

آیا می‌دانستید با عضویت در سایت جزوه بان می‌توانید به صورت رایگان جزوات و نمونه

سوالات دانشگاهی را دانلود کنید؟؟

فقط کافیست روی لینک زیر ضربه بزنید



[ورود به سایت جزوه بان](#)

Jozveban.ir

telegram.me/jozveban

sapp.ir/sopnuu

جزوات و نمونه سوالات پیام نور



@sopnuu

jozveban.ir

خورده‌گی: تخنیب یا اندام یک ماده در اثر واکنش با محیط اطراف.
* خورده‌گی شامل تمامی مواد می‌باشد.

* در بعضی از منابع خورده‌گی را مفهومی فلزات می‌دانند ولی تعریف کامل یعنی خورده‌گی در تمام مواد اعمی دهد مثل خراب شدن لاستیک در معرض خورشید یا خوردن مذاب با سرامیک و...

* بیشترین کم‌ترین این در مس و آلومینوم فلزات است.

سخت خورده‌گی
کند ← مثل حرکت قطار. آلومینوم ریل قطار که
در اینصورت هم ریل قطار خورده می‌شود ولی به کندی

تند ← مثل تناس اسید با فلزاتی مانند آهن یا روی که در صورت تناس به

سرعت واکنش ماده و خورده و محل می‌شوند
* بسیار مهم است که بتوانیم طول عمر قطعات را اندازه‌گیری کنیم

و قبل از حوادث قطعات را با قطعات خوب با هم با کنیم تا خسارت به حداقل برسد.

* فرآیند خورده‌گی عکس فرآیند استخراج فلزات است برای مثال وقتی آهن را استخراج می‌کنیم به صورت اکسید آهن است و وقتی طی فرآیند آن را تبدیل به یک قطعه می‌کنیم و پس بعد از گذشت زمان و پایان عمر آن قطعه و وقتی که زنگ زد یا خورده شود دوباره آهن را به صورت اکسید آهن داریم.

* چرا خورده‌گی اتفاق می‌افتد؟

تمام مواد کم‌ماده در تلاش هستند که به حالت پایدارتری برسند یعنی به حداقل انرژی می‌رسند یا همان حداقل ΔG

* اثر ΔG به واکنش مثبت شد یعنی هرگز اتفاق نمی‌افتد

زنگ زدن (Rusting): همان اصطلاح خورده‌گی است که برای فلزات آهنی به کار برده می‌شود.

* هیچ وقت نمی‌توانیم آلومینوم یا مس زنگ زد.

* برای فلزات خیم مانند آلومینوم، مس و... که آکسید نیستند از همان اصطلاح خوردگی استفاده می‌کنیم. **«Corroded»**

* **چرا خوردگی برای جوامع مهم است؟**

- ۱- بعد اقتصادی: دمواره خوردگی خسارت‌های زیادی به کشورها وارد کرده است. کم کم‌های مهم و صنعتی ۳۰ الی ۴۰ درصد تولید ناخالص داخلی به خسارت‌های خوردگی اختصاص داده شده و مایه آن ۲۷۶ میلیارد دلار صرف خسارت‌های خوردگی می‌شود.
- ۲- بعد امنیت: برای مثال خوردگی در قطعات پد هواپیما باعث می‌شود که هواپیما دچار مشکل شود و سقوط کند یا باعث می‌شود یک پیل فرو بریزد که علاوه بر جهت اقتصادی که گفته شد باعث خطر جانی برای انسان‌های شرف و یا خوردگی در زیر و نگاه آبی باعث نشست راه‌آهن و آنتیر شده و جان انسان‌ها به خطر می‌انهد و محیط زیست را برای سال‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- ۳- حفاظت: هم‌چون فلزات، انرژی، آب و تلاش‌های انسان‌ها

کنسرسیوم: سقوط هواپیما، کعبه‌نقطه، نگه‌داری، هزینه‌های تعمیر و...

خوردگی
خوردگی

تعمیر کنسرسیوم: خوابیدن کارخانه، از دست رفتن محصول، نشیفت و آلودگی دریا و محیط زیست و...

نتر (در محلول الکترولیت): الکترولیت محلولی است که حاوی یون‌های باشد (در مای محیط و ماهی جابین)

طبقه بندی
خوردگی

خشک (از مای که فاز مایع وجود نداشته باشد فقط در مای جابین رخ می‌دهد و عامل خورنده پیکار است و گازها هستند)

الکترو شیمیایی : همان خوردگی می باشد.

طبقه بندی خوردگی

شیمیایی (الکیمیایی) : یعنی فلز مستقیم با اکسیژن واکنش دهد که همان خوردگی خشک است.

دما پایین : همان خوردگی می الکترو شیمیایی

طبقه بندی خوردگی

دما بالا : همان خوردگی خشک یا شیمیایی

* ما در این درس فقط خوردگی دما پائین یا الکترو شیمیایی می توانیم.

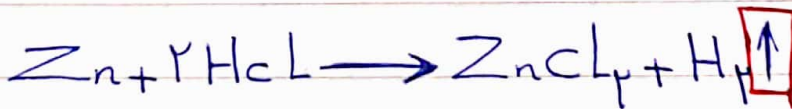
* تمامی محیط ها خورنده هستند.

* میزان خوردگی در محیط های معدنی بیشتر از آلی است.

* مهندسی خوردگی : کاربرد دانش و تکنولوژی جلوگیری یا کنترل خسارت ناشی از خوردگی به روش اقتصادی و مطمئن.

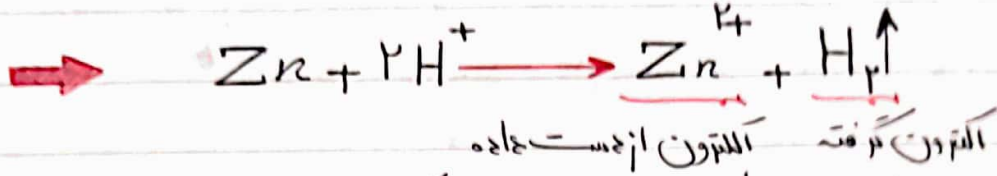
واکنش های شیمیایی : واکنش های شیمیایی که در آن ها الکترون مبادله می شود.

فلز واکنش میدهد فلز روی در اسید کلریدریک

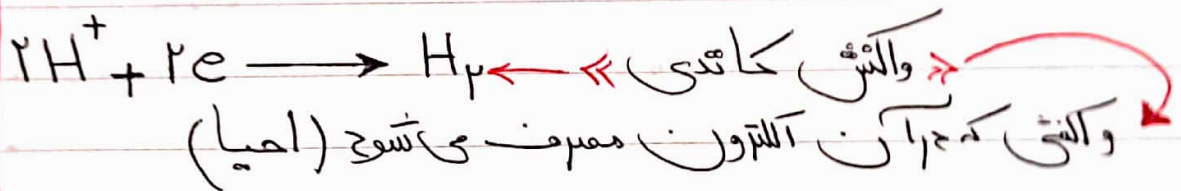


این فلز به معنای خارج شدن است حال اگر این فلز به هست جا باشد یعنی (H₂) به صورت گاز خارج می شود و اگر به هست پائین باشد یعنی به صورت اسید خارج می شود.

* مگر در این واکنش شرکت نمی کند پس می توانیم آن را حذف کنیم



حالی توانیم این واکنش را به صورت دو نیم واکنش بنویسیم:



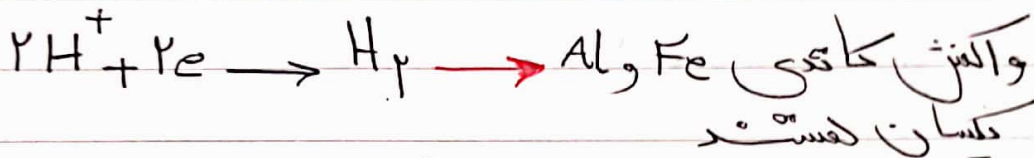
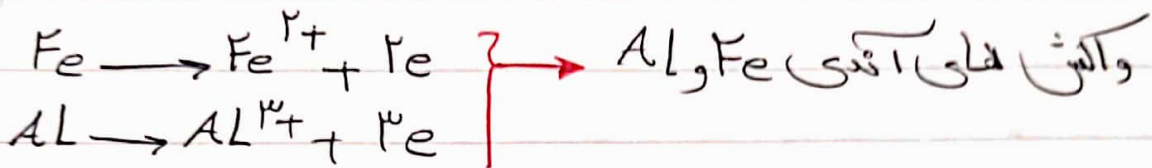
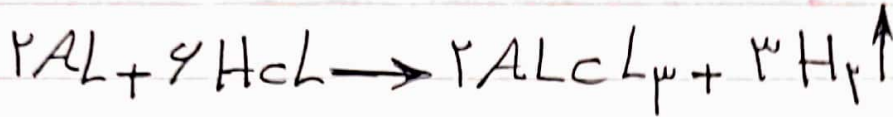
تعیین جرم از واکنش های الکتروشیمیایی: واکنش هایی که می توانیم به صورت جرمی چند واکنش جزئی آندی و کاتدی (الکسداسیون و احیا) بنویسیم.

* یکی از مهم ترین اصول خوردگی این است که سرعت تولید و مصرف الکترون در واکنش های آندی و کاتدی برابر است یعنی با فعلی سرعت نه الکترون هم آنگاه تولید می شود، با همان سرعت در سطح کاتد مصرف می شود.

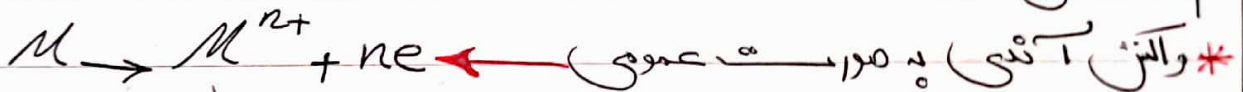
* این مکانیزم خوردگی در مورد اسید های خنثی (اسید سولفوریک، فسفریک، نیتریک، ایتیک و...) نیز صادق است.

* عامل خورنده یا فعال در تمام این واکنش ها یون کلیدوزن می باشد.

* در اینجا واکنش خوردگی آهن و آلومینیوم نیز گفته شده و کاملاً شبیه همان خوردگی روی است؟

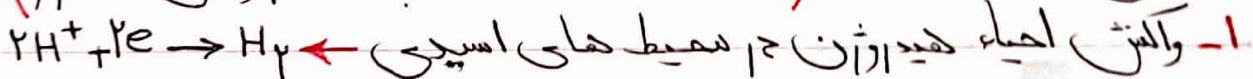


* بین هالیدها مثل فسفات، استات و... در واکنش الکتروشیمیایی شرکت نمی کنند.



که M مخفف متال می باشد. و n ظرفیت فلزی باشد.

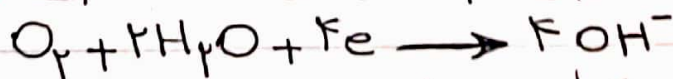
* واکنش های کاتدی (عمدتاً به صورت یک یا چندتا از واکنش های زیر)



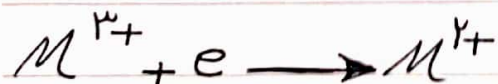
۲- واکنش احیاء اکسیژن در محیط های اسیدی حاوی اکسیژن؟



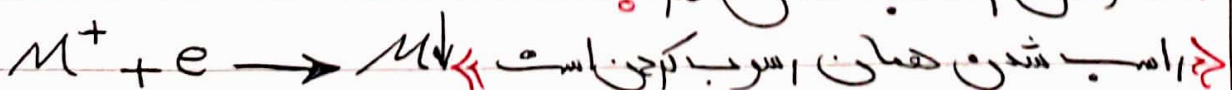
۳- واکنش احیاء اکسیژن در آب یا محیط بازی؟



۴- واکنش احیاء کاتینن های فلزی؟



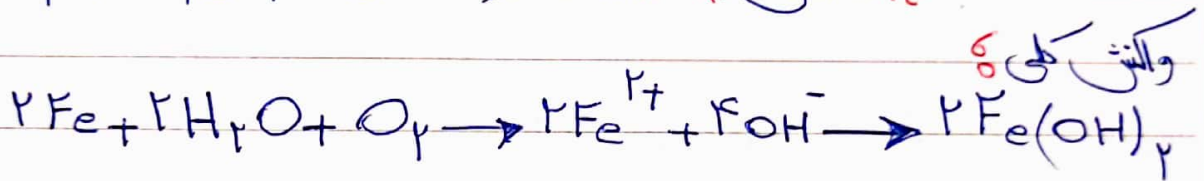
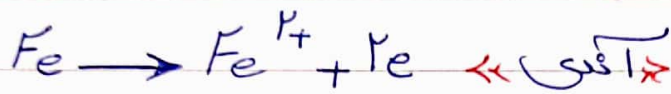
۵- واکنش اسب شدن فلز؟



* فرق شماره ۴ و ۵ این است که در شماره ۴ مایک یون داشتیم و در آن هم یک یون داریم ولی در شماره ۵ یک یون داریم و در آن یک اتم فلزی به صورت اسید کمده داریم.

* واکنش های ۱، ۲، ۳ بسیار مهم هستند و همیشه اینجورند ولی واکنش های ۴، ۵ کمتر دیده می شوند.

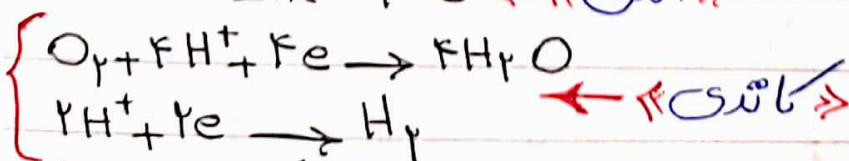
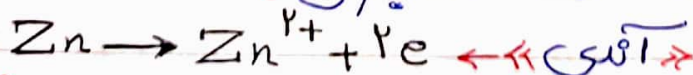
* خوردگی آهن در آب حاوی اکسیژن



سوال) آیا آهن در آب دریا بدون اکسیژن خوردگی می شود؟

خیر، زیرا عامل خوردگی اکسیژن می باشد و اگر نباشد واکنش کاتدی رخ نمی دهد و وقتی واکنش کاتدی رخ ندهد یعنی الکترونی مصرف نمی شود پس در نتیجه الکترونی تولید نمی شود و طبق قانون باید سرعت مصرف و تولید الکترون یکسان باشد که در اینجا اینگونه نیست.

