بسم الله
الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

دانشکده علوم پایه – گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد "***M.Sc***"

گرایش : مهندسی محیط زیست

عنوان:

جایگزینی روش حفاظت کاتدیک به جای تزریق کلر در سیستم های خنک کننده آب دریا و بررسی اثرات زیست محیطی آن

استاد راهنما:

دکتر رضا پولادی

استاد مشاور:

دکتر صاحبعلی منافی

نگارش:

سید خلیل آذری

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم به

روح مادرم همو که تا ابد غم رفتنش بر دلم می ماند
و به پدر مهربانم

سپاسگذاری

از تمامی کسانی که مرا در نگارش این پایان نامه یاری کردند تشکر میکنم.
و تشکر ویژه از جناب آقای دکتر پولادی و دکتر منافی به خاطر همکاری های بی دریغشان.
از آقای ایمان لطفی به پاس همکاری های بی دریغشان در تهیه این پایان نامه کمال تشکر را دارم.نهایت تشکر و قدردانی را از جناب آقای مهندس احمد ابراهیمی ریاست تعمیرات مجتمع سروش و نوروز شرکت ملی نفت ایران به خاطر همکاری و رهنمودهایشان در این پروژه و همچنین کمک به تهیه بودجه آن را دارم.از جناب آقای مهندس علی آبادی ریاست محترم عملیات منطقه نفتی بهرگان به خاطر کمک های دلسوزانه شان کمال تشکر و قدردانی را دارم.از گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد شاهرود بویژه دکتر پرچ و دکتر شیرچی قدردانی می نمایم.

چکیده

در بخش اول ابتدا مختصری از اصول حفاظت کاتدی شرح داده می شود وسپس به توضیح اثرات منفی تزریق هیپوکلرید سدیم و مضرات آن طبق اطلاعات شیمیایی شرکت ملی صنایع شیمیایی وزارت نفت می پردازیم وشرح می دهیم که چرا می خواهیم تزریق یون مس را جایگزین تزریق هیپوکلرید سدیم بنماییم.

از سال های گذشته در ایران به جهت جلوگیری از خوردگی خطوط لوله از حفاظت کاتدیک استفاده می شده است.اما برای حفاظت خوردگی درون لوله های آب شور دریا تمهیداتی اندیشه نشده است.

همچنین صنایعی که از آب دریا به جهت خنک کاری استفاده می کردند و همچنین صنایعی که آب دریا را شیرین و به مصارف صنعتی و مصارف عمومی از جمله آب شرب می رسانده اند با مشکل ***Marine growths*** یا همان تجمع موجودات میکروسکپی مواجه بوده اند.

شایان ذکر است که تجمع ***Marinre growths*** درون لوله های مبدل های حرارتی همچنین باعث کاهش انتقال حرارت می شود که باید برای حل این مشکل راه کاری اندیشیده شود.

برای حل این مشکل صنایع از تزریق هیپوکلرید سدیم استفاده می کرده اند که در مقادیر زیاد و کنترل نشده سمی و خطرناک می باشد و به محیط زیست دریایی ضرر می رساند.

همچنین تهیه سل های(***cells***)دستگاه کلر ساز (***Choloropack***)به جهت تحریم های اعمال شده تقریبا غیر ممکن است زیراانحصار تولید این سل ها در اختیار چند کشور محدود می باشد و علاوه بر هزینه های سرسام آور هم اکنون تهیه آن ها میسر نمی باشد.

در این مقاله سعی شده است تا با جایگزینی روش حفاظت کاتدیک علاوه بر کنترل تجمع ***Marine growths*** با تزریق یون مس همچنین از تزریق یون آلومینیم به جهت کنترل خوردگی نیز استفاده شود.

این بدین معنی است که با یک سیستم کنترلی دو هدف سودمند (هم جلوگیری از تجمع موجودات ریز دریایی و هم جلوگیری از خوردگی درون لوله ها)محقق شود.

بنابراین با توجه به نیاز شرکت نفت فلات قاره از شرکت های اقماری شرکت ملی نفت ایران این پروژه در منطقه نفتی بهرگان اجرا شده و مقدمات اجرای آن در شرکت نفت قشم نیز در حال آماده سازی طراحی و اجرا می باشد.

