معادله را، با بررسی دقیقتر، کامل می‌کنیم. در مراحل پیشین تنها موازنه موادی مطرح شد که اعداد

اکسایش آنها تغییر می‌کند. در این مثال ، هنوز ضریبی برای  $H_2O$  در نظر گرفته نشده است. ولی ملاحظه می‌شود که در سمت چپ واکنش ۸ اتم H وجود دارد. همان سمت ۴ اتم O نیز اضافی دارد. بنابراین ، برای تکمیل موازنه ، باید در سمت راست معادله ،  $4H_2O$  نشان داده شود:



پس معادلات اکسایش- کاهش مانند واکنش‌های الکتروشیمیایی و واکنش‌های یونی را می‌توان با یکی از دو روش نامبرده موازنه کرد.

خوردگی (Corrosion)، اثر تخریبی محیط بر فلزات و الیاژها می‌باشد. خوردگی، پدیده‌ای خودبه‌خودی است و همه مردم در زندگی روزمره خود، از بدو پیدایش فلزات با آن روبرو هستند. در اثر پدیده خودبه‌خودی، فلز از درجه اکسیداسیون صفر تبدیل به گونه‌ای با درجه اکسیداسیون بالا می‌شود.



در واقع واکنش اصلی در انهدام فلزات، عبارت از اکسیداسیون فلز است.



## تخریب فلزات با عوامل غیر خوردگی :

فلزات در اثر اصطکاک، سایش و نیروهای وارده دچار تخریب می‌شوند که تحت عنوان خوردگی مورد نظر ما نیست.

## فرایند خودبه‌خودی و فرایند غیر خودبه‌خودی

خوردگی یک فرایند خودبخودی است، یعنی به زبان ترمودینامیکی در جهتی پیش می‌رود که به حالت پایدار برسد. البته  $M^{+n}$  می‌تواند به حالت‌های مختلف گونه‌های فلزی با اجزای مختلف ظاهر شود. اگر آهن را در اتمسفر هوا قرار دهیم، زنگ می‌زند که یک نوع خوردگی و پدیده‌ای خودبه‌خودی است. انواع مواد هیدروکسیدی و اکسیدی نیز می‌توانند محصولات جامد خوردگی باشند که همگی گونه فلزی هستند. پس در اثر خوردگی فلزات در یک محیط که پدیده‌ای خودبه‌خودی است، اشکال مختلف آن ظاهر می‌شود.

بندرت می‌توان فلز را بصورت فلزی و عنصری در محیط پیدا کرد و اغلب بصورت ترکیب در کانیها و بصورت کلریدها و سولفیدها و غیره یافت می‌شوند و ما آنها را بازیابی می‌کنیم. به عبارت دیگر، با استفاده از روش‌های مختلف، فلزات را از آن ترکیبات خارج می‌کنند. یکی از این روشها، روش احیای فلزات است. بعنوان مثال، برای بازیابی مس از ترکیبات آن، فلز را بصورت سولفات مس از ترکیبات آن خارج می‌کنیم یا اینکه آلومینیوم موجود در طبیعت را با روش‌های شیمیایی تبدیل به اکسید آلومینیوم می‌کنند و سپس با روش‌های الکترولیز می‌توانند آن را احیا کنند.

برای تمام این روشها ، نیاز به صرف انرژی است که یک روش و فرایند غیرخودبه خودی است و یک فرایند غیرخودبه خودی هزینه و مواد ویژه ای نیاز دارد. از طرف دیگر ، هر فرایند غیر خودبه خودی درصدد است که به حالت اولیه خود بازگردد، چرا که بازگشت به حالت اولیه یک مسیر خودبه خودی است. پس فلزات استخراج شده میل دارند به ذات اصلی خود باز گردند. در جامعه منابع فلزات محدود است و مسیر برگشت طوری نیست که دوباره آنها را بازگرداند. وقتی فلزی را در اسید حل می کنیم و یا در و پنجره دچار خوردگی می شوند، دیگر قابل بازیابی نیستند. پس خوردگی یک پدیده مضر و ضربه زننده به اقتصاد است.

## جنبه های اقتصادی فرایند خوردگی :

برآوردی که در مورد ضررهای خوردگی انجام گرفته، نشان می دهد سالانه هزینه تحمیل شده از سوی خوردگی ، بالغ بر ۵ میلیارد دلار است. بیشترین ضررهای خوردگی ، هزینه هایی است که برای جلوگیری از خوردگی تحمیل می شود.

