



مجتمع پتروشیمی اصفهان دارای دو برج خنک کننده ی بازبرگشتی به نام های پروسس و نیروگاه می باشد. از آن جایی که هر دو برج مذکور به صورت Zero Blow Down طراحی شده اند و در کلیه ی سایت های صنعتی پالایشگاهی، پتروشیمیایی و نیروگاه های ایران سیستمی منحصر به فرد می باشد، لذا مشکلات خاص خود را دارا هستند. پروژه ی کاهش خوردگی و رسوب گذاری برج خنک کننده ی پروسس به دلیل خنک کردن مبدل های واحد های تولیدی همواره مشکلات بیش تری داشته و این مشکلات در بسیاری از موارد باعث قطع تولید و یا اختلال در آن می شده است. از آغاز راه اندازی، واحد مذکور همواره تحت نظر کارشناس خارجی شرکت تامین کننده ی مواد شیمیایی برج های خنک کننده بوده ولی متأسفانه تغییر عمده ای در فرآیند ایجاد نشد. بررسی های اولیه نشان داد که سیستم برج های خنک کننده ی باز برگشتی به علت وجود اکسیژن محلول در آب، تماس مستقیم آن با هوا، وارد شدن گرد و غبار و انواع آلودگی ها از طریق هوا و آب به داخل سیستم، تبخیر، تغلیظ نمک ها و عوامل مهم دیگری نظیر ارگانیسم ها دستخوش مشکلاتی نظیر خوردگی، تشکیل رسوب و گرفتگی میکروبی خواهد گردید.

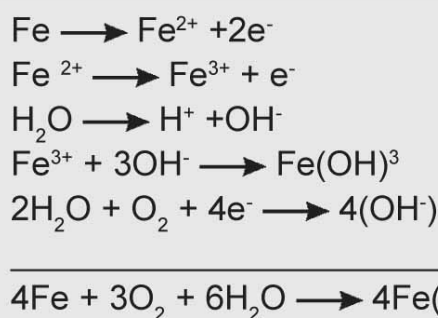
تر در محل هایی از سیستم برج خنک کننده باز برگشتی که دارای فولینگ محصولات خوردگی، رسوبات غیر یکنواخت و لجن بوده و مانع رسیدن اکسیژن به سطح فلز می گردند اتفاق افتاده و و سبب خوردگی می گردد. لازم به ذکر است که پیل های غلظتی در این سیستم تغلیط گردیده و در حالت هیدرولیز اسیدهایی را تولید می نمایند که موجب کاهش موضعی PH در سیستم شده و خوردگی شیاری را موجب می گردند.

مشکل خوردگی فوق می تواند به شکل حفره باشد که به صورت خوردگی محلی (Corrosion Localized) نمایان می شود که نهایتاً به سوراخ شدن فلز منتهی می گردد.

