



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-046

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

صنایع نفت و گاز

مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در تولید نفت و گاز طبیعی
قسمت اول - اصول کلی انتخاب مواد مقاوم در برابر ایجاد ترک



**Petroleum and natural gas industries—
Materials for use in H₂S-containing
Environments in oil and gas production—
Part 1:
General principles for selection of cracking-resistant material**

NACE
MR0175/
ISO 15156-1
Item No. 21306

First edition

**Petroleum and natural gas industries—
Materials for use in H₂S-containing
Environments in oil and gas production—
Part 1:
General principles for selection of cracking-resistant material**

Reference number
NACE MR0175/ISO 15156-1:2001(E)
ISBN 1-57590-1765

© NACE International/ISO 2001

موسسه بین‌المللی NACE، یک سازمان حرفه‌ای در صنعت کنترل خوردگی است که در سال ۱۹۴۳ بنا نهاده شده است. این سازمان در حدود ۲۲۳۱۲ عضو، در ۱۰۰ کشور جهان دارد. این موسسه، استانداردهایی را در زمینه علوم و صنایع مربوط به خوردگی، به چاپ می‌رساند. استانداردها و مقالات مربوط به این موسسه، با نام استاندارد هم‌نام با نام خود این سازمان به چاپ می‌رسند.

سیستم نام‌گذاری استانداردهای NACE ترکیبی از اعداد و حروف، به صورت زیر است.

XX XX XX-XX

دو کاراکتر اول، مشخص‌کننده گروهی است که استاندارد مربوطه در آن قرار دارد. استانداردهای NACE در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند که در زیر به آن اشاره شده است.

- MR (Material Requirement)
- TM (Test Method)
- RP (Recommended Practice)

لازم به ذکر است که از سال ۲۰۰۷ به بعد، RP به SP تغییر نام داده است:

SP (Standard Practice)

استانداردهایی که با MR آغاز می‌شوند به شرایط ماده مورد استفاده در محیط خاص اشاره می‌نمایند. به عنوان مثال MR 0175 مربوط به نیازمندی‌ها و الزامات مربوط به فولادها در محیط حاوی سولفید هیدروژن در صنایع بالادستی است. استاندارد MR 0103 این الزامات را برای فولاد کربنی در محیط ترش در صنایع پایین‌دستی بیان می‌کند. استانداردهای نام‌گذاری شده با TM روش‌های آزمایش (تست متد) را معرفی می‌کنند. به عنوان مثال روش انجام آزمایش‌های SSC یا SOHIC در استانداردهایی مطرح می‌شوند که با این نام آغاز می‌شوند. کد SP مربوط به تجربیات موفق صنعتی در یک مورد خاص، مثلاً حفاظت کاتدی لوله‌های مدفون در خاک یا جلوگیری از ترک‌دار شدن فولاد، در حین عملیات است.

چهار کاراکتر بعدی شامل چهار رقم است که نشان‌دهنده‌ی سال انتشار استاندارد هستند. مثلاً شماره‌ی استاندارد SP0170 مشخص می‌کند که این استاندارد، اولین استاندارد (۰۱ نشان‌دهنده این مطلب است) SP چاپ شده در سال ۱۹۷۰ (۷۰ نشان‌دهنده این مطلب است) است. استاندارد SP0472 نشان‌دهنده چهارمین استاندارد SP چاپ شده در سال ۱۹۷۲ است. دو کاراکتر آخر نیز نشان‌دهنده سالی است که آخرین ویرایش، بر روی استاندارد انجام شده است. به عنوان مثال آخرین ویرایش بر روی استاندارد RP0170-97 در سال ۱۹۹۷ انجام شده است.

Petroleum and natural gas industries-
Materials for use in H₂S - containing
environments in oil and gas
Production - Part 1 : General principles
for selection of cracking – resistant
materials

صنایع نفت و گاز

مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در تولید نفت و گاز طبیعی
قسمت اول – اصول کلی انتخاب مواد مقاوم در برابر ایجاد ترک

۱. هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تشریح اصول کلی و ارائه الزامات و توصیه‌هایی مبنی بر انتخاب مواد فلزی مورد استفاده در ساخت تجهیزات تولید نفت و گاز، تأسیسات شیرین‌سازی گاز طبیعی در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن می‌باشد به طوری که خرابی چنین تجهیزاتی می‌تواند سلامتی و ایمنی عموم مردم و کارکنان یا محیط زیست را به مخاطره بیندازد. این استاندارد می‌تواند به عنوان راهنمایی در زمینه جلوگیری از آسیب‌های ناشی از خوردگی تجهیزات نیز به کار برده شود. این استاندارد می‌تواند به عنوان مکمل الزامات مواد ارائه شده در دستورالعمل‌های طراحی، استانداردها یا مقررات مربوطه مناسب باشد، اما جایگزین آن‌ها نیست. این استاندارد کلیه سازوکارهای ایجاد ترک که می‌توانند توسط سولفید هیدروژن ایجاد شوند را بیان می‌کند. این موارد عبارتند از: ترک تنش سولفیدی، ترک ناشی از خوردگی تنشی، ترک هیدروژنی، ترک پله‌ای، ترک هیدروژنی در راستای تنش، ترک منطقه نرم و ترک تنش هیدروژنی گالوانیک.

