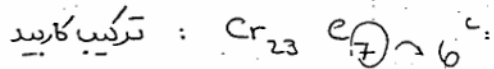


در محیط خورنده قرار گیرند www.Prozheha.ir دان‌ها شان خورده می‌شود و اگر تحت تنش باشند، منجر به شکست زودرس می‌شود.

فولاد ضد رنگ استنیتی، اگر به مدت طولانی تحت عملیات حرارتی بین 1450°F تا 1960°F قرار گیرد، گرم داخل دان‌ها در اثر دیفوزیون در این دما به مزرده‌ها مهاجرت می‌کند. و با کربن تشبیل کاربید کربوم می‌دهد. پس منطقی اطراف مزرده از کربوم فقیر می‌شود که اصطلاحاً گویند sensitize یا حساس نشده است.



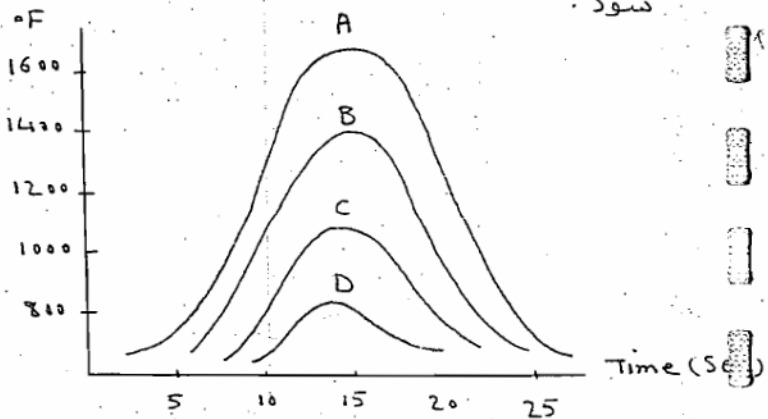
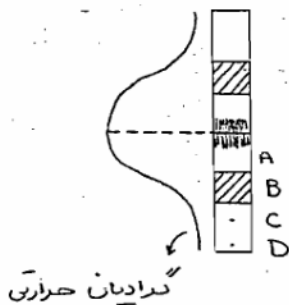
در محیط خورنده، این منطقه‌ی حساس شده خورده می‌شود. چون بین فولاد ضد رنگ و غیر ضد رنگ اتصال کالوانیک به وجود می‌آید. اگر قطعه تحت تنش باشد، به راحتی دان‌ها از هم جدا می‌شوند.

این نوع خوردگی به دو شکل در صنعت دیده می‌شود:

- پوسیدگی ناحیه‌ی جوش weld decay

- خوردگی تیغ چاقویی knife line attack

وقتی دو قطعه را به هم جوش می‌دهیم، در اطراف نقطه‌ی جوش منطقه‌ای یافت می‌شود که در مدت نسبتاً طولانی در محدوده‌ی دمایی ذکر شده قرار می‌گیرد و sensitize می‌شود.



با دور شدن از فصل مشترک (از A تا D) درصد حرارت افت می‌کند

منطقه‌ی A زمان خیلی کمی در ناحیه‌ی دمایی خاص قرار می‌گیرد. B، C در این محدوده‌ی دمایی قرار می‌گیرند، اما منطقه‌ی D که اصلاً به آن دما نمی‌رسد. و این منطقه‌ی B است که در مدت

زمان طولانی در این باره ی دمای قرار می گیرد ، حساسیت می شود . در مورد قطعات
صنعتی که جوشکاری زمان بر است ، حساسیت شدن را این نوع خوردگی حتماً دیده می
شود . اما در قطعه ی باریک شاید دیده نشود .

Control of intergranular corr.

1- Solid solution - heat treatment

قطعه ی Sensitize شده را به دمای می بریم که کاربید حاصل شوند . ($1800^{\circ}F$)
و به جای خود برگردند . سپس به طور ناگهانی آن را کوئنچ می کنیم . Cr ها دوباره
فرصت نفوذ به حرزها را پیدا نکنند .

عملیات حرارتی را می توان با Coil یا عملیات ترموشیمیایی (که درجای حاصل از این
واکنش شیمیایی عملیات حرارتی را انجام می دهد) انجام داد . این راه چاره ،
پس از سفارش قطعه ، قابل انجام است .

2- Low Carbon Steel

فولاد ضد زنگ کم کربن سفارش دهیم که کاربیدها کمتر تشکیل شوند و حساسیت
کمتری در اطراف مزرده ها ایجاد نشود .

316 L St.St.

(قبل از سفارش قطعه)

304 L St.St.

↳ Low Carbon

3- Adding stabilizer

استفاده از فولاد ضد زنگ با یدار شده . به این فولادها به هنگام ذوب مقداری
Ti یا Nb (کلومبیم) می زنند که میل به تشکیل کاربید این عناصر بیشتر از کربن

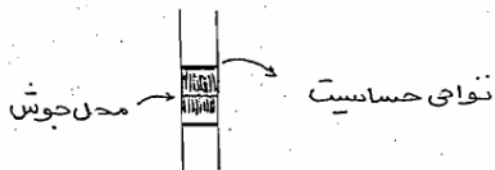
است. بنابراین دیدن www.Prozheh.ir جوشکاری فولاد باید در
شده مشکل بصورت آزاد کمتری دارد.

پارامترهای مختلفی ممکن است خوردگی مرز دانه‌ای و در واقع حساسیت مرز دانه‌ها
را زیاد کند:

1- عمل بد ایراتور: مثلاً ایراتور با تمیز کردن محل جوش با دستمال کربسی اش،
تا خواسته کربن منطقه‌ی جوش را افزایش می‌دهد.

2- نوع قالب
زینتی ← خودعاب کربن دارد کم در آن دما می‌سوزد و وارد ترکیب
می‌شود.
سرامیکی ← بهتر است.

3- عملیات تنش‌گیری: اگر قطعه‌ای را از فولاد باید در شده ساخته شده است،
تنش‌گیری کنیم، مقداری از کربن ترکیبات $Cb-C$ و $Ti-C$
آزاد می‌شود و باز هم در دونه‌ها اطراف جوش حساسیت و
خوردگی خواهیم داشت. این خوردگی همان خوردگی تیغ
چاقویی یا knife line attack است.



تفاوت پوسیدگی ناحیه‌ی جوش و خوردگی تیغ چاقویی:

1- پوسیدگی ناحیه‌ی جوش بصورت یک باند پهن است درحالی‌که خوردگی تیغ چاقویی
به صورت دو تیغی نازک در اطراف محل جوش است.

2- فاصله‌ی ناحیه‌ی خوردگی تیغ چاقویی از محل جوش کمتر از پوسیدگی ناحیه‌ی جوش است.

3- تاریخچه عملیات حرارتی این دو باهم متفاوت است.

melting p. _____

CbC dissolved (حل شده)

CrC dissolved

2250 °F _____

CbC ppt. (precipitated رسوب) ^{سست} ایجاد رسوب آزاد

CrC dissolved

1450 °F _____

CrC ppt.

950 °F _____

No rxn (رسوب نداریم)

70 °F _____

آب عملیات حرارتی در منطقه‌ای دمایی M.P. - 2250 °F صورت گیرد ، گسی از کاربید کربوسیم حل می شود و در جوشکاری بعدی به صورت باند نازک و در نتیجه جوش قطعاً احساس می کند و سبب خوردگی آن می شود.

خوردگی مرزدانه‌ای ، درصفت نفوذ گاز و پیروسیب اهنیت فراوان دارد.

جلسه ی نهم ، 14 . 8 . 1384

Intergranular Corrosion of other alloys :

گفتم که فلزات active-passive و به خصوص St St ها آب درمای خاص مدار گیرند ، sensitize می شوند . در مورد آلیاژهای دیگر هم چنین پدیده ای دیده می شود .

آلیاژهای با استحکام بالا : High strenght al.

www.Prozheha.ir
آلومینیم-مس (Al-Cu) سیستم

تشنیل $CuAl_2$ و یا ... مس در برخی مواضع کم شود و این مناطق حساس شوند.

رسوب ترکیبات $MgZn$ ، Mg_2Si ، Mg_5Al_8 و $FeAl_3$ هم می‌توانند سبب تغییر ترکیب شیمیایی و تشنیل سل گالوانیک شود. و اگر قطعه تحت تنش باشد به شکست منجر خواهد شد.

metal matrix composite یا هم ممکن است دچار خوردگی ناشی از حساسیت شوند. (Al در محارت. reinforce ها خورده می‌شود.)

روش های آزمون حساسیت فلز :

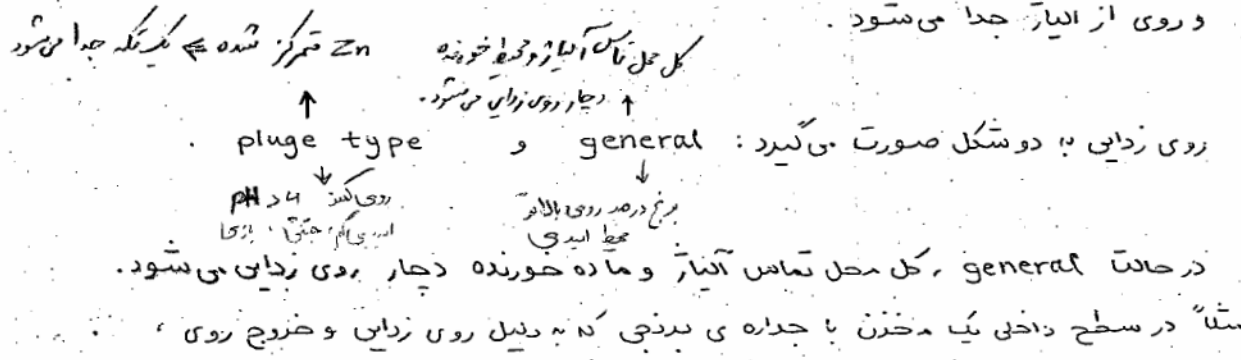
مخلوط های H_2SO_4 ، HNO_3 یا اسید اترانیک را با یک اسید کننده ($FeCl_3$ یا $CuCl_2$) مخلوط کرده، نمونه را 24 تا 72 ساعت در آن می‌جوشانند. از روی میزان خوردگی مرزها، درجای حساسیت نمونه را ارزیابی می‌کنند.

Selective Leaching :

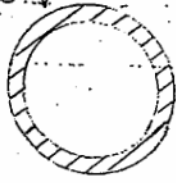
removal of one element from an alloy.

محیط خورنده عنصر آلیاژی را از محیط خارج می‌کند و مقاومت مکانیکی را کاهش می‌دهد.

مهمترین جدایش انتخابی، روی زدایی (Dezincification) است که بیشتر در آلومینوم-مس، به خصوص برنج ($Cu-Zn$) و بیزنر ($Cu-Sn$) روی می‌دهد و روی از آلیاژ جدا می‌شود.



بندی مخزن



general dezincification

در حالت دوم، در مکان هایی که تجمع روی داشته باشیم، روی قلفتی (!) کنده می شود.



plug type dezincification

مثلاً رادیاتور اتومبیل برنجی است. ترکیب ضد رنجی آن استفاده می شود، امین گلیکول دارد که در اثر کار به آلهید تبدیل می شود. آلهید اسید گلیکول می دهد که سبب خوردگی رادیاتور می شود.

در کندانسورها، پالاستانه ها، نیروگاه ها و ... هم دیده می شود که سبب سوراخ شدن لوله ها می شود.

مکانیزم ها:

ابتدا تصور می کردند که ماده ی خوردنده به داخل شبکه نفوذ می کند و روی ها را خارج می کند. ولی متوجه شدند که چنین فرضیه ای درست نیست. چون فاصله ی این دو آب که ماکنیزم در حد 10 \AA است، آن قدر نیست که محیط خوردنده بتواند نفوذ کند. پس مکانیزم دو مرحله ای را پیشنهاد دادند:

- 1) Brass dissolution
- 2) Copper precipitation

در این مکانیزم، ابتدا همه ی برنج حل می شود. هم مس و هم روی سپس مس ها رسوب می کنند و به شبکه بر می گردند.