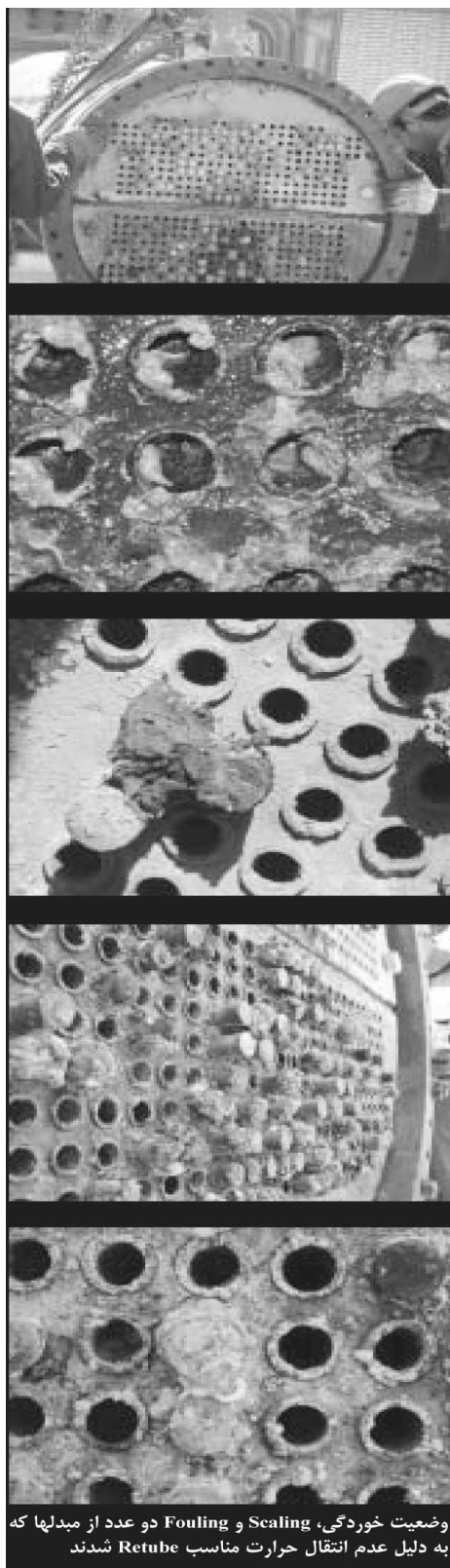
رسوب

از رسوبات بسیار شناخته شده در سیستم برج خنک کننده، پروسس و یوتیلیتی CaCO_3 می باشد، با توجه به وجود قلیائیت کلسیم و بی کربنات در آب گردش، بی کربنات ها از طریق

انواع خوردگی که در برج های باز مطرح می شوند، خوردگی الکتروشیمیایی، خوردگی شیمیایی و خوردگی بیولوژیکی می باشند، که متداول ترین آن ها خوردگی الکتروشیمیایی است که نهایتاً به اکسید شدن فلز منتهی می گردد:



مراتب فوق می تواند اساسی ترین تئوری الکتروشیمی در مورد خوردگی آهن در آب باشد. نوع دیگری از خوردگی که در این سیستم رایج است با تشکیل پیل های اکسیژن به نام (Cells Differentisl Aeration Concentration) به وجود می آید. نتایج بررسی ها معلوم می دارد نقاطی از سطح فلز که دارای اکسیژن کمتری است حالت آندی پیدا نموده و خورده می شود. این پدیده بیش



وضعیت خوردگی، Fouling و Sealing دو عدد از مبدلها که به دلیل عدم انتقال حرارت مناسب Retube شدند

افزایش درجه ی حرارت و با افزایش سریع PH تجزیه می گردند. حلالیت کربنات کلسیم با افزایش درجه ی حرارت کاهش می یابد، به نحوی که تغییرات حرارت به تنهایی می تواند باعث رسوب کربنات کلسیم از محلول اشباع یا نزدیک به اشباع شود.

از رسوبات مهم دیگر CaSO_4 می باشد که کریستال های این نمک کوچک تر از کریستال های کربنات کلسیم می باشد و لذا به مراتب سخت تر و متراکم تر از رسوب کربنات خواهد بود.

از عواملی که موثر در مکانیزم تشکیل رسوب می باشند می توان به افزایش درجه ی حرارت، افزایش PH و افزایش قلیائیت اشاره نمود. هم چنین بالا بودن غلظت بعضی از نمک ها نظیر کلرور سدیم و سولفات کلسیم و غیره در میزان حلالیت آن ها موثر بوده و استعداد رسوب گذاری بیش تر خواهد شد.

فولینگ یا رسوب گذاری

آب جبرانی در بیش تر مواقع حاوی مواد معلق نظیر گل و لای، شن، خاک رس، مواد بیولوژیکی و یا محصولات خوردگی

آلی و معدنی موجود در آب به راحتی تغذیه کرده و تکثیر می گردند. عدم کنترل این موجودات ذره بینی بدون برنامه ریزی منظم و دقیق موجب تکثیر تصاعدی آن ها که امری اجتناب ناپذیر است می شود. باکتری ها

باکتری ها از گروه میکروارگانیسم هایی هستند که به صورت هوازی و غیر هوازی در برج های خنک کننده وجود دارند. کلر روی بعضی از آن ها بسیار موثر و روی بعضی دیگر اثر زیادی نداشته و اگر مقدار آن خیلی زیاد باشد، تاثیر دارد که خود زیانی برای سیستم به حساب می آید. دسته ای دیگر از میکروب کش های غیر اکسید کننده به نام Non Oxidizing Biocides هستند که روی بعضی از باکتری ها موثر و روی بعضی غیر موثرند.

