

آشنایی با استاندارد NACE^۱ و کاربرد آن در ساخت مبدل های گرمایی

نعمت اله عصّار

کارشناس جوش شرکت کولر هوایی آبان ،

چکیده :

مساله خوردگی یکی از مهمترین مشکلات مهندسين و کارشناسان در پالایشگاه ها و واحد های فرایندی صنعتی به خصوص صنایع مربوط به نفت ، گاز و پتروشیمی محسوب میگردد حضور گاز سولفید هیدروژن به صورت محلول در نفت خام و به دنبال آن در فراورده های نفتی منجر به تشکیل محیطی تحت عنوان محیط ترش میگردد. یکی از عمده ترین مشکلات انواع خوردگی در محیط های ترش نظیر چاه های نفت و گاز ، ترک ناشی از خوردگی هیدروژنی یا همان HIC^۲ است که در اثر مجاورت با فولاد ها رخ میدهد. عملاً کلیه محیط ها خورنده اند لکن قدرت خوردندگی آنها متفاوت است. هوا، رطوبت، بخار و گازهای دیگر مثل کلر، آمونیاک، سولفید هیدروژن، دی اکسید گوگرد، اسیدهای معدنی مثل اسید کلریدریک، سولفوریک و نیتریک، اسیدهای آلی مثل اسید استیک و فرمیک از عوامل خوردگی هستند. بنابراین جذب هیدروژن و اثرات آن روی خواص فلز و همچنین بخار موجود در هوا میتواند باعث اکسیده شدن و ایجاد خوردگی در فولاد گردد. بطور کلی مواد معدنی خورنده تر از مواد آلی میباشند. خوردگی در صنایع نفت بیشتر در اثر کلرورسدیم، گوگرد، اسید سولفوریک و کلریدریک و آب است تا بخاطر روغن، نفت و بنزین. اگر چه درجه حرارت ها و فشارهای بالاتر معمولاً باعث ایجاد شرایط خوردگی شدیدتری مینمایند.

روش های کنترل خوردگی عبارتند از: انتخاب و استفاده از مواد مناسب ، کنترل تنش ها ، استفاده از مواد بازدارنده خوردگی و روش پوشش دهی. در این مقاله ضمن معرفی انواع پدیده های شکست ناشی از محیط های خورنده که ممکن است در هنگام ساخت و یا در شرایط استفاده از مبدل های گرمایی و مخازن و دیگر تجهیزات مربوط به این صنعت رخ دهد ، شما را نیز مختصری با استاندارد های مربوطه آشنا خواهیم ساخت.

کلمات کلیدی:

تاریخچه استاندارد NACE - خوردگی در مبدل های گرمایی - کنترل خوردگی

NACE-SCC-CSCC -ASCC-HSC/SSC -HIC-SOHIC-GHSC-HIC/SWC-HIC/SZC-

¹ National Association Corrosion Engineering

² Hydrogen Induced Cracking

تاریخچه:

استانداردهای مربوط به انجمن بین المللی مهندسين خوردگی^۳ در بسیاری از صنایع و در مواردی که کنترل و جلوگیری از خوردگی مد نظر باشد از انتقال در فرایند های شیمیایی و سیستم های آبی گرفته تا محافظت زیر ساخت ها میتوانند مورد استفاده قرار گیرند. شرایط و الزامات این استانداردها در ابتدا بر اساس دانش و نظریه های فنی اعضای متخصص در این رشته از سراسر جهان بکار گرفته میشد تا اینکه این انجمن تشکیل و عمده فعالیت های آن در ابتدا بیشتر روی حفاظت کاتدی خطوط لوله در شرکت های نفتی تمرکز داشت.

زیر ساخت استاندارد

کمتر کسی در باره علوم مربوط به کنترل خوردگی از ابتدای شروع قرن بیستم اطلاعاتی دارد. اما در سال ۱۹۳۰ گامهای بلند و قابل توجه ای در این راستا برداشته شد و برنامه حفاظت کاتدی یا CP^۴ جهت کنترل خوردگی برای خطوط لوله هایی که در زیر زمین قرار داشتند کاربرد همه جانبه ای پیدا نمود. اما بزودی احساس گردید که نیاز به یک سازمان خاص وجود دارد سازمانی که بتواند اطلاعاتی در باره اجرای پروژه های خطوط لوله در زیر زمین و همچنین الزامات مربوط به تهیه استاندارد ها و دستورالعمل های لازم برای نصب و نگهداری سیستم های حفاظت کاتدی ارائه دهد. درواقع این سرآغازی بود برای تشکیل "انجمن حفاظت کاتدی هاستون تکزاس" که

نهایتا در سال ۱۹۳۸ تشکیل شد. در سال ۱۹۴۰ انجمن الکتریکی صنایع نفت^۵ به عنوان سرپرست این کار گروه معرفی گردید و این امر منجر به تشکیل بخش کاتودیک این انجمن گردید.



اعضای این انجمن بزودی به فکرتشکیل یک انجمن انحصاری و تخصصی در مورد خوردگی و روش های کنترل آن افتادند و در اکتبر سال ۱۹۴۳ یازده نفر از مهندسين خوردگی این مسوولیت را پذیرفتند که در این زمینه تلاش نمایند و همین امر منجر به تاسیس اولین انجمن بین المللی مهندسين خوردگی گردید.

³ NACE

⁴ Cathodic Protection

⁵ PIEA

کمیته فنی



یکی از اولین دلایل تشکیل این استاندارد نیاز به گسترش تکنولوژی در زمینه کنترل خوردگی و تهیه استاندارد های لازم جهت کاربرد در صنایع بود. به همین منظور دو کمیته فنی در سال ۱۹۴۴ جهت تحقیق و پیشرفت در دو زمینه خوردگی در برج های تقطیر و تیوبهای مربوط به استحصال چاه های نفت و گاز (CONDENSATE WELL CORROSION) و بخش آنود گالوانیکی فدا شونده (حفاظت کاتدی) تشکیل گردید. این کمیته ها کمی بعد در یکدیگر ادغام و با نام کمیته فنی دستور العمل ها ۶ به کار خود ادامه داد. TPC سریع رشد نمود و

در سال ۱۹۴۹ دارای ۱۳ زیر مجموعه شد که اعضای آن در کلیه زمینه های مربوط به روش های جلوگیری و کنترل خوردگی تحقیق مینمودند. در سال ۱۹۵۴ تعداد این زیر مجموعه ها به عدد ۱۹ رسید. TPC از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ تعداد زیادی از گزارشات ارائه شده توسط این زیر مجموعه ها را جمع آوری و در سال ۱۹۶۶ توسط یک هیئت داوری نسبت به تایید این مدارک اقدام و در مراحل بعدی نیز از آن به عنوان یک استاندارد تحت عنوان تکنیک های جلوگیری از خوردگی و نحوه کاربرد آنها استفاده شد.

International Heat Exchanger Conference

در سال ۱۹۶۹ انجمن NACE اقدام به صدور دو استاندارد رسمی TM-0169 (روش های انجام آزمایش خوردگی فلزات در صنایع فرایندی) و RP-0169 (روش های کنترل خوردگی سطوح خارجی خطوط لوله واقع در زیر زمین و یا در شرایط غوطه ور در آب) نمود. ۳۰ سال بعد بیش از ۱۱۸ استاندارد در زمینه توصیه های عملی و روش های انجام آزمایش و شرایط و الزامات مربوطه به مواد مصرفی تدوین و انتشار یافت. از سال ۱۹۴۴ به بعد انجمن خوردگی شروع به برگزاری کنفرانس های سالانه نمود و در سال ۱۹۴۹ نیز اولین دوره آموزشی در دانشگاه تگزاس برگزار گردید و همچنین اولین دوره رسمی آموزشی این انجمن در سال ۱۹۶۰ برگزار شد.