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۳

فصل اول ٤

حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده ٤

۱-۱ مبنای علمی حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده ٥
شکل(۱-۱). حفاظت کاتدی خطوط لوله مدفون در خاک بکمک آند منیزیمی ٦
شکل(۱-۲). ناحیه آندی و کاتدی و تبادل یون ها ٦
شکل(۱-۳). اتصال صفحه روی به صفحه آهنی و توقف خوردگی آهن ۸
۱-۲ انواع سیستمهای حفاظت کاتدی ۸
۱-۳ معیار حفاظت کاتدی ۹
۱-۴ مزایا و معایب سیستم آند فداشونده نسبت به روش اعمال جریان ۹
شکل(۱-۴). شیب تافل برای حفاظت کاتدی ۱۰
(۲-۵). تغییرات پتانسیل سازه های فولادی نسبت به الکترود مرجع در هنگام قطع و وصل جریان ۱۱
شکل(۲-۷). الکترود مرجع مس/ محلول اشباع سولفات سدیم ۱۲
شکل(۲-۸). تبدیل پتانسیل الکترودهای مرجع مختلف به یکدیگر ۱۳
۱-۵ موارد کاربرد سیستم آند فداشونده ۱٤
۱-۶ اجزاء تشکیل دهنده سیستم حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده ۱٥
۱-۷ حفاظت کاتدی در محیط های مرطوب یا در تماس با آب دریا ۱٦
۱-۷-۱ تاریخچه ۱٦
۱-۷-۲ اصول حفاظت کاتدی ۱۷
۱-۷-۳ مزایا و کاربردهای حفاظت کاتدی ۱۸
۱-۷-۴ لوازم اساسی برای حفاظت کاتدی ۲۰
۱-۷-۵ فاکتورهای طراحی ۲۱
۱-۷-۵-۱ ملاحظات اولیه ۲۱
۱-۷-۵-۲ سطح پتانسیل و توزیع ۲۲
۱-۷-۵-۳ جنبه های اقتصادی تصمیمات ۲۲
۱-۷-۵-۴ مسائلی که باید از آنها اجتناب ورزید ۲۳
۱-۷-۵-۵ انواع تجهیزات ۲٤
۱-۸ هیپوکلرید سدیم و اثرات زیست محیطی آن ۲٥
۱-۸-۱ هشدارهای حفاظتی ۲٥
۱-۸-۲ اثرات زیست محیطی ۲٦
۱-۸-۳ کمکهای اولیه ۲٦
۱-۸-۴ مشخصات فیزیکی و شیمیایی ۲٦

جدول(۱-۱). مشخصات فیزیکی و شیمیایی هیپو کلریت سدیم ۲۶
۱-۸-۵ هیپوکلرید سدیم از نظر سم شناسی ۲۷
۱-۸-۶ پایداری و برهم کنش های هیپوکلریت سدیم ۲۷
۱-۸-۷ مقررات حمل و نقل هیپوکلریت سدیم ۲۷
۱-۸-۸ تری هالومتان ها، محصول خطرناک کلرزنی ۲۸

فصل دوم ۲۹

مروری بر کارهای گذشته ۲۹

جدول(۲-۱). جدول نیمه عمر **NAOCL** در دماهای متفاوت ۳۴

فصل سوم ۳۹

روشها و آزمایشات و تجهیزات ۳۹

۳-۱ تجمع جلبکهای دریایی ۳۹
شکل(۳-۱). تجمع جلبک های دریایی ۴۰
شکل(۳-۲). سیستم تولید و تزریق کلر ۴۱
۳-۲ سیستم تزریق کلر ۴۱
جدول(۳-۱). مقایسه سیستم کلرزنی و حفاظت کاتدی ۴۱
۳-۳ ضرورت استفاده از سیستم حفاظت کاتدیک در شرکت نفت فلات قاره ۴۲
۳-۳-۱ به جهت استفاده در بارج شناور سورنا ۴۲
شکل(۳-۳). آند هاي مس و آلومينيم كه در ورودي آب كشتي قرار گرفته اند ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳-۲ به جهت استفاده در سیستم خنک کاري سکوهاي شرکت نفت فلات قاره ۴۳
۳-۴ آزمایشات ۴۴
۳-۴-۱ سیستم بکار رفته در بارج سورنا ۴۴
شکل(۳-۴). سیستم کنترل مرکزي **MGPS** به جهت استفاده در بارج سورنا ۴۵
شکل(۳-۵). نحوه ي قرار گرفتن آند ها درون ورودي ها ۴۶
شکل(۳-۶). نحوه ي قرار گرفتن آند ها درون فیلتر ها ۴۷
۳-۴-۲ سیستم بکار رفته در سکو ها ۴۷
شکل(۳-۷). گروه آند ها ي مس و آلومينيم در یک پکیج جهت نصب در زیر **LIFT PUMP** ۴۸
شکل(۳-۸). نمایی از سیستم بکار رفته روی یک سکو ۴۹
۳-۵ نحوه طراحي و محاسبه سیستم حفاظت کاتدیک ۵۰
جدول(۳-۲). میزان متوسط جریان طراحی شده اولیه و نهایی ۵۱
جدول(۳-۳). ثابتهای مربوط به محاسبه فاکتور ضریب شکست ۵۱

