

بررسی خوردگی میکروبی در لوله‌های آب آتش‌نشانی نیروگاه شهید رجایی و روش‌های کنترل از آن

مظفر کیان بخش

شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی

ایران

واژه‌های کلیدی: باکتری احیاء کننده سولفات (SRB)، خوردگی میکروبی، کیت تشخیص، لوله‌های آتش‌نشانی، ویال کشت

چکیده

میکروارگانیزمها در همه جای طبیعت یافت می‌شوند. بسیاری از میکروارگانیزمها سودمند هستند در حالی که برخی دیگر غیر سودمند می‌باشند که بر بسیاری از فرآیندهای صنعتی تأثیرگذار می‌باشند. یکی از مسائل و مشکلات عمده در تمام سیستم‌هایی که به نحوی با آب سر و کار دارند مشکل خوردگی و از نوع خوردگی میکروبی می‌باشد. یکی از واحدهای مهم در تأسیسات صنعتی از جمله نیروگاهها واحد آب آتش‌نشانی است. مسئله خوردگی در لوله‌های آب آتش‌نشانی از جمله مواردی است که می‌تواند منجر به عدم قابلیت مدیریت اطفاء حریق‌های خاموش‌شونده توسط آب در زمان مناسب‌شود که این امر می‌تواند باعث صدمه به جان کارکنان و تحمیل خسارت‌های مالی شود. در مقاله حاضر پس از شرح مختصری در مورد خوردگی میکروبی به بررسی اجمالی اثر این نوع خوردگی در لوله‌های آب آتش‌نشانی نیروگاه شهید رجایی پرداخته و بعضی از روش‌های جلوگیری

و کنترل از این نوع خوردگی مورد بحث قرار گرفته و مقایسه‌ای از روند خوردگی قبل و بعد از اقدامات کنترلی انجام شده در نیروگاه و اثرات مثبت این اقدامات کنترلی در کاهش روند خوردگی لوله‌ها اشاره می‌شود و در انتها نتیجه بحث ارائه می‌گردد.

۱- مقدمه

وجود میکروارگانیزمها بر بسیاری از فرآیندهای صنعتی تأثیر می‌گذارد، طبیعت و ماهیت میکروارگانیزم مربوطه و نوع فرآیند صنعتی، تعیین کننده مفید بودن یا مخرب بودن آن میکروارگانیزم برای فرآیند مزبور می‌باشد. برای مثال باکتری زوگلوئیل در لجن فعال شده و در تصفیه خانه پساب سود رسانند زیرا تولید ماده حاوی پلی‌ساکارید نموده و به دیگر باکتریها کمک به گوارش مواد آلی می‌کند در غیر اینصورت مواد آلی وارد جریان دریافت کننده پساب شده و ایجاد آلودگی می‌نماید. برخلاف آن باکتری احیاء کننده

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

خوردگی میکروبی نوع جدیدی خوردگی نیست بدین معنا که در محیطهایی که شرایط مناسب باشد (نظیر دمای کمتر از ۹۸ درجه سانتیگراد، pH حدود خنثی و سرعت حرکت آب نیز کمتر از ۱/۵ متر در ثانیه باشد) میکروارگانیسمهای خاصی شروع به رشد و تکثیر و تشدید خوردگی می‌کنند. این میکروارگانیسمها گاه با موادی که تولید می‌کنند نیز بطور مستقیم بر روند خوردگی تأثیر می‌گذارند (نظیر اسید سولفوریک با pH گاه کمتر از ۲ که توسط باکتریهای اکسید کننده گوگرد تولید میشود) و گاه مانند باکتریهای اکسید کننده آهن ترکیباتی بوجود می‌آورند که باعث انسداد لوله‌ها می‌گردد و یا مانند باکتریهای احیاء کننده سولفات با مصرف هیدروژن کاتدی توسط آنزیمهای خاص خود روند خوردگی را تشدید میکند. [۳]

۲-۱- باکتریهای احیاء کننده سولفات

باکتریهای احیاء کننده سولفات (SRB)، از زیان بخش‌ترین باکتریها هستند. در شکل ۲، دو نمونه از باکتریهای احیاء کننده سولفات مشاهده می‌شوند:



شکل ۲- دو نمونه از انواع باکتریهای احیاء کننده سولفات [۳]