مثال) واکنش Zn در اسید حاوی اکسیژن



در واکنش های کاتدی همیشه مصرف می شود هر چه تعداد واکنش های کاتدی

بیشتر در نتیجه مسرت مصرف الکترون هم بیشتر و هم در مسرت تولید
 الکترون بیشتر در نتیجه مسرت خوردگی افزایش می یابد.
 * مملول امیدی جاری اکسیژن ← خوردنده تر



* حضور یون فریکه Fe^{3+} به عنوان خنثی کننده در اسید، باعث افزایش
 مسرت خوردگی می شود.

روش های کاهش مسرت خوردگی:

- ۱- گالینگ مسرت هم یک از واکنش های آندی یا کاتدی
- ۲- حذف چرن های مختلف از اسید ها و مملول ها
- ۳- قطع ارتباط هوا با مملول های آبی یا حذف هوای حل شده (اکسیژن آبی)
- ۴- پوشش دهی: یک لایه نازک پوشش روی فلز به منظور کاهش
 خوردگی مانند نگ کردن فلز

- ۵- استفاده از بازدارنده های خوردگی: به صورت کلی یعنی
 اضافه کردن مقدار کمی از مواد بازدارنده خوردگی به محیط خوردگی
- ۶- حفاظت کاتدی: الکترون های مورد نیاز واکنش کاتدی را
 تأمین می کنیم در نتیجه خوردگی اتفاق نمی افتد چون الکترونی مصرف
 نمی شود در نتیجه الکترونی تولید هم نمی شود.

۷- افزایش مقاومت الکتریکی محیط خوردنده
 برای مثال آب دریا نسبت به آب مقطر خوردنده تر است
 به این علت که در آب دریا یون های بیشتری نسبت به
 آب مقطر وجود دارد و در نتیجه هدایت الکتریکی آب
 دریا بیشتر است و هم به هدایت الکتریکی بیشتر باشند
 مقاومت الکتریکی کم تر است پس ما باید کار کنیم که
 محیط های خوردگی مقاومت الکتریکی بیشتری داشته باشند

پولاریزاسیون (polarization) :
 اثر سرعت و آتش خوردگی توسط عوامل محیطی کند یا مختل شود،
 اصطلاحاً گفته می شود که آتش خوردگی پولاریزه شده است.

پولاریزاسیون الکترواسیون

انواع پولاریزاسیون

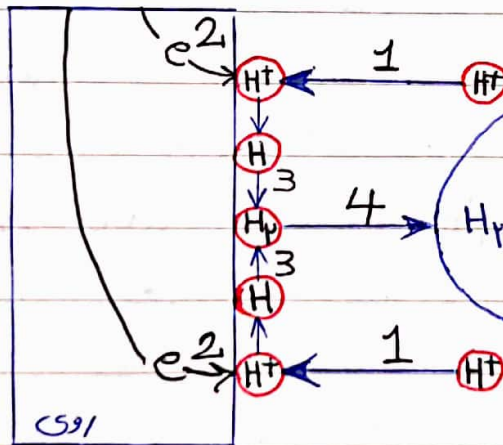
پولاریزاسیون غلظتی

پولاریزاسیون الکترواسیون : زمانی که سرعت خوردگی توسط ترتیب
 مراحل مختلف و آتش روی فصل مشترک فلز و محلول الکترولیت
 (محلول حاوی یون) کنترل شود.

* یک سری و آتش که روی فصل مشترک فلز و محلول اتفاق می افتد،
 چند مرحله ای هستند و ترتیب این مراحل سرعت و آتش کنترل می کند.

* فصل مشترک فلز و محلول یعنی **روی سطح فلز**
 (مثال) و آتش احیاء هیدروژن

۱- جنب سطحی کاتیون های H^+



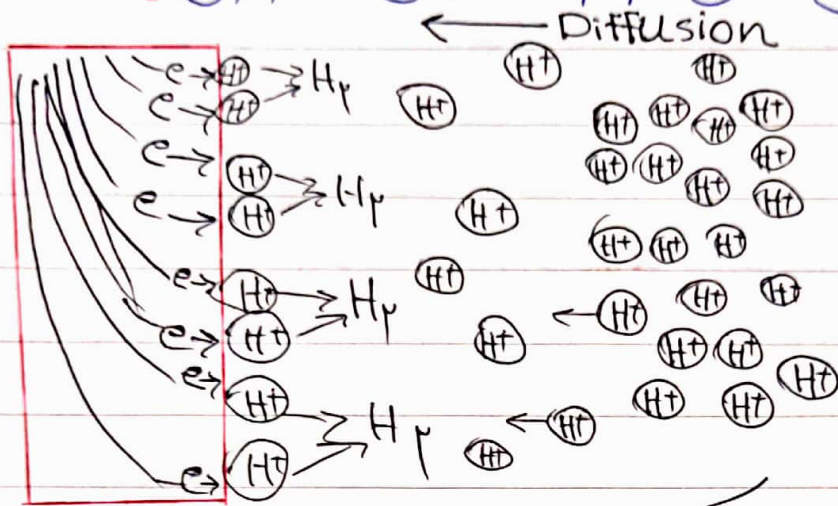
۲- اتصال الکترون و احیاء H^+
 به هیدروژن آتش

۳- به هم پیوستن اتم های هیدروژن
 و تشکیل مولکول H_2

۴- تجمع مولکول های H_2 و تشکیل حباب هیدروژن
 * مرحله ای که از تمام مراحل کندتر باشد، سرعت کنترل می کند

پولاریزاسیون غلطی: زمانی که سرعت واکنش های الکتروشیمیایی (خوردگی) توسط نفوذ (Diffusion) در محلول (الکترولیت) کنترل شود.

مثال) پولاریزاسیون غلطی در مرحله احیای هیدروژن:



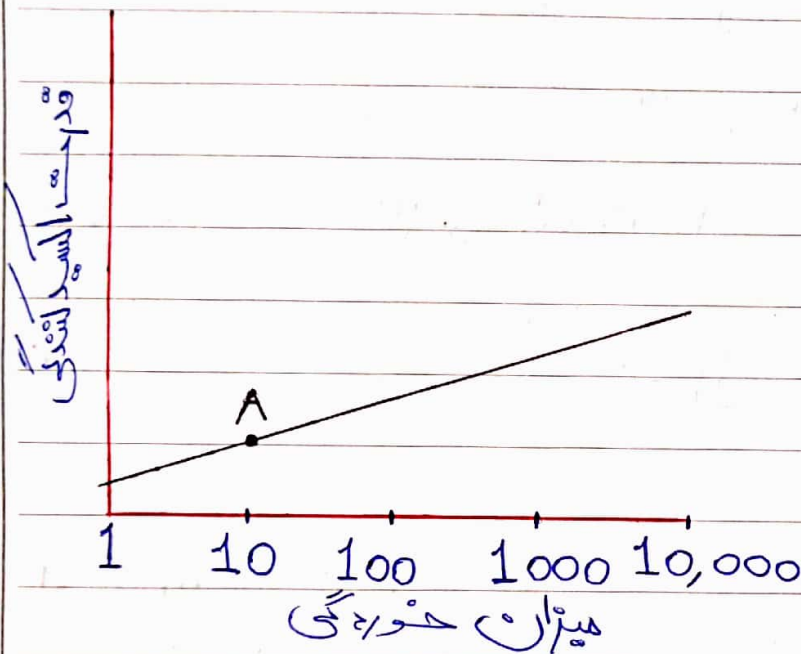
- * باید یون های H^+ نفوذ کنند تا بتوانند به سطح برسند
- * در زمانی که غلظت یون ها کم است
- * نفوذ یون ها در محلول، کنترل کننده سرعت است

تفاوت ها

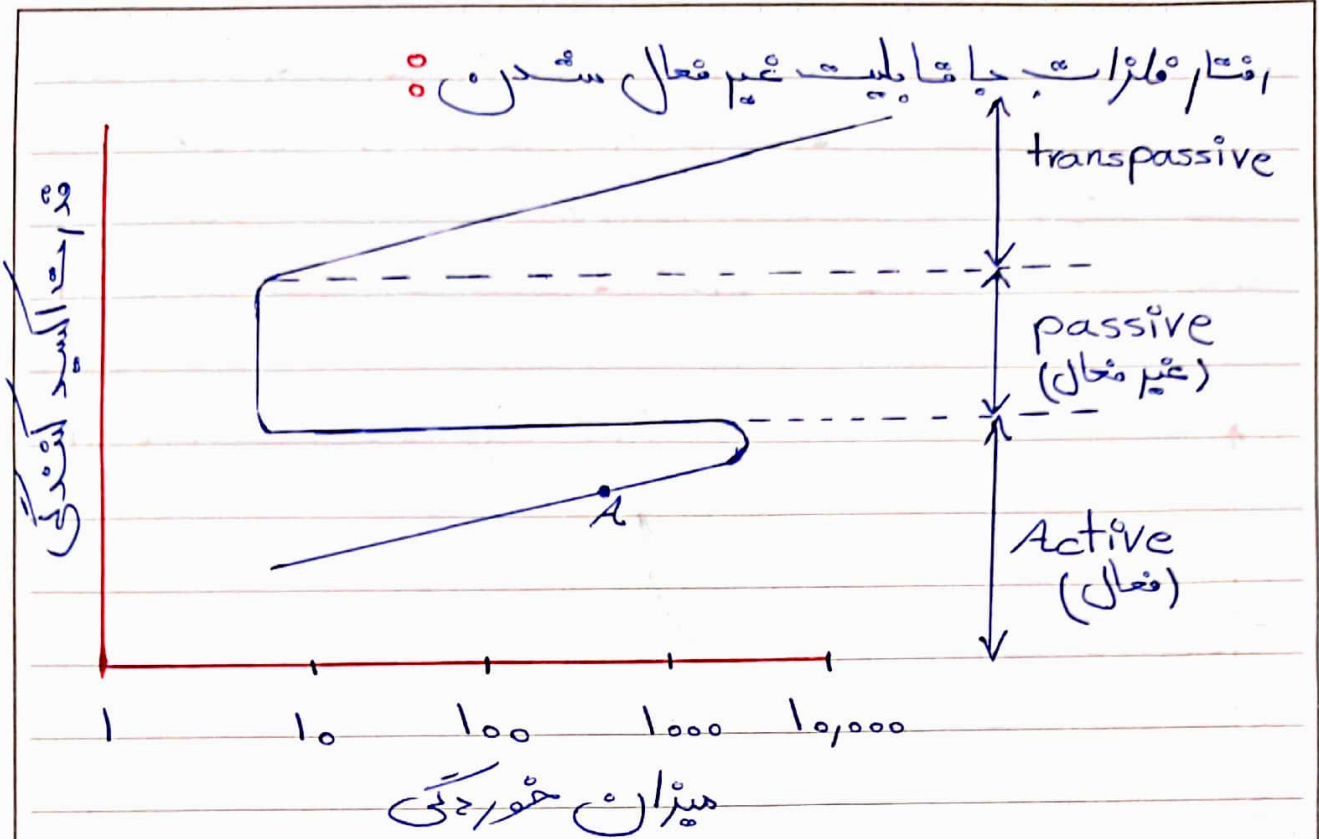
- ۱- پولاریزاسیون الکترواسیون در محلول های حاوی غلظت بالای یون های فعال، کنترل کننده است اما پولاریزاسیون غلطی در محلول های خورنده، دقیق اتفاق می افتد. جایی که غلظت یون های احیاء شونده کم باشد (مثلاً در اسید های رقیق - آب حاوی مقدار کمی آمونیاک).
- ۲- در پولاریزاسیون غلطی واکنش توسط اتفاقاتی که در محلول می افتد کنترل می شود ولی در پولاریزاسیون الکترواسیون واکنش توسط فعل و انفعالاتی که در فصل مشترک ملام و الکترولیت اتفاق می افتد کنترل می شود.
- ۳- پولاریزاسیون غلطی در واکنش های اکسیداسیون (حل شدن فلز در اخل محلول) معمولاً قابل صرف نظر است. فقط برای واکنش های احیاء اهمیت دارد.

غیر فعال شدن یا روپس شدن (passivity):
 ازین رفتن میل به ترکیب شیمیایی که در بعضی از فلزات و آلیاژها
 در دستر ایط خاصی به وجود می آید یعنی رفتاری غیر فعال یا تمب پیدا
 می کنند رفتاری مثل طلا و پلاتین
 فلزات سلفتمانی مانند: آهن، نیکل، کروم، سیلیسیم، تیتانیوم و آلیاژهایشان

رفتار فلز نرمال:
 فرض: فلز در اسید بدون اکسید شدن ← سرعت خوردگی: نقطه A



* با افزایش قدرت اسید کنندگی محیط میزان خوردگی زیاد می شود



* در ناحیه فعال (Active) فلز رفتاری کاملاً مشابه با فلز نرمال دارد.

* در ناحیه غیر فعال (passive)، افزایش عامل اکسید کننده تأثیر بسیار کمی بر سرعت خوردگی دارد.

* خاصیت سوم یا transpassive در واقع شبیه به آن خاصیتی اول یا Active است و فلز با افزایش قدرت اکسید کننده از حالت غیر فعال خارج شده و سرعت خوردگی افزایش می یابد.

