

سلامت بخش

سایت تخصصی برق

www.power2.ir

reza@power2.ir

بررسی فوردگی در کندانسور های

نیروگاهی و تاثیر آن بر نیروگاه

فرستنده: محمد علی میردامادی

چکیده

کندانسور یکی از قسمت‌های مهم نیروگاه است که نشتی آن باعث ورود آب خنک کن آلوده به قسمت آب سیکل می شود، که در نهایت خسارت های فراوانی به بویلر، توربین و دیگر اجزاء نیروگاه وارد می شود

نشتی های بوجودآمده معمولاً در اثر خوردگی های سمت بخار یا سمت آب است که سهم سمت آب بیشتر است. از جمله خوردگی های سمت آب، خوردگی سایشی در ابتدا و انتهای ورودی و خروجی آب لوله، خوردگی های گالوانیک در محل اتصال لوله به تیوب شیت، خوردگی حفره ای و شیاری در امتداد لوله ها ، خوردگی تنشی (SCC) در سمت بخار و در محل رولینگ انتهای لوله ها را می توان نام برد.

اعمال بازدارنده های خوردگی ، استفاده از پوشش های رنگ و لاستیک درون جعبه آب، استفاده از اینسرت های پلاستیکی در ورودی و خروجی لوله آب و اعمال حفاظت کاتدی و نیز ملاحظات بهره‌برداری صحیح از واحد و انجام اسید شویی های به موقع و مناسب، آگاهی از وقوع نشتی و پیدا کردن محل دقیق نشتی ها با استفاده از روشهای مختلف،

تمیزکاری لوله های رسوب گرفته با استفاده از سیستم گلوله های اسفنجی و ...

مهمترین روشهای پیشگیری از نشتی به شمار می رود.



فصل اول

عملکرد کندانسور ، شرایط کاری ،

مواد و آلیاژهای بکار رفته در آن

فصل اول

عملکرد کندانسور ، شرایط کاری ، مواد و آلیاژهای بکار رفته در آن

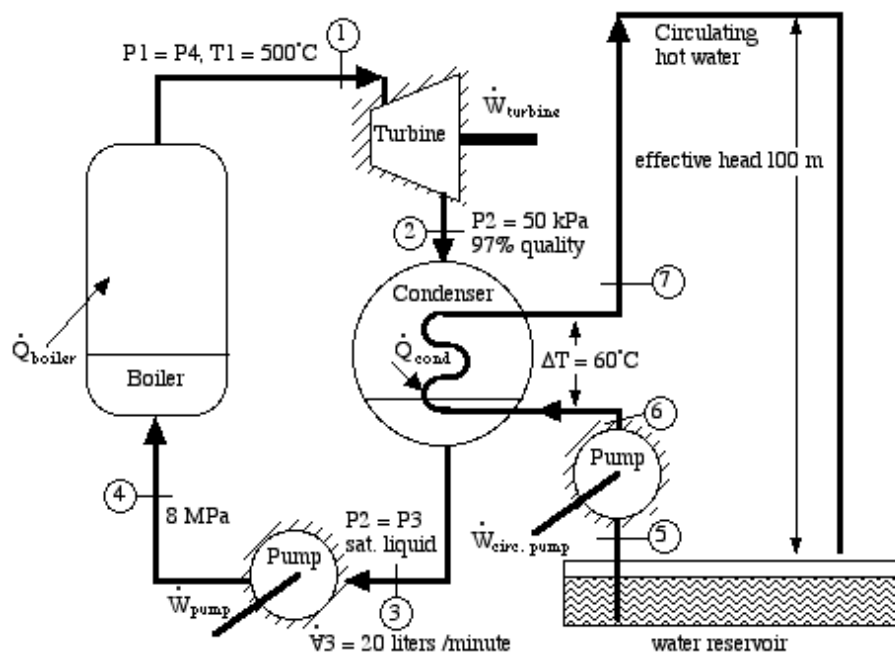
چگالنده ها دستگاه هایی هستند که جهت تقطیر بخار بکار می روند به طوری که عمل تقطیر با گرفتن گرمای نهان بخار توسط سیال خنك کننده، که آب یا هوا می باشد انجام می گیرد. کندانسورها به انواع مختلفی تقسیم بندی می شوند. این تقسیم بندی ها بر حسب نوع تماس بخار و سیال خنك کننده و نیز بر حسب جهت جریان های بخار و سیال خنك کننده می باشد. انتخاب نوع کندانسور نیز بر حسب مقتضای مورد مصرف صنعتی، نیروگاهی و محل بکارگیری آن صورت می گیرد.

در این فصل لزوم کندانسور در نیروگاه ، شرایط کاری ، مواد و آلیاژهای بکار رفته مورد بررسی قرار گرفته است.

1-1- تعریف ودلائل لزوم کندانسور در نیروگاه

کندانسور بزرگترین مبدل حرارتی نیروگاه است که عمل تقطیر بخار خروجی از قسمت فشار پایین توربین بخار را انجام می دهد. این عمل در شرایط اشباع و با گرفتن

حرارت نهان (نامحسوس) بخار توسط سیال خنك كننده انجام می پذیرد. شكل (1-1)
نشان دهنده موقعیت کندانسور در نیروگاه می باشد.



شكل (1-1): موقعیت کندانسور در نیروگاه {1}

کندانسورهای نیروگاهی به نحوی طراحی می شوند که پاسخگوی نیازهای بیان

شده در ذیل گردند :

الف- به عنوان منبع سرد موردنیاز موتور حرارتی (نیروگاه)

ب- جهت افزایش راندمان حرارتی نیروگاه

ج- جهت تقطیر بخار خروجی توربین و نگهداری آب تغذیه بطور ناخالص

د- جهت هوازدایی از آب چگالیده شده و آب اضافی در هر سیکل توربین

و – جهت جمع آوری درین های حرارتی ، آب تغذیه جبرانی ، درین های بخار، درین

های اضطراری و راه اندازی

1-2-انواع سیستم خنك كننده

بعد از تقطیر بخار در کندانسور توسط آب خنك كننده، سیستمی مورد نیازی

باشد که بتوان سیال خنك كننده را خنك کرد و برای تقطیر مجدد بخار به کندانسور

وارد نمود که به این سیستم ، سیستم خنك كن كن می گویند. انواع سیستم خنك كن در

جدول (1-1) دسته بندی شده است.

جدول (1-1) : انواع سیستم خنك كننده

1-سیستم های باز

1-1- با استفاده از آب دریاچه (نیروگاه نکا)

1-2- با استفاده از آب دریا (نیروگاه بندر عباس)

1-3- با استفاده از آب رودخانه

2- سیستم های بسته

2-1- سیستم های خنك کننده تر

2-1-1- استخرهای خنك کننده

2-1-2- برجهای خنك کننده تر (نیروگاههای تبریز، همدان، بعثت و ...)

2-2- سیستم های خنك کننده خشك

2-2-1- خنك کننده خشك غیر مستقیم (برج هلر؛ شهید رجایی)

2-2-2- خنك کننده خشك مستقیم (کندانسور هوایی طوس)

3-1- انواع کندانسور

تقسیم بندی انواع کندانسورها بر حسب نوع تماس بخار و سیال خنك کننده و نیز بر حسب جهت جریان های بخار و سیال خنك کننده می باشد. و هر کدام از این کندانسورها بر حسب مقتضای مورد مصرف صنعتی، نیروگاهی و محل بکارگیری آن انتخاب می شوند. در جدول (2-1) انواع کندانسور آمده است.

