خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

آشنایی با یکی از عوامل مخرب تاسیسات: خوردگی تنشی و روش های کنترل آن

خوردگی تنشی در تمام صنایع بسیار معمول و متداول است و کارشناسان خوردگی آن را بدترین نوع خوردگی معرفی کرده اند. از آنجا که اثرات این تخریب منجر به ایجاد ترکهایی در قطعه مورد نظر می شود آن را بنام S.C.C. نیز می شناسیم. در بررسی حوادث و فجایع مهندسی نمونه های بی شماری از S.C.C. ثبت شده اند که متاسفانه بدون هیچگونه علائم یا اخطار قبلی و معمولا به صورتی مخرب و همراه با تلفات جانی رخ داده اند. از تعداد حدود ۵۰۰۰ کشتی تجاری که در دوران جنگ دوم جهانی ساخته شدند در بیش از هزار مورد آنها تا سال ۱۹۶۴ ترکهایی کاملا توسعه یافته با ابعاد قابل ملاحظه ای مشاهده شد. بین سالهای ۱۹۴۲ تا ۱۹۵۲ بیش از ۲۰۰ کشتی دچار گسیختگی های نوع شدید شده و دست کم تعداد ۹ کشتی نفتکش و ۷ کشتی تجاری در اثر وقوع شکستهای ترد کاملا از هم گسیخته شدند. در اواسط دهه ۱۹۵۰، دو فروند هواپیمای کامت

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

حرفه‌ای باش!

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

وقتی که در ارتفاع بالا پرواز می کردند به طرز وحشتناکی متلاشی شدند. تحقیقا بسیار طولانی که روی این موضوع انجام گرفت نشان داد که این گسیختگی ها از ترکهای خستگی بسیار کوچکی ناشی از ناحیه سوراخهای پرچ مجاور دریچه های کابین اصلی هواپیما شروع شده بودند. همچنین شکست بسیاری از سازه ها مانند پل پوینت پلیزنت در ایالت ویرجینیای غربی آمریکا در سال ۱۹۶۷ و نیز شکست سازه سکوی نفتی در سال ۱۹۸۸ در دریای شمال دقیقا ناشی از خوردگی تنشی بوده است.

■ تعریف خوردگی تنشی

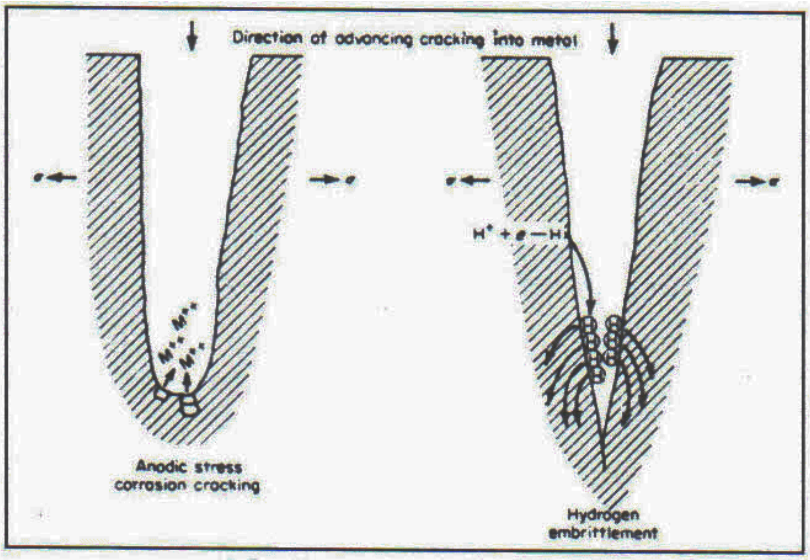
در شرایطی که قطعه ای تحت تاثیر تنش کششی ثابتی بوده و همزمان در محیط خورنده قرار گرفته باشد به علت اثرات همزمان و متقابل این عوامل سرعت و میزان خوردگی تشدید می گردد و آن را خوردگی تنشی می گوییم. از آنجا که اثرات این تخریب منجر به ایجاد ترکهایی در قطعه مورد نظر می شود آن را «ترک خوردگی تنشی» نیز می نامند که اغلب با علامت اختصاری S.C.C. به آن اشاره می شود. همانطور که ذکر شد نوع تنشهای موثر در این نوع خوردگی، کششی بوده و تنشهای فشاری دخالتی نمی کنند. این تنشها ممکن است به صورت تنش پس ماند (باقیمانده در فلز) باشند که از مراحل ساخت و تولید همراه قرعه بوده یا ممکن است طی عملیات بعدی و به علل گوناگون به آن اضافه شده باشند. تنش باقیمانده به علل مختلف از جمله سوراخ کردن، نورد(رول کردن)، جوشکاری، تاب دادن و غیره به وجود می آید.