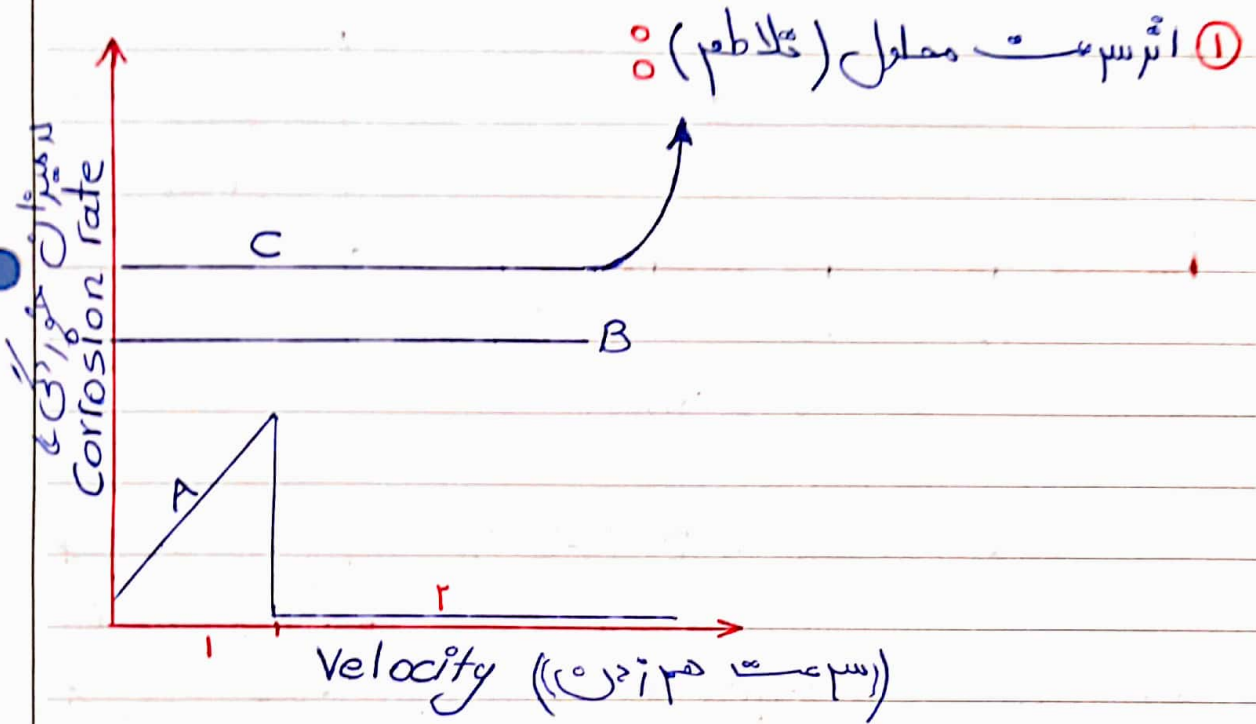
* در حفاظت آندی به فلز یا نسبی وصل می کنیم که آن را در حالت passive نگه داریم.

* چیرا فلز افتار غیر فعال پیدا می کند؟ در قدرت های اکسید کننده متوسط یا زیاد باعث تشکیل یک لایه پوسته یا فیلم سطحی بسیار غازک و چسبنده روی فلز که ضخامت حدود ۳ تا ۱۰ میکرومتر یا کمتر (۳ تا ۱۰ ممت) دارد باعث می شود که فلز در حالت passive باشد.

و در محیط های اکسید کننده بسیار قوی این لایه تصحیب می شود و وارد حالت *trans passive* می شود.

اثر فاکتور های محیطی بر روی سرعت خوردگی:

- ۱- اثر سرعت هم زدن - ۲- اثر دما - ۳- اثر اتصال گالوانایی



منحنی B: در این منحنی واکنش خوردگی توسط پلازیناسیون آلیومین کنترل می شود در نتیجه سرعت تلاطم تاثری بر سرعت خوردگی ندارد. مثل فولاد زنگ نزن ۱۸-۸ در اسید سولفوریک $18Cr-8Ni$ in H_2SO_4 منحنی A: در این شکل منحنی A به صورت کامل کشیده شده است و این امتان دارد که برای یک فلز فقط خامیه ۱ منحنی A اتفاق بیافتد و خامیه ۲ اتفاق نیافتد.

* اگر یک عامل اکسید کننده در مقادیر خیلی کم وجود داشته باشد

برای پلازیناسیون غلظتی داریم که با افزایش سرعت هم زدن کفوف عامل خوردنده افزایش می یابد در نتیجه سرعت خوردگی

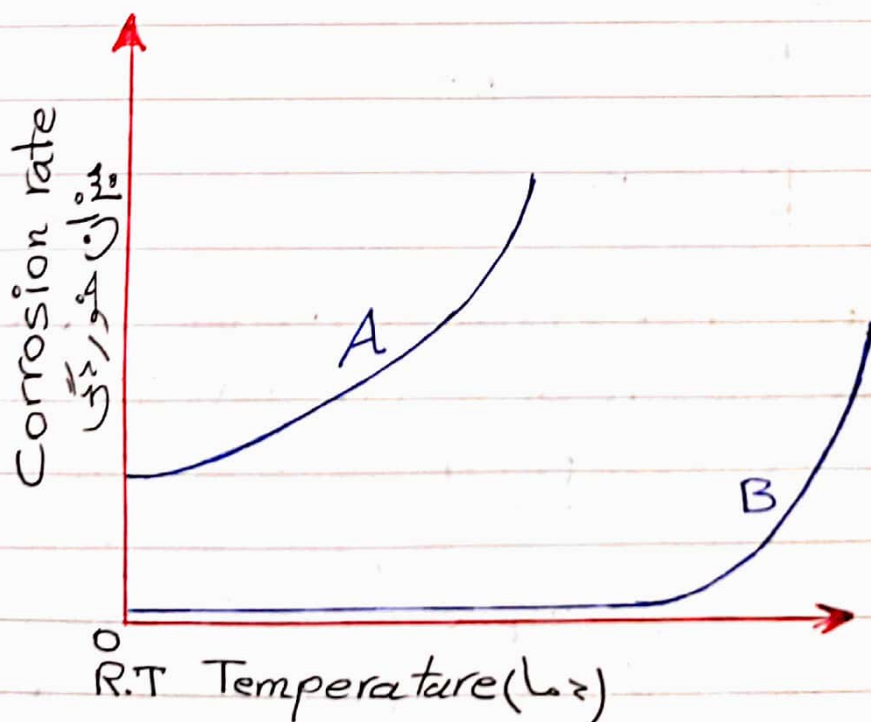
افزایش می یابد ← **بخصوصاً** (مثل Fe in $H_2O + O_2$ و Cu in $H_2O + O_2$)

منحنی ۱۲: برای فلزاتی که راجعت *passive* می شوند، با افزایش سرعت هم ازین میزان عوامل اکسید کننده ای که بسطح می رسند افزایش می یابند و فلز واره *passive* می شود. بعد از اینده فلز واره خاصه *passive* شد هر چه قدر سرعت هم ازین را بیشتر کنیم هیچ تأثیری ب میزان خوردگی ندارد و به شدت کاهش می یابد.

مثلاً: Ti in $HCl + Ca^{2+}$ یا $Cr - Ni$ in $H_2SO_4 + Fe^{3+}$

منحنی C: بعضی از فلزها در بعضی محیط ها (مثل سرب و آهن در اسید سولفوریک) روی سطحشان یک پوسته محافظ و ضخیم به وجود می آید با چشم قابل رویت است و چسبندگی کمی دارد و متفاوت با لایه *passive* می باشد و هم ازین پیش از حد و با سرعت زیاد باعث کنده شدن این لایه می شود همانطور که در نمودار مشاهده می کنید ابتدا مانند منحنی B میزان خوردگی ثابت است ولی زمانی که این لایه از فلز جدا می شود مانند منحنی A میزان خوردگی به شدت افزایش می یابد. (خوردگی سایشی)

۲ اثر دما:



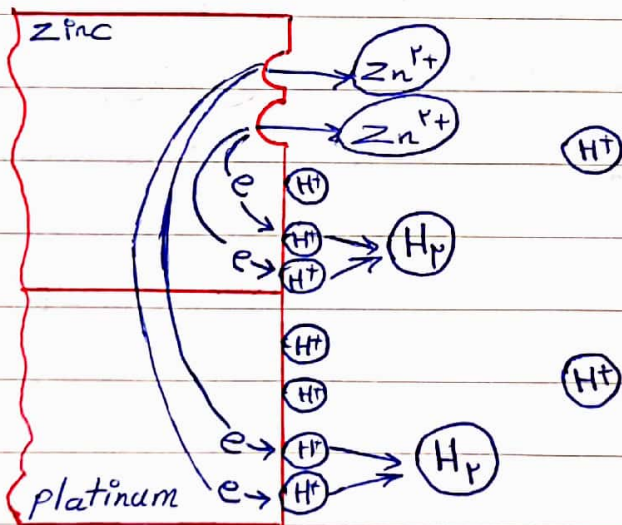
افزایش دما باعث افزایش سرعت اکسیداسیون هلی شیمیایی می شود
 منحنی A: با افزایش دما میزان خوردگی به صورت خطی افزایش
 می یابد.

مثال: Fe in HCl یا Ni in HCl یا $Cr-Ni$ in H_2SO_4

منحنی B: در ابتدا افزایش دما اثر کمی داشت به این دلیل که
 passive است ولی در دماهای بالاتر سرعت خوردگی بطور
 ناگهانی افزایش می یابد و در ناحیه transpassive می شود

مثال: Ni in $NaOH$ یا $Monel$ in HCl یا $Cr-Ni$ in HNO_3

۳) اثر اتصال گالوانیکی بر سرعت خوردگی: تماس دو فلز غیر هم جنس
 مثال: در اتصال فلز مغال روی با فلز نجیب پلاتین آیا
 سرعت خوردگی افزایش می یابد؟ (در محلول HCl) افزایش می یابد



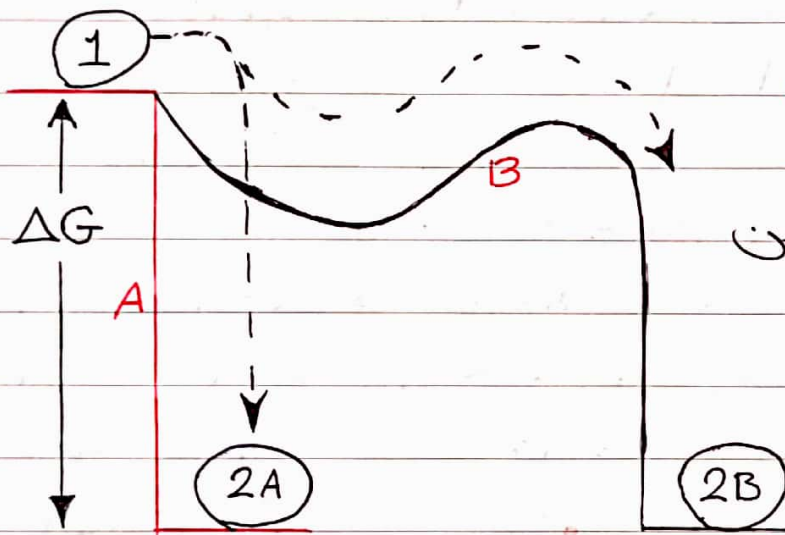
* درست است که Pt
 نجیب است ولی می تواند
 هادی الکتریکی خوبی
 باشد.

* پلاتین در این محیط کاتد خفشی دارد اما دو معایب مهم ایجاب می کند:
 ۱- سطح امنافه برای انجام واکنش کاتدی و آزاد شدن هیدروژن کاتدی می کند
 ۲- واکنش آزاد شدن هیدروژن روی سطح پلاتین بسیار سریعتر از سطح
 روی است.

- افزایش سرعت واکنش کاتدی ← افزایش سرعت مصرف الکترون
- افزایش سرعت تولید الکترون ← افزایش سرعت خوردگی فلز روی

ترمودینامیک: نشان دهنده تمایل سیستم برای انجام واکنش شیمیایی
 * حالت تعادل سیستم تعیاست؟ جایی که سیستم کمترین میزان انرژی آزاد گیبس را داشته باشد.

- * اگر $\Delta G < 0$ باشد ← واکنش خود به خودی و امکان پذیر است.
- * اگر $\Delta G > 0$ باشد ← واکنش خود به خودی امکان پذیر نیست و فقط در صورتی امکان پذیر است که انرژی خارجی به سیستم وارد شود.
- * اگر $\Delta G = 0$ یعنی سیستم در حالت تعادل می باشد.



* تخمینات انرژی آزاد گیبس تابع مسیر نیست.

* ΔG فقط نشان می‌دهد واکنش را می‌گذراند یا نه، می‌گذراند ولی سرعت را نمی‌گوید.

* ممکن است واکنش ترمودینامیک بگوید که ۱۰۰٪ صد اتفاق می‌افتد ولی سرعت نیز مهم است باید سینتیک نیز تأیید کند.

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E$$

ΔG و واکنش الکتروشیمیایی:

n : تعداد e^- مبادله شده در واکنش

F : ثابت فارادی

E : پتانسیل پیل (cell)

چون که یک مثال می‌خواهیم بیانشیل دلیل ابدست آورییم :



اگر الکترود های روی و مس را در حال تعادل جابجیون هایشان در نظر بگیریم



علامت مساوی به معنی تعادل است .

* برای اینکه بدانیم در یک سیستم نه این واکنش به صورت خود به

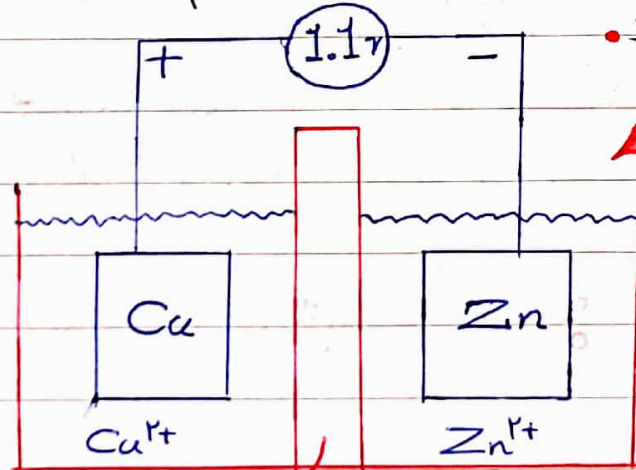
خود می‌تواند رخ دهد یا نه باید ΔG طبق فرمول

جاسته باشیم و برای ΔG باید بیانشیل دلیل ابدست آورییم . برای این کار باید یک آزمایش طراحی کنیم که الکترود (قطعه)

روی در محلول حاوی یون Zn^{2+} باشد و مس هم در محلول حاوی یون Ca^{2+} باشد و هر دو در حالت تعادل با هم باشند یعنی

آند و کاتد هم دو یک مس است و در یک زمان رخ بدهند و

پس این دو را به یک ولت متر ایده آل متصل می‌کنیم باید عدد 1.17 ولت را نشان دهد .