## پوششهای رنگها و جلاها :

ساده ترین راه مبارزه با خوردگی ، اعمال یک لایه رنگ است. با استفاده از رنگها بصورت آستر و رویه ، می توان ارتباط فلزات را با محیط تا اندازه ای قطع کرد و در نتیجه موجب محافظت تاسیسات فلزی شد. به روشهای ساده ای می توان رنگها را بروی فلزات ثابت کرد که می توان روش پاششی را نام برد. به کمک روشهای رنگ دهی ، می توان ضخامت معینی از رنگها را روی تاسیسات فلزی قرار داد. آخرین پدیده در صنایع رنگ سازی ساخت رنگهای الکتروستاتیک است که به میدان الکتریکی پاسخ می دهند و به این ترتیب می توان از پراکندگی و تلف شدن رنگ جلوگیری کرد.

## پوششهای فسفاتی و کروماتی :

این پوششها که پوششهای تبدیلی نامیده می شوند، پوششهایی هستند که از خود فلز ایجاد می شوند. فسفاتها و کروماتها نامحلول اند. با استفاده از محلولهای معینی مثل اسید سولفوریک با مقدار معینی از نمکهای فسفات ، قسمت سطحی قطعات فلزی را تبدیل به فسفات یا کرومات آن فلز می کنند و در نتیجه ، به سطح قطعه فلز چسبیده و بعنوان پوششهای محافظ در محیطهای خنثی می توانند کارایی داشته باشند. این پوششها بیشتر به این دلیل فراهم می شوند که از روی آنها بتوان پوششهای رنگ را بر روی قطعات فلزی بکار برد. پس پوششهای فسفاتی ، کروماتی ، بعنوان آستر نیز در قطعات صنعتی می توانند عمل کنند؛ چرا که وجود این پوشش ، ارتباط رنگ با قطعه را محکم تر می سازد. رنگ کم و بیش دارای تخلخل است و اگر خوب فراهم نشود، نمی تواند از خوردگی جلوگیری کند.

## پوششهای اکسید فلزات :



اکسید برخی فلزات بر روی خود فلزات ، از خوردگی جلوگیری می کند. بعنوان مثال ، می توان تحت عوامل کنترل شده ، لایه ای از اکسید آلومینیوم بر روی آلومینیوم نشانند. اکسید آلومینیوم رنگ خوبی دارد و اکسید آن به سطح فلز می چسبد و باعث می شود که اتمسفر به آن اثر نکرده و مقاومت خوبی در مقابل خوردگی داشته باشد. همچنین اکسید آلومینیوم رنگ پذیر است و می توان با الکترولیز و غوطه وری ، آن را رنگ کرد. اکسید آلومینیوم دارای تخلخل و حفره های شش وجهی است که با الکترولیز ، رنگ در این حفره ها قرار می گیرد. همچنین با پدیده الکترولیز ، آهن را به اکسید آهن سیاه رنگ (البته بصورت کنترل شده) تبدیل می کنند که مقاوم در برابر خوردگی است که به آن "سیاه کاری آهن یا فولاد" می گویند که در قطعات یدکی ماشین دیده می شود.

## پوششهای گالوانیزه :

گالوانیزه کردن (Galvanizing) ، پوشش دادن آهن و فولاد با روی است. گالوانیزه ، بطرق مختلف انجام می گیرد که یکی از این طرق ، آبکاری با برق است. در آبکاری با برق ، قطعه ای که می خواهیم گالوانیزه کنیم، کاتد الکترولیز را تشکیل می دهد و فلز روی در آند قرار می گیرد. یکی دیگر از روشهای گالوانیزه ، استفاده از فلز مذاب یا روی مذاب است. روی دارای نقطه ذوب پایینی است. در گالوانیزه با روی مذاب آن را بصورت مذاب در حمام مورد استفاده قرار می دهند و با استفاده از غوطه ور سازی فلز در روی مذاب ، لایه ای از روی در سطح فلز تشکیل می شود که به این پدیده ، غوطه وری داغ (Hot dip galvanizing) می گویند. لوله های گالوانیزه در ساخت قطعات مختلف ، در لوله کشی منازل و آبرسانی و ... مورد استفاده قرار می گیرند.