وارد شدن مواد آلی نظیر هیدروکربن که غذای موثری برای تکثیر باکتری هاست، آلودگی ها را تشدید می کند. از این رو تشکیل بایوفیلم که شروع

نظیر زنگ آهن می باشد. مواد مذکور در محل های با سرعت کم آب ته نشین گردیده و باعث کاهش انتقال حرارت در سطح فلز می گردند. سرعت ته نشینی این مواد مربوط به اندازه ی مواد معلق موجود در آب و سرعت آب خواهد بود. لذا بزرگ بودن ذرات معلق و سرعت کم آب ته نشین شدن املاح معلق را تسریع می نماید.

میکروارگانیسم ها

یکی از عواملی که بسیار کم در مورد آن بحث شده ولی دخالت عمده در خوردگی آب مخصوصا در برج های خنک کننده ی بازگشتی دارد، موجودات ذره بینی بیولوژیکی (Microbiological Organism) موجود در آب می باشند. این عوامل در همه جای طبیعت یافت شده و از طریق آب جبرانی و یا هوا وارد سیستم برج های خنک کننده می گردند. از طرفی درجه ی حرارت و PH آب محل جهت رشد و نمو آن ها مناسب می باشد که با مصرف مواد

فولینگ در سیستم است تقریباً اجتناب ناپذیر بوده و در مدت کوتاهی می تواند قسمت های مختلف سطوح فلزی کولرها و کندانسور که در تماس با آب می باشند را بپوشاند.

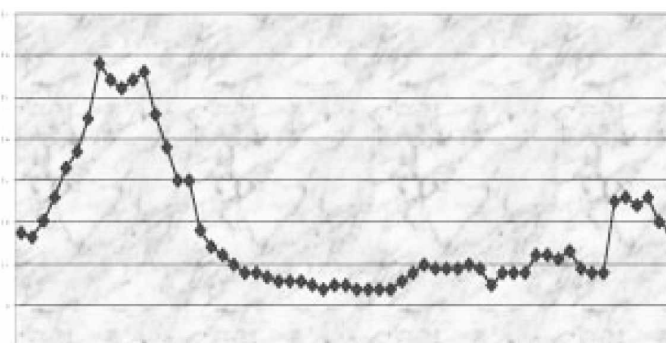
از انواع باکتری ها می توان به باکتری های آهنی، باکتری های سولفور، باکتری های تشکیل دهنده ی لجن و باکتری های کاهنده ی سولفات اشاره نمود.

از زیان بخش ترین باکتری های موجود در آب، باکتری های غیر هوازی SRB می باشند. این باکتری ها به آسانی آهن محلول و یا فلزی را پس از حمله کردن تبدیل به ترکیب سولفور غیر محلول می نمایند.

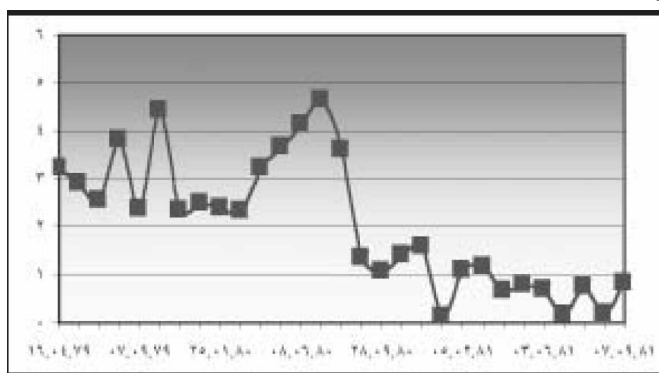
باکتری های کاهنده ی سولفات ها با انجام اعمالی روی سولفات ها آن ها را احیا و به سولفور تبدیل می سازند. محصول نهایی خوردگی شامل خوردگی مجموعه ای از یک قسمت سولفور آهن و سه قسمت هیدروکسید فرو می باشد که به صورت خوردگی های نقطه ای یا حفره ای (pitting)



نمودار ۱



نمودار ۲



ظاهر می شوند.