* به کل این مجموعه دلیل می‌گویند

* به هر یک از این الکترود های تعادلی

نیم سل می‌گویند « half-cell »

نیم سل است اندازه : زمانی که الکتریته یون هلی شرکت کننده در واکنش

یک باشد .

اجازه شده محلول ها با هم \rightarrow وظیفه

تولید شوند

* الکتریته یعنی میزان غلظت موثر . در این حال یون ها اجازه تبادل دارند

* می توان برای هم واکنش میل الکترو شیمیایی برگشت پذیر درست کرد اما بی نهایت واکنش می تواند وجود داشته باشد پس این کار زمان بر می باشد کار منطقی تر این است که یک نیم میل مرجع داشته باشیم و همی الکترود ها نسبت به او نسبت شوند.

* نیم میل مرجع پتانسیل صفر دارد و پتانسیل تمام نیم میل های دیگر نسبت به آن معادله می شود.

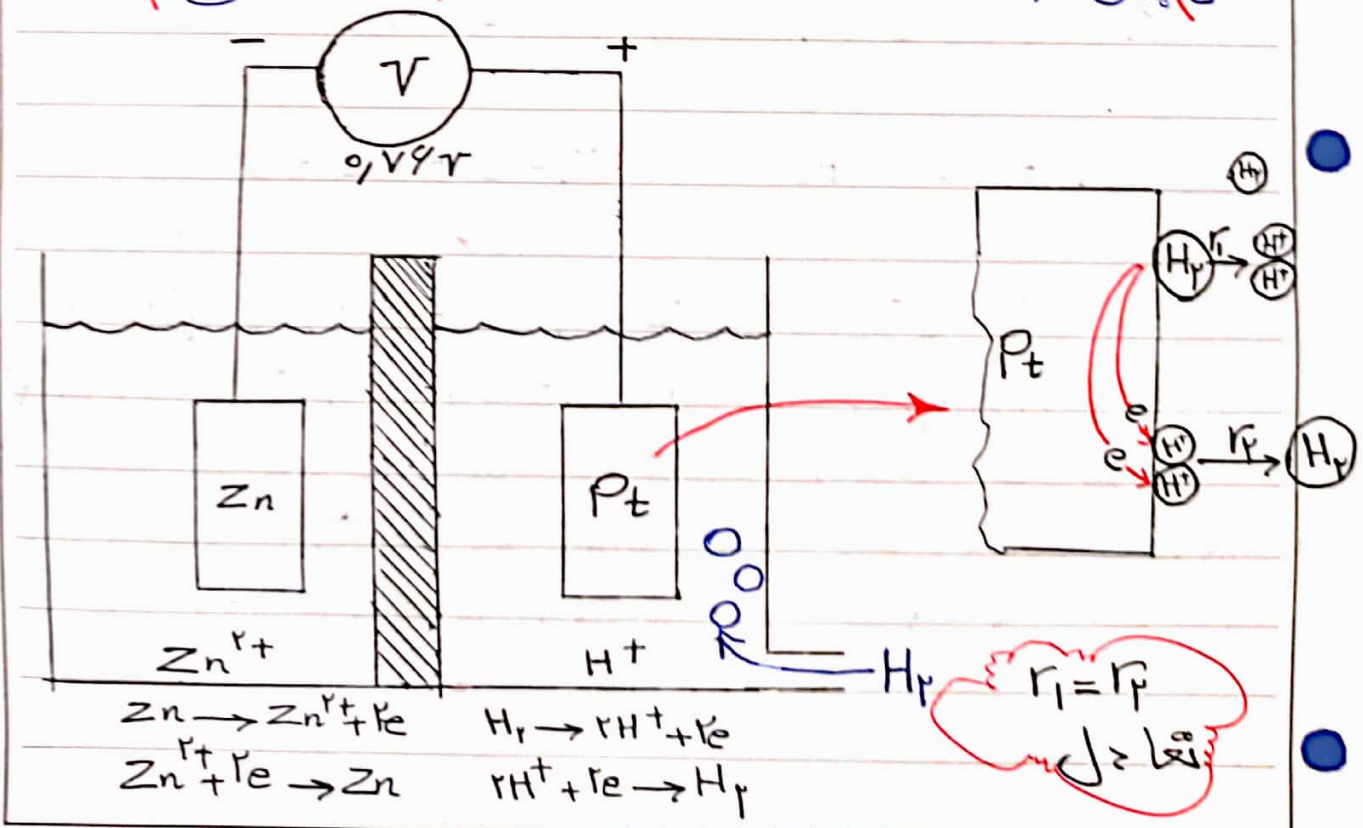
* نیم میل مرجع انتخابی = الکترود هیدروژن

* الکترود یک جسم جامد باشد پس هیدروژن که گاز است نمی تواند به تنهایی این کار را انجام دهد پس باید یک الکترود که خودش خنثی است یعنی در واکنش شرکت نمی کند را در محلول یون هیدروژن قرار دهیم که آنرا الکترود هیدروژن داریم.

* بهترین و مناسب ترین الکترود خنثی، الکترود پلاتین است.

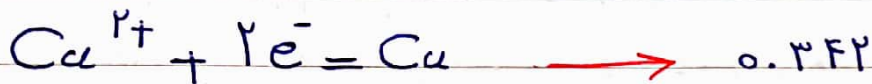
* علت استفاده از پلاتین: ۱- خنثی بودن - ۲- سهولت انتقال الکترون

مثال (پیل برنست پذیر روی و هیدروژن (الکترود مرجع):



- * جاز هم برای مصرف جوی در زمان یک جدول تشکیل شده که در آن تمام الکترودها با الکتروده مرجع قرار گرفته و پتانسیل آن ها اندازه گیری شده و در این جدول قرار گرفته است.
- * این جدول ۳ اسم دارد: ۱- جدول نیروی الکترود و موثری (EMF)
- ۲- پتانسیل نیم پیل - ۳- پتانسیل اکسیداسیون - احیا (Redox)
- * Redox به معنای Reduction-Oxidation می باشد.
- * تمام پتانسیل ها در این جدول در شرایط استاندارد است.

برای گرمیم به مثال اوی و مس: حین ابتدا پتانسیل اوی و مس را نسبت به الکتروده که در جدول است پیدا می کنیم



$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E \longrightarrow \Delta E = E_c - E_a$$

آند \rightarrow کاتد

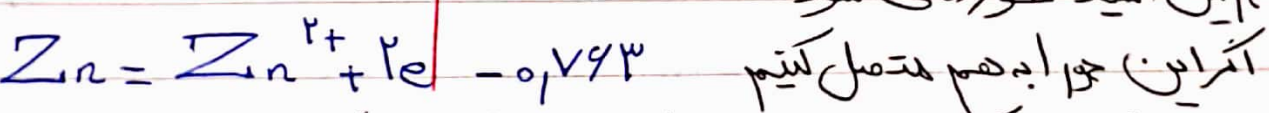
$$\Rightarrow \Delta E = 0.342 - (-0.763) = \Delta E = 1.17 *$$

* کدام ΔE (1.17) آند مثبت است در فرمول قرار دهیم
 در منفی پشت n که ضرب شود ΔG منفی می شود که
 یعنی اتفاق اعمی دهد ولی اگر ما اشتباه کنیم و جای کاتد و
 آند را برعکس بنویسیم ΔG مثبت شده و ما متوجه
 اشتباه خود می شویم.

* در صورتی واکنش رخ می دهد که ΔG منفی باشد، زمانی ΔG منفی است که ΔE مثبت باشد و زمانی ΔE مثبت است که کاتد بیش از آنند باشد جنب هم به در جدول الکترولیت و جالات باشد خمیب تر و هم به جایش تم باشد معال تم است در نتیجه ما برای اینکه ΔE مثبت داشته باشیم الکترولیت و جالات را کاتد و الکترولیت جایش تم را آند در نظر می گیریم.

* همانطور که گفتیم هر چه جالات خمیب تر و جایش تم معال تم است نوع گفتن و صورت مسئله بسیار مهم است یک بار گفته می شود آجاس (جایش تم - معال تم) در هیدروژن (جالات - خمیب تم) خورده می شود باید گفت پله ولی یک بار گفته می شود آجاس طلا (جالات - خمیب تم) در آب حاوی اکسیژن (جایش تم - معال تم) خورده می شود باید گفته نه چون طلا خمیب تم است و میل به واکنش ندارد.

مثال) اتم یک قطعه مس را به یک قطعه روی وصل کنیم و در آن اسید بدون اکسیژن قرار دهیم چه اتفاقی می افتد؟



مثال) اگر آهن را به اوی متصل کنیم و در اسید بدون الکترن قرار دهیم چه می شود؟

$2H^+ + 2e = H_2$	0,000
$Fe = Fe^{2+} + 2e$	-0,440
$Zn = Zn^{2+} + 2e$	-0,763

آهن به تنهایی در این اسید خورده می شود همچنین اوی نیز به تنهایی در این اسید خورده می شود ولی زمانی که این دو را به هم متصل

کنیم آهن نقش الکترود نجیب و رها می را بازی می کند و اوی با سرعت بیشتری خورده می شود تنها تفاوت این مثال با مثال قبل این است که مس اصلاً خورده نمی شد ولی در این مثال ممکن است آهن کمی خورده شود.
* اگر اوی کاملاً خورده شود آهن مانند قبل مثل یک فلز تنها خورده می شود.

کاربرد مهمی دیگر خوردگی:

۱- پیش بینی جهت واکنش ها

۲- خوردگی زمانی زخمی ده که جهت خوردگی خود را نشان می دهد اکسید امین فلز باشد

۳- کم جبهه پتانسیل نیم میل فلز نجیب تر (مثبت تر) باشد، متقابل خورده شدن آن در حضور مواد اکسید کننده کمتر است (مثال: طلا، پلاتین)

* تا حد هر چه کمتر مربوط به شرایط استاندارد بود یعنی اکتیویته یک و برای ۲۵°C ولی اگر این شرایط تغییر کند چیکار کنیم؟

معادله نرنست:

$$E = E_0 + 2.3 \frac{RT}{nF} \log \frac{a_{\text{oxid}}}{a_{\text{red}}}$$

(J/mol.K)

(1,3144)

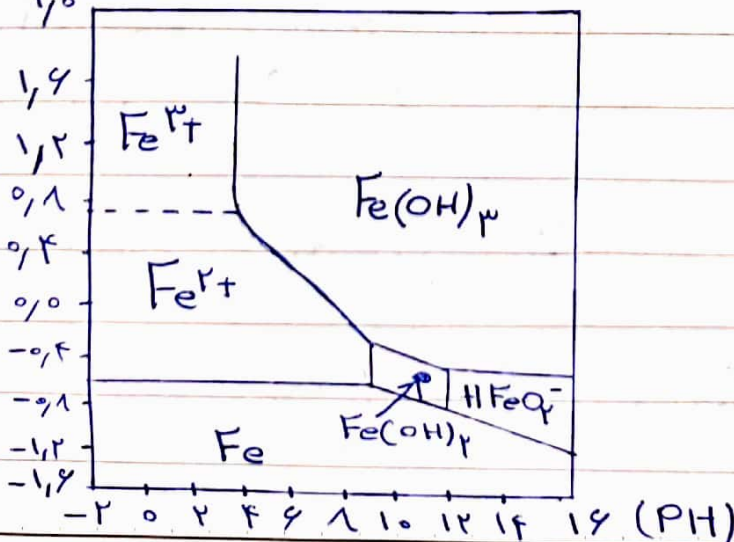
* E_0 = پتانسیل پیل ، E_0 = پتانسیل استاندارد پیل ، R = ثابت جهانی گازها ، n = ظرفیت ، F = ثابت فارادی ، a_{oxid} = اکتیویته محمول ، a_{red} = اکتیویته واکنشگر

دیاگرام پورب (pourbaix diagram): دیاگرام پتانسیل - pH

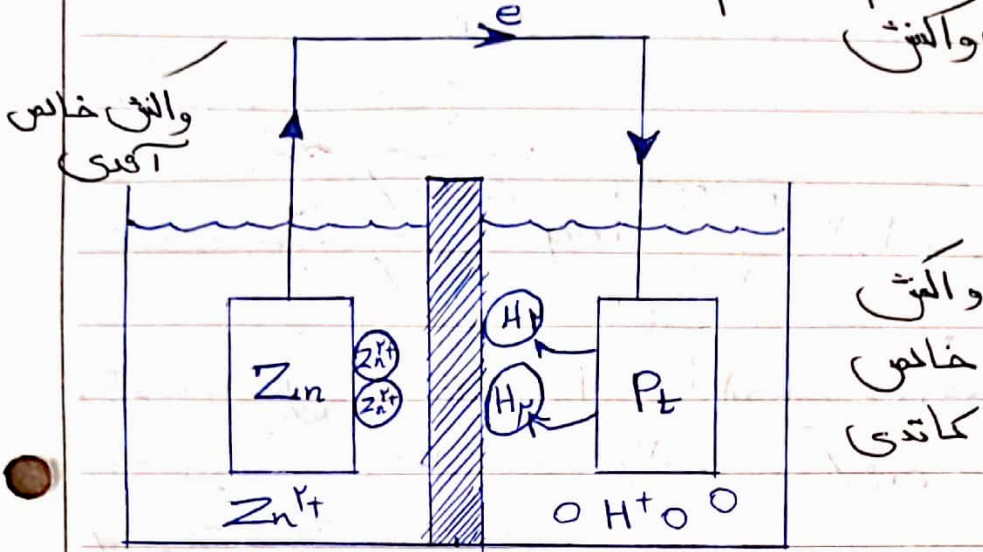
کاربرد های اصلی:

- ۱- پیش بینی جهت خوردگی و اکسیداسیون
 - ۲- تخمین ترکیب محصولات خوردگی
 - ۳- پیش بینی تغییراتی در محیط که باعث کاهش خوردگی می گردد
- نکته: این دیاگرام تمیز می کند در حده شرایط تعادل هستند و نباید برای پیش بینی سرعت و اکسیداسیون به کار رود.

(پتانسیل)
۲/۰



سینتیک الکترو: در مودینامیک ما به میل سیم و میل نغزی کردیم ولی اینجا این کار انجام می دهیم. سینتیک یعنی سرعت و کدما طم افتش و اکش



* در این حالت دیگر تعادلی وجود ندارد $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ در الکترون تولید شده توسط Zn که واکش آندی است توسط سیم به الکتروود جلاشن می رسد و اینجا واکش کاتدی $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ رخ می دهد.