نوع خوردگی: سوراخ های عمیق و ترازیری و سوراخ های ریز و پراکنده در روی سطح خوردگی یاری و باعث دره حرارت های بالاتر در تبادل شده های

حرارت کردن به خاطر حالت بودن)
 لانه زوری: برنج قوی (15/ روی) > برنج دریا (35/ روی) > مونت (40/ روی)
 اززداس 5/ آب 30/ 100/
 است

راه های پیشگیری از زوئی زدایی :

- 1- کاهش خوردگی محیط
- 2- کاهش عنصر آلیاژی . ماکزیم مقدار روی در ترتیب برنج 40٪ است که می توان آن را تا 15٪ هم کاهش داد .

ویا می توانیم به AS یا Sn اضافه کنیم که در جلوگیری از زوئی زدایی موثر هستند .
P و اینست اینجاست

De alloying یا Selective Leaching در سایر آلیاژها هم دیده می شود . مثلا در چین ها .

گرافیت شدن :

بسیار در چین های خائسری دیده می شود که در محیط خوردنده آهن از ترکیب جدا می شود و کربن باقی می ماند . به طوری که می تواند لایه ای از گرافیت روی فلز تشکیل دهد که با ناخن هم کنده می شود .

پروانه ی پمپ ها و ... چدن اند . یکی از معایب چدن ها ترد بودن آن هاست که با مالش کردن سعی می کنند آن ها را نرم تر و داکتیل تر کنند .

گرافیت شدن در چدن خائسری به وقوع می پیوندد و در چین دارای گرافیت کروی مشاهده نمی شود . استحکام کم می شود به سبب ایجاد ی دیده نمی شود .

جلسه ی دهم ، 84 . 8 . 17

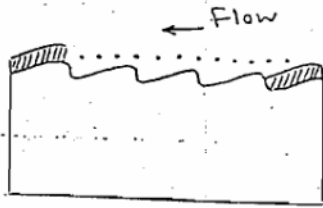
(6)

خوردگی سایشی : Erosion Corrosion

وقتی که بین محلول خوردنده و فلز حرکت نسبی اتفاق بیفتد ، تخریب (degradation) افزایش پیدا می کند . (در محلول خوردنده باید درات سخت ساییده وجود داشته باشد تا Erosion اتفاق بیفتد .)

Err. Corr. به شکل های مختلف دیده می شود : شیار (notch) ، کنده کنده (gullies) ، امواج (waves) ، حفره های کُرد (holes) ، شکاف های ریز (groves) و دره (valleys)

همه ی این نشانه ها در جهت خاصی ایجاد می شوند که هم جهت بودن آن ها ایده ی خوردگی - سایش را به دست می دهد.

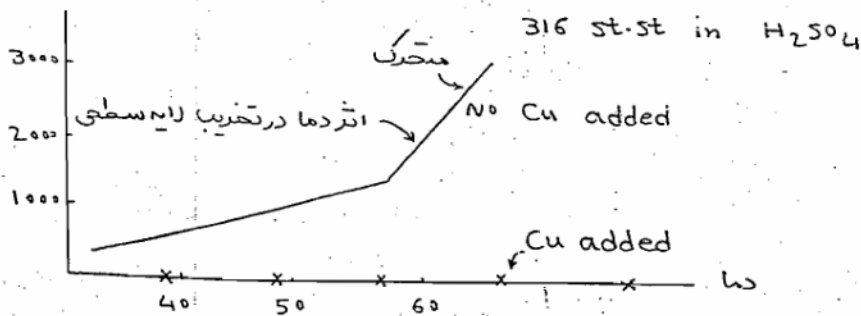


همه ی فلزات و آلیاژها نسبت به Err. Corr. حساسند. فولاد ضدزنگ ، Al ، برنج و ... تعداد زیادی از محیط های خوردنده می توانند آن را ایجاد کنند. اکثر تانسیتات صنعتی هم در معرض این خوردگی هستند. (لوله ها ، پمپ ها ، مخازن ، راکتور و ...)

پارامترهای مختلفی هستند که میزان آن ها را کنترل کنیم ، می توانیم Err. Corr. را min کنیم :

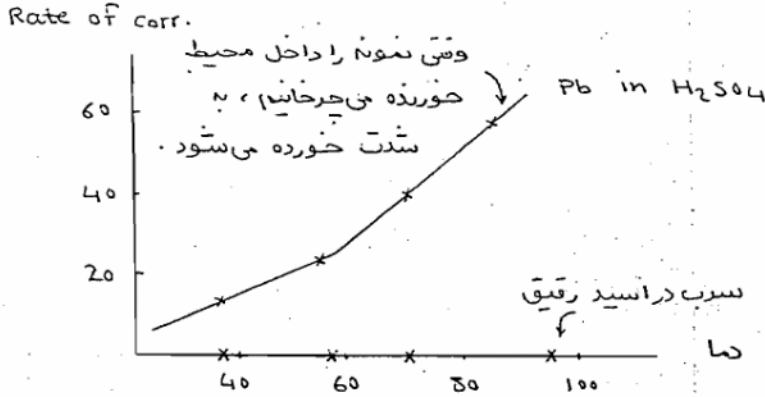
1- لایه ی سطحی : اگر لایه ی سخت سطحی معمولاً آکسیدی است ، وجود داشته باشد ، Err. Corr. اتفاق نی افتد یا به کنده کنده صورت می گیرد .

Rate of Corr.

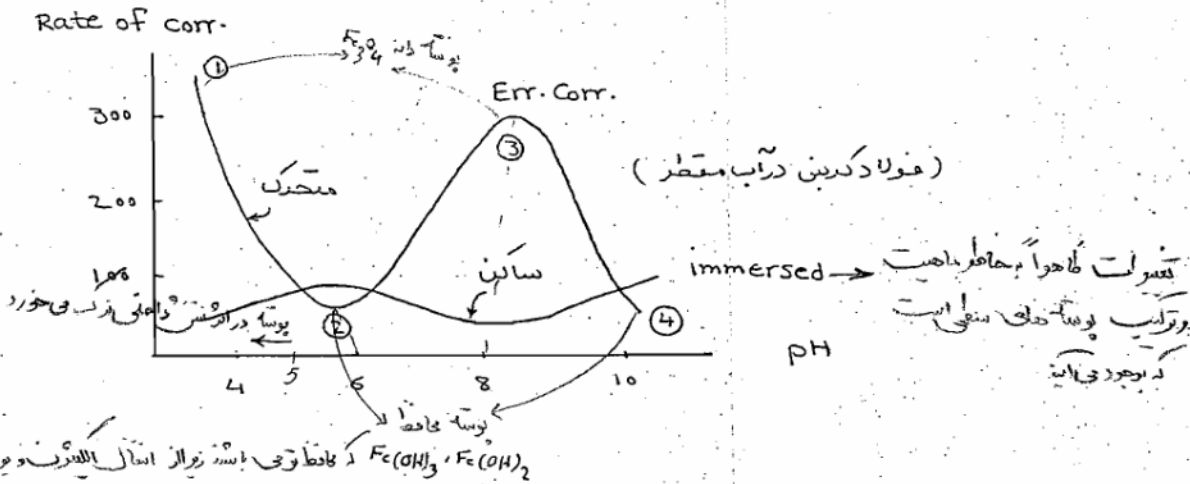


مشاهده می شود که با افزایش Cu ، خوردگی کاهش یافته است .

در نمودار 316.St:St که مس ندارد، از نقطه‌ای بعد از سرعت خوردگی افزایش نسبی با دما دارد. چون لایه سطحی از مس رقیق است.



نسب در اسید سولفوریک رقیق خورده نمی شود. (در دمای تسکین لایه‌ی سولفات نسبی که در اسید سولفوریک رقیق نامحلول است.)



فولاد کربن را در pH های مختلف در آب مقطر مشاهده می کنیم.

در حالت محرك، در نقطه 1، در pH اسیدی لایه‌ی محافظ حل شده، از بین

می رود و rate خوردگی بالاست. واکنش کاتدی: $H^+ \rightarrow H_2$

در نقطه 2، لایه‌ی طبیعی تخریب نشده است. واکنش کاتدی: $O_2 \rightarrow OH^-$

PH=7

در لفظای 3-، در اثر ساینس لایه به تدریج از بین رفته است. و در لفظای 4-، در pH
قلیایی، لایه ی هیدروکسید آهن تشکیل می شود. ($Fe(OH)_3$ یا Fe_3O_4) که سرعت
خوردگی را کاهش می دهد.

با افزایش سرعت حرکت محلول و ذرات ساییده ، Err. Corr. افزایش می یابد . البته میزان خوردگی بستگی به پایداری لایه سطحی دارد .

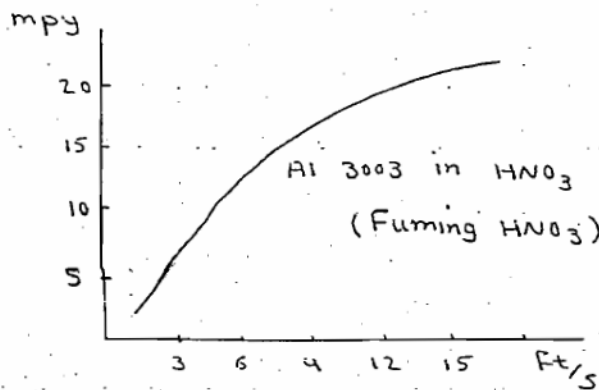
	1 ft/s	4 ft/s	27 ft/s
C. St.	34 mpy	72 mpy	254 mpy
Cu-Sn ← Bronz	45	-	343
Cu-Zn ← Brass	2	20	170
Al Bronz	5	-	236
Cu-Ni	2	-	190
Ti	0	0	0

سرعت بحرانی :

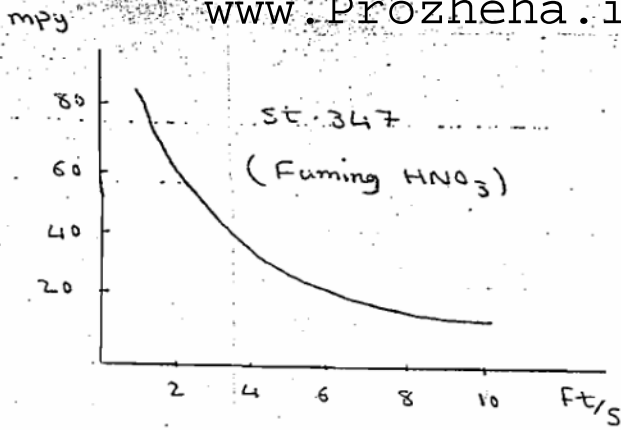
min سرعتی که قبل از آن ، rate خوردگی کم یا متوسط است ، ولی پس از آن به شدت خوردگی افزایش می یابد .

آلومیناها مثل برنج ، برنج ، $Cu-Ni$ که طبیعت نرم دارند ، به شدت به سرعت بحرانی حساسند . چون لایه سطحی سخت اکسید هیس در سطح آن ها تشکیل می شود که پس از رسیدن به سرعت بحرانی ، از پس می رود و خوردگی بسیار شدید می شود .

اما Ti در رده های سرعتی ها یک سرعت خوردگی دارد . چون هم لایه سطحی آن (TiO_2) خیلی سخت است و هم طبیعت خودش سخت است . به همین دلیل مقاومت بهتری از خود نشان می دهد .



با افزایش سرعت حرکت نسبی Al 3003 در اسید نیتریک دودکننده ($Fuming HNO_3$) ، سرعت خوردگی افزایش می یابد . (اسید نیتریک دودکننده ، مقداری HNO_2 دارد .)



