



محافظان بهبود آب
MBA WATER TREATMENT CHEMICALS



اسامی هیأت تحریریه: فهرست

- | | |
|----------------------------------|---|
| دکتر سید محمد سیدرضی | تأثیر ذرات معلق و روغن در مدار آب |
| مهندس سیدعلی سیدرضی | خنککن |
| دکتر محمدعلی فرزانه | کنترل خوردگی در برج‌های خنککن کوچک |
| دکتر زهرا پوررمضان | استفاده از نیتريت در مدار آب خنککن بسته |
| همکاران اجرایی خانم‌ها: | پنهان شدن فسفات در دیگ‌های بخار |
| سمیه موسوی | DEHA جایگزینی مناسب برای هیدرازین |
| مآئده عبدالوند | فیلتر کاتریج‌های قابل شستشو |
| ساناز مددیان | مطالعات موردی |
| پیش تولید و تولید: آسیه یکه‌فلاح | مراجع |

کاری از واحد آموزش شرکت محافظان بهبود آب

آدرس: تهران، خیابان شریعتی، نرسیده به میدان قدس، بن بست تدین، پلاک ۹
طبقه چهارم، واحدهای ۱۳ الی ۱۶

کدپستی: ۱۹۶۳۸۱۶۱۵۴ تلفن: ۴۱-۲۲۷۰۹۷۳۸ فکس: ۲۲۷۰۹۸۰۳

Unit 13 to 16, 4th Fl., No. 9, Tadayon Dd. End, Before Ghods Sq.,
Shariati St., Tehran, Iran. Zip code: 1963816154.

Tell: (+98) 21-22709738-41 Fax: (+98) 21-22709803

www.mbaco.ir information@mbaco.ir

سخن آغازین

گفته شد یکی از یاران پرهیزکار امام علیه‌السلام به نام همّام گفت: ای امیر مؤمنان پرهیزکاران را برای من آنچنان وصف کن که گویا آنان را با چشم می‌نگرم. امام علیه‌السلام در پاسخ او درنگی کرد و فرمود «ای همّام از خدا بترس و نیکوکار باش که خداوند با پرهیزکاران و نیکوکاران است» اما همّام دست بردار نبود و اصرار ورزید، تا آن که امام علیه‌السلام تصمیم گرفت صفات پرهیزکاران را بیان فرماید. پس خدا را سپاس و ثنا گفت، و بر پیامبرش درود فرستاد، و فرمود:

۱- سیمای پرهیزکاران

پس از ستایش پروردگار همانا خداوند سبحان پدیده‌ها را در حالی آفرید که از اطاعتشان بی‌نیاز و از نافرمانی آنان در امان بود، زیرا نه معصیت گناهکاران به خدا زبانی می‌رساند و نه اطاعت مؤمنان برای او سودی دارد، روزی بندگان را تقسیم و هر کدام را در جایگاه خویش قرار داد. اما پرهیزکاران در دنیا دارای فضیلت‌های برترند، سخنانشان راست، پوشش آنان میانه‌روی، راه رفتنشان با تواضع و فروتنی، چشمان خود را بر آنچه خدا حرام کرده می‌پوشانند و گوش‌های خود را وقف دانش سودمند کرده‌اند، در روزگار سختی و گشایش، حالشان یکسان است و اگر نبود مرگی که خدا بر آنان مقدر فرموده، روح آنان حتی به اندازه بر هم زدن چشم، در بدن‌ها قرار نمی‌گرفت، از شوق دیدار بهشت و از ترس عذاب جهنم، خدا در جان‌شان بزرگ و دیگران کوچک مقدارند، بهشت برای آنان چنان است که گویی آن را دیده و در نعمت‌های آن به سر می‌برند، جهنم را چنان باور دارند که گویی آن را دیده و در عذابش گرفتارند. دل‌های پرهیزکاران اندوهگین، و مردم از آزارشان در امان، تن‌هایشان لاغر، و درخواست ایشان اندک، و نفس‌شان عقیف و دامنشان پاک است. در روزگار کوتاه دنیا صبر کرده تا آسایش جاودانه قیامت را به دست آورند: تجارتی پر سود که پروردگارشان فراهم فرموده، دنیا می‌خواست آنها را بفریبد اما عزم دنیا نکردند، می‌خواست آنها را اسیر خود گرداند که با فدا کردن جان، خود را آزاد ساختند.

۲- شب پرهیزکاران

پرهیزکاران در شب بر پا ایستاده مشغول نمازند، قرآن را جزء جزء و با تفکر و اندیشه می‌خوانند، با قرآن جان خود را محزون و داروی درد خود را می‌یابند. وقتی به آیه‌ای برسند که تشویقی در آن است، با شوق و طمع بهشت به آن روی آورند، و با جان پر شوق در آن خیره شوند، و گمان می‌برند که نعمت‌های بهشت برابر دید گانشان قرار دارد، و هر گاه به آیه‌ای برسند که ترس از خدا در آن باشد، گوش دل به آن می‌سپارند، و گویا صدای بر هم خوردن شعله‌های آتش، در گوش‌شان طنین افکن است، پس قامت به شکل رکوع خم

کرده، پیشانی و دست و پا بر خاک مالیده، و از خدا آزادی خود را از آتش جهنم می‌طلبند.

۳- روز پرهیزکاران

پرهیزکاران در روز، دانشمندانی بردبار، و نیکوکارانی با تقوا هستند که ترس الهی آنان را چونان تیر تراشیده لاغر کرده است، کسی که به آنها می‌نگرد می‌پندارد که بیمارند اما آنان را بیماری نیست، و می‌گوید، مردم در اشتباهند در صورتی که آشفتگی ظاهرشان، نشان از امری بزرگ است. از اعمال اندک خود خشنود نیستند، و اعمال زیاد خود را بسیار نمی‌شمارند. نفس خود را متهم می‌کنند، و از کردار خود ترسناکند. هرگاه یکی از آنان را بستانند، از آنچه در تعریف او گفته شد در هراس افتاده می‌گوید: «من خود را از دیگران بهتر می‌شناسم و خدای من، مرا بهتر از من می‌شناسد، بار خدایا، مرا بر آنچه می‌گویند محاکمه نفرما، و بهتر از آن قرارم ده که می‌گویند، و گناهانی که نمی‌دانند بیامرزم»

و اما بعد،

شکر خدای را که توفیق تکمیل این گاهنامه را به این شرکت عطا فرمود.

لازم است تا از عزیزانی که با راهنمایی‌های خود و همچنین ارسال مطالعات موردی ما را در این امر یاری نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

• مهندس حسینی پتروشیمی پردیس

• مهندس علیرضا عروجی پتروشیمی پردیس

• مهندس رشیدپور نیروگاه نکا

• مهندس لطیفی نیشکر دهخدا

• مهندس مروج نیروگاه مشهد

• مهندس رادمهر شرکت توانیر

• مهندس جادری شرکت توانیر

۱- تأثیرات ذرات معلق و روغن در آب خنک کن باز بر خوردگی و نحوه کاهش آنها

در صنایع فولاد، آب خنک کن بر روی شمش‌های فولاد به منظور خنک کاری ریخته می‌شود. در این فرآیند روغن‌های مربوط به روغن کاری تجهیزات و غلطک‌ها به داخل آب وارد می‌شوند. اصطلاحاً به این نوع آب‌ها که حاوی مقادیر زیادی از روغن و ذرات معلق می‌باشد، آب کثیف اطلاق می‌شود. حضور توأم روغن و ذرات اکسید در آب خنک کن سبب تشدید خوردگی از نوع سایش و همچنین خوردگی سایشی (Errosion-Corrosion) می‌شود [۱ و ۲].

مطالعه موردی شماره ۱

در مدار آب خنک کثیف یکی از مجتمع‌های فولادسازی کشور مشکل خوردگی از نوع حفره‌ای و سایشی به وقوع می‌پیوست. رفع این مشکل به صورت یک پروژه تحقیقاتی از طرف کارفرما تعریف گردید. انجام این پروژه در سال ۱۳۸۰ صورت پذیرفت. لازم به ذکر است این نوع آب‌ها غالباً در صنایع فولاد، به وفور یافت می‌شوند و لذا ساخت تجهیزات مورد نیاز و نحوه کاهش آن و اجرای دستورالعمل‌های داده شده در این پروژه تحقیقاتی می‌تواند برای سایر صنایع فولاد بسیار مفید و سودمند باشد.

در این مجتمع از بازدارنده‌های خوردگی و رسوب یک شرکت معتبر خارجی برای کاهش خوردگی و رسوب استفاده می‌گردید. در کمتر از ۲ سال، لوله‌های مسیر آب خنک مخصوصاً مناطقی که در پیچ لوله‌ها قرار داشت دچار سوراخ شدگی شدند. به منظور بررسی اثرات ذرات معلق و همچنین روغن در آب خنک کن، تعداد ۲ عدد برج خنک کن آزمایشگاهی ساخته شد تا مطالعات لازم بر روی آنها صورت پذیرد. آنالیز شیمیایی آب در گردش و همچنین محدودیت‌های آنها که از طرف سازنده ایتالیایی اعلام شده بود به شرح جدول شماره ۱ می‌باشد [۳].

جدول شماره ۱- آنالیز شیمیایی آب در گردش و حد مجاز آنها

	PH	EC	Malk	T.Fe	Cl ⁻	TH	CaH	O.Po ₄	Pro.
R.R آب گردشی	۷/۹	۱۵۰۰	۱۲۱	۲/۳	۴۰۰	۱۶۰	۱۱۰	۷	۵۵
حد مجاز	۷/۵-۷/۸	<۲۰۰۰	<۱۴۰	<۳	<۶۰۰	<۲۰۰	<۱۲۰	۶-۸	۶۰

تجهیزات این برج خنک کن آزمایشگاهی، شامل مخزن ۲۲۰ لیتری، پمپ آب گردشی،

محل‌های نصب کوبن‌های خوردگی و نهایتاً برگشت آب به داخل مخزن به صورت پاششی می‌باشد. این برج خنک‌کن آزمایشگاهی مطابق با استاندارد ASTM D۲۶۸۸-۹۴ ساخته شد که علاقه‌مندان می‌توانند به این مرجع و همچنین گاهنامه شماره ۱ مراجعه نمایند. در این کولینگ آزمایشگاهی بررسی‌های زیر به عمل آمد [۴].