جدول(۳-٤). محدودیتهای پیشنهادی برای مواد بکار رفته در آند و کاتد ٥٢
جدول(۳-٥). ظرفیت الکتروشیمیایی و پتانسیل جریان بسته برای مواد آند در دمای محیط آب دریا ٥٢
۳-۶ محاسبه میزان وزن کلي آنده به جهت عبور جریان متوسط مورد نیاز ٥٢
۳-۷ محاسبه میزان جریان کلي خروجي آندها به جهت تضمین میزان جریان مورد نیاز ٥٣
۳-۸ آماده سازی آزمایش ٥٣
جدول(۳-٦). نتایج حاصل از نمونه آزمایش مسی و آلومینیومی ٥٥
جدول(۳-۷). ترکیب شیمیایی آند آلومینیومی ٥٥
جدول(۳-۸). ترکیب شیمیایی آند مس ٥٦
۳-۹ مراحل اجرای عملی طرح ٥٦
۳-۹-۱ اجرای حفاظت کاتدیک **MGPS** در پایانه سورنا ٥٦
۳-۹-۲ اجرای حفاظت کاتدیک **(MGPS)** در سکوی نفتی سروش ٥٧

فصل چهارم ٥٩

نتیجه گیری و آنالیز آزمایشات ٥٩

۴-۱ نتایج حاصل از تزریق یون مس یون آلومینیوم ٦٠
جدول(٤-۱). جدول زمانبندی جریان اعمال شده ٦٠
جدول(٤-۲). میزان تزریق یون آلومینیم ٦١
۴-۲ اثرات زیست محیطی ٦٢

فصل پنجم ٦٤

پیشنهادات ٦٤

پیشنهادات ٦٥

منابع و مأخذ ٦٦

منابع فارسی ٦٦
منابع لاتین ٦٧

فهرست جداول

جدول(۱-۱). مشخصات فیزیکی و شیمیایی هیپو کلریت سدیم ۲۶
جدول(۱-۲). جدول نیمه عمر NAOCL در دماهای متفاوت ۳٤
جدول(۳-۱). مقایسه سیستم کلرزنی و حفاظت کاتدی ٤۱
شکل(۳-۳). آند هاي مس و آلومينيم كه در ورودي آب كشتي قرار گرفته اند **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
جدول(۳-۲). میزان متوسط جریان طراحی شده اولیه و نهایی ۵۱
جدول(۳-۳). ثابتهای مربوط به محاسبه فاکتور ضریب شکست ۵۱
جدول(۳-٤). محدودیتهای پیشنهادی برای مواد بکار رفته در آند و کاتد ۵۲
جدول(۳-۵). ظرفیت الکتروشیمیایی و پتانسیل جریان بسته برای مواد آند در دمای محیط آب دریا ۵۲
جدول(۳-٦). نتایج حاصل از نمونه آزمایش مسی و آلومینیومی ۵۵
جدول(۳-۷). ترکیب شیمیایی آند آلومینیومی ۵۵
جدول(۳-۸). ترکیب شیمیایی آند مس ۵٦
جدول(٤-۱). جدول زمانبندی جریان اعمال شده ٦۰
جدول(٤-۲). میزان تزریق یون آلومینیم ٦۱

فهرست شکل ها

شکل(۱-۱). حفاظت کاتدی خطوط لوله مدفون در خاک بکمک آند منیزیمی ٦
شکل(۱-۲). ناحیه آندی و کاتدی و تبادل یون ها ٦
شکل(۱-۳). اتصال صفحه روی به صفحه آهنی و توقف خوردگی آهن ۸
شکل(۱-۴). شیب تافل برای حفاظت کاتدی ۱۰
شکل (۲-۵). تغییرات پتانسیل سازه های فولادی نسبت به الکترود مرجع در هنگام قطع و وصل جریان ۱۱
شکل(۲-۷). الکترود مرجع مس/ محلول اشباع سولفات سدیم ۱۲
شکل(۲-۸). تبدیل پتانسیل الکترودهای مرجع مختلف به یکدیگر ۱۳
شکل(۳-۱). تجمع جلبک های دریایی ٤۰
شکل(۳-۲). سیستم تولید و تزریق کلر ٤۱
شکل(۳-۴). سیستم کنترل مرکزي MGPS به جهت استفاده در بارج سورنا ٤٥
شکل(۳-۵). نحوه ي قرار گرفتن آند ها درون ورودي ها ٤٦
شکل(۳-۶). نحوه ي قرار گرفتن آند ها درون فیلتر ها ٤۷
شکل(۳-۷). گروه آند ها ي مس و آلومینیم در یک پکیج جهت نصب در زیر LIFT PUMP ٤۸
شکل(۳-۸). نمایی از سیستم بکار رفته روی یک سکو ٤۹