جدول (2-1) انواع کندانسور

1- کندانسور تماس مستقیم

1-2- نوع بارومتریک

1-1- نوع پاششی

1-4- نوع فیلمی

1-3- نوع جت

1-5- نوع حبابی

2- کندانسور سطحی

2-1- نوع آب و بخار

2-2- نوع هوا و بخار

2-2-1- جریان اجباری هوا

2-2-2- جریان مکشی هوا

2-2-3- جریان طبیعی هوا

1-3-1- کندانسورهای تماس مستقیم

از کندانسورهای تماس مستقیم در موارد زیر استفاده می شود:

1- سرمایه گذاری پایین مدنظر باشد.

2- بازیافت آب کندانسه شده مورد نظر نباشد.

ساخت و بهره برداری از کدانسورهای تماس مستقیم به طور نسبی ساده می باشد و برای مقدار کمتر از 250000 (پوند/ساعت) بخار استفاده می شوند.

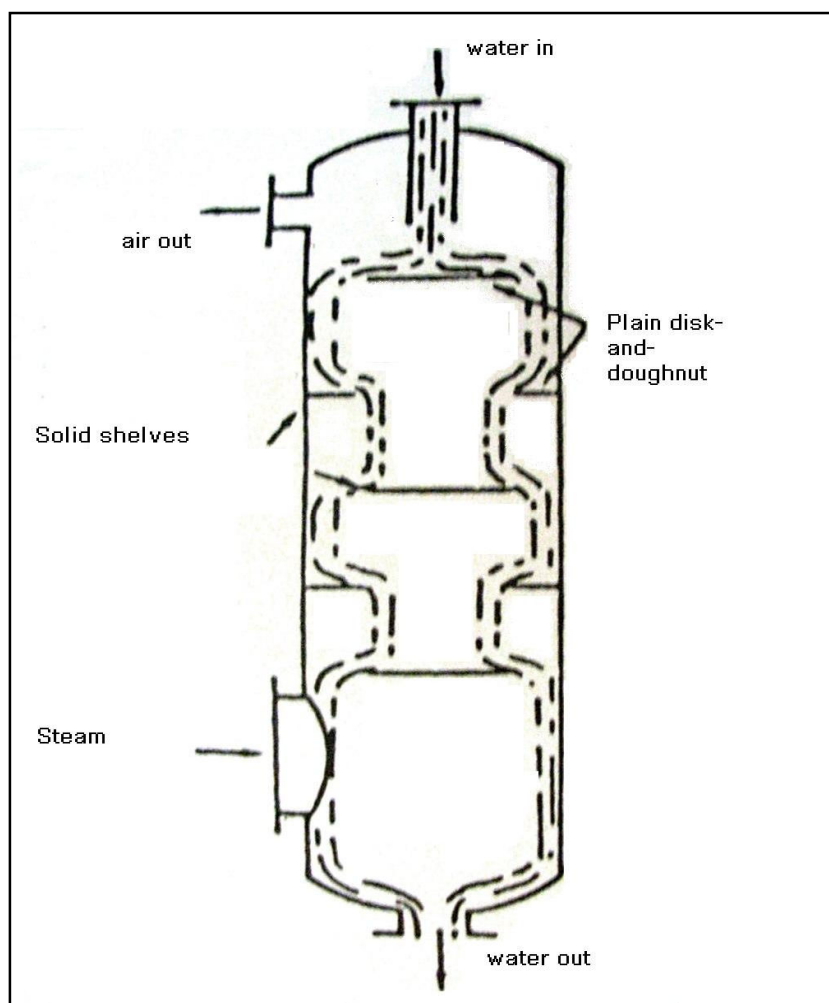
این کدانسورها در نیروگاه های ژئوترمال ، خورشیدی و نیروگاه هایی از اختلاف دمای آبهای اقیانوس استفاده می کنند نیز در نیروگاه هایی که از سیستم خنک کن برج خشک غیر مستقیم استفاده می کنند بکار گرفته می شوند.

بطور معمول در کدانسور تماس مستقیم زمانی که بخار و آب سیرکوله (گردشی) مخلوط می شوند بازیافت چگالیده خالص مشکل می شود و همچنین آب تغذیه افزودنی بزرگتری مورد نیاز بوده و خلا کمتری نسبت به کدانسورهای سطحی بدست می آید. این کدانسورها در نیروگاه های بزرگ تاسیس نمی شوند ولی به جهت استفاده با سیستم خنک کننده برج خشک غیر مستقیم اندکی تمایل پیدا شده است. {1}

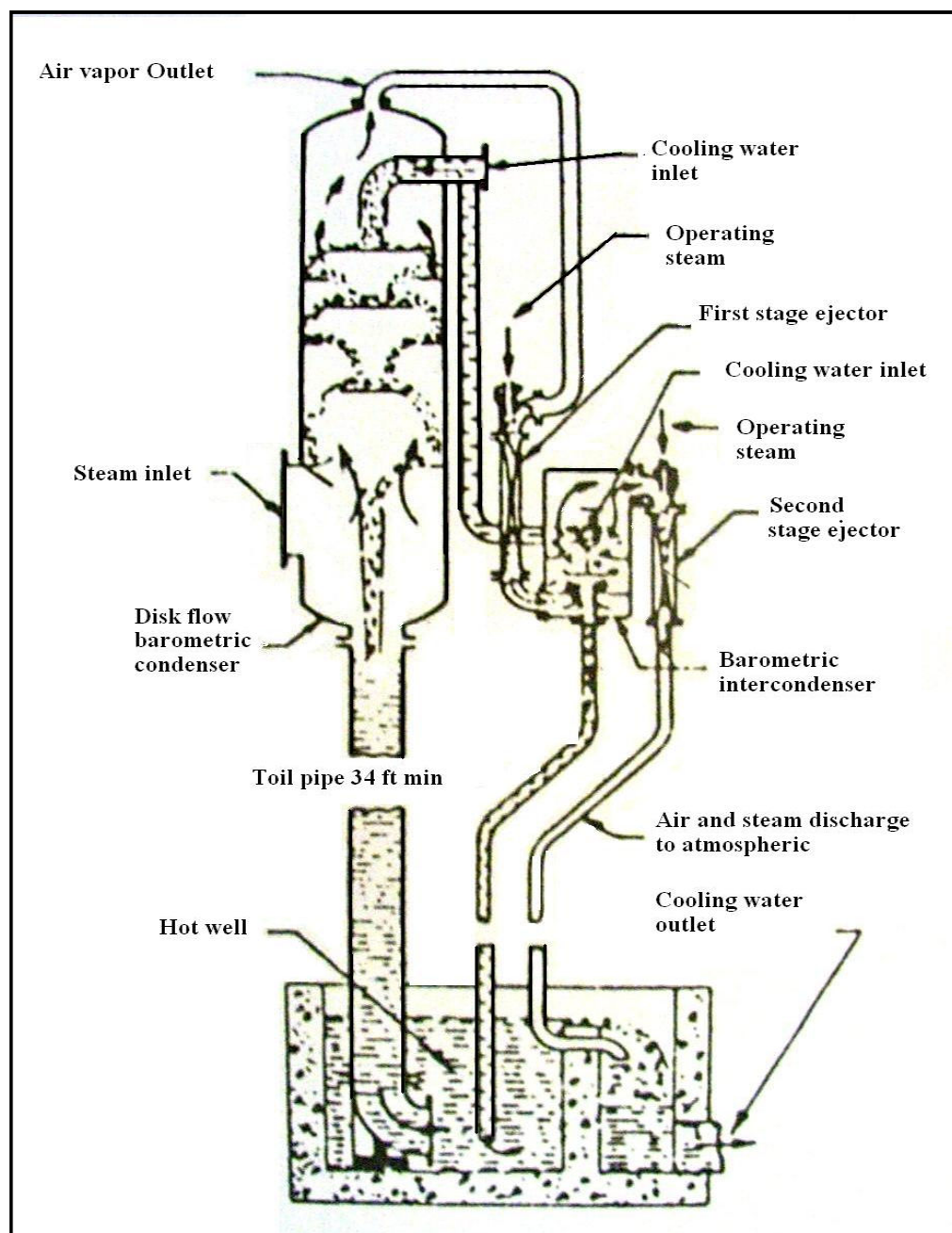
نمونه هایی از کدانسورهای تماس مستقیم در شکل های (1-2)، (1-3) و (1-4) آمده است.