در جدول شماره ۱ فهرست جامعی از تجهیزاتی که در این استاندارد به کار برده می‌شوند از جمله استثناهای مجاز آورده شده است. این قسمت از استاندارد در خصوص صلاحیت کیفی و انتخاب مواد، برای تجهیزات طراحی و ساخته شده با استفاده از معیارهای طراحی متداول کاربرد دارد. این قسمت از استاندارد لزوماً در خصوص تجهیزات مورد استفاده در فرآیندها و تجهیزات پالایش یا پایین دستی کاربرد ندارد.

یادآوری: مواد فلزی انتخاب شده یا تأیید شده توسط این استاندارد نسبت به ایجاد ترک در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در تولید نفت و گاز مقاوم می‌باشند اما لزوماً تحت کلیه شرایط کاری از ایمنی لازم برخوردار نمی‌باشند.

استثنای مجاز	این قسمت از استاندارد برای مواد مورد استفاده در تجهیزات زیر قابل استفاده می‌باشد
<ul style="list-style-type: none"> تجهیزاتی که فقط در معرض گل حفاری یا ترکیبات تحت کنترل قرار دارند^۱ مته‌های حفاری تیغه‌های قیچی^۲ مانند مخصوص بستن فوران‌گیرها سیستم‌های بالابر در حفاری پیچ‌ها کابل‌ها و تجهیزات وابسته به آن^۳ غلاف‌های سطحی و میانی 	تجهیزات حفاری ساختمانی و عملیاتی حفر چاه
<ul style="list-style-type: none"> پمپ‌های مکنده و لوله‌های مکش^۴ پمپ‌های الکتریکی شناور سایر تجهیزات بالابر قطعات ورق 	چاه‌ها - شامل تجهیزات زیر سطحی، تجهیزات حمل گاز، دهانه چاه‌ها و تجهیزات تعبیه شده در آن به منظور کنترل تولید سیال و یا تزریق (چند راه استخراج)
تجهیزات و امکانات نگهداری و حمل نفت خام که در معرض فشار نسبی کمتر از ۴/۳ بار (۶۵ psi) قرار دارند	خطوط جریان، خطوط جمع آوری، تأسیسات و امکانات فرآیند
	تجهیزات حمل آب‌ترش
	تأسیسات پالایش گاز طبیعی
خطوط حمل گاز، به منظور مصارف خانگی	خطوط لوله ویژه انتقال مایعات، گاز و سیالات چند فاز

^۱ در موارد و موقعیت‌هایی که نیاز به استحکام بالایی باشد تجهیزات حفاری ممکن است مطابق با الزامات این استاندارد طراحی و ساخته نشوند، در چنین حالتی مبنای اصلی بر جلوگیری از ترک تنش سولفیدی، کنترل محیط حفاری و عملیات حفر چاه می‌باشد. بدین معنا که متناسب با افزایش تنش‌های اعمال شده، سختی مواد به کار گرفته شده در ساخت تجهیزات افزایش یافته و در این حالت کنترل سیال حفاری از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار است. در این شرایط حفاری می‌بایست با کنترل هیدرو استاتیک گل سر حفاری و دانسیته آن جهت به حداقل رساندن تشکیل کلوخ در سیال و با استفاده از یک یا چند فخره از دستورالعمل‌های زیر تحت کنترل قرار گیرد.

- ثابت نگه داشتن pH در حد ۱۰ یا بالاتر، به منظور خنثی‌سازی اثرات سولفید هیدروژن در محصولات حفاری
- استفاده از مواد شیمیایی جاذب سولفید
- استفاده از یک گل حفاری با پایه نفتی

^۲ فولادهای با استحکام بالا که در ساخت تیغه‌های قیچی مانند فوران‌گیرها استفاده شده است، در برابر بروز ترک تنش سولفیدی، بسیار ضعیف و حساس می‌باشند.

^۳ روان‌کننده‌های خطوط کابل و ابزار مرتبط و وابسته به آن نیز جزو موارد استثنا می‌باشند.

^۴ در مورد پمپ مکنده و لوله مکش، استاندارد مرجع NACEMR 0176 است.