اما با حرکت دادن فولاد 347 در اسید نیتریک دودکننده ، نرخ خوردگی کاهش می یابد .

در مورد Al در اسید نیتریک دودکننده ، چون HNO_2 داریم ، در سطح Al ، لایه نیترات آلومینیوم تشکیل می شود که لایه مقاوم است و از خوردگی جلوگیری می کند اما این لایه ، لایه نری است و با افزایش سرعت ، به سرعت از بین می رود و سبب می شود نرخ خوردگی افزایش یابد .

در مورد St. 347 ، لایه محافظ اسید مضاعف آهن و کروم داریم . اما در محیط اسید نیتریک دودکننده ، اسید نیترو این لایه را احیا می کند و لایه از بین می رود و به همین دلیل نرخ خوردگی بالا است . ولی با هم رن و افزایش سرعت ، اسید نیترو که به شکل گاز است ، از اطراف قطعه دور می شود و لایه احیا نمی شود و نرخ خوردگی کاهش می یابد .

پس افزایش سرعت ، اثر خود را در پایداری یا از بین بردن لایه سطحی نشان می دهد .

سایر عواملی که در Err. Corr. موثر هستند :

3- توربولانس : در حرکت ممتد ، خطوط جریان درهم هستند . در این حالت عمیق

Err. Corr. افزایش می یابد . پس هر جا که لوله خشک دارد ، یا به طریق حرکت ممتد

است ، بیشترین Err. Corr. را خواهیم داشت .

4- برخورد (Impigment) : اگر محلول با ذرات خورنده برخورد کند به غلظت

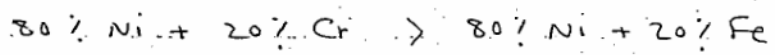
نسبت افزایش Err. Corr. می شود. تنش های حرارتی - الفلتر جمع من سولید در نهایت به
تنش شکست یا کسختی می انجامد. (اثر حافظه)

جلسه ی باردهم ، 21 . 8 . 1384

پارامترهای موثر در Err. Corr. - ادامه :

- ضمیمه فلز یا آلیاژ :

ترکیب شیمیایی فلز یا آلیاژ : مثلاً مقاومت فولاد ضد زنگ به Err. Corr. بستری از
فولاد معمولی است. چون مقاومت به خوردگی آن بستری است. مقاومت به خوردگی فولاد
ضد زنگ هم برمی گردد به Cr, Ni موجود در آن.



مقاومت به خوردگی Cr بستری از Fe است. کربن با کربن در سطح تشکیل CrC می -
دهد که سبب افزایش مقاومت به خوردگی می شود.

- افزایش عنصر آلیاژی سووم :

با افزایش مقداری Mo در St-St 316 ، مقاومت به خوردگی و مقاومت به Err. Corr.
افزایش می یابد.

عنصرات سخت کننده نسبت به Err. Corr. مقاومت بستری از خود نشان می دهند. به طرق
مختلف می توان یک فلز را سخت کرد :

- solid solution hardening : کل قطعه سخت می شود. مثلاً با ریختن کاربیدها
بنابراین مقاومت به Err. Corr. هم بالا می رود.

- Case hardening or Surface hardening : یک لایه ی سختی محافظ روی
فلز تشکیل می شود. این سختکاری خیلی برای

افزایش مقاومت به Err. Corr. خون نیست. چون با ازن رفتن لایه سطحی
مقاومت ازن می رود.

پایه های حل مینبات خورنده (Fe ، Fe_3O_4 ، Fe_2O_3) ، کاربرد کروم دارند
که مقاومت به Err. Corr. را افزایش می دهد.

کنترل Erosion - Corrosion :

هم باید Err. و هم باید Corr. را متوقف کنیم.

1- انتخاب مناسب مواد (material selection)
مواد را انتخاب کنیم که مقاومت به خوردگی و سایش بالا دارند .
Solid Sol. و ...

2- طراحی :
انگ طراحی به گونه ای باشد که مسیرهایی برای جریان میناب یا برخورد داشته
باشیم ، با Err. Corr. مواد خواهیم بود .

3- تغییر محیط (Alteration of env.)
با تغییر محیط ، هم می توانیم Corr. را و هم Err. را کاهش دهیم . مثلاً
اگر آب دریا و رودخانه استفاده می کنیم که حاوی ذرات ریز شن و ماسه است ،
باید یک مخزن بزرگ داشته باشیم که ذرات ته نشین شوند . یا می توانیم یک سری
مواد کنترل کننده ی خوردگی بپوشانیم که خوردگی هم کاهش یابد . یا به نحوی
Flow و یا درجه حرارت را کاهش دهیم و ...

4- پوشش دادن (coating)
پوشش های سخت که با اسپری یا سوا صورت می گیرد ، مقاومت به سایش را

افزایش می دهد. پوشش های محلی که ذرات سخت انباشته دارند، هم سطحی را افزایش می دهند و هم خودشان به عنوان یک محیط برنده و خورنده عمل می کنند.

5 - C.P. حفاظت کاتدی

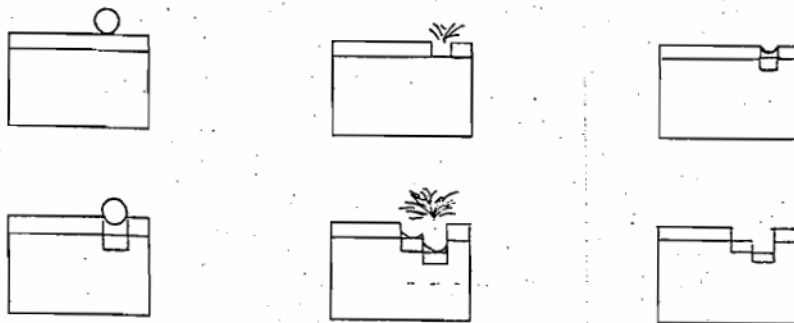
این عامل دقیقاً بر خوردگی موثر است. فلز را به یک ولتاژ منفی وصل می کنیم تا خورده نشود. به این ترتیب Err.Corr هم کاهش می یابد.

(7)

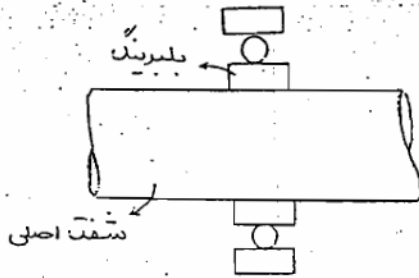
Cavitation Damage :

حسارتی است که در اثر آن حفرات مدور داخل فلز ایجاد می شود. اگر فشار داخل یک سیستم تغییر کند به صورتی که ابتدا ناخن بیاورد و بعد افزایش یابد، در فشار کم، گازهای محلول در سیال خارج شده و ایجاد حباب می کنند. با افزایش فشار، حباب ها می ترکند و در سطح فلز ایجاد حفره می کنند.

پس Cavitation damage عبارتست از تسخیر (در فشار کم) و ترکیدن (در فشار زیاد) میلیون ها حباب ریز در سطح فلز که در اثر تغییر در فشار داخل یک سیستم به وجود می آید. تنش های حرارتی ناشی از ترکیدن حباب ها آنقدر جمع می شود که سبب کنده شدن بخشی از فلز می شود.



معمولاً در پمپ های نفت و آب و ... این پدیده را می بینیم. معمولاً وقتی که محور پمپ از حالت عادی خود منحرف شده باشد، پمپ زودتر می کشد. این صدا همراه با Cavitation damage است.



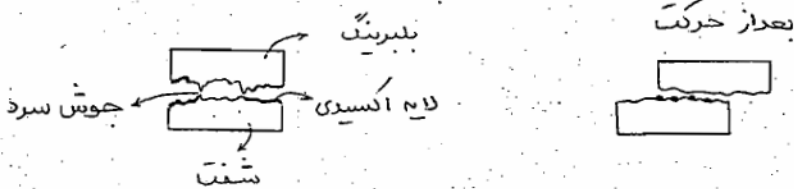
Freting Corr. در محل اتصال بلیزینگ به شفت دیده می شود . (در اتصالات ریل راه آهن یا در ماشین هایی که چرخ های عقب به شفت وصلند یا ...) به اینصورت که در اثر حرکت نسبی شفت و بلیزینگ از محل جوش سرد ذرات کنده می شوند و بین دو قسمت قرار می گیرند و سبب خوردگی می شوند .

۲. صورت ۱ - wear oxidation

۲ - oxidation wear

دیده می شود :

oxidation wear :



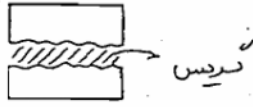
به دلیل تماس با هوا ، در مناطقی از اتصال که شفت و بلیزینگ به هم متصل نیستند ، لایه اکسیدی تشکیل می شود . در اثر سایش ، این ذرات کنده می شوند و بین دو قسمت می افتند و سبب خوردگی می شوند .

wear oxidation :



به دلیل سایش ، ذرات از محل جوش سرد کنده می شوند و در میان دو قسمت متصل شده به هم از شفت و بلیزینگ می افتند . این ذرات در اثر تماس با هوا اکسید می شوند و سبب خوردگی می شوند .

1- استفاده از Lubricant



روانکار نسب می‌شود که هوا در میان دو قسمت متصل شده به هم قرار نگیرد. بنابراین لایه ی اکسید سطحی تشکیل نمی‌شود.

2- افزایش سختی یکی از قسمت‌ها یا هر دو بخش جوش خورده به هم تا تحت بار به راحتی جوششان کنده نشود.

3- افزایش اصطکاک بین دو قسمت

4- استفاده از واشر برای کم کردن ارتعاشات و خفت هوا

5- افزایش بار تا لغزش و حرکت نسبی شفت و بلبرینگ کاهش یابد

6- حرکت شفت و بلبرینگ را طوری تغییر دهیم که جهت‌شان با هم حرکت کنند، نه یکی نسبت به دیگری.

(8)

(S.C.C.) Stress Corrosion Cracking

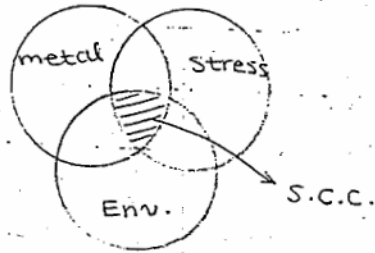
مضار طراحی قطعات و ... ، تأمدت‌ها تنش تسلیم بود. اما مواردی مشاهده می‌شد که در آن‌ها قطعه در تنش‌های خیلی کمتر از تنش تسلیم، تسلیم می‌شد. مثلاً

- ترک برداری فصلی: گلوله‌های توپ، پائیز و زمستان را نمی‌کردند، دیگر برداری خود را نداشتند. پس از بررسی، مشاهده شد که این گلوله‌ها ترک دارند.

Caustic embrittlement (شکنندگی قلیایی) در دیدهای بخار یا Boiler

ها و ... که حاوی مواد قلیایی بودند، در اثر تنش ترک بر می‌داشتند و می‌شکستند.

S.C.C عبارتست از ترک برداری ناشی از حضور همزمان تنش کششی (یا تنش یا مولفه‌ی کششی و یک محیط خوردنده ی ویژه . فلز مستعد هم باید موجود باشد .



سقوط هواپیماها ، آتشسوزی پاناسیاه ها یا آتش سوزی آمونیل ها ، معمولاً ناشی از این پدیده اند .

همه ی فلزات ، در همه ی محیط ها دچار S.C.C. نمی شوند . در محیط های دریایی فولادهای ضد زنگ به شدت به S.C.C. حساسند . ولی آلیاژهای مس به راحتی در محیط های دریایی مقاومت می کنند . به عکس ، آلیاژهای مس به شدت در محیط های قلیایی آمونیاکی به S.C.C. حساسند . ولی فولادهای ضد زنگ نه .