در صورتیکه مقدار آب کافی جهت استفاده در برج های خنک کننده مرسوم، موجود نباشد از کدانسور نوع تماس غیرمستقیم (خنک کننده با هوا) استفاده خواهد

شد، چراکه آب تلف شده بوسیله تبخیر و خروجی برج خنک کن تقریباً معادل بخار تقطیر شده از خروجی توربین است.

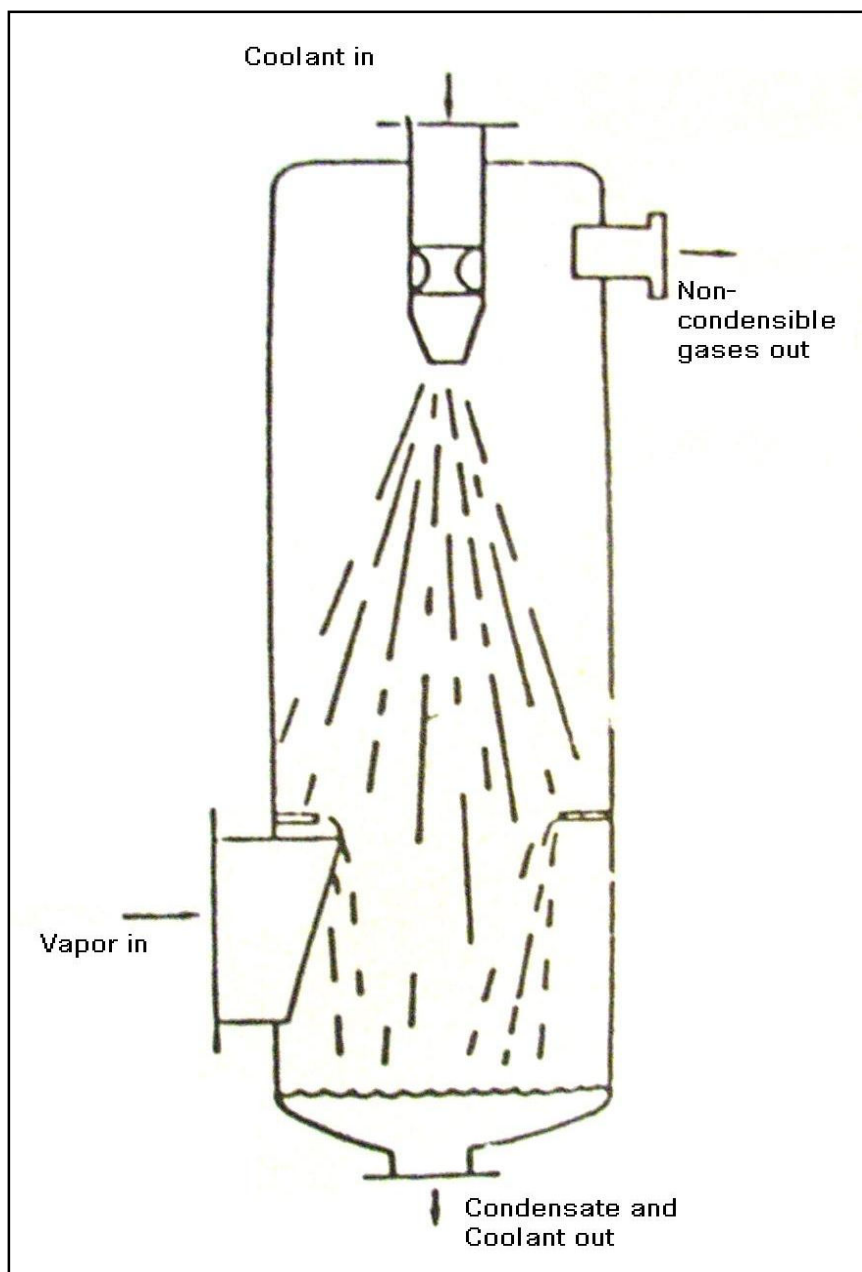


شکل (1-2) : کندانسور تماس مستقیم نوع دیسک و صفحات حلقه مانند



شکل (1-3) : کندانسور تماس مستقیم نوع بارومتريک با اژکتور هوای دو مرحله

ای



شکل (1-4) : کندانسور تماس مستقیم نوع پاششی آب خنک کن

1-3-2- کندانسورهای سطحی یا تماس غیر مستقیم

در این نوع کندانسورها، سیال خنك کننده و بخار هیچگونه اختلاطی با هم ندارند و قادرند خلاهای بالایی را ایجاد نمایند، لذا در نیروگاه های بزرگ استفاده می شوند.

1-2-3-1- کندانسور تماس غیر مستقیم خنك کننده با هوا

در يك کندانسور هوایی ، با عبور هوای خنك کننده از لابلای پره ها در قسمت سطوح بیرونی لوله ها بخار در درون لوله هاتقطیر می شود. جنس لوله ها عموماً از آلومینیوم می باشد چرا که خواص انتقال حرارت خوب داشته و در دسترس می باشد. در شکل (1-5) نمایشی از کندانسور هوایی آمده است.

مواردی که در طراحی مورد بررسی و رسیدگی قرار می گیرند عبارتند از :