۲. مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب هر یک از آن‌ها مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و یا تجدید نظر، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نمی‌باشد. با این وجود بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان استفاده از آخرین اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و یا تجدید نظر، آخرین چاپ و یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر جهت به‌کارگیری این استاندارد الزامی است:

2-1- ISO 15156-2, Petroleum and natural gas industries – Materials for use in (H2S)

- Containing environments in oil and gas production – part 2: Cracking- resistant carbon and low alloy steels

2-2- ISO 15156-3, Petroleum and natural gas industries – Materials for use in (H2S)

- Containing environments in oil and gas production – part 3: Cracking- resistant CRAS (corrosion-resistant alloys) and other alloys

۳. تعاریف و اصطلاحات

در این استاندارد اصطلاحات و یا واژه‌ها با تعاریف زیر به کار می‌روند:

۳،۱. فوران گیر (شیر مانع فوران BOP)^۵

وسیله‌ای است مکانیکی و تحت فشار که به منظور کنترل سیالات چاه و گل حفاری در هنگام عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳،۲. لحیم کردن سخت^۶

اتصال فلزات به یکدیگر توسط ریختن یک لایه نازک (به ضخامت موئین) از یک فلز پرکننده غیرآهنی با نقطه ذوب پایین در فضای بین آن‌ها است.

۳،۳. فولاد کربنی

⁵ Blowout preventer (BOP)

⁶ Braze , verb

آلیاژی است شامل آهن، حداکثر ۲ درصد کربن، حد اکثر ۱,۶۵ درصد منگنز و بعلاوه مقادیر جزئی باقی مانده‌ای از سایر عناصر به استثنای عناصری که تعمداً به منظور اکسیدزدائی در مقادیر مشخص به فولاد اضافه می‌شوند (معمولاً سیلیسیم و یا آلومینیوم).

یادآوری: فولادهای کربنی مورد استفاده در صنایع نفت معمولاً حاوی کمتر از ۸ درصد کربن می‌باشند.

۳,۴. چند راهی استخراج^۷

تجهیزاتی که به منظور کنترل سیال تولید شده و یا تزریق شده، در دهانه چاه نصب و تعبیه می‌گردد.

۳,۵. کار سرد

تغییر شکل پلاستیکی فلز تحت شرایطی از دما و نرخ کرنش فلز که باعث سختی کرنشی می‌شود و معمولاً (نه ضرورتاً) در دمای محیط انجام می‌گیرد.

۳,۶. آلیاژ مقاوم در برابر خوردگی^۸

آلیاژهایی که در محیط‌های نفتی خورنده برای فولادهای کربنی دارای مقاومت مطلوبی از نظر خوردگی عمومی و موضعی می‌باشند.

۳,۷. فریت

فازی در آلیاژهای پایه آهن با ساختار بلوری مکعبی مرکزدار (BCC) است.

۳,۸. فولاد فریتی

فولادی است که ریز ساختار آن در دمای محیط عمدتاً دارای فاز فریت می‌باشد.

۳,۹. سختی

مقاومت یک فلز در برابر تغییر شکل پلاستیک که معمولاً با نشانه‌گذاری در ابعاد، اندازه‌گیری می‌شود.

۳,۱۰. ناحیه متأثر از حرارت^۹

آن قسمت از فلز پایه که هنگام عملیات لحیم‌کاری، برش‌کاری، و یا جوشکاری ذوب نمی‌شود، اما در اثر حرارت ناشی از این عملیات، ریز ساختار و خواص آن تغییر می‌کند.

۳,۱۱. عملیات حرارتی

⁷ Christmas tree

⁸ Corrosion-resistant alloy (CRA)

⁹ Heat-affected zone (HAZ)

گرم و سپس سرد کردن یک فلز یا یک آلیاژ جامد به منظور ایجاد خواص مطلوب مورد نظر است. یادآوری: حرارت دادن منحصراً به منظور تغییر شکل (کار گرم)، عملیات حرارتی در نظر گرفته نمی‌شود.

۳،۱۲ ترک هیدروژنی^{۱۰}

نوعی ترک سطحی است که در فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ در زمانی که هیدروژن اتمی در فولاد نفوذ نموده و با هم ترکیب شده و در نقاط محبوس تشکیل مولکول گازی هیدروژن می‌دهد، اتفاق می‌افتد. یادآوری: ایجاد ترک، ناشی از فشار زیاد هیدروژن گازی در نقاط محبوس می‌باشد. برای تشکیل ترک‌های هیدروژنی نیازی به اعمال تنش‌های خارجی نمی‌باشد. مناطق محبوسی که منجر به ایجاد ترک هیدروژنی می‌شوند عموماً در فولادهایی با درجات خلوص بالا که دارای انبوهی از آخال‌های سطحی و یا مناطقی با ریز ساختار غیر همسان (برای مثال به صورت نواری) یافت می‌شوند که توسط جدایش عناصر آلیاژ و ناخالصی‌ها در فولاد تولید شده‌اند. این نوع ترک هیدروژنی به جوشکاری مربوط نمی‌شود.