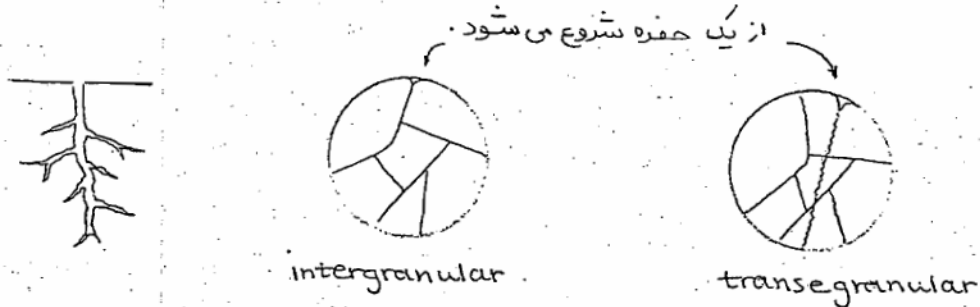
Crack Morphology :

ترک معمولاً یک شاخه ی اصلی دارد ، و شاخه های فرعی . جهت رشد شاخه ی اصلی ، به جهت مولفه ی کششی تنش عمود است .

intergranular منزله ای

transegranular روی دانه ای

ترک به دو صورت می تواند رشد کند .



Low or medium load

High load

ومنزلهای ضعیف (sensitized)

ترک دانه را پاره می کند و در طول آن پیش می رود . (سطح شکست سرد)

طول آن پیش می رود . (سطح شکست سرد)

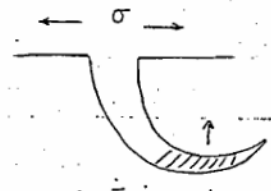
تنش در سیستم به صورت های مختلف ایجاد می شود : - applied (اعمالی)

Thermal (حرارتی) -

Residual (باقیمانده) ناشی از کار سرد، شکل دهی و ... →

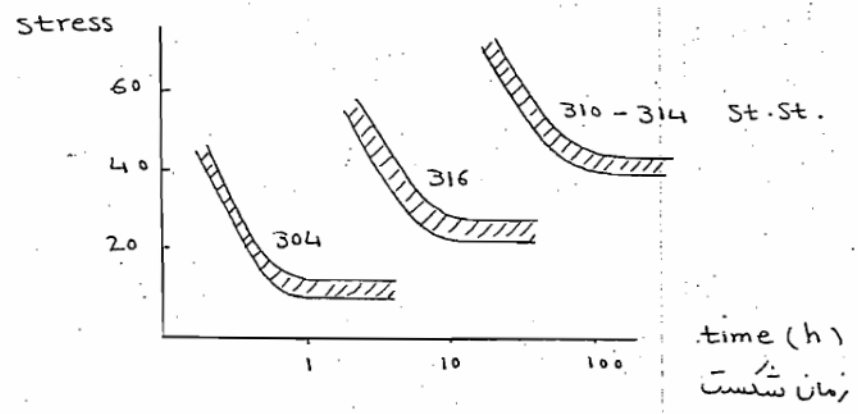
Wedging (محصولات خوردگی) → محصولات خوردگی حجم زیادی دارند که می توانند

تنش اعمال کنند.



↓ σ ناشی از محصولات خوردگی
(حتی می تواند جهت حرکت ترک را
تغییر کند.)

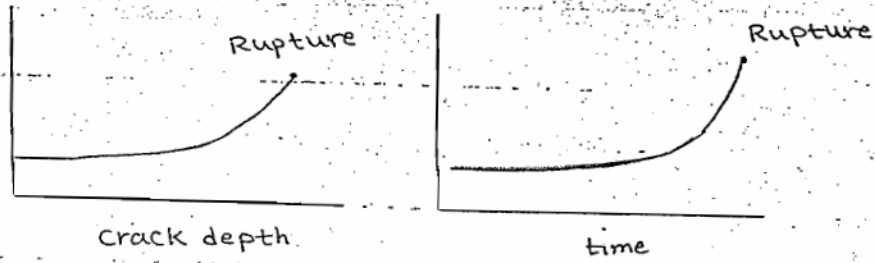
σ_{min} ای هست که اگر ماده تحت آن قرار گیرد، یا نمی شکنند یا در زمان طولانی می شکنند.
پس با کاهش Load، می توان زمان شکست را طولانی می کنند.



σ_{min} بستگی به ترکیب شیمیایی، عملز و مقاومت آن به S.C.C. دارد. آلیاژهای زیرکونیوم در مقابل تنش های تشعشعی بسیار مقاومت می کنند و Core های برج های رادیواکتیو را از این آلیاژ می سازند.

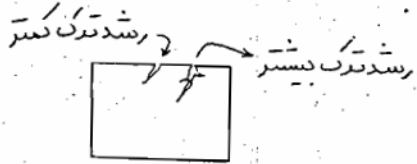
تنش ناشی از خوردگی و از حدی کمتر باشد
این تنش را عامل جمع تنش

rate of cracking



هیچ رابطه‌ی خطی بین شروع ترک و زمان شکست وجود ندارد. با افزایش عمق ترک سرعت رشد ترک هم زیاد می‌شود.

رشد ترک برداری به این صورت است که عمق ترک ابتدا خیلی کم است. ولی وقتی عمق ترک زیاد شد، سریعاً رشد می‌کند تا به شکست بینجامد.



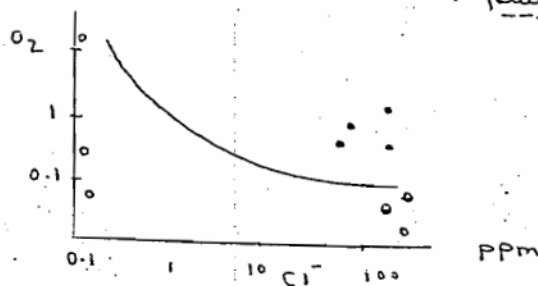
پس به محض ترک خوردن باید Load را کم کنیم. (ممکن است 6 سال طول بکشد تا قطعه ترک بخورد ولی پس از ترک خوردن، قطعه در طول 6 ماه بشکند.)

فائوره‌های محیطی موثرتر از S.C.C. :

- اکسیدکننده‌ها
- کربن‌ها (ترک‌ها اثر از کربن pit ها شروع می‌شوند.)

وجود اکسیدکننده‌ها غالباً اثر زیادی در تمایل به ترک خوردن دارد. در محیطی زیر اثر

Cl⁻ و اکسیژن حل شده در St-St. 304 رایج است



• انهدام
○ عدم انهدام

بیشترین شکست در حضور O_2 زیاد رخ می دهد. در $50-50$ درصد Cl^- زیاد، احتمال شکست $50-50$ است. و در غیاب Cl^- و نیز O_2 شکست اتفاق نمی افتد.

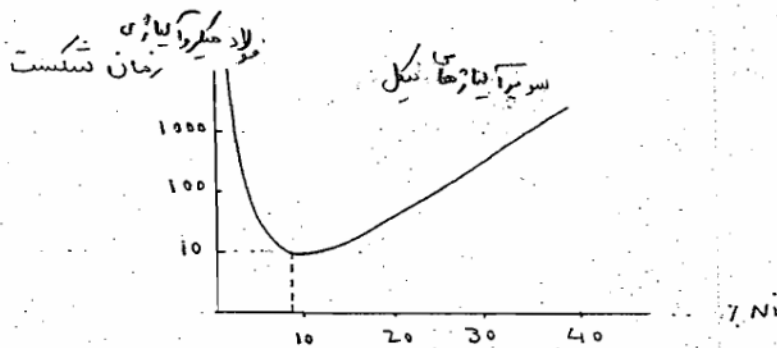
دما و حالت فیزیکی محیط هم از عوامل موثر بر S.C.C هستند.

جلسه دوازدهم : 84.8.24

در انتخاب مواد برای مقاومت به خوردگی، اولین عامل آن است که ماده لایه سطحی داشته باشد. البته طبیعت ماده هم باید مقاوم باشد. (مس، برنج، ویرنر و ... به سرعت از سرعت حد می گذرند و مقاومت خود را از دست می دهند.)

ادامه ی S.C.C :

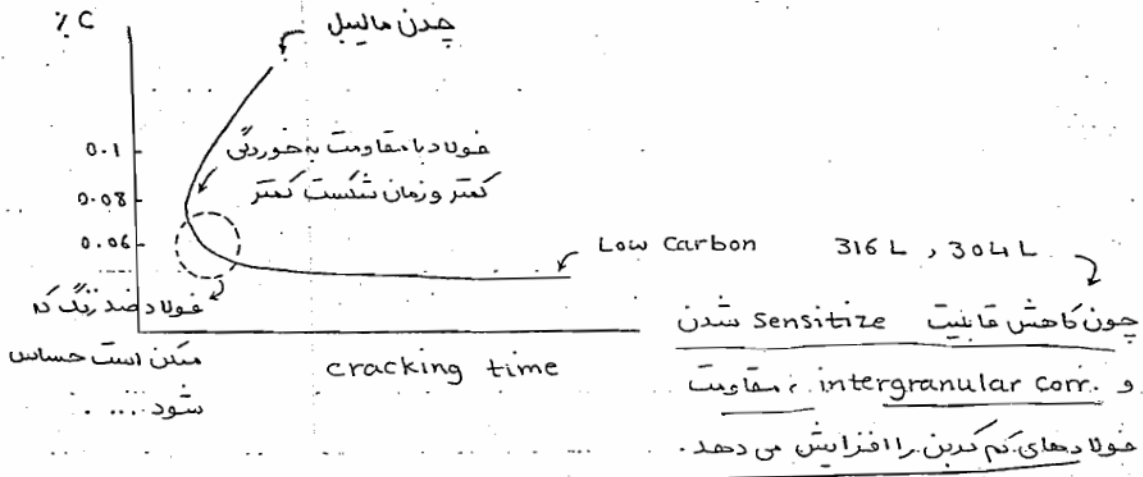
پارامترهای متالورژیکی در S.C.C :



در درصدهای کم نیکل (مثلاً فولادهای میکروآلیاژی)، این مقدار کم نیکل، مقاومت خوبی به فولاد می دهد. با افزایش درصد نیکل، زمان شکست کاهش شدید می یابد. در حدود ۱۵٪ نیکل، به \min زمان شکست می رسیم. این محدوده، محدوده ی فولاد ضد زنگ است. و چون احتمال sensitize شدن و pit زدن و ... بالاست، زمان شکست کاهش یافته است.

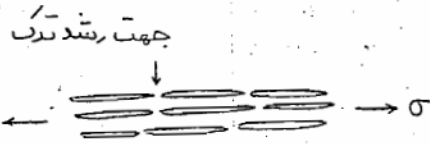
مجدداً با افزایش درصد نیکل و ایجاد آلیاژهای نیکل، مقاومت خوبی حاصل می شود. و زمان شکست افزایش می یابد. چون به سوی آلیاژهای نیکل می رسیم.

پس ترکیب شدیداً بر حساسیت به S.C.C. موثر است.

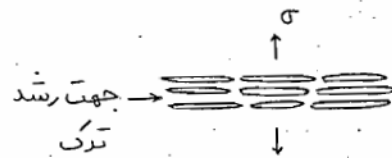


شکل و جهت گیری ترجیحی دانه ها

Preferential orientation of grains :



در حالتی که بار در جهت نورد به فلز وارد شود، احتمال عبور ترک از مرز دانه ها خیلی کم است.



در این حالت احتمال رشد ترک و شکست زیاد است. چون تعداد مرز دانه ها در این مقطع زیاد است.

پس همواره باید در جهت نورد به ورق بار وارد شود.

ترکیب و توزیع رسوبات:

Composition and distribution of ppts.