پیشینه ی سیستم

آمار مربوط به میزان متوسط خوردگی که از طریق نصب کوپن های خوردگی (Coupons Corrosion) در آب برگشتی می باشد، نشان می دهند در طول سال های ۱۳۷۳ تا آخر مرداد ۱۳۷۹ متوسط خوردگی حدود ۳-۴ MPY بوده است. هم چنین کلیه ی فاکتورهای لانگیر، رایزنار و پوکوریوس نشان از بسیار خورنده بودن آب دارد. لازم به ذکر است در دوره هایی از آزمون، به دلیل این که کوپن ها، غیر استاندارد

و ساخت کارگاه مجتمع بود، نتایج میزان خوردگی دقیق و قابل اطمینان نبودند.

خورنده بودن آب سیستم از سویی و اعمال Zero Blow Down از سویی دیگر، تحت نظر گیری (مانیتورینگ) نامناسب، مواد شیمیایی نه چندان کارآمد (حتا به ازای Dosage های خیلی زیاد)، باعث تشکیل فولینگ و رسوب گذاری و خوردگی در تجهیزات گردید. تزریق کلر جهت گندزدایی سیستم معمولا به صورت هفتگی انجام می گردید، البته در یک مدت زمان به دلیل مشکل سیستم تزریق،

جدول ۱

	PH	Conductivity μs/cm	T.Hardness	Ca.Hardness	M.Alkalinity	Cl ⁻	PO ₄ ⁻	Sulphate
قبل از اجرای پروژه	۷,۷	۶۵۰	۷۰	۵۰	۴۵	۵۰	۳۲	۱۵۰
بعد از اجرای پروژه	۷,۸۵	۴۸۰	۵۰	۳۵	۶۰	۴۵	۲۵	۷۰

جدول ۲: شمارش کل باکتریها (TBC) در برج خنک کننده پروسس مجتمع پتروشیمی اصفهان

نتایج تست SRB	تزریق بایوساید	تزریق کلر	TBC	
+	۷۵kg	قطع	۱۰,۵	۸:۳۰ بامداد ۷۹/۵/۲۵
+	-	قطع	۱۰,۴	یک بعدازظهر ۷۹/۵/۲۵
+	-	برقرار بوده است	۱۰,۷	یک بعدازظهر ۷۹/۵/۲۶

کلر و بایوساید و دیسپرسنت و یافتن بهترین شیوه، حذف خطاهای اندازه گیری و استفاده از سیستم مانیتورینگ پیش رفته داشت.

-همانطوری که از جداول (۱) مشخص است، مشخصات آب به نحوی تغییر یافته که خاصیت الکترولیته ی آن کاهش یافته، هم چنین ظرفیت بافری آب نیز افزایش داده شده است. -تزریق کلر: با توجه به آلودگی سیستم، برای اولین بار سعی شد گاز کلر به صورت پیوسته تزریق گردد. بنابراین با این شیوه ی تزریق از تاریخ ۱۳۹۵/۵/۲۰ طبق گزارش آزمایشگاه Total Chlorine بین (۰.۲-۳ ppm) بوده است. در جدول زیر وضعیت TBC و SRB سیستم در تاریخ مذکور نشان داده شده است. هر چند تزریق کلر از صبح روز ۷۹/۵/۲۴ تا صبح ۷۹/۵/۲۶ قطع بوده و بایوساید به مقدار ۷۵ کیلوگرم برای برج خنک کننده ی پروسس تزریق شده است. نتایج شمارش کل باکتری ها در جدول (۲) آمده است.

این تزریق روتین مختل گردیده و به همین دلیل موجب شد تا سیستم تدریجا دچار آلودگی میکروبی گردد. -آزمایش های (T.B.C (Total Bacteria Count و (SRB (Sulphate Reducing Bacteria جهت کنترل میکروبی به صورت روتین انجام نمی گردید.

-انواع خوردگی های حفره ای در اثر تاول زدگی وجود املاح خوردگی در داخل تاول، خوردگی زیر رسوبی و تشکیل حفره، خوردگی بین درز، خوردگی در محل جوش، خوردگی در اثر اکسیژن محلول و تشکیل پیل های غلظتی خوردگی میکروبیولوژی و خوردگی (Plating Copper) در محل های مختلف سیستم مشاهده می شد.

ارائه راهکارهای مناسب در جهت رفع مشکلات

در مجموع، کل تغییرات و راهکارهای اعمال شده را می توان شامل اصلاح شرایط آب، ارزیابی ماده ی بازدارنده و شناسایی عیوب و انتخاب یک ماده ی بهتر، نصب آند های فداشونده، مطالعه بر روی نحوه های تزریق