



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-047

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.



استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2

صنایع نفت و گاز

مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در تولید نفت و گاز طبیعی
قسمت دوم - فولادهای کم آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک و کاربرد چدن‌ها

۱. هدف و دامنه کاربرد

این قسمت از استاندارد MR 0175 موارد و الزامات لازم جهت انتخاب و تایید فولادهای کربنی و یا کم آلیاژ را جهت به کاربری در تجهیزات استفاده شده در صنایع تولید نفت و گاز طبیعی و تأسیسات عملیاتی گاز طبیعی در محیطهای حاوی سولفید هیدروژن می باشد که به طوری که خرابی چنین تجهیزاتی می تواند سلامتی و ایمنی عموم مردم و کارکنان یا محیط زیست را به مخاطره اندازد. این استاندارد می تواند به عنوان راهنمایی در زمینه جلوگیری از آسیبهای ناشی از خوردگی تجهیزات نیز به کار برده شود. این استاندارد می تواند به عنوان مکمل الزامات مواد ارائه شده در دستورالعملهای طراحی، استانداردها یا مقررات مربوطه مناسب باشد، اما جایگزین آنها نیست.

این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 راهنمایی جهت مقاومت این فولادها در برابر آسیبهای ممکن ناشی از ترک تنشی سولفیدی و پدیدههای مربوط به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم می باشد. این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 همچنین مقاومت این فولادها را در برابر ترک هیدروژنی و امکان تبدیل و گسترش آن به ترک پلهای را مطرح می کند.

در جدول شماره ۱ فهرست جامعی از تجهیزاتی که در این استاندارد کاربرد دارد از جمله استثنای 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. برای طراحی های در محدوده طراحی پلاستیک، به NACE MR0175/ISO 15156-1:2001 Clause 5 مراجعه شود. این قسمت از استاندارد لزوماً در خصوص تجهیزات مورد استفاده در فرآیندها و تجهیزات پالایش یا پایین دستی کاربرد ندارد.

استثنای مجاز	این قسمت از استاندارد برای مواد مورد استفاده در تجهیزات زیر قابل کاربرد 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 مکند 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 مطلق کل کمتر از ۰,۴۵ مگا پاسکال (۶۵ psi) قرار دارند	خطوط جریان، خطوط جمع‌آوری، تأسیسات و امکانات فرآیند
تجهیزات حمل آب تحت شرایط فشار مطلق کل کمتر از ۰,۴۵ مگا پاسکال (۶۵ psi) قرار دارند	تجهیزات حمل آب
	تأسیسات پالایش گاز طبیعی
خطوط حمل گاز، به منظور مصارف خانگی	خطوط لوله ویژه انتقال مایعات، گاز و سیالات چند فازی
تجهیزات بارگذاری شده تنها در اثر فشار تراکمی	برای تمامی تجهیزات بالا

^۱ در موارد و موقعیت‌هایی که نیاز به استحکام زیاد باشد تجهیزات حفاری ممکن است مطابق با الزامات این استاندارد طراحی و ساخته نشوند، در چنین حالتی اصل اول به منظور 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 فقره از دستورالعمل‌های زیر تحت کنترل قرار گیرد.

- نگه داشتن pH در حد ۱۰ یا بالاتر، به منظور خنثی سازی 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 هستند.

^۴ در مورد پمپ مکند و لوله مکش استاندارد مرجع NACE MR 0176 است.

۲. مراجع الزامی

مراجع زیر، در استفاده از این استاندارد، الزامی می‌باشند. در مورد مراجع تاریخ‌دار، مورد اظهار شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مراجع بدون تاریخ، آخرین ویرایش مورد نظر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. ISO 6506-1, Metallic materials — Brinell hardness test — Part 1: Test method
2. ISO 6507-1, Metallic materials — Vickers hardness test — Part 1: Test method
3. ISO 6508-1, Metallic materials — Rockwell hardness test — Part 1: Test method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
4. ISO 6892, Metallic materials — Tensile testing at ambient temperature
5. ISO 10423, Petroleum and natural gas industries — Drilling and production equipment — Wellhead and Christmas tree equipment
6. NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, 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
7. NACE TM0177-961), Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments
8. NACE TM0284, Evaluation of pipeline and pressure vessel steels for resistance to hydrogen-induced cracking
9. EFC Publications Number 162), Guidelines on materials requirements for carbon and low alloy steels for H₂S-containing environments in oil and gas production
10. SAE AMS-S-131653), Shot peening of metal parts

۳. تعاریف و اصطلاحات

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

۳,۱. سختی برینل^۵ (HBW)

مقدار سختی اندازه‌گیری شده مطابق با استاندارد ISO 6506-1، به طور معمول با استفاده از گلوله تنگستنی با قطر ۱۰ میلی‌متر و یک نیروی ۲۹,۴۲ کیلو نیوتنی می‌باشد.

۳,۲. فشار نقطه جوش (P_B)

فشاری که تحت آن، حباب‌های گاز در دمای کاری معینی در مایع تشکیل می‌شوند.

⁵ Brinell hardness

۳,۳. پرداخت کردن، جلا دادن

فرآیند نرم و صاف کردن سطوح با استفاده از تماس اصطکاکی بین مواد و یک قطعه سخت از موادی دیگر.

۳,۴. ریخته گری

فرآیندی است که در آن فلز، شکل نهایی یا نزدیک به آن را از طریق انجماد مذاب در قالب به دست می‌آورد.

۳,۵. چدن

آلیاژی از آهن کربن‌دار با کربنی در حدود ۲ تا ۴ درصد می‌باشد.

۳,۵,۱. چدن خاکستری

چدنی است دارای یک سطح شکننده خاکستری رنگ، در اثر وجود پوسته‌ای گرافیتی.

۳,۵,۲. چدن سفید

چدنی است دارای یک سطح شکننده سفید رنگ، در اثر وجود سمنتیت.

۳,۵,۳. چدن چکش‌خوار

چدن سفیدی است که جهت تبدیل بیشتر با همه سمنتیت آن به گرافیت (کربن حرارت دیده)، عملیات حرارتی شده است.

۳,۵,۴. چدن شکل‌پذیر یا نرم (چدن گره‌دار)

چدنی است که در زمان ذوب با عنصر دیگری مثل منیزیم یا سریم، تحت عملی قرار گرفته است که در آن گرافیت به صورت

گلوله‌ای شکل وجود دارد.

۳,۶. سمنتیت

سیمنتیت یا کاربید آهن یک ماده مرکب شیمیایی، به فرمول شیمیایی Fe_3C و دارای ۶/۶۷ درصد کربن با ساختار بلوری ارتورومبیک است.

۳,۷. سردکاری، تغییر شکل سرد، آهنگری سرد، شکل‌دهی سرد

تغییر شکل پلاستیکی فلزات در دمای معمولی (نه به صورت الزامی) که باعث افزایش شکنندگی سختی و استحکام و کاهش خاصیت تورق پذیری یا مفتول‌پذیری آن می‌گردد.

۳،۸. تناسب با هدف

متناسب جهت استفاده تحت شرایط مورد انتظار.

۳،۹. فولادهای خوش تراش

فولادهایی می‌باشند که عناصری مثل گوگرد، سرب و سلیوم، جهت افزایش قابلیت ماشین‌کاری، به آن‌ها اضافه می‌شود.

۳،۱۰. دمای بحرانی پایینی

دمای فلزات آهن‌داری است که در آن در خلال گرم‌کاری آستنیت شروع به شکل‌گیری یا در خلال سردکاری تبدیل آستنیتی، کامل شود.

۳،۱۱. نیتروژن دادن (نیتروژن‌نگ)

فرآیند سخت‌کاری پوسته و روکش فلزات که در آن نیتروژن به سطح فلزات وارد می‌شود (معمولاً آلیاژهای آهن‌دار)

۳،۱۲. نرمالیزه کردن

نوعی عملیات حرارتی فلزات آهن‌دار و رساندن آن‌ها به دمای مناسب بالاتر از محدوده تبدیل آستنیتی‌شدن، و نگه‌داشتن در آن دما به میزان مناسب زمانی و سپس سردکاری در هوا یا اتمسفر کنترل شده و رساندن فلز به دمای پایین‌تر از محدوده تبدیل را گویند. به عبارت دیگر نوعی عملیات حرارتی است که میکروساختار حاصل همانند آنیل کردن شامل پرلیت، مخلوطی از پرلیت و فریت و یا مخلوطی از سمنتیت (بستگی به ترکیب شیمیایی فولاد) است. حرارت دادن فولاد در درجه حرارت کمی بالاتر از خط A3 (حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر) نگه‌داشتن در آن دما تا زمانی که ساختار آن به آستنیت تبدیل شود و سپس سرد کردن در هوا می‌باشد. نرمالیزه کردن به منظور تعدیل ناهم‌واری‌ها و تنش‌های داخلی به کار می‌رود. پس از انجام آن ساختار ریزدانه به صورت یکنواخت و دارای خواص معین پدید می‌آید.

۳،۱۳. تغییر شکل پلاستیکی

تغییر شکل دائمی در اثر تنشی فراتر از حد الاستیسیته و حد تناسب بین تنش و کرنش را می‌گویند.

۳,۱۴. قسمت‌های تحت فشار

آن قسمت‌هایی می‌باشند که عدم عملکرد آن‌ها سبب انتشار سیال محبوس به اتمسفر می‌شود.

۳,۱۵. سردکردن سریع (کوئنچ) و گرم‌کاری

سخت‌کاری توسط سردکردن سریع و سپس گرمادهی را گویند.

۳,۱۶. سختی راکول^۶ (HRC)

مقدار سختی اندازه‌گیری شده مطابق با استاندارد ایزو ۶۵۰۸، به طور معمول با استفاده از یک شناسایی‌کننده مخروطی از جنس الماس با یک نیروی ۱۴۷۱ نیوتنی می‌باشد.

۳,۱۷. تغییر شکل دادن سطح فلز با ضربات چکش

القای تنش فشاری در لایه سطحی مواد به وسیله بمباران آن توسط یک وسیله انتخاب شده (معمولا توسط ضربات فولاد سرگرد) و تحت شرایط کنترل شده می‌باشد.

۳,۱۸. فرونشانی تنش (خنثی کردن تنش)

به فرآیند گرم کردن فلز تا دمای مناسب و نگهداشتن آن در آن دما به اندازه کافی، تا تنش‌های باقی‌مانده کاهش یافته و در ادامه سرد کردن آرام فلز جهت کمینه کردن گسترش تنش‌های باقی‌مانده جدید را می‌گویند.

۳,۱۹. باز پخت

به فرآیند عملیات حرارتی و گرم کردن فلز تا دمایی پایین‌تر از دمای بحرانی پایینی، به منظور کاهش شکنندگی و افزایش سختی و دوام (چقرمگی) فولاد سخت‌کاری شده، چدن سخت‌کاری شده و نیز در بعضی مواقع فولاد نرمالیزه شده را می‌گویند.

۳,۲۰. مقاومت کششی (کشش حداکثر)

نسبت بیشترین بار به سطح مقطع را گویند یا به عبارت دیگر مقاومت کششی نهایی یا مقاومت کششی یا کشش نهایی عبارت است از بیشینه تنشی که یک جسم در هنگام کشیده شدن از طرفین، تا قبل از این که مقطع نمونه، به صورت قابل توجهی باریک شود، می‌تواند تحمل کند.

⁶ Rockwell C hardness

۳,۲۱. مقدار تست

گروهی از موارد که نشان‌دهنده مقداری از محصولات بوده و تطابق آن با الزامات تعیین شده از طریق تست نمونه‌های ارائه شده، طبق رویه‌های تعریف‌شده، تعیین می‌شود.

۳,۲۲. اجزای لوله‌ای شکل

اجزای سیلندری شکل با یک سوراخ طولی، که در عملیات تولید جهت انتقال سیالات، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳,۲۳. سختی ویکرز^۷ (HV)

مقدار سختی اندازه‌گیری شده مطابق با استاندارد ایزو ۱-۶۵۰۷، به طور معمول با استفاده از یک شناسایی‌کننده هرمی از جنس الماس با یکی از بارهای اعمالی ممکن، می‌باشد.

۳,۲۴. مجموعه جوش خورده^۸ (قسمت جوشکاری شده)

آن قسمت از قطعه که جوشکاری بر روی آن انجام شده که شامل فلز جوشکاری، قسمت تحت تاثیر حرارت (HAZ) و فلز اصلی مجاور می‌باشد.

۳,۲۵. فلز جوشکاری

آن قسمت از مجموعه جوشکاری که در خلال جوشکاری ذوب می‌شود را گویند.

۳,۲۶. فلز چکش‌خوار

فلزی است که در حالت جامد به شکل دل‌خواه از طریق عملیات های نوردکاری، چکش‌کاری و آهنگری، عموماً در دماهای بالا، تغییر شکل دهد.

۴. علائم اختصاری

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

- مقاومت تسلیم حقیقی (تاب ارتجاعی) AYS

- نسبت طول ترک CLR

⁷ Vickers hardness

⁸ weldment

- تست حلقه سی CR
- نسبت سطح ترک CSR
- نسبت ضخامت ترک CTR
- تست تیر دو سر گیردار DCB
- تست خمش چهار نقطه‌ای FPB
- سختی برینل HBW
- ترک هیدروژنی HIC
- سختی راکول (مقیاس C) HRC
- ترک تنشی هیدروژنی HSC
- سختی ویکرز HV
- کالاهای لوله‌ای شکل کشورهای نفتی شامل پوسته، لوله و لوله‌های حفاری OCTG
- فشار جزئی سولفید هیدروژن pH₂S
- ۰,۲ درصد تنش قطعی مطابق با ISO 6892 - Rp_{0,2}
- کمینه مقاومت تسلیم معین SMYS
- ترک هیدروژنی در راستای تنش SOHIC
- ترک تنشی سولفیدی SSC
- ترک پله‌ای SWC
- ترک نواحی نرم SZC
- سیستم شماره‌گذاری یک‌پارچه UNS
- تست کشش هم‌محور UT

۵. اطلاعات خرید

۵,۱. آماده‌سازی مشخصات خرید مواد، ممکن است نیازمند همکاری و تبادل اطلاعات بین کاربر، تامین‌کننده تجهیزات و سازنده مواد، جهت اطمینان از این که مواد خریداری شده مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 و این قسمت از NACE باشد.

۵,۲. اطلاعات زیر باید تهیه شود:

- نوع و کلاس مواد ترجیحی (در صورت دانستن)

- نوع تجهیزات (در صورت دانستن)
 - رجوع به این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156
 - مبنای مورد قبول جهت انتخاب مواد مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی
 - الزامات جهت مقاومت در برابر ترک هیدروژنی
- ۵.۳. کاربر تجهیزات و تامین‌کننده تجهیزات یا سازنده مواد شاید بر روی فولادهای کم‌آلیاژ یا کربنی (به جز موارد ذکر شده در پیوست A) که با توجه به شرایط تست موجود در پیوست B و NACE MR0175/ISO 15156-1 مناسب می‌باشند، توافق کنند. الزامات واجد شرایط بودن این مواد ممکن است شامل مقاومت در برابر ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم باشد.

در صورتی که خریدار، مایل به استفاده از چنین توافق و شرایطی باشد، اطلاعات اضافی مناسبی باید مشخصات مواد مورد نیاز جهت خرید را نشان دهند. این اطلاعات می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- الزامات جهت تست ترک تنشی سولفیدی
 - شرایط کاری در کاربردهای سرویس‌های ترش و
 - دیگر الزامات خاص
- ۵.۴. پیوست C تشریح می‌کند که چگونه فشار جزئی سولفید هیدروژن را مورد محاسبه قرار دهیم. پیوست D نیز راهنمای تعیین میزان pH سیال می‌باشد.