مثلاً رسوبات کاربید کروم و یخس آن در مرز دانه ها، مقاومت به S.C.C. را کاهش

می دهد. اگر در فولاد ضد ترک رسوب کاربید منبسط تشکیل نشود، مشکلی نخواهیم داشت.

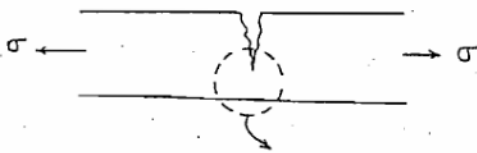
حتی کاهش نیکل در مرزها رخ می دهد. این امر منجر به تشکیل موثر تنش است. (در فولاد ضد ترک، Cr مقاومت به خوردگی ایجاد می کند، اما نیکل استنیت را بسازد. (استنیت فاز مطلوب است.))

Dislocation interaction : واکنش نابجایی ها روی هم :
 نابجایی ها می توانند درهم قفل شوند یا به نوعی به رشد ترک ها کمک کنند.

Phase transformation : استحاله ای فازی :

- استحاله ای فازی به سه صورت می تواند ایجاد شود :
- 1 - عملیات حرارتی
 - 2 - تنش مکانیکی
 - 3 - زمان

وقتی قطعه تحت تنش است، ممکن است استحاله ای فازی رخ دهد و مثلاً استنیت به مارتنزیت یا فزیت تبدیل شود. این فازها نسبت به σ حالتی بیشتری دارند و به رشد ترک کمک می کنند. سرعت حرکت ترک در محیط فازها بیشتر از محیط دیتور است.



در نوک ترک، به دلیل اعمال تنش زیاد استحاله ای فازی رخ می دهد (ساختار شبکه ای کریستالی تغییر می کند). مثلاً M به M' تبدیل می شود که در محیط خورنده زودتر حل می شود و ترک سریع رشد می کند.

جلسه سی و نهم ، 28 . 8 . 84

مکانیزم های S.C.C. :
 هنوز مکانیزم دقیق S.C.C. مشخص نشده است. چون پارامترهای بسیاری در آن مؤثرند. اما در جایی که سه عامل فلز مستعد، محیط خورنده و تنش را همزمان

دانشه باشيم ، وقوع S.C.C. حتمی است . مکانیزم S.C.C. می تواند یکی از چهار عامل

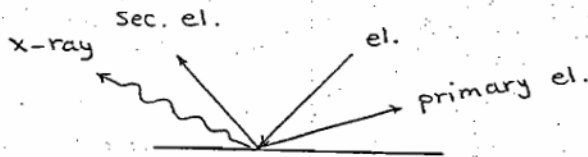
زیر باشد :

1- شکست در اثر پارامترهای متالورژیکی :

1- هم صفحه بودن ناچایی ها Dislocation Coplanerity

اگر ناچایی ها هم صفحه باشند ، ترک راحت تر رشد می کند . اما اگر در صفحات
مختلف باشند ، حلوی رشد ترک را می گیرند .

(ناچایی ها را با TEM می توان دید . (الکترون از فاصله ای اتم ها هم عبور می کند .)



SEM : $\lambda = 10 \text{ nm}$
 $M = 300,000 \times$

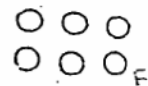
TEM : $\lambda = 0.01 \text{ nm}$, $E = 1,000,000 \text{ eV}$
 $M = 24 \text{ Million } \times$

2- Stress aging & microsegregation

در اثر تنش ، ساختار قطعه تغییر می کند و سریع تر می شود . (زمان در این aging خیلی
کم نیست .) اتم ها در اثر تنش در نوک ترک از جای خودشان جدا می شوند و از
سم راه ترک کنار می روند . بنابراین ترک به راحتی رشد می کند .

3- adsorbtion (جذب سطحی)

← باند Cl-F سبب دست بردن باند Fe-Fe می شود .

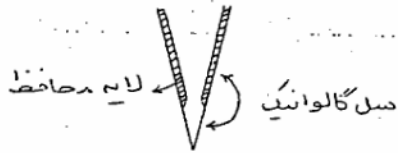


2- عوامل مربوط به حلالت (Dissolution)

1- در اثر تنش ، به دلیل تغییر تصویر فاز یا ... ، حلالت در نوک ترک زیاد است .
معمارت یون گرامر

2- Film Formation at cracking walls

تشکیل فیلم محافظ در دیواره ی ترک ، سبب تشکیل سل گالوانیک بین مناطقی از دیواره N لایه ی محافظ دارند ، و لایه ی فلز جدید ترک که هنوز لایه ی بر سطح آن ها تشکیل نشده است می شود .



metal

3- Noble material enrichment

در اثر حل شدن آهن ، عنصر Ni و Cr هم زیاد می شود و سل گالوانیک تشکیل می شود .

4 - Film rupture

لایه ی سطحی در برخی نقاط از بین می رود و از همان نقاط خوردگی ادامه می یابد . دلیل اینکه ترک شاخه های فرعی دارد ، همین است .



3- هیدروژن :

هیدروژن کوچکترین اتم است و می توان گفت هر چه در کاتد موجود است ، از هیدروژن درست شده است . هیدروژن می تواند داخل شبکه ی فلزات نفوذ کند و سبب شکنندگی شود .

1- Hydride Formation

هیدروژن می‌تواند با محتویات داخل فلز ، هیدرید تشکیل دهد . هیدریدها به شدت شکننده اند و یک تنش کوچک می‌تواند منجر به شکست قطعه شود .

2- Hydrogen embrittlement

تشکیل گاز هیدروژن در اثر تجمع اتم‌های هیدروژن که تنش اضافی به قطعه اعمال می‌کند و سبب شکست آن می‌شود .

Mechanical - 4

Signature

1 - Tunnel pitting

مناطق از ترک که ضعیف هستند ، pit می‌زنند و شروع می‌کنند به خورده شدن .

2- Wedging

محصولات خوردگی معمولاً حجم زیادی دارند و خودشان به قطعه تنش وارد می‌کنند .

Prevention :

- 1- Lowering stress : → افزایش زمان شکست
- 2- → از بین بردن محیط بحرانی آلیاژهای مس در محلول‌های آمونیاکی خورده می‌شوند و فولادهای ضد زنگ در محلول‌ها سی‌خاوی Cl^- .

3- Changing alloy → مثلاً تبدیل آلیاژها به سوپر آلیاژهای مثلاً Ni نیکل ، درپره‌های توربین هواپیما .

4 - C.P.

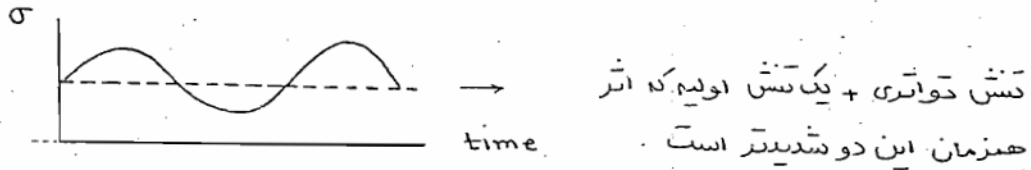
5 - Inhibitors

6 - Coating → پوشش می‌تواند جلوی خوردگی یا جذب سطحی را بگیرد

7. Shot-pinning
 سنجیدگی پاشی حفره‌ای از تنش‌های باقی‌مانده را می‌گیرد و سختی
 هم با اعمال تنش می‌توانیم دو لایه ترک را هم آوریم.
 ترک که بسته بند، رشدش هم متوقف می‌شود.

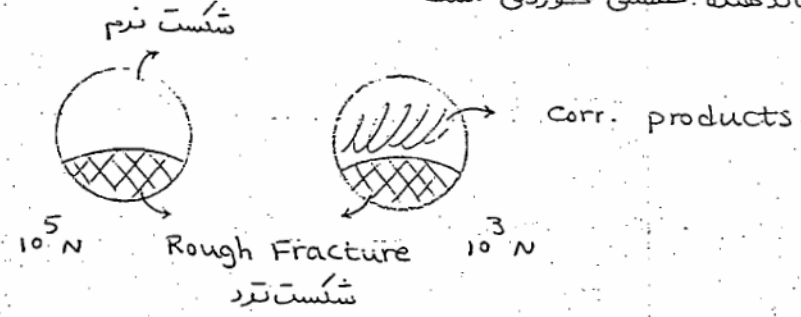
Corrosion Fatigue :

Fracture under repeated cyclic stressing

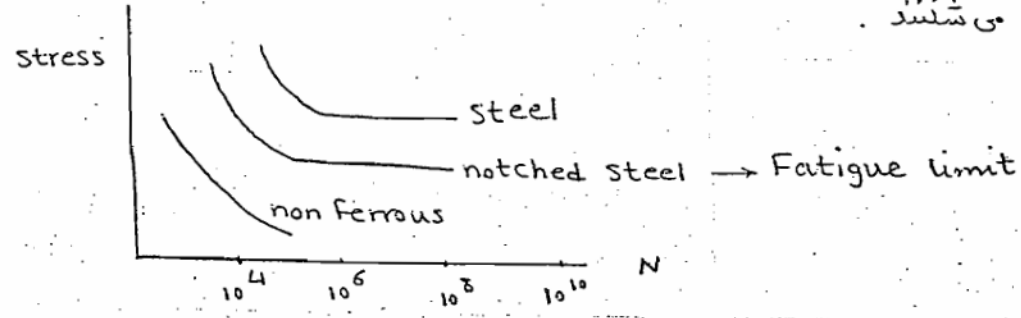


اگر تنش تواتری در محیط خورنده اعمال شود، قطعه در Fatigue limit های
 به مراتب پایین‌تر از حد واقعی‌اش دچار شکست می‌شود.

اگر سطوح شکست را مورد بررسی قرار دهیم، وجود محصولات خوردگی در محل
 شکست نرم، نشان‌دهنده خستگی خوردگی است.



غلزات آهنی معمولاً یک تنش min دارند که اگر تنش سیکلی در آن σ به آن‌ها وارد
 شود، یابنی شکند، یا در زمان طولانی می‌شکند. با notch دار کردن، این
 σ_{min} کاهش می‌یابد. غلزات غیر آهنی حد خستگی ندارند و هر قدر که تنش را کم کنیم،
 با رهم می‌شکند.



روش های جلوگیری از ... Corrosion Fatigue ... حساسند S.C.C است

High cycle Fatigue : تماس محیط خورنده با قطعه در حال تنش سیکلی کمتر است

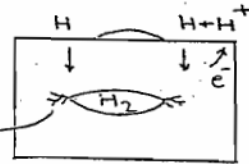
Low cycle Fatigue : تماس محیط خورنده با قطعه تحت تنش بیشتر است پس این حالت خطرناک تر است

جنبه های مکانیکی خوردگی :

Hydrogen Damage :

هیدروژن به انواع مختلف می تواند سبب انهدام قطعه نشود

- Blistering (تاول زدن)



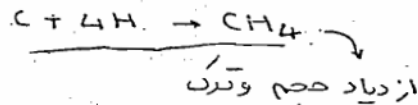
انبساط هیدروژن در اثر افزایش دما، سبب ترک خوردن می شود

تاول سطحی هنگام آنگاری فلز، که فلز را به قطعه متفی می بندد دیده می شود

- Hydrogen Embrittlement → تولید هیدرید

- Hydrogen Attack

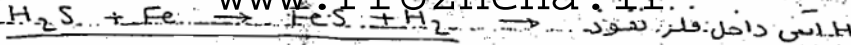
- Decarburization



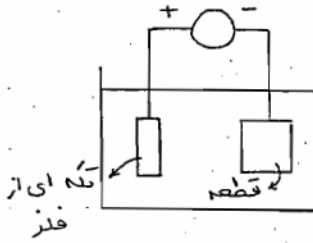
فرآیندهای شش دهنده ی هیدروژن :

1- corrosion : فرآیند خوردگی ایجاد هیدروژن می کند

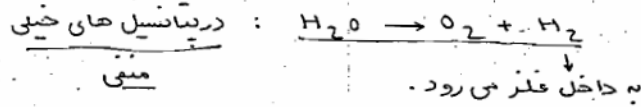
2- محیط های که گاز H_2S دارند (در محیط های نفتی و پاری)



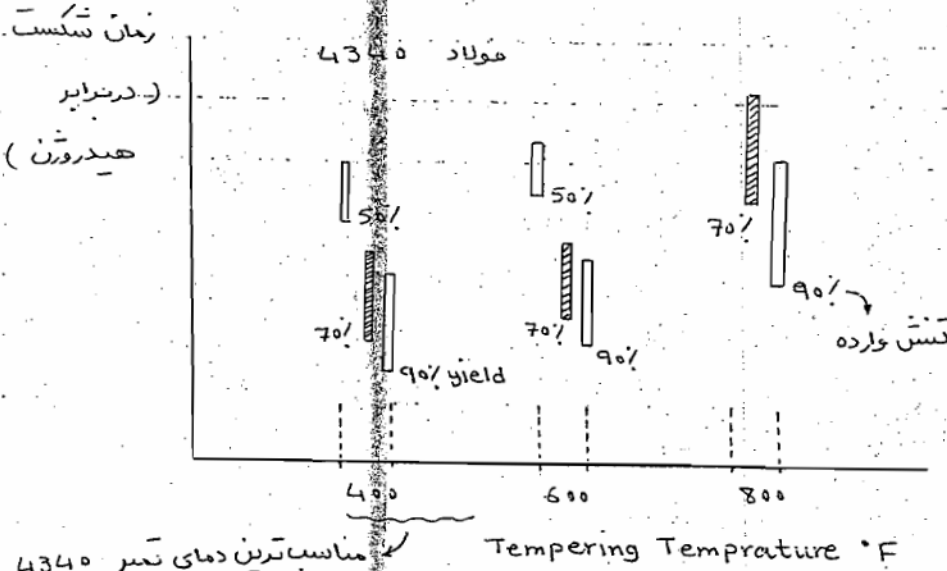
3- فرآیند تولید بخار (در Boiler ها درجه حرارت بخار آب را 700°C بالا می‌برند که پره های توربین برپائورها را می‌چرخاند.)



4- آبکاری فلزی electro plating



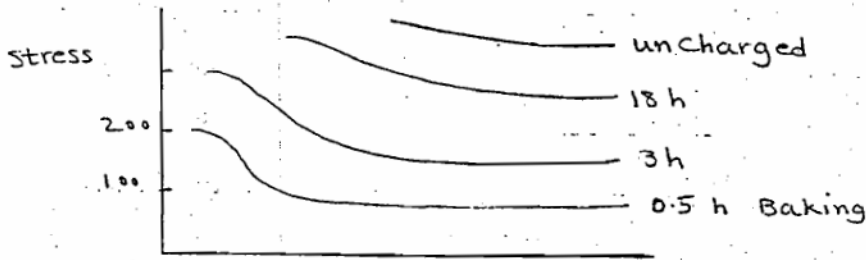
درحین از موارد دیده شده است که هرچه استحکام فلز بالا تر باشد ، مقاومت به خوردگی آن کمتر است.



مناسب ترین دمای تمپر 4340

می بینیم که با افزایش استحکام (کاهش دمای تمپر) فلز در مقابل شکست مقاومت کمتری دارد. و در یک استحکام ثابت ، با افزایش تنش وارده (50% و 70% و 90% تنش تسلیم) زمان شکست کوتاه تر می‌شود.

هیدروژن به همان صورت که وارد قطعه می‌شود، می‌توان از آن خارج نمود. خطر هیدروژن در محدوده‌ی دمایی $80-100^{\circ}\text{C}$ است. در دماهای کمتر از این محدوده سرعت نفوذ کم است و در دماهای بیش از آن، هیدروژن در قطعه نفوذ و از آن خارج می‌شود. پس فلزی را که در معرض هیدروژن بوده‌اند، در دمای 110°C در یک oven به اصطلاح Bake می‌کنند تا هیدروژن‌ها خارج شوند...



زمان شکست نمونه‌ای که با هیدروژن شارژ شده است

قطعه تحت تاثیر تندی هیدروژن، ترک نوک تیز دارد. چون تجمع هیدروژن تنش ایجاد می‌کند که نوک ترک را تیز می‌کند. اما در قطعه تحت S.C.C. به دلیل وجود حلالیت در نوک ترک، نوک ترک مدور است.



شکستگی هیدروژن همواره سطح شکست ترد دارد. اما در S.C.C. در نتیجه از مواد حالت intergranular داریم که راحی از تندی هیدروژن قابل تشخیص است.

روش‌های کاهش خطر هیدروژن:

- 1- Using Clean Steel
- 2- Using coating

پوشش غیر فلزی: تا اندازه‌ای نفوذ پذیرند
پوشش فلزی: مناسبند: 1- پوشش‌های compact که پوشش‌ها

2- پوشش از فلزاتی که بالا دارند و آن‌ها را هیدروژن را تبدیل می‌کنند به مولکول‌های هیدروژن و فرصت نمی‌دهند که H₂ آتمی در فلز نفوذ کند.

3- Using inhibitors

4- Removing poisons

سولفور آهن (SFe) نفوذ هیدروژن را به داخل فلز افزایش می‌دهد. AS, TI هم مضرند و تسلیل H₂ را تاخیر می‌اندازند.

End of Mid Term

جلسه چهاردهم 84.9.1

Corrosion Prevention

1- Material selection

دانشه‌های علمی + تجربیات

St. Steel	HNO ₃ →	St. St. به راحتی در HNO ₃ ، نیسومی شود.
Ni	Caustic →	محیط قلیایی. در صابون سازی و سود و ...
Monel	HF	آلیاژهای نیکل بهترین ترکیب هستند.
Hast alloy	Hot HCl	
Pb	Dil H ₂ SO ₄	
Al	atmospheric	
Sn	distilled H ₂ O	
Ti	Hot oxidizing	→ در سطحش TiO ₂ تشکیل می‌دهد
Ta	Ultimate resistance	
Steel	Concentrated H ₂ SO ₄	

Hast alloy : آلیاژهای پایه نیکل

سوپر

تاسلوم حذنهایی مقاومت به خوردگی را دارد.

2- Metal purification.

در فلزات ناخالص، ناخالصی‌ها محل‌های آند و کاتد یا Local action Cell ها هستند.

3- Non metals

Rubber, Plastic, Ceramic, Carbon, Wood, ...

مخصوصاً PVC برای HCl, ...

مشکل اصلی شان سولفیده بودن آن‌هاست.

4) Alteration of environments

- Changing medium
- Lowering velocity
- Removing oxygen
- Changing concentration
- Lowering Temp.

5) Inhibitors

inhibitor ماده‌ایست که اثر به مقدار کم به محیط خوردنده اضافه شود، یا آنداکسیل می‌کند یا سرعت خوردگی را کاهش می‌دهد. مواد مانع‌کننده یا inhibitorها بر روی کاتد یا آند یا واکنش آن‌ها اثر می‌گذارند.

inhibitor ها سه دسته اند :
Cathodic
Anodic
Film Former

- Cathodic :

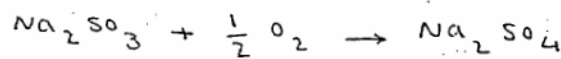
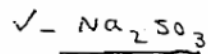
برداشتن کاتدی اثر می کنند و با کند کردن احیای اکسیرن و هیدروژن ، خوردگی را کند می کنند .

1- Hydrogen Evolution Poison :

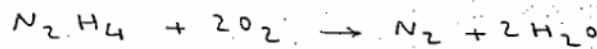
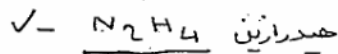
مثل As ، Tl که سموم خطرناکند و تسکیل H_2 را متوقف یا کند می کنند . اما نمی توانند تولیداتم هیدروژن را متوقف کنند . خطر توری هیدروژنی در ریل با یاری H^+

2 - Oxygen Scavengers :

(خفه کننده های اکسیرن)



این واکنش کند است . یک سری نمک های کربنات به آن می ریزند که سرعت واکنش را زیاد کند . اما این کار سبب افزایش املاح می شود .



این ترکیب بدون افزایش املاح آب ، O_2 را می گیرد و واکنش کاتدی احیای اکسیرن را کند می کند . اما ممکن است آمونیاک حاصل نشود که آبارهای مس به آن حساسند .

✓ - Zinc Salts

در نقاط قلبایی حاصل از تسکیل OH^- (که از احیای اکسیرن به وجود آمده اند) روی می ریزند :



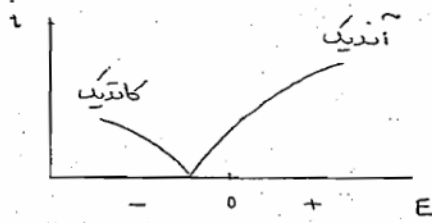
در محیط قلبایی رسوب می کنند و جلوی خوردگی آهن \rightarrow فسفات ها را می گیرند .

- Anodic Inhibitors :

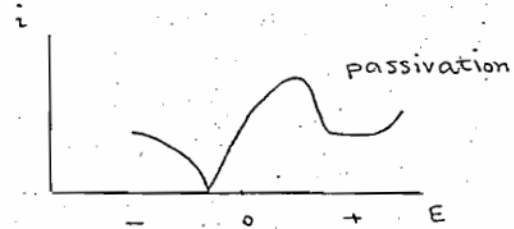
CrO_4^{2-} ، MoO_4^{2-} (مولیبدات ها) ، نیترات ها و به طور کلی XO_4^{n-} های همسند که واکنش آندی را تحت تأثیر قرار می دهند و خوردگی را کنترل می کنند. مثلاً آهن را تبدیل به اکسید آهن می کنند.

- کرومات پتانسیم (واصولاً یون Cr^{6+}) بسیار سرطان زا است. ولی هنوز هم استفاده دارد.

- مولیبدات سدیم : Na_2MoO_4



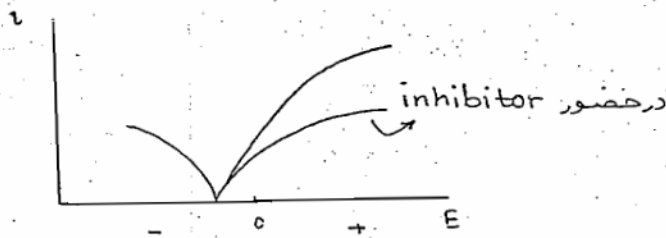
بدون inhibitor



inhibitor

مولیبدات سدیم نمونه رایجی می کند.

عملی که برخی inh. ها انجام می دهند ، passivation نیست. بلکه فقط کاهش i_{corr} است.



مکانیزم عمل inhibitor ها :

عرضه های مختلفی پیشنهاد شد ، ولی نهایتاً یک مکانیزم مورد تأیید قرار گرفت. در ادامه ، این مکانیزم ها را بررسی خواهیم کرد :

این فرضیه در مورد کرومات درست است. اما در مورد مولیبدات نه. چون اصلاً ...
 خاصیت اکسیدکنندگی ندارد. MnO_4^- اکسیدکننده ی قوی است. اما اصلاً به عنوان
 inhibitor عمل نمی کند. آب اکسیژنه هم اکسیدکننده ی خوبی است. اما آن هم
 inhibitor خوبی نیست. البته لنته سنج هستند و باز باید حتماً $pass$ ی برود

2- Buffering Property

خاصیت بافر

بافتریکی است که نمی گذارد pH تغییر کند. این فرضیه هم رد شده است. چون
 مولیبدات اثر بافر ندارد. ولی inh است. اما فسفات‌ها خاصیت بافر دارند،
 در حالی که inh هم هستند. این از اسیدد بازی در سطح می شود و خوردگی را تا حدی می آزارد

3- Surface Coverage

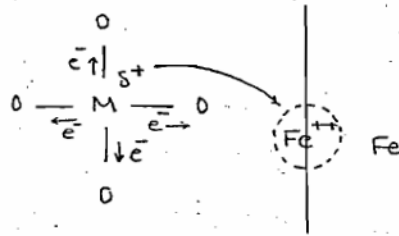
پوشش سطح

مطابق این فرضیه، inh سطح را می پوشاند و مانع خوردگی می شود. اما در مورد
 مولیبدات یا کرومات صادق نیست. چون مقدار آن‌ها 100-200 ppm است که
 اصلاً نمی تواند سطح را بپوشاند. (در مورد inh های آبی این فرضیه درست
 است.)