۱۰ سال بعد برنامه های آموزشی در چهار سطح مختلف به شرح زیر طراحی و برگزار گردید که این دوره ها از اعتبار خاصی برخوردار بودند. این چهار سطح شامل موارد زیر میشدند

۱- دوره کارشناسی خوردگی

۲- دوره کارشناس ارشد تکنولوژی خوردگی

۳- تکنسین دوره های آموزشی خوردگی

۴- کارشناس دوره های آموزشی خوردگی

در سال ۱۹۸۶ دوره آموزش تکنولوژیست خوردگی نیز به این دوره ها اضافه گردید. امروز نیز پس از گذشت ۵۲ سال از برگزاری اولین دوره آموزشی هر ساله علاوه بر برگزاری دوره های آموزشی کنفرانس های متعددی در زمینه های مختلف بصورت سالیانه در تمام نقاط دنیا برگزار و تعداد زیادی از مهندسين و کارشناسان با این استاندارد و دانش آن آشنا و در صنایع مختلف از آن استفاده میکنند.



خوردگی در مبدل های گرمایی

**و دیگر تجهیزات صنایع نفت ،
گاز ، پتروشیمی و پالایشگاه**

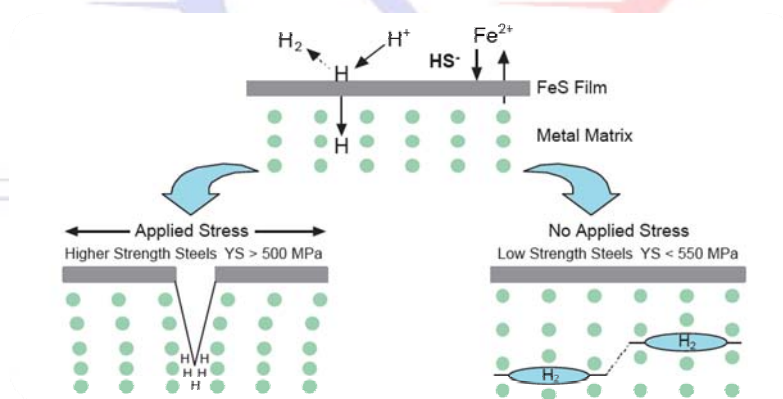
در سرویس بسیاری از مبدل های
گرمایی ، مخازن تحت فشار و
خطوط لوله موادی متشکل از

ترکیبات شیمیایی خاص وجود دارند که میتوانند باعث ایجاد خوردگی در بدنه فولاد گردند و بایستی در نظر داشت که در صنایع پتروشیمی و نیروگاه، جذب هیدروژن و اثرات آن روی خواص فلز میتواند علاوه بر تاثیرات بخار موجود در هوا که باعث اکسید شدن فولاد میگردد نیز باعث تقلیل یا کاهش ضخامت فلز محاسبه شده برای این نوع مخازن و لوله ها گردد.

همچنین سرویس های با فشار بالا و درجه حرارت بالا در حضور هیدروژن-High-Pressure, High-Temperature Hydrogen Service Corrosion) نیز میتواند شرایط خاصی را ایجاد نماید. در این نوع مخازن در صورت عدم حفاظت کافی و مناسب، ممکن است شکست ترد و یا ترک ایجاد شده و نهایتاً باعث تخریب یا غیر قابل استفاده شدن آنها گردد. این تخریب ممکن است بدون هیچگونه کاهش ضخامت و یا تغییر قابل رویت در روی سطح فلز رخ دهد.

تأثیر هیدروژن روی فولادها

هیدروژن میتواند روی خواص مکانیکی فولاد از دو طریق تأثیر گذار باشد. اول اینکه هیدروژن میتواند با نفوذ درون فولاد و حضور خود باعث کاهش مقدار مقاومت تسلیم و کاهش چقرمگی آن گردد. و دوم اینکه در یک حمله شدیدتر معلوم شده که هیدروژن میتواند با شکافتن فولاد و خارج نمودن کربن از درون آن نیز باعث کاهش مقاومت کششی، چکش خواری و مقدار چقرمگی آن گردد.



نحوه تشکیل ترک در سرویس گاز ترش

خواص چکش خواری فولاد های کم آلیاژ در سرویس با درجه حرارت بالای 450°C به خاطر سختی مربوط به باز پخت کاهش می یابد، مگر اینکه شکل گیری ساختار مورد نظر بدقت کنترل گردد. عناصری همچون فسفر، قلع، آرسنیک^۷، آنتیموان میتوانند در بهبود سختی یا تردی هیدروژنی ناشی از باز پخت تاثیر گذار باشند. امروزه در صنعت تمایل به استفاده از فولاد های آلیاژی برای سرویس های هیدروژن به سمت فولاد های کرم-مولیبدن-وانادیوم دار مانند فولاد 3Cr-1Mo-0.25V و یا 2.5Cr-1Mo-0.25V معطوف است در شرایطی که میزان خوردگی شدیدتر باشد، خصوصا در شرایط تماس با سولفید هیدروژن (هیدرو سولفور)^۸ از فولاد های اوستینیتی 18Cr-8Ni استفاده میشود.



کنترل خوردگی

چهار روش جلوگیری از خوردگی عبارتند از: انتخاب و استفاده از مواد مناسب، کنترل تنش ها، استفاده از مواد بازدارنده خوردگی و روش پوشش دهی

۱- استفاده از موادی که مستعد به خوردگی در محیط های سرویس نبوده و اطمینان پیدا نمودن از اینکه ایجاد هر گونه تغییری در شرایط محیط مانند بکار گیری روش تمیزکاری و یا غیره برای مواد بکار رفته زیان آور نخواهد بود.

⁷ AS
⁸ H_2S

۲- کنترل تنش های ناشی از سرویس با استفاده از طراحی دقیق و کاهش تمرکز تنش و نگه داشتن آن در زیر حد بحرانی . تنش های پس ماند میتوانند توسط عملیات حرارتی و طراحی دقیق توسط سازندگان کاهش یابند.

۳- استفاده از مواد بازدارنده خوردگی در هنگام عملیات تمیز کاری و یا روش کنترل محیط در یک سیستم بسته.

۴- پوشش دادن^۹ فلز و ایزوله نمودن موثر آن از محیط راهی دیگر در کنترل خوردگی است. هزینه بالای استفاده از فولاد های اوستینیتی در بیشتر مواقع ، استفاده از فولاد های کربنی یا کم آلیاژ که مقاومت به خوردگی آنها با پوشش دادن سطح فولاد بوسیله یک لایه از مواد مقاوم در برابر خوردگی تقویت شده است را ایجاب مینماید .

محیط های خورنده

پالایشگاهی

این محیط ها را میتوان به دو نوع سرویس تقسیم نمود

سرویس نوع اول -
سرویس هایی هستند که از طریق بارگیری و شارژ هیدروژن باعث ایجاد ترک میگردند

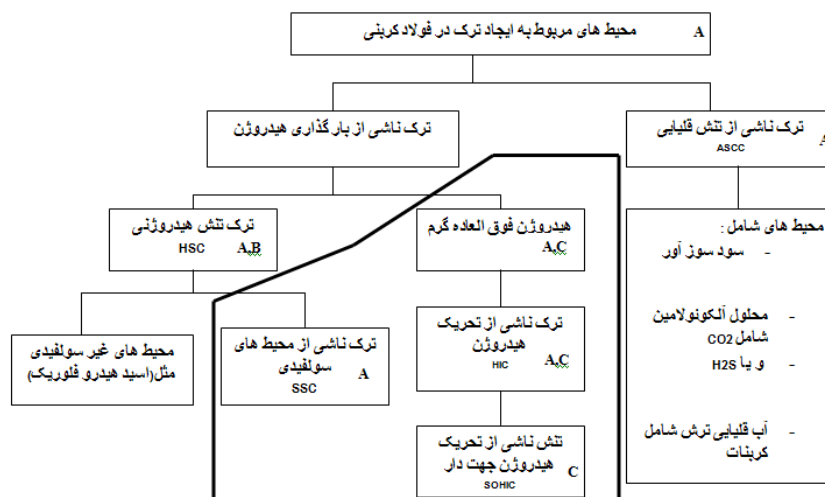
سرویس نوع دوم -
سرویس هایی هستند که ممکن است از طریق خوردگی قلیایی^{۱۰} باعث ایجاد ترک میگردند



⁹ Cladding

¹⁰ ASCC

محیط های خاص و خورنده دیگری نیز وجود دارند که بتوانند باعث ایجاد ترک گردند ، چارت زیر نشانگر رابطه متقابل بین مکانیزم های مختلف تشکیل ترک در فولاد های کربنی با توجه به محیط آنها میباشد.