مقدمه

حفاظت کاتدی یک روش الکتروشیمیایی برای کنترل خوردگی است . در روش حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده با اتصال یک فلز فعالتر به فلزی که قرار است حفاظت شود یک پیل گالوانیک بوجود می آورند و واکنشهای اکسیداسیون در آند متمرکز شده و از خوردگی کاتد جلوگیری می شود . شکل(۱-۱) یک سیستم ساده حفاظت کاتدی را نشان می دهد . در این شکل لوله فولادی مدفون در خاک می باشد ودر اثر اتصال به آند منیزیمی که در همان خاک قرار دارد، بطور کاتدی محافظت می شود . این روش عمدتاً برای حفاظت خوردگی فولاد کربنی در محیطهای مختلف مثل آب دریا، خاک، بتن و بسیاری از محیطهای خورنده دیگر بکار می رود . اگر حفاظت کاتدی بطور صحیح طراحی، اجراء و پایش شود بخوبی می تواند از خوردگی در چنین سیستم هایی جلوگیری کند [۱].

حفاظت کاتدی برای اولین بار در سال ۱۸۲۰ توسط آقای همفری دیوی برای نیروی دریایی بریتانیا مطرح شد . در سال ۱۹۳۰ این روش بطور گسترده در سواحل ایالات متحده آمریکا و برای حفاظت خوردگی خطوط فشار قوی نفت و گاز بکار گرفته شد[۱]. خطوط لوله دارای پوشش می باشد و امروزه پوشش های مدرن و با کیفیت بالا بر روی لوله ها اعمال می شود . بنابراین حفاظت کاتدی در این حالت فقط از بروز خوردگی در نقایص پوشش جلوگیری می کند . تلفیق پوشش و حفاظت کاتدی در کلیه سازه های فولادی مدفون در خاک به استثناء سکوهای دریایی استخراج نفت و بتن های مصلح بکار می رود .

در ناحیه غوطه وری سکوهای دریایی معمولاً بدون پوشش می باشد. در این حالت اعمال حفاظت کاتدی باعث تغییر شیمیایی آب دریا در مجاورت پایه های سکو دریایی شده و رسوب طبیعی و سفید رنگی بر روی سطح پایه ها تشکیل می شود .

در بتن های مسلح، لایه بتن اگر ضخامت کافی داشته باشد می تواند از خوردگی فولاد جلوگیری کند . زمانیکه ضخامت لایه کم باشد یا به دلایلی لایه بتن از بین برود و یا نتواند شرایط لازم برای حفاظت فولاد را فراهم آورد، اعمال حفاظت کاتدی می تواند این موضوع را جبران کرده و موجب کنترل خوردگی آرماتورهای فولادی شود [۱].

فصل اول
حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده

۱-۱ مبنای علمی حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده

فلزات در حالت پایدار خود به صورت اکسید و یا سنگ معدن وجود دارند . بنابراین حالت فلزی تمایل جهت بازگشت به حالت پایدار یعنی حالت اکسیدی دارد . پدیده بازگشت فلز به حالت اکسید فلز خوردگی نامیده می شود . خوردگی یک فرآیند الکتروشیمیایی است که در آن تبادل الکترون انجام می شود[۱].

شکل عمومی واکنش اسیدی یا خوردگی بصورت زیر است :

$$M^{+} + e^{-} \rightarrow M$$

مثلاً در مورد آهن

$$2e^{-} + Fe^{+2} \rightarrow Fe$$

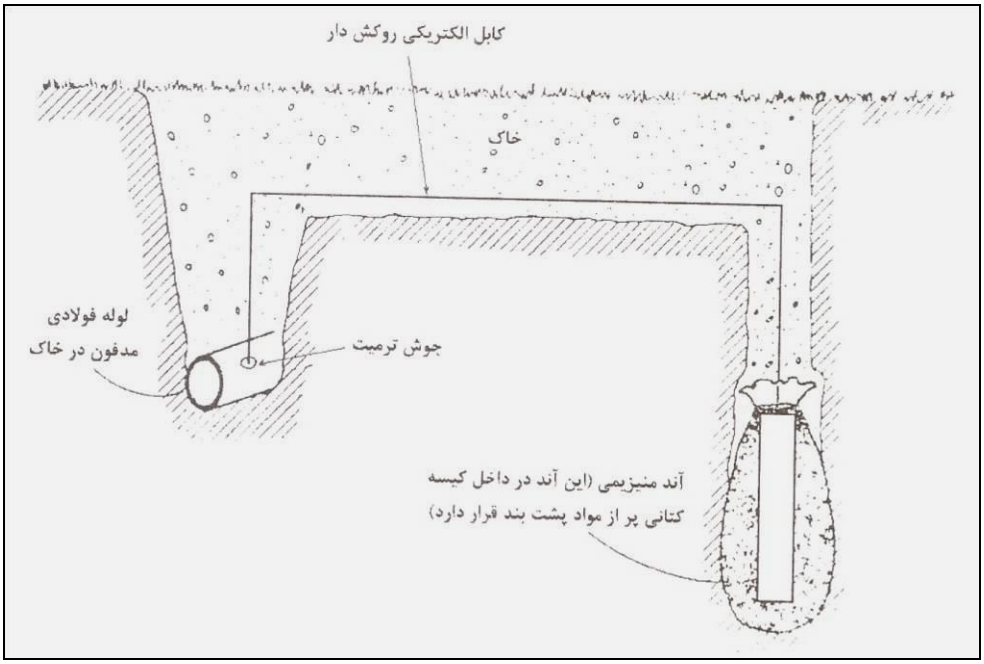
الکترون به وجود آمده در سطح فلز حرکت کرده و خود را به نواحی کاتدی (نواحی که در واکنش خود نیاز به الکترون دارند) می رساند شکل(۱-۲). در الکترولیت های اسیدی واکنش کاتدی به صورت آزاد شدن گاز هیدروژن می باشد.