* از غشای کبینه متخلخل الکترون جا به جایی شود ولی یون ها جا به جایی شوند.

* این سیم باعث می شود که حقیقاً واکش روی در اسید رخ دهد.

* روی در اسید چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم

حقیقاً مثل هم هستند ولی از لحاظ سرعت واکش تفاوت دارند.

* در اینجا چون سطح توسط جلاشن بیشتر سرعت می تواند بیشتر باشد. (ΔG یکسان، سرعت متفاوت)

کاتد: الکترووی که روی آن واکش کاتدی (احیا) رخ می دهد.

آند: الکترووی که روی آن واکش آندی (اکسیداسیون) رخ می دهد.

پتانسیل اضافی (Over Voltage) :

* بعد از اتصال الکترودها از طریق سیم ← واکنش های خادمن اکسیداسیون و احیای روی سطح الکترودها انجام می شود و دیگر پتانسیل الکترودها پتانسیل تعادلی نخواهد بود و انحراف از پتانسیل تعادلی .

به این انحراف **پلازاپتاسیون** می گویند →

* تغییر پتانسیل الکترود نسبت به پتانسیل تعادلی در اثر عبور جریان مقدار آن را با over voltage یا پتانسیل اضافی نشان می دهند « η »

مثال (پتانسیل تعادلی روی) $= -0.767$ ← بعد از اتصال به
 الکترود پلاتین ← -0.442 $\eta = -0.44 - (-0.767)$
 مقدار over voltage $\leftarrow \eta = 0.17$ or $100mV$

دانسیته جریان تبادل (Exchange Current Density) :

* گفته شده بود در شرایط تعادلی $r_1 = r_2$ است است که این دو با هم برابرند ولی در هر صورت هر یک مقداری دارد که آن مقدار **دانسیته جریان تبادل** گفته می شود .

سرعت واکنش تبادل : برابر سرعت اکسیداسیون و احیای روی سطح یک الکترود در حال تعادل است .

* سرعت واکنش تبادل بر حسب دانسیته جریان بیان می شود .

* به جای سرعت واکنش در واکنش های الکترود شیمیایی می گویند

سرعت تبادل الکترود چون در واکنش های الکترود شیمیایی الکترود مبادله می شود حالت تفاوت دیگر مثلاً یک سیم که قطر دارد با سیم که 2cm قطر دارد جریان متفاوت است پس جهت دانسیته به میان می آید پس اینها با هم **دانسیته جریان تبادل** می باشند .

* سرعت واکنش الکترود شیمیایی و خوردگی را بر حسب دانسیته جریان بیان می کنیم

$$r_{Oxid} = r_{red} = \frac{i_0}{nF}$$

i_0 = دانسیته جریان تبادل (ECD)
 n = ظرفیت یا الکترون مبادله شده
 F = ثابت فارادی

پلاریزاسیون الکترواسیون :

* رابطه بین سرعت واکنش و Over voltage :

$$\eta_A = \pm \beta \log \frac{i}{i_0}$$

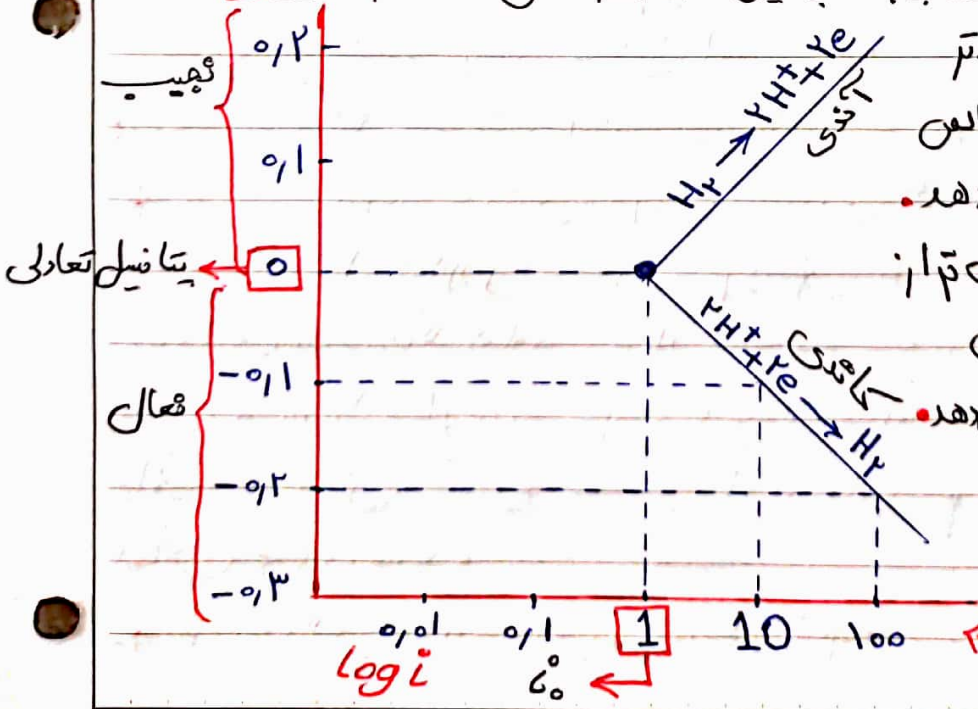
الکترواسیون

(معادله تافل)

i_0 = سرعت الکترواسیون یا امپدانس بر حسب دانسیته جریان
 i = سرعت تبادل یا دانسیته جریان
 β = عدد ثابت (ثابت تافل)

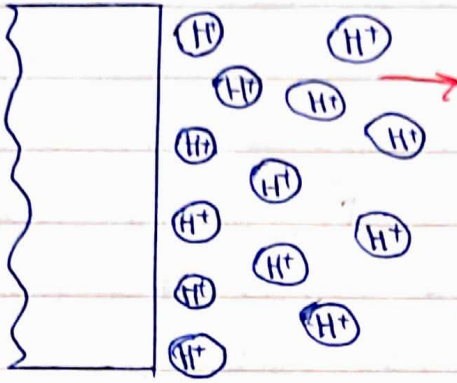
مقدار آن بین ۰.۰۵ تا ۱.۵ ولت تغییر کرده و معمولاً ۰.۱۰ در نظر گرفته می شود

معنی پلاریزاسیون الکترواسیون الکترود کفید روژن Over voltage
 سرعت واکنش های الکترود شیمیایی به تغییرات پتانسیل الکترود بسیار حساس است

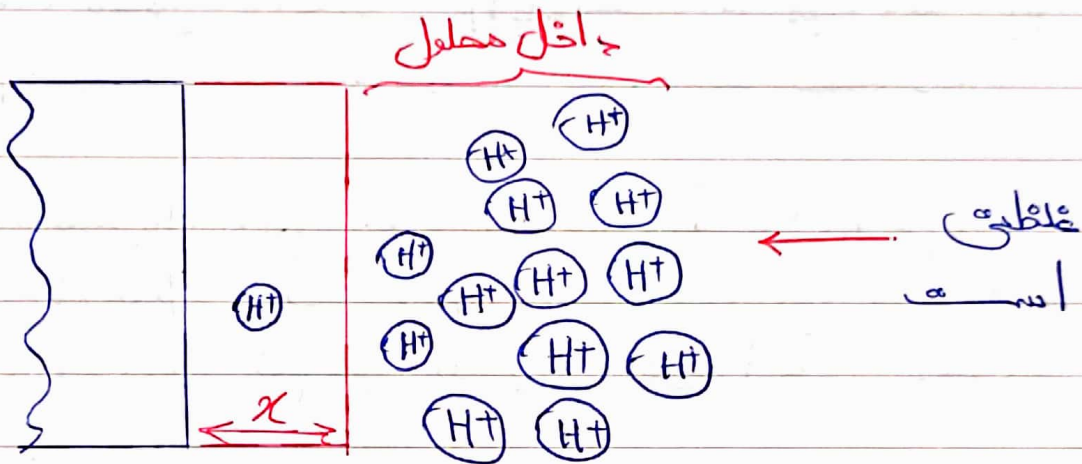


* در تمام پتانسیل های خفیف تر از پتانسیل تعادلی یک واکنش خالص الکترواسیون (آندی) رخ می دهد.
 * در تمام پتانسیل های فعال تر از پتانسیل تعادلی یک واکنش خالص احیاء (کاتدی) رخ می دهد.

پدیده پراش صوت غلطی:



مثال) واکنش امپا/هیدروژن
توزیع یون های هیدروژن در جلوی سطح الکترولیت ← یکتراخت



- * منطقه جلوی سطح الکترولیت - بخشی از یون های هیدروژن
- * سرعت امپا نمی تواند از سرعت نفوذ یون های هیدروژن بیشتر باشد، به این سرعت **انحسایت جریان می نفوذ می کند**
- گفته می شود و نشان می دهند حداکثر سرعت امپا برای سیستم مورد نظر است.

$$i_L = \frac{DnFC_B}{x}$$

- D: ضریب نفوذ یون های که واکنش را انجام می دهند
- F: ثابت فارادی
- C_B: غلظت یون ها داخل محلول نه روی سطح الکترولیت
- n: ظرفیت
- x: ضخامت لایه ای که نفوذ در آن صورت می گیرد.

* اخيست جريان حبي نفوذی i_L : تابع :

$$i_L = \frac{DnFC_B}{x}$$

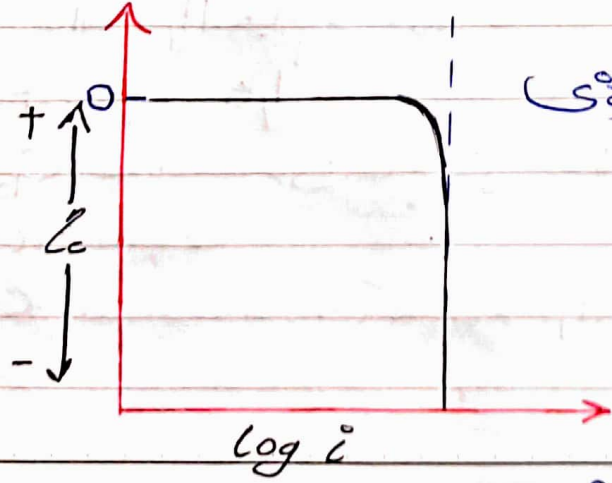
- ۱- ضريب نفوذ ← به هم بستگی دارد ← هم به هم i_L ↑
- ۲- خلطت مرن های واکنش دهنده در محلول i_L ↑
- ۳- ضخامت لایه نفوذی : به صورت تجربی بدست می آید یک عامل موثر بر ضخامت لایه نفوذی هم زدن محلول است با هم زدن محلول ما خلطت را یکتوانفت می کنیم وقتی این اتفاق رخ دهد ضخامت لایه نفوذی کم می شود i_L ↑

* معمولاً تنها برای واکنش های احیاء مهم است و در مرحله احتمال فلز قابل صرف نظر کردن است به این دلیل که مقادیر خام محدودی اتم های فلز برای ادامه احتمال وجود دارد.

رابطه بولا ریتراسیون خلطت :

$$i_c = 2,3 \frac{RT}{nF} \log \left(1 - \frac{i}{i_L} \right)$$

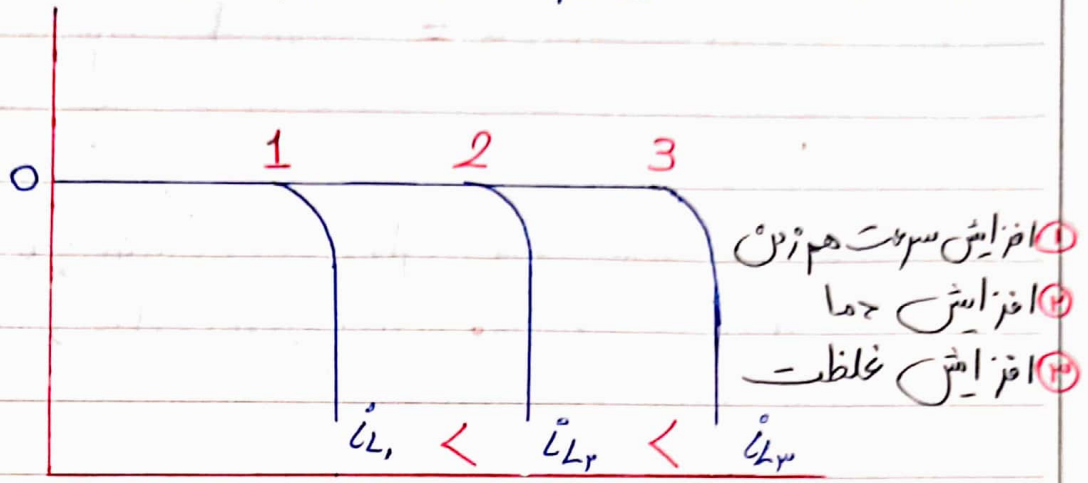
i_c : سرعت الکترولیز یا احیاء مهم است دانسته جريان



i_c : دانسته جريان حدي نفوذی

i_c : خلطت

تأثير متخيم هالي محيطي بر منحنی چلا ریزاسیون غلطی:



چون نوع پلازما سیون توانمان:

- * معمولاً هم چون نوع پلازما سیون روی سطح یک الکترود اتفاق می افتند.
- * وقتی سرعت احیا کم است یعنی پلازما سیون الکتروسیون کمتر کند است.
- * وقتی سرعت احیا زیاد است یعنی پلازما سیون غلطی است.

چلا ریزاسیون کلی:

$$L_T = L_a + L_c$$

← کلی
↓ الکتروسیون
→ غلطی

اصول تئوری پتانسیل مفصل:

- 1- هم واکنش الکترود شیمیایی را می توان به دو یا چند واکنش جزئی اکسیداسیون و احیاء تقسیم کرد.
- 2- در هر مرحله از واکنش الکترود شیمیایی دنی توان تجزیه از بار هالی الکتریکی حاصل می شود یعنی وقتی طی واکنش آندی الکترود تولید می شود حتماً باید طی واکنش کاتدی مصرف شود.