A- به واژه های مربوط به خوردگی SCC مراجعه شود.

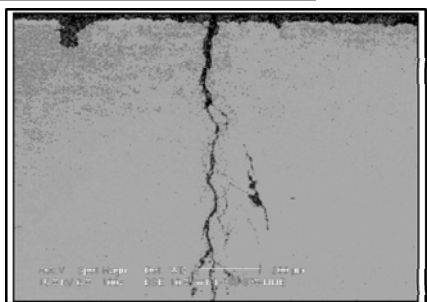
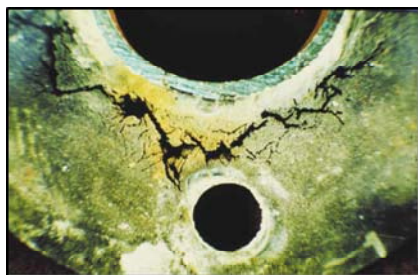
B - فرمی از ترک محیطی که به شکل دو خط و عموماً به عنوان یک ترک مربوط به سولفاید هیدروژن مرطوب بوده و هنگامی اتفاق می افتد که در محیط از نوع سولفیدی و مرطوب باشد

C - این فرم از ترک های محیطی میتوانند همچنین در محیط های غیر سولفیدی مثل اسید هیدرو فلوریک نیز اتفاق افتد.

پدیده های شکست ناشی از محیط سرویس های خورنده

همانطور که در فوق به آن اشاره شد به طور کلی دو نوع ترک ناشی از محیط خورنده وجود دارد : اول ترکی که ناشی از اثر تنش خوردگی است و دوم ترکی که ناشی از اثر بارگیری و شارژ هیدروژن است . سرویس های خاصی وجود دارند که میتوانند باعث کاهش کیفیت اجزاء یک سازه به گونه ای گردند که باعث مستهلک شدن آن و یا نیاز به تعمیر آنها وجود داشته باشد. در زیر به معرفی و بررسی هر کدام از این پدیده ها خواهیم پرداخت .

پدیده SCC^{۱۱}



SCC یا ترک ناشی از تنش خوردگی یک کنش یا اثر مشترک بین تنش و یک محیط خورنده است که منجر به تشکیل ترک خواهد شد و این پدیده در اثر تنش و یا محیط خورنده بصورت جداگانه رشد نخواهد یافت. این پدیده میتواند با توجه به شرایط محیطی هم به صورت درون دانه ای^{۱۲} و هم به صورت مرز دانه ای^{۱۳} اتفاق افتد. شکل گیری این ترک میتواند به صورت غیر منتظره بوده و بعد از یک دوره سرویس رضایت بخش به سرعت به یک شکست ساختاری فاجعه آمیز تبدیل و یا حداقل سبب ایجاد نشتی در سیستم های انتقال سیالات منجر گردد. معمولا SCC را میتوان در مخازن تحت فشار ، سیستم های لوله کشی ، سازه ها و اعضای که دارای تنش های بالا هستند جستجو کرد. نوع تنش هایی که باعث SCC میگردند میتواند از محل تنش های مربوط به یک سری از عضوهای

ساخت تجهیزات مربوط به این نوع سرویس ها و یا تنش های پسماند آن باشد. محیط های خورنده میتوانند هم به صورت محیطی پایدار و مداوم مثل آب دریا و هم به صورت محیطی موقت که توسط عملیاتی مانند تمیز کاری که میتواند ایجاد پسماند نماید ، باشد . پدیده SCC در اصل یک مکانیزم است که برای شکل گیری آن نیاز به جفت شدن مواد با یک محیط خاص و اعمال یک تنش کششی بالاتر از حد بحرانی دارد. مثال هایی برای جفت شدن اینگونه مواد مختلف با محیط های خاص عبارتند از : آلیاژ برنج با محیط آمونیاکی ، فولاد ضد زنگ با محیط کلرایدی ، فولاد دارای مقاومت بالا با محیط هیدروژنی. البته بایستی در نظر داشت که خوردگی میتواند در محیطی بدون SCC نیز اتفاق افتد.

پدیده ASCC^{۱۴}

در این سرویس ممکن است به علت خوردگی قلیایی ایجاد ترک گردد . چارت صفحه قبل سرویس هایی که باعث پدیده ASCC میگردند را نشان میدهد ، بایستی در نظر داشت که فقط کنترل مقدار سختی جوش نمیتواند باعث جلوگیری از ایجاد این پدیده گردد چون تنش کششی بالایی ممکن است پس از عملیات جوشکاری هنوز در جوش وجود داشته باشد. در بسیاری از موارد ترک های مربوط به پدیده ASCC از محل عیوب جوش شروع

¹¹ Stress Corrosion Cracking

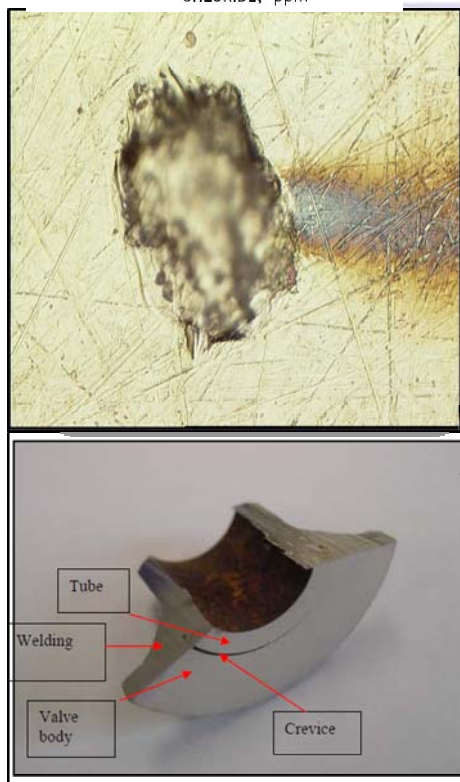
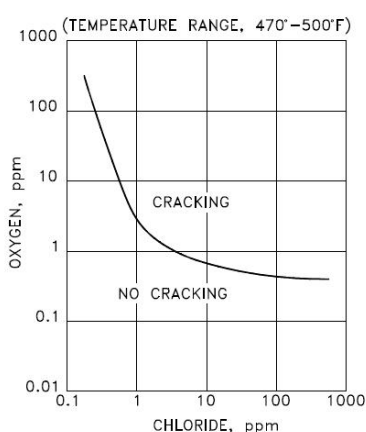
¹² Inter Granular IG SCC

¹³ Trans Granular (TG SCC)

¹⁴ Alkaline Stress Corrosion Cracking

میشود. بنابر این لازم است تا در هنگام عملیات جو شکاری اصلی عیوبی مانند عدم ذوب، ترک های تاخیری و زیر برش های بزرگ و خارج از حد قابل قبول برطرف و بازرسی های لازم در این زمینه انجام شود.

پدیده CSCC^{۱۵}

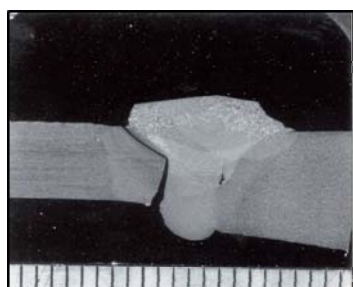


CSCC یا ترک ناشی از تنش قلیایی کلرایدی یکی دیگر از انواع ترک های مربوط به تنش خوردگی است. سه شرط لازم جهت تشکیل این پدیده عبارت است از ۱- حضور یون کلراید حاضر در محیط، ۲- اکسیژن نامحلول حاضر در محیط و ۳- فولاد تحت تنش. یک روش جلوگیری از ایجاد ترک های ناشی از تنش خوردگی، کنترل محیط سرویس از طریق حذف یا جایگزین ترکیباتی است که باعث ایجاد این عیب میگردند. ترک های ناشی از تنش خوردگی کلرایدی در فولاد های ضد زنگ میتواند مثلا در مبدل های حرارتی اتفاق افتد. در بسیاری از موارد جنس لوله های این مبدل ها از فولاد ضد زنگ (بدلیل کم بودن ضخامت و عدم تحمل خوردگی) و پوسته ها و ورقها از جنس فولاد کربنی (با امکان ضخامت بالاتر بمنظور افزایش ضریب خوردگی مجاز) در نظر میگیرند. ترک ناشی از تنش کلرایدی در این نوع مبدل ها به ندرت اتفاق میافتد. اگر چه مهندسين طراح علاقه مندند که هر دو مواد را از نوع فولاد ضد زنگ انتخاب کنند تا از هرگونه خوردگی احتمالی جلوگیری گردد. اما بایستی در نظر داشت که فولادهای ضد زنگ اوستینیتی حساس به ترک ناشی از تنش کلرایدی هستند فولاد های نوع 304,304L,316,316L به این نوع ترک بسیار حساس هستند. استفاده از مقدار نیکل بین ۲۰-۱۸ درصد و یا استفاده از نوع دابلکس آن و یا فولاد های ضد زنگ فریتی میتواند مقاومت در برابر این نوع ترکها را بهبود بخشد. تنش های اعمالی و پسماند بالا و درجه حرارت بالای ۶۵-۷۱ درجه سانتیگراد و مقدار کلراید موجود میتواند احتمال تشکیل این نوع ترک ها را افزایش دهد. اگر چه زمان تشکیل این نوع ترک ها ممکن است چند هفته پس

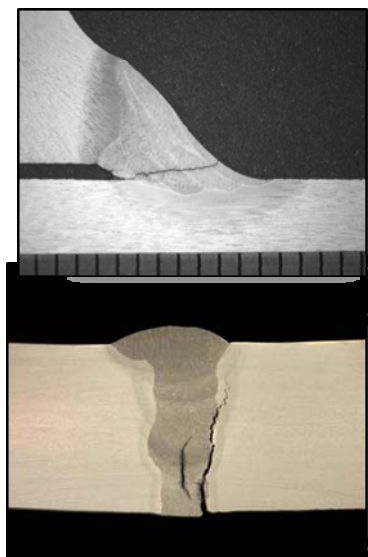
¹⁵ Chloride Stress Corrosion Cracking

از شروع سرویس ویا به ۱-۲ سال و یا ۶-۱۰ سال به طول انجامد. کلراید با غلظت بالا برای تشکیل این نوع ترک لازم است اگر چه در برخی موارد مقدار نسبتا کمی از کلراید نیز برای ایجاد ترک در سطوح تحریک شده کافی است مثلا جاییکه امکان بالا رفتن غلظت کلراید وجود دارد مثل محل خوردگی حفره ای^{۱۶} که در اثر برخورد ذرات ریز نامحلول در سیال به فلز بصورت حفره های ریز در سطوح ناصاف و زبر در آمده و یا محل خوردگی های مربوط به راکد شدن سیال درشیار های باریک بین دو سطح^{۱۷} و یا در زیر سطوح پوشش دار و محل تجمع رسوبات .

پدیده HSC /SSC^{۱۸}



HSC یا ترک ناشی از تنش هیدروژنی یکی از دو نوع ترک مربوط به محیط می باشد که به ترک ناشی از تنش در اثر وجود سولفید یا به اصطلاح SSC نیز معروفند. پدیده HSC/SSC مربوط به سرویس هایی است که از طریق بارگیری و شارژ هیدروژن باعث ایجاد ترک میگردند و نمونه ای از شکست ترد هیدروژنی است که میتواند در اثر سختی جوش بالا تر از حد مجاز و سختی میکرو ساختاری در فولاد های با مقاومت کششی بالاتر از 600Mpa نیز اتفاق افتد این ترک ها سریع رشد نموده و باعث ایجاد شکست در فولاد میگردند. شکل گیری آن حاصل وجود تنش کششی و عامل خوردگی در حضور اسید سولفوریک و آب است .



در این سرویس ها شرایط محیطی و اثرات واکنشی ناشی از خوردگی باعث نفوذ اتم هیدروژن به درون فلز پایه و یا فلز جوش میگردد. در مناطقی از فولاد که مقاومت و یا سختی بالایی وجود دارد نفوذ اتم هیدروژن میتواند باعث ایجاد پدیده (HSC) گردد. در شرایط معمولی برای ساخت تجهیزات مربوط به این نوع سرویس ها می بایستی از فولاد هایی با مشخصات 1 PNo. استفاده نمود. بایستی توجه نمود که مقاومت این نوع فولاد ها بایستی پایین تر از مقدار مقاومتی باشد که احتمال تشکیل این نوع ترک ها در آن مقاومت وجود دارد. همچنین توجه به نکات کاربردی و عملی در استاندارد NACE-RP-0472 اولاً کمک مینماید تا از بکار بردن مواد مصرفی جوشکاری ، دستورالعمل و عملیات حرارتی نامناسب جلوگیری و ثانيا خط تشکیل ترک

¹⁶ Pitting

¹⁷ Crevice

¹⁸ Hydrogen Stress Cracking / Sulfide Stress Cracking

HSC مربوط به پوسیدگی های ناشی از اثرات اتمسفر مرطوب ، تغییرات فرایند و یا هرگونه تغییراتی دیگر که ممکن است بعداً در سرویس اتفاق افتد را نیز محدود می نماید.

همچنین بایستی در نظر داشت فرایند های مرطوب دیگر (مثل اسید هیدرو فلوریک) نیز وجود دارند که میتواند مقدار میزان خوردگی فولاد را گسترش و مقدار بارگیری هیدروژن را گسترده تر نماید و باعث ایجاد پدیده HSC گردند . رعایت مطالب ارائه شده در بخش ۲ استاندارد NACE RP-472 هر دو ناحیه متاثر از حرارت ^{۱۹} و ناحیه فلز جوش ^{۲۰} را از ایجاد HSC محفوظ نگه داشته و در استاندارد NACE MR-0175 نیز برای فولاد های فریتی حداکثر مقدار سختی برای جلوگیری از ایجاد SSC ^{۲۲} عدد سختی راکول سی ^{۲۱} برابر با ۲۳۸ برینل ^{۲۲} در نظر گرفته شده است.



در ساخت تجهیزات پالایشگاهی تشکیل پدیده SSC بستگی به ترکیب چند عامل دارد. ۱- ترکیب شیمیایی ، مقاومت (که بر اساس سختی تعریف میگردد) ، عملیات حرارتی و ساختار میکروسکوپی فلز پایه که در معرض محیط گاز ترش قرار گرفته است . ۲- فرایند تنش های کششی موجود در فلز پایه ۳- مقدار هیدروژن جاری شده در فلز که متاثر از محیط ، آب معلق موجود ^{۲۳} ، میزان غلظت سولفید هیدروژن ، میزان اسیدی بودن و دیگر پارامتر های محیطی مثل غلظت یونی بی سولفاید ۴- درجه حرارت ۵- زمان

در بسیاری از موارد ترک های مربوط به پدیده HSC از محل عیوب جوش شروع میشود بنابر این لازم است تا در هنگام عملیات جوشکاری اصلی عیوبی مانند عدم ذوب ، ترک های تاخیری و زیر برش های بزرگ و خارج از حد قابل قبول برطرف و بازرسی های لازم در این زمینه انجام شود.