۳،۱۳ ترک تنشی هیدروژنی^{۱۱}

ترک ناشی از حضور توأم هیدروژن در فلز و تنش کششی (به صورت تنش اعمالی یا تنش باقی‌مانده در فلز) می‌باشد. یادآوری: ترک تنشی هیدروژنی به عنوان ترک‌های ایجاد شده در فلزاتی که نسبت به ترک تنشی سولفیدی حساس نمی‌باشند توصیف می‌شود اما هنگامی که به عنوان کاتد در یک اتصال گالوانیک با فلز دیگری که به صورت آند به شدت خورده می‌شود متصل شود، می‌تواند شکننده یا ترد شود. واژه ترک تنشی هیدروژنی گالوانیکی نیز برای این فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳،۱۴ فولاد کم‌آلیاژ

فولادی است با درصد عناصر آلیاژی کمتر از ۵ درصد اما بیشتر از آنچه در مورد فولاد کربنی تعیین شده است.

۳،۱۵ ریز ساختار

ساختار داخلی یک فلز که در بررسی‌های متالوگرافی نمونه‌های آماده شده، نمایان می‌شود.

۳،۱۶ فشار جزئی

فشار حاصل از وجود یک جزء از گازهای تشکیل‌دهنده یک مخلوط گازی است، در صورتی که آن جزء به تنهایی دمایی یکسان و حجمی برابر حجم اشغال‌شده توسط کل مخلوط را دارا باشد.

¹⁰ hydrogen-induced cracking (HIC)

¹¹ Hydrogen stress cracking (HSC)

یادآوری: برای مخلوطی از گازهای ایده‌آل، فشار جزئی هر جزء برابر است با فشار کل مخلوط گازی ضربدر کسر مولی آن گاز در مخلوط (کسر مولی نیز برابر است با نسبت حجم آن جزء به حجم کل مخلوط).

۳،۱۷ تنش باقی‌مانده

تنش موجود در یک قطعه صرف نظر از نیروهای خارجی و یا گرادیان‌های حرارتی است.

۳،۱۸ ترک خوردگی در نواحی نرم^{۱۲}

نوعی ترک تنشی سولفیدی است که در فولاد دارای یک ناحیه نرم موضعی^{۱۳} با استحکام تسلیم پایین رخ می‌دهد. یادآوری: تحت بارهای اعمال شده به سبب شرایط کاری و تجمع کرنش‌های پلاستیکی در مواضع نرم، استحکام این نواحی ممکن است کاهش یافته و بنابر این حساسیت به ایجاد ترک از نوع ترک تنشی سولفیدی در یک ماده مقاوم به ترک تنشی سولفیدی نیز افزایش یابد. بیشتر نواحی نرم در نقاط جوش در فولادهای کربنی مشاهده شده است.

۳،۱۹ عملیات در شرایط ترش

قرار گرفتن در محیط‌های نفتی حاوی سولفید هیدروژن، که بتواند باعث ایجاد ترک توسط سازوکارهای شرح داده شده در این استاندارد شود را گویند.

۳،۲۰ ترک پله‌ای^{۱۴}

ترک ایجاد شده در فولاد در اثر پیشرفت ترک‌های هیدروژنی در مقاطع نزدیک و در تماس با آن است. یادآوری: این واژه ظاهر ترک را توصیف می‌نماید. به هم پیوستن ترک‌های هیدروژنی برای ایجاد ترک پله‌ای به کرنش موضعی میان ترک‌ها و تردی فولاد مجاور ناشی از هیدروژن حل شده، بستگی دارد. عموماً ترک هیدروژنی و ترک پله-ای در صفحات فولادی با استحکام کم که در تولید لوله‌ها و مخازن کاربرد دارند پدیدار می‌شود.

۳،۲۱ ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی^{۱۵}

ترک خوردن فلز به دلیل تأثیر هم‌زمان فرآیندهای آندی خوردگی موضعی و وجود تنش‌های کششی (باقی‌مانده و یا اعمال شده) در حضور آب و سولفید هیدروژن می‌باشد.

یادآوری: وجود کلریدها و یا اکسیدکننده‌ها و افزایش دما می‌تواند باعث افزایش آسیب‌پذیری فلزات در برابر فرآیند حمله آندی باشد.

¹² Soft zone cracking (SZC)

¹³ Soft zone

¹⁴ Stepwise cracking (SWC)

¹⁵ stress corrosion cracking (SCC)

۳,۲۲. ترک هیدروژنی در راستای تنش^{۱۶}

ترک‌های کوچکی که تقریباً در راستای عمود بر جهت تنش اصلی (باقی‌مانده و یا اعمال شده) شکل می‌گیرد، این ترک‌ها غالباً کوچک و مستقل از یکدیگر " به صورت نردبانی " بوده و از پیوستن ترک‌های (گاهی کوچک) ایجاد شده از قبل به وجود می‌آیند.