۲-۲- مکانیسم خوردگی باکتریهای احیاء کننده سولفات

مکانیسم‌های مختلفی برای خوردگی باکتریهای احیاء کننده سولفات پیشنهاد شده است که از مهمترین آنها مکانیسم دیپلاریزاسیون کاتدی و تشکیل زوج گالوانیکی سولفید آهن با آهن می‌باشد. در مکانیسم دی‌پلاریزاسیون کاتدی در خوردگی آهن نظر بر این است که یک فیلم هیدروژن روی سطح فلز را می‌گیرد و سطح آن را پلاریزه می‌کند باکتریهای SRB با برداشتن هیدروژن کاتدی از طریق آنزیم هیدروژن از که از

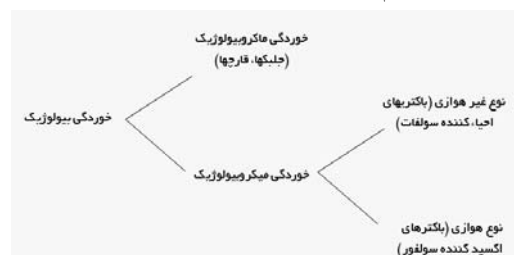
سولفات (SRB) Sulphate Reducing Bacteria در آب‌های راکد (آب آتش‌نشانی) می‌توانند اثرات بدی بر بازده بهره‌برداری از طریق خوردگی آهن و رسوبدهی ایجاد نمایند. [۲]

از موضوعاتی که در بخش‌های مختلف صنعت بسیار مشکل آفرین است مسئله خوردگی فلزات میباشد. بیش از یک قرن است که نقش میکروارگانیسم‌ها در خوردگی فلزات مورد توجه محققین قرار گرفته است؛ اما علی‌رغم این زمان طولانی هنوز نیز نقش آنها به درستی شناخته نشده است. ایده خوردگی میکروبی با آنکه در کشور ما از لحاظ نظری شناخته شده است اما از جنبه عملی چندان دارای مفهوم نیست. یکی از واحدهای مهم در تأسیسات صنعتی از جمله نیروگاهها واحد آب آتش‌نشانی است. مشخص است ضرورت وجود چنین واحدی برای کلیه نیروگاهها مرتبط با مواد قابل احتراق در درجه اول جلوگیری از گسترش حریق و دامنه آن است. لذا هر گونه مشکلی که در این سیستم به وجود آید، دارای اهمیت حیاتی است زیرا واحد آتش‌نشانی از واحدهای اضطراری است و باید نسبت به عملکرد آن بسیار دقیق بود. [۳]

یکی از راههای مبارزه با این نوع خوردگی تعویض و جایگزین نمودن محلهای خوردگی با فلزات و مواد جدید می‌باشد. هر چند این راه حل ساده به نظر می‌رسد اما در واقع راه حل اساسی نبوده و فقط باعث به تعویق افتادن موقتی خوردگی می‌باشد. [۴]

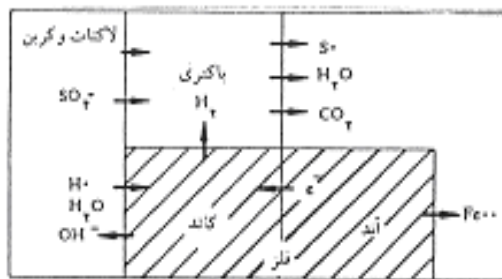
۲- خوردگی میکروبی:

خوردگی میکروبی نوعی خوردگی است که تحت تأثیر فعالیت باکتریها صورت می‌گیرد. و بر اساس مصرف اکسیژن بصورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود: شکل (۱)



شکل ۱- تقسیم بندی انواع خوردگی بیولوژیکی بر اساس مصرف اکسیژن [۳]

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق



شکل ۴- تصویری از تشکیل زوج گالوانیکی آهن با سولفید توسط باکتری احیاء کننده سولفات [۱]

۳-۲- روش‌های تشخیص خوردگی میکروبی (باکتری‌های SRB)

از مهمترین روش‌های تشخیص باکتری SRB میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

استفاده از محیط کشت میکروبی، استفاده از کیت‌های تشخیص باکتری‌های SRB، روش‌های آنالیز مستقیم با استفاده میکروسکوپ، تست پادتن (آنتی بادی) های مخصوص، بررسی DNA و ... اشاره نمود. [۵]