پدیده HIC ^{۲۴}

¹⁹ HAZ

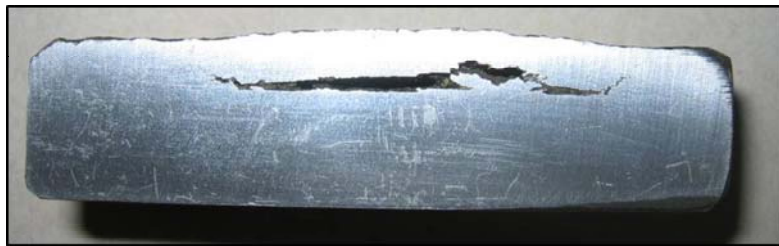
²⁰ Weld Metal

²¹ HRC

²² HB

²³ Free Water

²⁴ Hydrogen Induced Cracking



HIC یا ترک هیدروژنی، یکی دیگر از مکانیزم های شکست است که از طریق تمرکز تنش تاثیر میپذیرد. این عنوان کاربرد وسیعی برای تشریح انواع ترک ها دارد. حضور آب و اسید سولفوریک میتواند باعث

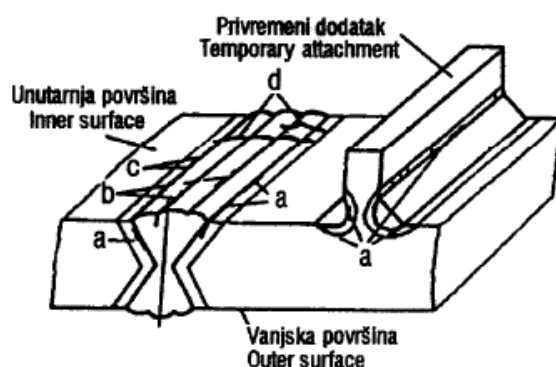
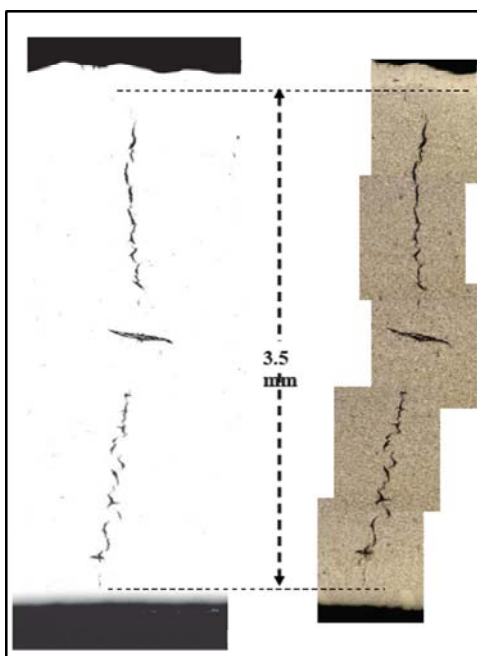


Figure 4: General location and site of cracks: a - HAZ longitudinal cracks in welds, b - WM longitudinal cracks in multipass welds, c - HAZ transversal cracks, d - WM transversal cracks, e - new cracks after hydrostatic testing

خوردگی فولاد گردد. اتم هیدروژن میتواند بداخل فولاد نفوذ کرده و واکنش خوردگی بوجود آورد و در فولاد ترک ایجاد نماید این ترک میتواند بدون اعمال هیچگونه تنشی در لایه های فولاد و یا در سطح آن رخ دهد.

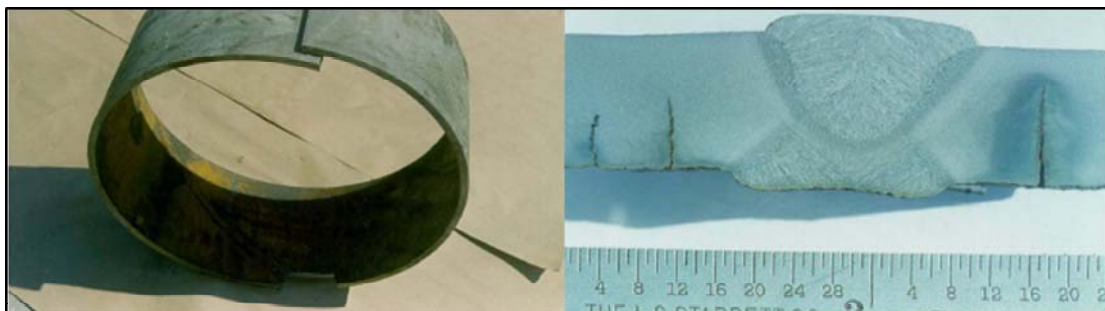
یکی از محیط هایی که ممکن است در آن مکانیزم ترک از نوع HIC رخ دهد حمله هیدروژن در درجه حرارت های بالا در هنگام جوشکاری روی فولاد است. استاندارد API-941 مرجعی است با عنوان فولاد های خاص برای سرویس های هیدروژن در درجه حرارت و فشار بالا و در محیط های نفتی و پالایش گاه که میتوان در صورت نیاز از آن استفاده نمود..

پدیده SOHIC ۲۵



در اواخر سال ۱۹۸۰ تعدادی ترک در تجهیزات پالایشگاهی ساخته شده از ورق های با مشخصات P No. 1 که سختی حدود ۲۰۰ برینل در محل رسوب جوش داشتند مشاهده گردید. بعضی از این ترک ها را تحت عنوان نوع دیگری از عیوب هیدروژنی شناخته اند و آنها را ترک ناشی از تنش جهت دار هیدروژنی یا (SOHIC) نام گذاری نموده اند. این نوع ترک ها ابتدا در ناحیه متاثر از حرارت جوش

ایجاد و سپس در دو ناحیه متاثر از حرارت با مقدار سختی بالا و پایین نیز نمودار شدند. این نوع ترک پدیده نسبتاً جدیدی است. SOHIC میتواند در فولاد و جوش های با مقاومت و سختی بالا نیز رخ دهد. بایستی توجه نمود که این پدیده برای شکل گیری نیاز به سختی و یا مقاومت بالای فولاد و یا منطقه جوش ندارد از اینرو کاهش سختی منطقه جوش نمیتواند از تشکیل این نوع ترک ها جلوگیری نماید.



اگرچه کاهش سختی جوش و کاهش تنش های پس ماند میتواند باعث کاهش این نوع ترک ها گردد ولی کاربرد دستورات عمل های دیگر برای جلوگیری از خوردگی مثل استفاده از فولاد با تمیزی خاص، شستشوی آن با آب، استفاده از بازدارنده ها و استفاده از آستری های مقاوم در برابر خوردگی نیز ممکن است برای این نوع سرویس ها مورد نیاز باشد. در استاندارد NACE 8X194 اخیرا به منظور کاهش خطر SOHIC برای ساخت مخازن تحت فشار در انتخاب مواد و روش ساخت و انجام عملیات حرارتی پس از جوش و تست های مورد استفاده بازنگری کلی صورت گرفته است .

۲۶ پدیده GHSC

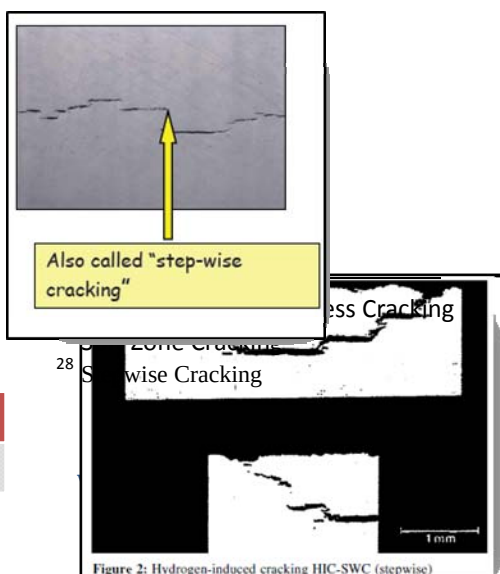
زمانی که دو فلز غیر هم جنس در یک محیط خورنده و یا یک محلول الکترولیتی به صورت فیزیکی و الکتریکی در تماس باشند، اختلاف پتانسیل موجود باعث جریان یافتن الکترون ها در این میان میگردد و بسته به مقاومت مواد منجر به خوردگی در یکی از آنها که ضعیف تر است میگردد. فلز خورده شده را آند و فلز قوی تر را کاتد مینامند. در پدیده GHSC ترک از طریق حضور هیدروژن در فلز، و تاثیر بر روی کاتد در یک کوپل گالوانیگی با وجود تنش کششی از نوع پسماند و یا اعمال شده اتفاق می افتد.