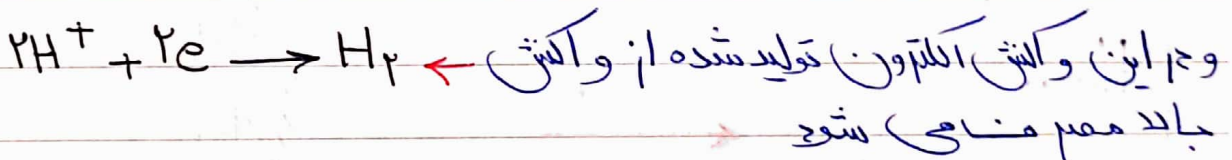
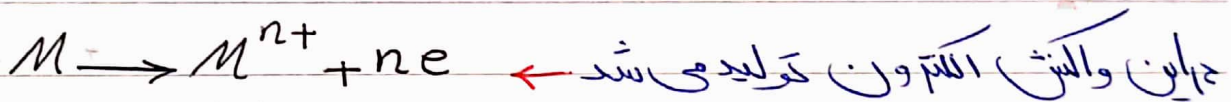
کلیمت الیدامیون = کلیمت احیا

الکتروء مختلط : الکتروء یا نمونه فلزی که روی سطح آن جو می‌چسبند
و الفس الیدامیون و احیا انجام می‌شوند. مثلاً Zn در HCl

روش های جلوگیری از خوردگی :

- ۱- انتخاب مواد (فلزات و آلیاژها - تغیر محیط خوردنده - کاربرد همایش کننده ها و غیره)
- ۲- طراحی - ۳- پوشش دهی - ۴- حفاظت آندی و کاتدی

حفاظت کاتدی : حتی قبل از به وجود آمدن علم آلودگی و شیمی مورد استفاده بوده است برای مثال در سال ۱۸۲۴ م ای حفاظت از کشتی های انگلیسی استفاده می شده و حفاظت کاتدی نیست به مبتنی تجربه می باشد نه علم .
* واکنش انحلال فلز و آزاد شدن هیدروژن



حال اگر ما آلودگی را که در کاتدی مصرف می شود را به شیوه ای دیگر غیر از انحلال فلز تأمین کنیم ، از خوردگی فلز جلوگیری می شود به این روش **حفاظت کاتدی** می گویند .

روش های حفاظت کاتدی :

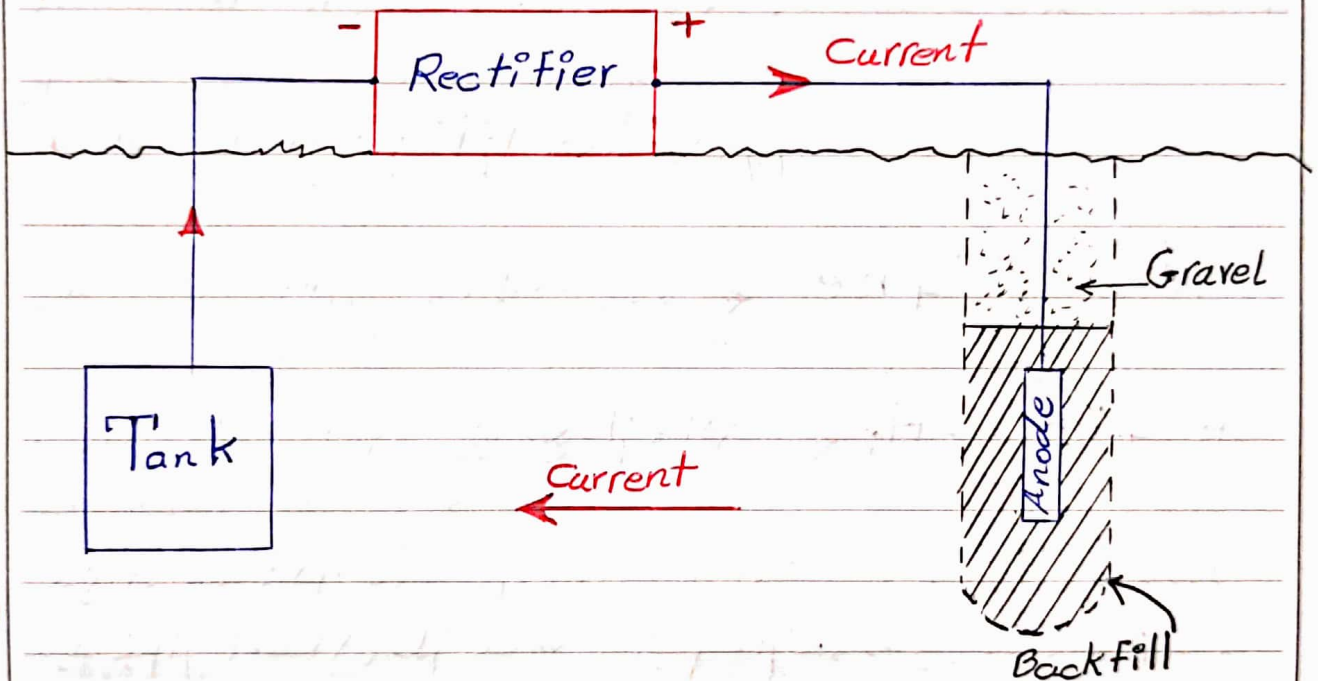
- ۱- استفاده از مولد الکتریکی
 - ۲- استفاده از یک زوج خالواولی مناسب
- توضیح :

* جهت جریان : از قطب مثبت به منفی

* در صورتی که جریان از الکترولیت وارد سطح فلز کم دزد، فلز حفاظت می شود.

* در صورتی که جریان از سطح فلز وارد الکترولیت کم دزد، فلز خوردگی می شود.

حفاظت کاتدی با استفاده از مولد الکتریکی:
 * کاتد (همان قطعه ای که می خواهیم از آن حفاظت کنیم) همیشه به قطب منفی وصل می شود.



* استفاده از مولد DC

* تا آنکه زمین از مینی به قطب منفی مولد وصل می شود.

* قطب مثبت به یک آند خنثی (مثل گرافیت) وصل می شود.

* محل اتصال کابل به تاکنک و الکترود خنثی به دست عایق می شود تا از نشتی جریان جلوگیری شود.

* آند مخصوص شده با پشت بند (Backfill) (مثل خود رنگ، گچ یا بنتونیت) برای بهبود اتصال الکتریکی بین آند و زمین.

* جریان از زمین (الکترولیت) وارد سطح تاکنک می شود ← تاکنک حفاظت می شود

* زمین‌های الکتریکی است.

* چرا از جریان DC استفاده می‌کنیم و از جریان AC استفاده نمی‌کنیم؟

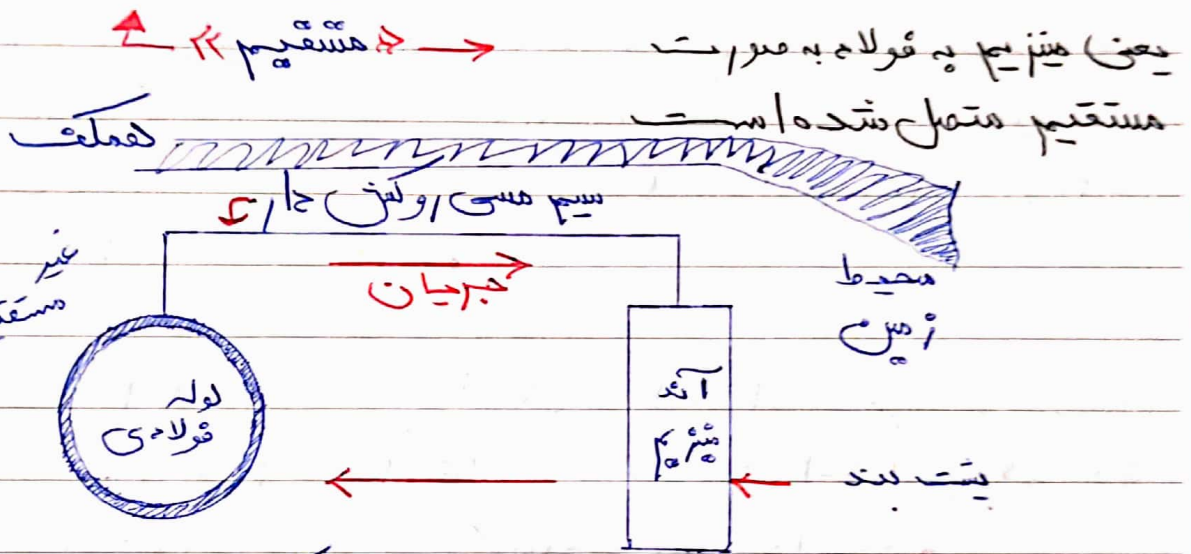
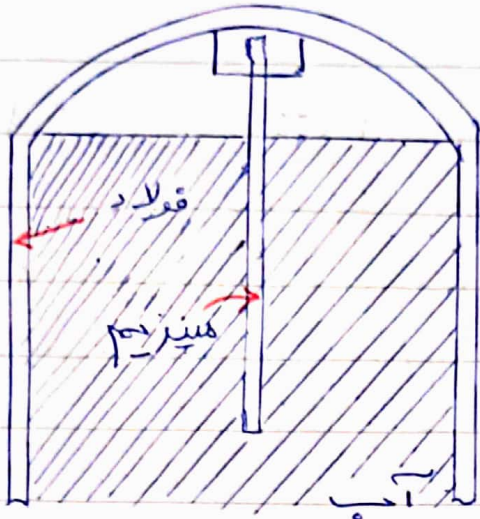
DC یعنی جریان مستقیم و یک‌سره ← Direct current
AC یعنی جریان متغیر و متناوب یعنی دائماً جهت جریان تغییر می‌کند اگر دائماً جهت جریان تغییر کند تا آنکه مایه همان جهت

قطعه که می‌خواهیم از آن حفاظت کنیم مدام تغییر می‌کند یک زمان آند و در زمان دیگر کاتد می‌شود و اینگونه حفاظت یعنی ندارد به همین علت از جریان DC باطری استفاده می‌کنیم.

انتخاب آند: انتخاب بر اساس ملاحظات مهندسی و اقتصادی.
آندی تواند از جنس: ۱- قراضه‌های فولادی - ۲- تیتانیوم پلاتینه خنثی - ۳- فولاد - ۴- چدن - ۵- آلومینیم - ۶- مس و ... باشد.

حفاظت کاتدی با استفاده از یک زوج گالوانیکی مناسب:
مثلاً منیزیم ۲، EMF نسبت به فولاد آند است اگر ما یک قطعه منیزیم را به تا آنکه از جنس فولاد متصل کنیم، منیزیم خورده می‌شود و فولاد حفاظت می‌شود نوع این اتصال می‌تواند مستقیم و یا غیر مستقیم باشد که تفاوتی باید بگذرد.

* برای حفاظت از لوله‌های زیر زمین، آندهایی به فواصل کلیسا در طول خط لوله کار گذاشته می‌شود تا توزیع پتانسیل از جریان الکتریکی به تمام سطح لوله برسد.



* روش گالوانیزه چیست؟ و چرا گالوانیزه می کنیم؟
 یک لایه روی به عنوان پوشش به فولاد - فولاد را روی اندود می کنیم. به این علت گالوانیزه می کنیم که اوی در جدول emf فعال تر نسبت به فولاد است پس وقتی فولاد اوی اندود می شود اوی خورده می شود و فولاد حفاظت می شود که حفاظت کاتدی می باشد.

جریان الکتریکی لازم برای حفاظت کاتدی :

* همانطور که در ابتدا گفته شد حفاظت کاتدی مبتنی بر تجربه می باشد

پس جریان الکتریکی به صورت تجربی تعیین می گردد .

* در محیط های خورنده مثل اسید های گرم ← نیاز به جریان بیشتر

* در محیط های با خوردگی کمتر ← جریان کمتر

اگر لوله دارای پوشش آلی باشد ← جریان کمتر

سازه	محیط	شرایط	حداکثر جریان mA/ft^2
تانتال	Hot H_2SO_4	استاتیک	۵۰۰۰۰
خط لوله و مخازن ذخیره سازی	آپرزین (خاک)	استاتیک	۱-۳
خط لوله	آب تازه	جاری	۵-۱۰
آب گرم کن	آب داغ تازه	جریان آرام	۱-۳
لستر	آب دریا	جزر و مد	۶-۱
میله های تقویت کننده	پس	استاتیک	۰.۱-۰.۵

حفاظت آندی:

- * به عکس حفاظت کاتدی است * نسبتاً جدید
- * به عکس حفاظت کاتدی مبتنی بر دانش است که در اینجا مبتنی بر استفاده از اصول سینتیک الکترولیت است.
- * جلوگیری از خوردگی به وسیله اعمال جریان آندی که این اعمال جریان باید به صورتی باشد که فلز را به خاصیت passive ببرد.
- * تشکیل یک پرسته سطحی محافظ روی فلز است با اعمال جریان آندی
- * قابل کاربرد فقط برای فلزاتی که رفتار فعال - غیرفعال دارند.
- * مثل: نیکل، آهن، کروم، تیتانیوم و آلیاژهایشان

* همانطور که گفته شد حفاظت آندی به عکس حفاظت کاتدی

است و مبتنی بر علم است یعنی می توانیم دقیق محاسب کنیم که چه پتانسیلی (اعمال جریان) برای بردن یک فلز به خاصیت passive نیاز داریم ولی نسبت به حفاظت کاتدی روش گرانتری است زیرا ما برای اعمال جریان (پتانسیل) به فلز باید یک دستگاه داشتیم به فلز پتانسیل خاصیت passive بدهد، نام این دستگاه پتانسیواستات یا potentiostat است.

* سرعت خوردگی می تواند تا ۱۰ برابر کاهش یابد حفاظت آندی

* یک نکته مثبت حفاظت آندی نسبت به حفاظت کاتدی

این است که در حفاظت کاتدی اگر محیط خوردنده تم بود

باید جریان بیشتری اعمال می کردیم ولی در حفاظت آندی در

هم شرایط و محیطی حتی اگر بسیار خوردنده باشد با اعمال

یک جریان کم آندی می توانید فلز را احفاظت کنید.