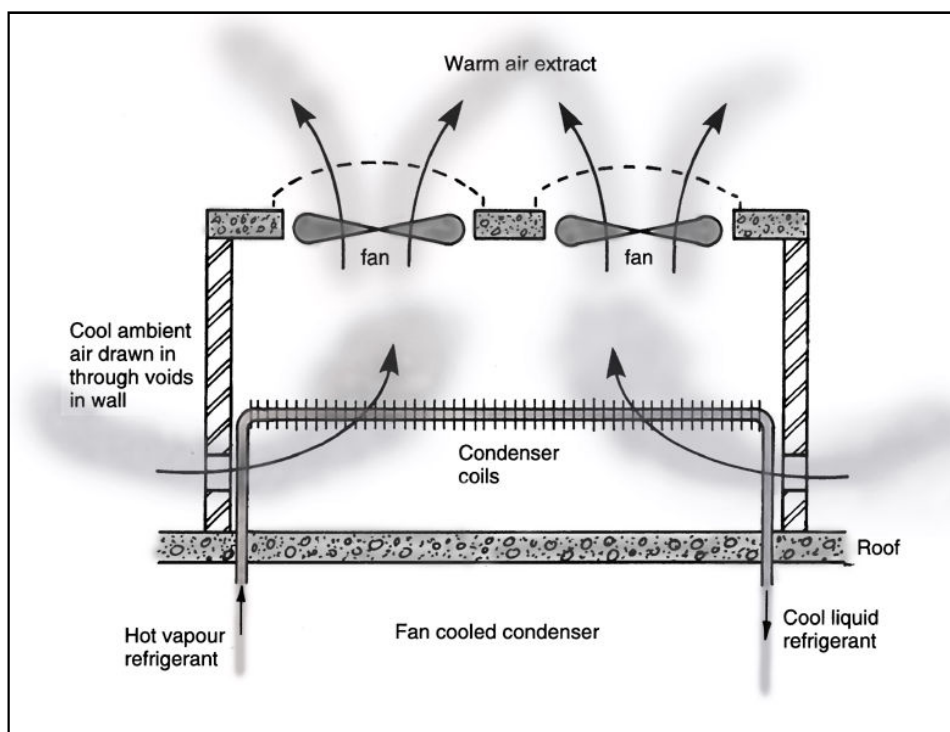
- ضریب کل انتقال حرارت نهایی

- افت فشار طرف بخار

- شکل توزیع بخار

- تمرکز گازهای غیر قابل تقطیر

- شرط حفظ و نگهداری از یخ زدگی {1}

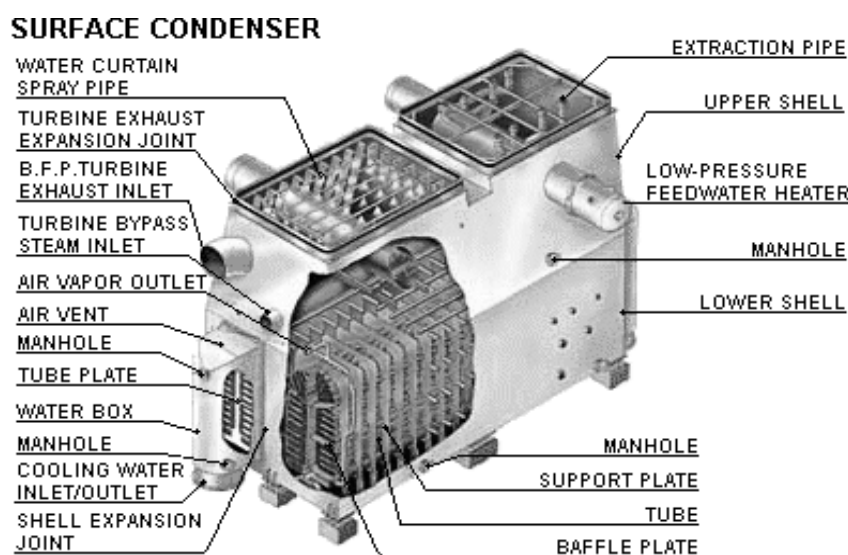


شکل (1-5) : نمایش يك كندانسور هوایی

1-2-3-2- كندانسور سطحی آب و بخار

وقتی آب معمولی به مقدار زیاد در دسترس قرار میگیرد غالباً دارای ناخالصی زیادی است، (آب دریا و رودخانه). در این صورت برای استفاده از عمل خنك کنندگی این نوع آب از دو سیستم مجزا از هم در کندانسور استفاده می گردد بطوریکه بخار بطور مجزا از قسمت داخل کندانسور عبور می نماید در صورتیکه آب خنك کننده از داخل لوله های موجود در کندانسور می گذرند.

سطوح خنك کنندگی شامل لوله هایی با قطر کم می باشند و چون آب خنك کننده هیچگونه تماسی با بخار ندارد بنابراین درجه خلوص آن اهمیت زیادی نخواهد داشت. شکل (1-6) نمایشی از يك کندانسور سطحی آب و بخار است. {5}.



شکل (1-6) : نمایشی از يك کندانسور سطحی آب و بخار {16}.

با وجودیکه لوله های کندانسور فقط سه چهارم یا 1 اینچ قطر دارند، آب خنک کننده بوسیله لوله ای با قطر 30 اینچ به آنها وارد می شود. مخازنی در کندانسور وجود دارد که آب را به طور آرام با حداقل افتهای اصطکاکی به دهانه لوله ها هدایت می کنند.

در کندانسورهای مدرن لوله ها در فواصل مناسبی نسبت به هم قرار می گیرند و دسته لوله ها را بوجود می آورند، هدف از این طرح، تامین فضاهای وسیع در داخل و همچنین در اطراف دسته لوله ها مطابق شکل (1-6) می باشد.

صفحات نگهدارنده لوله ها در پوسته کندانسور نصب می شوند و فاصله بین این صفحات معمولاً در حدود 120 سانتیمتر می باشد.

هوای نشت کرده به داخل کندانسور را توسط مکنده های هوا، به بیرون هدایت می کنند. تا اینکه انتقال حرارت بین سیال خنک کن و بخار بدون مزاحمت و مقاومت هوا به خوبی انجام پذیرد. {5}.

4-1- شرایط کاری آب و بخار

4-1-1- شرایط کاری سمت آب

بطور کلی منابعی که آب نیروگاه ها را می توان از آنها تامین نمود عبارتند از :

الف- آبهای سطحی که از صخره ها و یا مزارع و مناطق جنگلی خارج می گردند که معمولاً آبهای سخت بوده و دارای مقدار زیادی مواد آلی می باشند.

ب- آبهای سطحی که از خاک های قلیایی عبور می نمایند آب سختی بوده و دارای مقدار متوسطی از مواد آلی می باشند.

ج- آب چاه های عمیق معمولاً دارای مقدار کمی از مواد آلی و مقدار زیادی سختی می باشند.

د- آب چشمه ها و رودخانه در بیشتر مواقع از سال دارای مقادیر زیادی مواد معلق می باشند. {10}.

با محاسبات انجام شده در يك توربین 500 مگاواتی در سیستم Board مقدار 903628 کیلوگرم یا 2145240 پوند در ساعت بخار کندانس می شود. برای کندانسه کردن این مقدار بخار 48/000/000 کیلوگرم و یا 105/600/000 پوند در ساعت آب در کندانسوری که تمیز باشد لازم است. و در صورتیکه کندانسور تمیز نباشد، 56/320/000 کیلوگرم و یا 123/900/000 پوند در ساعت برای برقراری همان مقدار بازدهی لازم است. {5}.

با توجه به اینکه آب خنك كن از درون لوله های كندانسور عبور خواهد نمود و هیچگونه اختلاطی با بخار خروجی توربین نخواهد داشت لذا ضرورتی ندارد که این آب کاملاً خالص گردد، با این حال، آلوده بودن بیش از حد آب خنك كن تاثیر مستقیم بر روی خوردگی و رسوب دهی فلزات بكار رفته در كندانسور دارد.

با توجه به تاثیر شرایط و کیفیت آب خنك كن بر رسوب دهی و خوردگی فلزات لازم است این عوامل را به طور مختصر مورد بررسی قرار دهیم و توضیحات مفصل تر را به فصلهای بعدی موکول می کنیم.

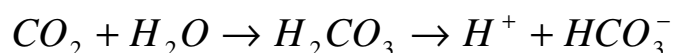
1-1-4-1- اکسیژن

قابلیت حلالیت این گاز برای آبهای خنك كن در حدود 6 میلی گرم در لیتر می باشد که افزایش دما و در نتیجه افزایش فشار، سبب تقلیل حلالیت این گاز می شود. وجود اکسیژن در آب تحت شرایط خاص سبب ایجاد و بقاء فیلمهای محافظ در روی سطح فلزات نظیر فیلم های $Al_2O_3 - Cu_2O$ می شود. {11}.