- ◀ بررسی اثرات مقدار مواد معلق موجود در آب خنک‌کن بر میزان خوردگی
- ◀ بررسی اثرات روغن موجود در آب بر میزان خوردگی.
- ◀ بررسی عملکرد بازدارنده تجاری بر میزان خوردگی و تعیین مقدار بهینه غلظت بازدارنده خوردگی و رسوب.

نتایج آزمایش‌ها

روغن و مواد معلق موجود در آب خنک‌کن می‌تواند میزان خوردگی عمومی را به طور چشمگیری افزایش دهد. نتایج حاصله در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول شماره ۲- تأثیر روغن و ذرات معلق بر سرعت خوردگی

میزان خوردگی عمومی (mpy)	آب خنک‌کن
۱-۲	بلون روغن
۸-۱۰	با روغن
۱۰-۱۲	با روغن و ذرات معلق

توضیح

- ◀ از روغن مورد استفاده در غلطک‌ها به مقدار ۲۰-۳۰ ppm استفاده گردید. (کدورت ۴۰-۵۰ NTU)
 - ◀ از براده‌های ریز آهن به عنوان ذرات معلق استفاده گردید.
 - ◀ مدت هر آزمایش ۳۰ روز.
- همچنان که نتایج نشان می‌دهند میزان خوردگی با افزایش مواد معلق و روغن به شدت افزایش می‌یابد.

وجود ذرات معلق سبب خوردگی شدید سایشی مخصوصاً در پیچ لوله‌ها می‌شود.

در این مجتمع به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، متأسفانه آب شستشوی فیلترهای شنی (در زمان شستشو) به این کولینگ هدایت می‌گردید ضمناً آب شستشوی کف سالن‌های تولید نیز به این کولینگ ریخته می‌شد. در مجموع مقدار مصرفی این آب‌های کثیف ماهیانه

۳۵۰۰ متر مکعب بود در حالی که در آن زمان مقدار ۳۵۰۰ متر مکعب آب در مجتمع به مصرف می‌رسید که عمدتاً (بیش از ۶۵ درصد) آن صرف آبیاری فضای سبز می‌شد قرار شد آبیاری درختان به صورت قطره‌ای و تزریق به ریشه درخت‌ها انجام پذیرد و آب‌های شستشوی فیلترها و آب شستشوی کف سالن‌ها نیز به فاضلاب هدایت شود.

نکته قابل توجه آن است که حضور روغن حتی به میزان کم سبب می‌شود تا در بعضی از سطوح فولادی روغن قرار گرفته و آن سطوح را به سطوح کاتدی تبدیل کند، همچنان که می‌دانیم افزایش سطوح کاتدی و کاهش سطوح آندی سبب خوردگی حفره‌ای می‌شوند. مخصوصاً در محل پیچ لوله‌های مسیر آب خنک‌کن این نوع خوردگی بسیار قابل توجه بود [۵].

ضمناً در این پروژه تحقیقاتی از یک فیلتر جاذب روغن به منظور حذف روغن در مدار اصلی به منظور کاهش آن استفاده گردید. لازم به ذکر است که در تمامی صنایع فولاد کشور آب‌های کثیف که حاوی ذرات معلق روغن می‌باشند می‌توانند مشکلات عدیده‌ای را در تولید ایجاد نمایند استفاده از مواد پخش‌کننده روغن (oil dispersant) و همچنین فیلترهای جاذب روغن می‌توانند کمک مؤثری در بهبود این گونه آب‌ها به عمل آورد.

۲- کنترل خوردگی در برج‌های خنک‌کن کوچک

این نوع برج‌ها غالباً در صنایع کوچک و ساختمان‌های مرتفع مورد استفاده قرار می‌گیرند. کنترل شیمیایی آنها به دلیل نیاز به مراقبت تزریق مواد شیمیایی و حضور تکنسین‌ها به منظور کنترل آن غالباً مشکل می‌باشد. مخزن آب این برج‌های خنک‌کن به دلیل طراحی غیر صحیح در آن معمولاً کوچک می‌باشند و در زمان استفاده از مواد شیمیایی به منظور کنترل خوردگی و رسوب با باز نمودن شیر تخلیه این برج‌ها به منظور جایگزینی با آب تازه، بیشتر مواد شیمیایی موجود در آن به فاضلاب ریخته می‌شود و نهایتاً اثرات مطلوب خود را نمی‌تواند ایفا نماید در یکی از برج‌های خنک‌کن یک مجتمع صنعتی واقع در اصفهان، این مشکل ایجاد گردید، به این نحو که آنها از بازدارنده خوب استفاده می‌نمودند ولی به دلیل آنکه حجم مخزن برج خنک‌کن کمتر از ۵۰۰ لیتر ظرفیت داشت، با هر گونه تخلیه بیش از حد آب در گردش به منظور و جایگزینی آن با آب تازه، مقدار زیادی از مواد مصرفی به فاضلاب ریخته می‌شود.

در این حالت بهتر است از یک مخزن بزرگ‌تر، حداقل ۲۰۰۰ لیتر استفاده شود که این مخزن به مخزن کوچک برج متصل شود و به اپراتور متصدی نیز بایستی آموزش داده شود که تعداد دفعات بلودان را زیاد ولی مقدار آب بلودان بایستی در حد کم و مطلوب انجام پذیرد.

توصیه مهم

← در یکی از تأسیسات واحد سرمایشی / گرمایشی در مشهد مقدس، از تعداد ۵ برج خنک کن کوچک استفاده می شد که آنها در کنار هم ولی به طور مجزا مورد استفاده قرار می گرفت و در تمامی آنها از مواد کنترل خوردگی و رسوب و بایوساید استفاده می گردید. توصیه شد تا آب این ۵ کولینگ کوچک به یکدیگر متصل شوند و از یک مخزن ۳۰۰۰ لیتری نیز به عنوان مخزن اصلی این ۵ کولینگ استفاده شود. در این حالت کنترل شیمیایی آب بسیار آسان تر انجام و به جای ۵ نمونه آب فقط یک نمونه آب برای اندازه گیری پارامترهای شیمیایی برداشته می شود. ضمناً چنانچه قرار باشد تا یک برج خنک کن از مدار خارج شود، کافی است آب ورودی به آن برج بسته شود.

← یکی از مسئولین اظهار می داشتند، که با استفاده از بایوسایدهای خوب نتوانسته اند، مشکل میکروبی را در مخزن و جداره برج خنک کن کنترل نمایند، توصیه شد تا ماهیانه در حد چند ساعت برج مورد نظر از سرویس خارج شود و سپس جدارهای برج و کف مخزن با استفاده از آب پرفشار تمیز شود تا کلیه آشغالهای کف و همچنین توده های میکروبی و جلبک ها از جداره برج خنک کن کنده و شسته شوند و به فاضلاب ریخته شوند. ضمناً لازم به ذکر است که در برج های خنک کن بزرگ، بایستی سالیانه در زمان تعمیرات اساسی، ستون های سیمانی و چوبی که مملو از جلبک شده است را با فشار آب (آب آتش نشانی) تمیز شوند.

← دقت شود که بایستی کف استخرهای برج های خنک کن بزرگ دارای شیب ملایم باشد، که با باز نمودن بلودان، ذرات معلق، آشغال های جمع شده در استخر و کلیه گل و لای آن کاملاً شستشو شوند و به فاضلاب ریخته شوند [۶].

۳- استفاده از نیتريت در مدار آب خنک کن بسته

بازدارنده های پایه نیتريت غالباً در مدارهای بسته آب خنک کن صنایع به دلیل عملکرد خوب آن و همچنین قیمت پایین آن نسبت به سایر بازدارنده های دیگر، به طور وسیعی استفاده می شود. این بازدارنده می تواند سطح فلز را روئین نماید و مقدار مورد نیاز نیتريت (NO_2^-) در آب خنک کن بایستی در محدوده ۵۰۰-۴۰۰ ppm باشد [۷].

در یک واحد صنعتی دارای مدار بسته مقدار نیتريت در محدوده ۸۰۰-۴۰۰ ppm نگهداری می شود. با این وجود بررسی های انجام شده نشان داد که سه علت عمده سبب شده که مدار مذکور از راندمان خوبی برخوردار نبوده و خوردگی حفره ای در این مدار بسیار بالا باشد. این علت ها عبارتند از:

← نشی بیش از حد سیستم و ناکافی بودن مقدار بازدارنده مورد نیاز در زمان نشی

← آلودگی بیش از حد میکروبی و لجن در سیستم مذکور مخصوصاً وجود باکتری‌های نیتریفیکانت و SRB در آب مذکور
 ← وجود ذرات معلق بیش از حد در سیستم

توضیح آن که بازدارنده پایه نیتريت یک بازدارنده آندی می‌باشد، لذا در زمانی که غلظت آن از حد مجاز کمتر است خوردگی شدید حفره‌ای ایجاد می‌نماید و در این مواقع به دلیل نشتی زیاد سیستم متأسفانه غالباً مقدار نیتريت در سیستم کاهش می‌یابد و چنانچه سیستم حاوی باکتری‌های نیتریفیکانت باشد در مدت زمان کوتاهی نیتريت موجود در سیستم به نیترات تبدیل می‌شود برای رفع مشکلات مذکور قرار شد تا اقدامات زیر صورت پذیرد:

← با نصب فیلتر کاتریج مقدار ذرات معلق در مدار کثیف کاهش یابد.
 ← در زمان تعمیرات دوره‌ای، مدار مذکور شستشو شیمیایی شود و با آب زایل‌کنندزایی شود.

← دیواره‌های مخزن با آب پرفشار تمیز گردد تا مدار مذکور از لجن‌ها و میکروب‌های ناخواسته و مضر عاری گردد.

توضیح مهم

← در صورتی که سیستم آلوده به باکتری نیتریفیکانت باشد، توصیه می‌شود تا از بازدارنده‌های پایه مولیبدات استفاده شود. از آنجایی که این نوع بازدارنده گران می‌باشد، برای سیستم‌های که نشتی ندارند بایستی استفاده شود که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد [۸].

← در این حالت دیگر نیازی به استفاده از بایوساید در مدار بسته نمی‌باشد، زیرا یون مولیبدات از خاصیت باکتری‌کشی خوبی برخوردار است ولی از معایب بازدارنده پایه مولیبدات گرانی آن است.

← در یک مجتمع بزرگ فولادسازی دیگر در کشور، مشکل کنترل شیمیایی و میکروبی شدیدی وجود داشت که به دلیل نشتی زیاد سیستم از نظر اقتصادی، استفاده از بازدارنده نیتريت مقرون به صرفه نبود، لذا توصیه شد تا از بازدارنده پایه فسفونات که مخصوص مدارهای آب خنک‌کن باز می‌باشد استفاده شود مقدار مصرف بازدارنده در اینجا نسبت به نیتريت بسیار کمتر است. ضمن آنکه در غلظت‌های کم بازدارنده مذکور، جز بازدارنده‌های بی‌خطر بوده و خوردگی حفره‌ای در سیستم ایجاد نمی‌نماید.

← ضمناً قرار شد بلودان آب مدار مذکور به نزدیک‌ترین کولینگ باز تخلیه شود. لازم به ذکر است در این حالت بایستی مقدار آب ورودی به سیستم بسته افزایش یابد تا اکسیژن کافی در مدار مذکور، وجود داشته باشد تا بازدارنده‌های پایه فسفونات بتوانند عملکرد خوبی داشته باشند. زمانی که آب ورودی دارای یون

نیترات نباشد ولی در مدار بسته یون نیترات وجود داشته باشد نشان‌دهنده حضور باکتری نیتریفیکانت در سیستم می‌باشد.

اگر یون نیترات در آب مدار بسته نباشد ولی خوردگی شدید در مدار آب خنک‌کن وجود داشته باشد، این مطلب مؤید آنست که لیک شدیدی در سیستم وجود دارد که سبب می‌شود تا مقدار بازدارنده تزریقی در حدی نباشد که بتواند کل سیستم را محافظت نماید در این حالت با نصب دبی سنج آب در ورودی به سیستم مقدار نشتی آب مشخص می‌شود دانستن این اطلاعات کمک زیادی در بهبود کنترل خوردگی خواهد نمود.

در یکی از واحدهای صنعتی، یکی از مسئولین اظهار می‌داشت که واحد تدارکات نسبت به تأمین به موقع بازدارنده کوتاهی می‌نماید و این امر سبب می‌شود تا در مدارهای بسته که از نیتريت استفاده می‌شود، سیستم به طور سریع سوراخ شود. توصیه این جانب آن است که همیشه در انبار برای حداقل مدت ۵ ماه مصرف از این نوع بازدارنده تأمین گردد. زمان عمر این بازدارنده مانند بعضی از بایوسایدها و پلیمرها کوتاه نمی‌باشد و می‌توان آنها را در انبار به مدت طولانی نگهداری نمود.

بایستی دقت بسیار زیادی صورت پذیرد در زمانی که از بازدارنده پایه فسفونات در مدارهای بسته استفاده می‌شود از آنجا که غالباً آب این نوع مدارهای بسته در صنایع فولادسازی برای خنک نمودن کوره و قالب‌های ذوب به کار می‌رود هر گونه رسوب‌گذاری در این مدار می‌تواند بسیار خطرناک باشد. لذا توصیه می‌شود شرکت‌هایی که توانایی و تجربه کار بر روی این نوع سیستم‌ها را ندارند مطلقاً در این مدار ریسک نکنند زیرا برای ساخت این نوع بازدارنده‌ها به دانش خاصی نیاز است.

۸- پنهان شدن فسفات در دیگ‌های بخار^۱

اثر پنهان شدن فسفات پدیده‌ای است که می‌تواند مشکلاتی را در کنترل آب بویلر ایجاد کند. این اثر به صورت ناپدید شدن یون فسفات $(PO_4)^{3-}$ در آب بویلر تحت شرایط انتقال حرارت بالا یا فشار زیاد بویلر به دلیل وقوع پدیده ته‌نشینی یا جذب سطحی رخ می‌دهد. به محض کاهش فشار بویلر یون فسفات از حالت پنهان شدن خارج می‌شود. شدت پنهان شدن و حدود نوسانات فشار مورد نیاز برای رخ دادن این پدیده در بویلرها با یکدیگر متفاوت است [۹].

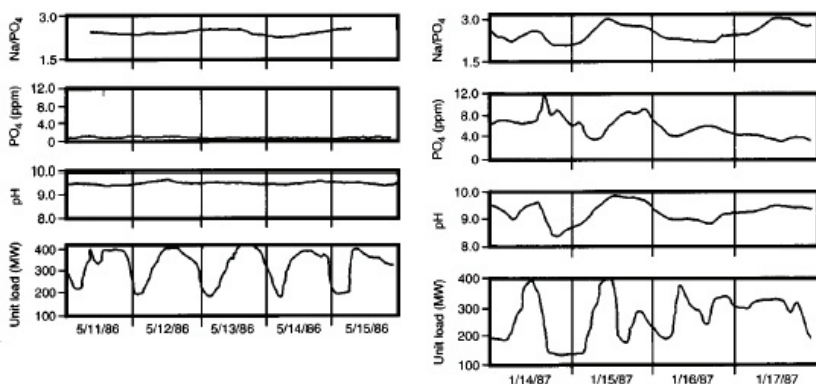
پنهان شدن فسفات اساساً حاصل برهم‌کنش ترکیبات فسفات سدیم با اکسید آهن می‌باشد که به دما وابسته است و محصول واکنش آن به دلیل حلالیت پایین در نواحی دارای شار حرارتی زیاد یا تحت شرایط فشار بالا ته‌نشین می‌گردد. در فشارهای کمتر و شارهای حرارتی پایین‌تر، ماده ته‌نشین شده دوباره وارد محلول می‌شود.

۱-۶- نحوه شناسایی این پدیده

پدیده پنهان شدن فسفات در خلال نوسانات بار یا راه اندازی بویلر که در آن حرارت اعمال شده به بویلر دستخوش تغییر می گردد، مشهود است. در صورتی که بار افزایش یابد، مقدار pH نیز همراه با کاهش غلظت فسفات بالا می رود. به محض اینکه بار کاهش یابد بدون افزودن هیچ گونه ماده شیمیایی به بویلر، مقدار pH شروع به کاهش نموده و غلظت فسفات افزایش می یابد.

در خلال پنهان شدن فسفات که مواد شیمیایی به سیستم افزوده می گردند، مقادیر فسفات و یا pH بدون تغییر مانده یا تغییرات جزئی خواهند داشت و در این حال فسفات تازه ای که ته نشین می گردد به فسفات ته نشین شده قبلی اضافه می شود. در صورتی که بار افزایش یافته و سپس مجدداً میزان آن کاهش یابد، معمولاً ارقام خوانده شده pH و فسفات خارج از کنترل می باشد. در چنین مواردی به نظر می رسد که فسفات به گونه ای اسرار آمیزی ناپدید می شود. این فسفات با رسوبات اکسیدی ترکیب می شود و ماده جدیدی ایجاد می نماید که در آن نسبت Na/PO_4 اندکی کمتر (حدوداً ۲/۱۰۱) است و این امر منجر به افزایش قلیائیت در فاز مایع می شود و در نتیجه pH آب بویلر افزایش می یابد.

در صورتی که بار مجدداً کاهش یابد، این ترکیبات به فرم محلول قبلی برمی گردد و فسفات دوباره وارد آب شده که به نوبه خود موجب بالاتر رفتن مقدار خوانده شده فسفات و کاهش بیشتر pH می شود. بهترین روش برای شناسایی اثر پنهان شدن فسفات، ترسیم نمودار تغییرات بار (فشار)، pH و فسفات طی یک دوره زمانی است. تغییرات نمودارها به روشنی ثابت می کند که با کاهش بار، میزان فسفات بالا می رود و مقدار pH کاهش می یابد (شکل های ۱ و ۲ را ببینید).



شکل ۲- حالتی که در آن پدیده پنهان شدن اتفاق می افتد شکل ۱- حالت نرمال

همچنان که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، در زمان پنهان شدن فسفات با افزایش بار، pH افزایش و فسفات کاهش می‌یابد و در زمان کاهش بار، pH کاهش و فسفات افزایش می‌یابد.

۲-۴- عوامل مؤثر در پنهان شدن فسفات

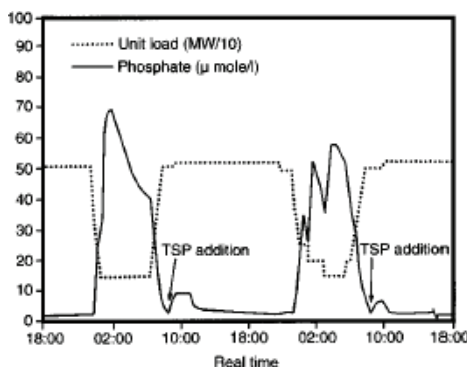
عواملی که می‌توانند منجر به پنهان شدن فسفات شوند، عبارتند از:

- ← راه‌اندازی واحد پس از یک شستشوی شیمیایی
- ← تغییرات بار واحد
- ← تغییرات در آرایش و وضعیت مشعل‌ها
- ← ورود اکسید فلزی و ته‌نشین شدن آن بر روی سطوح انتقال حرارت در بویلر

۳-۴- آیا میزان فسفات پنهان تغییر می‌یابد؟

در هر بویلر بنابر دلایلی نظیر طراحی و عوامل تمیزی بویلر، میزان پنهان شدن فسفات متفاوت می‌باشد. مواد شوینده بویلر نظیر اسیدها در زمان شستشو، ممکن است که در خلل و فرج به طور کامل حذف نشود، لذا برای واحدهایی که تازه شسته شده‌اند، پدیده پنهان شدن ممکن است به طور موقت تشدید شود. زیرا برای برقراری مجدد تعادل ما بین آب بویلر و اکسید آهن با سطوح انتقال حرارت، فسفات مصرف می‌شود. به همین علت محلول‌های روئین‌کننده بر پایه فسفات معمولاً برای عملیات شستشوی قبل از روئین‌سازی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

برای رفع معضل پنهان شدن فسفات، در حله اول باید آن را شناسایی نمود. وضعیت مذکور زمانی تشدید می‌شوند که داده‌های ثبت شده با نمودار ترسیمی سازگار نباشد. به محض اینکه پدیده پنهان شدن شناسایی شد برای تصحیح ارقام خوانده شده پایین فسفات اپراتور می‌کوشد مقادیر بیشتری فسفات را به سیستم اضافه کند در این حالت افزودن مقادیر بیشتر ماده شیمیایی تنها موجب خواهد شد که به محض کاهش بار، شرایط بدتر شود (شکل ۳ را ببینید).



شکل ۳- تغییرات فسفات زمانی که بار کاهش و میزان فسفات افزایش می‌یابد
(در طول ۱۲ ساعته انجام آزمایش)

در بررسی علل سوراخ شدن لوله‌های واتروال که در نزدیکی مشعل یک دیگ بخار صورت پذیرفته بود خوردگی دارای ماهیت بین دانه‌ای و کاملاً گسترده بود و در طول نواحی خورده شده، مقادیر زیادی فسفات آهن یافت شد که منشأ آن فسفات سدیم حاصل از آب بویلر بود. تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که این نوع خوردگی ناشی از پدیده پنهان شدن فسفات در آب دیگ بخار می‌باشد [۱۰].

نکات مهم

به منظور افزایش مقدار فسفات خوانده شده نمی‌توان فرم‌های اسیدی فسفات را مورد استفاده قرار داد.

فسفات تک سدیمی مرسوم‌ترین فرم اسیدی فسفات است.

در خلال راه‌اندازی واحد معمولاً از فسفات سه سدیمی استفاده می‌شود.

مقدار زیرآب‌زنی نباید زیاد باشد زیرا این عمل موجب کاهش بیشتر نسبت سدیم به فسفات خواهد شد. در ضمن زیرآب‌زنی زیاد به دلیل فراهم آوردن زمینه برای ایجاد شرایط اسیدی باعث می‌شود اثر پنهان شدن فسفات بدتر شود. میزان فسفات را باید در کمترین محدوده قابل قبول حفظ نمود. این محدوده از بویلری به بویلر دیگر متفاوت می‌باشد و ممکن است در طی یک دوره زمانی اندازه‌گیری شوند.

از آنجا که مقدار عددی تعادل فسفاتی تقریباً بسیار کم است، لذا وجود کمتر از ppm ۱ فسفات برای یک بویلر پرفشار می‌تواند زنگ خطر برای شرایطی باشد که بر نشتی لوله کندانسور دلالت نماید.

بالا بودن غلظت سدیم، سیلیس و هدایت کاتیونی همگی نشانه‌های نشتی لوله کندانسور می‌باشند[۱۱].

از آنجا که پدیده پنهان شدن فسفات مرتبط با ته‌نشینی رسوبات حاوی ترکیبات جامد فسفات / فلز در نواحی رسوبی انتقال حرارت می‌باشد، کنترل مطلوب اکسیژن و روپین‌سازی سطوح فلزی در ممانعت از پنهان شدن فسفات حائز اهمیت است. باید سعی شود که مقدار اکسیژن کنترل شود. اما در مورد پدیده پنهان شدن (فسفات)، کنترل اکسیژن در سیستم آب کندانسه حائز اهمیت می‌باشد زیرا محصولات خوردگی آب کندانسه وارد آب بویلر شده و نهایتاً می‌تواند با فسفات واکنش داده و در شرایط شار حرارتی بالا به فرم فسفات‌های سدیمی آهن درآیند.

۵-DEHA جایگزینی مناسب برای هیدرازین

حضور اکسیژن محلول در آب خوراک بویلر می‌تواند از طریق تسهیل روند خوردگی در سیستم آب خوراک بویلر و سیستم کندانس بخار، مشکلاتی جدی را در یک واحد تولید بخار سبب شود. بنابراین حذف اکسیژن از آب خوراک و همچنین آب کندانس در مواردی که نشتی درونی روی می‌دهد، حائز اهمیت می‌باشد. نخستین مرحله در حذف اکسیژن از آب خوراک بویلر، هوازدایی مکانیکی است. با هوازدایی مطلوب می‌توان مقدار اکسیژن محلول را تا حد $7 \mu\text{g/L (ppb)}$ کاهش داد[۱۲].

دومین مرحله، اکسیژن‌زدایی شیمیایی برای حذف باقی مانده آن می‌باشد. طی سالیان دراز سولفیت سدیم و هیدرازین جزء مواد شیمیایی اکسیژن‌زدای انتخابی بوده‌اند. هر چند که سولفیت سدیم در میزان مواد جامد موجود در آب بویلر تأثیر می‌گذارد و هیدرازین به عنوان یک ماده سمی شناخته شده است.

این عوامل در معرفی مواد اکسیژن‌زدای جایگزین نظیر دی اتیل هیدروکسیل آمین (DEHA) تأثیر گذار بوده‌اند. DEHA که به عنوان یک اکسیژن‌زدای جایگزین هیدرازین معرفی شده است و دارای مزایایی از قبیل سمیت بسیار پایین و فراریت آمین خنثی‌کننده می‌باشد. این ماده همانند هیدرازین روند شکل‌گیری لایه روپین مگنتیت بر روی سطوح فولادی کم کربن را سرعت می‌بخشد و در نتیجه خوردگی سیستم را به حداقل می‌رساند[۱۳].

۱-۵- شاخص‌های عملکردی DEHA

دی اتیل هیدروکسیل آمین (DEHA) طی ۲۰ سال گذشته به عنوان یک ماده اکسیژن‌زدای مطلوب در سیستم‌های بویلر در اغلب صنایع به کار گرفته شده است. خواص فوق‌العاده آن نظیر فراریت، قابلیت روپین‌سازی سطوح فولادی و سمیت بسیار پایین آن موجب شده که در

بسیاری کاربردها این ماده به عنوان عامل اکسیژن‌زدا برگزیده شود.

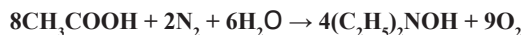


DEHA به عنوان یک عامل حذف‌کننده اکسیژن در سیستم‌های آب بویلر دارای مشخصه‌های سودمند زیر می‌باشد:

- ۱- حذف سریع و کامل اکسیژن در شرایط معمول دما و pH آب تغذیه بویلر
- ۲- تسهیل نمودن روند روپین‌سازی سطوح داخلی بویلر
- ۳- مانند یک آمین خنثی‌کننده، فرار است و قابلیت حفاظت مطلوب خطوط برگشتی بخار کندانس و همچنین آب تغذیه سیستم بویلر را دارا می‌باشند.
- ۴- بخشی از DEHA تحت تأثیر گرما به دو فراورده آمین خنثی‌کننده تجزیه می‌گردد که به افزایش pH آب کندانسه کمک می‌کند.
- ۵- دارای سمیت پایینی می‌باشد که این امر ایمنی و سهولت به کارگیری آن را در کاربردهای عادی سیستم بویلر عملی می‌سازد.
- هدف از درمان آب در دیگ‌های بخار، فراهم آوردن سطوح تمیز یکنواخت و عاری از خوردگی در کل سیستم آب تغذیه / بویلر / بخار کندانس می‌باشد.

۱-۵- واکنش با اکسیژن

از نظر استوکیومتری $1/2 \text{ mg/l}$ DEHA برای انجام واکنش با 1 mg/l اکسیژن مورد نیاز می‌باشد. هر چند که برای مقاصد عملی 3 mg/l DEHA به ازای هر 1 mg/l اکسیژن توصیه شده است. روند اکسایش DEHA فرایند پیچیده‌ای است که واکنش‌های متعددی را در بر می‌گیرد که به دما، pH و غلظت‌های هر دو ماده DEHA و اکسیژن بستگی دارد. واکنش کلی DEHA با اکسیژن را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:



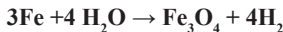
روند اکسایش کامل DEHA به اسید استیک، نیتروژن و آب در طی ۶ مرحله انجام می‌پذیرد.

۲-۱-۵- روپین‌سازی فلز

ممانعت از بروز هر دو عامل: شکل‌گیری رسوب و خوردگی سطوح داخلی سیستم، اهداف اصلی یک رژیم درمانی آب بویلر هستند. به حداقل رساندن خوردگی در سیستم‌های بویلر

مستلزم حذف تمامی بقایای اکسیژن از آب خوراک بویلر و ایجاد شرایطی است که روند شکل‌گیری لایه رویین مگنتیت بر روی سطوح داخلی را تسهیل می‌نماید.

بنا به معادلات ذیل، در دماهای بالا آهن به فرم مگنتیت خورده می‌شود:



فیلم محافظ اکسید مغناطیسی آهن Fe_3O_4 مهمترین عامل بازدارندگی آهن در مقابل خوردگی باشد. این فیلم بسیار نازک و از چسبندگی و مقاومت خوبی برخوردار است [۱۴].

۳-۱-۵- رویین‌سازی فولاد اکسید شده

رویین‌سازی تبدیل هماتیت به مگنتیت را شامل می‌شود که روکش ایجاد شده موجب کاهش بیشتر شدت خوردگی می‌گردد. pH محلول و حضور یون‌های واکنشگر بر شکنندگی لایه‌های رویین تأثیر گذارند. تست‌های آزمایشگاهی قابلیت رویین‌سازی در $\text{pH} = 8$ با حضور ۵۰۰ ppm از ماده اکسیژن‌زدا و کوپنی که از قبل خورده شده است، قابل قبول بوده‌اند. این آزمایشات نشان داد که هیدرازین، $\text{NIPHA} (-\text{N})$ ایزوپروپیل هیدروکسیل آمین) و DEHA طی مدت ۵ ساعت هماتیت را به طور کامل به مگنتیت تبدیل کرده‌اند.

قابلیت رویین‌سازی را می‌توان با روش‌های الکتروشیمیایی از طریق پلاریزاسیون پتانسیودینامیک سنجید. در دماهای پایین (76°F)، NIPHA در قیاس با DEHA قابلیت رویین‌سازی فوق‌العاده‌ای را به نمایش می‌گذارد. هر چند که آزمایشات رویین‌سازی انجام شده در دمای 175°F نشان می‌دهد که DEHA در قابلیت تبدیل هماتیت به مگنتیت نسبت به NIPHA برتر بوده است. DEHA در غلظت 0.1 mM می‌تواند عمل رویین‌سازی قطعه نمونه‌ای را انجام دهد، حال آن که NIPHA چنین قابلیت را ندارد.

۳-۱-۴- فراریت

مزیت کلیدی دیگر DEHA علاوه بر قابلیت اکسیژن‌زدایی و رویین‌سازی فلز، فراریت آن است. DEHA نه تنها عمل حذف اکسیژن و رویین‌سازی فلز در آب خوراک و بخش‌هایی از بویلر که بخار در آن به گردش در می‌آید، را بر عهده دارد بلکه همچنین برای تأمین حفاظت کامل سیستم همراه با بخار تبخیر می‌گردد [۱۵].

این واقعیت که DEHA فرار است، نشان دهنده مزیت مهم این ماده در بهبود سیستم آب کندانس می‌باشد زیرا بخش عمده‌ای از آن به سیستم کندانس انتقال یافته و جذب می‌گردد و باعث می‌شود این ماده بتواند با رویین‌سازی سیستم کندانس مانع خوردگی شود.

قابلیت اکسیژن‌زدایی آن باعث می‌شود به محض ورود به سیستم کندانس، از بروز

خوردگی ممانعت به عمل آورد. کاهش محصولات خوردگی انتقال یافته به بویلر، قابلیت رسوبگذاری و خوردگی آن را به حداقل می‌رساند و موجب بهبود قابلیت عملکردی و کارایی تجهیزات می‌گردد. به حداقل رساندن خوردگی در سیستم آب کندانس موجب کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات می‌شود.

۵-۱-۵- تجزیه حرارتی

DEHA تحت تأثیر حرارت سیستم به دو فرم آمین خنثی‌کننده: دی اتیل آمین و اتیل متیل آمین تجزیه می‌گردد. در بسیاری موارد این امکان وجود خواهد داشت که میزان آمین‌های خنثی‌کننده را در جریان آب به حداقل رسانده یا حذف نمود و در این حال به کمک DEHA موجود در سیستم، pH بخار کندانس را در حد مطلوب حفظ نمود.

طی بیست سال گذشته DEHA در بسیاری سیستم‌ها به منظور افزایش pH آب کندانس و همچنین اکسیژن‌زدایی سیستم مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۱-۶- تولید آمونیاک

آمونیاک در غلظت‌های ۰/۳ - ۰/۲ ppm برای خنثی‌سازی آب کندانسه با دی اکسید کربن واکنش داده و در نتیجه به سطوح مسی حمله‌ور نخواهد شد. هر چند آمونیاک موجود در غلظت‌های بالا به آلیاژهای مسی سیستم بویلر صدمه خواهد زد. هیدرازین در دمای °F ۳۳۴ (فشار ۱۰۰ psig) تجزیه شده و آمونیاک آزاد خواهد کرد، حال آنکه برای DEHA در شرایط دمایی حداکثر تا °F ۵۳۴ (فشار ۹۰۰ psig) هیچ گونه آمونیاکی متصاعد نخواهد شد.

۵-۱-۷- سمیت

DEHA دارای سمیت بسیار پایینی است که موجب شده مصرف آن برای کاربردهای معمولی با اطمینان خاطر و به سهولت انجام پذیرد. مقدار سمیت یک ماده غالباً براساس واحد LD₅₀ بیان می‌گردد. این واحد مقدار ماده سمی برحسب mg/kg وزن بدن موجود زنده می‌باشد که موجب ۵۰ درصد مرگ و میر موجود زنده آزمایشگاهی می‌شود. مقدار LD₅₀ برای DEHA جهت موش‌های صحرایی ۲۱۰۰ mg/kg می‌باشد در حالی که برای هیدرازین ۶۰ mg/kg می‌باشد. یعنی سمیت ماده هیدرازین برای موش صحرایی ۳۶ برابر ماده DEHA می‌باشد.

این ماده در دسته‌بندی EPA^۱ در group B موادی که احتمال سرطان‌زایی را در انسان ایجاد می‌کند طبقه‌بندی شده است [۱۶].

¹OSHA این ماده را بر اساس NTP در دسته مواد سرطان‌زا و بر اساس IARC² در GROUP 28 مواد دارای قابلیت ایجاد سرطان در انسان قرار داده است [۱۷ و ۱۸].

محدوده مجاز جهت در معرض قرار گرفتن به شرح زیر است:

OSHA: 1ppm, 8-hr TWA

NIOSH: 0.03 ppm, 2hr ceiling

ACGIH: 0.01 ppm, 8-hr TWA

IDLH: 50ppm

۸-۱-۵- کاربردهای DEHA

به کارگیری DEHA برای درمان طیف وسیعی از سیستم‌های بویلر کم فشار و پر فشار که اقدام به جایگزینی این ماده به جای هیدرازین، سولفیت و همچنین اکسیژن‌زدهای آلی ارزان قیمت نموده‌اند، موفق بوده است. این ماده را می‌توان در هر نوع سیستم بویلری که دمای آب خوراک آن از حد ۱۸۰ °F بیشتر باشد، به کار برد. با این حال DEHA تأییدیه FDA را ندارد. بنابراین نمی‌توان این ماده را در سیستم‌هایی مورد استفاده قرار داد که بخار حاصل از آنها در معرض تماس مستقیم با مواد غذایی قرار می‌گیرد. در ضمن جدا از قابلیت که DEHA طی سالیان متمادی در درمان متعارف آب خوراک بویلر نشان داده، موارد کاربردی بسیاری هم برای این ماده پیدا شده که عبارتند از:

⇐ نگهداری مرطوب بویلر

DEHA را می‌توان برای شرایطی توصیه نمود که مسأله نگهداری مرطوب یک بویلر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت برای تنظیم pH در محدوده ۱۱-۱۰، ۵۰۰ mg/l از DEHA (مؤثر)- بیش از ۴۰۰ mg/l به همراه مورفولین مصرف می‌شود. آزمایش تعیین میزان DEHA و pH به صورت هفتگی انجام می‌پذیرد.

⇐ سیستم‌هایی که در آنها بخار و آب خنک‌کن عمل تبادل را انجام می‌دهند

سیستم‌های ساخت محموله‌های مواد شیمیایی مجهز به راکتورهای روکش شده و لاستیک سازی‌ها نمونه‌هایی از این قبیل موارد هستند.

DEHA در خلال ورود بخار به سیستم با انجام روپین‌سازی سطوح فلزی سیستم موجب کاهش اثر خوردگی آب خنک‌کن می‌شود.

1. OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION
2. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER

⇐ کاربردهایی که در آنها رویین سازی سریع سطح ضروری است

این موارد عبارتند از سیستم های ساخت میخ، پیچ و مهره. DEHA سطوح قطعات فلزی را رویین خواهد ساخت. در تولید محصولات با پرداخت سطحی ناقص به کارگیری DEHA می تواند ما را از اجرای دستورالعمل دو مرحله ای، اعمال و حذف حفاظت موقت از خوردگی در قطعات فهرست شده بی نیاز سازد.

⇐ فرایندهایی که در آنها یک عامل احیاء کننده آلی مورد استفاده قرار می گیرد.

برای مثال فرایند پالایش نیاز به عوامل احیاء کننده دارد. هر کاربرد صنعتی که نیازمند حذف اکسیژن و رویین سازی با حداقل تولید مواد جامد در آب بویلر باشد. برای مثال کاربردهای خاص صنایع خمیر و کاغذ از جمله این کاربردهاست.

۹-۱-۵- دزهای تزریق توصیه شده

در تزریق مورد نیاز برای DEHA دائماً تغییر خواهد نمود زیرا پیش بینی اینکه چه مقدار از محصول به مصرف رویین سازی سیستم خواهد رسید، بسیار دشوار است.

به طور کلی دزهای تزریق توصیه شده برای DEHA توسط عوامل ذیل تعیین خواهد شد:

⇐ میزان اکسیژن موجود

⇐ نقطه تزریق محصول

⇐ وضعیت رویین سازی سیستم

⇐ شاخص های بهره برداری سیستم (دما و فشار).

برای سیستم های بویلر کم فشار و با فشار متوسط، دز اولیه پیشنهاد شده برای تزریق DEHA به آب خوراک $300-500 \text{ mg/l}$ (از DEHA فعال) است. تا زمانی که میزان DEHA باقی مانده در آب کندانسه به حد ثابت $80-120 \text{ mg/l}$ برسد، روند تنظیم نرخ تزریق DEHA همچنان ادامه خواهد داشت. و مقدار مورد نیاز باقی مانده عموماً اندک می باشد.

در بسیاری موارد حتی اگر DEHA موجود در آب خوراک در حد $75-100 \text{ mg/l}$ باشد، آنگاه در آب کندانس $40-50 \text{ mg/l}$ از این ماده حضور خواهد داشت و روند حفاظت از سطح در این مسیر بهبود خواهد یافت.

۱۰-۱-۵- نقاط تزریق محصول

فرآورده های بر پایه DEHA را می توان از مناطق متعدد به درون سیستم بخار / آب کندانس تزریق نمود. میزان اثربخشی DEHA بسته به نوع کاربرد می تواند متغیر باشد.

⇐ هوازدا

متداول ترین نقطه تزریق DEHA به درون یک سیستم تولید بخار، واحد هوازا است. این نقطه مرتفع ترین نقطه عبور جریان در سیستم می باشد که باید در آن نقطه ماده شیمیایی اکسیژن زدا را افزود. برای اطمینان از اینکه محصول در ناحیه سر پوش یا dropleg هوازا تزریق نگردد، باید احتیاطات لازم رعایت شود زیرا در غیر این صورت مقادیر متناوبی از محصول به دلیل تخلیه هدر خواهد رفت. باید از تزریق DEHA و سولفیت سدیم در یک موضع از سیستم اجتناب نمود زیرا DEHA با سولفیت سدیم واکنش خواهد نمود.

← آب خوراک

DEHA را می توان به تنهایی یا به صورت ترکیب با سایر مواد شیمیایی مورد نیاز به آب خوراک تزریق نمود.

← بویلر

در صورتی که خود بویلر تنها یک نقطه در سیستم برای تزریق مواد شیمیایی داشته باشد، آنگاه می توان DEHA را با سایر محصولات ترکیب نموده و در آن نقطه تزریق نمود.

۲-۵- هدر (سر پوش) بخار

بهترین محل استفاده از فراورده های بر پایه DEHA که برای حفاظت بخش ما قبل بویلر به کار می رود، هدر (سر پوش) بخار است زیرا به کارگیری محصول در این نقطه موجب ایجاد تغییرات سریع و قابل اندازه گیری خواهد شد.

۱-۲-۵- مقایسه DEHA با سایر مواد اکسیژن زدا

اطلاعات ارائه شده در سطور ذیل نشان می دهد که چرا فناوری DEHA قابل مقایسه با هیدرازین و سولفیت است.

الف: هیدرازین

مجموعه عملکردهای DEHA زمانی که به عنوان جایگزین هیدرازین مورد استفاده قرار می گیرد، بسیار مطلوب است. مقدار مصرفی مورد نیاز DEHA از نقطه نظر کاربرد به عنوان عامل اکسیژن زدا، ۴۰٪ بیشتر از هیدرازین (N_2H_4) می باشد. مزایای قابل رقابتی که موجب شده DEHA بر هیدرازین برتری داشته باشد مربوط به فراریت و سمیت پایین آن است.

از آنجا که هیدرازین یک عامل روپین کننده قوی است، لذا این ماده به عنوان عامل احیاء کننده در فازهای آب خوراک / بویلر عمل می کند. DEHA نه تنها همان عملیات اکسیژن زدایی / روپین سازی مناطق نام برده را انجام می دهد، بلکه به دلیل فراریتی که دارد تمامی بخش های سیستم کندانس بخار را نیز روپین می سازد.

ضمن اینکه هیدرازین بر اثر گرما به آمونیاک تجزیه می‌گردد که این ماده می‌تواند در حضور اکسیژن برای فلزات زرد بسیار خورنده باشد. در مقام مقایسه، میزان آمونیاک تولید شده از DEHA تنها ۱۰ الی ۲۰٪ آمونیاک حاصل از هیدرازین است.

دومین مزیت مهم DEHA سمیت بسیار کم آن نسبت به هیدرازین می‌باشد. LD_{50} هیدرازین جهت 82 mg/kg موش‌های صحرایی و برای خرگوش‌ها 92 mg/kg می‌باشد. در حالی که این ارقام برای $DEHA - LD_{50}$ برای موش‌های صحرایی 2190 mg/kg و برای خرگوش‌ها 1300 mg/kg می‌باشد. بعضی از محققین مقدار سمیت DEHA را کمتر از ۱۰٪ سمیت هیدرازین اعلام نموده‌اند. در ایالات متحده آمریکا هیدرازین را به عنوان ماده‌ای مشکوک به سرطان‌زایی در جانوران شناسایی کرده‌اند.

با توجه به موارد فوق‌الذکر، استفاده از هیدرازین در دیگ‌های بخاری که با مواد غذایی سر و کار دارند بایستی از طرف اداره بهداشت و وزارت درمان ممنوع اعلام گردد [۱۹].

ب: سولفیت

سولفیت سدیم به عنوان یک ماده اکسیژن‌زدا در سیستم‌های بویلر مخصوصاً در بویلرهای با فشار کم کاربرد گسترده‌ای دارد. این ماده غیر سمی می‌باشد و لذا کاربرد آن نسبتاً آسان است.

این ماده را هم می‌توان به فرم‌های جامد یا مایع (بی سولفیت سدیم حل شده در آب) مورد استفاده قرار داد. به لحاظ هم ارزی مقدار $7/9 \text{ mg/l}$ سولفیت سدیم برای انجام واکنش کامل با 1 mg/l اکسیژن مورد نیاز می‌باشد. برای بویلرهای با فشار کم توصیه می‌شود تا مقدار سولفیت باقی مانده در حد $40 - 20 \text{ ppm}$ باشد.

استفاده از سولفیت سدیم به میزان قابل توجهی بر مواد جامد موجود در آب بویلر می‌افزاید و این امر مصرف آن را در سیستم‌هایی که آب خوراک مصرفی بویلر آنها بایستی دارای درجه خلوص بالایی داشته باشد محدود نموده است. سولفیت سدیم نمی‌تواند موجب روین‌سازی سیستم‌های آب خوراک بویلر یا آب بویلر شود.

روی هم رفته سولفیت سدیم ماده فراری نمی‌باشد و این ماده منحصراً اکسیژن‌زدای خوبی برای حفاظت سیستم آب خوراک و بویلر می‌باشد. سولفیت را نمی‌توان برای حفاظت کندانس بخار مورد استفاده قرار داد.

DEHA در مقام مقایسه با سولفیت به دلیل فراریت و قابلیت که در سرعت بخشیدن به روند روین‌سازی سطوح فولاد دارد از مزیت بیشتری برخوردار است.

۳-۵- مقایسه اکسیژن زداهای از نظر فشار کاری بویلر

همچنان که می‌دانیم بعضی از اکسیژن‌زدها، نظیر سولفیت سدیم در فشار کاری بالاتر از ۹۰۰ psig تجزیه می‌شود. در گذشته تصور بر این بود که ماده DEHA در محدوده بالاتر از ۱۰۰۰ psig به دی اتیل آمین و استالدئید تجزیه می‌شود، ولی تحقیقات انجام شده اخیر نشان می‌دهد که این ماده تا ۲۵۰۰ psig نیز پایدار می‌باشد.

انجمن تکنولوژی آب آمریکا^۱ که یکی از معتبرترین مراجع جهانی در زمینه آب و بخار می‌باشد، فشار کاری اکسیژن‌زدهای مختلف را در جدول شماره ۳ اعلام نموده است [۲۰].

جدول شماره ۳: مقایسه اکسیژن‌زدهای صنعتی از نظر فشار کاری بویلر



Oxygen Scavenger Feedrates

Oxygen Scavenger	Operating Pressure, psig	mg/L Active / mg/L Oxygen
Sulfite	0-600	6-8 + 5-50 mg/L residual (see Table 3-4)
Sulfite	601-900	6-8 + 5-20 mg/L residual (see Table 3-4)
Hydrazine	>2500	5
Carbohydrazide	>2500	5-6
Hydroquinone	>2500	3-7
DEHA	>2500	6
MEKO	<1800	25
Ascorbate/erythorbate	<1500	30

همچنین در این جدول مقدار مورد نیاز اکسیژن‌زدا به ازای هر ۱ mg/lit اکسیژن موجود در آب نیز آورده شده است، به طور مثال برای هیدرازین و DEHA به ترتیب مقدار ۵ ppm و ۶ ppm به ازای هر ۱ ppm اکسیژن ذکر شده است.

ضمناً همچنان که در جدول مشاهده می‌شود، هیدرازین، کربوهیدرازین، هیدروکیتون و DEHA همگی می‌توانند تا (۱۷۲ atm) ۲۵۰۰ psig فشار را تحمل کنند بدون آنکه تجزیه شوند.

مطالعه موردی شماره ۲

بررسی امکان سنجی جایگزین هیدرازین

بررسی‌هایی به منظور جایگزین نمودن یک اکسیژن‌زدای مناسب به جای هیدرازین که توسط کارشناسان محترم واحد فرآیند یک پتروشیمی در منطقه عسلویه صورت پذیرفته است که در ذیل به شرح آن می‌پردازیم.

← مقدار آب در گردش بویلر ۳۶۴/۲۹ تن در ساعت

← فشار کاری بویلر ۱۲۰ بار

۴-۵- بررسی اقتصادی و مقدار مواد اکسیژن‌زدا

← هیدرازین 14/38 gr/hr 100%: بر اساس محاسبات موجود در مدارک

طراحی شرکت

← DEHA 82.73 gr/hr 100%: بر اساس محاسبات موجود در مدارک طراحی

شرکت

← کربو هیدرازید 82.73 gr/hr 100%: بر اساس awt از نظر همسان بودن با

DEHA

توضیح: در حال حاضر هیدرازین با غلظت ۳۵ درصد و DEHA با غلظت ۲۵ درصد در بازار قابل تهیه می‌باشد و بر این اساس میزان مصرف مواد به شرح زیر خواهد بود:

هیدرازین: ۱۰۹ gr/hr ۳۵٪: میزان مصرف سالیانه برای هر فاز ۸۳۷ kg

DEHA 25% 331 gr/hr: میزان مصرف سالیانه برای هر فاز ۲۶۲۲ kg

کربو هیدرازید 6.5% 1272 gr/hr: میزان مصرف سالیانه برای هر فاز ۱۰۰۷۵ kg

با توجه قیمت هر کدام از مواد اکسیژن‌زدای مذکور و همچنین به مزایای فنی و اقتصادی DEHA، نهایتاً این ماده به عنوان جایگزین هیدرازین انتخاب شد.

بویلرهای پر فشاری که در حال حاضر در ایران از مواد اکسیژن‌زدای به غیر از هیدرازین استفاده می‌نمایند عبارتند از:

← پتروشیمی پردیس فشار کاری ۱۲۰ بار می‌باشد.

← پتروشیمی کرمانشاه واحد اوره و آمونیاک مشابه شرایط کاری پتروشیمی

پردیس می‌باشد که از ماده کربوهیدرید در حال حاضر استفاده می‌شود.

← پتروشیمی آریا ساسول با فشار بویلر ۱۰۵ بار از کربوهیدرید استفاده

می‌کند.

- ⇐ پتروشیمی متانول زاگرس با فشار بویلر ۱۲۰ بار که در ابتدا از MEKO استفاده می‌نمود که در حال حاضر از DEHA استفاده می‌نماید.
- ⇐ پتروشیمی مروارید در سیستم تولید بخار فشار ۱۰۵ بار از DEHA استفاده می‌نماید.
- ⇐ نیروگاه حرارتی ذوب آهن اصفهان با فشار ۱۶۰ بار از MEKO استفاده می‌نماید.

توضیح

- در صورت استفاده از کربوهیدرازید بایستی به موارد زیر توجه نمود.
- ⇐ در صورت استفاده از این ماده دیگر نمی‌توان از آمونیاک به عنوان کنترل‌کننده pH استفاده نمود (به علت احتمال تشکیل کار بامات) و بایستی از آمین‌های خنثی‌کننده در این رابطه استفاده شود. در این صورت برای کنترل pH مقداری آمین نیز جهت کنترل و خنثی کردن CO_2 مورد نیاز است که نهایتاً به مفهوم مصرف بیشتر آمین‌های خنثی‌کننده می‌باشد.
- ⇐ یکی از معایب دیگر کربوهیدرازید، تبدیل آن در بویلر به هیدرازین می‌باشد و در نتیجه در کلیه بخارات کندانس باقی مانده هیدرازین را خواهیم داشت. در حالی که ماده DEHA این مشکل را ندارد.

۶- کاترید فیلترهای قابل شستشو

این نوع فیلترها می‌تواند در فرآیند حذف ذرات معلق از آب در گردش باز و یا آب تغذیه در نیروگاه‌های حرارتی و یا آب ورودی به RO مورد استفاده قرار گیرند. این فیلتر جهت جداسازی ذرات معلق موجود در آب با رنج‌های ۲۰۰ و ۱۲۰ و ۱۰۰ و ۵۰ و ۲۰ و ۵ میکرون در دسترس هستند. از مزایای این نوع فیلتر، سرعت بالای تصفیه، حجم کم اشغالی و ارزان بودن آن است.

در حال حاضر در ایران این گونه فیلترها، یک بار مصرف بوده و غالباً در آب ورودی به RO از آن استفاده می‌شود.

در یکی از نیروگاه‌های کشور که از عمر آن بیش از ۴۰ سال می‌گذرد در مسیر آب تغذیه بویلر به منظور حذف اکسیدهای آهن، از این نوع فیلترهایی که از نوع الیاف مصنوعی و قابل شستشو هستند، استفاده می‌شود و هر چهار سال یک بار فیلترهای آن تعویض می‌شود. این نوع فیلترها غالباً از جنس الیاف مصنوعی نظیر HDPE و پلی پروپیلن و پلی تترافلورواتیلن (PTFE) ساخته می‌شوند.

شکل شماره ۴ نمایی از فیلتر مذکور است که محفظه اصلی آن دارای بیش از ۶۰ فیلتر کارتریج است. استفاده از این نوع فیلترهای الیافی را که قابل شستشو می‌باشند می‌تواند برای کلیه مدارهای آب خنک کن صنایع و همچنین آب مدار تغذیه نیروگاه‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. غالباً در صنایع کشور، از کارتریج فیلتر یکبار مصرف استفاده می‌شود، در حالی که این نوع فیلترهای با طراحی‌های جدید قابل شستشو می‌باشند که از نظر صرفه‌جویی در کاهش هزینه‌های بسیار مؤثر هستند.



شکل ۴- تصویری از جهات مختلف از کارتریج فیلتر

اکثر سازندگان RO برای کارکرد صحیح نصب و استفاده از دستگاه کارتریج فیلتر را قبل از ورود آب به RO برای حذف ذرات معلق بزرگ‌تر از ۲۰ میکرون توصیه می‌کنند.

در حال حاضر کارتریج فیلتر قابل شستشو در ایران تولید می‌شود. از نظر راندمان و قیمت این نوع فیلتر به مراتب نسبت به فیلترهای شنی و یا فیلترهای چرخان گریز از مرکز (دوار) که در بعضی از صنایع در حال استفاده می‌باشد مزیت دارد.

در این بخش سایر انواع فیلترهایی که در حال حاضر در صنایع کشور استفاده می‌شود می‌پردازیم.

۶-۱- فیلترهای چرخان گریز از مرکز

در این نوع فیلترهای که نمایی از آن در شکل ۵ آورده شده است همانند فیلترهای کاتریج قابل شستشو می‌باشند در داخل فیلتر (پوسته اصلی) یک توری از جنس فولاد زنگ نزن نصب شده است. در این نوع فیلترها با چرخش خود یک جریان گردابی در داخل مخروط به وجود می‌آورند که این امر سبب می‌شود تا مواد معلق به طرف دیواره‌های توری کشیده شود و در اثر وزنشان به طرف پایین روان و سپس خارج شوند این نوع فیلترها غالباً برای آب‌های خنک کن باز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۵- فیلترهای گریز از مرکز

۶-۲- فیلترهای مغناطیسی

این نوع فیلترها معمولاً در نیروگاه‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و ذرات موجود در آب تغذیه را قبل از آن که وارد دیگ بخار شوند حذف می‌کنند، لازم به ذکر است که در دیگ‌های بخار ONCE - THROUGH که غالباً با فشار بسیار بالا کار می‌کنند و

فاقد درام می‌باشند، آب ورودی به این دیگ‌ها بایستی فاقد هر گونه مواد محلول و یا ذرات معلق باشند. یک نوع از این فیلترها که ساخت کشور آلمان و در یکی از نیروگاه‌های کشور قرار دارد، از قرار از عملکرد این سیستم رضایت چندانی وجود ندارد.

۳-۶- فیلترهای PRECOAT (پنبه‌ای)

در یکی از نیروگاه‌های کشور، یک نوع دیگر از فیلترهای جاذب ذرات وجود دارد که در داخل فیلتر از نوعی پنبه استفاده شده و این نوع فیلتر نیز قابل شستشو نیست و بایستی پس از مدتی که مقدار ذرات معلق در روی آن از حد معینی افزایش یابد، پنبه‌های داخل فیلتر تعویض شود و از آنجا که به طور مرتب بایستی از سازنده آن، پنبه مورد نظر خریداری شود، از نظر اقتصادی استفاده از این نوع فیلترها نیز مقرون به صرفه نمی‌باشد.

۷- مطالعات موردی

مطالعه موردی شماره ۳

اهمیت انتخاب مواد مناسب در کاهش رسوب‌گذاری و خوردگی

آب مورد نیاز یک مجتمع صنعتی از چاه‌های اطراف آن تأمین می‌گردد. کیفیت این آب در جدول شمار ۱ آورده شده است.

جدول شماره ۱: نتایج تست و آنالیز

واحدکمیت	---	Us/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
کمیت اندازه‌گیری	PH	cond	p.Alk	m.Alk	T.H	Ca.H	Cl	SO ₄ ²⁻	Sio ²	TDS
	۷/۹	۵۸۳۰	Nil	۸۱	۹۸۵	۳۸۰	۱۷۰۴/۰	۸۸۰/۰	۱۲/۱	۲۸۳۷/۰

همچنان که ملاحظه می‌گردد، هدایت الکتریکی این آب ۵۸۳۰ ms/mm است و مقدار کلراید آن ۱۷۰۰ ppm می‌باشد یکی از کارشناسان اظهار می‌داشتند که آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که این آب حاوی باکتری SRB بوده و به منظور کنترل این باکتری، درخواست مواد بایوساید نمودند.

خدمت این کارشناس عزیز عرض شد که چنانچه این آب حاوی باکتری SRB نباشد خوردنگی در رسوب‌گذاری این آب به دلیل بالا بودن کلراید و سایر املاح که سبب سوراخ

شدگی سریع لوله‌ها می‌شود و مقدار خوردگی عمومی چنین آبی بدون باز دارنده خوردگی معمولاً بیش از ۱۲ mpy است که بایستی زیر ۱ mpy کاهش یابد. طول این خط لوله ۲۰ کیلومتر و قطر آن ۸ اینچ و از آهن معمولی ساخته شده است و متأسفانه بعد از دو سال که از عمر این لوله‌ها می‌گذرد قبل از آن که واحد به بهره‌برداری برسد، دچار خوردگی شدید شده است.

متأسفانه چرا کارشناسان انتخاب مواد در زمان طراحی و ساخت، دقت لازم را در این موارد به عمل نیاورده‌اند در این مواقع، جنس لوله بهتر است از مواد پلی اتیلن و یا pvc مناسب ساخته شود. در نهایت قرار شد تا از بازدارنده ضد رسوب و خوردگی و همچنین مواد گندزدا در کنترل این خط لوله استفاده شود.

مطالعه موردی شماره ۴

خوردگی لوله‌های انتقال آب به مزارع نیشکر

لوله‌های انتقال آب به مزارع نیشکر در استان خوزستان به نحوی طراحی شده‌اند که در زمان پمپاژ آب مقدار قابل توجهی آب در این لوله‌ها باقی می‌ماند، با توجه به گرم بودن هوا در آن منطقه این مقدار آب باقی مانده در لوله‌ها، سبب ایجاد رطوبت در بالای لوله‌ها شده و با توجه به حضواکسیژن این امر سبب خوردگی شدید لوله‌ها انتقال آب می‌شود.

بایستی توجه شود که طراحی این گونه لوله‌ها بایستی به نحوی صورت پذیرد که در زمان توقف و خالی بودن لوله‌ها یا لوله‌ها پر از آب باقی بمانند و یا با شیب ملایمی که لوله‌ها خواهند شد، آب موجود در لوله‌ها به طور کامل تخلیه شود. به نظر می‌رسد که چنانچه در طراحی، لوله‌ها پراز آب باقی بمانند این روش بهتر باشد. در شهر بندرعباس که رطوبت هوا زیاد می‌باشد، در گذشته لوله‌های آگروز خودروهایی نظیر پیکان که از کیفیت مطلوبی برخوردار نبود بسیار سریع سوراخ می‌شدند. علت آن نیز ایجاد شبنم مکرر در روی لوله‌ها و نهایتاً تشدید واکنش‌های خوردگی در این حالات می‌باشد.

چنانچه یک قطعه آهن را در داخل یک لیوان آب ساکن قرار دهیم بعد از مدتی شدت خوردگی به دلیل کاهش اکسیژن موجود در مجاورت فلز تقلیل یافته و نهایتاً متوقف می‌گردد. حال چنانچه لیوان آب را با قاشقی به هم بزنیم، مجدداً اکسیژن با سطح فلز در تماس قرار گرفته و واکنش خوردگی تشدید می‌شود. بدترین حالت، خوردگی اتمسفری می‌باشد، در این حالت سطح فلز به طور مرتب در تماس رطوبت و اکسیژن قرار گرفته و واکنش خوردگی به طور مرتب تکرار و تداوم می‌یابد.

تزریق بیش از حد سولفیت در یکی از پالایشگاه‌های کشور

در یکی از پالایشگاه‌های کشور، از سولفیت سدیم برای حذف اکسیژن استفاده می‌شد. به دلیل خوب عمل نکردن دستگاه هوازدا مقدار مصرف این ماده بسیار زیاد بود. لازم به ذکر است که چنانچه دستگاه‌های هوازدا دارای راندمان خوبی باشند، بایستی که بیشترین مقدار اکسیژن در دستگاه مذکور حذف شود نه با استفاده از مواد شیمیائی اکسیژن‌زدا.

خوشبختانه در ایران شرکت‌های متعددی دیگ‌های بخار با ظرفیت بالا را تولید می‌نمایند و دستگاه‌های هوازدا را آنها از راندمان خوبی برخوردار است. بر اساس دستورالعمل و مشخصات فنی این نوع هوازداها مقدار اکسیژن ورودی و خروجی بایستی به دقت اندازه‌گیری شود، در بازدیدی که از یکی از نیروگاه‌های حرارتی در آلمان به عمل آمد، علت عدم استفاده از هیدرازین را در بویلرهای آن که از ظرفیت و فشار بالایی برخوردار بود جویا شدم.

کارشناس مربوطه اظهار داشتند که چنانچه مقدار اکسیژن محلول در بویلرهای با فشار بالا (۲۰۰ بار) در حد ۷ ppb باشد دیگر نیازی به استفاده از هیدرازین نمی‌باشد.

لذا با توجه به موارد فوق الذکر از کلیه کارشناسانی که با دیگ‌های بخار سر و کار دارند درخواست می‌شود که از عملکرد صحیح دستگاه هوازدا مطمئن شوند. چنانچه دستگاه هوازدا خود کار نکند، امکان تعمیر و اصلاح آن در ایران وجود دارد.

مطالعه موردی شماره ۶

سرنده آهک در نیروگاه‌های کشور

در نیروگاه‌های کشور از آهک و کلریدریک به منظور کاهش سختی آب استفاده می‌شود. در سال‌های قبل از انقلاب، آهک‌های ارسالی به نیروگاه‌ها ناخالصی‌های زیاد را داشت که این ناخالصی‌ها توسط کارگران نیروگاه با سرنده کردن آهک کاهش می‌یافت.

بعد از مطالعاتی که در این مورد به عمل آمد، مشخص گردید که چنانچه آهک مصرفی از خلوص بالایی برخوردار باشد (بیش از ۹۹٫۵ درصد) و با گاز به صورت صحیح پخته شود، دیگر نیازی به سرنده کردن این ماده در نیروگاه‌های کشور نمی‌باشد.

آقای دکتر جلالی از شرکت ملی نفت که در این گروه مطالعاتی همکاری می‌نمودند، به اینجانب اظهار داشتند که آهک یکی از پالایشگاه‌های کشور، از انگلیس وارد می‌شود. که دیگر با این بهبود در کیفیت این ماده واردات انجام نشد.

بعدها در پالایشگاه مذکور، با استفاده از بازدارنده خوب فسفونات دیگر ضرورتی دیده نشد که از آهک برای کاهش سختی آب خام ورودی استفاده شود. امید دارم در نیروگاه‌های قدیمی ما که هنوز از آهک برای کاهش سختی استفاده می‌کنند این کار نیز منسوخ شود.

مطالعه موردی شماره ۷

محدودیت‌های استفاده از اسید کلرید ریک (فولاد گالوانیزه)

در یکی از نیروگاه‌های حرارتی کشور قسمتی از لوله‌های کولینگ باز از جنس آهن گالوانیزه ساخته شده است. در زمان شستشو برج خنک‌کن مذکور که توسط یک پیمانکار صورت گرفت از اسید کلرید ریک به منظور رفع رسوبات استفاده گردید، متأسفانه با توجه به مدت زمان کوتاه شستشو و همچنین استفاده از بازدارنده، روکش‌های گالوانیزه به شدت آسیب دیدند بایستی دقت شود که در این گونه مواقع نبایستی از اسید کلرید ریک استفاده شود. ضمناً این اسید برای شستشوی فولادهای زنگ‌نزن و همچنین آلومینیوم مناسب نبوده و سبب خوردگی تنش‌ی شکافی و همچنین ایجاد حفره در این نوع فلزات می‌شود باید توجه نمود که عمده کولینگ‌های کوچک که در ساختمان‌های مرتفع مورد استفاده قرار می‌گیرند از آهن گالوانیزه در این کولینگ‌ها استفاده شده است. در مورد آهن گالوانیزه بهترین PH برای کنترل خوردگی ۸/۵ - ۷/۸ می‌باشد، هر گونه افزایش و یا کاهش PH سبب تشدید خوردگی و رسوب‌گذاری می‌شود.

اسید سولفامیک ممانعت شده با دمای کمتر از 40°C موجب خوردگی فولاد گالوانیزه نمی‌شود. مصرف این اسید به منظور رسوب‌زدایی در برج‌های خنک‌کن کنداسورهای تبخیری و سایر تجهیزات ساخته شده از فولاد گالوانیزه توصیه می‌شود. باید دقت شود که در زمان شستشو با این اسید، از بازدارنده خوردگی استفاده شود.

منابع

- [1] L. Barrett, G. Hall, P. Jansen, PREVENTION OF CORROSION, EROSION & ABRASION IN COOLING TOWERS, COOLING TECHNOLOGY INSTITUTE, 2013.
- [2] Hercamp, Richard D., and Roy D. Hudgens. "Diesel engine cooling system compositions." U.S. Patent No. 4,717,495. 5 Jan. 1988.
- [3] DANIELI WATER TREATMENT SYSTEMS manual.
- [4] ASTM D2688-94 Standard Test Methods for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Weight Loss Methods).
- [5] J. Paul Guyer, An Introduction to Cooling Tower Water Treatment, Continuing Education and Development, Inc., Course No: C05-019, 2014.
- [6] cooling tower efficiency guide properly managers, improving cooling Tower operations Revision Date: March 2013.
- [7] S.P. Rey, Molybdate and Non-Molybdate Options for Closed Systems, part I.
- [8] S.P. Rey, Molybdate and Non-Molybdate Options for Closed Systems, part II.
- [9] P.V. Balakrishnan,. A study of phosphate hide out from boiling water. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 55(5), pp.592-596, 1977.
- [10] Deport Robert, Hero HM. The Nalco guide to boiler failure analysis. Hill Inc., 1944.
- [11] Betz Handbook of Industrial Water Conditions, fifth ed., 1957, Betz Laboratories, Inc., Philadelphia, Pa., pp. 90-99 and 148-151.
- [12] INDUSTRIAL WATER TREATMENT OPERATION AND MAINTENANCE, UFC 3-240-13FN, 25 May 2005.
- [13] F. Kasinecz, Diethylhydroxylamine (DEHA) A Volatile Oxygen Scavenger for Boiler System Treatment, "MR. GOOD CHEM" INC.
- [14] C. Feigenbaum, L. Gal-Or, and J.Yahalom, , Microstructure and chemical composition of natural scale layers. Corrosion, 34(2), pp.65-70, 1978.
- [15] M.E. Berlyand, Regulation of emissions into the atmosphere. In Prediction and Regulation of Air Pollution, pp. 252-265, Springer Netherlands, 1991.
- [16] ENVIRONMENTAL PROTECTION ACADEMY
- [17] OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION
- [18] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER
- [19] R. Heidari, H. Babaei and M.A.Eghbal, Cytoprotective effects of taurine

against toxicity induced by isoniazid and hydrazine in isolated rat hepatocytes.
Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 64(2), pp.201-210,2013.
[20] Association of water technologies, chapter 3, Boiler Systems.