۴-۲- روش‌های کنترل خوردگی میکروبی

از نقطه نظر مهندسی بررسی راه‌های کنترل خوردگی میکروبی دارای اهمیت فراوان باشد بسیاری از این روش‌ها بر اساس مطالعات تجربی استوارند روش‌های کنترل عبارتند از:

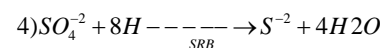
- ۱- کاربرد مواد مقاوم در برابر خوردگی
- ۲- بکار بردن روکش‌های محافظ بر روی سطوح فلزی
- ۳- ایجاد بعضی از انواع پوشش‌ها و یا آسترهای روئین بر روی فلز بطور خود بخودی یا کنترل شده
- ۴- ته‌نشین ساختن خودبخودی بعضی از مواد محافظ، مثل رسوبات کلسیم دار بر روی سطح فلز
- ۵- استفاده از بیوسید (میکروب‌کش) ها برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و به موازات آن، تمیز کردن منظم سیستم در حال کار.
- ۶- استفاده از روش‌های بازرسی غیر مخرب (N.D.T) می‌تواند در بررسی کمی و کیفی این خوردگی بسیار مفید باشد. روش‌هایی که به غیر از مشاهده مستقیم می‌توان استفاده کرد

طریق خود ترشح می‌کنند قادر هستند آن را جهت احیاء یونهای سولفات به مصرف رسانیده و بدین ترتیب ناحیه کاتدی را دی‌پلاریزه می‌کنند که این امر سبب افزایش در خوردگی فلز می‌شود. برای مثال در خوردگی فولاد، واکنشهای انجام شده بصورت زیر می‌باشد.



دی‌پلاریزاسیون کاتدی

باکتری احیاء کننده سولفات



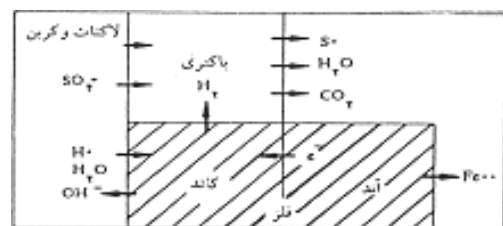
محصول خوردگی



واکنش

نهایی $7) 4Fe + SO_4^{-2} + 4H_2O \rightarrow 3Fe(OH)_2 + FeS + 2OH^{-}$
اگر باکتری‌های احیاء کننده سولفات وجود نداشته باشد، واکنش‌های تا معادله ۳ بیشتر انجام نمی‌شود. یون سولفید تولید شده به شدت بر واکنش‌های کاتدی و آندی تأثیر می‌گذارد.

مکانیسم دی‌پلاری را که بعضی از محققان ارائه نموده‌اند تشکیل زوج گالوانیکی آهن با سولفید آهن می‌باشد در این مکانیسم فیلم سولفید آهن تشکیل شده توسط باکتری احیاء کننده سولفات خود بصورت جاذب هیدروژن کاتدی عمل می‌نماید در این حالت سولفید آهن به عنوان کاتد عمل نموده و با فولاد تشکیل یک‌زوج گالوانیکی را می‌دهد و عمل دی‌پلاریزاسیون کاتدی که توسط باکتری سولفید روی سطح فلز ایجاد شده سبب خوردگی آن می‌شود. [۱]



شکل ۳- تصویری از تئوری و مکانیسم دی‌پلاریزاسیون کاتدی [۱]

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

از نقطه نظر کیفی آب آتش‌نشانی نیروگاه دارای مشخصات ذیل می‌باشد: (جدول ۱)

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آتش‌نشانی نیروگاه شهید رجایی

شماره	واحد	مقدار	نوع آزمایش
۱	s/cm μ	۸۵۸	کنداکتیویته (conductivity)
۲	$^{\circ}\text{C}$	۲۲	دما (T)
۳	Mg/lit	۱۰۰	سختی کلسیم
۴	Mg/lit	۱۵۰	سختی کل
۵	Mg/lit	NIL	قلیائیت نسبت به فنل p
۶	Mg/lit	۱۸۰	قلیائیت نسبت به متیل M
۷	Mg/lit	۲۲	سیلیس (SiO_2)
۸	Mg/lit	۱۶۵	سولفات (SO_4)
۹	Mg/lit	۱۶/۵	نیترات (NO_3)
۱۰	Mg/lit	۶۳۰	کل املاح حل شده (TDS)
۱۱	Mg/lit	۱/۹۹	ذرات معلق (SS)
۱۲	Mg/lit	۱/۸۵	آهن کل (TFe)
۱۳	Mg/lit	۸/۹	فسفات (PO_4)
۱۴	Mg/lit	۰/۱۸	آمونیاک (NH_3)
۱۵	—	۷/۸	pH