1-2-1-4-2- گاز کربنیک

قابلیت حلالت این گاز در آب به مراتب بیشتر از اکسیژن و در حدود gr / lit 1/3 می باشد در حالتی که PH به کمتر از 6 تقلیل یابد این گاز می تواند به اسید کربنیک تبدیل شود که سبب تسریع در خوردگی شود.

لذا PH آبهای خنك كن نوع باز را بین 7 تا 8/5 تنظیم می نمایند. {11}.



3-1-4-1- گاز کلر

این گاز در آبهای طبیعی یافت نمی شود. ولی استفاده از این گاز برای گندزدایی در برج های خنك كن معمول می باشد. که اینکار باعث تولید اسید $HClO$ (هیپوکلرو) و اسید کلریك می نماید که باعث تقلیل PH می شود. جهت از بین بردن میکروارگانیزم ها، PH در حدود 7/5 توصیه شده است.

این گاز سبب از بین رفتن فیلم محافظ Cu_2O روی لوله های مسی می شود. {11}.

4-1-4-1- تاثیر PH

تنظیم PH در حدود 9- 6/5 برای آب برج های خنك كن بستگی زیادی به نحوه و

نوع كنترل شیمیایی دارد. PH اسیدی سبب افزایش خوردگی می شود، ولی افزایش PH

خوردگی یکنواخت را بطور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد.

در آب برج های خنك كن، افزايش PH سبب تشكيل رسوب كربنات كلسيم در روى لوله ها مى گردد و اين رسوب مانع از رسيدن اكسيژن به سطح فلز مى گردد. {11}.

1-4-1-5- نمكهاى محلول

وجود Ca^{+2} , Mg^{+2} و بيكربنات به دليل تشكيل رسوب محافظ كربنات كلسيم، از خوردندگى آب مى كاهد، در حاليكه يونهاى كلرور و سولفات ، خوردندگى آب را افزايش مى دهند. به علاوه آب مى تواند ذرات جامد به همراه داشته باشد (مثل : گل ، خاكستر ، حشرات ، كرك درخت ، ذرات نمك و ...) چنين موادى عمدتاً داراى غلظت محدود هستند كه با گذراندن قسمتى از آب از فيلتر شنى مى توان تا حدودى اين مشكل را تقليل داد. {11}.

1-4-1-6- ميكروارگانيسم ها

آبهاى سيستم خنك كن گردش باز ، براى رشد و تشكيل جالبك مستعد هستند. باكتريهاى احياء كننده سولفات (SRB)، سولفيدها، مركابتانها و تركيبات آلئ ديگر

مشکلات عدیده ای را برای فلزات آهنی و غیر آهنی سیستم خنك كن ایجاد می نمایند. {11}.

1-4-2- شرایط کاری سمت بخار

بخار خروجی از توربین های فشار ضعیف که وارد محفظه کندانسور سطحی می شوند در اثر تماس با لوله های آب خنك كن تقطیر شده و به داخل هات ول در پایین ترین قسمت کندانسور می ریزد به علت اینکه کندانسور در شرایط اشباع کار می کند ، حلالیت گازهای اکسیژن و CO_2 و ... کمتر می شود که با استفاده از اژکتورهای بخار ، هوای داخل کندانسور را خارج می کنند.

در نیروگاه بعثت و طرشت شاخه ای از بخار اصلی گرفته اند و در نیروگاه بندرعباس از آب با فشار زیاد استفاده می شود تا اینکه در اژکتور مکنده هوا سرعت ایجاد کنند و خلا لازم در کندانسور بوجود آید.

با توجه به تاثیر شرایط و کیفیت بخار بر روی مسئله خوردگی لوله های کندانسور، پارامترهای موثر موجود در محفظه کندانسور را بر می شماریم.

1-2-4-1- اکسیژن

کندانسورهایی که تحت خلأ زیاد کار می کنند کاملاً برای حذف اکسیژن از بخار متراکم شده، مناسب می باشند. معمولاً غلظت اکسیژن در آب مقطر برابر 15 تا 20 میکروگرم در لیتر (ppb) است. در واحدهای مدرنی که برای گرفتن باقیمانده گازها از آب تغذیه دارای دی اراتور می باشند مقدار اکسیژن تا 2 میکروگرم در لیتر (ppb) کاهش می یابد. {10}.

1-2-4-2- آمونیاك

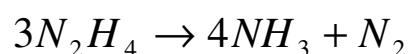
تاثیرات این گاز بر روی فولاد بسیار ناچیز است. ولی این گاز می تواند اثرات سوئی بر روی لوله های مسی داشته باشد. این گاز می تواند سبب خوردگی تنش شکافی (SCC) و یا خوردگی عمومی شود. برای تنظیم PH آب تغذیه از آمونیاك استفاده می شود. ضمناً منبع دیگر این گاز می تواند از تجزیه بعضی از بازدارنده های آلی پایه نیتروژن که برای محافظت فولاد بکار می رود باشد.

برای جلوگیری از خوردگی در آب که عموماً به علت حضور اکسیژن و گازهای اسیدی حل شده مانند SO_2 , CO_2 می باشد لازم است با انجام عملیاتی بر روی آب،

غلظت اکسیژن حل شده کاهش یابد و PH در محدوده معینی نگهداری شود تا خسارات ناشی از خوردگی کاهش یابد. کنترل مداوم شیمیایی آب ، عموماً شامل افزودن هیدرازین برای حذف اکسیژن و استفاده از موادی مانند آمونیاک و سیکلوهگزیل یا مورفولین به منظور نگهداری PH در حدود 8-9 است.

تجزیه هیدرازین در درجه حرارت‌های بالا باعث تشکیل آمونیاک خواهد شد و طبق

فرمول :



تشکیل آمونیاک در کندانسورها، باعث ایجاد خوردگی شدید در آلیاژهای پایه مسی در تماس با بخار کندانس خواهد شد. لذا لازم است که مقدار آمونیاک در محدوده مشخصی نگهداری شود.

لذا اگر مقدار آمونیاک زیادت‌تر از حد مجاز شود می‌توان با کاهش درجه تزریق هیدرازین و یا افزایش ونت دیریتور مقدار آمونیاک سیکل را کنترل کرد. {11}.

1-4-2-3- رسانایی یا هدایت الکتریکی

یکی از روشهای سریع اطلاع از آلودگی و نهایتاً جلوگیری از آن، اندازه گیری منظم هدایت الکتریکی آب می باشد. واحد اندازه گیری هدایت الکتریکی "موس" می باشد. بطور کلی برای بیشتر آبها با غلظت پایین نمک، هدایت الکتریکی معادل 2 میکروموس تقریباً معادل 1ppm غلظت نمک در درجه حرارت 77°F می باشد.

بر اساس دستورالعمل بعضی از سازندگان، برای بویلرهای با فشار بالاتر 1000 Psi میزان کندانسیویته (هدایت الکتریکی) آب کندانسه شده باید در حد 0/2-0/5 میکروموس) باشد. هرگونه افزایش از حد استاندارد نشانگر اتفاق غیرعادی در سیستم است که در این مواقع باید محل و علت آلودگی دقیقاً مشخص و ترمیم شود. {10}.