یادآوری: نمای ترک خوردن می‌تواند به صورت ترک تنشی سولفیدی به وجود آمده توسط تأثیرات هم‌زمان تنش خارجی و کرنش موضعی در اطراف ترک‌های هیدروژنی دسته‌بندی گردد. این پدیده در فلز پایه لوله‌ای که به صورت عمودی جوشکاری شده و در ناحیه متأثر از حرارت ناشی از جوشکاری در مخازن تحت فشار رخ می‌دهد یک پدیده نسبتاً نامتداول است که عموماً در لوله‌هایی از جنس فولاد فریتی با استحکام پایین و فولادهای مورد استفاده در ساخت مخازن تحت فشار مشاهده می‌شود.

۳,۲۳. ترک تنشی سولفیدی^{۱۷}

ترک خوردن فلز در اثر تأثیر هم‌زمان خوردگی و تنش کششی (باقی‌مانده و یا اعمال شده) در حضور آب و سولفید هیدروژن است.

یادآوری: ترک تنشی سولفیدی نوعی از ترک تنشی هیدروژنی می‌باشد که شامل ترد شدن فلز توسط هیدروژن اتمی است که از واکنش خوردگی اسیدی بر سطح فلز به وجود می‌آید. جذب هیدروژن در حضور سولفیدها بیشتر می‌شود و اتم هیدروژن موجود می‌تواند در فلز نفوذ کرده و باعث کاهش چقرمگی و افزایش حساسیت در برابر ترک خوردن شود. مواد فلزی با استحکام بالا و نواحی سخت‌شده در اثر جوشکاری مستعد ترک تنشی سولفیدی هستند.

۳,۲۴. جوشکاری

عمل اتصال و به هم پیوستن دو یا چند قطعه فلزی با استفاده از حرارت و یا اعمال فشار، با و یا بدون اضافه کردن فلز پرکننده به منظور ایجاد هم جوشی موضعی یکنواخت فلزات پایه و سپس انجماد محل اتصال است.

۳,۲۵. استحکام تسلیم

حد تنشی مواد که بر اساس انحراف تعیین‌شده‌ای از نسبت تنش به کرنش نشان داده می‌شود.

یادآوری: میزان انحراف توسط روش افست (معمولاً در کرنش ۲ درصد) یا روش کشیدگی کامل در شرایط بارگذاری عموماً در کرنش ۵ درصد) تعیین می‌شود.

¹⁶ Stress – oriented hydrogen – induced cracking (SOHIC)

¹⁷ Sulfide stress cracking (SSC)

۴. علائم اختصاری

در این استاندارد علائم اختصاری زیر با تعاریف شرح داده شده کاربرد دارند:

- فوران گیر BOP
- آلیاژ مقاوم در برابر خوردگی CRA
- ناحیه متأثر از حرارت HAZ
- ترک هیدروژنی HIC
- ترک تنشی هیدروژنی HSC
- ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی SCC
- ترک هیدروژنی در راستای تنش SOHIC
- ترک پله‌ای SWC
- ترک تنشی سولفیدی SSC
- ترک نواحی نرم SZC

۵. اصول و قواعد عمومی

کاربرد این قسمت از استاندارد و قسمت‌های دوم و سوم بر اساس ارزیابی و مستندسازی شرایط و موقعیت‌هایی است که مواد ممکن است در معرض آن قرار بگیرند و انتخاب این مواد نیازمند تبادل اطلاعات (به عنوان مثال الزامات یا شرایط کاری) بین کاربر تجهیزات و تأمین‌کنندگان مواد یا تجهیزات است.

یادآوری: تأمین‌کننده تجهیزات ممکن است نیازمند تبادل اطلاعات با سازندگان دستگاه‌ها، تأمین‌کنندگان و یا تولیدکنندگان مواد باشد. کیفیت مطلوب، در واقع دستیابی به سطحی از کیفیت است که تضمین‌کننده ایمنی یک ماده برای استفاده تحت شرایط کاری برابر و یا تعدیل یافته (نسبت به شرایطی که در آن سطح کیفی تعریف شده است) باشد. کاربران تجهیزات، می‌بایست تطابق شرایط کاری مورد نظر را با شرایطی که در این استاندارد تعریف شده تضمین نمایند. در صورت لزوم کاربر تجهیزات باید با گروه‌های دیگر راجع به شرایط کاری مشورت نماید. این استاندارد به منظور ارزیابی کیفی و انتخاب مواد مناسب در طراحی و ساخت تجهیزاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بر پایه معیار طراحی الاستیک متداول طراحی و ساخته شده باشند. استفاده از این استاندارد در اجرای طرح‌هایی بر مبنای معیار طراحی پلاستیک مناسب نبوده و کاربران بایستی الزامات دیگری را نیز مورد ارزیابی قرار دهند.