$$H_2\uparrow \rightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$$

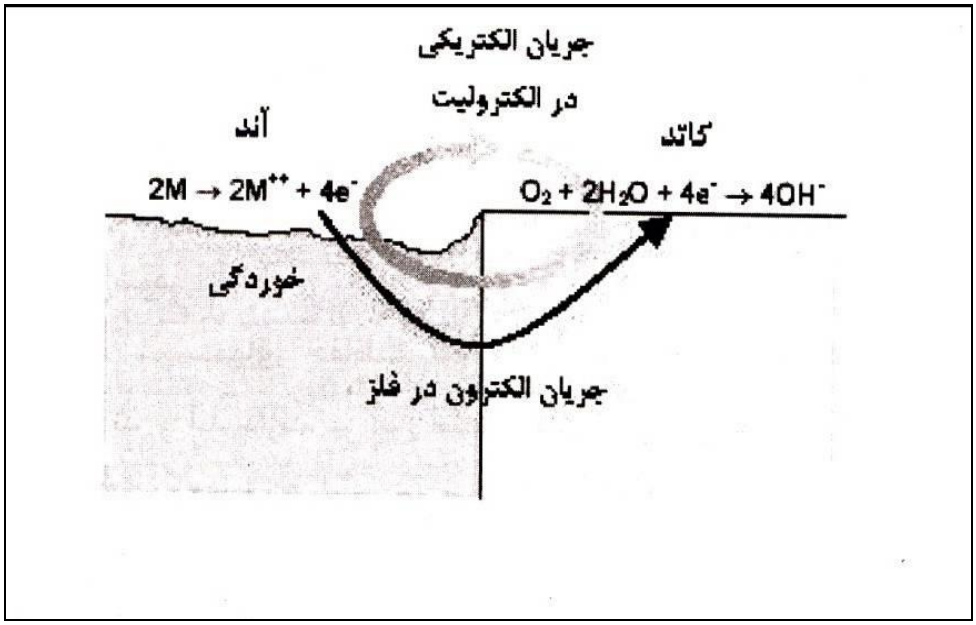
در الکترولیت های خنثی واکنش حفاظت کاتدی شامل مصرف شدن اکسیژن می باشد .

$$4OH^{-} \rightarrow O2 + 2H_2O + 4e^{-}$$

بنابراین خوردگی درآند انجام می شود و در کاتد خوردگی رخ نمی دهد . اساس حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده نیز مشابه واکنش های بالا بر مبنای خوردگی یا فداشدن آند و محافظت کاتد استوار است . در این حالت آند و کاتد دو فلز متفاوت بوده که دارای ارتباط الکتریکی با یکدیگر می باشند . برای روشن تر شدن موضوع مثال دیگری ارائه می شود.



شکل(۱-۱). حفاظت کاتدی خطوط لوله مدفون در خاک بکمک آند منیزیمی



شکل(۱-۲). ناحیه آندی و کاتدی و تبادل یون ها

فرض کنید دو فلز آهن و روی مطابق شکل(۱-۳) بدون ارتباط الکتریکی با یکدیگر در ظرف حاوی اسید ضعیف هیدروکلریک (HCL) قرار گرفته باشند . واکنش های زیر در سطح فلز آهن رخ می دهد :

$$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \quad \text{(واکنش اکسیداسیون)}$$

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \quad \text{(واکنش احیاء)}$$

$$H_2\ Fe^{2+} \rightarrow 2H^+ + Fe \quad \text{(واکنش کلی)}$$

واکنش فلز روی نیز بدین قرار است .

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad \text{(واکنش اکسیداسیون)}$$

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \quad \text{(واکنش احیاء)}$$

$$H_2\ Zn^{2+} \rightarrow 2H^+ + Zn \quad \text{(واکنش کلی)}$$

در این حالت هر دو فلز خورده می شوند. به عبارت دیگر واکنش خوردگی دو فلز بطور مستقل از یکدیگر انجام می شود [۲].