۵.۵. اطلاعات مورد نیاز جهت خرید مواد باید در یک دیتا شیت (صفحه داده‌ها) مناسب وارد شوند. فرمت پیشنهادی در پیوست E مشاهده می‌شود.

۶. عوامل موثر بر رفتار فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی در محیط‌های حاوی H₂S

رفتار فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن تحت تاثیر اندرکنش پیچیده پارامترهایی به شرح زیر می‌باشد:

- ترکیبات شیمیایی، روش ساخت، شکل محصول، مقاومت، سختی فلز و نوسانات محلی، میزان کار سرد، شرایط عملیات حرارتی، ریز ساختارها، یکنواختی ریز ساختارها، اندازه دانه‌ها و تمیزی ماده.
- فشار جزئی سولفید هیدروژن یا تمرکز معادل در فاز آبی
- تمرکز یون کلراید در فاز آبی
- اسیدیته فاز آبی (pH)
- وجود گوگرد یا دیگر اکسیدکننده‌ها

- قرار گرفتن در معرض سیالات غیرتولیدی
- دمای قرارگیری
- تنش کششی کل
- زمان در معرض قرارگیری

این موارد در استفاده از این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156، جهت انتخاب مواد مناسب در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن در سیستم‌های تولید نفت و گاز باید مد نظر قرار بگیرند.

۷. صلاحیت و انتخاب فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی، ترک هیدروژنی در

راستای تنش و ترک نواحی نرم

۷.۱. گزینه ۱: انتخاب فولادهای مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی (چدن‌ها) با استفاده از پیوست A.2

۷.۱.۱. برای $pH_2S < 0.3kPa(0.05 psi)$

انتخاب مواد مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی در pH_2S کمتر از ۰٫۳ کیلوپاسکال، در این قسمت از استاندارد با جزئیات زیادی مدنظر قرار نمی‌گیرند. معمولاً هیچ احتیاط و پیش‌گیری خاصی جهت انتخاب فولاد، جهت استفاده تحت این شرایط مورد نیاز نمی‌باشد، با این وجود، فولادهای با حساسیت بالا، می‌توانند دچار ترک شوند. اطلاعات بیشتر در مورد عوامل موثر بر حساسیت فولادها و مکانیزم‌های ایجاد ترک در آن‌ها (به جز ترک تنشی سولفیدی) در قسمت ۷٫۲٫۱ توضیح داده شده است.

۷.۱.۲. برای $pH_2S \geq 0.3kPa(0.05 psi)$

در صورتی که فشار جزئی H_2S در گاز مساوی یا بزرگ‌تر از ۰٫۳ کیلوپاسکال باشد، فولادهای مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی باید با استفاده از پیوست A.2 انتخاب شوند.

ملاحظه ۱: فولادهای تشریح شده و لیست شده در پیوست A.2، مواد مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی در صنایع نفت و گاز و پالایشگاه‌های گاز طبیعی می‌باشند.

ملاحظه ۲: کاربرانی که نگران از اتفاق افتادن ترک تنشی سولفیدی و ترک نواحی نرم هستند، می‌توانند به گزینه شماره ۲ (انتخاب دوم) مراجعه نمایند (به قسمت ۷٫۲٫۲ مراجعه شود).

ملاحظه ۳: برای ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای به بند ۸ مراجعه شود.

۷.۲. گزینه ۲: انتخاب فولادهای مناسب جهت استفاده در سرویس‌های ترش مخصوص و یا محدوده‌ای از سرویس‌های ترش

۷.۲.۱. ترک تنشی سولفیدی

۷.۲.۱.۱. کلیات

گزینه ۲ به کاربر این امکان را می‌دهد تا مواد مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی، جهت استفاده در سرویس‌های ترش به خصوص و یا محدوده‌ای از سرویس‌های ترش، را ارزیابی و انتخاب کند.

استفاده از گزینه ۲، ممکن است نیازمند دانستن pH موثر و فشار جزیی سولفید هیدروژن و همچنین تغییرات آن‌ها در زمان باشد.

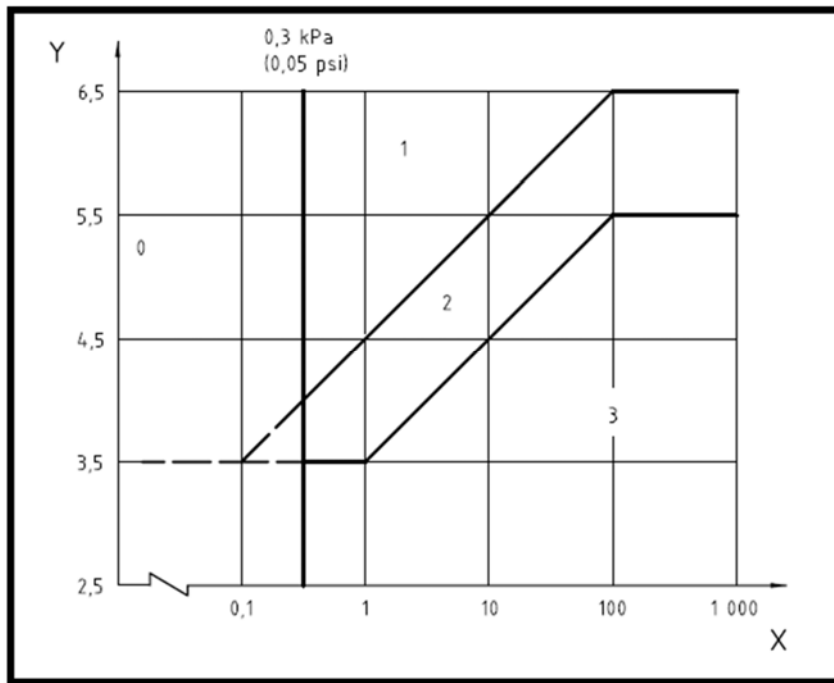
گزینه ۲، خرید حجم بالایی از مواد را مثل خطوط لوله و کالاهای لوله‌ای شکل کشورهای نفتی، که انگیزه اقتصادی بسیار بالایی را جهت استفاده از موادی که در پیوست A شرح داده نشده و لیست نیز نشده‌اند (ممکن است دارای هزینه‌های اضافی ارزیابی و دیگر هزینه‌ها نیز باشند)، را تسهیل می‌کند. فولادهای مورد استفاده در دیگر تجهیزات نیز می‌توانند مورد ارزیابی قرار گیرند. در بسیاری از موارد، این امر نیازمند توافق‌نامه‌ای بین تامین‌کننده و کاربر تجهیزات، با توجه به الزامات تاییدیه و تست، می‌باشد. این گونه توافقات، باید مستندسازی شوند.

گزینه ۲ همچنین می‌تواند ارزیابی‌های متناسب با هدف تجهیزات ساخته شده از فولادهای کم آلیاژ و کربنی مورد استفاده در شرایط سرویس‌های ترش بسیار بدتر از شرایط فرض شده در طراحی را، تسهیل کند.

۱،۲،۷. مناطق ترک تنش سولفیدی شدت‌های محیطی

وضعیت و میزان شدت محیط‌های ترش، که طبق NACE MR0175/ISO 15156-1 تعیین شده است، با توجه

به ترک تنش سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی، با استفاده از شکل شماره ۱، ارزیابی می‌شود:



شکل شماره ۱- محدوده‌های شدت محیطی با توجه به ترک تنش سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی

در شکل بالا Y نشان‌دهنده pH موثر و X فشار جزئی سولفید هیدروژن برحسب کیلوپاسکال و مناطق ۱، ۲ و ۳ مناطق ترک تنشی سولفیدی می‌باشند.

در تعریف شدت محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، امکان قرار گرفتن در معرض فازهای مایع فشرده با pH پایین، در خلال برهم‌خوردن و آشفته‌شدن عملکرد و نیز امکان قرار گرفتن در معرض اسیدهای محرک و یا جریان برگشتی اسیدهای محرک پس از واکنش، باید مد نظر قرار بگیرند.

ملاحظه ۱: ناپیوستگی‌های قبل از ۰,۳ کیلو پاسکال و بالای ۱ مگاپاسکال فشار جزئی سولفید هیدروژن، عدم قطعیت را با توجه به اندازه‌گیری فشار جزئی سولفید هیدروژن و عملکرد فولاد در خارج از این محدوده، نشان می‌دهد.

ملاحظه ۲: راهنمای محاسبات فشار جزئی سولفید هیدروژن در پیوست C ارائه شده است.

ملاحظه ۳: راهنمای محاسبات pH در پیوست D ارائه شده است.

$$pH_{2S} < 0.3kPa(0.05 psi), \text{ منطقه صفر, } ۱,۲,۳.$$

معمولا هیچ‌گونه احتیاطی جهت استفاده از فولادها در این شرایط مد نظر قرار نمی‌گیرد. با این حال، فاکتورهای موثر بر عملکرد فولاد در این محدوده، به ترتیب زیر باید مد نظر قرار بگیرد:

- فولادهایی که بسیار مستعد ترک تنشی سولفیدی و ترک هیدروژنی می‌باشند، ممکن است دچار ترک شوند.
- خواص متالورژیکی و فیزیکی فولاد، بر مقاومت ذاتی نسبت به ترک تنشی سولفیدی و ترک هیدروژنی، موثر می‌باشند.
- فولادهای با مقاومت بالا، می‌توانند در برابر ترک هیدروژنی در محیط‌های آبی بدون سولفید هیدروژن مقاومت کنند. در مقاومت‌های کششی بالای ۹۶۵ مگاپاسکال، توجه خاصی به ترکیب فولاد و فرآیندهای آن باید انجام گیرد تا این مواد ترک تنشی سولفیدی و ترک هیدروژنی را در محیط‌های منطقه صفر، ایجاد نکنند.
- تمرکز تنش، احتمال ترک خوردن را افزایش می‌دهد.

$$۱,۲,۳,۴. \text{ ترک تنشی سولفیدی مناطق } ۱,۲ \text{ و } ۳$$

با توجه به مناطق شدت آشکاری که در شکل شماره ۱ تعریف شده است، فولادهای مناسب ناحیه ۱ باید با استفاده از پیوست‌های A.2، A.3 یا A.4، فولادهای مناسب ناحیه ۲ باید با استفاده از پیوست‌های A.2، A.3 و فولادهای مناسب با ناحیه ۳ باید با استفاده از پیوست A.2 انتخاب شوند.

در صورت عدم انتخاب مناسب از پیوست A، فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی می‌توانند جهت استفاده در محیط‌های ترش خاص یا برای استفاده در مناطق ترک تنشی سولفیدی، مورد تست و ارزیابی قرار گیرند. تست و ارزیابی باید مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 و پیوست B انجام شود.

تجربیات مستند نیز می‌تواند به عنوان مبنای انتخاب مواد جهت کاربردهای خاص سرویس‌های ترش، قرار بگیرد (به استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 مراجعه شود).

۷,۲,۲ ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم

کاربر باید ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم را با توجه به تعاریف NACE MR0175/ISO 15156-1، در هنگام ارزیابی فولادهای کربنی و محصولات جوشکاری شده آن‌ها، جهت استفاده در عملکرد سرویس‌های ترش در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، در نظر بگیرد.

پیوست B.4، راهنمای روش‌های تست و معیارهای تاییدیه جهت ارزیابی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم می‌باشد.

ملاحظه: وقوع این پدیده‌ها، بسیار محدود و به ندرت بوده و همچنین به درستی، قابل فهم نمی‌باشند. آن‌ها سبب خرابی‌های ناگهانی در فولادهای مرجع (ترک هیدروژنی در راستای تنش) و در نواحی متأثر از حرارت جوشکاری (ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم) شده‌اند. رخداد این موارد، تنها به فولادهای کربنی، محدود می‌شود. وجود گوگرد یا اکسیژن در محیط عملیاتی، سبب افزایش امکان خرابی ناشی از این مکانیزم‌ها می‌شود.

۷,۲,۳ الزامات سختی

۷,۳,۱ کلیات

سختی فلزات مرجع، جوشکاری آن‌ها و نواحی متأثر از حرارت آن‌ها، نقش مهمی را در تعیین مقاومت ترک تنشی سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی بازی می‌کنند. کنترل سختی، روش مناسبی جهت رسیدن به مقاومت ترک تنشی سولفیدی می‌باشد.

۷,۳,۲ فلزات مرجع

در صورتی که اندازه‌گیری سختی برای فلزات مرجع تعیین شده باشد، تست‌های سختی کافی جهت تعیین سختی فولاد باید انجام شود. مقادیر سختی را کول اختصاصی خوانده شده، بیش از مقدار مجازی که در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 به آن اشاره شده است می‌تواند مورد تایید باشد، به شرط آن که میانگین مقادیر خوانده شده در نزدیکی آن، بیش از مقادیر مجاز منطبق با این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 نبوده و هیچ مقداری که به صورت انفرادی خوانده می‌شود بیش از ۲ را کول بالاتر از مقدار تعیین شده، نباشد. الزامات معادل با آن، در صورت تعیین در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 یا رجوع به مشخصات تعیین شده توسط سازنده، باید در دیگر روش‌های اندازه‌گیری سختی نیز اعمال شوند.

ملاحظه: تعداد و مکان تست‌های سختی بر روی فلزات مرجع در NACE MR0175/ISO 15156 مشخص نشده است.

برای فولادهای فریتی (آهن‌دار)، انتشارات شماره ۱۶ فدراسیون اروپایی خوردگی (EFC Publication 16) گراف-هایی را نشان می‌دهد که جهت تبدیل‌های ویکرز به راکول، ویکرز به برینل بوده و از جدول‌های ASTM E 140 و BS 860 استخراج شده است. جداول تبدیل دیگری نیز موجود می‌باشد.

۷,۳,۳ جوشکاری

۷,۳,۳,۱ کلیات

تغییرات متالورژیکی که در اثر جوشکاری فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی اتفاق می‌افتد، بر استعداد فولادها به ترک تنشی سولفیدی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم، تاثیر دارد. فرآیندها و مواد مصرفی باید مطابق با توجه به عملکرد خوب و مقاومت کافی در برابر ترک انتخاب شوند. جوشکاری باید مطابق با کدها و استانداردهای مناسب توافق شده بین تامین‌کننده و سفارش‌دهنده انجام شود. مشخصات فرآیند جوشکاری (WPS) و مستندات ارزیابی فرآیند جوشکاری (PQRS) باید جهت بازرسی توسط کاربر تجهیزات، در دسترس باشد.

ارزیابی فرآیندهای جوشکاری برای سرویس‌های ترش باید شامل تست سختی مطابق با بندهای ۷,۳,۳,۲ و ۷,۳,۳,۳ و ۷,۳,۳,۴ باشد.

۷,۳,۳,۲ روش‌های تست سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری

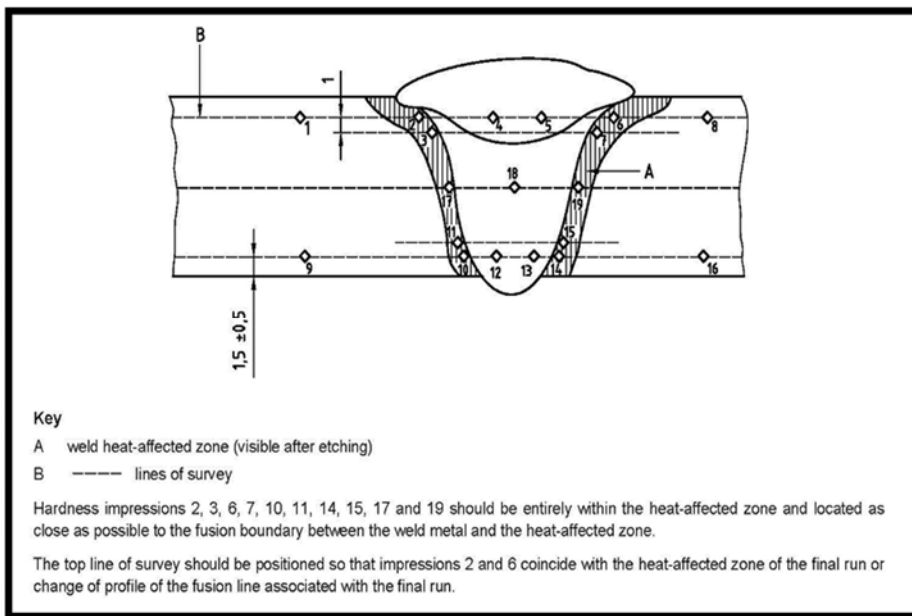
تست سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری، به طور معمول باید با استفاده از روش‌های ویکرز ۱۰ یا ۵ مطابق با استاندارد ISO 6507-1، یا روش راکول مطابق با ISO 6508-1 با استفاده از معیار ۱۵ نیوتنی انجام شود. روش سختی راکول می‌تواند برای ارزیابی فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد، در صورتی که تنش طراحی بیشتر از ۲-۳ برابر کمینه مقاومت تسلیم معین بیشتر نشود و مشخصات فرآیند جوش شامل عملیات حرارتی پس از جوش شود. استفاده از روش سختی راکول برای ارزیابی فرآیند جوشکاری، در دیگر موارد نیازمند توافق کاربر تجهیزات می‌باشد.

ملاحظه: ممیزی و برآورد سختی با استفاده از روش تست ویکرز یا راکول ۱۵ نیوتنی، تصویر بهتر و با جزئیات بیشتری را از سختی جوش و تغییرات آن را ارائه می‌دهد. برآورد سختی با استفاده از روش سختی راکول، ممکن است مناطق کوچک را در نقاط جوش یا نواحی متأثر از حرارت که سختی در آنها از محدوده تایید برای روش‌های ویکرز یا راکول ۱۵ نیوتنی تجاوز می‌کند، پوشش ندهد. اهمیت این‌گونه مناطق، به درستی درک نشده است.

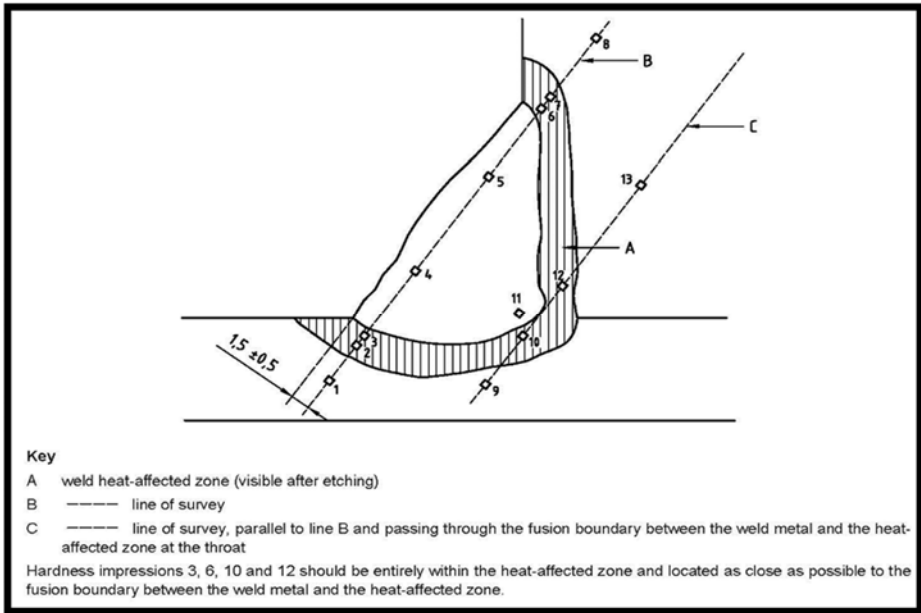
استفاده از دیگر روش‌های تست سختی ملزم به توافق کاربر تجهیزات می‌باشد.
 روش‌های تست سختی ۱۵ نیوتنی راکول یا ویکرز باید جهت ارزیابی معیارهای تاییدیه سختی جوش دیگری که در بند ۷،۳،۳،۴ اجازه داده شده است، مورد استفاده قرار گیرند.

۷،۳،۳،۲. ممیزی سختی برای ارزیابی فرآیند جوشکاری

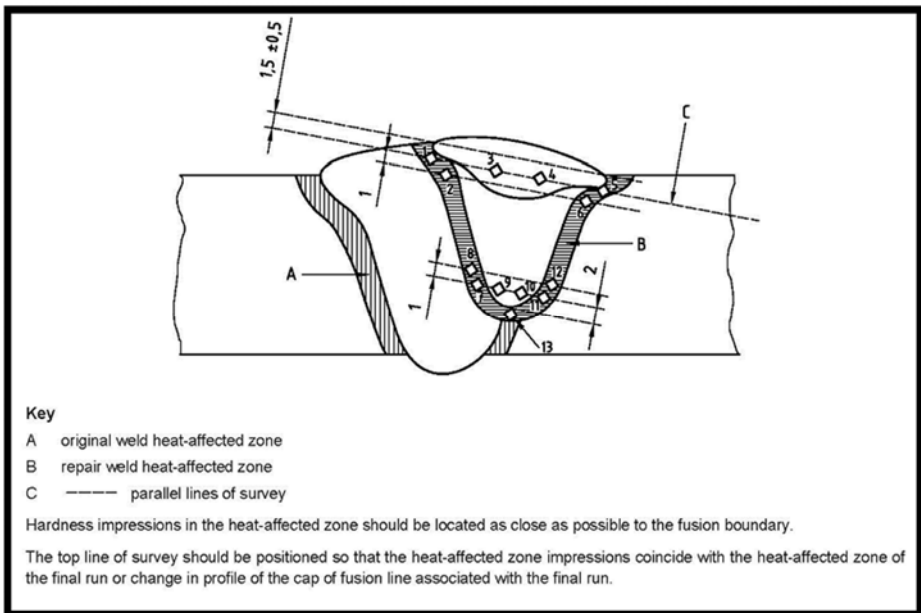
ممیزی سختی ویکرز باید مطابق با شکل ۲ برای جوش‌های لب به لب، شکل ۳ برای جوش‌های نواری و گوشه و شکل ۴ برای ترمیم و جوشکاری نفوذهای جزئی باشد. ممیزی سختی راکول جوش‌های لب به لب باید مطابق با شکل ۵ باشد. الزامات ممیزی برای دیگر اشکال اتصال باید از همین شکل‌های نشان داده شده، استخراج شوند.



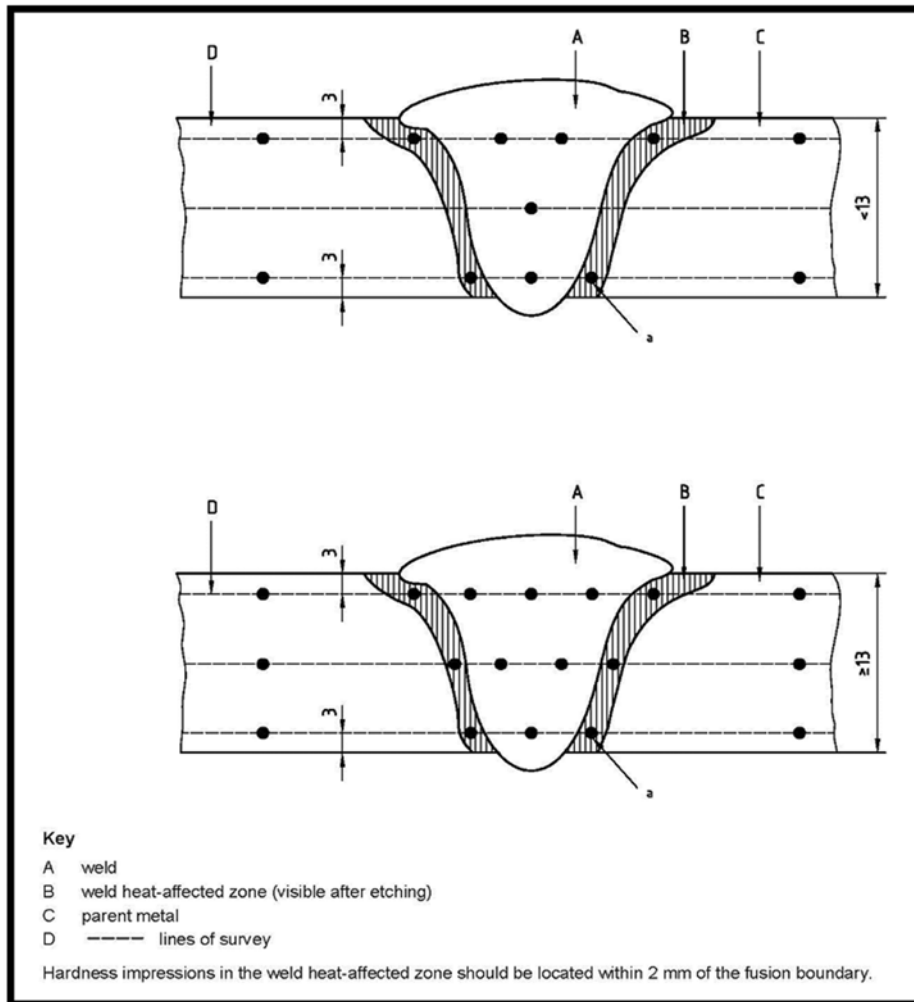
شکل شماره ۲- روش ارزیابی جوش لب به لب برای اندازه‌گیری سختی ویکرز



شکل شماره ۳- جوش نواری (گوشه)



شکل شماره ۴- ترمیم و جوشکاری نفوذهای جزئی



شکل شماره ۵- جوش لب به لب (روش ممیزی برای اندازه‌گیری سختی راکول)

۷،۳،۳،۴. معیار تایید سختی جوشکاری

معیار تایید سختی جوشکاری برای فولادهای انتخاب شده از گزینه ۱ باید آن‌چنان که در پیوست A.2.1.4 مشخص شده است باشد. معیار تایید سختی جوشکاری دیگری ممکن است از تست‌های ترک تنشی سولفیدی موفق نمونه‌های جوشکاری شده احراز شود. تست‌های ترک تنشی سولفیدی باید مطابق با پیوست B باشد.

معیار تایید سختی جوش برای فولادهای ارزیابی یا انتخاب شده از طریق گزینه ۲، می‌تواند بر اساس تست‌های ترک تنشی سولفیدی موفق نمونه‌های جوشکاری شده احراز شود. تست‌های ترک تنشی سولفیدی باید مطابق با پیوست B باشد.

۷،۴. دیگر روش‌های ساخت

برای فولادهایی که از روش‌های دیگری جز جوشکاری، دچار تغییرات سختی می‌شوند، تست سختی باید به عنوان قسمتی از ارزیابی فرآیند ساخت مشخص شود. در صورت وجود نواحی متأثر از حرارت در محصول نهایی، تست سختی باید به عنوان قسمتی از ارزیابی فرآیندهای برش/سوزش مشخص شود. الزاماتی که برای روش‌های ساخت و همچنین معیارهای تایید سختی در بند ۷،۳ وجود دارند، باید مورد استفاده قرار گیرند.

شکل و مکان نمونه‌های ارزیابی و تست باید مورد تایید کاربر تجهیزات باشد.

۸. ارزیابی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی برای مقاومت در برابر ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای

کاربر تجهیزات باید، ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای تعریف شده طبق NACE MR0175/ISO 15156-1 را در هنگام ارزیابی محصولات فولاد کربنی تخت نورد شده برای محیط‌های سرویس‌های ترش حاوی سولفید هیدروژن بسیار ناچیز و تست ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای این محصولات را در نظر بگیرد. پیوست B راهنمایی را جهت روش‌های تست و معیارهای تایید ارزیابی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای فراهم آورده است.

احتمال ایجاد ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای متأثر از روش‌های تولید و شیمی مواد می‌باشد. سطح گوگرد در فولاد از اهمیت خاصی برخوردار است. سطح مورد قبول بیشینه برای محصولات بدون درز و تخت نورد شده ۰،۰۳ و ۰،۰۱ درصد می‌باشد. آهن‌گری (فرجینگ) متداول با سطح گوگرد کمتر از ۰،۰۲۵ درصد و ریخته‌گری، معمولاً حساس به ترک هیدروژنی و ترک هیدروژنی در راستای تنش نمی‌باشند.

ملاحظه ۱: ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای به ندرت در لوله‌ها و محصولات بدون درزی که تخت نورد شده‌اند، اتفاق می‌افتند. به علاوه، در ساخت لوله‌های بدون درز از تکنولوژی‌های جدیدی استفاده می‌شود که نسبت به ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای بسیار مقاوم می‌باشند.

ملاحظه ۲: وجود زنگ، گوگرد یا اکسیژن، به خصوص با هم و به همراه کلراید در محیط عملیاتی، احتمال آسیب‌ها را افزایش می‌دهد.

۹. نشانه‌گذاری

مواد مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 باید ترجیحاً از طریق نشانه‌گذاری و قبل از تحویل، قابل شناسایی و ردیابی باشند. جداول موجود در پیوست E نشانه‌هایی را ارائه می‌دهد که جهت شناسایی مواد به کار می‌روند.

پیوست A

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(اصلی)

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی (و الزامات و توصیه‌های لازم جهت استفاده از چدن‌ها)

۱. کلیات

این پیوست فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی را تشریح داده و فهرست می‌کند. الزامات جهت استفاده از چدن‌ها نیز در پیوست ۲،۴ آورده شده است.

فولادهای مطابق با این پیوست بدون هیچ‌گونه الزامات اضافی توانایی مقاومت در برابر ترک هیدروژنی در راستای تنش، ترک نواحی نرم، ترک هیدروژنی و ترک پله‌ای را ندارند.

ملاحظه: قسمت ۲ مطابق با الزامات قبلی NACE MR0175 می‌باشد.

به هنگام انتشار این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156، هیچ لیستی از فولادهای تایید شده برای نواحی ۱ (قسمت ۳) و ۲ (قسمت ۴) ترک تنش سولفیدی وجود ندارد. بنابراین قسمت‌های ۳ و ۴، تنها خصوصیات معمول فولادها را که مناسب استفاده تحت شرایط تعریف شده می‌باشند، نشان می‌دهند.

۲. فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مقاوم به ترک تنش سولفیدی و استفاده از چدن‌ها

۲.۱. الزامات کلی برای فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی

۲.۱.۱. کلیات

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی باید مطابق با قسمت ۲،۱،۲ از طریق قسمت ۲،۱،۹ باشند.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی، محصولات و اجزایی که مطابق با قسمت ۲ می‌باشند، به همراه موارد مورد نظر، با توجه به این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 بدون هیچ تست اضافه ترک تنش سولفیدی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با این وجود، هرگونه تست ترک تنش سولفیدی که قسمتی از خصوصیات مواد را شکل دهد، باید انجام شده و نتایج گزارش شوند.