## پوششهای قلع :

قلع از فلزاتی است که ذاتا براحتی اکسید می شود و از طریق ایجاد اکسید در مقابل اتمسفر مقاوم می شود و در محیطهای بسیار خورنده مثل اسیدها و نمکها و ... بخوبی پایداری می کند. به همین دلیل در موارد حساس که خوردگی قابل کنترل نیست، از قطعات قلع یا پوششهای قلع استفاده می شود. مصرف زیاد این نوع پوششها ، در صنعت کنسروسازی می باشد که بر روی ظروف آهنی این پوششها را قرار می دهند.

## پوششهای کادمیم :

این پوششها بر روی فولاد از طریق آبگیری انجام می گیرد. معمولا پیچ و مهره های فولادی با این فلز ، روکش داده می شوند.

## فولاد زنگ نزن :

این نوع فولاد ، جزو فلزات بسیار مقاوم در برابر خوردگی است و در صنایع شیر آلات مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع فولاد ، آلیاژ فولاد با کروم می باشد و گاهی نیکل نیز به این آلیاژ اضافه می شود.



## حفاظت کاتدی :

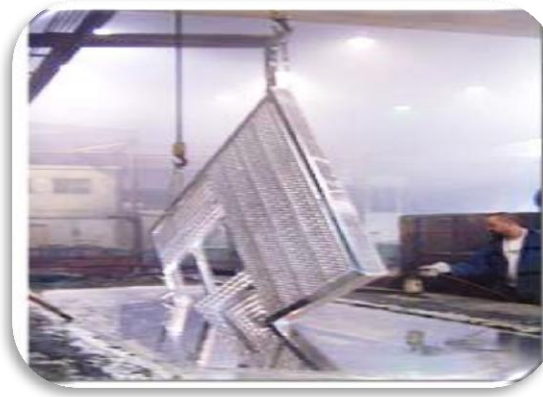


### عملیات گالوانیزاسیون ، از روشهای حفاظت کاتدی :

بطور کلی ، فلزات سه دسته‌اند. یک دسته ، آنهایی که مثلاً طلا و پلاتین ، در مجاورت هوا اکسید نمی‌شوند و نیازی به محافظت ندارند. دسته دوم ، آنهایی که وقتی در مجاورت هوا قرار می‌گیرند، اتمهای سطحشان اکسید می‌شوند، ولی اکسید آنها مقاوم است و چسبیده به فلز باقی می‌ماند و خود لایه محافظی برای فلز می‌شود. این گونه فلزات هم نیازی به محافظت ندارند. مثل Zn ، Al ، CO ، Ni ، Sn ، Cr و نظیر آنها. دسته سوم فلزاتی که وقتی سطح آنها در مجاورت هوا اکسید می‌گردد، اکسید آنها متخلخل است و به فلز نمی‌چسبد و از بدنه فلز کنده می‌شود که فلز به تدریج فاسد شده ، از بین می‌رود؛ مثل آهن. اینگونه فلزات را به روشهای متفاوت از زنگ زدن محافظت می‌نمایند، روشهایی مثل رنگ زدن ، زدن ضد زنگ ، چرب کردن سطح فلز بوسیله یک ماده روغنی مانند گریس ، لعاب دادن ، آب فلز کاری و حفاظت کاتدی.

### اصول حفاظت کاتدی (Ad Options, Ad by PlusHDV) :

در کنار فلز فاسد شدنی ، یک فلز با پتانسیل احیاء کمتر قرار می‌دهند تا اگر این دو فلز باهم یک پیل الکتروشیمیایی تشکیل دادند، فلز دارای E احیای بیشتر، در نقش کاتد پیل قرار گیرد و خورده نشود. در این پیل ، فلز دارای E کمتر خورده می‌شود و فلز مقابلش را از خطر زنگ زدن می‌رهاند. این طریقه حفاظت را حفاظت کاتدی می‌نامند. امروزه ، بدنه کشتیها ، پایه‌های اسکله‌ها و لوله‌های انتقال نفت و گاز را که در زیر زمین کار می‌گذارند، با همین روش حفاظت می‌نمایند. مثلاً در کنار آهن ، فلز منیزیم قرار می‌دهند که منیزیم ، الکترون می‌دهد و خورده می‌شود.



گالوانیزاسیون به روش غوطه‌وری :

آب فلز کاری :

آب کاری فلزات به دو روش صورت می‌گیرد :

گالوانیزاسیون :

در این روش ، فلز فاسد شدنی را در مذاب یک فلز فاسد نشدنی فرو می‌برند و بیرون می‌آورند تا سطح آن از یک لایه فلز فاسد نشدنی پوشیده شود. مثلا ورقه‌های نازک آهنی را در مذاب فلز روی فرو می‌برند و بیرون می‌آورند تا سطح آنها از فلز روی پوشیده شود و به این طریق ورقه‌های آهن سفید یا آهن گالوانیزه تهیه می‌نمایند که در ساختن لوازمی مثل لوله بخاری ، کانال کولر ، شیروانی منازل و از این قبیل بکار می‌رود. لوله‌های آب هم ، آهن سفید هستند.