5-1- آلیاژها و مواد بکار رفته در کندانسورهای سطحی آب و بخار

طراحی واحد نیروگاهی از نظر انتخاب سیستم و اجزاء آن و نوع انتخاب سیستم کنترل شیمیایی و تصفیه آب آن خود عامل مهمی در بروز صدمات بعدی خواهد داشت. در این بین جنس مواد بایستی با شرایط کاری کندانسور (فشار و درجه حرارت) و شرایط آب خنک کن و کنترل شیمیایی آن و ... کاملاً هماهنگی داشته باشد زیرا چنانچه مواردی قبلاً در طراحی و انتخاب مواد پیش بینی نشده باشد، بعد از راه- اندازی واحد اجباراً اصلاحات لازم باید صورت بگیرد که خود هزینه های زیادی را در بر خواهد داشت.

مطابق کدهای مربوط به انستیتو مبدل‌های حرارتی ژاپن (HEI) برای لوله‌های کندانسور و تیوپ شیت ها و واترباکس های با پوسته، آلیاژی را معرفی کرده است که در جدول (1-3) و جدول (1-4) آمده است.

همچنین در جدول (1-5) مشخصات آلیاژ و ابعاد و تعداد شاخه لوله‌های کندانسورهای سطحی نیروگاه های مختلف ایران آورده شده است.

معمولاً واترباکس ها از چدن ساخته شده که با پیچ و مهره به پوسته متصل داشته اند. صفحات اصلی تیوپ شیت ها بین فلنچ واترباکس و فلنچ پوسته قرار دارند و جنس این ورقه ها از (فلز مونتر) نورد شده (60% Cu , 40% Zn) برنج دریایی (60% Cu , 39/25 % Zn , 0/75 % Sn) می باشد.

پوسته کندانسور از جنس فولاد کربنی بوده و ضخامت پوسته کندانسور $\frac{3}{8}$ تا $\frac{7}{8}$ اینچ می باشد.

ورقه های نگهدارنده در فواصل محاسبه شده ای به خاطر طول زیاد تیوپها قرار داده شده است تا از ارتعاشات آنها در اثر برخورد بخار به آنها جلوگیری نمایند. این ورقه ها از جنس مونتر یا فولادی می تواند باشد. حسن استفاده از آلیاژ مونتر این است

که در اثر ارتعاشات تیوپها به آن صدمه نمی زند اما از لحاظ خوردگی (در اثر واکنش

الکترولیت) مناسب نمی باشد. {9}.

جدول (3-1) : استاندارد HEI آلیاژ لوله، ترکیب و خواص مکانیکی برای کندانسور

Material	معرف خصوصیات	ترکیب اجزا	خواص مکانیکی T.S		خواص مکانیکی Y.S		EI in(2in)	چگالی Lbs/ cu.in	رسانایی گرما BTU/(hr. ft.ft)
Copper .Nickel 90/10	ASTM BIII UNS C70600	88.7 Cu 1.3 Fe 10 Ni	M Pa 303 - 414	KS i 44- 60	M Pa 110- 393	KSi 16- 57	42-10%	0.323	312 at 68 'F
Copper .Nickel 90/10	ASTM BIII UNS C70600	88.7 Cu 1.3 Fe 10 Ni	303 - 414	44- 60	110- 393	16- 57	42-10%	0.323	312 at 68 'F
Arsenical Copper	ASTM BIII UNS C14200	99.6Cu 0.3 As 0.02 P	221 - 379	32- 55	10-50	10- 50	45-8%	0.323	1344 at 68 'F

Copper .Iron 194	ASTM BIII UNS C19400	97.5 Cu 2.4 Fe 0.03 P 0.13 Zn	310 - 524	45- 76	165- 503	24- 73	32-2%	0.317	1800 at 68 'F
Admiralty	ASTM BIII UNS C44300	71 Cu 28 Zn 1 Sn	331 - 379	48- 55	124- 152	18- 22	60-65%	0.308	768 at 68 'F
Admiralty	ASTM BIII UNS C44400	71 Cu 28 Zn 1 Sn	331 - 379	48- 55	124- 152	18- 22	60-65%	0.308	768 at 68 'F
Admiralty	ASTM BIII UNS C44500	71 Cu 28 Zn 1 Sn	331 - 379	48- 55	124- 152	18- 22	60-65%	0.308	768 at 68 'F

ادامه جدول (3-1) : استاندارد *HEI*

Material	معرف خصوصیات	ترکیب اجزا	خواص مکانیکی T.S	خواص مکانیکی Y.S	EI in(2in)	چگالی Lbs/ (cu.in)	رسانایی گرما BTU/(hr.ft.ft)
----------	-----------------	---------------	------------------------	------------------------	---------------	--------------------------	---------------------------------------

Alum .Bronze	ASTM BIII UNS C60800	95 Cu 5 Al	416	60	186	27	55%	0.295	552 at 68 'F
Copper. Nickel 70/30	ASTM BIII UNS C71500	70 Cu 30 Ni	372 - 517	54- 75	138- 483	20- 70	45- 15%	0.323	204 at 68 'F
Alum .Brass	ASTM BIII UNS C68700	77 Cu 20.5Zn 2 Al 0.1 As	414	60	186	27	55%	0.301	696 at 68 'F

جدول (4-1) : استاندارد *HEI* برای آلیاژ تیوب شیت ها، واتر باکس ها یا

Sheel برای کندانسورهای سطحی {4}.

Component	Material	Specification
SHELL AND WATER BOXES	Carbon Steel Plates	ASTM A 36
		ASTM A 283
		ASTM A 285
		ASTM A 516
		ASTM A 516

	Stainless Steel Plates	ASTM A 240 UNS S30400
		ASTM A 240 UNS S31600
	70/30 CuNi plate and Sheet	ASTM B 402 UNS C71500
	90/10 CuNi plate and Sheet	ASTM B 402 UNS C70600
	Structural Shapes	ASTM A 36
	Bars	ASTM A 675
	Pipe(Structural Application)	ASTM A 53
	Cast Iron	ASTM A 48
TUBE SHEETS	Muntz Metal	ASTM B 171 UNS C36500
	Aluminum Bronz	ASTM B 171 UNS C61400
	Naval Brass	ASTM B 171 UNS C46400
	70/30 Copper Nickel	ASTM B 171 UNS C71500
	90/10 Copper Nickel	ASTM B 96 UNS C65500
	Silicon Bronze (Copper Silicon Alloy)	ASTM B 96 UNS C65500

	Titanium	ASTM B 265
	Stainless Steel	ASTM A 240 UNS S30400
	Carbon Steel	ASTM A 285
		ASTM A 283
		ASTM A 515

جدول (1-5) : مشخصات آلیاژ و ابعاد و تعداد شاخه لوله های کندانسورهای سطحی

نیروگاههای مختلف ایران. {7}.

نام نیروگاه	ضخامت	قطر	طول	تعداد لوله ها در هر واحد
1- تبریز				
آدمیرالتی	1/07	25/4	16030	14892 شاخه
کاپرونیکل	1/24	25/4	16030	792 شاخه
2- شهید سلیمی نکا				
برنج آلومینیوم دار	1	24	10100	14008 شاخه

	10100	24	1/5	
صفحه نگهدارنده لوله		8400	3310	برای محفظه ورودی و خروجی
3-زرگان				
آدمیرالتی	8000	25/4	1/02	10280 شاخه
4-رامین اهواز				
کاپرونیکل	9250	28	1	19600 شاخه
5-زرند				
آدمیرالتی براس	6132	25	1/22	6572 شاخه
6-منتظر قائم				
فولاد ضد زنگ	9220	25/4	1/24	748 شاخه
آدمیرالتی	362/75	1	0/049	10000 شاخه

ادامه جدول (5-1) ...