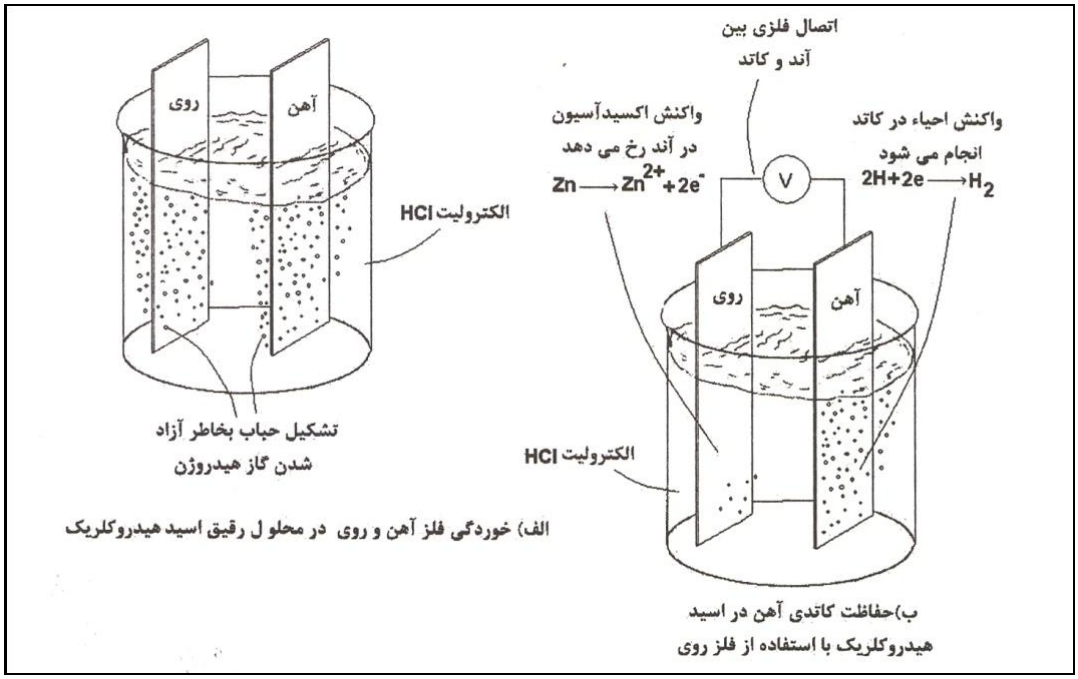
اگر دو فلز در همان اسید، ارتباط الکتریکی با یکدیگر داشته باشند تقریباً تمام واکنش اکسیداسیون در فلز روی متمرکز می شود . واکنش احیاء بدون یون هیدروژن روی سطوح آهن و روی انجام می شود .

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad \text{(واکنش اکسیداسیون)}$$

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \quad \text{(واکنش احیاء)}$$

در این حالت اکسیداسیون آند روی سریعتر از حالت قبل بوده و خوردگی در فلز آهن تقریباً متوقف می شود . به عبارت دیگر آند روی بطور کاتدی موجب خفاظت خوردگی آهن که نقش کاتد دارد می شود . البته ممکن است مقداری خوردگی در آهن رخ دهد . مقدار این واکنشها بستگی به اندازه فلز روی و آهن در ظرف مزبور دارد . با طراحی صحیح می توان سرعت خوردگی در کاتد را به مقدار قابل صرفه نظر رساند . این حالت اصطلاحاً حفاظت کاتدی نامیده می شود .

بنابراین کلیه سیستمهای حفاظت کاتدی نیاز به کاتد، الکترولیت و ارتباط الکتریکی بین کاتد و آند دارند . بر این اساس امکان اجرای حفاظت کاتدی در محیط اتمسفر وجود ندارد . هوا الکترولیت ضعیف بوده و امکان اجرای حفاظت کاتدی در محیط اتمسفر وجود ندارد[۲] .



شکل(۱-۳). اتصال صفحه روی به صفحه آهنی و توقف خوردگی آهن

برای حفاظت کاتدی فولاد، از فلزات فعال مثل روی، آلومینیوم و یا منیزیم استفاده می شود[۲].