■ ویژگیها و مشخصات خوردگی تنشی

برخی از مهم ترین مشخصات و ویژگیهای خوردگی تنشی عبارتند از:

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن



شکل ۱ : مکانیزم S.C.C.

- بطور کلی آلیاژ ها نسبت به S.C.C. مستعد تر از فلزات خالص مستعد تر از فلزات خالص می باشند، اگرچه استثنائاتی نظیر مس وجود دارد.
- در اثر وقوع پدیده S.C.C. در روس سطح فلز یا آلیاژ، اثراتی از جمله خوردگی مشاهده نمی شود در حالی که ترکهای ریز به داخل آن پیشرفت می کنند.
- معمولا آلیاژی که در یک محیط معین به همراه تنش دچار ترک می گردد، در همان محیط و در غیاب تنش مصون است.
- حتی در مواد و مصالح انعطاف پذیر، شکستهای ناشی از خوردگی تنشی، ظاهری شبیه به شکست ترد دارد.
- پدیدهS.C.C. در برخی از فلزات صرفا با وجود مقادیر نسبتا جزئی از عوامل شیمیایی مضر در محیط رخ می دهد و نیاز به غلظتهای بالای آنها وجود ندارد. از جمله این عوامل می توان به وجود یون کلر اشاره کرد.

■ خوردگی تنشی در سازه های فضایی

در دوره قبل از پرتاب فضا پیما، باید مواد اولیه آن در مقابل گسیختگی ناشی از S.C.C. مقاومت بالایی داشته باشند.

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

Environments that may cause stress corrosion of metals and alloys

Material	Environment	Material	Environment
Aluminum alloys	$NaCl-H_2O_2$ solutions	Ordinary steels	NaOH solutions
	NaCl solutions		$NaOH-Na_2SiO_2$ solutions
	Seawater		Calcium, ammonium, and sodium nitrate solutions
	Air, water vapor		Mixed acids ($H_2SO_4-HNO_3$)
Copper alloys	Ammonia vapors and solutions		HCN solutions
	Amines		Acidic H_2S solutions
	Water, water vapor		Seawater
Gold alloys	$FeCl_3$ solutions		Molten Na-Pb alloys
	Acetic acid–salt solutions	Stainless steels	Acid chloride solutions such as $MgCl_2$ and $BaCl_2$
Inconel	Caustic soda solutions		$NaCl-H_2O_2$ solutions
Lead	Lead acetate solutions		Seawater
Magnesium alloys	$NaCl-K_2CrO_4$ solutions		H_2S
	Rural and coastal atmospheres		$NaOH-H_2S$ solutions
	Distilled water		Condensing steam from chloride waters
Monel	Fused caustic soda	Titanium alloys	Red fuming nitric acid, seawater, N_2O_4, methanol-HCl
	Hydrofluoric acid		
	Hydrofluosilicic acid		
Nickel	Fused caustic soda		

جدول۱:محیط هایی که می توانند باعث ایجاد خوردگی تنشی در فلزات و آلیاژها شوند.

باتوجه به اینکه حداقل ارتفاع ممکن برای یک ماهواره زمینی حدود۲۰۰کیلومتر است، وقتی که ماهواره به این ارتفاع می رسد تغییرات قابل توجهی در مواد متداول مهندسی و خواص آنها روی می دهد. خواه این مواد فلز، پلاستیک یا از جنس سرامیک باشند. تغییرات فشار خلاء در فضا بسیار شدید بوده و از یک میلیونیم میلیمتر در ارتفاع ۲۰۰ کیلومتری تا به کمتر از یک تریلیومتری از سطح زمین تغییر می کند. در چنین شرایطی برخی از پلیمر ها تجزیه شده و برخی از فلزات تمایل به تصعید دارند.

■ شرایط و محیطهای مستعد خوردگی تنش

تمام مواد مهندسی تحت شرایط مشخصی از تنش و محیط خورنده نسبت به S.C.C. حساس می باشند، بنابراین محیطی که در یک ماده ایجاد S.C.C. می کند ممکن

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

است در مواد دیگر به کلی بی ضرر باشد. برای مثال آلیاژ های پایه مس نسبت به S.C.C. در محیط های کلریدی مصون بوده ولی اغلب فولاد های ضد زنگ در این محیط به شدت حساس می باشند. به عنوان مثال فولاد های ضد زنگ آستنیتی(سری ۳۰۰) در محیط کلر و آلیاژ های مس در محیط های آمونیاکی بسیار مستعد S.C.C. می باشند. خوردگی تنشی فولاد های با استحکام می تواند بوسیله مکانیزم تردی هیدروژن به فلز اتفاق می افتد باشد. استفاده از استاندارد ۳۰۱۲.BS.CP می تواند کمک موثری در جهت کسب اطلاعات در این زمینه باشد. جدول۱ نشان می دهد که کدام ماده در کدام محیط مستعد خوردگی تنشی است. یکی از عوامل مهم خورنده که سبب پیشرفت خوردگی تنشی در فولاد های ضد زنگ می شود عبارت است از اسیدهای پلی تیونیک [Sn O٦ H٢]

که محصول واکنشهایی است که بین محصولات خوردگی سولفوری، SO۲ و رطوبت هوا اتفاق می افتد.

■ مکانیزم تخریب در خوردگی تنشی

در بساری از حالات، تخریب از یک حفره یا ناپیوستگی دیگر موجود بر روی سطح فلز شروع و گسترش می یابد.

تحت تاثیر تنش وارد بر قطعه، تنش بالایی در راس ترک ایجاد می گردد. تخریب فلز توسط خوردگی الکترو شیمیایی موضعی در راس ترک انجام می گیرد. سپس ترک در مقطع عمود بر امتداد تنش کششی گسترش می یابد تا بالاخره به شکسا فلز بیانجامد. اگر یکی از دوعامل(تنش یا خوردگی) متوقف گردد، گسترش و رشد ترک هم متوقف می شود. تنش کششی برای ایجاد ترک و رشد آن لازم است و کاهش سطح مقطع مقدار تنش لازم برای ظاهر شدن ترک را افزایش می دهد.

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

حرفه‌ای باش!

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

■ عوامل موثر در ایجاد ترک خوردگی تنشی

مهم ترین عوامل موثر در این تخریب عبارتند از: زمان–درجه حرارت – خورندگی محیط – ترکیب شیمیایی فلز – نوع و مقدار تنش. در این میان عامل زمان اهمیت زیادی در شروع ترک خوردگی تنشی دارد زیرا خسارت فیزیکی اغلب در مراحل بعدی اتفاق میوفتد به طوری که ترکها به تدریج در فلز رسوخ کرده و باعث کاهش سطح مقطع سالم گشته و در نهایت به شکست مکانیکی فلز می انجامد. میزان حرکت و پیشرفت ترکها در بدو شروع تا حدودی ثابت است، ولی هنگامی که ترکها پیشروی می کنند سطح مقطع کاهش یافته و تنش کششی اعمال شده با مساحت در حال کاهش، افزایش می یابد به طوری که موجب ازدیاد سرعت حرکت ترکها و نفوذ سریع گشته و سرانجام حالت شکست یا گسیختگی رخ می دهد. در حقیقت در لحظات شکست نهایی مقطع فلز به آن اندازه کم می شود که تنشهای اعمال شده برابر یا بزرگتر از حد استحکام فلز شده و منجر به شکست مکانیکی آن می گردد.

■ بررسی S.C.C. از دیدگاه مکانیک شکست

عیوب سطحی و داخلی، همواره به واسطه نوع و ماهیت فرآیند های مختلف ساخت و تولید، در همه سازه های فلزی وجود دارند. مکانیک شکست در حقیقت عبارت است از آنالیز و تحلیل این عیوب به منظور متمایز ساختن عیوب ایمنی(یعنی عیوب که توسعه پیدا نمی کنند) از عیوبی که اطمینانی به توسعه آنها به صورت گسترش ترک و در نتیجه گسیختگی فلز وجود ندارد. عیوب داخلی و خارجی به عنوان تشدید کننده های تنش اثر می کنند.

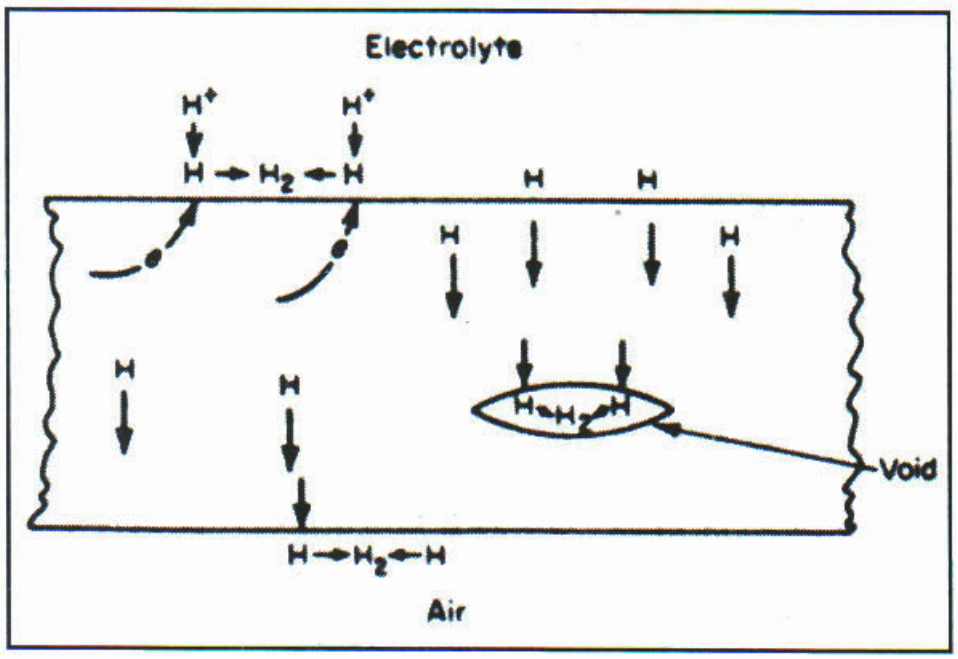
قوانین مکانیک شکست بیان می کنند که شکست ترد یک عضو یا سازه به سه عامل بستگی دارد که عبارتند از:

۱–زمختی جسم (material Toughness)

۲–ابعاد ترک (Crack Size)

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن



شکل ۲ : هیدروژن اتمی می‌تواند به داخل فولاد نفوذ کند.

۳-سطح تنش(stress level)

■ خوردگی خستگی

خوردگی تو ام با خستگی نوع دیگری از خوردگی است که در آن قطعه فلزی تحت تاثیر همزمان واکنش شیمیایی و بار دینامیکی متناوب قرار می گیرد. سازه های مهندسی و اجزاء آنها در حالتهای دینامیکی تحت تاثیر تنشهایی که متناوبا اندازه و جهت آنها تغییر می کند قرار می گیرند. شکست فلزات در چنین شرایطی را شکست ناشی از خستگی می نامند. تشابه زیادی بین خوردگی و خستگی وS.C.C. وجود دارد. خستگی مکانیکی تمام فلزات را تحت تاثیر قرار داده و سبب شکست آنها در تنشهایی کمتر از تنشهاب استاتیکی می گردد.

■ تردی هیدروژنی

در گذشته تصور می شد که تردی هیدروژنی از S.C.C. خالص متمایز شود. اما در سالهای اخیر نقش آن در مکانیزم

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

خوردگی تنشی و روشهای کنترل آن

S.C.C. بسیار مشهود و در تفسیر نتایج به آن توجه زیادی شده است. امروزه ثابت شده است که هیدروژن اتمی می تواند به درون فولاد نفوذ کند، ولی در حفره ها این اتم های هیدروژن با یکدیگد ترکیب شده و گاز هیدروژن تولید می کنند. هیدروژن مولکولی قادر به نفوذ در درون شبکه فلزی نبوده و باعث افزایش فشار درون حفره ها میگردد. فشار حاصله می تواند باعث پارگی و تخریب اکثر مواد گردد. هر گونه افزایش فشاری که به واسطه گاز هیدروژن در ناحیه ی کوچک مذکور رخ دهد باعث تقویت تنش کششی موجود شده و در پیشرفت ترک نقش به سزایی دارد.

■ روشهای مقابله با خوردگی تنشی

معمول ترین روش های مقابله با خوردگی تنشی عبارتند از :

۱- انجام تنش زدایی به کمک عملیات حرارتی؛

۲- حذف یا خارج ساختن عوامل موثر در محیط از جمله، حذف گاز ها و حذف مواد معدنی؛

۳-تغییر جنس آلیاژ(برای مثال استفاده از تیتانیم به جای ضد زنگ در صورتی که نه محیط خورنده و نه تنش قابل حذف باشد)؛

۴- اجرای حفاظت کاتدی؛

۵- افزودن مواد شیمیایی کند کننده به سیستم (در صورت امکان). در محیط های با شدت خوردگی کم می توان از فسفات ها یا سایر مواد کند کننده جهت کاهش حملات ترک خوردگی تنشی استفاده نمود.

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

کاشانه
حرفه‌ای باش!