اکثر فولادهایی که با الزامات کلی قسمت ۲ مطابقت دارند، به صورت انفرادی فهرست نمی‌شوند. اگرچه تعدادی از این فولادها به عنوان مثال در جداول ۳ و ۴ فهرست شده‌اند.

ملاحظه: فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی شرح داده شده در NACE MR0175، به وسیله ارتباطات گسترده زمینه‌های شکست/ موفقیت و اطلاعات آزمایشگاهی، شناسایی می‌شوند. حد سختی راکول ۲۲ که به بیشتر فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی اعمال می‌شود، بر اساس ارتباط بین رفتار حرارتی، ترکیب شیمیایی و تجربه سختی و شکست می‌باشد. حدود بالاتر سختی برای فولادهای کروم-مولیبدن، بر اساس ملاحظات مشابه می‌باشد.

۲.۱.۲. ترکیب، رفتار حرارتی و سختی فلزات پایه

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مورد قبول مطابق با معیار سختی بیشینه راکول ۲۲ که حاوی کمتر از ۱ درصد نیکل می‌باشند، به راحتی ماشین‌کاری نشده و توسط یکی از روش‌های زیر عملیات حرارتی می‌شوند:

- نورد گرم (تنها فولادهای کربنی)
- آنیلینگ (نرم‌کردن فلز به وسیله حرارت دادن و سرد کردن آهسته در کوره)
- نرمالیزه کردن
- نرمالیزه کردن و گرم‌کاری
- نرمالیزه کردن، آستنیتی شدن، سردکاری و گرم‌کاری
- آستنیتی شدن، سردکاری و گرم‌کاری

۲.۱.۳. فولادهای کربنی مطابق با محدودیت‌های اصلاح شده یا اضافی

به علاوه محدودیت‌های ۲،۱،۲، بعضی از فولادهای کربنی مطابق با محدودیت‌های اصلاح شده یا اضافی زیر می‌باشند:

- مواد تولید شده از فرجینگ مطابق با ASTM A 105، در صورتی که سختی آن‌ها از ۱۸۷ برینل تجاوز نکند، مورد تایید می‌باشند.
- لوله و اتصالات آهنگری مطابق با ASTM A 234 با درجات WPC و WPC، در صورتی که سختی آن‌ها از ۱۹۷ برینل تجاوز نکند، مورد تایید می‌باشند.

۲.۱.۴. جوشکاری

جوشکاری و تعیین سختی جوش باید مطابق با قسمت ۷،۳،۳ انجام شود.

مقادیر سختی بیشینه جوش قابل قبول برای فولادهای کربنی، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژ در جدول ۱ داده شده است. فولادهای کربنی جوشکاری شده، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژی که مطابق با الزامات سختی جدول ۱ باشند، نیازمند عملیات حرارتی پس از جوشکاری نمی‌باشند. محصولات لوله‌ای شکل با کمینه مقاومت تسلیم معین کمتر از ۳۶۰ مگاپاسکال، و فولادهای محفظه فشار طبقه‌بندی شده با عنوان P-No 1، گروه ۱ یا ۲، در بخش IX کد محفظه فشار و بویلر ASME، در شرایط جوشکاری شده، مورد تایید می‌باشند. برای این محصولات، از تست سختی فرآیند جوشکاری با توافق کاربر تجهیزات، می‌توان چشم‌پوشی نمود. محصولات لوله‌ای شکل با کمینه مقاومت تسلیم معین بیش از ۳۶۰ مگاپاسکال، در صورت وجود ارزیابی مناسب فرآیندهای جوشکاری، می‌توانند در شرایط جوش داده شده، مورد تایید قرار گیرند. به جدول ۱ مراجعه شود. فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی جوش داده شده که مطابق با دیگر بندهای این قسمت نمی‌باشند، باید پس از جوشکاری، در دمای پایین‌تر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد، تنش‌های آن‌ها رها شود. بیشینه سختی نقطه جوش که مطابق با قسمت ۷،۳ تعیین می‌شود، باید ۲۵۰ ویکرز باشد. فرآیندها و مواد مصرفی در جوشکاری که سبب تولید رسوباتی با بیش از ۱ درصد نیکل می‌شوند، پس از ارزیابی موفق ترک تنشی سولفیدی جوشکاری به وسیله تست منطبق بر پیوست B، مورد تایید می‌باشند.

جدول ۱- مقادیر سختی بیشینه مجاز برای جوش‌های فولادهای کربنی، فولادهای کربنی منگیزی و فولادهای کم‌آلیاژ

روش‌های تست سختی	مکان‌های تست سختی جهت ارزیابی رویه جوشکاری	سختی بیشینه مجاز
Vickers HV 10 or HV 5 یا Rockwell HR 15N	ریشه جوش: فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و فلز ریشه جوش به طوری که در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است	250 HV 70,6 HR 15N
Vickers HV 10 or HV 5 یا Rockwell HR 15N	رویه جوش: فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و فلز جوشکاری بدون مواجهه با رویه جوش که در شکل‌های ۲ یا ۴ نشان داده شده است	275 HV ^a 73,0 HR 15N
Rockwell HRC	در شکل ۵ نشان داده شده است	22 HRC
<p>a: بیشینه مقدار باید 250 HV یا 70,6 HR 15N باشد مگر:</p> <ul style="list-style-type: none"> - کاربر تجهیزات با حد سختی رویه جوش دیگری موافق باشد، - فلزات پایه ضخامتی بیش از ۹ میلی‌متر داشته باشند، - رویه جوش به طور مستقیم در تماس با محیط ترش نباشد، - از فرار هیدروژن به وسیله محافظت کاتدی، ممانعت نشود. 		

۲,۱,۵. عملیات سطحی، پوشش‌دهی، آب‌کاری، پوشش (کوتینگ) و آسترزدن

ملاحظه: ترکیب و مقاومت در برابر ترک در پوشش‌ها در NACE MR0175/ISO 15156-3 آورده شده است.

پوشش‌های فلزی، پوشش‌های تبدیلی، پوشش‌های پلاستیکی و آسترها جهت جلوگیری از ترک تنشی سولفیدی قابل قبول نمی‌باشند.

پوشش‌هایی که توسط عملیات‌های حرارتی مثل جوشکاری، لحیم نقره یا اسپری فلزی انجام می‌شوند، در صورتی که مطابق با یکی از موارد زیر باشند، مورد قبول می‌باشند.

- شرایط عملیات حرارتی لایه زیرین بدون تغییر باشد. در هنگام به کارگیری پوشش، نباید از حد دمای بحرانی پایین تجاوز کند.

- بیشینه سختی و شرایط عملیات حرارتی لایه زیرین فلز پایه باید با بندهای ۲,۱,۲ و در مورد پوشش‌های جوشی با بند ۲,۱,۴ مطابقت کند.

در اتصال فلزات نامتشابه مثل کاربیدهای فولادی به فولادها، به وسیله لحیم نقره، قابل قبول می‌باشد. فلز پایه پس از لحیم‌کاری باید با بند ۲,۱,۲ مطابقت داشته باشد. در صورتی که در شرایط دمایی کمتر از دمای بحرانی پایین که آلیاژ در آن عملیاتی شده باشد انجام شود، نیتزیدی کردن با عمق بیش از ۰,۱۵ میلی‌متر، یک عملیات سطحی قابل قبول می‌باشد.

۲,۱,۶. تغییر شکل سرد و آزادسازی تنش حرارتی

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی باید به صورت حرارتی پس از هر تغییر شکل سردی، در آن‌ها آزادسازی تنش صورت گیرد. این آزادسازی تنش به وسیله نوردکاری، آهنگری سرد (فرجینگ سرد) یا فرآیندهای ساختی دیگری که منجر به تغییرات در پوسته خارجی بیش از ۵ درصد می‌شود، انجام می‌پذیرد. آزادسازی تنش حرارتی باید مطابق با استاندارد یا کد مناسبی صورت پذیرد. کمینه دمای آزادسازی تنش باید ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) باشد. سختی بیشینه نهایی در این موارد باید ۲۲ راکول باشد، به جز برای اتصالات لوله‌ای ساخته شده از ASTM A 234 grade WPB or WPC که در آن‌ها سختی نهایی نباید از ۱۹۷ برینل تجاوز کند.

الزامات بالا برای کارهای سردی که شامل تست فشار مطابق با یک کد استاندارد مورد توافق کاربر تجهیزات، نمی‌باشند.

لوله‌های نورد سرد تنها در شرایطی مجاز به استفاده می‌باشند که در محصولات مطابق با استانداردهای ISO یا API مجاز به استفاده باشند. به بند ۲,۲,۳,۴ مراجعه شود.

اتصالات لوله‌ای سردکاری شده مطابق استاندارد ASTM A 53 Grade B, ASTM A 106 Grade B, API 5L Grade X-42 ISO 3183 L290، یا با درجات تنش تسلیم پایین‌تر با ترکیبی مشابه با کرنش سردی برابر با ۱۵ درصد یا کمتر قابل قبول می‌باشند که سختی در ناحیه کشش نباید از ۱۹۰ برینل بیشتر باشد.

تست و ارزیابی ترک تنشی سولفیدی مطابق با پیوست B می‌توانند جهت تنظیم دیگر محدودیت‌های تغییر شکل سرد مورد استفاده قرار بگیرند.

۲,۱,۷. پیچ و رزوه کردن

رزوه‌های تولید شده با استفاده از یک ماشین برش کاری مورد قبول و تایید می‌باشند.

رزوه‌های تولید شده توسط نورد سرد در فولادها قابل قبول می‌باشند، در غیر این صورت باید با عملیات‌های حرارتی و الزامات سختی بند ۲,۱,۲ مطابقت داشته باشند.

۲,۱,۸. تغییر شکل سرد سطوح

تغییر شکل سرد سطوح در صورتی که توسط فرآیندهایی چون صیقل دادن که دارای سردکاری بیش از عملیات‌های ماشین-کاری معمولی (مثل مته کردن، تراش کاری، نوردکاری، رزوه کردن، سوراخ کاری و غیره) نباشد، مورد قبول می‌باشد.

تغییر شکل سرد ایجاد شده توسط چکش کاری کنترل شده، در صورتی که بر فلزات پایه مطابق با این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 اعمال شود، مورد قبول می‌باشد و در صورتی که بیشینه اندازه ضربه ۲ میلی‌متر (۰,۰۸ اینچ) بوده و شدت آلمن (Almen) از 10C بیشتر نباشد. فرآیند باید با توجه به استاندارد SAE AMS-S-13165 مورد نظارت قرار گیرد.

۲,۱,۹. مهر یا استامپ شناسایی

انجام استامپ‌های شناسایی با استفاده از استامپ‌های با تنش کم (نقطه‌ای، لرزه‌ای، Vگرد) مورد قبول می‌باشد. استفاده از استامپ‌های V نوک تیز متداول در نقاط کم تنش مثل قطر خارجی فلنج‌ها، قابل قبول می‌باشد. استامپ‌های V نوک تیز متداول نباید در نقاط پر تنش مورد استفاده قرار گیرند مگر در شرایطی که تنش در دمای بالاتر از ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) رهاسازی شود.

۲,۲. کاربرد جهت شکل‌های مختلف محصولات

۲,۲,۱. کلیات

به جز مواردی که در زیر تعریف شده‌اند، الزامات کلی بند ۲,۱ باید در تمامی اشکال مختلف محصولات اعمال شود.

۲,۲,۲. لوله‌ها، صفحات و اتصالات

مثال‌هایی از محصولات لوله‌ای که می‌توانند مطابق با بند ۲,۱ باشند در جدول ۲ نشان داده شده است. محفظه فشارهای فولادی که با عنوان P-No 1 طبقه‌بندی شده‌اند، گروه ۱ یا ۲، در قسمت IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel، مورد قبول می‌باشند. محصولاتی که از فولادهای نورد تخت ساخته شده‌اند، می‌توانند مستعد آسیب‌های ناشی از ترک هیدروژنی یا ترک پله‌ای در مجاورت مقدار کمی از سولفید هیدروژن باشند (در شرایطی که pH_2S کمتر از ۰,۳ کیلوپاسکال (0,05 psi) باشد).

جدول ۲- نمونه محصولات لوله‌ای مطابق با بند ۲,۱

مشخصات و درجات ایزو	دیگر تعاریف
ISO 3183-3 grades: L245 through L450	API Specification 5L grades: A and B and X-42 through X-65
	ASTM A 53
	ASTM A 106 grades A, B and C
	ASTM A 333 grades 1 and 6
	ASTM A 524 grades 1 and 2
	ASTM A 381 class 1, Y35 to Y65

جوشکاری درز لوله‌ها باید مطابق با بند ۲,۱ باشد.

۲,۲,۳. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

۲,۲,۳,۱. طبقه‌بندی لوله‌گذاری و پوشش‌های موجود در ISO و API برای دماهای مجاز داده شده در جدول ۳، مورد تایید می‌باشند.

۲,۲,۳,۲. لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله که از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم-مولیبدنیوم می‌باشند (UNS-G41XX0, AISI 41XX)، در صورت سرد کردن (کوئنچ) و عملیات حرارتی به شکل لوله‌ای، در شرایطی که سختی آن‌ها از ۳۰ راکول تجاوز نکند و کمینه مقاومت تسلیم معین آن‌ها دارای طبقه‌بندی ۶۹۰، ۷۲۰ و ۷۶۰ مگاپاسکال باشد، مورد قبول می‌باشند. بیشینه تنش تسلیم برای هر یک از کلاس‌ها نباید بیش از ۱۰۳

مگاپاسکال بالاتر از کمینه مقاومت تسلیم معین باشد. مقاومت ترک تنشی سولفیدی باید توسط تست هر مقدار

نمونه، نشان داده شده و مطابق با بند ۱ پیوست B با استفاده از تست کشش هم محور (UT) باشد.

۲،۲،۳،۳. لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله که از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم-مولیبدنیوم می‌باشند (UNS-

G41XX0, AISI 41XX)، در صورت سرد کردن (کوئنچ) و عملیات حرارتی به شکل لوله‌ای، در شرایطی که

سختی آن‌ها از ۲۶ راکول بیشتر نباشد مورد قبول می‌باشند. این محصولات باید توسط ترک تنشی سولفیدی

مطابق با بند ۱ پیوست B با استفاده از تست کشش هم محور (UT) ارزیابی شوند.

۲،۲،۳،۴. اگر لوله‌ها و اجزای ساخته شده از لوله در دمای کمتر از ۵۱۰ درجه سانتی‌گراد (۹۵۰ درجه فارنهایت) به

صورت سرد کشیده شوند (cold-straightened)، در دمای بیش از ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد (۹۰۰ درجه

فارنهایت) باید آزادسازی تنش در آن‌ها انجام شود. در صورتی که لوله و اجزای ساخته شده از لوله به صورت

سرد شکل‌دهی شوند (cold-formed) در نتیجه تغییر شکل دائمی لایه خارجی بیشتر از ۵ درصد باشد،

مناطق شکل‌دهی سرد باید به صورت حرارتی در دمای کمینه ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه

فارنهایت) یعنی در دمای بالاتر از ۵۹۵ درجه سانتی‌گراد [تنش‌زدایی در آن‌ها انجام شود. در صورتی که

اتصالات لوله‌های مقاومت بالا با سختی بالای ۲۲ راکول، شکل‌دهی سرد شوند، باید در دمای بالاتر از ۵۹۵

درجه سانتی‌گراد (۱۱۰۰ درجه فارنهایت) تنش‌زدایی شوند.