اگر ورقه‌های آهنی را در قلع مذاب بزنیم و بیرون آوریم و سطح آنها را قلع اندود کنیم، حلبی بدست می‌آید که از آن در ساختن قوطی مواد غذایی ، نظیر کنسروها استفاده می‌گردد.

الکترولیز :

در این روش ، فلز آب گیرنده یا فاسد شدنی را بجای کاتد و فلز پوشش دهنده را بجای آند قرار می‌دهند و در ظرف الکترولیز ، محلولی از یک نمک فلز آب دهنده (فلز پوشش دهنده) را به عنوان الکترولیت می‌ریزند. با برقراری جریان ، اتمهای فلز آب دهنده (فلز پوشش دهنده) به صورت یون مثبت از آند کنده می‌شود و از طریق الکترولیت ، بطرف کاتد یا آب گیرنده (فلز مورد آبکاری) رفته ، از آن الکترون می‌گیرند و مجدداً به صورت فلز در آمده ، بر سطح فلز (مورد آبکاری) می‌نشینند و تمامی سطح آن را می‌پوشانند.

به عنوان نمونه در آب فلز کاری یک قاشق مسی در نقش کاتد و نقره در نقش آند است. قاشق مسی را به کاتد وصل می‌کنیم و الکترولیت می‌تواند محلول نیترات نقره باشد. اتمهای نقره به صورت یون  $Ag^+$  از ورقه نقره‌ای جدا شده و بسوی قاشق مسی می‌روند. از آن الکترون می‌گیرند و به صورت اتم  $Ag$  در آمده بر سطح قاشق می‌نشینند.

زیرا با این که در آب ، یون  $H^+$  هم وجود دارد، یونهای  $Ag^+$  در رقابت با یونهای  $H^+$  برنده می‌شوند و به کاتد می‌روند. در رقابت میان یونهای  $NO_3^-$  ،  $OH^-$  نیز یونهای  $OH^-$  برنده شده ، به آند می‌روند و الکترون اضافی خود را از دست داده و گاز اکسیژن تولید می‌نمایند.



## ظرف الکترولیز

تفاوت آهن گالوانیزه و حلبی (Ads by PlusHDV١,٨Ad Options) :

اگر سطح آهن سفید خراش بردارد، آهن و روی باهم پیل الکتروشیمیایی تشکیل می‌دهند. در این پیل ، روی خورده می‌شود، زیرا پتانسیل احیاء روی از پتانسیل احیاء آهن کمتر است. اما اگر سطح حلبی خراش بردارد، قلع و آهن باهم پیل الکتروشیمیایی تشکیل می‌دهند. در این پیل ، آهن خورده می‌شود، زیرا پتانسیل احیاء قلع از پتانسیل احیاء آهن بیشتر است و آهن در نقش آند پیل عمل می‌کند و از بین می‌رود که این طریقه زنگ زدن را زنگ زدن الکتروشیمیایی می‌نامند.

## روئین شدن :

باید بدانیم که آهن ، در محیط مرطوب و اکسیژن‌دار زنگ می‌زند و زنگ تولید شده ، اکسید آهن III آبدار است که فرمول آن را معمولاً بصورت  $2Fe_2O_3$  و  $3H_2O$  می‌نویسند. چون مقدار آب آن در همه موارد یکسان نیست، اغلب موارد آن را به صورت  $Fe_2O_3$  و  $xH_2O$  نشان می‌دهند. محیط اسیدی (مثلاً هوای دارای  $H_2S$  و  $SO_2$ ) در مجاورت با فلزی که تمایل کمتری برای از دست دادن الکترون دارد، به زنگ زدن یک فلز کمک می‌نماید.

روئین شدن یا پاسیو شدن بعضی از فلزات را مربوط به تشکیل لایه‌ای از اکسید می‌دانند که سطح فلز را می‌پوشاند و در اسید حل نمی‌شود. در مورد آهن که اکسید مغناطیسی  $Fe_3O_4$  تشکیل می‌دهد، این اکسید در بعضی اسیدها حل نمی‌شود.