

تولید لوله فولادی بدون درز X52 - API 5L برای استفاده در محیط ترش

علی عسکر ابراهیم زاده ، احمد آزاد
اداره تحقیقات و فروش خدمات مهندسی - گروه ملی صنعتی فولاد ایران

چکیده:

لوله های بدون درز فولادی مقاوم در محیط ترش کاربرد عمده ای در صنعت نفت و گاز کشور دارد که تأمین آن عمدتاً از خارج از کشور صورت می گیرد. از این رو تحقیقات گسترده ای به منظور تولید یکی از انواع پر مصرف آن با استاندارد API-5L X52 در کارخانه لوله سازی گروه ملی صنعتی فولاد ایران (اهواز) انجام گرفته است. ایجاد ارزش افزوده و کاهش وابستگی به خارج برای واردات این نوع لوله فولادی تا سایز ۵ اینچ، مهمترین اهداف این پروژه است. در این پژوهش ابتدا آنالیزهای مختلف برای تولید لوله X52 با توجه به نوع کاربرد آن طراحی شد و شمش های نمونه با در نظر گرفتن تغییراتی در روند معمول خط تولید مورد آزمایش قرار گرفت. به منظور اطمینان از خواص مطلوب محصول تولیدی، آزمون های مکانیکی، متالوگرافی و خوردگی بر روی آن انجام گرفت. آزمون های خوردگی SSC و HIC مطابق با استانداردهای NACE TM 0177-96 و NACE TM 0284-96 انجام شد. نتایج آزمایشات نشان دهنده خواص مکانیکی مناسب مطابق با استاندارد API-5L و همچنین قابلیت کاربرد این نوع لوله در محیط های ترش یا حاوی گاز H₂S می باشد. بر اساس و بررسی های انجام شده، امکان تغییراتی در آنالیز شیمیایی محصول جدید وجود دارد مشروط بر آنکه با افزودن عناصری مانند وانادیم و یا نیوبیوم مقدار کربن و منگنز و در نتیجه کربن معادل کاهش یابد.

مقدمه :

به طور کلی فولاد مقاوم به محیط ترش در صنایع نفت و گاز کاربرد وسیعی دارد. حضور گاز H₂S در نفت خام و سایر فرآورده های آن، منجر به ایجاد محیط ترش (اسیدی) می گردد که شرایط مطلوب برای نفوذ تیدورژن اتمی به داخل فولاد و

تخریب آن را فراهم می سازد. نفوذ هیدروژن باعث ایجاد ترک و کاهش خواص مطلوب لوله فولادی می گردد. لوله فولادی در محیط حاوی گاز خورنده H₂S علاوه بر خسارات هیدروژنی در معرض خوردگی حفره ای و خوردگی یکنواخت نیز می باشد. لوله های فولادی مورد استفاده در صنایع نفت و گاز، علاوه بر داشتن خواص مکانیکی مناسب بایستی نسبت به محیط حاوی سولفید هیدروژن نیز مقاوم باشد. در این پژوهش سعی شد عوامل بوجود آورنده خسارات هیدروژنی شناسایی و سپس با طراحی آنالیز و تأمین مواد اولیه با ویژگی ها و خصوصیات مورد نیاز، موارد استفاده از آن در محیط ترش فراهم گردد. مهمترین عوامل ایجاد خسارت هیدروژنی شامل: حضور گوگرد به صورت سولفید منگنز در ریز ساختار فولاد، وجود آخال های اکسیدی و آلومینیایی و عدم کنترل شکل آنها و وجود حفره های گازی سات.

روش تحقیق:

لوله فولادی بدون درز X52 - API 5L با قطر اسمی ۱۱۴/۳ mm و ضخامت ۷/۱ mm انتخاب شد. این لوله به کمک فرآیند نورد گرم و به روش Push bench (لوله مانسمان) و با استفاده از عملیات حرارتی نرمالیزه در گروه ملی صنعتی فولاد ایران تولید شد. محدوده آنالیز به کار رفته در تولید شمش خام و لوله فولادی مطابق با جدول (۱) می باشد. روش تولید مذاب و شمش خام پس از بررسی نمونه های اولیه و به منظور رفع عیوب در لوله و دستیابی به کیفیت مطلوب محصول به شرح زیر اصلاح گردید:

- ۱- ذوب در کوره قوس الکتریکی ۲- گاززدایی تحت خلاء ۳- اکسید زدایی به روش AL-Killed (استفاده از عنصر آلومینیوم در فولاد سازی، علاوه بر اکسید زدایی، موجب دانه ریز کردن دانه در ساختار فولاد می شود). ۴- گوگردزدایی مذاب و کنترل شکل آخال ها با افزودن آهک و Ca-Si ۵- شمش ریزی به روش ریخته گری مداوم ۶- کنترل سرعت ریخته گری به میزان ۰/۷ m/min

به منظور اطمینان از بهبود کیفیت شمش ریخته گری شده و حذف احتمال وجود حفره و مک، عملیات نورد گرم اولیه بر روی آن صورت گرفت. دمای نورد گرم و طراحی پاس های نورد در مراحل شلیک سنبه و کشش لوله تصحیح و از دقت ابعادی و عدم وجود عیوب محصول اطمینان حاصل گردید.