نام نیروگاه	ضخامت	قطر	طول	تعداد لوله ها در هر واحد
7-لوشان				
آدمیرالتی	23	1	6785	
	23	7	6785	
فولاد	0/049	1	362/75	
8-بندر عباس				
آلمینیوم براس	1/24	25/4	13000	12944 شاخه
کاپرونیکل	1/24	25/4	13000	972 شاخه
9-غرب				
آدمیرالتی و کاپرونیکل	1/24	28/58	10340	13428 شاخه
10-اصفهان				

آدمیرالتی	1/6	25/4	6790	9000 شاخه
آدمیرالتی	1/6	25/4	8700	12000 شاخه
آدمیرالتی	1/6	25/4	13685	13990 شاخه

فصل دوم

انواع خوردگی در کندانسورهای

سطحی

فصل دوم

انواع خوردگی در کندانسورهای سطحی

کندانسورهای سطحی به دلیل استفاده از آب دریا رودخانه و یا چاه معمولاً دارای مشکلات فراوانی به لحاظ خوردگی می باشند. بیشترین مسائل خوردگی در این کندانسورها مربوط به سمت آب است که شایع ترین آنها شامل خوردگی های سایشی، گالوانیک، حفره ای، آلیاژدایی و تحت تنش می باشد. در سمت بخار نیز خوردگیهایی از جمله خوردگی تحت تنش، خوردگی سایشی، خوردگی خستگی مشاهده شده است. دراین فصل به طور اختصار انواع این خوردگیها مورد بررسی قرار می گیرد.

2-1- خوردگی سایشی

خوردگی سایشی در کندانسور عمدتاً در سمت آب و در مواردی در سمت بخار نیز اتفاق می افتد. این نوع خوردگی با افزایش سرعت سیال و افزایش ذرات جامد یا حباب های گازمعلق در سیال تشدید پیدا می کند. در حال حاضر نیروگاه های نکا و بندرعباس و رامین اهواز به ترتیب به علت استفاده از آب دریاچه خزر، خلیج فارس و

رودخانه کارون به عنوان آب خنک کننده کندانسورهای سطحی و نیروگاه تبریز به علت استفاده از آب چاه های مادیان که حاوی املاح می باشد و نیز به علت شکستن و وارد شدن تکه های PVC به داخل لوله های کندانسور که مربوط به جنس لانه زنبوریهای سیستم پخش کننده آب برج تر نیروگاه تبریز می باشند دچار خوردگی سایشی می شوند که بیشترین مقدار سوراخ شدگی لوله های کندانسور در این نیروگاه ها بوده است و با توجه به اینکه جنس لوله های بکار رفته در کندانسورهای این نیروگاه ها از آلیاژهای مس می باشد لازم به نظر می رسد که مطالب مفصل تری راجع به خوردگی سایشی در آلیاژهای مسی آورده شود.

پدیده خوردگی آلیاژ مس لوله های چگالنده بکار رفته در آب دریا به دلایل زیر

اتفاق می افتد :

1- خوردگی سایشی در ورودی لوله ها به دلیل اغتشاش

2- خوردگی سایشی موضعی در اثر جاگیری جسم خارجی

3- خوردگی سایشی موضعی در اثر لرزش جسم خارجی

4- سائیدگی ماسه

نیز آلودگی آب دریا باعث خوردگی های زیر می شود :

1- زیان آوری خوردگی سایشی به وسیله درست شدن لایه غنی از Mn

2- خوردگی سولفید

2-1-1- حمله ورودی

تنش برشی در سطح درونی لوله های چگالنده بوسیله جریان مغشوش آب خنك

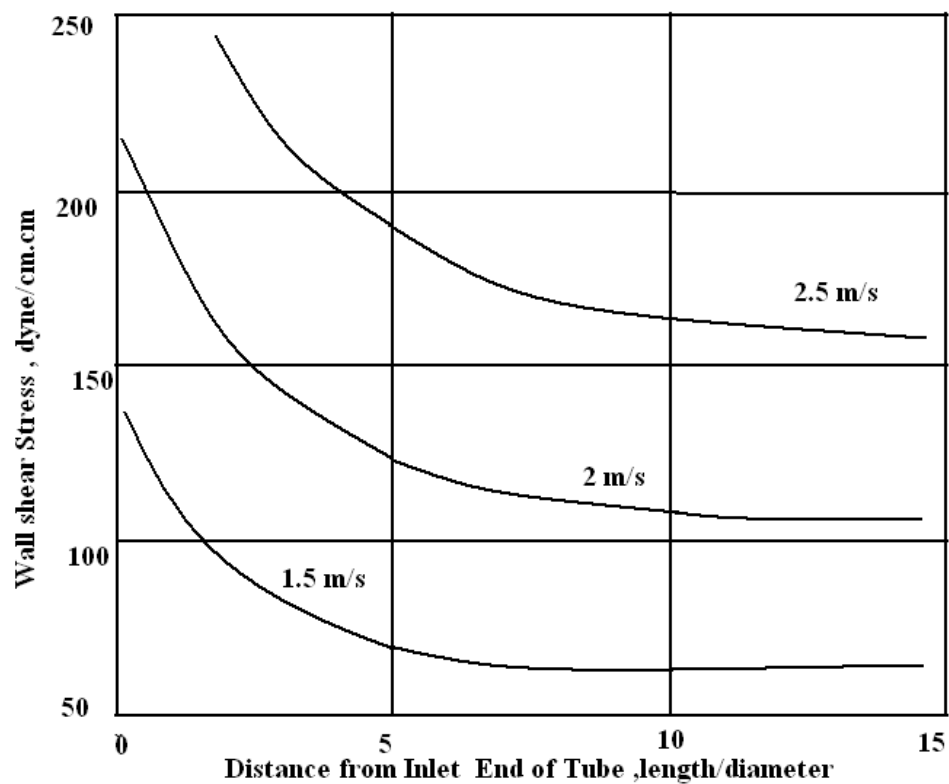
كن بوسیله قانون Brassius تعیین می شود. {7}.

$$T_w = 0.03956 \, du^2 Re^{-1/4} \quad R_e = 3 \times 10^3 \sim 10^5$$

در بخش ورودی لوله ها، جریان ناپایدار و ناکامل بوده و تنش برشی سطح

بیشترین مقدار را دارد (شکل 2-1) میزان تنش برشی را در امتداد لوله نشان می

دهد.



شکل (2-1) : میزان تنش برشی در امتداد سطح در سرعت‌های مختلف {3}.

با توجه به شکل (2-1) مشاهده می‌شود که تنش برشی سطح در بخش ورودی لوله و در فاصله دیگر از سرلوله ، تحت سرعت 2 m/s آب دریابه ترتیب 200 dyne/cm^2 و 110 dyne/cm^2 است. بالا بودن مقدار تنش برشی سطح در بخش ورودی لوله های چگالنده علت اصلی حمله ورودی می باشد که حمله ورودی باعث از بین رفتن لایه محافظ و در معرض قرار گرفتن سطح فلز لوله شده و منجر به سائیدگی فلز و سوراخ شدن آن می‌شود. {7و3}.

