فرایند تردی هیدروژنی چیست ؟

شرکت گاز کربنیک اردستان

مقدمه:

یکی از الزامات مهم در ذخیره‌سازی و حمل گازهای صنعتی، طبی و خاص، سازگاری مواد سیلندرها و شیر با محتوای گاز داخلی است. این سازگاری تحت تأثیر واکنش‌های شیمیایی و اثرات فیزیکی قرار دارد که یکی از مهم‌ترین این اثرات، تردی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement – HE) است.

پدیده تردی هیدروژنی چیست ؟

تردی ناشی از هیدروژن در دمای محیط و در حضور گاز های مشخص و تحت شرایط استفاده ای که مواد سیلندر یا شیر تحت تنش قرار دارند اتفاق می افتد . این نوع پدیده ترک خوردگی تنشی میتواند تحت شرایط معین ، منجر به شکست سیلندر های گاز و یا قطعات شیر حاوی هیدروژن ، مخلوط هیدروژن و سایر گاز ها شود .

گازهای مستعد ایجاد ریسک تردی هیدروژنی کدامند ؟

مطابق استاندارد ISO ۱۱۱۱٤-۱ (استاندارد ملی ۱-۱۴۶۵۵)

برخی از این گازها عبارتند از:

- هیدروژن (H_2)
- کلر (Cl_2)
- دی‌بران (B_2H_6)
- فلوئور (F_2)
- دی‌سیلان (Si_2H_6)
- دی‌کلروسیلان (SiH_2Cl_2)
- فسفین(PH_3)
- سولفید هیدروژن (H_2S)

اصفهان_خیابان امام خمینی_بعد از بیمارستان امام حسین
مجتمع تولیدی گازهای طبی، صنعتی و آزمایشگاهی اردستان
۰۹۱۳۳۰۴۳۷۶۷
۰۳۱-۳۳۸۶۳۳۳۰

حال ریسک تردی هیدروژنی در مخلوط گازهای ترد کننده چه زمانی رخ می دهد ؟

مخلوط های گازی ترد کننده، باید تحت شرایط خاصی ذخیره شوند. و ریسک تردی هیدروژنی زمانی رخ می‌دهد که فشار جزئی گاز بیشتر از ۵۰ بار و سطح تنش مواد به اندازه کافی بالا باشد.

چه نوع سیلندر هایی مناسب ذخیره کردن هیدروژن هستند ؟

سیلندرهای H-type مخصوص ذخیره‌سازی گاز هیدروژن طراحی شده‌اند. به دلیل ویژگی‌های خاص این گاز، این سیلندرها از مواد مقاوم‌تری نسبت به سیلندرهای معمولی ساخته می‌شوند. معمولاً از فولاد آلیاژی با استحکام بالا یا کامپوزیت‌های پیشرفته مانند فیبر کربن ساخته می‌شوند تا قادر به تحمل فشارهای بالا (تا ۷۰۰ بار) باشند. برای جلوگیری از واکنش‌های شیمیایی میان هیدروژن و فلزات، در داخل این سیلندرها از پوشش‌های ضد خوردگی استفاده می‌شود. سیلندرهای H-type تحت آزمون‌های فشاری و تست‌های ترک‌خوردگی هیدروژنی قرار می‌گیرند تا ایمنی در شرایط ذخیره‌سازی و حمل گاز هیدروژن تضمین شود. و همچنین طبق استاندارد ISO-۹۸۰۹ (استاندارد ملی INSO ۷۹۰۹)، برای سیلندرهای فولادی بدون درز، میزان استحکام کششی نباید بیشتر از ۹۵۰ مگاپاسکال باشد تا از ایجاد خطرات احتمالی ناشی از تردی هیدروژنی جلوگیری شود.

بطور کلی ساده ترین راه برای جلوگیری از وقوع این پدیده این است که از جذب هیدروژن به اتصالات و قطعات پیش از به کار گیری و ورود آن ها به سیکل عملیات کاری، ممانعت شود. توصیه می شود که برای پوشش دهی اتصالات از حمام های شستشو و پوشش دهی با هیدروژن کم استفاده شود.

این در حالی است که برای فولادهای با استحکام بالا که سختی بیشتر از ۴۰ HRC دارند، پیش از فرایند پوشش دهی باید عملیات تنش زدایی در دمای ۱۵۰ تا ۲۳۰ درجه سانتی گراد انجام شود. بلافاصله بعد از پوشش دهی نیز باید قطعات به مدت ۴ ساعت در کوره ای با حداقل دمای ۱۹۰ تا ۲۱۰ درجه سانتی گراد (بسته به استحکام کششی قطعات) گرم شوند.

در این مرحله قطعات تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد گرم می شوند تا هیدروژن جذب شده از فلزات خارج شود. حرکت هیدروژنی اتمی از درون یک فلز، نوعی فرایند دیفوز یونی است که به دما و زمان وابسته است. هرچه استحکام فلز بیشتر باشد، برای نفوذ به دما و زمان بیشتری نیز نیاز دارد.

توجه داشته باشید که این کار باید پیش از ایجاد هرگونه ترک ناشی از وجود تنش های باقی مانده و حداکثر یک ساعت بعد از پوشش دهی قطعات انجام شود تا هیدروژن زدایی به خوبی انجام شده و از خطر تردی هیدروژنی کاسته شود.

البته در مقایسه با سایر پدیده‌های مشابه، تردی هیدروژنی هیچ گونه علائم ظاهری و ماکروسکوپیک قابل مشاهده ندارد. همچنین، با روش‌های متداولی چون متالوگرافی، سختی‌سنجی و... قابل شناسایی نیست. این امر باعث می‌شود که تشخیص این پدیده در مراحل اولیه دشوار باشد و در نهایت، شکست قطعه به صورت ناگهانی و بدون هشدار قبلی رخ دهد.

کدام گازها خطر تردی هیدروژنی ندارد؟

برخی گازهایی که بر مطابق استاندارد ISO ۱۱۱۱۴-۱ (استاندارد ملی ۱۴۶۵۵-۱) خطر تردی هیدروژنی ندارند و از وقوع این پدیده به دور هستند عبارتنداز :

- آرگون (Ar)
- بوتان (C_4H_{10})
- اتیلن (C_2H_4)
- متان (CH_4)
- نیتروژن (N_2)
- زنون (Xe)
- اکسیژن (O_2)
- و ...

منابع و ماخذ :

- متن استاندارد ISO ۱۱۱۴-۱
- https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/hydrogen-embrittlement#:~:text=Hydrogen%۲۰embrittlement%۲۰describes%۲۰a%۲۰phenomenon,in%۲۰catastrophic%۲۰failures%۲۰in%۲۰□□□□□□□□.

اصفهان_خیابان امام خمینی_بعد از بیمارستان امام حسین
مجتمع تولیدی گازهای طبی، صنعتی و آزمایشگاهی اردستان
۰۳۱-۳۳۸۶۳۳۳۰ ۰۹۱۳۳۰۴۳۷۶۷