جدول ۳- شرایط محیطی برای کلاس‌هایی از پوسته‌گذاری و لوله‌گذاری مورد قبول

برای تمامی دماها	For $\geq 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (150 $^{\circ}\text{F}$)	For $\geq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (175 $^{\circ}\text{F}$)	For $\geq 107\text{ }^{\circ}\text{C}$ (225 $^{\circ}\text{F}$)
ISO 11960a grades: H40 J55 K55 M65 L80 type 1 C90 type 1 T95 type 1	ISO 11960a grades: N80 type Q C95	ISO 11960a grades: N80 P110	ISO 11960a grade: Q125b
Proprietary grades as described in A.2.2.3.3	Proprietary Q & T grades with 760 MPa (110 ksi) or less maximum yield strength Casings and tubular made of Cr-Mo low alloy steels as described in A.2.2.3.2.	Proprietary Q & T grades with 965 MPa (140 ksi) or less maximum yield strength	
<p>دماهای داده شده کمترین دماهای مجاز سرویس با توجه به ترک تنشی سولفیدی می‌باشند. چقرمگی دما پایین مد نظر نمی‌باشد، کاربر تجهیزات باید الزامات را به طور جداگانه تعیین کند.</p> <p>a For the purposes of this provision, API 5CT is equivalent to ISO 11960:2001. b Types 1 and 2 based on Q & T, Cr-Mo chemistry to 1 036 MPa (150 ksi) maximum yield strength. C-Mn steels are not acceptable.</p>			

۲،۲،۴ پیچ کردن و بست‌ها

پیچ‌هایی که به صورت مستقیم ممکن است در معرض محیط ترش قرار گیرند، یا زیر خاک (مدفون) باشند، عایق شوند یا توسط محافظ فلنج‌ها تجهیز شوند، یا در غیر این صورت در معرض مستقیم شرایط اتمسفریک نباشند، باید مطابق با الزامات بند ۲،۱ باشد. کاربران و طراحان باید آگاه باشند که این امکان وجود دارد که در بعضی موارد شاید لازم باشد تا فشار نامی تجهیزات را در هنگام استفاده از بست‌ها و پیچ‌های مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی پایین بیاورند. استفاده از بست‌ها و پیچ‌های مقاوم در برابر ترک تنشی سولفیدی با فلنج‌های API باید مطابق با ISO 10423 باشد.

جدول ۴- مواد مورد تایید (مجاز) پیچ‌ها

پیچ‌ها	مهره‌ها
ASTM A 193 grade B7M ASTM A 320 grade L7M	ASTM A 194 grades 2HM, 7M

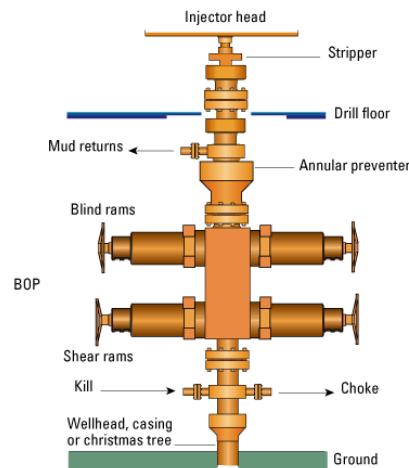
۲,۳ کاربرد جهت تجهیزات

۲,۳,۱ کلیات

الزامات کلی بند ۲,۱ با تعاریف زیر به کار برده می شود.

۲,۳,۲ سوراخ کاری شیرهای فوران گیر (BOPs)

* با توجه به تصویر یک شیر فوران گیر که در زیر مشاهده می کنید ۳ بند متوالی در این بخش را پیگیری نمایید.



۲,۳,۲,۱ تیغه های برشی (Shear blades)

فولادهای با مقاومت بالا که در تیغه های برشی فوران گیرها به کار می روند، در معرض ترک تنشی سولفیدی می باشند. کیفیت (مناسب بودن) تیغه هایی که مطابق با این پیوست نمی باشند، جزء مسئولیت های کاربر تجهیزات می باشد.

۲,۳,۲,۲ کلگی برشی (Shear rams)

کلگی های ساخته شده توسط سردکاری (کوئنچ) و عملیات حرارتی از جنس فولادهای کم آلیاژ کرم-مولیبدنیوم، در صورتی که سختی آن ها از ۲۶ راکول بیشتر نباشد، مورد قبول می باشد. در صورتی که سختی این آلیاژها از ۲۲ راکول تجاوز نکند، توجه بسیاری باید به ترکیب شیمیایی و رفتار حرارتی شود تا از مقاومت در برابر ترک تنشی سولفیدی اطمینان حاصل شود. آزمون ترک تنشی سولفیدی که مورد توافق کاربر تجهیزات است، باید نشان دهنده این موضوع باشد که عملکرد آلیاژ مطابق با فلز محافظ زمینه است.

۲,۳,۲,۳ حفاری، ساخت و ساز و تجهیزات خدماتی تنها در معرض سیالات حفاری با ترکیبات کنترل شده

با توجه به مقاومت بالای مورد نیاز، تجهیزات حفاری ممکن است با NACE MR0175/ISO 15156 مطابق نباشد. در این موارد اولین روش برای جلوگیری از ترک تنشی سولفیدی، کنترل حفاری یا محیط‌های عملیاتی می‌باشد. با افزایش تنش ناشی از سرویس‌ها و سختی مواد، کنترل سیال حفاری بسیار پراهمیت می‌شود. مراقبت شدیدی جهت کنترل محیط حفاری به‌وسیله ثابت نگه‌داشتن هد هیدرواستاتیک سیال حفاری و دانسیته سیال، جهت به حداقل رساندن تشکیل مایع در جریان به‌وسیله یکی از موارد زیر باید صورت پذیرد:

- ثابت نگه داشتن pH ۱۰ یا بالاتر، جهت خنثی‌سازی سولفید هیدروژن در تشکیلات حفاری شده
 - استفاده از رباينده‌های (جاذب‌ها) شیمیایی سولفید
 - استفاده از سیال حفاری در شرایطی که نفت در فاز پیوسته باشد.
- ۲,۳,۳. کمپرسورها و پمپ‌ها
- ۲,۳,۳,۱. پروانه کمپرسور

مواد UNS G43200 (formerly AISI 4320) و نسخه اصلاح‌شده UNS G43200 که شامل ۰,۲۸ تا ۰,۳۳ درصد کربن باشد، برای پروانه کمپرسورها با بیشینه تنش تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال که توسط ۳ مرحله زیر عملیات حرارتی می‌شوند، مورد تایید می‌باشد.

- آستنیتی کردن و سرد کردن (کوئنچ)
 - عملیات حرارتی در دمای بالاتر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد، اما پایین‌تر از دمای بحرانی پایینی. سردکردن به دمای محیط پیش از عملیات حرارتی ثانویه
 - عملیات حرارتی در دمای بالاتر از ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد اما پایین‌تر از دمای عملیات حرارتی اولیه. سردکردن تا دمای محیط
- ۲,۳,۳,۲. مقررات خاص برای کمپرسور و پمپ

کربن استیل نرم و آهن کربن پایین نرم، به عنوان واشرها مورد تایید می‌باشند. چدن‌ها طبق شرایط تعریف شده در بند ۲,۴ مورد تایید می‌باشند.

- ۲,۴. الزامات جهت استفاده از چدن
- ۲,۴,۱. کلیات

چدن‌های خاکستری، آستنی‌تی و سفید نباید برای قطعات تحت فشار استفاده شوند. این مواد باید برای اجزای داخلی در صورت مجاز بودن استفاده از آن‌ها در استاندارد تجهیزات و تایید توسط کاربر تجهیزات استفاده شوند.

چدن نشکن مطابق با ASTM A 395 مورد تایید می‌باشد، مگر در مواردی که خلاف استاندارد تجهیزات باشد.

۲،۴،۲. تجهیزات زیرسطحی و پرکننده

چدن‌ها در موارد کاربردی زیر مورد تایید می‌باشند.

جدول ۵- چدن‌های مورد تایید برای پرکن‌ها و تجهیزات زیرسطحی دیگر

اجزاء	چدن
اجزای پرکننده قابل سوراخ کاری	آهن شکل‌پذیر (ASTM A 536, ASTM A 571) آهن چکش‌خوار (ASTM A 220, ASTM A 602)
اجزای فشرده‌سازی	آهن خاکستری (ASTM A 48, ASTM A 278)

۲،۴،۳. کمپرسورها و پمپ‌ها

چدن خاکستری (ASTM A 278, Class 35 or 40) و شکل‌پذیر (ASTM A 395) به عنوان سیلندر، بوش (لایتر)، پیستون و دریچه و شیرهای کمپرسور می‌تواند مورد تایید باشد.

۳. فولادهای مقاوم به ترک تنش‌ی سولفیدی جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنش‌ی سولفیدی

۳،۱. کلیات

فولادهای فهرست شده در جدول ۲ مورد تایید می‌باشند.

خصوصیات فولادهای معمولی که الزامات مورد نیاز جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنش‌ی سولفیدی در سرویس‌های ترش را برآورده می‌کنند، در زیر شرح داده شده است. ارزیابی مطابق با پیوست B باید برای فولادهایی که مطابق با جدول ۲ نمی‌باشند، انجام شود.

۳،۲. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

پوسته، لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم-مولیبدنیوم (UNS G41XX0, AISI 41XX) در شرایط عملیات حرارتی و سردکاری (کوئنچ) مورد تایید می‌باشند. عموماً، تنش تسلیم مورد تایید فولادها بیش از ۷۶۰

مگاپاسکال (110 ksi) [کمینه مقاومت تسلیم معین ۵۵۰ مگاپاسکال (80 ksi)] و سختی آن‌ها بیش از ۲۷ راکول نمی‌باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۳,۳. فولادهای خطوط لوله

فولادهای خطوط لوله نیازمند تشخیص شیمیایی مناسبی جهت اطمینان از قابلیت جوش‌پذیری خوب، می‌باشند. عموماً کمینه مقاومت تسلیم معین تا ۴۵۰ مگاپاسکال (65 ksi) مورد تایید می‌باشد. عموماً ساخت و سختی زمینه جوش نباید از ۲۸۰ ویکرز بیشتر باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۴. فولادهای مقاوم در برابر ترک تنش سولفیدی جهت استفاده در منطقه ۱ ترک تنش سولفیدی

۴,۱. کلیات

فولادهای فهرست شده در جداول ۲ و ۳ مورد تایید می‌باشند.

خصوصیات فولادهای معمول که جهت برآورده‌سازی الزامات برای سرویس‌های ترش در منطقه ۱ ترک تنش سولفیدی نشان داده شده‌اند، در زیر شرح داده شده‌اند. ارزیابی با توجه به پیوست B برای فولادهایی که منطبق با جداول ۲ و ۳ نمی‌باشند، انجام می‌شود.

۴,۲. پوسته و لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای

پوسته، لوله‌گذاری سرچاهی و اجزای لوله‌ای از جنس فولادهای کم‌آلیاژ کرم-مولیبدنیوم (UNS G41XX0, AISI 41XX) در شرایط عملیات حرارتی و سردکاری (کوئنچ) مورد تایید می‌باشند. عموماً، تنش تسلیم مورد تایید فولادها بیش از ۸۹۶ مگاپاسکال (130 ksi) [کمینه مقاومت تسلیم معین ۷۶۰ مگاپاسکال (110 ksi)] و سختی آن‌ها بیش از ۳۰ راکول نمی‌باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

۴,۳. فولادهای خطوط لوله

فولادهای خطوط لوله نیازمند تشخیص شیمیایی مناسبی جهت اطمینان از قابلیت جوش‌پذیری خوب، می‌باشند. عموماً کمینه مقاومت تسلیم معین تا ۵۵۰ مگاپاسکال (80 ksi) مورد تایید می‌باشد. عموماً ساخت و سختی زمینه جوش نباید از ۳۰۰ ویکرز بیشتر باشد. دیگر الزامات باید مطابق با مشخصات ساختی کاربردی باشد.

پیوست B

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(اصلی)

ارزیابی فولادهای کم آلیاژ و کربنی برای محیطهای حاوی سولفید هیدروژن به وسیله تستهای آزمایشگاهی

۱. الزامات

این پیوست، الزامات ارزیابی فولادهای کم آلیاژ و کربنی، برای محیطهای دارای سولفید هیدروژن به وسیله تستهای آزمایشگاهی، را تعیین می کند. این الزامات جهت ارزیابی مقاومت در برابر مکانیزمهای موجود ترک، داده شده اند.

الف) ترک تنشی سولفیدی

ارزیابی ترک تنشی سولفیدی به وسیله تستهای آزمایشگاهی، نیازمند یکی (یا بیشتر) از موارد زیر می باشد:

- تست ترک تنشی سولفیدی مطابق با مشخصات ساختی مواد (به بند ۲,۱,۱ پیوست A مراجعه شود)
- تست برای کاربردهای سرویسهای ترش خاص مطابق با بند ۳
- تست برای مناطق ۱ و ۲ ترک تنشی سولفیدی شکل ۱ مطابق با بند ۳ و یادآوری g از جدول ۱
- تست برای سرویسهای ترش در تمامی مناطق ترک تنشی سولفیدی شکل ۱ مطابق با بند ۳

تستهای ارزیابی به طور خلاصه، سطوح مختلف مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی در محیطهای ترش را نشان می دهند. بعضی از فولادهای کم آلیاژ و کربنی فهرست شده در جدول ۲ پیوست A ممکن است بعضی از الزامات تستهای آزمایشگاهی را که در بالا فهرست شده اند، ارضاء نکنند. به بند ۲,۱ پیوست A مراجعه شود.

ب) ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش

ارزیابی نیازمند تست مطابق با بند ۴ که با استفاده از شرایط محیطی مناسب که برای ارزیابی ترک تنشی سولفیدی تعیین شده است، می باشد.

ج) ترک هیدروژنی و ترک پلهای

- در هر محیط عملیاتی (به جداول ۳ و ۵ مراجعه شود)

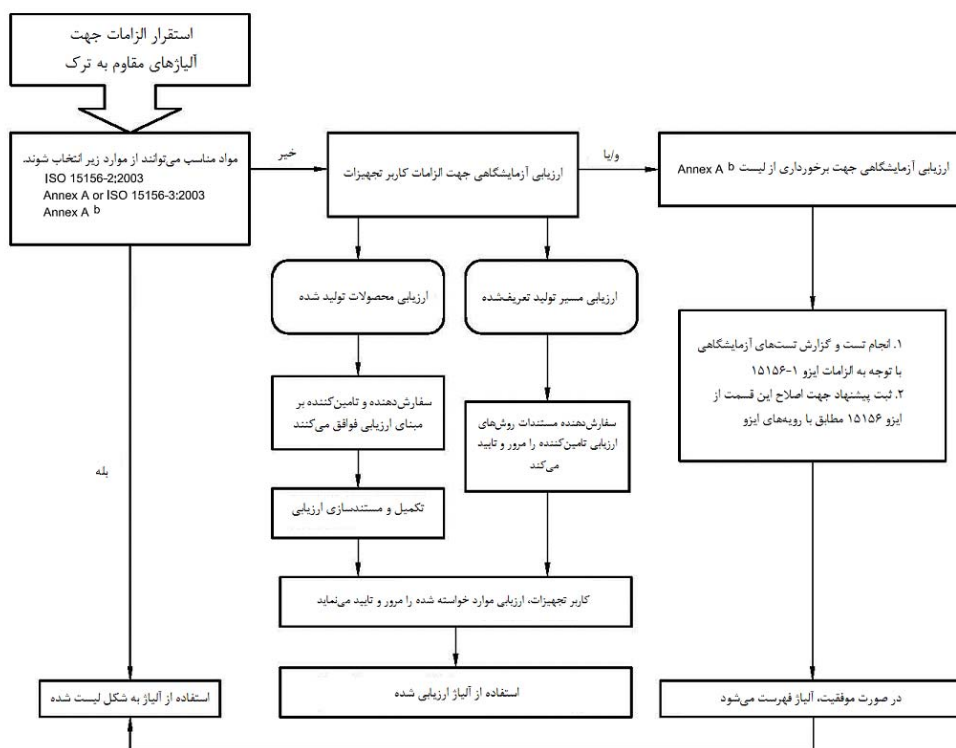
- در کاربردهای سرویس‌های ترش خاص (به جداول ۳ و ۵ مراجعه شود)

در تمامی موارد، کاربر تجهیزات باید اطمینان حاصل نماید که تست انتخاب شده جهت سرویس خواسته شده مناسب می‌باشد. تاییدیه تست انتخاب شده باید مستندسازی شود.

۲. استفاده از ارزیابی‌های آزمایشگاهی

۲.۱. کلیات

یک نمایی کلی از دیگر استفاده‌های ارزیابی آزمایشگاهی در شکل B.1 آورده شده است.



a: این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156، ترک تنش سولفیدی، ترک هیدروژنی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مربوط می‌باشد. استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-3 به ترک تنش سولفیدی، ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی و ترک تنش هیدروژنی گالوانیکی آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی مربوط می‌باشد.

b: پیوست A به ترک تنشی سولفیدی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی ارجاع دارد. استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-3 به ترک تنشی سولفیدی، ترک هیدروژنی، ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی مربوط می‌باشد.

C: به پاراگراف معرفی ارجاع شود (بدون توجه به اسناد تعمیر و نگهداری)

شکل ۱- گزینه‌های انتخاب آلیاژ و احراز صلاحیت‌های آزمایشگاهی

۲,۲. ارزیابی محصولات ساخته شده

کاربر این قسمت از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 باید الزامات ارزیابی برای مواد مطابق با استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-1 و این پیوست را تعریف کند.

این تعریف باید شامل موارد زیر باشد:

الف) الزامات کلی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 5)

ب) ارزیابی و تعریف شرایط عملیاتی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 6)

ج) توصیفات و مستندات مواد (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, 8.1)

ه) الزامات جهت ارزیابی بر پایه تست آزمایشگاهی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, 8.3)

و) گزارش روش ارزیابی (NACE MR0175/ISO 15156-1:2001, Clause 9)

میزان نمونه آزمایش مناسب و الزامات نمونه‌گیری باید با توجه به طبیعت محصول، روش تولید، تست‌های مورد نیاز، به واسطه مشخصات ساخت و ارزیابی‌ها (SSC, SOHIC, SZC, HIC/SWC) تعریف شوند.

نمونه‌ها باید مطابق با پیوست B برای هر مکانیزم ترک که باید ارزیابی شود، تست شوند. در کمترین حالت، ۳ قطعه در هر نمونه‌گیری باید تست شود. در صورتی که تمامی نمونه‌ها معیارهای تست را ارضا کنند، مقدار نمونه باید به طور کامل ارزیابی شود.

تست مجدد تنها در شرایط زیر مجاز می‌باشد: در صورتی که یک نمونه تک، معیار پذیرش و قبولی را رد کند، دلیل این موضوع باید شناسایی شود. در صورتی که ماده مرجع مطابق با مشخصات ساخت باشد، دو نمونه بیشتر می‌تواند مورد تست

قرار گیرد. این نمونه‌ها باید از منبعی که نمونه رد شده تهیه شده بود، تهیه شوند. در صورتی که هر دو نمونه معیارهای پذیرش را ارضا کنند، نمونه آزمایشی باید ارزیابی شده تلقی گردد. تست‌های مجدد بیشتر، نیازمند توافق خریدار می‌باشد.

تست محصولات ساخته شده ممکن است در هر زمان پس از ساخت و پیش از قرارگیری در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن انجام شود.

پیش از قرارگیری محصولات در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن، کاربر تجهیزات باید ارزیابی را مرور کرده و مقایسه نماید که الزامات ارزیابی رعایت شده‌اند یا خیر. محصولاتی که ارزیابی و صحت آن‌ها توسط کاربر تجهیزات کنترل شده است، می‌توانند در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن قرار گیرند.

۲.۳. ارزیابی منابع و روش تولید

یک مسیر تولید تعریف شده، می‌تواند برای تولید یک ماده واجد شرایط، ارزیابی شود. یک مسیر تولید واجد شرایط، ممکن است جهت جلوگیری از انجام تست‌های مقاومت به ترک سولفید هیدروژنی اعمال شود. تامین‌کننده مواد ممکن است به خریدار مواد، یک رویه تولید مناسب را جهت تولید مواد واجد شرایط پیشنهاد دهد. مسیر تولید واجد شرایط ممکن است در صورت توافق خریدار و تامین‌کننده ماده مورد استفاده قرار گیرد.

یک مسیر تولید واجد شرایط جهت تولید مواد واجد شرایط و مناسب، ممکن است برای بیش از یک کاربر مورد استفاده قرار گیرد. جهت ارزیابی مسیر تولید، تامین‌کننده مواد باید نشان دهد که مسیر تولید تعریف شده، توانایی تولید مداوم مواد اولیه‌ای که توانایی ارضای الزامات تست‌های ارزیابی پیوست B را دارند، دارد.

ارزیابی یک مسیر تولید، نیازمند موارد زیر می‌باشد:

الف) تعریف مسیر تولید در نقشه کیفیت نوشته‌شده که مکان تولید، تمامی عملیات تولید و کنترل‌های تولید را مشخص می‌کند، نیازمند حفظ صلاحیت است.

ب) تست اولیه محصولات تولیدی در مسیر تولید تعریف شده مطابق با بند ۲.۲ و مقایسه آن‌ها با معیار مقبولیت.

ج) تست‌های دوره‌ای جهت تایید این موضوع که محصول میزان مقاومت مورد نیاز در برابر ترک در محیط‌های سولفید هیدروژنی را دارا می‌باشد. میزان تکرار تست‌های دوره‌ای باید در نقشه کیفیت تعریف شده و مورد تایید خریدار باشد. نتایج این‌گونه تست‌ها باید در اختیار خریدار قرار گیرد.

د) حفظ و جمع‌آوری نتایج این تست‌ها و در دسترس قرار دادن آن‌ها برای خریدار مواد/ یا کاربر تجهیزات.

خریدار مواد می‌تواند موافق الزامات کنترل کیفی اضافی با سازنده باشد.

صحت طرح کیفیت می‌تواند با بازرسی انجام شده در محل، توسط یک شخص علاقه‌مند بررسی شود.

۲,۴. استفاده از تست‌های آزمایشگاهی به عنوان مبنایی جهت ارائه تغییرات به پیوست A

پیشنهادات جهت تغییرات باید مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 مستندسازی شوند. همچنین این موارد باید مطابق با الزامات زیر باشند:

تست‌های آزمایشگاهی برای ارزیابی فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر پیوست A، جهت استفاده با فولادهایی که با الزامات کلی شرح داده شده در پیوست A بند ۲,۱ مطابق نباشند، به کار می‌رود.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر پیوست A بند ۲ نیازمند تست‌های شرح داده شده در جدول ۱ برای تمام مناطق ترک تنشی سولفیدی موجود در شکل ۱ می‌باشد.

فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی علاوه بر بندهای ۳ و ۴ پیوست A، نیازمند تست‌های شرح داده شده در جدول ۱ برای مناطق ترک تنشی سولفیدی مناسب شکل ۱ می‌باشند.

فولادها باید توسط تست‌های آزمایشگاهی انتخاب شده مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 ارزیابی شوند.

محصولات تست‌شده باید به شیوه‌ای مشخص و در دسترس عموم تولید شوند که این روش ساخت از طریق بیش از یک تامین‌کننده قابل اجرا باشد.

مواردی که حداقل با ۳ فرآیند حرارتی مستقل تولید شده‌اند، باید مطابق با بند ۳، تست مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی بر روی آن‌ها انجام گیرد.

اطلاعات کافی باید جهت استفاده و تصمیم‌گیری اعضای ISO/TC 67، مطابق با دستورالعمل‌های ISO/IEC، قسمت ۱، جهت مناسب بودن مواد به‌وسیله تجدید نظر و اصلاحیه، در این قسمت از NACE MR0175/ISO 15156 فراهم شود.

۳. رویه‌های تست جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک تنشی سولفیدی

ارزیابی باید مطابق بند ۱ و متناسب با آن انجام شود.

در صورتی که خلاف این موضوع نشان داده شود، الزامات تست باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد.

عموماً تست باید در دمای محیط ($24\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ($75\text{ °F} \pm 5\text{ °F}$)) انجام شود. برای تست در دماهای بالاتر، باید از راهنمای محیط‌های تست داده در NACE MR0175/ISO 15156-3:2003 پیوست B استفاده نمود. برای تست مواد مطابق با مشخصات ساختی خاص، مراجع مناسب از بند ۱ پیوست A تا بند ۱ پیوست B باید ذکر شود.

جدول ۱- تست‌های آزمایشگاهی برای سرویس‌های ترش

اعتبار ارزیابی (f)	نوع تست (a, b, i)	تنش کاربردی	محیط	فشار جزئی H2S	معیارهای پذیرش	نکات	
کاربرد خاص، یا مناطق ۱ یا ۲ ترک تنش سولفیدی شکل ۱ پیوست A	تست کشش هم-محور	بزرگتر و مساوی ۹۰ درصد مقاومت تسلیم حقیقی ($\geq 90\% \text{ AYS}$)	5 % mass fraction NaCl + 0,4 % mass fraction CH3COONa, pH adjusted to required value using HCl or NaOH(e)	مناسب با کاربرد خواسته شده یا مناطق ترک تنشی سولفیدی	بدون هیچ ترکی مطابق با روش ارزیابی NACE TM0177-96	کاربردهای خاص یا در محیط‌های با شدت کمتر. ارزیابی منطقه جهت پوشش مناسب (g)	
	تست خمش چهار نقطه‌ای (j) یا تست حلقه سی	غیرقابل اجرا			ارزیابی باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد. معیار پذیرش باید مطابق با توافق‌نامه مستند باشد (k)	استفاده به عنوان ارزیابی تحت صلاحیت کاربر تجهیزات و با توجیهات مستند	
	تست تیر دوسر گیردار (h)						
تمامی مناطق ترک تنش سولفیدی شکل ۱ پیوست A	تست کشش هم-محور	بزرگتر و مساوی ۸۰ درصد مقاومت تسلیم حقیقی ($\geq 80\% \text{ AYS}$)	NACE TM0177-96 Environment A (5 % mass fraction NaCl + 0,5 % mass fraction CH3COOH)	۱۰۰ کیلوپاسکال مطابق با NACE TM0177-96	بدون هیچ ترکی مطابق با روش ارزیابی NACE TM0177-96	استفاده به عنوان ارزیابی تحت صلاحیت کاربر تجهیزات و با توجیهات مستند	
	تست خمش چهار نقطه‌ای (j) یا تست حلقه سی	غیرقابل اجرا			ارزیابی باید مطابق با NACE TM0177-96 باشد. معیار پذیرش باید مطابق با توافق‌نامه مستند باشد (k)		
	تست تیر دوسر گیردار (h)						

a: نوع تست‌ها به صورت زیر می‌باشد:

- تست کشش هم محور (UT) مطابق با NACE TM0177-96 Method A
- تست خمش چهار نقطه‌ای (FPB) مطابق با EFC Publication 16, Appendix 2
- تست حلقه سی (CR) مطابق با NACE TM0177-96 Method C
- تست تیر دو سر گیردار (DCB) مطابق با NACE TM0177-96 Method D
- دیگر نمونه‌های تست، شامل اجزای در ابعاد کامل، در صورت مناسب بودن، مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از آن‌ها باید توافقی بین تامین‌کننده و سفارش‌دهنده (خریدار) باشد.

b: تست‌های خمش چهار نقطه‌ای، حلقه سی و کشش هم محور جهت ارزیابی اتصالات و جوشکاری ترجیح داده می‌شود (به بند ۷,۳ و ۷,۴ مراجعه شود). برای نمونه‌های جوش داده شده، نمونه‌ها باید عموماً به صورت عرضی از جوش‌ها برداشته شوند. تست باید بر اساس مقاومت تسلیم حقیقی پایین‌ترین مقاومت تسلیم فلز پایه باشد. منوط به توافق کاربر، تست خمش چهار نقطه‌ای جانبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای جزئیات تست‌های خمشی جانبی به NACE publication Corrosion 2000 Paper 128 مراجعه شود.

C: برای کاربردهایی که سطح تنش سرویس پایین، در تناسب با مقاومت تسلیم، گارانتی می‌شود، تنش تست به بیشینه تنش سرویس کاهش می‌یابد. در چنین مواردی تست‌ها و معیارهای پذیرش آن‌ها باید توسط کاربر تجهیزات مورد توافق قرار گیرد. این چنین توافقاتی باید مستندسازی شوند.

d: مقاومت تسلیم حقیقی شکل نهایی مواد در دمای تست می‌باشد. مقاومت تسلیم حقیقی باید در مشخصات محصول یا ۰,۲ درصد تنش قطعی مطابق با ISO 6892 - Rp0,2 تعریف شود.

e: برای تست‌های ترک تنشی سولفیدی با کنترل pH، مقدار pH در خلال تست باید کمتر یا مساوی مقدار مورد نیاز باشد. کنترل در محدوده 0,1pH واحد با تکرار قابل دستیابی می‌باشد.

f: جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد طراحی‌های با استفاده از معیار پلاستیک به NACE MR0175/ISO 15156-1:2001 مراجعه شود.

g: تست‌های تحت شرایط لیست شده در جدول ۲، ارزیابی را جهت استفاده در منطقه ۲ ترک تنشی سولفیدی، فراهم می‌کنند.

h: برای موارد خاص، شامل اجزای سنگین یا با اشکال پیچیده، ممکن است جهت حمایت از طراحی بر پایه مکانیزم شکست، از تست‌های تیر دوسر گیردار استفاده شود.

i: نوع تست‌ها الزاما معادل یکدیگر نمی‌باشند و نتایج به طور مستقیم قابل مقایسه نمی‌باشند.

j: زمانی که ارزیابی ترک نواحی نرم یا ترک هیدروژنی در راستای تنش یک نمونه تست انجام می‌گیرد، باید الزامات بند ۷,۲,۲ و جدول ۴ این پیوست رعایت شوند.

k: جهت اطلاعات بیشتر در زمینه درجات لوله‌کشی و پوسته C90 و T95 به ISO 11960 مراجعه شود.

جدول ۲- شرایط تست

pH	فشار جزئی مورد نیاز سولفید هیدروژن برای تست (kPa)	
	مجموعه شرایط برای منطقه ۱ ترک تنش سولفیدی	مجموعه شرایط برای منطقه ۲ ترک تنش سولفیدی
۳,۵	-	۱
۴,۰	۰,۳	-
۴,۵	۱	۱۰
۵,۵	۱۰	۱۰۰
۶,۵	۱۰۰	-

۴. رویه‌های تست جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی

نرم

۴,۱ کلیات

روش‌های تست شرح داده شده در این پیوست به صورت موفقیت‌آمیزی در نشان دادن حساسیت به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مواد باید با توجه به مقاومت ترک تنشی سولفیدی برای شرایط طراحی مقدم بر ارزیابی ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم ارزیابی شوند.