۳-۲- خوردگی میکروبی در لوله‌های آب آتش‌نشانی:

از آنجائیکه آب در لوله‌های آتش‌نشانی بصورت راکد می‌باشد لذا اکسیژن محلول در آب در اثر پدیده نفوذ (diffusion) و انتشار از آب جدا شده و محیط به تدریج غیر هوازی (anaerobic) می‌شود این آب که معمولاً به دلیل ضد عفونی نبودن دارای مواد مغذی لازم برای رشد تکثیر و فعالیت میکروارگانیسم‌ها است محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌های تشدید کننده خوردگی و بخصوص انواع غیر هوازی از جمله SRB ایجاد می‌کند این باکتریها به تدریج با وجود آوردن بیوفیلم، محیطی را بوجود می‌آورند که می‌تواند دارای شرایط فیزیکی - شیمیایی کاملاً متفاوت از آب بیرون از بیوفیلم باشد و موجبات رشد باکتری‌های مذکور و به عبارت دیگر تشدید کننده خوردگی می‌باشند.

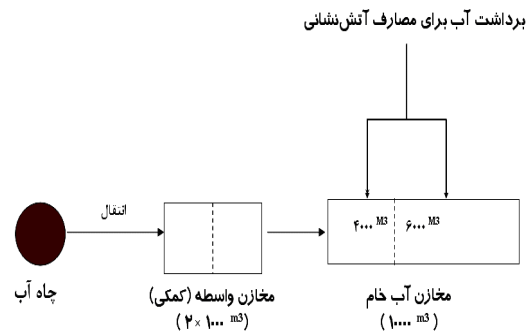
عبارتند از: رادیوگرافی، اولتراسونیک و استفاده از تغییرات آمپدانس.

۳- سیستم لوله‌های آب آتش‌نشانی نیروگاه

این سیستم از فولاد کربنی ساخته شده است که باید بتوانند برای یک مدت طولانی آب خام را که روی آن هیچ عمل خاصی (از لحاظ تصفیه و غیره انجام نشده است) به طور راکد و بی حرکت در خود نگهدارند. متراژ کل لوله بطور تقریبی ۲۷۰۰ متر است و دارای ۵۰ عدد هیدرانت و حجم آب کل داخل لوله‌ها ۷۷۶۶۰۰ متر مکعب می‌باشد و فشار خط 10 bar بوده و دبی آب ورودی ۱۲۰ لیتر در دقیقه است ضمناً موقعی این دبی مورد نیاز است که فشار خط از ۱۰ بار به ۹ بار تقلیل یابد در این صورت پمپ‌های آتش‌نشانی بصورت خودکار به مدار آمده و کمبود فشار خط لوله را جبران می‌کند و بعد از جبران فشار خط، پمپ‌ها از مدار خارج می‌شود.

۳-۱- چگونگی تأمین آب و مشخصات آن:

آب آتش‌نشانی بوسیله چاههایی عمیقی که در بیرون از نیروگاه (در فاصله ۵ کیلومتری) قرار دارد تأمین می‌شود. بدین ترتیب که آب ابتدا وارد مخزن واسطه شده و بعد بوسیله پمپ‌های انتقالی به مخزن اصلی آب خام انتقال داده می‌شود از مخزن اصلی برای مصارف مختلف نیروگاه از جمله آب آتش‌نشانی استفاده می‌شود. در شکل ۵ نمای کلی مخازن واسطه و اصلی به همراه ظرفیت آنها نشان داده شده است. (شکل ۵). [۶]



شکل ۵ - مسیر تأمین آب آتش‌نشانی در نیروگاه

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

۳-۳- چگونگی تشخیص خوردگی میکروبی از نوع SRB در لوله‌های آب آتش‌نشانی

جهت تشخیص خوردگی میکروبی در لوله‌های آب آتش‌نشانی از روش شمارش تعداد باکتریها و کیت‌های تشخیص وجود یا عدم وجود باکتری SRB در میلی لیتر نمونه آب استفاده شده است.

در روش شمارش تعداد باکتریهای SRB ابتدا از محل‌های مندرج در جدول شماره ۲ نمونه‌برداری بعمل آمده که پس از تست میکروبی تعداد باکتریهای SRB در میلی لیتر نمونه آب بدست آمد.