۱-۲ انواع سیستمهای حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی به دو روش آند فدا شونده و روش اعمال جریان قابل اجرا می باشد. حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده در حقیقت تشکیل پیل گالوانیکی می باشد . فلزی که موقعیت آن در سری گالوانیکی پائین تر است (فلز فعالتر)، نسبت به فلز دیگر در پیل گالوانیکی، حالت آند خواهد داشت و در طی واکنش های الکتروشیمیایی مصرف (فدا) می شود . فلزی که فعالیت شیمیایی آن کمتر است، به دلیل ورود جریان ناشی از نواحی آندی به سطح آن، تحت حفاظت کاتدی قرار می گیرد. سطح پتانسیل سازه الکترولیت، جهت حفاظت کاتدی تفاوتی با روش اعمال جریان ندارد. پتانسیل لازم، توسط خوردگی فلزات فعال مثل منیزیم یا روی تأمین می شود. در این حالت آند در اثر خوردگی، قربانی می شود . بنابراین در فواصل مشخص زمانی بایستی آندهای جدید جایگزین آندهای قربانی شده، گردد . در طراحی سیستم حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده پارامترهای متعددی مثل جنس آند، ابعاد فیزیکی آندها، موقعیت مکانی آندها، روش نصب و ... باید در نظر گرفته شود [۲].

شکل (۱-۴) نمونه ای از سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان را نشان می دهد . در این حالت خط لوله به قطب منفی رکتیفایر و آندها به قطب مثبت آن متصل می شوند . بر خلاف آندهای فداشونده، آندهای

اعمال جریان نیازی به داشتن خاصیت فعال و یا آندی نسبت به فولاد ندارند و حتی برای افزایش عمر سیستم حفاظت کاتدی لازم است آندهای اعمال جریان دارای مقاومت خوردگی مطلوبی باشند . به همین خاطر به ندرت از فلزات فعال به عنوان آند استفاده می شود . بنابراین اگر آندهای اعمال جریان بطور مستقیم به خط لوله متصل شوند، نسبت به آن حالت کاتدی داشته و موجب افزایش سرعت خوردگی در خطوط لوله می شود. در حقیقت منبع تغذیه جریان موجب می شود که آندهای مزبور نقش فعال و اعمال جریان داشته باشند[۲].

۱-۳ معیار حفاظت کاتدی

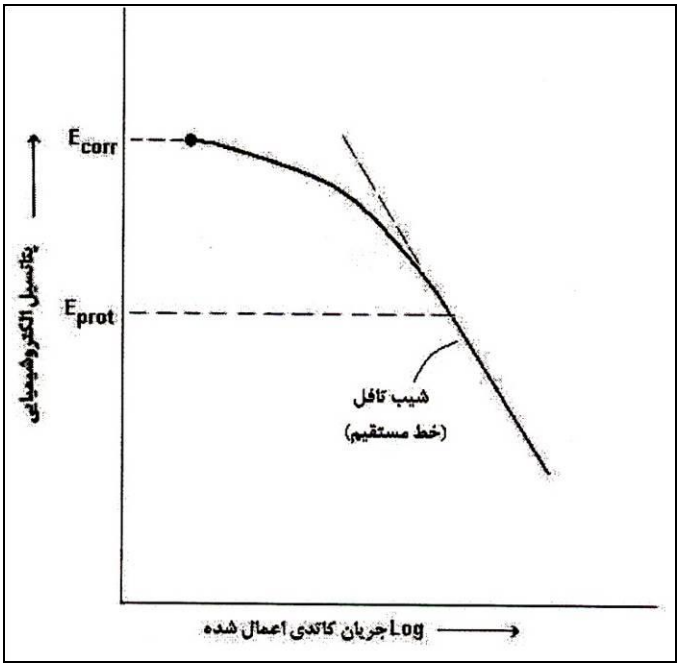
اگر میزان جریان حفاظت کاتدی کمتر از مقدار لازم باشد، خوردگی کاتد بطور کامل کنترل نخواهد شد . در مقابل اگر جریان حفاظت کاتدی بیش از مقدار لازم باشد، موجب به وجود آمدن حالت حفاظت بیش از حد می شود .

۱-۴ مزایا و معایب سیستم آند فداشونده نسبت به روش اعمال جریان

مزایای حفاظت کاتدی به روش آند فداشوده نسبت به روش اعمال جریان به شرح زیر می باشد.

۱- سادگی سیستم و همچنین کمتر بودن تجهیزات آن نسبت به روش اعمال جریان (نیاز به ترانس رکتیفایر ندارد).

۲– قابلیت اعتماد آن بیشتر از روش اعمال جریان بوده و در نتیجه پایش آن از اهمیت کمتری نسبت به روش اعمال جریان برخوردار است. بنابراین در سازه های بسیار حساس مثل برخی از مخازن زیرزمینی و یا سکوهای دریایی که در صورت بروز نقص در سیستم اعمال جریان و مشخص نشدن به موقع آنها می تواند آسیبهای مالی و جانی فراوانی به دنبال داشته باشد، ترجیحاً از روش آند فداشونده استفاده می شود. ضریب اطمینان سیستم آند فداشونده در حدی است که در بعضی کتابها از اصطلاح" پس از نصب و اجرا آنرا فراموش کن" جهت بیان ضریب اطمینان بالای این روش استفاده می کنند . البته این موضوع دلیلی بر عدم نیاز این روش به پایش نمی باشد و عبارت مزبور جهت نشان دادن عملکرد خوب سیستم آند فداشونده به صورت یک اصطلاح بیان شده است[۱].