* پتانسیل لازم با اندازه گیری های الکترود شیمیایی از قبل معین

می شود ← کاملاً بر حسب دانش

مفاد کاتبی	مفاد کاتبی
قابلیت کاربرد	تمام فلزات
محیط خورنده	منعقد تا متوسط
مفاد کاتبی	
نسب بهره‌مندی قدرت کاتب	پایین متوسط تا بالا پایین
انفیت جریان اعمال شده	بی‌بهره - نشان دهنده سمعت خوردگی نسبت
مشخصات کار	معمولاً جاستی با آزمایش‌های عملی تعیین گردد با اندازه‌گیری‌های الکترو شیمیایی تعیین شود

انواع خوردگی:

- ۱- خوردگی یکنواخت (Uniform Attack)
- ۲- خوردگی گالوانیک یا جوتلزی (Galvanic Corrosion)
- ۳- خوردگی شیار (Crevice Corrosion)
- ۴- حفره دار شدن (pitting)
- ۵- خوردگی لب دانه‌ای (Intergranular Corrosion)
- ۶- جدایش انتخابی (Selective Leaching)
- ۷- خوردگی مایش (Erosion Corrosion)
- ۸- خوردگی تنش (Stress Corrosion)

خوردگی یکنواخت:

- * متداول ترین نوع خوردگی است.
- * خوردگی به صورت یکنواخت و با سرعت یکسان در مسطح سطح رخ می دهد.
- * بالاترین میزان فلز خورده شده
- * از نظر فنی اهمیت چندانی ندارد و ما از این نوع خوردگی نمی ترسیم چرا که قابل پیش بینی با آزمون است و شنا می توانیم به راحتی عمل قطعه ای که دچار خوردگی یکنواخت می شود را مناسب کنید.

* مهندسین مواد باید مراقب **اندام غالبی** باشند.

روش های جلوگیری:

- ۱- انتخاب مواد
- ۲- پوشش دهی مناسب
- ۳- محافظت کننده ها
- ۴- محافظت کاتدی

خورده گی گالوانیک یا دو فلزی: ϵ الکتریکی با هم ϵ در معرض یک
 وقتی دو فلز هم جوش در تماس الکتریکی با هم ϵ در معرض یک
 محلول خورنده (الکترولیت) قرار بگیرند به دلیل اینکه دو فلز حکیمان
 نیستند اختلاف پتانسیل به وجود می آید که باعث پدیده آرای جرجان
 بین آن ها می شود.

* منظور از تماس الکتریکی هم تماس مستقیم و هم اتصال با
 وسیله که غیر مستقیم است می باشد.

* نسبت به زمانی که دو فلز در تماس الکتریکی نباشند:

- سرعت خورده گی در فلز فعال تر \leftarrow افزایش

- سرعت خورده گی در فلز نجیب تر \leftarrow کاهش

فلز فعال تر \leftarrow آند
 فلز نجیب تر \leftarrow کاتد

* کاتد یا املا خورده نمی شود یا سرعت خورده گی خیلی کمی دارد.

* همانطور که گفته شد جدول نیروی الکترودموتوری (EMF) ، اختلاف

پتانسیل بین فلزات در شرایط تعادلی را به ما نشان می دهد و شرایط
 استاندارد جدولی این جدول دارای **خطا منحنی** است.

۱- در مسائل عملی خورده گی \leftarrow عمدتاً شرایط غیر تعادلی است
 یعنی در دما، محیط و ... متفاوتی نسبت به شرایط استاندارد
 وجود دارد و این توان از EMF استفاده کرد.

۲- ما بسیار از **آلیاژ** ها استفاده می کنیم که جایی در EMF ندارند.

* راه حل استفاده از یک جدول کامل تر است به جای EMF از
 جدول سری گالوانیک استفاده می کنیم.

* زجاء میزان عدوی اختلاف پتانسیل در این جدول مهم نیست

* در این جدول آلیاژ هائین در شرایط مختلف ذکر شده اند.

* فلزات را هم در حالت مغال و هم در حالت ضعیف مغال بررسی

می کنند و ممکن جایگاه آن ها در جدول با هم بسیار فرق کند.

platinum
 gold
 graphite
 titanium
 silver

مسی کلاً ایک بی بی فلزات
 و آلیاژها در آب دریا :
 * فلزات و آلیاژهای داخل کوروشه - تا نسیل نزدیک به هم
 * هر چه دورتر دورتر - اختلاف تا نسیل بیشتر
 (مثال)

1- مطابق مونل - میغ بی بی فولادی x
 chlorimet 3 (62 Ni, 18 Cr, 1 Mo)
 Hastelloy C (62 Ni, 17 Cr, 15 Mo)

2- لوله های آلومینیوم متصل به
 لوله های بی بی x
 18-8 Mo stainless steel (passive)
 18-8 stainless steel (passive)
 chromium stainless steel 11-30% Cr (passive)
 Inconel (passive) (10 Ni, 13 Cr, 7 Fe)
 Nickel (passive)

3- تا نسیل آلیاژ - بی بی فولادی - لوله های مسی x
 silver solder
 Monel (70 Ni, 30 Cu)
 Capronickels (90-95 Cu - 4-10 Ni)
 Bronzes (Cu - Sn)
 Copper
 Brasses (Cu - Zn)

18-8 Mo stainless steel (active)
 18-8 stainless steel (active)

Cast iron
 steel or iron
 cadmium
 zink
 Magnesium and magnesium alloys

2.24 aluminum (F, 0.5 Ca, 0.5 Mg, 0.1 Mn)

عوامل موثر بر خوردگی گالوانیک:

- ۱- اثرات محیطی
- ۲- فاصله از محل اتصال دو الکترود
- ۳- اثر سطح

اثرات محیطی: خوردگی گالوانیکی در اتمسفر نیز اتفاق می افتد و شدت آن بستگی به نوع و مقدار رطوبت دارد یعنی آن مقدار بسیار کم رطوبت که در اتمسفر قرار دارد مثل همان محلول می باشد و در قديم خوردگی گالوانیکی در فوای مرطوب بیشتر از فوای خشک است و هم چنین خوردگی گالوانیکی در نزدیکی ساحل دریا بیشتر از فوای غیر دریایی با رطوبت و دمای کمسان است به این علت که به غیر از رطوبت در نزدیکی ساحل دریا نمک نیز در هوای باشد که توسط بادی که به آب دریایی خورد در هوا وجود دارد که خود نمک میزان خوردگی را افزایش می دهد.

* در فوای کاملاً خشک (آزمایشگاهی) خوردگی گالوانیک رخ نمی دهد چون الکترولیت برای حمل جریان بین الکترود ها وجود ندارد.

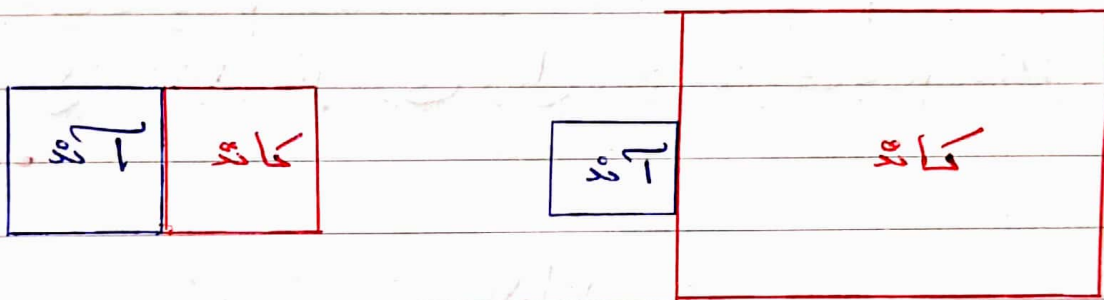
فاصله از محل اتصال دو الکترود:

* خوردگی گالوانیک در نزدیک محل اتصال دو فلز شدیدتر است * فاصله ای از محل اتصال که تحت تأثیر خوردگی گالوانیک قرار می گیرد به سمتی به هدایت محلول دارد برای مثال اگر دو فلز که به هم متصل هستند را یک بار درون آب مقطر و بار دیگر درون آب دریا قرار دهیم اوخی که در آب دریا قرار داده شده بود بیشتر خورد شد به علت وجود یون های بیشتر در آب دریا نسبت به آب مقطر.

اثر سطح :
ناکثور بسیار مهم نسبت سطح کاتد به آن است . >> سطح کاتد / سطح آنود

* نسبت سطحی نامناسب یعنی کاتد خیلی بزرگ و آنود خیلی کوچک باشد.

* چرا اگر کاتد بزرگتر نسبت به آنود باشد، مناسب نیست؟
وقتی کاتد بزرگتر باشد یعنی سطح بیشتری برای واکنش کاتدی به وجود می آید و وقتی واکنش کاتدی بیشتر شود در نتیجه واکنش آندی با سرعت بیشتری اکسیدون تولید کند که این باعث می شود در این حالت آنود با سرعت بیشتری خورده شود .



* اگر بخواهیم یک پیچ و یک زمین داشته باشیم که جنس آن ها را بخواهیم بین فولاد و مس انتخاب کنیم کدام بهتر است که خوردگی در آن کمتر باشد؟ (ماهی داریم مس نسبت به فولاد خفیب تر است)

اگر زمین فولادی باشد و پیچ مسی خوردگی خیلی کم تر است زیرا مس از فولاد خفیب تر است. اگر ما سطح کاتدی بیشتر یعنی زمین مسی را انتخاب کنیم و پیچ را فولادی به شدت خوردگی می شود مانند فلک قبل از سطح کاتد خیلی بیشتر از آندی شود .

اوش هلی چلوگیری از خوردگی گالوانیک:

- ۱- حق الامکان سعی شود که موقعیت دو فلز در جدول سری گالوانیک به هم نزدیک باشند.
- ۲- از نسبت مسطحی خامطلوب در فلز شود (کاتد و آنود از هم فاصله نداشته باشند)
- ۳- فلزات خیم هم جنس تا حد امکان از یکدیگر عایق شوند مثلاً استفاده از واشر زیر پیچ و مهره ها
- ۴- استفاده از ممانعت کننده هلی خوردگی
- ۵- مسطح هلی آذنی طوری طراحی شوند که به آسانی قابل تعویض باشند و یا ضخیم تر انتخاب شوند که طول عمر بیشتری داشته باشند.
- ۶- به احتمال گالوانیکی فلز مسومی وصل شود که نسبت به هم دو فلز آند باشند.

* کاربرد هلی مفید خوردگی گالوانیک:

- ۱- حفاظت کاتدی: فولاد گالوانیزه - اتصال منیزیم به لوله های زیر زمینی
- ۲- تمیز کردن نقره: قرار دادن نقره در ظرف آلومینیومی حاوی آب و جوش شیرین باعث می شود آلومینیوم که مغال تر است خورده شود و نقره که خسیب تر است احیاء شود و تماس الکتریکی ← احیای سولفید نقره به نقره

خورده گی شیاری :

- * اکثر جنرالی شیارها، سرافخ ها، سطوح و اشرفها، محل روی هم قرار گرفتن دو فلز، رسوبات سطحی، شیارهای از پیچ و مهره ها و ... رخ می دهد.
- * در محل هایی که در معرض حجم کوهی از مایعات قرار دارند که به صورت مسکن یا ماده در آمده است رخ می دهد.

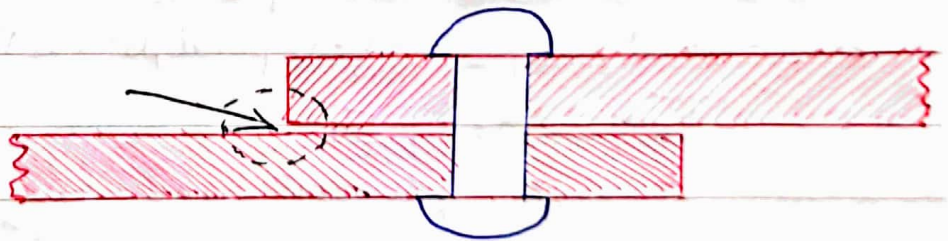
فاکتورهای محیطی :

- انواع رسوبات : شن، خاک و ماسه، معمولاً - خورده گی، اشغال جات و ...
- انواع جامداتی که رسوب کرده و محلول در آن به صورت مسکن در می آید.
- تماس بین سطوح فلزی و غیر فلزی :
- مثلاً زیر و اشرفها، یا تماس فلز با چوب، پلاستیک، لاستیک، شیشه، بتن، موم، چارچوب و ...
- ضخامت شیار : معمولاً شیارهایی به دهانه کمتر از $1/4m$ وجود دارند.

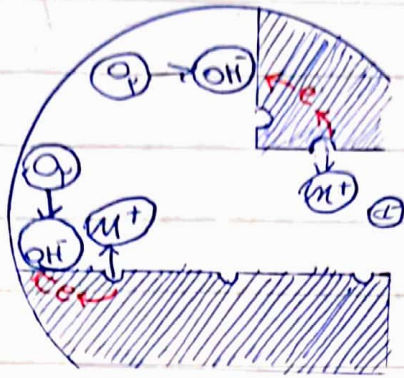
مکانیزم خورده گی شیاری :

یک احتمال برج شده از فلز $1/4m$ آب دریا (حلولی یون کلر) در نظر بگیرد.

فرش \rightarrow $pH = 7$



واکنش کلی انحلال فلز
و احیای اکسیژن:



اصل خنثی کردن بار الکتریکی:

* هم الکتریکی که از اکسیژن فلز حامل می شود، در احیای

اکسیژن مهم فایده می شود.

* به ازای هم یون فلزی در محلول یک یون هیدروکسید (OH-) باشد.

* ابتدا این واکنش ها به طور کلیت در تمام سطح و داخل شیار انجام

می شوند، بعد از مدتی کوتاه اکسیژن داخل شیار تمام می شود و

حکم احیای اکسیژن در داخل شیار انجام نمی شود. این مسئله به

تنهایی تعیینی در کل سرعت خوردگی ایجاد نمی کند زیرا سطح

داخل شیار نسبت به سطح خارج بسیار کوچک است پس سرعت

کل احیای اکسیژن، تقریباً بدون تغییر باقی می ماند. **اما**

تمام شدن اکسیژن از داخل شیار یک **تأثیر غیر مستقیم مهم** دارد که

با ادامه خوردگی مهم تر می شود.