4- Electrostatic Effect

اثر الکترواستاتیکی

فرضیه ی مورد قبول در مورد مکانیزم عمل inh ها همین فرضیه است. گفتیم
 که ترکیب عمومی inh های آندیک به صورت MO_4^{n-} است.



اکسیژن به دلیل تمایل به گرفتن الکترون، الکترون های پیوندش با فلز را به سمت
 خودش می کشد. بنابراین اسم فلز M، جزیی بار مثبت پیدا می کند و به یون Fe^{++}
 کاتی خواهد از سطح کنده شود، نیروی دافعه دارد می کند و مانع حرکت آن می شود.

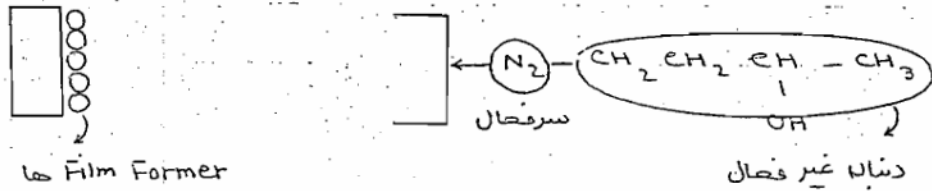
باید فلز - اکسیژن باید اندازه ی خاصی داشته باشد تا اکسیژن بتواند الکترون ها

را به نسبت خودشان بکشند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که Tc (تکلیف) که از شکاف هسته‌ای Me نسبت می‌آید. بلندترین پیوند را با O دارد و TcO_4^{2-} هم به عنوان inh عمل می‌کند.

- Film Forming Inhibitors :

معمولاً ترکیبات آلی هستند که حداقل یکی از عناصر O ، N ، P ، S را در ترکیب خود دارند. این عناصر جفت الکترون آزاد دارند که باندی با فلز تشکیل می‌دهند.

Film Formerها یک سرفعال (S ، P ، N ، O) و یک دنباله‌ای غیر فعال دارند. و از سرفعال به سطح فلز می‌چسبند و مانع تماس مانع با سطح فلز می‌شوند.

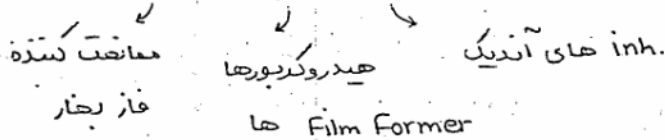


گاهی ساختارهای جانبی دنباله‌ها، به هم نچسبند و واقعاً لایه‌ای بر سطح فلز تشکیل می‌شود که عبور مایع خوردنده از لایه‌ای آن بسیار دشوار است.

Vapor Phase Inhibitors :

ممانعت‌کننده‌های فاز بخار. در خوردگی سه فازی استفاده دارند:

مثل لوله‌های نفت که سه فاز خوردنده را همزمان داریم: آب + نفت + گاز



Checking for sensitization (in intergranular corr.)

1) Chemical method :

روش شیمیایی، روش طولانی و سختی است، و گاهی خطرناک.

1) Strauss	16% H_2SO_4 6% $CuSO_4$ Boiling	72 h
2) Oxalic etch	10% $H_2C_2O_4$ 25°C	10 min
3) Streicher	50% H_2SO_4 2.5% $Fe_2(SO_4)_3$ Boiling	120 h
4) Huey	10% HNO_3 Boiling	5 x 48 h
5) Waren	10% HNO_3 3% HF 70°C	2 x 2 h

تصاویر متالوگرافی سطح، امکان ارزیابی حساسیت فولاد را می دهد. در سطح نمونه، 3 حالت ممکن است مشاهده شود:

Ditch	Dual	Step
↓ فواقی عمیق از کربن در مرزها کاملاً قابل تشخیص است	↓ هم مرز خورده شده و هم خورد دان	↓ خوردگی کمی در اطراف مرزها مشاهده می شود.

$$GBA = A_s (5.09 \times 10^{-3} \exp(0.347x))$$

Grain Boundary Average

Surface area

ASTM grain size

(اندازه دانه در مرز دانه موثر است. در اندازه دانه ی ریزتر، مرز دانه ی بیشتری داریم و Q بر عدد بزرگتری تقسیم می شود.)

P_a value

< 2 unsensitized

2-5 slightly sensitized

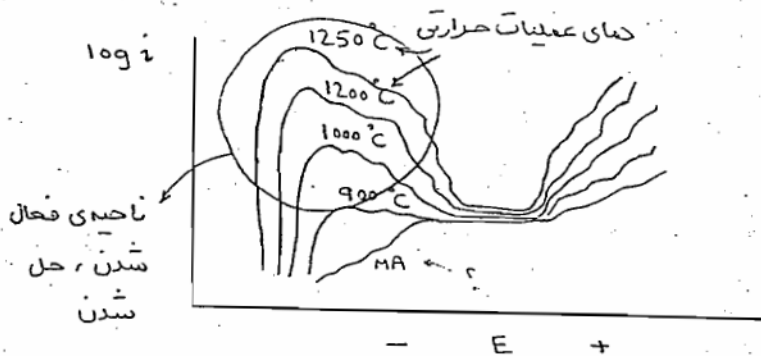
5-15 sensitized

> 15 Heavily sensitized → هم مرز دانه وهم خود دانه در معرض خوردگی اند.

Q را هم می توان به صورت هندسی بست آورد. وهم بصورت آزمایشی

Cathodic Polarization

به بست E های منفی بیش می رویم تا حساسیت قطعات مشخص شود.



$$Q = \frac{m}{M}$$

با توجه به منحنی های فوق، نقطه ای که در ۹۰۰°C عملیات حرارتی شده، اصلاً حساس نشده است.

6) Design

اگر طراحی مناسب کرده باشیم ، می توانیم از خوردگی جلوگیری کنیم . در واقع طراحی مناسب ، همانند انتخاب مواد ، مقدم بر جنبه های دیگر حفاظت از خوردگی است .

مسائلی که در طراحی مهم است :

1- wall thickness

2- Reliable طراحی قابل اطمینان باشد

3- Effective طراحی موثر باشد .

4 - Design rules

- 1- استفاده از جوش به جای پرچ .
- 2- مهارن را برای تخلیه ی کامل طراحی کنیم .
- 3- سیستم را طوری طراحی کنیم که به راحتی بتوانیم قسمت مصیوب را تعویض کنیم .
- 4- از تمرکز تنش و تنش اضافی در سیستم جلوگیری کنیم .
- 5- از تماس غلظت غیر هم جنس جلوگیری کنیم .
- 6- از جنس های شدید پرهیز کنیم .
- 7- مشخصات (جنس ، ضخامت ، ترکیب و ...) همه ی مواد را داشته باشیم .
- 8- روش های عملیاتی و بارش را رعایت کنیم .
- 9- از لرزش جلوگیری کنیم .
- 10- در نگهداری تأسیسات دقت کنیم . (جداره ها را خشک کنیم بعد هوای خشک داخل تأسیسات پمپ کنیم) .

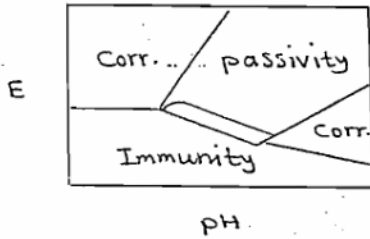
11- از نقاط داغ (Hot spot) جلوگیری کنیم .

12- از ناهمبندی در سیستم (از نظر غلظت و دما و ...) جلوگیری کنیم .

7) Cathodic Protection (C.P.)

اگر بتوانیم الکترون های حاصل از فلز را به آن برگردانیم ، دیگر خوردگی صورت نمی گیرد .

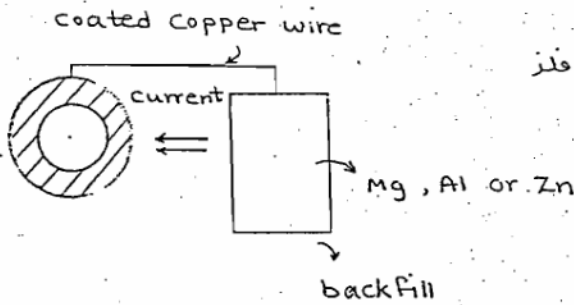
In 1844, Davy used C.P. in British navy.



منطقه ی Im. در پتانسیل های منفی است . اگر فلز را در این منطقه نگه داریم ، حفاظت خواهد شد . حفاظت کاتدی هم بر همین اساس است .

حفاظت کاتدی به دو شکل صورت می گیرد :

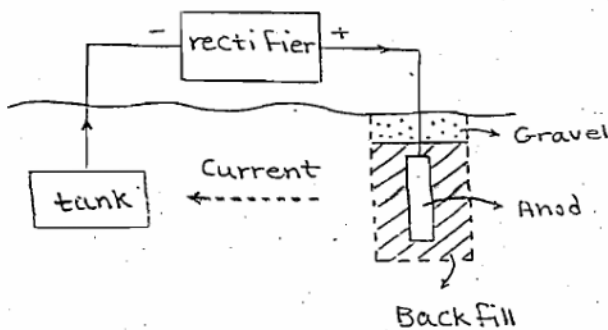
- Sacrificial Anod آند فداشونده



آند فداشونده به فلز الکترون می دهد و فلز خورده نمی شود .

- Impressed Current جریان القایی

جریان القایی منبع DC به فلز می دهیم .

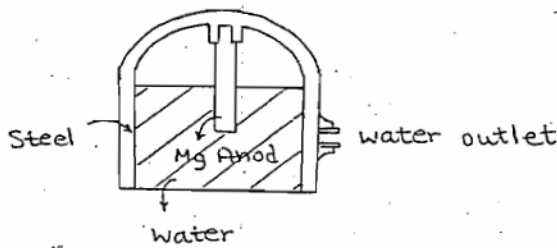


اساس این روش این است که فلز باید در داخل الکترولیت (مثلاً زمین یا ...) عوطا در باشد.

مقصود از مورد حفاظت به قشبه منفی وصل می شود. آند فقط برای برقراری مدار جریان است و نقش دیگری ندارد.

Backfill : ریج + نسوئیت + کربن (که هدایت داشته باشد) . و می تواند به طور یکنواخت الکترودها را به زمین اتصال دهد.

مثال : مخزن آب گرم کن :



در سیستم ... Impressed ، معیار انتخاب جریان که باید اعمال کنیم ، Corr. است و این مقدار جریان به set ، rectifier می شود .