۶. ارزیابی و تعریف شرایط کاری به منظور انتخاب مواد

۶.۱. قبل از انتخاب یا ارزیابی کیفی مواد، کاربران تجهیزات بایستی شرایط کاری را که مواد ممکن است در معرض آن قرار گیرند تعریف و ارزیابی و مستند نمایند. این شرایط تعریف شده بایستی در برگیرنده شرایط محیط‌های مورد نظر و نیز محیط‌های دیگری که مواد به صورت ناخواسته در اثر بروز اشکالات یا از بین رفتن روش‌های حفاظتی، مواد با آن‌ها مواجه می‌شوند، باشد. بررسی و تعیین مقدار عوامل شناخته شده‌ای که باعث تضعیف مواد در برابر ایجاد ترک به وسیله سولفید هیدروژن می‌شوند بایستی مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد. این عوامل موثر بر تضعیف مواد فلزی در برابر ترک خوردن ناشی از سولفید هیدروژن به جز خواص خود ماده، عبارتند از فشار جزئی سولفید هیدروژن، pH موثر، غلظت کلرید و دیگر هالیدهای حل شده، حضور گوگرد عنصری و یا دیگر اکسیدکننده‌ها، دما، اثرات گالوانیکی، تنش‌های مکانیکی و مدت زمان قرار گرفتن در معرض فاز آبی مایع.

۶.۲. شرایط کاری مستند شده لازم است برای یک یا چند منظور ذیل مورد استفاده قرار گیرد:

- فراهم آوردن مبانی انتخاب مواد از پیش ارزیابی شده مقاوم در برابر ترک خوردن در اثر خوردگی تنش/ ترک تنشی سولفیدی (بند ۷)
- فراهم آوردن مبانی انتخاب و ارزیابی کیفی مواد بر مبنای تجربیات عملی (بند ۸،۲)
- تعریف الزامات آزمایشگاهی به منظور ارزیابی کیفی یک ماده در شرایط محیطی حاوی سولفید هیدروژن نسبت به یک یا چند مورد از موارد ذیل ترک تنش هیدروژنی یا ترک نواحی نرم، ترک پله‌ای، ترک هیدروژنی در راستای تنش، ترک هیدروژنی، ترک تنش سولفیدی و ترک در اثر خوردگی سولفیدی ناشی از عوامل گالوانیکی (بند ۸،۳)
- فراهم آوردن مبانی ارزیابی مجدد حساسیت آلیاژهای موجود مورد استفاده در ساخت با استفاده از بندهای (۷، ۸،۲، ۸،۳)، در حالتی که شرایط کاری واقعی یا مورد نظر تغییر کرده باشند.

۷. انتخاب مواد از پیش‌ارزیابی شده مقاوم در برابر ترک خوردن در اثر خوردگی تنش/ ترک تنش سولفیدی در حضور سولفیدها فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ مقاوم به ترک‌تنشی سولفیدی می‌تواند از مواد از پیش‌ارزیابی شده مندرج در قسمت دوم این استاندارد انتخاب شوند. آلیاژهای مقاوم به خوردگی در برابر ترک‌تنشی سولفیدی و ترک خوردن در اثر خوردگی تنش و آلیاژهای دیگر می‌توانند از مواد از پیش‌ارزیابی شده مندرج در قسمت سوم این استاندارد انتخاب شوند. عموماً انجام آزمون‌های کیفی بر مواد از پیش‌ارزیابی شده در این روش ضرورتی ندارد. مواد فهرست شده مطابق تجربه یا آزمون‌های آزمایشگاهی، کارایی قابل قبولی تحت

شرایط متالورژیکی، محیطی و مکانیکی دارند. کاربران تجهیزات بایستی نسبت به انجام آزمون‌های اختصاصی بر روی مواد مورد مصرف با در نظر گرفتن پتانسیل بروز خطاهای اجتناب‌ناپذیر دقت کافی داشته باشند (به یادآوری بند ۱ رجوع شود). یادآوری: حاصل تجربیات ارائه شده در الزامات استاندارد NACE MR 0175 در فهرست‌های مواد مورد ارزیابی اولیه قرار گرفته در استانداردهای ISO 15156-2 و ISO 15156-3 (سال ۲۰۰۳) نیز درج شده است.

