

به نام خدا

پروژه تحقیقاتی

موضوع: راهکارهای پیشگیری از خوردگی خطوط لوله های انتقال گاز

استاد مربوطه: خانم دکتر یگانه داودبیگی

پریا هاشمی پور

مهندسی شیمی

۹۹۳۱۱۱۳۲۲



مقدمه:

خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز یکی از چالش‌های اصلی صنعت نفت و گاز است که می‌تواند منجر به نشتی، انفجار، خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی، و حتی خطرات جانی شود. خوردگی نتیجه واکنش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی بین سطح فلز لوله و محیط اطراف آن است. در خطوط انتقال گاز، عواملی مانند وجود گازهای خورنده (مانند H_2S و CO_2)، رطوبت، دما و فشار بالا، و همچنین میکروارگانیسم‌ها می‌توانند این فرآیند را تسریع کنند. این مقاله به بررسی روش‌های پیشگیری از خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز، انواع خوردگی، و راهکارهای عملی برای کاهش مشکلات ناشی از آن می‌پردازد.

انواع خوردگی:

انواع خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز برای انتخاب روش‌های مناسب پیشگیری، شناخت انواع خوردگی ضروری است. برخی از انواع رایج خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز عبارت‌اند از:

خوردگی یکنواخت (Uniform Corrosion): کاهش یکنواخت ضخامت لوله به دلیل واکنش شیمیایی گسترده با محیط. این نوع خوردگی با بازرسی‌های دوره‌ای قابل کنترل است.

خوردگی حفره‌ای (Pitting Corrosion): ایجاد حفرات موضعی در سطح لوله که می‌تواند منجر به نشتی شود.

خوردگی شکافی (Crevice Corrosion): در نواحی با دسترسی محدود به اکسیژن، مانند اتصالات یا شکاف‌ها، رخ می‌دهد.

خوردگی هیدروژنی (Hydrogen-Induced Cracking): در محیط‌های گاز ترش (حاوی H_2S) به دلیل نفوذ هیدروژن به ساختار فلز ایجاد می‌شود.

خوردگی میکروبی (Microbiologically Influenced Corrosion): ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB).

خوردگی فرسایشی (Erosion-Corrosion): ترکیبی از خوردگی شیمیایی و سایش مکانیکی ناشی از جریان سیال. روش‌های پیشگیری از خوردگی برای کاهش یا پیشگیری از خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز، روش‌های متعددی به کار گرفته می‌شود که در ادامه به تفصیل بررسی می‌شوند:

استفاده از پوشش‌های محافظ:

پوشش‌های محافظ با ایجاد سد فیزیکی بین سطح لوله و محیط خورنده، از خوردگی جلوگیری می‌کنند.

انواع پوشش‌ها عبارت‌اند از:

پوشش‌های اپوکسی (FBE): پوشش‌های اپوکسی پودری (Fusion-Bonded Epoxy) به دلیل مقاومت شیمیایی بالا و سطح صاف، به‌ویژه در خطوط انتقال گاز ترش، کاربرد گسترده‌ای دارند. این پوشش‌ها افت فشار گاز را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند و هزینه‌های عملیاتی را کم می‌کنند.

پوشش‌های پلی‌اورتان: این پوشش‌ها با جامد ۱۰۰٪ مقاومت بالایی در برابر محیط‌های خورنده دارند و برای خطوط انتقال نفت و گاز توصیه می‌شوند.

پوشش‌های پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن: این پوشش‌ها به‌ویژه در خطوط لوله مدفون یا زیر دریا استفاده می‌شوند و از خوردگی خارجی جلوگیری می‌کنند.

نانوپوشش‌های کامپوزیتی: فناوری نانو با ایجاد پوشش‌های نازک و هوشمند، مقاومت در برابر خوردگی را افزایش داده و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد.

حفاظت کاتدی (Cathodic Protection): حفاظت کاتدی یکی از روش‌های مؤثر برای جلوگیری از خوردگی در خطوط لوله مدفون یا زیر دریا است. این روش با تبدیل سطح لوله به کاتد و جلوگیری از واکنش‌های آندی، خوردگی را مهار می‌کند.

دو نوع حفاظت کاتدی وجود دارد:

حفاظت کاتدی با آند فدا شونده: از فلزاتی مانند روی یا منیزیم به‌عنوان آند استفاده می‌شود که به‌جای لوله خورده می‌شوند.

حفاظت کاتدی با جریان اعمالی: جریان الکتریکی خارجی به لوله اعمال می‌شود تا از خوردگی جلوگیری کند.

استفاده از بازدارنده‌های خوردگی (Corrosion Inhibitors):

بازدارنده‌های شیمیایی با کاهش نرخ واکنش‌های خوردگی، عمر لوله را افزایش می‌دهند. این مواد در سیستم‌های خنک‌کننده، خطوط انتقال، و محیط‌های گازی کاربرد دارند.

انواع بازدارنده‌ها شامل:

بازدارنده‌های آندی: از تشکیل پیل‌های آندی-کاتدی جلوگیری می‌کنند.

بازدارنده‌های کاتدی: واکنش‌های کاتدی را مهار می‌کنند.

بازدارنده‌های ترمودینامیکی و سینتیکی: به‌ویژه برای جلوگیری از تشکیل هیدرات‌های گازی در خطوط انتقال استفاده می‌شوند.

انتخاب مواد مقاوم به خوردگی:

استفاده از مواد با مقاومت بالا در برابر خوردگی، مانند فولادهای ضدزنگ یا آلیاژهای ویژه (مانند فولادهای آلیاژی مخصوص گاز ترش)، یکی از راهکارهای اصلی است. لوله‌های کامپوزیتی و لوله‌های با لایه داخلی مقاوم (مانند فولاد ضدزنگ یا آلیاژ تیتانیوم) نیز در محیط‌های خورنده کاربرد دارند.