* بعد از تمام اکسیژن داخل شیار احیای اکسیژن صورت نمی گیرد در

حالی که انحلال آندی فلز M در داخل شیار هنوز ادامه دارد.

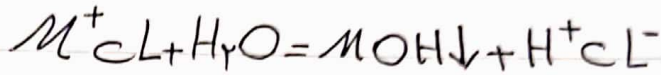
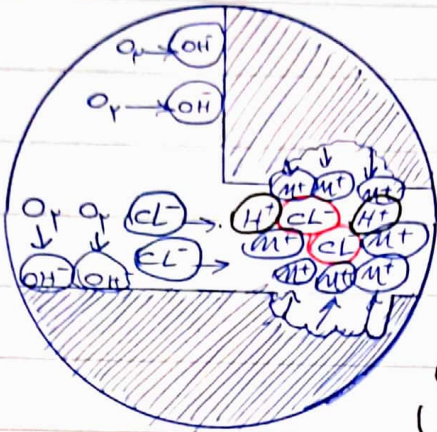
* تجزیه از جاها می باشد داخل شیار به وجود می آید که حتماً

جایر توسط جاها می منفی یعنی OH^- خنثی شوند ولی OH^- نمی تواند

به داخل شیار نفوذ کند ولی Cl^- می تواند نفوذ کند و باعث

افزایش غلظت کلمید فلز داخل شیار می شود.

* کلرید فلزات (بجز فلزات قلیایی مثل سدیم و پتاسیم) در آب **کلید اولیز** می شود.



حضور همزمان یون کم و یون هیدروژن سرعت خوردگی اکثر فلزات و آلیاژها را افزایش می دهد.

* افزایش سرعت حل شدن ← افزایش مهاجرت یون های کلر
 ← تک و آتش خودشتاب ببرد یا **اتوکاتالیتیک** در نهایت

$pH = 2-3$ ← $pH = 7$

* غلظت کلر در ناحیه شیر = ۳ تا ۱۰ ppm محلول اصلی

* با افزایش خوردگی داخل شیر، سرعت امیای الکترود در نواحی مجاور افزایش می یابد در نتیجه سطوح مجاور شیر حفاظت کاتدی می شوند

خوردگی شیر:

* در محیط های حاوی یون کم شدیدتر است
 * یک دوره تاخیر طولانی دارد گاهی ۶ ماه تا اسال زمان لازم است تا شروع شود ولی وقتی شروع شود جا سرعتی فزاینده ای می آورد.

روش های جلوگیری از خوردگی شیر:

- ۱- استفاده از جوشکاری به جای ریج و پیچ و مهره
- ۲- شیر ها را در محل ای هم قرار نگیرند و فلز جوشکاری یا لیم کاری پوشانید
- ۳- جازرسی منظم جرمیزات و تعیین کردن موخیات
- ۴- حذف جامدات معلق در صورت امکان
- ۵- استفاده از واشر های جامد (مثل تفلون) که جاذب رطوبت نباشند.

خوردگی بین دانه‌ای (Intergranular corrosion):

* خوردگی موضعی و متمرکز در مرز دانه‌ها یا نواحی نزدیک به آن‌ها در حالی که خود دانه‌ها یا اصلاً خورده نمی‌شوند یا خیلی کم خورده می‌شوند در واقع داخل دانه‌ها حفاظت می‌شوند.

* نتیجه این خوردگی: ۱- کاهش استحکام - ۲- یودر شدن آلیاژ (جدا شدن دانه‌ها) که در بدترین حالت رخ می‌دهند.

* دلیل خوردگی بین دانه‌ای:

- ۱- ناخالصی‌های موجود در مرز دانه‌ها
- ۲- غنی یا فقیر شدن مرز دانه‌ها از یک عنصر آلیاژی

مثال: ۱- غنی شدن ← تجمع آهن در مرز دانه‌های آلومینیوم به علت حلالت کم آهن در آلومینیوم، آهن در مرز دانه‌ها تجمع می‌کند

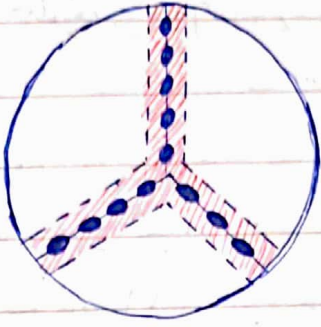
۲- فقیر شدن مرز دانه‌ها از کروم در فولاد زنگ نزن

* اگر به فولاد زنگ نزن جالی ۰۱٪ منگنز، ۰۰۴٪ کربن، ۰۰۲٪ نیکل، ۰۰۲٪ این خوردگی باعث عمل می‌کند.

خوردگی بین دانه‌ای در فولاد زنگ نزن ۱-۱۸:

* با تغییر دمای حساس شدن (۵۰۰-۸۰۰) و اثر فقیر شدن یا تخلیه مرز دانه‌ها نسبت به کروم، فولاد مستعد خوردگی مرز دانه‌ای می‌شود.

* به چه علت کروم را به فولاد اضافه می‌کنیم؟
اثر آیس مقاومت به خوردگی



* در محدوده دمای حساس شدن (۱۰۰۰-۵۰۰)

کاربرد کموم ← Cr_{۲۳}C_۶ تشکیل می شود.

در واقع با کاربرد کموم مایه فاز جدید داریم و جزانه زنی فاز جدید در مزرانه ها امتداد است و در نتیجه در مزرانه ها مایه فاز جدید داریم که دیگر در آن قدمت فولاد زنگ نزن وجود ندارد.

در دمای حساس شدن کموم به راحتی به سمت مزرانه ها نفوذ می کند ولی کموم به علت موبیلیته کمتر نمی تواند نفوذ کند و

همان کموم در مزرانه برای این فاز جدید استفاده می شود در نتیجه در مزرانه مایه آتد و در مزرانه ها کموم که تشکیل یک زوج گالوانیک می دهند و مزرانه که آنرا است خورده می شود و در حفاظت می شود.

* تمایز مزرانه فولاد معمولی می شود.

* کاربرد خورده نمی شود و یا دچار است و نواحی هاشور زده که فاز دست خورده می شوند.

فاسد شدن شط جوش (Weld Decay):

* نوعی خوردگی بین دانه ای است در سازه هایی که جوشکاری شده اند. علت: جایی که جوشکاری می شود دمای بسیار بالایی دارد دقیقاً به موازات خط جوش و در فاصله ای کم فاز ما در جوش خوردگی می شود به این علت که هر چه از خط جوش فاصله بگیریم دما کمتر می شود و در جایی دما به دمای ۱۰۰۰-۵۰۰ می رسد همان دمای حساس شدن می رسد که در آن ناحیه خوردگی بین دانه ای رخ می دهد.

* برای جلوگیری از خوردگی بین دانه‌های چگنار کنیم؟

۱- فلزا که در دمای حساس شدن برده و باعث شده کاربرد کمتر
تشکیل شود با عملیات حرارتی به دمای محلول سازی یعنی
۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد می‌ریم در این دما کاربرد کمتر
حل می‌شود پس در سطح سرد می‌کنیم طوری که مدت طولانی
در دمای حساس شدن قرار نگیرد.

۲- افزودن عناصر پایدار کننده (stabilizers) به آلیاژ
این عناصر کاربرد دماز قوی هستند به طوری که وقتی به آلیاژ
اضافه می‌شوند میل بیشتری برای کاربرد شدن دارند و چگنار
کمتر کاربرد می‌شود و خوردگی بین دانه‌های نیز رخ نمی‌دهد.
* عناصر کاربرد دماز قوی: Cb ، Ta و Ti

۳- کاهش کربن فولاد به کمتر از ۰.۰۳ درصد
باعث می‌شود کاربرد گاهی برای خوردگی بین دانه‌ای به وجود نیاید.

خوردگی تنش (stress Corrosion):

* ترک خوردگی در اثر خوردگی توأم با تنش در نتیجه اعمال
همزمان تنش‌های کششی و محیط خوردنده.

stress Corrosion Cracking

⇓
SCC

در خوردگی تنش؟

* فلز اصلاً خورده نمی شود و ترک های ریزی به داخل آن پیشرفت می کنند این نوع ترک خوردن نتایج جدی و خطرناکی دارد زیرا در محدوده تنش های مجاز طراحی شده است.

مشکل ترک ها:

* ظاهری مشابه ترک های شکست تمه اما در واقع خاشی از خوردگی می باشد. ترک ها معمولاً در جهت عمود بر تنش اعمال شده هستند.

فاکتورهای مهم در SCC: ۱- اثرات تنش ۲- فاکتورهای محیطی

اثرات تنش:

* افزایش تنش باعث کاهش زمان شکست می شود.
تنش مجاز: برای هم آلیاژ تنشی وجود دارد که در کمتر از آن شکست رخ نمی دهد و معمولاً ۷۰٪ در صد تنش تسلیم است.

عوامل موثر بر حد تنش مجاز:

۱- دما ۲- ترکیب شیمیایی فلز ۳- ترکیب شیمیایی محیط

تنش منجر به SCC می شود که ۱- کششی باشد ۲- بیشتر از تنش مجاز باشد

فاکتورهای محیطی: با وجود اکسیدکننده ها، اثر زیادی بر تمایل به ترک خوردن قطعه دارد و با افزایش دما خوردگی تنشی افزایش می یابد

* آلیاژهایی که در معرض محیط های آبی تک فاز قرار دارند گاهی کمتر صدمه می بینند نسبت به آنها که در همین دما و تنش در معرض تم و خنک شدن متناوب قرار دارند.

مکانیزم:

- * در ایجاد و آغاز ترک‌ها خورده‌گی نقش مهمی را بازی می‌کند
- * یک حفره، شیار یا غنیر کینواتنی روی سطح باعث تمرکز تنش و ایجاد ترک در آن نقاط می‌گردد از طرفی تنش کششی باعث جابه‌جایی یوست‌های محافظ می‌شود و تسلسلین یوست‌های محافظ به وسیله ترک‌ها باعث هم‌عیت در خورده‌گی می‌شود.

روش‌های جلوگیری:

- ۱- کم کردن تنش دینامیک مجاز (کم کردن جابجایی‌ها در مینیمم کمین مقطع)
- ۲- در صورتی که تغییر محیط و کاهش تنش عملی نبوده، آلیاژ را عوض می‌کنیم
- ۳- حفاظت کاتدی
- ۴- محافظت کننده‌ها
- ۵- گاهی استفاده از پوشش‌ها مانع از تماس محیط با فلز می‌شود
- ۶- ساچمه زنی

خورده‌گی سایشی (Erosion Corrosion):

- افزایش سرعت خورده‌گی یا از سن رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز
- * معمولاً این حرکت سریع است و اثرات سایش مکانیکی مشهود است.

- * محصولات خورده‌گی به صورت مکانیکی از سطح کنده می‌شوند
- * ظاهری شیاردار، موجی شکل، سوراخ‌های کروی و خادعموار
- * معمولاً این شکل‌ها در جهت خاصی قرار گرفته‌اند

چه فلزاتی دچار خوردگی سایشی می‌شوند؟

- ۱- آلیاژهای سرامیک آلیب بپیند فلزهای خوردگی سایشی می‌شود
(مثل آلومینیوم، سرب و فولاد زنگ‌نزن)
- ۲- فلزاتی که سفت‌تر یا سفت‌ترند و به راحتی دچار سایش مکانیکی می‌شوند (مثل مس و سرب)

محیط‌های خوردنده: اغلب محیط‌های خوردنده هستند
مثل (۱) محیط‌های گازی (هوا با وجود نم و خاک)
(۲) محلول‌های آبی (۳) جریان فلزات مذاب
(۴) جامدات معلق در مایعات (مثل آب‌داری گلی)

* کجا این نوع خوردگی رخ می‌دهد؟

- ۱- سیستم‌های لوله‌کشی - ۲- پمپ‌ها - ۳- سانتریفیوژها -
- ۴- پمپ‌وانه‌ها - ۵- هم‌زن‌ها - ۶- تانک‌های متحرک -
- ۷- پره‌های توربین - ۸- دوجک‌ها - ۹- سیلاب‌ها و ...

فاکتورهای مهم در رابطه با خوردگی سایشی:

- ۱- یوسته‌های سطحی - ۲- سرعت حرکت - ۳- پر خورد -
- ۴- اثرات تآلودگی - ۵- نوع فلز یا آلیاژ - ۶- شرایط

۱- یوسته‌های سطحی: خواص و ماهیت یوسته‌های سطحی
بمقاومت در برابر خوردگی سایشی اهمیت زیادی دارد

- ۱- یوسته خوب - ۲- سخت - ۳- مترکم -
- ۴- چسبیده -

- عوامل موثر بر قابلیت پوسته ها در حفاظت از سطح:
- ۱- سهولت تشکیل آئینا در مرحله اولیه در تماس با معلق خورنده
 - ۲- مقاومت آئینا در برابر سایش مکانیکی
 - ۳- سرعت تشکیل مجدد پوسته ها در صورت صدمه دیدن

- ۲- سرعت حرکت:
- * اثر سرعت مملن است تا یک سرعت بحرانی صغیر یا خیلی کم باشد
 - * افزایش سرعت معمولاً باعث افزایش سرعت خوردگی می شود
 - * سرعت بالا ← معمولاً تشدید سایش مکانیکی (مخصوصاً در حضور جامدات معلق) ← تخریب پوسته های سطحی

- ۳- پر خورد: اکثر اینداه ها خاش از پر خوره سیال جاسطع

- ۴- اثرات گالوانیک: خوردگی گالوانیک می تواند پر خوردگی سایشی و فلز در یک سیستم متممک تأثیر بگذارد.
- * تأثیر گالوانیک تحت شرایط ساکن مملن است صغیر باشد ولی در حین حرکت به شدت افزایش میابد

روش های مبارزه با خوردگی سایش:

- ۱- انتخاب مواد: استفاده از موادی با مقاومت بهتر یا در خطر گرفتن جنبه های اقتصادی
- ۲- طراحی خوب ← قبل افزایش ضخامت ماده در نقاط حساس
- ۳- تغییر در محیط خورنده مثل خمواز دانی یا حذف جامدات معلق
- ۴- استفاده از پوشش های سخت و مقاوم به خوردگی
- ۵- حفاظت کاتدی

«پایان»