جدول ۲- ایستگاههای نمونه‌برداری و تعداد باکتریهای SRB در میلی لیتر نمونه آب را نشان می‌دهد

محل نمونه‌برداری	میانگین تعداد باکتری SRB در 1ml نمونه
مخزن واسطه	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری
مخزن اصلی (خروجی از مخزن برداشت آب برای آتش‌نشانی)	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری
ابتدای خط آتش‌نشانی در واحد	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری
اواسط خط آتش‌نشانی در واحد	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری
انتهای خط آب آتش‌نشانی در واحد	بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری

همانطوریکه قبلاً اشاره شد آب چاه در ابتدا وارد مخزن واسطه شده که تعداد باکتریهای آنها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باکتری بوده است و از طرف دیگر به علت راکد بودن آب داخل لوله‌های آتش‌نشانی، رنگ آن سیاه شده بود. پس از آنکه به وجود باکتریها در لوله‌های آب آتش‌نشانی به وسیله کیت‌های تشخیص باکتری از نوع SRB پی برده شد نسبت به خارج نمودن آبهای راکد خطوط آتش‌نشانی به صورت منظم و تزریق زیست‌کش (Biocide) مناسب بطور همزمان اقدام شد. از آنجائیکه حمل و نقل و ایمنی استفاده از ترکیبات کلردار خطرات کمتری نسبت به گاز کلر داشته و همچنین به دلیل سابقه استفاده هیپوکلرید سدیم در قسمت‌های دیگر نیروگاه و

تصاویر ۸، ۹ و ۱۰ محل‌های خوردگی میکروبی در لوله‌های آب آتش‌نشانی نیروگاه را نشان می‌دهد.

برای ترمیم محل‌های خوردگی با استفاده از ورق کربن استیل (ST37) به ابعاد مورد نیاز به ضخامت ۶ میلی متر به روش جوشکاری قوس الکتریکی (SMAW) با الکتروود E7018 به اندازه ۲.۵ میلی متر و با پلاریته DCEP انجام گردید. لازم به ذکر است پس از عملیات جوشکاری، خوردگی در محل‌های جوش رؤیت نشده است.



شکل ۶- خوردگی در لوله آب آتش‌نشانی (قسمت درونی)



شکل ۷- خوردگی لوله آب آتش‌نشانی و محل‌های جوش



شکل ۸- محل‌های خوردگی لوله آب آتش‌نشانی و جوشکاری آنها

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

از نظر اقتصادی، ماده مذکور بعنوان زیست‌کش اکسید کننده جهت جلوگیری از تکثیر باکتریها و کنترل آنها جهت تزریق به خط اصلی آب آتش‌نشانی انتخاب گردید. شکل ۹ سیستم تزریق هیپوکلرید سدیم به خط اصلی آب آتش‌نشانی را نشان می‌دهد.



شکل ۹- سیستم تزریق هیپو کلرید سدیم

و اندازه‌گیری کلر باقی‌مانده پس از اتمام تخلیه و تزریق بیوسید ویال‌های کشت تا مدت زمان ۲۸ روز سیاه نشده که نشان دهنده کاهش باکتری SRB در لوله‌های آتش‌نشانی می‌باشد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) در جداول شماره ۳ و ۴ عملیات تزریق هیپوکلرید سدیم، تخلیه آب و مقدار کلر باقیمانده در سال ۸۰ و ۸۷ را نشان می‌دهد. همانطوری که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در قبل و در ابتدای تزریق هیپوکلرید سدیم و تخلیه آب، رنگ آب داخل لوله‌ها سیاه بوده ولی بتدریج با تزریق هیپوکلرید سدیم و تخلیه آب در فواصل زمانی منظم به طوری که همه خطوط عملیات تخلیه و تزریق در آن صورت پذیرفته، رنگ آب شفاف و کلر باقیمانده در آن در حد ppm ۰/۲ بوده است. (جدول شماره ۴)

ضمناً پس از انجام عملیات فوق بمنظور اطمینان از وجود یا عدم وجود باکتری SRB از کیت‌های تشخیص باکتری در فواصل زمانی مشخص استفاده گردیده است.