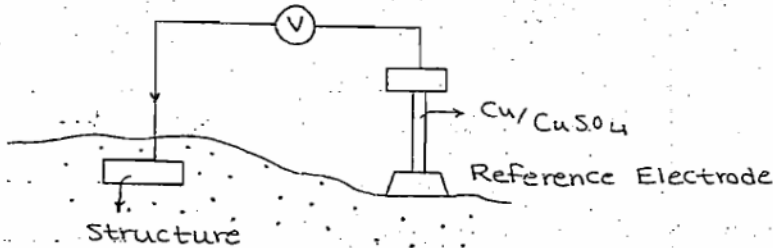
Structure	Env.	Condition	Corr. density mA/ft ²
Tank	Hot H ₂ SO ₄	static	50,000
Pipelines & storage tanks	undergrounded (Soil)	"	1-3
Pipelines	Fresh water	Flowing	5-10
Water Heater	Hot, Fresh water	Slow Flow	1-3
Piling / Piling / برای حفاظت ساحل	Sea water	Tidal Motion حرکت موجی	6-8
Reinforcing Rods	Concrete	Static	0.1 - 0.5

1- جریان که همان i_{Corr} در محیط است.

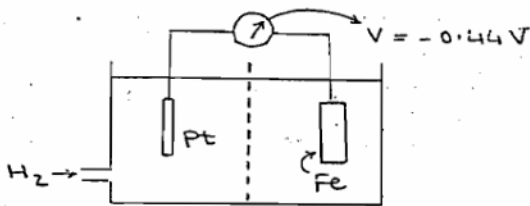
2- پتانسیل باید کمتر از $-0.65 V$ (خط بین Fe و Fe^{2+} در دیاگرام پورب در آلترود استاندارد $Cu/CuSO_4$ باشد ...) باشد که این برابر $E = -0.85 V$ در استاندارد $Cu/CuSO_4$ باشد.

در کمتر از این پتانسیل، فلز حفاظت نمی شود و آندپتانسیل خیلی بیشتر باشد، چون محیط مرطوب است، H_2O تجزیه می شود به H_2 و O_2 و در این حالت H_2 وارد عطره می شود و مشکل ساز می شود.

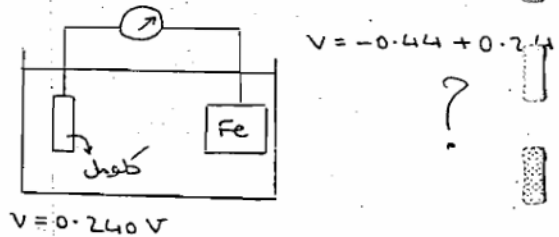
پس پتانسیل حفاظت، $-0.85 V$ است، در آلترود $Cu/CuSO_4$.



$Cu/CuSO_4$ هم یک آلترود استاندارد است، مثل آلترود پلاتین.



آلترود پلاتین



آلترود $Cu/CuSO_4$

	Mg	Zn	Al-Sn
Theoretical Consumption lb/ampere-year	9	23	6.5
Actual Consumption lb/ampere-year	18	25	16-20
Potential vs. Cu/CuSO ₄	-1.7	-1.15	-1.3

این پتانسیل‌ها قدرت الکترولیز را برای رساندن الکترون نشان می‌دهد.

$$E^{\circ}_{Mg} = -1.9 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{Zn} = -2.6 \text{ V}$$

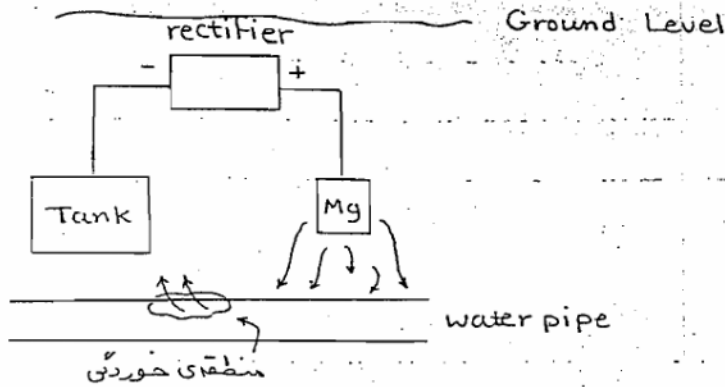
$$E^{\circ}_{Al} = -1.6 \text{ V}$$

Material	Typical application	Typical loss lb/ampere-year
Scrap Steel	Soil - Fresh & Sea water	20
Al	" "	10-12
Graphite	Soil - Fresh water	0.25 - 0.5
High Silicon	Soil - Fresh & Sea water	0.25 - 1
Lead	Sea water	0.1 - 0.25
Platinized Titanium	Sea water	nil

در Impressed... استفاده می‌کنیم، به قطب + وصل است و جریان هم

آن می‌شود. از روی مقدار Loss (از جدول بالا) مقدار ماهی لازم را پیدا

می‌کنیم. مسوره از پلاستیک یا تیتانیوم پلاستیک شده استفاده می‌شود.

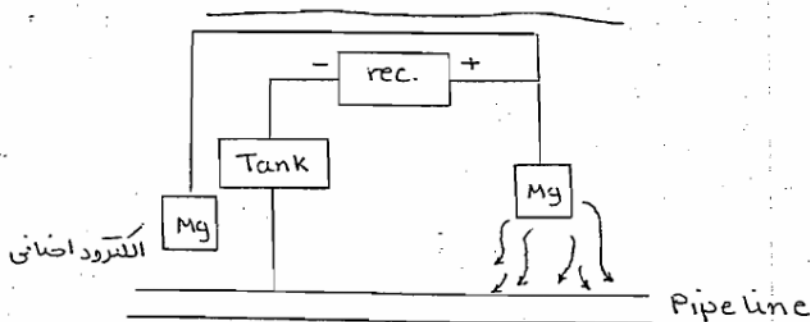


جریان ما وارد خاک شده و از طریق آن به لوله می‌رسد و سبب خوردگی آن می‌شود.

مثلاً می‌بینیم که نزدیک پمپ بنزین (که تانک آن زیر زمین حفاظت می‌شود) لوله‌ای آب ترکیده است. در ایستگاه‌های مترو و قطارهای برقی که ولتاژ کشیدی بطور ناگهانی وارد می‌شود، این ولتاژ به حفاظت لوله‌های اطراف آن اثر می‌گذارد و سبب خوردگی می‌شود.

پتانسیل

برای جلوگیری از اثر جریان‌های سرگردان، یا لوله را به زمین وصل می‌کنند (earth می‌کنند تا جریان خارج شود) یا از روش زیر استفاده می‌کنند:



به این ترتیب لوله هم حفاظت می‌شود.

دو سیستم حفاظت کاتدی ممکن است روی هم اثر بگذارند. به همین دلیل سیستم حفاظت خطوط آب رگاز و ... باید باهم هماهنگ باشند.

استفاده از ... Impressed یا آند فدا شونده ، بستگی به نوع سازه دارد. مثلاً در بست دریای یا بدنه ی کشتی ها چاره ای جز استفاده از آند فدا شونده نداریم . اما کدام آند فدا شونده ؟ Zn ، Al یا Mg ؟ این به عوامل مختلفی وابسته است :

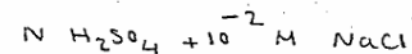
1- محیط

در محیط های دریایی یا محیط هایی با خوردگی بالا ، باید از Al استفاده کنیم که خودش خیلی سریع خورده نشود . در دریا ، بر سطح Al ، لایه ی Al_2O_3 تشکیل می شود . این سبب می شود که Al اصلاً خورده نشود تا از سازه محافظت کند . در حالتی مابین ... خواهیم آند با نرخ دلخواه ما خورده نشود . می توانیم از آلیاژ Al-Zn-In استفاده کنیم .

در محیط دریایی ، Mg مناسب نیست . در خاک مصوبی مناسب است .. اما در خاک خیلی خورنده هم Mg خورده می شود .

2- خوردگی محیط

304 St-st :



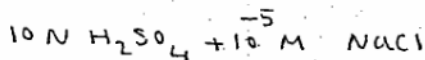
Corr. rate (mpy)

.14

Corr. rate (mpy)

0.025

پس از حفاظت



1930

0.016

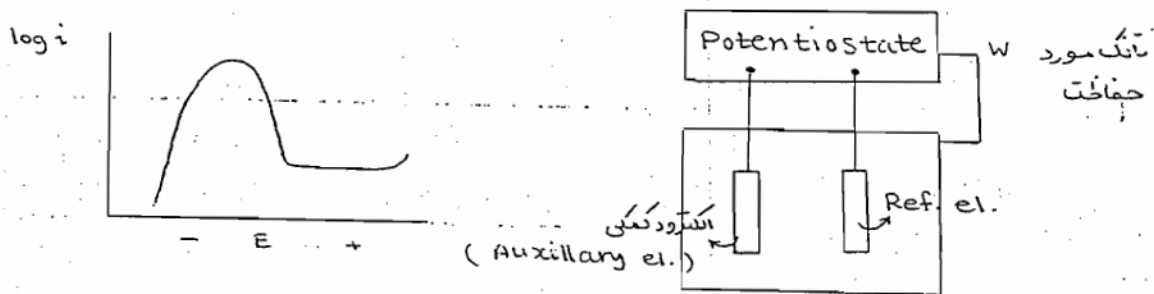
3- شرایط محیطی

4- قدرت پرباب و خطرناکی

در جایی که آند مقاومت بین آند و محیط بالاست که آند نمی تواند با پتانسیل $V - 0.85$ - آند کردن چهارم محیط بدهد ، باید از فلز قوی تر (Mg) استفاده کنیم که قدرت

8). Anodic Protection

برخی فلزات active - passive هستند و می توانند در یک i_{pass} خورده شوند. اگر فلز یا سازه را در شرایط passive نگه داریم، محافظت می شود. در مورد مخزن های فولادی حاوی اسید سولفوریک، می توانیم از طریق حفاظت آندی کاری کنیم. لایه داخلی مخزن خورده نشود.



(از پتانسیوسات، سازه ترسیم خارج می شود، i_{pass} به آنتروپدکلی، آنتروپد مرجع و سازه ی مورد حفاظت اتصال می یابد)

Potentiostat، پتانسیل را به سمت E های مثبت تر می برد تا به E_{pass} برسد. سپس پتانسیل را در همان جا نگه می دارد. در این حالت سازه با i_{corr} کمتر خورده می شود. پتانسیوسات باید به سیستم جریان دهد. به دو صورت:

- ۱- $i_{critical}$ را کمتر افزایش می دهیم تا به $i_{critical}$ نرسد و بعد کاهش یابد و سازه با $i_{corr, pass}$ خورده شود.

Env.	°F		Current Density mA/ft ²	To Passivate / To Maintain
H ₂ SO ₄ M	75	316 St-St.	2100	(11)
15%	"	304	390	(67)
45%	"	304	165,000	830
93%	"	Mild Steel	4400	(11)
H ₃ PO ₄ 75%	"	"	33,000	19,000

می‌توانیم به راحتی انتخاب کنیم

فولاد مصون در اسید غلیظ تر راحت تر پسیو می‌شود. (از بالا به سمت پایین در جدول)

گاهی مخزن باید پر باشد تا سقف آن هم حفاظت شود...

مقایسه حفاظت کاتدی و آنودی :

✓ آنودی برای فلزات active-pass. به کار می‌رود. اما حفاظت کاتدی برای همه ی فلزات (از نظر کاربردی)

✓ از نظر خوردگی : حفاظت کاتدی : کم یا متوسط
حفاظت آنودی : متوسط تا بیشتر

✓ از نظر هزینه ها : هزینه ی نصب : در آنودی بالاست (پتانسیوسات)
هزینه ی عمل و کاربرد : هزینه نگهداری حفاظت آنودی کمتر است. در حالی که در حفاظت کاتدی ، هزینه ی عمل بالاست ، باید پتانسیل ها را بطور مرتب ، چک کنیم .

مثبت تر از γ -0.85 ← اصلاً حفاظت نمی‌شود .

منفی تر شدن از γ -0.85 ← آب که در پوشش ها نفوذ می‌کند ، تجزیه می‌شود ، هیدروژن زیر پوشش جمع می‌شود که این سبب تاول زدن پوشش و شلستگی آن می‌شود .