در هنگام ارزیابی جوش‌ها بند ۷,۳,۳ باید اعمال شود.

اعتبار نتایج تست برای شرایطی غیر از آنچه ارزیابی شده است در NACE MR0175/ISO 15156-1 تعریف شده است.

روش‌های تست شرح داده شده برای ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم استاندارد نمی‌باشند. تست‌های دیگری تحت توسعه می‌باشند. کاربر تجهیزات ممکن است تست دیگری را نظر به صلاحدید شخصی خود انتخاب کند. توجیه استفاده از چنین تست‌هایی باید مستندسازی شود.

۴.۲. تست‌های در ابعاد کوچک

۴.۲.۱. انتخاب نمونه

نمونه‌های تستی که جهت تعیین حساسیت به ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم به کار می‌روند، ظاهراً باید از نمونه‌های تست‌های خمش چهار نقطه‌ای یا تست کشش هم‌محور که از تست‌های موفق ارزیابی ترک تنش سولفیدی بوده‌اند، باشد. برای تست جوش‌ها در ابعاد کوچک، نمونه‌ها باید به صورت عرضی از جوش‌ها گرفته شوند.

۴.۲.۲. ارزیابی و معیار پذیرش برای نمونه‌برداری در تست کشش هم‌محور

یکی از ارزیابی‌ها و معیارهای پذیرش زیر برای نمونه تست کشش هم‌محور باید به کار رود:

الف) حرارت‌دهی نمونه به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و نگه داشتن در این دما تا ۲ ساعت، جهت حذف هیدروژن جذب شده. اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه. مقاومت کششی نباید کمتر از ۸۰ درصد مقاومت کششی واقعی ماده که پیش از استفاده به عنوان نمونه تعریف شده بود، باشد.

ب) ایجاد حداقل ۲ قسمت متالورژیکی به موازات بر روی محور نمونه. تست قسمت‌ها برای عوارض ترک‌های هیدروژنی و دیگر ترک‌های مرتبط با ترک هیدروژنی در راستای تنش یا نقاط نرم جوش (ترک نواحی نرم). هیچ‌گونه نشانه‌ای از ترک هیدروژنی نردبانی شکل و هیچ‌گونه ترک با طول ۰.۵ میلی‌متر در جهت ضخامت ماده، مجاز نمی‌باشد.

۴.۲.۳. ارزیابی و معیار پذیرش برای نمونه‌های تست خمش چهار نقطه‌ای

یک آزمایش ذرات آهن‌ربایی (مغناطیسی) باید در آن طرف نمونه که در معرض تنش کششی در خلال قرارگیری در محیط دارای سولفید هیدروژن است، انجام شود. در زیر هر نشانه ذرات مغناطیسی عمود بر محور تنش، تقسیم‌بندی متالورژیکی باید عمود بر نشانه یا در غیاب نشانه ذرات مغناطیسی، حداقل ۲ قسمت متالورژیکی باید موازی با محور تنش نمونه، ایجاد شود. قسمت‌های ایجاد شده در این روش باید جهت عوارض نردبانی شکل ترک هیدروژنی و دیگر ترک‌های مرتبط با ترک هیدروژنی در راستای تنش یا قسمت‌های نرم جوش (ترک نواحی نرم)، آزمایش شوند. هیچ‌گونه نشانه‌های ترک هیدروژنی

نردبانی شکل و هیچ‌گونه ترک با طول ۰,۵ میلی‌متر در جهت ضخامت ماده، مجاز نمی‌باشد. جهت همکاری برای یافتن آسیب‌ها، نمونه‌ها ممکن است به صورت پلاستیکی به وسیله ۵ درصد در جهت قبلی خمش پیش از تقسیم‌بندی متالورژیکی، تغییر شکل دهند. پیش از تغییر شکل نمونه‌ها باید تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده و تا ۲ ساعت در این دما نگه داشته شوند تا هیدروژن جذب شده آن حذف شود. آسیب توسعه یافته در سمت کشش نمونه به شکل جوش‌های کمتر از ۱ میلی‌متر زیر سطح یا در سمت فشاری بدون توجه به عمق آن‌ها، ممکن است جهت ارزیابی ترک نواحی نرم/ ترک هیدروژنی در راستای تنش نادیده گرفته شوند اما باید گزارش شوند.

۴,۳. تست‌های حلقه لوله‌ای کامل

تست‌های حلقه لوله‌ای کامل می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. سند HSE OTI-95-635 تست و معیارهای پذیرش آن را شرح می‌دهد.

ملاحظه: تنش باقی‌مانده نشان داده شده نقش بسیار مهمی را در شروع ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش بازی می‌کنند. این تنش‌ها در موقعیت‌های زمینه بهتر است در نمونه‌های بزرگ نشان داده شوند.

۵. رویه‌های تست و معیارهای پذیرش جهت ارزیابی مقاومت فولادهای کم‌آلیاژ و کربنی به ترک هیدروژنی/ترک پله‌ای

رویه‌های تست و معیارهای پذیرش باید مطابق با جدول ۳ باشند.

تست‌ها باید در دمای محیط [25 °C (77 °F)] انجام شوند. در شرایطی که خلاف این موضوع نشان داده شود، الزامات تست باید مطابق با NACE TM0284 باشد.

جدول ۳- رویه‌های تست و معیارهای پذیرش ترک هیدروژنی/ ترک پله‌ای

نوع محصول	تنش کاربردی	محیط	فشار جزئی سولفید هیدروژن	معیار پذیرش	اعتبار ارزیابی
فولادهای نورد تخت یا محصولات آن (a, b)	بدون اعمال تنش	NACE TM0177-96 Environment A (5 % mass fraction NaCl + 0,5 % mass fraction CH3COOH)(c)	100 kPa (15 psi) (c)	CLR ≤ 15 % CTR ≤ 5 % CSR ≤ 2 %	هر سرویس ترش
		5 % mass fraction NaCl + 0,4 % mass fraction CH3COONa, pH adjusted to required value using HCl or NaOH(d)	مناسب با کاربرد خواسته شده (d)	بدون ترک (g)	خاص، یا الزامات با شدت کمتر (f)

a: ارزیابی محصولات لوله‌ای بدون درز می‌تواند مناسب باشد.

b: نمونه‌ها باید طوری انتخاب شوند که معرف عملکرد کلی سفارش مورد توافق بین سفارش‌دهنده و تولیدکننده باشد. نمونه‌برداری برای تست باید مطابق با NACE MR0175/ISO 15156-1 باشد.

c: کاربر، مسئولیت تصمیم‌گیری جهت مناسب بودن محیط تست در تطابق با کاربرد خواسته شده را بر عهده دارد.

d: آزمون‌های خاصی از فولادها ممکن است جهت نصب جدید یا همان نصب موجود، انجام شوند. در چنین مواردی، ممکن است تست-های طولانی‌تر از زمان استاندارد ۹۶ ساعت (NACE TM0284) با صلاح‌دید کاربر تجهیزات، اعمال شود. این‌گونه آزمایشات ممکن است جهت بهبود اعتماد در نتایج به‌دست آمده، مورد نیاز باشند.

e: با درخواست کاربر تجهیزات، ارزیابی التراسونیک نمونه‌ها، جهت ارزیابی مکان‌های ترک‌خوردگی پیش از انتخاب مکان‌های جهت تقسیم‌بندی متالورژیکی، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (EFC Publication 16, Section B7). دیگر معیارهای پذیرش می‌تواند مورد توافق تأمین‌کننده و کاربر تجهیزات قرار گیرد. این توافقات باید مستندسازی شوند.

f: جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد طراحی‌های با استفاده از معیار پلاستیک به NACE MR0175/ISO 15156-1:2001 مراجعه شود.

g: دیگر معیارهای پذیرش، منوط به تصویب مستند کاربر تجهیزات می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

پیوست C

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(آموزشی)

تعیین فشار جزئی سولفید هیدروژن

۱. محاسبات فشار جزئی سولفید هیدروژن برای سیستم با فاز گازی

فشار جزئی سولفید هیدروژن می‌تواند با ضریب فشار کلی سیستم در کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی به دست آید.

$$p_{H_2S} = p * \frac{X_{H_2S}}{100}$$

که در آن p_{H_2S} فشار جزئی سولفید هیدروژن بر حسب مگاپاسکال، p فشار مطلق کل سیستم بر حسب مگاپاسکال و X_{H_2S} کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی بر حسب درصد می‌باشد.

به عنوان مثال، در یک سیستم گازی ۷۰ مگاپاسکالی، که کسر مولی سولفید هیدروژن در آن ۱۰ درصد است، فشار جزئی سولفید هیدروژن ۷ مگاپاسکال است. در صورتی که فشار کلی و متمرکز سولفید هیدروژن شناخته شده باشد، فشار جزئی سولفید هیدروژن می‌تواند با استفاده از شکل ۱ این پیوست تخمین زده شود.

۲. محاسبات فشار جزئی موثر سولفید هیدروژن برای سیستم‌های مایع بدون گاز

برای سیستم‌های مایع (که هیچ تعادل ترکیبی گازی در آن‌ها وجود ندارد)، فعالیت ترمودینامیکی موثر سولفید هیدروژن به وسیله فشار جزئی مجازی سولفید هیدروژن تعریف می‌شود که این فشار از طریق زیر تعیین می‌شود:

الف) تعیین فشار نقطه حباب سیال در دمای کاری به وسیله هر روش مناسب ممکن.

ملاحظه: برای خط لوله پر از مایع پایین دست واحد جداسازی گاز، تخمین مناسب فشار نقطه حباب، فشار کل آخرین جداساز گاز می‌باشد.

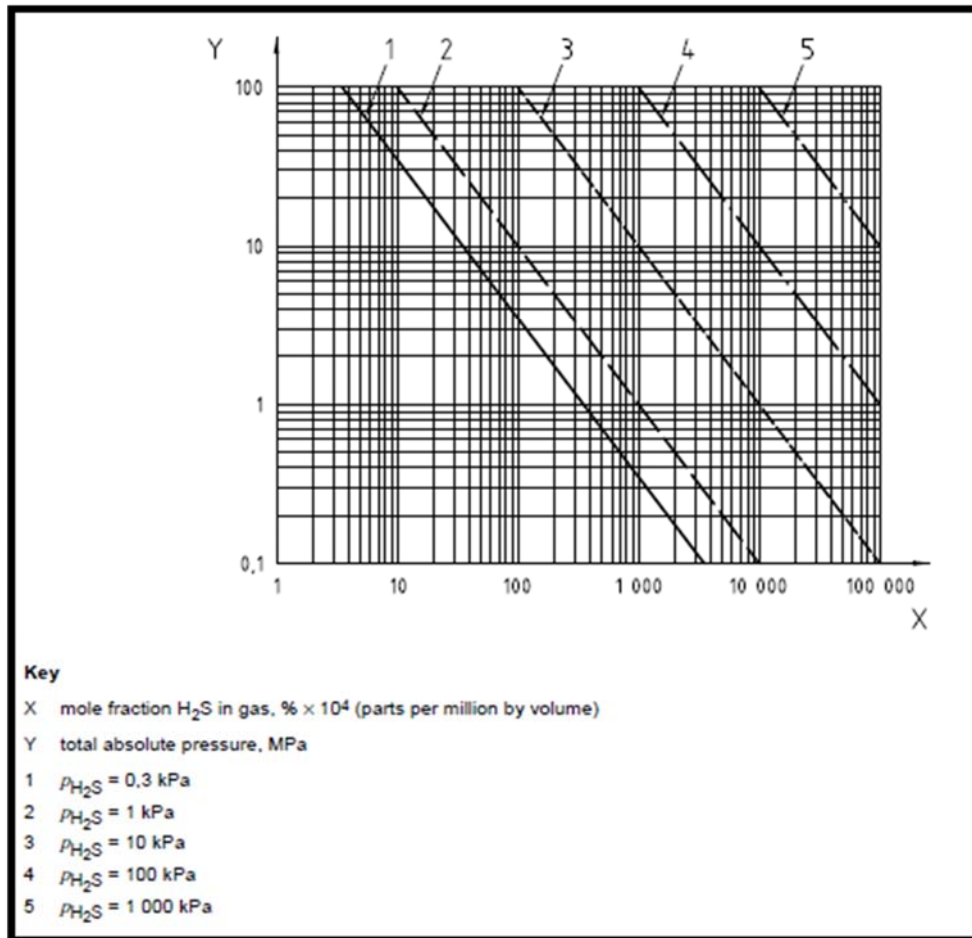
ب) تعیین کسر مولی سولفید هیدروژن در فاز گازی در شرایط نقطه حباب به هر روش مناسب ممکن.

ج) محاسبه فشار جزئی سولفید هیدروژن در گاز در نقطه حباب از روش زیر:

$$p_{H_2S} = p_B * \frac{X_{H_2S}}{100}$$

که در آن p_{H_2S} فشار جزئی سولفید هیدروژن بر حسب مگاپاسکال، p_B فشار نقطه حباب بر حسب مگاپاسکال و X_{H_2S} کسر مولی سولفید هیدروژن در گاز می‌باشد.

د) استفاده از این موضوع به عنوان فشار جزئی سولفید هیدروژن برای سیستم مایع. این مقدار می‌تواند جهت تعیین در سیستم‌های ترش مطابق با گزینه ۱ یا تعیین درجه ترشی مطابق با گزینه ۲ استفاده شود.