شکل(۱-۴). شیب تافل برای حفاظت کاتدی

۳– در سیستم اعمال جریان کابل متصل به آندها در شرایط بحرانی قرار دارد و چنانچه پوشش آن دچار آسیب شود، بر اثر بروز خوردگی در کابل مسی و قطع شدن آن، آندها از مدار خارج می شوند.در سیستم آند فداشونده کابل متصل به آندها در پتانسیل منفی قرار داشته و شرایط بحرانی روش اعمال جریان وجود ندارد.

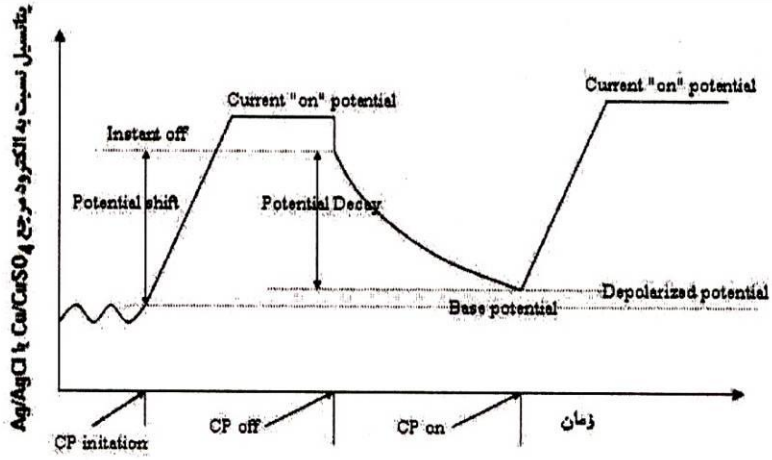
۴– هزینه نصب و نگهداری روش آند فداشونده کمتر روش اعمال جریان است (مخصوصاً در حالتی که جریان لازم جهت حفاظت کاتدی در هر ۳۰ متر طول سازه ۰/۵ آمپر و یا کمتر باشد. به عبارت دیگر زمانی که جریان کمی برای حفاظت کاتدی لازم است، روش آند فداشونده به مراتب هزینه کمتری نسبت به روش اعمال جریان دربردارد).

۵– امکان بروز تداخل جریان و بروز حفاظت بیش از حد در سیستمهایی که در آنها روش آند فداشونده بکار رفته است تقریباً صفر می باشد .

معایب سیستمهای آند فداشونده عبارتند از :

۱- در سیستم آند فداشونده اختلاف بین پتانسیل آند و کاتد، عامل ایجاد جریان حفاظت کاتدی می باشد. بدلیل محدودیت پتانسیل محرکه، جریان خروجی از آندها محدود و کم می باشد و آندها باید در اطراف سازه و در فاصله کمی از آن توزیع شوند . به عبارت دیگر سطحی که توسط یک آند حفاظت می شود کوچک و

محدود خواهد بود. در روش اعمال جریان به دلیل آنکه محدودیت نیروی محرکه وجود ندارد، آندها می توانند در فاصله دور از سازه تحت حفاظت قرار گیرند. این سیستمها را سیستمهای آندی راه دور می نامند .



شکل(۶) تغییرات پتانسیل سازه‌فولادی نسبت به الکترود مرجع در هنگام قطع و وصل جریان حفاظت کاتدی[۵]

(۲-۵). تغییرات پتانسیل سازه های فولادی نسبت به الکترود مرجع در هنگام قطع و وصل جریان

بر اساس اطلاعات عملی روش آند فداشونده در موارد زیر توجیه اقتصادی ندارد.

الف) در خاکهای با مقاومت ویژه بالا آند روی در خاکهای با مقاومت ویژه ۱۰۰۰ اهم- سانتیمتر و یا کمتر و آندهای منیزیمی برای خاکهای تا مقاومت ویژه ۵۰۰۰ اهم- سانتیمیتر بکار می رود.

ب) در سازه های بزرگ

ج) در سازه های با پوشش ضعیف

در مقابل اعمال جریان را می توان برای سازه های بزرگ، پیچیده، برهنه و یا با پوشش ضعیف بکار برد. به عبارت دیگر اگر چگالی جریان مورد نیاز بیش از یک میلی آمپر بر فوت مربع باشد، نباید از روش آند فداشونده استفاده شود .

۲- جریان لازم توسط خوردگی ذاتی آندها تأمین می شود بنابراین درصدی از آند صرف حفاظت از سیستم و مقداری از آن در اثر خودخوری آند از بین خواهد رفت .