۲۷ پدیده HIC/ SZC

این ترک مربوط به نواحی نرم یک فولاد و از نوع SSC میباشد و زمانی اتفاق میافتد که فولاد دارای منطقه ای نرم با مقاومت تسلیم پایین باشد. در شرایط بارگذاری، این مناطق نرم ممکن است تسلیم شده و به صورت موضعی، انباشته از تنش پلاستیک گردیده و حساسیت به ایجاد ترک از نوع SSC را در فولادهای مقاوم به این نوع ترک افزایش دهد. به عنوان مثال شکل گیری بعضی از این مناطق نرم میتواند ناشی از شرایط جوشکاری در فولادهای کربنی باشد.

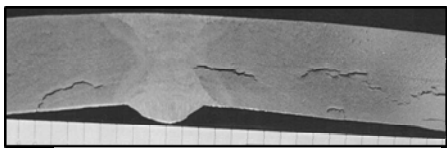
۲۸ پدیده HIC/ SWC

این ترک از نوع ترک های HIC و مربوط به نفوذ هیدروژن بوده و در نزدیکی یا مجاورت سطح فولاد رخ میدهد . این عنوان در



اصل نحوه ظهور ترک را بیان میکند و ارتباط میان HIC و SWC بستگی به وجود تنش میان ترکها و تردی مناطق مجاور فولاد دارد که به وسیله نفوذ هیدروژن ایجاد شده است. پدیده HIC/SWC معمولا در ورق های فولادی با مقاومت پایین که در ساخت لوله و مخازن بکار میرود اتفاق میافتد.

ترک های دیگری نیز در این نوع سرویس ها رخ میدهد که در استاندارد NACE به آن اشاره نشده است و مربوط به ترک های ناشی از خواص مکانیکی است برای مثال میتوان به تنش های خستگی، خزش، و همچنین شکست های ترد در این مورد اشاره نمود.



معرفی استاندارد های خوردگی

همانطور که قبلا گفته شد بیش از ۱۱۸ استاندارد که شامل توصیه های عملی، روش های انجام تست و شرایط و الزامات مربوطه به مواد مصرفی میشود تهیه و انتشار یافته است ولی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و همچنین پالایشگاه از استاندارد های خاصی استفاده میگردد که در این قسمت به معرفی برخی از آنها میپردازیم

International Heat Exchanger Conference

استاندارد NACE MR-0175



این استاندارد مرجعی قابل قبول در تعیین شرایط و انتخاب مواد اولیه مصرفی و همچنین شرایط مربوط به ساخت تجهیزات مورد استفاده در صنایع نفت و

گاز می باشد و رعایت آن میتواند مقاومت رضایت بخشی را در برابر حمله H_2S برای فولاد ایجاد نماید. اولین نسخه این استاندارد در سال ۱۹۷۵ توسط انجمن بین المللی مهندسين خوردگی ویرایش گردید. هدف این استاندارد محدود نمودن فشار جزیی گاز ترش به منظور پیشگیری از ترک ناشی از تنش سولفیدی یا SSC است. همچنین از این استاندارد به عنوان یک راهنما برای انتخاب و تعیین مشخصات فلز مقاوم در برابر پدیده SCC هنگامیکه مقدار H_2S بیش از حد مجاز خوردگی تعریف شده باشد استفاده میگردد. در این استاندارد مقدار سختی فولاد با مشخصه $PN0.1$ محدود به حداکثر ۲۲ را کول ^{29}C (یا ۱۳۷ عدد برینل) میباشد. تجربه نشان داده است محدود نمودن سختی به مقدار ۲۲ را کول C باعث موفقیت هایی در جلوگیری از ایجاد ترک های احتمالی ناشی از SSC گردیده است.

تا سال ۱۹۶۰ تعدادی از ترک های SSC که در فلز جوش رسوب داده شده مشاهده شده بود مربوط به جوشکاری روی فولاد با مشخصه $PN0.1$ بوده است. به دلیل استفاده از برخی فرایندهای جوشکاری و همچنین استفاده از پودر جوشکاری نوع فعال برای این نوع فولاد ها که سختی بالایی در آنها ایجاد میکرد، همچنین اضافه نمودن برخی از عناصر آلیاژی نیز میتواند روی مقدار سختی پذیری فلز جوش تاثیر گذار باشد. به عنوان مثال در فرایند جوشکاری با الکتروود روپوشدار ^{30}C که فلز پرکننده آن دارای مقدار درصد بالای عناصری مثل سیلیکون و یا منگنز باشد، مقدار سختی بالایی در جوش مشاهده شده است. فولاد های کربنی برای کاربرد در محیط های مربوط به سرویس H_2S معمولاً مطابق با استاندارد $TM-0284$ و $NACE TM-0177$ مورد ارزیابی قرار میگیرند.

International Heat Exchanger Conference

استاندارد NACE-MR0175/ISO 15156



30 SMAW

این استاندارد را نیز میتوان جهت انتخاب مواد اولیه مقاوم به ترک در محیط هایی که شامل گاز ترش H_2S هستند بکار برد. در ویرایش های جدید استاندارد MR-0175 محدودیت کاربردی برای بعضی از

آلیاژهای مقاوم به خوردگی از جمله ترکیب شرایط محیطی، اسیدی بودن^{۳۱}، درجه حرارت و فشار جزئی مربوط به H₂S به تحریر در آمده است. در یک اقدام مشترک که بین اعضای انجمن NACE و فدراسیون خوردگی اروپا EFC صورت گرفت پروژه ISO/TC67/WG7 رهبری و این اقدام و تلاش مشترک منجر به ایجاد تغییرات اساسی در MR 0175 گردید. نتیجه این تغییرات روش های انجام عملیات و شرایط انجام تست در صنایع مشترک که قبلاً در MR 0175 به آن اشاره نشده بود مشخص و اولین نسخه استاندارد MR-0175/ISO15156 منتشر گردید. در حقیقت این استاندارد جدیدی است که در آن مواردی که در MR- 0175 وجود نداشته در نظر گرفته شده و این استاندارد دارای مفاهیم دقیقی است که میتواند در موارد معین بکار رود. برای مثال در استاندارد جدید برخی از مکانیزم های شکست فاجعه آفرین ناشی از محیط های ترش علاوه بر تنش سولفایدی معرفی شده اند و میتوان آنها را در استاندارد MR 0175/ISO 15156-1:2001 مشاهده نمود. این پدیده ها عبارتند از ترک ناشی از تنش محیط کلرایدی^{۳۲}، ترک مرحله ای^{۳۳}، ترک ناشی از تنش جهت دار هیدروژنی^{۳۴} و ترک مربوط به نواحی ضعیف^{۳۵} و همچنین ترک ناشی از تنش هیدروژنی گالوانیکی^{۳۶}

تفاوت اساسی MR- 0175-2002 و MR- 0175/ISO 15156-2003

تفاوت های عمده ای را میتوان در این دو استاندارد پیدا نمود. تفاوت اساسی مربوط به فولاد های ضد زنگ است در این استاندارد حرکت از سمت فلزات آهنی به سمت فلزات غیر آهنی یعنی آلیاژهای مقاوم به خوردگی MR 0175/ISO 15156 -3 است.

ساختار استاندارد MR 0175/ISO 15156

این استاندارد دارای سه قسمت اصلی است

- ۱- نکات کلی در مورد انتخاب فلزات مقاوم به ترک
- ۲- فولاد های کربنی کم آلیاژ و مقاوم به ترک
- ۳- آلیاژهای مقاوم به خوردگی^{۳۷} و دیگر آلیاژها

استاندارد

NACE
MR0103



دومین همایش مبدل های گرما

در استاندارد MR-0175 بسیاری از اطلاعات ارائه شده مربوط به فلزاتی است که مقاوم به ترک ناشی از تاثیر سولفاید بوده و بایستی در نظر داشت که این فلزات فقط در ساخت تجهیزات نفت کاربرد دارند از این استاندارد نمیتوان در ساخت تجهیزات پالایش گاهی استفاده نمود

مواردیکه باعث تدوین این استاندارد گردید عبارتند از : عدم وجود استاندارد خاص برای تعیین شرایط مواد مقاوم در برابر ترک ناشی از تنش سولفایدی و قابل ملاحظه بودن مغایرت های موجود در روش کاربرد MR 0175 در صنایع پالایشگاهی.

در این استاندارد شرایط مورد نیاز برای مواد مصرفی مقاوم در برابر ترک ناشی از تنش سولفایدی در محیط ترش فرایندهای پالایشگاهی مورد استفاده قرار میگیرد. در تاسیسات پالایشگاهی و در ساخت مبدل های حرارتی ، مخازن تحت فشار ، مخازن قیر و سیستم های لوله کشی از ورق های فولادی استفاده میشود که با توجه به شرایط محیطی و نوع سرویس در آنها ترک هایی اتفاق میافتد . محیط پالایشگاهی دارای محیط های مرطوب هیدروژنی H₂S میباشد این استاندارد قابل استفاده در پالایشگاه و برای سازندگان تجهیزات و پیمانکاران مهندسی و پیمانکاران ساخت قابل استفاده میباشد.

عنوان ترک ناشی از H₂S مرطوب در صنایع پالایشگاهی کاربرد داشته و گستره وسیعی از مکانیزم هایی که میتواند از طریق شارژ هیدروژن در محیط های مرطوب H₂S پالایشگاه یا تاسیسات گازی منجر به ترک شود را شامل میگردد. یکی از مشکلات و ترک های مربوط به فلزات که میتواند در نتیجه شارژ هیدروژن رخ دهد پدیده SSC یا ترک ناشی از تنش سولفایدی در ساختار اصلی فلز و یا جوش با سختی بالا است که در این استاندارد به آن اشاره شده است



دیگر عیوبی که ممکن است در فولاد ها اتفاق افتد مثل ترک ناشی از تاول هیدروژنی^{۳۸} و ترک از نوع HIC و ترک SOHC است.

HYDROGEN BLISTERING

۳- استاندارد NACE TM-0177

³⁸ Blistering

این استاندارد مربوط به روش انجام آزمایش بوده و توسط کمیته کنترل خوردگی در صنایع نفت (T-1) در سال ۱۹۷۷ تدوین گردیده است این استاندارد برای تعیین مقاومت فلزات در برابر نمونه های خاصی از ترک های محیطی مربوط به سولفید هیدروژن H_2S میباشد. البته بایستی در نظر داشت که تست مربوط خوردگی بسیار مشکل است.



چهار روش انجام آزمایشات برای سنجش مقاومت در برابر SSC در این استاندارد وجود دارد که عبارتند از آزمایش کشش ، آزمایش تیر خمیده، آزمایش حلقه و آزمایش تیر یک سر گیر دار . زمان آزمایش ۷۲۰ ساعت بوده و گزارشات حاصل شامل مقدار تنش اعمالی ، زمان شکست ، میزان حداکثر تنش بدون شکست بعد از سپری شدن زمان تست میباشد . این زمان کافی است تا شکست درون یک فلز حساس به ترک ناشی از تنش سولفیدی اتفاق افتد. دستورالعمل این تست شامل شرایط ایجاد تنش روی نمونه ها و غوطه ور نمودن آنها در محلول کلرور سدیم اشباع شده با سولفید هیدروژن در درجه حرارت محیط و فشار اتمسفر میباشد.

کلیه اطلاعات مربوط به محلول های شیمیایی، نوع آب مورد استفاده و نحوه ترکیب آن ،انتخاب نمونه های آزمایش و نحوه تمیز نمودن نمونه ، تجهیزات تست و مواد مربوطه ،خواص مواد ، دستورالعمل تست ، گزارش های مربوط به نتایج تست و موارد مربوط به نکات ایمنی در این استاندارد توضیح داده شده است.

۴-۱ استاندارد NACE RP-0472

این استاندارد توصیه های عملی و روش های کنترل و جلوگیری از ترک ناشی از محیط سرویس های خورنده پالایشگاهی در جو شکاری فولاد های کربنی را توضیح میدهد و تحت حمایت کمیته T-8 (مربوط به خوردگی در صنایع پالایشگاهی) انتشار و توسط کار گروه T-8-7 که به مشاوران و متخصصین خوردگی و مهندسين خوردگی و دیگر انجمن های خاصی که به صنایع نفت و پالایشگاه وابسته هستند تهیه و آماده شده است. این استاندارد ابتدا در سال ۱۹۷۲ تهیه و در ۱۹۷۴ بررسی و در ۱۹۸۷ مورد تجدید نظر مجدد قرار گرفت. استاندارد API قبلا در این زمینه یک سری مدارک مشابه را تحت عنوان API- RP 942 انتشار داده است. لذا با توجه به رسمیت شناخته شدن استاندارد NACE به عنوان یک مرجع و استاندارد قابل قبول در صنایع دیگر تحقیقات استاندارد API در این زمینه ادامه نیافت. شرایط ارائه شده در این استاندارد را بایستی به عنوان حداقل ملزومات در نظر

گرفت و هیچگاه نبایستی آنرا به عنوان یک قانون کلی در نظر گرفت و از تهیه و انجام دستورالعمل های با شرایط بهتر و کاربرد متر یال های بهتر خوداری نمود.

بسیاری از قسمت های مختلف پالایشگاه از فولاد کربنی با حداقل مقاومت کششی تا ۷۰۰۰۰psi (پوند بر اینچ مربع) ساخته شده اند و تقریباً میتوان گفت که در بسیاری از موارد این فولاد ها را توسط روش جو شکاری به هم اتصال میدهند. قوانین مربوط به عملیات جوش کاری مورد استفاده در تجهیزات صنعت نفت و پالایشگاه و خطوط انتقال لوله مطابق با استاندارد های مختلفی از جمله استاندارد ASME-ANSI-B31.3-API-620,650 در نظر میگیرند. در این استاندارد ها فولاد های کربنی را با مشخصه PNo. 1, Gr 1, 2 معرفی نموده اند. این نوع فولاد کربنی برای سرویس ترش یا سولفاید هیدروژن مرطوب H_2S استفاده میگردد. مقاومت این نوع فولاد ها بایستی پایین تر از مقدار مقاومتی باشد که احتمال تشکیل این نوع ترک ها در آن مقاومت وجود دارد.



در ساخت تجهیزات صنایع پالایش گاهی به منظور جلوگیری از افزایش سختی فلز جوش رسوب داده شده در اثر استفاده از مواد پر کننده جوش نامناسب و یا کاربرد دستورالعمل نامناسب جو شکاری^{۳۹} الزام انجام تست سختی برای مواد جوش رسوب داده شده تحت شرایط معین و با حداکثر سختی ۲۰۰ برینل وجود دارد. در این استاندارد حداکثر مقدار سختی ۲۰۰ برینل که مقدار آن کمتر از ۲۲ را کول C است در نظر گرفته شده است. علت در نظر گرفتن

حد سختی پایین تر به منظور جبران غیر همگنی بعضی از رسوبات جوش و همچنین تغییراتی است که ممکن است توسط دستگاه آزمایش سختی پرتابل برینل در هنگام انجام تست به وجود آید

در سال ۱۹۹۱ کمیته T-8-7 از استاندارد NACE عنوان کرد که این بخش از استاندارد بایستی فراگیری بیشتری داشته و کلیه نواحی جوش و همچنین کلیه مکانیزم هایی که در سرویس های مختلف وجود داشته و میتواند در محیط های خورنده نفتی نیز اتفاق افتد را در بر گیرد.