شکل ۱- سیستم‌های گاز ترش: فشار جزئی سولفید هیدروژن

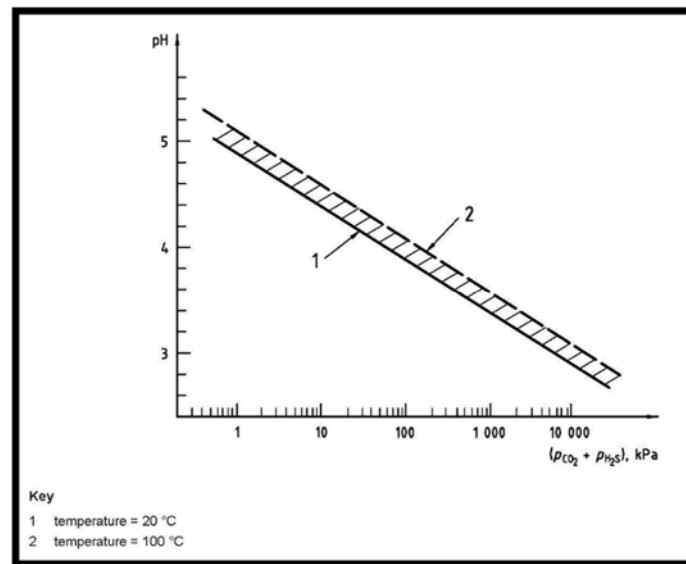
پیوست D

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

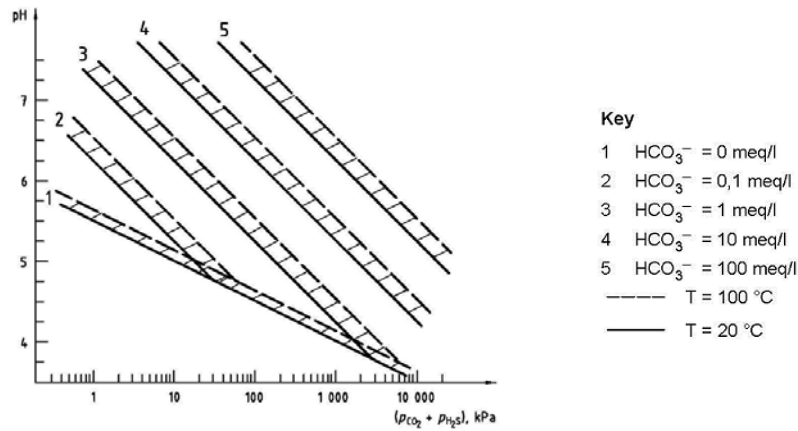
(آموزشی)

توصیه‌هایی جهت تعیین pH

شکل‌های ۱ تا ۵، یک راهنمای کلی جهت تعیین مقدار تقریبی pH فاز آبی برای شرایط مختلف را ارائه می‌دهند. مقدار pH تعیین شده از این طریق می‌تواند در صورتی که هیچ محاسبات اثبات شده یا قابل اطمینانی در روش‌های اندازه‌گیری pH موثر در دسترس نباشد، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار خطا می‌تواند به میزان ۰.۰ تا ۰.۵ در واحدهای pH در نظر گرفته شود. در شکل‌های ۱ تا ۵، محور عرضی در pH موثر، مقادیر pH که به طور مداوم برای نمونه‌های آب‌های بی‌فشار شده گزارش می‌شود، نباید به عنوان مقادیر معتبر در pH موثر، اشتباه شوند. مقدار pH موثر می‌تواند متأثر از حضور اسیدهای ارگانیکی مثل اسید استیک، اسید پروپیونیک و غیره که در شکل ۱ تا ۵ مد نظر نبوده‌اند، قرار گیرد. اهمیت تاثیر این اسیدها بر pH موثر و نتایج معمولی آنالیزهای آب در EFC Publication 17, Appendix 2 تشریح شده است. آنالیز برای این اجزا جهت ایجاد یک تنظیم ضروری در محاسبات pH موثر، باید مد نظر قرار گیرند.

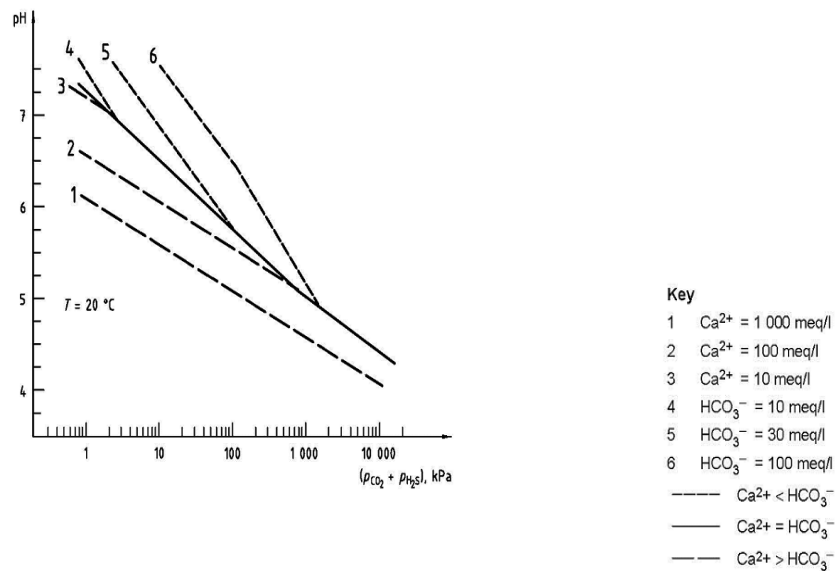


شکل ۱- مقدار pH آب تغلیظ شده تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن



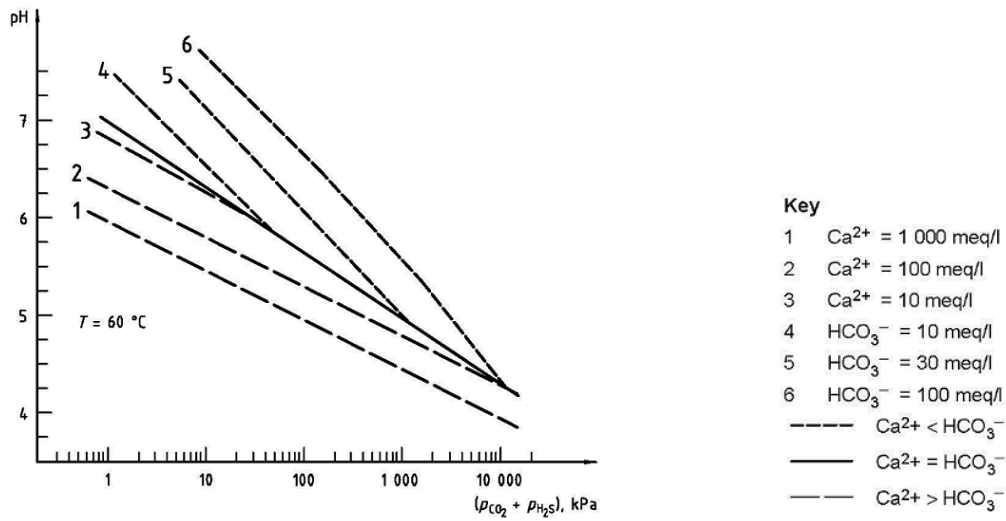
شکل ۲- مقدار pH آب تغلیظ شده (گاز مرطوب) یا آب‌های تشکیل‌دهنده حاوی بی‌کربنات (CaCO₃) تحت فشار دی-

اکسیدکربن و سولفید هیدروژن



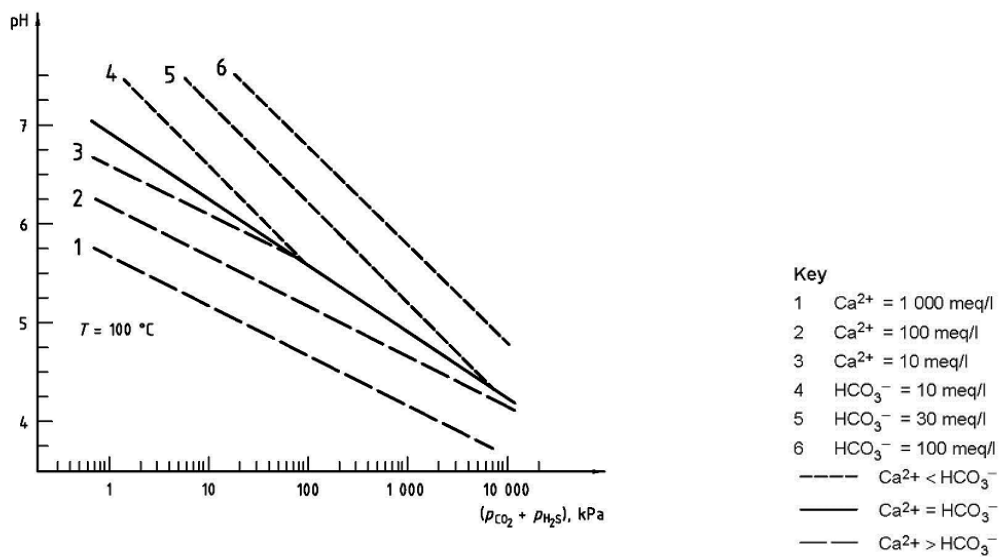
شکل ۳- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباع‌شده در بی‌کربنات (CaCO₃) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن

در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۴- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباح‌شده در بی‌کربنات (CaCO₃) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن

در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۵- مقدار pH آب‌های تشکیل‌دهنده اشباح‌شده در بی‌کربنات (CaCO₃) تحت فشار دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن

در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

پیوست E

استاندارد NACE MR0175/ ISO 15156-2

(آموزشی)

اطلاعاتی که برای خرید مواد باید تهیه شوند

ستون ۲ از جدول ۱ و جدول ۲ باید توسط خریدار مواد کامل شوند. موارد مورد نیاز و مورد تایید باید نشان داده شوند.

ملاحظه: علامت NACE MR0175/ISO 15156-2A در ستون ۵، عموماً برابر با فولادهای کربنی، چدن‌ها و فولادهای کم-

آلیاژ مطابق با NACE MR0175 می‌باشد.

جدول ۱- کمترین اطلاعات جهت خرید مواد

مرجع خریدار				
نوع تجهیزات				
نوع یا درجه فولاد ترجیح داده شده (یا چدن)				
مقرر نمودن مشخصات سرویس ترش: NACE MR0175/ISO15156 الزامات مواد برای این سفارش خرید	بند و ماده مربوطه در NACE MR0175/ISO 15156-2	نکات	علائم سرویس ترش NACE MR0175/ISO 15156-xx	
گزینه ۱ مقاومت ترک تنشی سولفیدی: فولادهای کربنی، کم- آلیاژ یا چدن برای سرویس‌های ترش انتخاب شده از پیوست A قسمت ۲	بله/خیر	۷,۱		2A
گزینه ۲ مقاومت ترک تنشی سولفیدی: فولادهای کربنی، کم- آلیاژ برای کاربردهای سرویس‌های ترش خاص یا برای محدوده‌ای از سرویس ترش	بله/خیر	۷,۲	در صورت انتخاب شدن به بند ۵,۳ و جدول ۲ پیوست E مراجعه شود	
مقاومت ترک هیدروژنی: الف) ماده برای هر نوع		۸ و پیوست B بند ۵		2H

سرویس ترش؟ (ب) ماده برای کاربردهای سرویس‌های ترش خاص یا برای محدوده‌ای از سرویس ترش	بله/خیر		در صورت انتخاب شدن به بند ۵,۳ و جدول ۲ پیوست E مراجعه شود	
	بله/خیر			

جدول ۲- اطلاعات اضافی برای تست‌های ترک تنشی سولفیدی و دیگر موارد خاص

مرجع خریدار	الزامات مواد برای این سفارش خرید	بند و ماده مربوطه در NACE MR0175/ISO 15156-2	نکات	علائم سرویس ترش NACE MR0175/ISO 15156-xxx
	مقاومت نسبت به ترک تنشی سولفیدی مطابق گزینه ۲	۷,۲		
	نشان دادن گزینه ارجح			
	سرویس ترش برای هر منطقه ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	۷,۲,۱,۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش- فرض	2R3
	سرویس ترش برای منطقه ۱ و ۲ ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	۷,۲,۱,۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش- فرض	2R2
	سرویس ترش برای منطقه ۱ ترک تنشی سولفیدی؟ نوع نمونه تست	۷,۲,۱,۴ شکل ۱ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش- فرض	2R1
	کاربرد سرویس ترش خاص مورد نیاز می- باشد؟ نوع نمونه تست	۷,۲,۱,۴ و جدول ۱ (B) و ملاحظات آن	اطلاعات شرایط تست زیر مورد نیاز است، نمونه‌های تست کشش هم محور به‌طور پیش- فرض	2S
	مقاومت نسبت به ترک هیدروژنی برای کاربرد سرویس ترش خاص	بند ۸ و جدول ۳ (B)	اطلاعات شرایط تست زیر مورد نیاز است	2HS
	توصیف شرایط تست	جدول ۱ (B) و/یا جدول ۳ (B)	مقادیر پیش‌فرض طبق جدول ۱ (B)، بقیه مقادیر مطابق با NACE MR0175/ISO	

			15156-1	
تست تنش برای آزمایش ترک تنشی سولفیدی			مقاومت تسلیم حقیقی (درصد)	
دی اکسید کربن (CO2)			مگا پاسکال	
سولفید هیدروژن (H2S)			مگا پاسکال	
دما			°C	
pH موثر			mg/l	
Cl- یا دیگر هالیدها			حاضر یا غایب	
گوگرد اصلی (S0)				
الزامات مقاومت ترک هیدروژنی در راستای تنش و ترک نواحی نرم	بله/خیر	۲،۲،۷ و بند ۴ پیوست B	تست ترک تنش سولفیدی همواره پیش از ترک نواحی نرم و ترک هیدروژنی در راستای تنش مورد نیاز می باشد	2Z همراه با علائم ترک تنشی سولفیدی از بالا

فهرست کتب

- [1] ISO 3183-3, *Petroleum and natural gas industries — Steel pipe for pipelines — Technical delivery conditions — Part 3: Pipes of requirement class C*
- [2] ISO 11960, *Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells*
- [3] NACE MR0175/ISO 15156-3:2003, *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*
- [4] API Spec 5CT4), *Specification for Casing and tubing*
- [5] API Spec 5L, *Line pipe*
- [6] ASME Boiler and pressure vessel code, Section IX5) — *Qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators*
- [7] ASTM A 48/A 48M6), *Standard specification for gray iron castings*
- [8] ASTM A 53/A 53M, *Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc-coated, welded and seamless*
- [9] ASTM A 105/A 105M, *Standard specification for carbon steel forgings for piping applications*
- [10] ASTM A 106, *Standard specification for seamless carbon steel pipe for high-temperature service*
- [11] ASTM A 193/A 193M, *Standard specification for alloy-steel and stainless steel bolting materials for high-temperature service*
- [12] ASTM A 194/A 194M, *Standard specification for carbon and alloy steel nuts for bolts for high pressure or high temperature service, or both*
- [13] ASTM A 220/A 220M, *Standard specification for pearlitic malleable iron*
- [14] ASTM A 234/A 234M, *Standard specification for piping fittings of wrought carbon steel and alloy steel for moderate and high temperature service*
- [15] ASTM A 278/A 278M, *Standard specification for gray iron castings for pressure-containing parts for temperatures up to 650 °F (350 °C)*
- [16] ASTM A 320/A 320M, *Standard specification for alloy/steel bolting materials for low-temperature service*
- [17] ASTM A 333/A 333M, *Standard specification for seamless and welded steel pipe for low-temperature service*
- [18] ASTM A 381, *Standard specification for metal-arc-welded steel pipe for use with high-pressure transmission systems*
- [19] ASTM A 395/A 395M, *Standard specification for ferritic ductile iron pressure-retaining castings for use at elevated temperatures*
- [20] ASTM A 524, *Standard specification for seamless carbon steel pipe for atmospheric and lower temperatures*
- [21] ASTM A 536, *Standard specification for ductile iron castings*
- [22] ASTM A 571/A 571, *Standard specification for austenitic ductile iron castings for pressure-containing parts suitable for low-temperature service*
- [23] ASTM A 602, *Standard specification for automotive malleable iron castings*
- [24] ASTM E 140, *Standard hardness conversion tables for metals relationship among Brinell hardness, Vickers hardness, Rockwell hardness, Rockwell superficial hardness, Knoop hardness, and scleroscope hardness*

- [25] BONIS M. and CROLET J-L., Practical aspects of the influence of *in situ* pH on H₂S- induced cracking, *Corrosion Science*, 1987, 27, pp. 1059-70
- [26] BS 8607), *Tables for comparison of hardness scales*
- [27] EFC Publication 17, *Corrosion resistant alloys for oil and gas production: Guidelines on general requirements and test methods for H₂S service*
- [28] HSE OTI-95-6358), *A test method to determine the susceptibility to cracking of linepipe steels in sour service*
- [29] NACE CORROSION/2000, Paper 128, *A new device for side bend testing on pipe seam welds*
- [30] NACE MR0176, *Metallic materials for sucker-rod pumps for corrosive oilfield environments*
- [31] NACE MR0175, *Sulfide stress cracking resistant metallic materials for oilfield equipment*
- [32] SAE – ASTM, *Metals and alloys in the unified numbering system*, ISBN 0-7680-0407