نتایج و بحث

نتایج آزمایشات بر روی نمونه های لوله تولیدی API5L-X52 :

۱. نتایج آزمون کشش شامل استحکام کششی (UTS) - استحکام تسلیم (Y.S) و درصد ازدیاد طول (% EL) در جدول (۲) مندرج است.
۲. آزمون سختی با روش راکول B با نتیجه ۷۷ HRB .
۳. آزمایش ضربه به روش چارپی در دمای صفر درجه سانتیگراد با نتیجه ۷۰ ژول .
۴. آزمون تخت کردن که با توجه به مقاومت به ضربه و درصد ازدیاد طول مناسب لوله فولاد ی ، با نتیجه مطلوب و بدون عیوب سطحی مواجه گردید.
۵. اندازه دانه در ریز ساختار مطابق با استاندارد ASTM E112 برابر با G7 است که تصویر آن در شکل (۱) دیده می شود. ساختار فریتی پرلیتی و کشیدگی دانه ها در جهت نورد است.
۶. نمونه در آزمایش SSC مطابق با روش A استاندارد NACE TM 177-96 پس از ۷۲۰ ساعت تحت تنش دچار پارگی نشد.
۷. در آزمایش HIC مطابق با روش A استاندارد NACE TM 0284-96 ، نمونه ها پس از ۹۶ ساعت نمونه های متالوگرافی شدند و هیچگونه ترکی در بزرگنمایی ۱۰۰ مشاهده نشد. مقادیر CSR و CLR و CTR برابر صفر درصد ارزیابی شد.

نتیجه گیری :

به طور کلی خسارتهای هیدروژنی در اثر نفوذ هیدروژن اتمی به داخل ساختمان فلزی صورت می گیرد . در صورتیکه حفره یا ناپیوستگی در ساختمان فولاد وجود داشته باشد ، هیدروژن اتمی می تواند پس از عبور از فلز در درون حفره ها محبوس و تشکیل مولکول هیدروژن دهد و در این حالت غلظت و فشار آن در درون حفره زیاد می گردد . فشار تعادلی هیدروژن مولکولی و اتمی چند صد هزار اتمسفر است که برای انهدام و تخریب هر فلز از جمله فولاد کافی است . بر این اساس از دو شیوه مختلف برای کاهش حفره های گازی استفاده شد:

۱. استفاده از روش گاز زدایی تحت خلاء در کارخانه فولاد سازی (متالورژی ثانویه).
 ۲. نورد گرم شمش به منظور بستن حفره های گازی در صورت پیدایش احتمالی.
- آخال های آلومینایی سبب کاهش کیفیت فولاد می گردد . این نوع آخال ، پس از نورد گرم فولاد به صورت ذرات خوشه ای و زنجیروار یا رشته ای در کنار هم قرار می

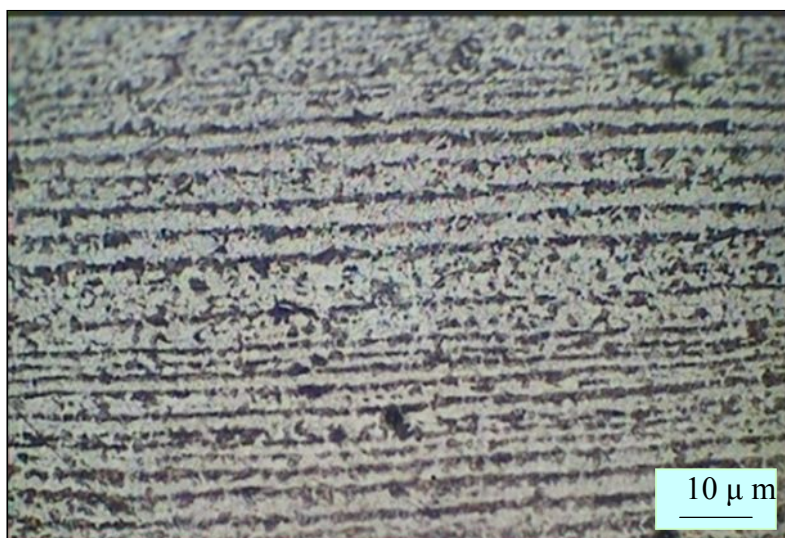
گیرند. در این حالت ، شکل ذرات غیرهندسی و دارای گوشه های تیز می باشد . تمرکز تنش در نوک شیار با کاهش شعاع زیاد می گردد و این مکان ، محل مناسبی برای خسارت هیدروژنی است . با افزایش ترکیبات کلسیم دار مانند آهک و Ca Si شکل آخال ها از حالت نوک تیز به حالت کروی مبدل گردید. گاززدایی تحت خلاء جهت کاهش آخال ها و حفره ها و همچنین استفاده بهینه از ترکیبات کلسیم دار جهت بهبود و کروی کردن آخال ها مؤثر است . استفاده بیش از حد ترکیبات کلسیم دار باعث افزایش میزان آخال ها و تبعاً کاهش کیفیت فولاد تولیدی می گردد .

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فولاد

% C	% Mn	% Si	% P(max)	% S(max)	%AL	%Cu
0.14 - 0.17	1.2 – 1.4	0.25 – 0.4	0.01	0.01	0.025-0.04	0.1-0.25
Fully Killed Steel					H2(max) = 2 ppm	

جدول ۲- خواص مکانیکی فولاد تهیه شده

Y.S Kg/mm ²	U.T.S Kg/mm ²	% EL
43	57	36



شکل (۱). ساختار فریتی - پرلیتی لوله X52 و کشیدگی دانه ها در جهت نورد