بخش های مختلف این استاندارد شامل : کلیات ، راهنما و معیار های پذیرش سختی ، الزامات مربوط به مقدار سختی رسوب فلز جوش ، متغیر های مربوط به مواد اولیه و مراحل ساخت موثر روی مقدار سختی جوش ، الزامات تست سختی روی PQR برای جوش ، پیشگیری از ترک در جوش به روش کنترل تنش های پسماند

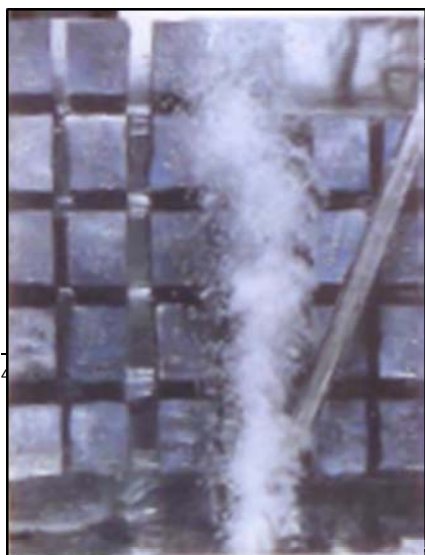
این استاندارد فقط برای فولاد کربن استیل و فقط برای گروه مواد با PNo. 1 و Gr. No. I, II کاربرد دارد.

مشخصات این نوع از فولاد را میتوانید در استاندارد های ASME-Sec.II و همچنین استاندارد مربوط به لوله های تحت فشار (B31.3) و یا استاندارد API-620,650 مشاهده نمایید. این فلزات شامل فولاد های با مقاومت بالای ۴۸۵ مگا پاسکال و یا حداقل ۷۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع^{۴۰} میگردد.

این استاندارد کلیه جوش های مربوط به قطعات تحت فشار و یا قطعات فرعی که به داخل این قطعات جوش کاری میشوند و همچنین قطعات غیر فشاری مثل جوش های مخازن ذخیره را نیز شامل میگردد. کاربرد این استاندارد برای قطعات در حال ساخت و همچنین قطعاتی که نیاز به تعمیر دارند نیز میباشد . اگر چه توصیه های عملی ذکر شده در این استاندارد به منظور جلوگیری از ترک های ناشی از عملیات سرویس بوده و ربطی به ترک هایی که در هنگام ساخت نیز ممکن است اتفاق افتد ندارد (مثل ترک های تاخیری ناشی از هیدروژن) ولی رعایت آنها میتواند به حل چنین مشکلاتی نیز که در هنگام ساخت روی میدهد کمک نماید.

تجهیزاتی که تحت پوشش این استاندارد قرار میگیرند عبارتند از :

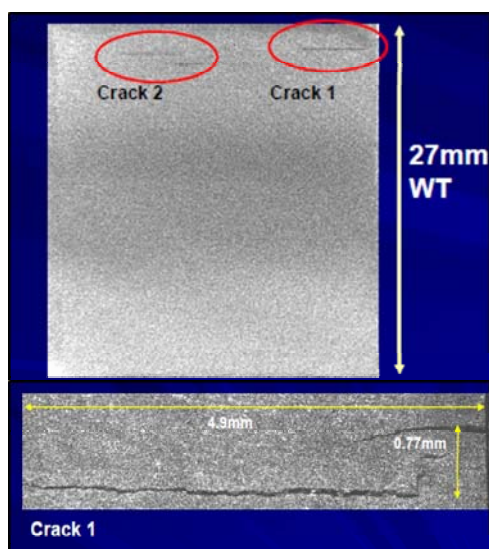
مخازن تحت فشار ، مبدل های حرارتی ، مخازن ذخیره ، لوله ها ، بدنه شیر ها ، پمپ ها و انواع کمپرسور ها



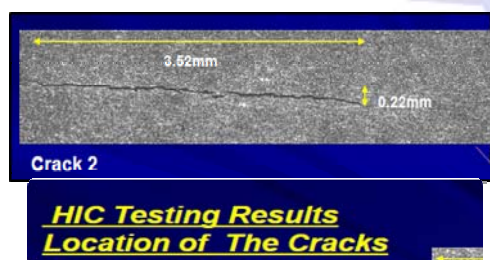
۵- استاندارد NACE TM-0284

جذب هیدروژن درون فولادی که در آن خوردگی اتفاق افتاده و در محیط های مرطوب سولفایدی H_2S

،میتواند اثراتی جبران ناپذیر را بدنبال داشته باشد و حد آن بستگی به خواص فولاد و خصوصیات محیطی و دیگر پارامترها دارد. یکی از اثرات جذب هیدروژن در خطوط لوله و مخازن تحت فشار رشد ترکها در جهت نوردکاری ورق های فولادی است. ترک میتواند باعث کاهش اثر ضخامت جداره مخازن در برابر مقاومت مورد نیاز گردد این مقاومت جهت جلوگیری از شکست در اثر تنش معمول و مجاز میباشد



عنوان هایی مثل ترک ناشی از فشار هیدروژن و **Blistering** تاول هیدروژنی و **HIC/SWC** را در گذشته برای تشریح ترک در فولاد بکار رفته در ساخت مخازن و خطوط لوله بکار میبردند ولی امروزه فقط از واژه **HIC** استفاده میکنند و این واژه کاربرد وسیعی دارد و مورد قبول استاندارد **NACE** نیز قرار گرفته است. واژه **HIC** مربوط به **Blistering** بوده و از سال ۱۹۴۰ به عنوان یکی از مشکلات مربوط به مخازن با سرویس ترش مطرح بوده و طولی نکشید که **HIC** به عنوان یکی از پتانسیل های ایجاد مشکل در خطوط لوله نیز شناخته شد.



نسخه اصلی این استاندارد در سال ۱۹۸۴ تهیه شد و از آن به عنوان استاندارد مربوط به فقط شرایط انجام تست **HIC** برای لوله های فولادی و همچنین بررسی و مقایسه نتایج تست های انجام گرفته در آزمایشگاه های مختلف استفاده میشد. امروزه خطر مشکلات ناشی از **HIC** به سمت ورق های مورد استفاده در ساخت مخازن

تحت فشار نیز سوق پیدا نموده است. بنا براین از این استاندارد میتوان برای ارزیابی فقط مقاومت در برابر **HIC** ورق های فولادی که در ساخت مخازن تحت فشار بکار میروند نیز استفاده نمود.

کاربران این نوع تست بایستی مد نظر داشته باشند که نتایج حاصل از آزمایش ها میتواند متاثر از خواص مناطق مختلف در یک طول واحد از خط لوله و یا یک ورق فولادی باشد بنا براین تعداد و محل نمونه های تست بایستی بخوبی مد نظر قرار گیرد.

۶- استاندارد NACE TM-0103



این استاندارد دستورالعمل و روش انجام آزمایش جهت ارزیابی مقاومت ورق های فولادی است که در سرویس های مرطوب H_2S مورد استفاده قرار میگیرند و پدیده SOHIC در آنها رخ میدهد توسط این استاندارد در اصل میتوان میزان حساسیت فولادهای بکار رفته در محیط های سولفیدی هیدروژن مرطوب در برابر پدیده SOHIC را تعیین نمود.

درجه حرارت بکار رفته برای این ارزیابی درجه حرارت محیط است چون که در این درجه حرارت حساسیت به ترک بالا است. اگر چه ممکن است شرایط دیگری از نقطه

نظر خوردگی، نفوذ هیدروژن و شدت تشکیل ترک نسبت به آنچه که در شرایط دمای محیط رخ میدهد نیز وجود داشته باشد.

تشکر و قدر دانی:

بدینوسیله از آقای مهندس رضا خیری دیزجی مدیرعامل محترم شرکت کولر هوایی آبان، مهندس همت، مهندس خوانین، مهندس ظاهر و مهندس کاوه خیری به خاطر حمایت ها و همکاری های صمیمانه تشکر و قدردانی میگردد

منابع:

۱- استاندارد NACE-MR-0175

۲- استاندارد NACE-MR-0103

۳- استاندارد NACE-TM-0177

۴- استاندارد NACE-TM-0103

۵- استاندارد NACE-RP-0472

۶- استاندارد NACE-TM-0284

مشخصات نگارنده :

نام و نام خانوادگی: نعمت اله عصار

میزان تحصیلات: لیسانس

سمت: کارشناس جوش

شماره تلفن ثابت: ۴-۰۷۱۱۸۲۳۴۳۸۱

شماره همراه: ۰۹۱۷۷۰۳۱۴۳۷

پست الکترونیکی: assar_n@yahoo.com