۸. بررسی کیفی مواد در شرایط کاری با وجود سولفید هیدروژن

۸.۱. مستندسازی و توصیف مواد

ماده‌ای که به منظور ارزیابی کیفی مورد بررسی قرار می‌گیرد بایستی تعریف و مستندسازی گردد. به گونه‌ای که هر یک از ویژگی‌های آن که به نظر می‌رسد بر کارایی در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن موثر هستند، تعیین و تعریف گردند. تترانس و حدود تغییراتی که می‌تواند در خواص ماده به وجود آید بایستی تشریح و مستند شود. خواص متالورژیکی شناخته شده‌ای که بر کارایی مواد در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن موثر می‌باشند، عبارتند از ترکیب شیمیایی ماده، روش ساخت، شکل محصول، استحکام، سختی، مقدار کار سرد، شرایط عملیات حرارتی و ریز ساختار.

۸.۲. بررسی کیفی بر پایه تجارب عملی

یک ماده را می‌توان بر مبنای تجارب موجود مستند، مورد بررسی کیفی قرار داد. توصیف ماده باید مطابق با الزامات بند (۸.۱) باشد. توصیف شرایط کاری که در آن تجربه کسب شده است باید با الزامات بند فرعی (۶.۱) مطابق باشد. طول مدت کسب تجربه مستند شده بایستی حداقل ۲ سال بوده و ترجیحاً در برگزیده بررسی همه‌جانبه با استفاده از تجهیزات لازم در این زمینه باشد. شرایط کاری مورد نظر نباید از شرایط مندرج در مدارک موارد تجربی مستند شده سخت‌گیرانه‌تر باشد.

۸.۳. بررسی و تعیین کیفیت بر پایه آزمون‌های آزمایشگاهی

۸.۳.۱. کلیات

شرایط انجام آزمون فقط می‌تواند شبیه و نزدیک شرایط کار واقعی باشد. آزمون‌های آزمایشگاهی بر اساس این استاندارد ملی به منظور دستیابی به اهداف زیر انجام می‌شود:

- بررسی کیفی مواد فلزی جهت تعیین مقاومت آن‌ها در برابر ترک تنشی سولفیدی یا ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی تحت شرایط کاری مساوی یا آسان‌تر نسبت به شرایط اعمال شده در بررسی‌های اولیه مواد مشابه فهرست شده در قسمت‌های دوم و سوم این استاندارد.

- بررسی کیفی مواد فلزی به منظور تعیین مقاومت آن‌ها در برابر ترک تنش‌سولفیدی و ترک خوردن در اثر خوردگی تنش تحت شرایط کاری با محدودیت‌های دیگر. به طور مثال: بررسی کیفی در شرایطی که میزان سولفید هیدروژن بالاتر از مقدار قابل قبول باشد، در شرایط کاهش تنش و یا دمایی کمتر یا در pH پایین‌تر.
- بررسی کیفی فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ به منظور تعیین مقاومت در برابر ترک‌هیدروژنی در راستای تنش، ترک هیدروژنی یا ترک نواحی نرم.
- بررسی کیفی آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی یا دیگر آلیاژها به منظور تعیین مقاومت آن‌ها در برابر ترک تنش هیدروژنی ناشی از شرایط گالوانیکی.
- تنظیم و ارائه گزارشی مستند از نتایج حاصل از بررسی کیفی ماده با توجه به شرایط اعمال شده مرتبط در آزمون‌ها و نه شرایط در نظر گرفته شده در ارزیابی کیفی اولیه در قسمت‌های دوم و سوم این استاندارد.
۸,۳,۲. نمونه‌برداری از مواد برای انجام آزمون‌های آزمایشگاهی
روش نمونه‌برداری از مواد جهت انجام آزمون‌های آزمایشگاهی بایستی مورد تایید کاربر تجهیزات قرار گرفته باشد.
- نمونه‌های آزمون بایستی نماینده محصول تجاری باشد.
- در مواردی که یک ماده از چند سری ساخت جداگانه با دستورالعمل یکسان نمونه‌برداری شده باشد، ارزیابی باید بر مبنای خواصی باشد که بر رفتار ترک خوردن آن در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن موثر هستند (به بند ۸,۱ رجوع شود). هنگام انتخاب نمونه‌ها برای آزمون مطابق با قسمت‌های دوم و سوم استاندارد ISO15156 سهم هر یک از این خواص باید در نظر گرفته شود. مواد در شرایط متالورژیکی که بیشترین حساسیت به ترک خوردن در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن را دارند، باید برای انتخاب نمونه‌های آزمون مورد استفاده قرار گیرند.
- منابع تهیه مواد، روش آماده‌سازی و شرایط سطحی نمونه‌ها برای آزمون بایستی مستند شوند.
۸,۳,۳. انتخاب روش‌های آزمون آزمایشگاهی
- روش‌های آزمون به منظور بررسی پدیده‌های ترک تنش سولفیدی، ترک هیدروژنی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم در فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ بایستی منطبق با الزامات مشروح در استاندارد ISO15156-2 باشد.
- روش‌های آزمون به منظور بررسی پدیده‌های گالوانیکی بر روی آلیاژهای مقاوم به خوردگی و دیگر آلیاژها بایستی منطبق بر استاندارد ISO15156-3 باشد.