بازرسی و نگهداری منظم:

بازرسی‌های دوره‌ای با استفاده از روش‌های غیرمخرب (NDT) مانند تست التراسونیک، رادیوگرافی، و پایش آنلاین خوردگی، امکان شناسایی زودهنگام مشکلات را فراهم می‌کند. تکنیک‌هایی مانند پیگرانی (Pipeline Inspection Gauge) برای تمیزکاری و بررسی داخلی لوله‌ها استفاده می‌شود.

کنترل محیط:

کنترل عوامل محیطی مانند دما، رطوبت، و ترکیبات شیمیایی (مانند H_2S و CO_2) می‌تواند خوردگی را کاهش دهد. روش‌هایی مانند جداسازی آب از گاز در خطوط لوله و پایدارسازی pH محیط نیز مؤثر هستند.

روغن کاری و روان کارها:

استفاده از روغن و روان کارها برای کاهش اصطکاک و محافظت از سطح داخلی لوله‌ها در برابر خوردگی، به‌ویژه در محیط‌های حاوی CO_2 و H_2S ، اثربخش است.

مدیریت پودرهای سیاه:

پودرهای سیاه (Black Powder) ناشی از خوردگی داخلی لوله‌ها می‌توانند به تجهیزات فرآیندی آسیب برسانند. پیگرانی و نصب فیلترهای مناسب از تجمع این پودرها جلوگیری می‌کند.

چالش‌ها و مشکلات خوردگی در خطوط انتقال گاز:

خوردگی در خطوط انتقال گاز می‌تواند مشکلات متعددی ایجاد کند، از جمله:

نشتی و انفجار:

خوردگی حفره‌ای و شکافی می‌تواند منجر به نشتی گاز و حوادث خطرناک شود.

کاهش عمر تجهیزات: خوردگی باعث کاهش ضخامت لوله و نیاز به تعویض زود هنگام آن می‌شود.

آلودگی زیست‌محیطی: نشتی گاز به محیط‌زیست آسیب می‌رساند.

هزینه‌های بالا: طبق برآوردها، هزینه‌های جهانی ناشی از خوردگی در صنعت نفت و گاز به ۲,۵ تریلیون دلار در سال می‌رسد.

راهکارهای عملی و توصیه‌ها:

برای مدیریت مؤثر خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز، ترکیبی از روش‌های فوق باید به کار گرفته شود.

توصیه‌های عملی عبارت‌اند از:

طراحی مناسب: انتخاب مواد و پوشش‌ها با توجه به شرایط محیطی (مانند گاز ترش یا محیط‌های دریایی).

پایش مداوم: استفاده از سیستم‌های پایش آنالاین و بازرسی‌های دوره‌ای برای شناسایی زودهنگام خوردگی.

آموزش و نظارت: آموزش پرسنل و نظارت دقیق بر اجرای روش‌های پیشگیری.

به‌روزرسانی فناوری: استفاده از فناوری‌های نوین مانند نانو پوشش‌ها و پایش هوشمند.

نتیجه‌گیری:

خوردگی در خطوط لوله انتقال گاز یک مشکل پیچیده است که نیازمند رویکردی جامع برای پیشگیری و مدیریت است. استفاده از پوشش‌های محافظ، حفاظت کاتدی، بازدارنده‌های شیمیایی، مواد مقاوم، و بازرسی‌های منظم می‌تواند به‌طور مؤثری از خوردگی جلوگیری کند. با توجه به هزینه‌های بالای ناشی از خوردگی و خطرات زیست‌محیطی و ایمنی، سرمایه‌گذاری در روش‌های پیشگیری نه تنها از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است، بلکه به حفظ منابع طبیعی و ایمنی کارکنان نیز کمک می‌کند.

منابع:

- آرتان پرس. (۲۰۱۷). خوردگی لوله‌ها | انواع و روش‌های محافظت از آن. سعدئی، آزاد. (۲۰۰۹).
- خوردگی سطح داخلی خطوط لوله انتقال گاز ترش و نقش پوشش‌های داخلی FBE در کنترل خوردگی. دومین کنفرانس لوله و صنایع وابسته. معبودی فر، علی و میثمی، امیرحسین. (۲۰۰۶).
- بررسی محافظت از لوله‌های انتقال نفت و گاز در برابر خوردگی با استفاده از پوشش‌های پلی‌اورتان. اولین کنفرانس لوله و صنایع وابسته. جوانیان جویباری، حمید و همکاران. (۲۰۱۱).
- کاربرد فناوری نانو و پوشش‌های نازک کامپوزیتی در جلوگیری از خوردگی لوله‌های انتقال نفت و گاز. دومین همایش علوم و فناوری‌های نوین در صنعت پالایش. شاهین فلز سپاهان. (۲۰۲۲).
- روش‌های پیشگیری از خوردگی لوله فولادی. عروجی، علیرضا و حسینی نیا، سید سجاد. (۲۰۱۴).
-
- نقش پودرهای سیاه خطوط لوله انتقال گاز در مشکلات مجتمع‌های فرآیندی و راهکارهای برطرف ساختن آن. دومین همایش علمی مهندسی فرآیند پالایش و پتروشیمی. سرابچی، محمدحسن و عبدالله زاده، احسان. (۲۰۱۹).
- بررسی روش‌های تشخیص خوردگی خطوط لوله نفت و گاز توسط تست‌های غیرمخرب. هشتمین کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی.