

## فصل نهم

# بررسی دلایل خوردگی لوله های آبده

MSRP Group

دیواره چاه (Casing)، پمپ شناوری زیر سطحی (submersible centrifugal pump) و لوله های آبدۀ همیشه در معرض خوردگی ضعیف تا شدید قرار دارند. علارغم وجود احتمال خوردگی در هر محیط آبی، کیفیت آب، استفاده از فلزات غیر مشابه و افزودنی های شیمیایی نرخ خوردگی را به شدت افزایش می دهند. خوردگی عبارت است از تجزیه شیمیایی فلز. در تجهیزات زیر زمینی دو مکانیزم کلی خوردگی عبارتند از خوردگی گالوانیکی (Galvanic corrosion) و اکسید شدن یکنواخت (Uniform corrosion).

خوردگی یکنواخت عبارت است از خوردۀ شدن سطح فلز که معمولاً در pH کم رخ می دهد. در فولاد زنگ نزن خوردگی یکنواخت زمانی رخ می دهد که قدرت اسیدی محیط به حدی برسد که لایه غیر فعال سطحی را از بین برده و به سطح برسد. خوردگی گالوانیکی عبارت است از خوردۀ شدن فلز بدلیل اتصال الکتریکی دو فلز غیر هم جنس در یک سیال هادی الکتریسته (الکترولیت). پتانسیل الکتریکی متفاوت دو فلز باعث هدایت جریان از فلز کمتر نجیب (آند) به فلز پایدارتر (کاتد) می شود. در طی این فرآیند، اتم ها از آند کنده شده و به سمت کاتد با بار مثبت می روند. محیط خاک بدلیل تفاوت در غلظت یون ها، رطوبت، درصد اکسیژن و دما می تواند پیل گالوانیک موضعی ایجاد کند. این پدیده باعث بروز خوردگی گالوانیک در لوله جدار می شود. شدت این خوردگی در صورت وجود نشی در کابل های انتقال جریان و تولید جریان سرگردان تشدید می شود. همچنین حضور یون های رسانا مانند کلر باعث تسهیل در این خوردگی می شود (شکل ۱).

## ۹-۲ ملاحظات عمومی

برای حل مشکل خوردگی گالوانیک در لوله های آبدۀ باید تا حد امکان از تماس فلزات غیر مشابه جلوگیری کرد. گر چه این عمل بدلیل تفاوت جنس فلز پمپ، لوله های سر چاه، شیر آلات سر چاه و شبکه های پمپ (screen) بسیار مشکل است، اما باید تا حد امکان در مواردی مانند اتصال لوله های آبدۀ توسط فلنج یا کوپل (coupl) از اتصال

فلزات غیر مشابه جلوگیری کرد. استفاده از فولاد های ضد زنگ بدلیل مقاومت بسیار بالا به خوردگی در اکثر محیط های به شدت خورنده، قویا توصیه می شود. مکانیزم کاری این مواد تولید یک لایه غیر فعال و جلوگیری از تماس سیال با سطح فلز است. در صورت صدمه دیدن سطح غیر فعال با خراش یا سایش، سطح فولاد ضد زنگ به شدت مستعد خوردگی می شود. علاوه بر فرسایش و خراش، درصد بالای یون کلر نیز به شدت لایه غیر فعال را از بین می برد و باعث تولید خوردگی موضعی شدید در سطح فولاد می شود. در مواردی که کلر از حد مشخصی بالاتر باشد (جدول ۱)، نوع فولاد ضد زنگ باید تغییر کند. این تغییر دارای هزینه بسیار بالایی است که در بیشتر موارد مرتبط با آب نوشیدنی فاقد توجه اقتصادی می باشد. هزینه بسیار بالای خرید لوله های ضد زنگ عامل بازدارنده استفاده وسیع از این لوله ها می باشد و در مقابل لوله های گالوانیزه پیشنهاد می شود. این لوله ها هزینه تولید بسیار کمتری نسبت به فولاد ضد زنگ دارند و حداکثر تنها ۵۰٪ گرانتر از لوله های فولاد معمولی هستند. این لوله ها در چاه هایی با نرخ متوسط خوردگی کارایی بسیار مطلوبی دارند. در چاه های با عمق کم می توان از لوله های غیر آهنی مانند لوله های انعطاف پذیر (flexible) و لوله های pvc استفاده کرد. مهمترین مانع در استفاده از این لوله ها که مقاومت بسیار بالایی در مقابل خوردگی دارند استحکام کم آنهاست که توان تحمل وزن پمپ و وزن خود را در عمق های بالا ندارند.

### ۳-۹ کنترل خوردگی

نرخ خوردگی تابعی از میزان جریان آندی است و هر عاملی که بتواند آن را کاهش داده یا حذف کند نرخ خوردگی را کاهش می دهد. این عوامل عبارتند از:

- ۱- حذف آند یا کاتد
- ۲- پوشش دهی آند یا کاتد
- ۳- حذف اتصال بین فلزات غیر مشابه

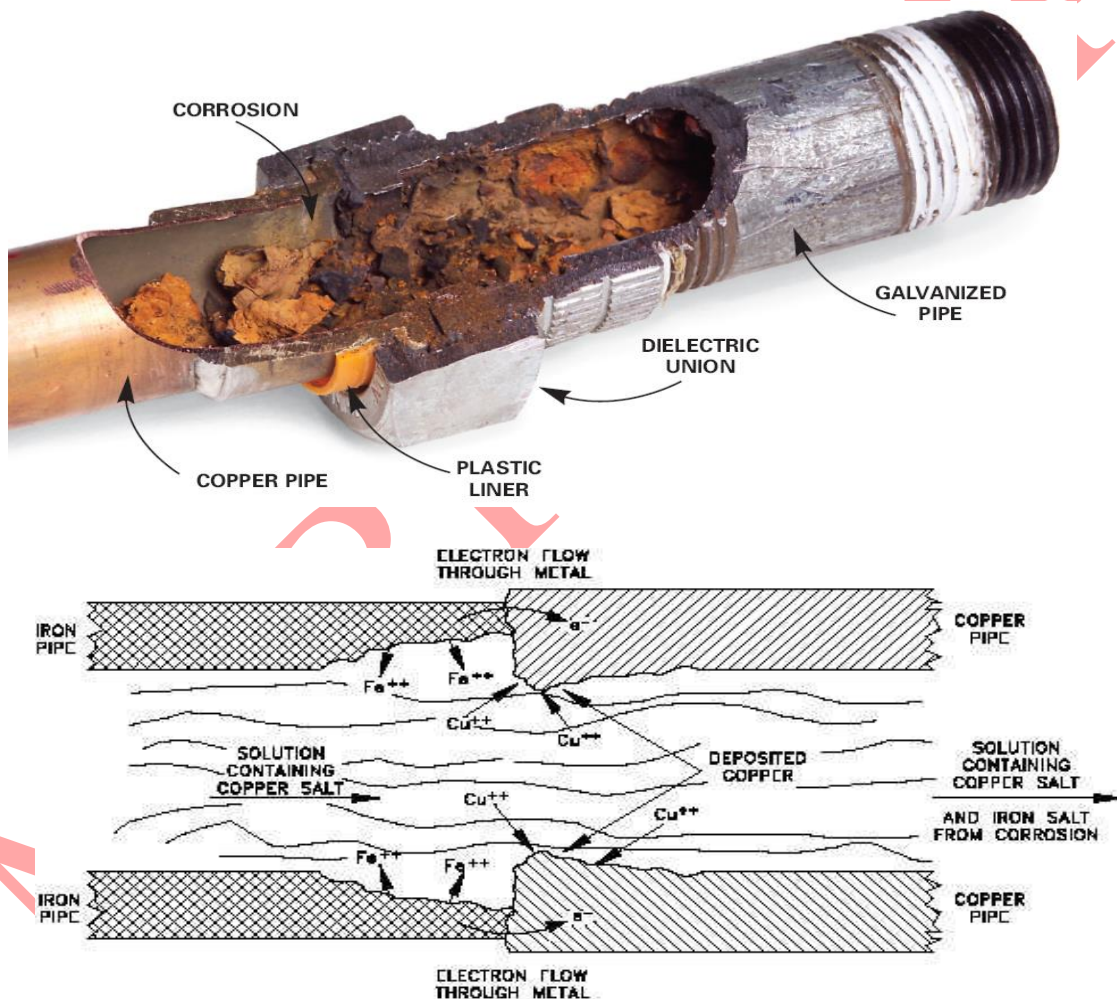
۴- کاهش نسبت کاتد به آند

۵- استفاده از آند ضخیم بجای آند نازک

۶- استفاده از جریان معکوس

۷- استفاده از آند فدا شونده

۸- کاهش سرعت سیال



شکل ۹-۱. نمونه یک لوله خورده شده با مکانیزم خوردگی گالوانیک.

جدول ۹-۱. نوع فولاد ضد زنگ مورد نیاز با تغییر درصد کلر آب.

| Chloride level         | Suitable grades                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|
| <200 ppm               | 1.4301 (304), 1.4307 (304L), 1.4404 (316L)               |
| 200 - 1000 ppm         | 1.4404 (316L), (duplex 2205)                             |
| 1000 - 3600 ppm        | 1.4462 (duplex 2205), 6% Mo superaustenitic, superduplex |
| >3600 ppm and seawater | 6% Mo superaustenitic, superduplex                       |

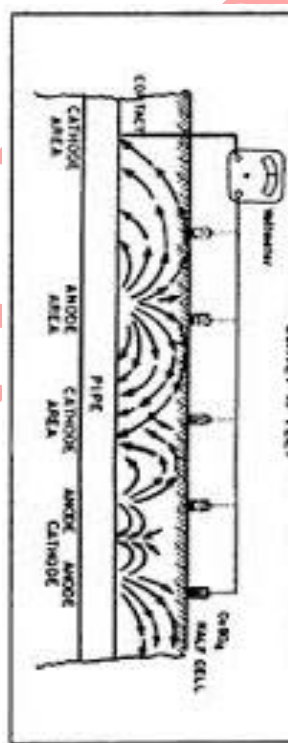
در مواردی که نمی توان از اتصال فلزات غیر همجنس استفاده نکرد باید حتما محل اتصال با عایق هایی و اشر مانند عایق بندی الکتریکی شوند. این عمل از نرخ خوردگی می کاهد. در مکان های تماس فولاد معمولی با فولاد ضد زنگ پدیده خوردگی موضعی به شدت تشدید می شود و باید از لوله با پیچیدن نوارهای محافظ مانند نوار تفلن به دو سر لوله ها از هر دو سمت ، از خوردگی موضعی جلوگیری کرد. می توان در موارد خاصی آند را پوشش داد تا از خوردگی آن جلوگیری شود.

حفاظت کاتدی یکی از راه های متداول در حفاظت لوله های جدار است. در این شرایط یک جریان برق مستقیم DC در خلاف جهت جریان خورنده بین آند (دیواره لوله جدار) و کاتد (خاک اطراف لوله جدار) برقرار می کنند و با این روش نرخ خوردگی به شدت کاهش می یابد (شکل ۲). علاوه بر حفاظت کاتدی با کمک جریان الکتریسته می توان از حفاظت کاندی با کمک آند فدا شونده نیز استفاده کرد. در این روش یک قطعه آند فدا شونده برای مثال روی، روی سطح لوله جدار یا آبدسته می شود. آند در این شرایط خورده شده و از لوله حفاظت می کند. از این روش در حفاظت لوله های آبدسته و جدار استفاده می شود همچنین در نزدیک پمپ های گران قیمت و روی لوله آبدسته استفاده از روش آند فدا شونده کاملاً مرسوم است ( شکل ۳). برای حفاظت با این دو روش حتما باید الکترولیت حضور داشته باشد تا جریان کاملاً برقرار شود. بهمین دلیل استفاده از این دو روش برای لوله آبدسته تنها در زیر محیط آب عملی است.

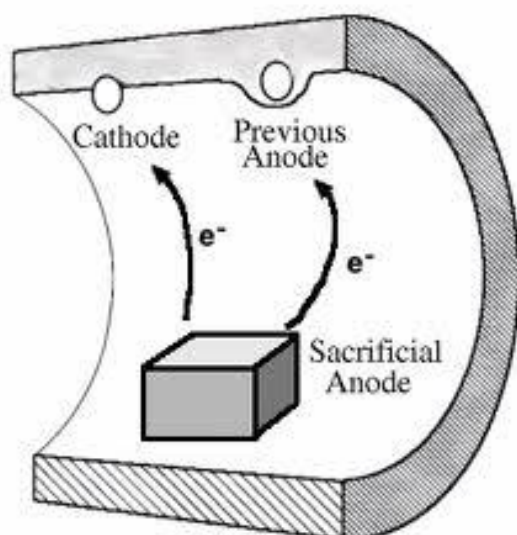
سرعت ورود سایل از پمپ نیز باید به شکلی باشد که حداقل سایش را ایجاد کند و از تخریب لایه غیر فعال در فولاد ضد زنگ یا از سایش فولاد معمولی جلوگیری شود. این سرعت ۰/۴ foot/ sec برای فولاد ضد زنگ سری ۳ و ۳ foot/ sec برای فولاد معمولی است.

#### ۹-۴ کوپل couple

انصال دو لوله آبدۀ حتما باید از جنس فلز لوله باشد. اتصال های موجود از جنش های متنوعی شامل PVC، برنز بدون سرب، فولاد ضد زنگ، فولاد گالوانیزه و فولاد معمولی هستند. در صورت استفاده از جنس متفاوت پیل گالوانیکی ایجاد می شود که به شدت نرخ خوردگی را افزایش می دهد.



شکل ۹-۲. نمونه حفاظت کاتدی با کمک جریان مستقیم



شکل ۳-۹. نمونه حفاظت کاتدی با کمک آند فدا شونده

عوامل متعددی بر خوردگی گالوانیک اثر دارند از جمله: ۱- دمای محیط که با افزایش آن نرخ خوردگی افزایش می یابد. ۲- میزان یون های آب که با افزایش آنها رسانایی آب زیاد شده و نرخ خوردگی زیاد تر می شود. ۳- سطح آند به کاتد: هر چه سطح کاتد کمتر باشد از نظر مقاومت به خوردگی بهتر بوده و نرخ خوردگی کمتر است. می توان محل اتصال را با تجهیزاتی مانند pipe dope یا pipe seadant عایق کاری کرد تا از اتصال لوله و کوپل (فلنج) جلوگیری شود و نرخ خوردگی کاهش یابد (شکل ۴). مشاهده شده است که کوپل های ضد زنگ می توانند با لوله گالوانیزه نیز تا مدت بسیار زیادی کارایی خود را حفظ کنند.



شکل ۴-۹. نمونه عایق الکتریکی خمیری و جامد.