۸,۳,۴. شرایط اعمال شده در طول مدت آزمون

برای ارزیابی کیفی فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ در محیط‌های کاری ترش یا شرایط محدودتر، محیط‌های آزمون استاندارد و شرایط آزمون‌های مکانیکی باید طبق استاندارد ISO15156-2 انتخاب شوند.

برای ارزیابی کیفی آلیاژهای مقاوم به خوردگی یا آلیاژهای دیگر در شرایط کاری محدودتر متناسب با هر نوع آلیاژ، محیط‌های آزمون استاندارد و شرایط آزمون‌های مکانیکی بایستی طبق استاندارد ISO15156-3 انتخاب شوند.

به منظور بررسی کیفی مواد جهت استفاده در شرایط کاری خاص، کاربران تجهیزات بایستی اطمینان حاصل نمایند که شرایط آزمون و نتایج حاصل از آن برای شرایط کاری ویژه تعیین شده مناسب می‌باشند. همه شرایط در نظر گرفته شده جهت آزمون بایستی حداقل به همان اندازه سخت‌گیرانه باشد که در شرایط عملی به عنوان قابلیت بروز نقص امکان به وقوع پیوستن آن تعریف شده است (به بند ۶,۱ مراجعه شود).

همچنین pH در محیط آزمون نیز باید برابر pH شرایط عملی باشد. چگونگی انتخاب محیط آزمون و شرایط آزمون‌های مکانیکی مطابق با شرایط کاربردی تعیین شده، باید توسط کاربران مستند شود.

۸,۳,۵. معیار پذیرش

حدود قابل قبول در نتایج آزمون بایستی همانند آنچه برای هر روش آزمون در استانداردهای ISO15156-2 و ISO15156-3 آمده است، تعریف شوند.

۹. گزارش روش انتخاب یا بررسی کیفی مواد

مواد انتخاب شده و یا بررسی کیفی شده بر طبق این قسمت از استاندارد باید با ارائه گزارش تعریف شده در زیر بند (۹,۱) از فهرست زیر به همراه یکی از زیر بندهای دیگر از این فهرست مستند گردند.

۹,۱. ارزیابی شرایط کاری برای تمام مواد (به بند ۶,۱ مراجعه شود).

۹,۲. برای موادی که بر مبنای بررسی کیفی اولیه در برابر ترک تنش‌سولفیدی و یا ترک خوردگی در اثر

خوردگی سولفیدی انتخاب شده‌اند (به بند ۷ رجوع شود)، ذکر بندهای مربوطه در استانداردهای

ISO15156-2 و ISO15156-3 الزامی است.

۹,۳. برای مواد انتخاب شده بر اساس تجارب موجود، مستندات شامل موارد زیر خواهد بود:

- تشریح مکانیزم‌های ایجاد ترک در هر بررسی و انتخابی که صورت پذیرفته است.

- مواد استفاده شده (به بند ۸,۱ مراجعه شود)

۹,۴. برای موادی که بر اساس انجام آزمون‌های آزمایشگاهی ارزیابی کیفی و انتخاب شده‌اند مستندات شامل

موارد زیر خواهد بود:

- تشریح مکانیزم‌های ایجاد ترک در هر آزمون و انتخابی که صورت پذیرفته است.
- مواد انتخاب شده برای انجام آزمون‌های آزمایشگاهی (به بند ۸.۱ مراجعه شود)
- تشریح چگونگی انتخاب نمونه، روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های آزمون (به بند ۸,۳,۲ مراجعه شود)
- چگونگی انتخاب محیط آزمون و شرایط آزمون فیزیکی برای ارزیابی کیفی (به بند ۸,۳,۳ مراجعه شود)
- ارائه نتایج آزمون که مطابقت با استانداردهای ISO15156-2 و ISO15156-3 را تایید می‌کند (به بند ۸,۳ مراجعه شود)

مراجع

- [1] ANSI NACE1 Standard MR0175, Metals for sulfide stress cracking and stress corrosion cracking resistance in sour oilfield environments
- [2] ANSI NACE Standard TM0177, Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments
- [3] ANSI NACE Standard TM0284, Evaluation of pipeline and pressure vessel steels for resistance to hydrogen induced cracking
- [4] NACE Standard MR0176, Metallic materials for sucker-rod pumps for corrosive oilfield environments
- [5] EFC2 Publication 16, Guidelines on materials requirements for carbon and low alloy steels for H₂S containing environments in oil and gas production
- [6] EFC Publication 17, Corrosion resistant alloys for oil and gas production: guidelines on general requirements and test methods for H₂S service