در ابتدا که تخلیه آب از لوله‌های آتش‌نشانی و تزریق بیوسید انجام نمی‌شد ویال‌های کشت در کمتر از یک هفته سیاه شده که نشانه‌ی وجود باکتری‌های SRB در محل‌های نمونه‌گیری می‌باشد ولی همزمان با تزریق بیوسید و تخلیه آب آتش‌نشانی

جدول ۳- فرم مربوط به وضعیت کیفیت آب آتش‌نشانی در هنگام تزریق هیپوکلرید سدیم و تخلیه آن در سال ۸۰

تاریخ	زمان شروع تخلیه خط	زمان تزریق محلول	استراک پمپ تزریق (l)	محل‌های نمونه‌برداری	رنگ ظاهری آب (کفیر)	کلر باقی‌مانده (P.P.M)	زمان پایان تخلیه
۸۰/۱۰/۱۱	۱۰:۳۰	۱۰:۳۰	۱۰۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	سیاه	مشاهده نگردید.	
۸۰/۱۰/۱۱	۱۰:۳۰	۱۰:۳۰	۱۰۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	سیاه	مشاهده نگردید.	
۸۰/۱۰/۱۱	۱۱	۱۰:۳۰	۱۰۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	زردکهربایی	مشاهده نگردید.	
۸۰/۱۰/۱۱	۱۱	۱۰:۳۰	۱۰۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	زردکهربایی	مشاهده نگردید.	
۸۰/۱۰/۱۱	۱۱:۳۰	۱۰:۳۰	۱۰۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	بی رنگ	جزئی	۱۱:۳۵
۸۰/۱۰/۱۱	۱۱:۳۰	۱۰:۳۰	۱۰۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	بی رنگ	۰/۱	
۸۰/۱۰/۱۲	۸:۳۰	۸:۳۰	۵۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	بی رنگ	۰/۱	
۸۰/۱۰/۱۲	۸:۳۰	۸:۳۰	۵۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	بی رنگ	۰/۱	
۸۰/۱۰/۱۲			۵۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	بی رنگ	۰/۴	۹:۳۰
۸۰/۱۰/۱۲			۵۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	بی رنگ	۰/۴	
۸۰/۱۰/۱۵	۱۰:۲۰	۱۰:۲۰	۵۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	بی رنگ	جزئی	
۸۰/۱۰/۱۵	۱۰:۲۰	۱۰:۲۰	۵۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	بی رنگ	جزئی	
	۱۰:۳۰	۱۰:۳۰	۲۰	ابتدای سالن توربین (واحد ۱)	بی رنگ	۰/۳	۱۰:۳۵
	۱۰:۳۰	۱۰:۳۰	۲۰	انتهای سالن توربین (واحد ۴)	بی رنگ	۰/۳	

* رنگ سیاه مربوط به محل‌های بوده که تعداد باکتری‌های SRB در آن زیاد بوده و روزهای اولیه شروع تزریق بیوسید و تخلیه آب می‌باشد.
جدول ۴- فرم مربوط به وضعیت کیفیت آب آتش‌نشانی در هنگام تزریق هیپوکلرید سدیم و تخلیه آن در سال ۸۷

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

مدت زمان تخلیه (ساعت)	ساعت اتمام تخلیه	محل تخلیه با استفاده آب آتش نشانی	استراک پمپ تزریق %	زمان تزریق	رنگ کیفی آب	کلر آزاد PPM	pH	تاریخ	آیتم محل نمونه برداری
۱	۱۰:۱۰	هیدرانت	۵۰	۹:۱۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۱/۵	مسیر توربین واحدهای بخار
۱	۱۰:۰۰	هیدرانت	۵۰	۹:۰۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۱/۸	مسیر کارگاه- هیدروژن سازی
۱	۱۰:۱۰	هیدرانت	۷۰	۹:۱۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۱/۱۴	هیدرانت سوخت رسانی
۱	۱۰:۰۰	هیدرانت	۷۰	۹:۰۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۱/۲۱	هیدرانت تصفیه خانه صنعتی
۱	۱۰:۱۰	هیدرانت	۵۰	۹:۱۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۱/۲۷	مسیر ساختمان اداری
۱	۱۰:۰۰	هیدرانت	۵۰	۹:۰۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۲/۴	مسیر توربین واحدهای بخاری
۱	۱۰:۱۰	هیدرانت	۷۰	۹:۱۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۲/۱۱	مسیر واحد سوخت رسانی
۱	۱۰:۰۰	هیدرانت	۵۰	۹:۰۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۲/۱۷	مسیر هیدروژن سازی و کارگاه
۱	۱۰:۱۰	هیدرانت	۵۰	۹:۱۰	شفاف	۰/۲	۷	۸۷/۱۲/۲۱	مسیر توربین واحدهای بخار

جدول ۵- ایستگاههای نمونه برداری و میانگین تعداد باکتریهای SRB در میلی

لیتر آب نمونه پس از عملیات فیزیکی و شیمیایی

محل نمونه برداری	میانگین تعداد باکتری SRB در 1ml نمونه
مخزن بین راهی	وجود نداشت
خروجی از مخزن برداشت آب برای آتش نشانی	۱۰
ابتدای خط آتش نشانی در واحد	۵
اواسط خط آتش نشانی در واحد	۵
انتهای خط آب آتش نشانی در واحد	۷



شکل ۱۰- رنگ سیاه مربوط به محیط کشت قبل از تزریق بیوسید



شکل ۱۱- رنگ صورتی محیط کشت پس از گذشت ۴ هفته بعد از تزریق

بیوسید و تخلیه آن

۴- نتایج :

از مقایسه میانگین تعداد باکتریهای SRB در ۱ میلی لیتر آب از محل های نمونه برداری شده مندرج در جداول ۲ و ۵ ، عدم تغییر رنگ و یال های محیط کشت پس از گذشت ۲۸ روز و جایگزین نمودن همزمان آب تمیز به خطوط آتش نشانی می توان نتیجه گرفت که با کاهش تعداد باکتریهای SRB در لوله های آب آتش نشانی تعداد نشتی های حاصل از خوردگی لوله ها نیز کم شده است بنحوی که تعداد نشتی های حاصل از

پس از انجام اقدامات کنترلی (فیزیکی و شیمیایی) مجدداً تعداد باکتریهای SRB مورد آزمایش قرار گرفته که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

۶- مراجع :

[۱] سید رضی. سید محمد، کنترل خوردگی در صنایع، انتشارات انجمن خوردگی ایران، جلد اول، صفحات ۴۹۴-۴۸۹ سال ۱۳۷۵.

[۲] سید احمد. پیشنهادی، نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع، انتشارات انجمن خوردگی ایران، صفحات ۱۵۴-۱۵۳، سال ۱۳۷۷.

[۳] رضا. جواهر دشتی، خوردگی میکروبی، انتشارات بهروزان، صفحات ۳۰-۱، سال ۱۳۷۸.

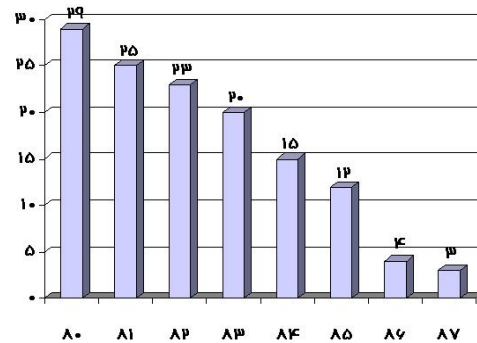
[۴] رضا. جواهر دشتی "خوردگی میکروبی لوله‌های آب آتش‌نشانی پالایشگاهها" مجله پیام بهران، شماره ۵۱، سال ۱۳۷۹

[۵] رضا. جواهر دشتی "مروری بر اصول مدیریت خوردگی" انجمن نفت ایران، شماره ۴۸، سال ۱۳۷۷

[۶] نیروگاه شهید رجایی، مدارک مربوط به مشاورین و سازندگان سیستم آتش‌نشانی نیروگاه

خوردگی لوله‌ها از ۲۹ مورد در سال ۸۰ به ۳ مورد در سال ۸۷ تقلیل یافته است.

نمودار ذیل کاهش تعداد نشی لوله‌های آب آتش‌نشانی را نشان می‌دهد.



۵- بحث و نتیجه‌گیری :

به علت راکد بودن آب آتش‌نشانی اکسیژن محلول در آب کم شده و محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌های غیر هوازی از جمله باکتری‌های SRB شده که باعث ایجاد خوردگی میکروبی می‌شود ولی با اعمال روش‌های فنی حفاظت از خوردگی میکروبی از جمله تمیز نگه داشتن سیستم با تخلیه آن و استفاده از روش شیمیایی مانند اضافه نمودن بیوسید و همچنین بازرسی‌های منظم و دقیق می‌توان تعداد باکتریهای SRB را کاهش داد.