2-1-2- خوردگی سایشی موضعی بوسیله جاگیری اجسام خارجی

هنگامی که برخی از اجسام خارجی مانند نرم تنان، سنگ ، تکه چوب، تکه‌های سیم مربوط به فیلترهای فلزی در لوله چگالنده جاگیر شود، جریان آب در بخش جاگیری خفه شده و تفاوت فشار میان بخش بالا و پایین محل جاگیری جسم خارجی افزایش می یابد ، این وضعیت باعث جریان غیرعادی و سرعت بیش از حد در امتداد کانال میان دیواره لوله و جاگیری می شود. سرعت اضافه شده و جریان آشفته شدید اطراف جاگیری تنش برشی سطح را بر دیواره لوله افزایش داده و لایه محافظ را از بین برده و در نتیجه خوردگی سایشی موضعی یا حمله برخوردی موضعی در اطراف جاگیری جسم خارجی رخ می دهد.

با فرض شرایط عملی چگالنده سطحی،

در ازای لوله : 15m سرعت آب : 2 m/s ضخامت لوله : 1.25 mm

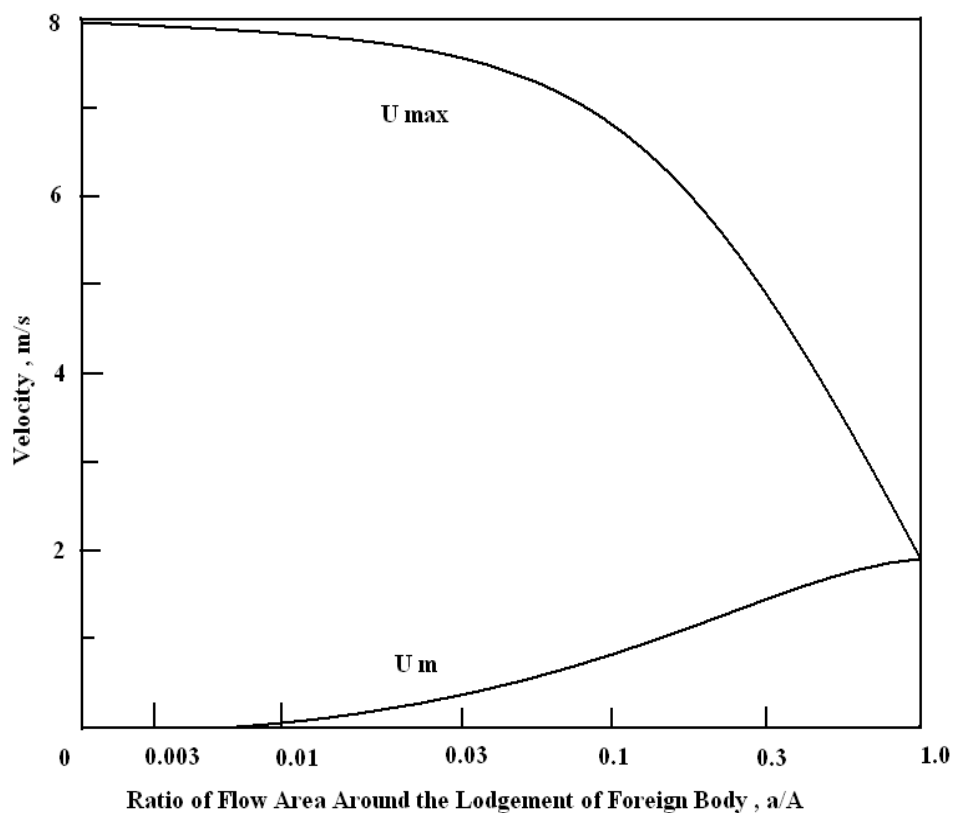
قطر بیرونی : 25.4 mm سطح مقطع داخلی لوله تمیز چگالنده : A

اگر سطح مقطع لوله در اثر گرفتگی و جاگیری جسم خارجی به a تقلیل پیدا کند

بطوریکه نسبت $a/A = 1/10$ برقرار گردد دراین صورت طبق محاسبات

هیدرودینامیکی و مطابق شکل (2-2) سرعت عبور آب درمقطع کاهش یافته به سرعت

ماکزیممی در حد 7.1 m/s افزایش خواهد یافت.



شکل (2-2) : میزان سرعت بر حسب نسبت مساحت $\frac{a}{A}$.{3}

با استفاده از معادله Brassius و شکل فوق، مقدار بیشینه تنش برشی سطح

($t_{\max}$) تحت شرایط $R_e = 51640$, $c_d = 2$, $d = 1000 \text{ kg/m}$, $U = 7.1$

m/sec بدست می آید: {7}

$$\tau_{\max} = 0.03956 \times d \times u_2 \times R_e \times C_d = 0.03956 \times 1000 \times (7.1)^2 \times (51640)^{-1.4} \times 2$$

$$\tau_{\max} = 264.6 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_{\max} = 2646 \text{ dyne/cm}^2$$

این محاسبه نشان می‌دهد که حتی در چگالنده‌های سطحی با طرح معمولی، ایجاد بیشینه تنش سطح برشی به طور غیر عادی، زیاد بوده و در مقایسه با بخش معمولی لوله‌ها ممکن است هنگام جاگیری جسم خارجی در لوله رخ دهد. این بدان معنی است که برای جلوگیری از تخریب ناگهانی لوله‌های چگالنده به وسیله خوردگی سایشی موضعی، به علت جاگیری جسم خارجی، آلیاژ لوله‌های چگالنده باید دارای تنش برشی سطح بحرانی بیشتر از 2600 dyne/cm^2 باشد. {3و7}.

2-1-3- خوردگی سایشی موضعی بوسیله ارتعاش مواد خارجی

ممکن است مواد رشته‌ای چسبیده در لوله‌های چگالنده مرتعش شده و مکرر بر سطح لوله بزنند. در نتیجه در بخش ضربه خور لایه محافظ شکسته و ریخته می‌شود و خوردگی سایشی موضعی آغاز می‌گردد و رشد حفره‌های ایجاد شده باعث نشستی می‌شود.

با وجود اینکه تخمین مکانیکی شرایط دینامیک برای اجرا به نظر بیش از حد دشوار می‌آید، مشاهدات تجربی و آزمایشی نشان می‌دهد که دامنه نیرو بوسیله اجسام لرزان برای شکستن لایه از تنش برشی آلیاژ لوله‌های چگالنده تجاوز می‌نماید. در شرایط معمولی بهره‌برداری، اشکال نشستی بوسیله این پدیده کمتر تجربه شده است.

به نظرمی آید که مواد رشته ایی لرزان نمی توانند به مدت کافی برای کامل
سوراخ کردن دیواره لوله در لوله بمانند.

برخی از حالت های استثنایی که دچار شکست پیش از موقع بوسیله این پدیده در
لوله های تازه نصب شده در شرایط آب خورنده دریا ، آلوده به هیدروژن سولفور،
شناخته شده است. {7}.

2-1-4- ساینده ماسه

اثر ذرات ماسه وارد شده در آب دریا بر تخریب لوله های کندانسور را می توان به
چهار گام مختلف دسته بندی کرد. این چهار گام در شکل (2-3) نشان داده شده است.
گام I : مقدار کم ذرات شن در خوردگی سایشی به علت ناکافی بودن نیروی عمل
شده بر دیواره برای خراب کردن لایه محافظ اثر ندارد.

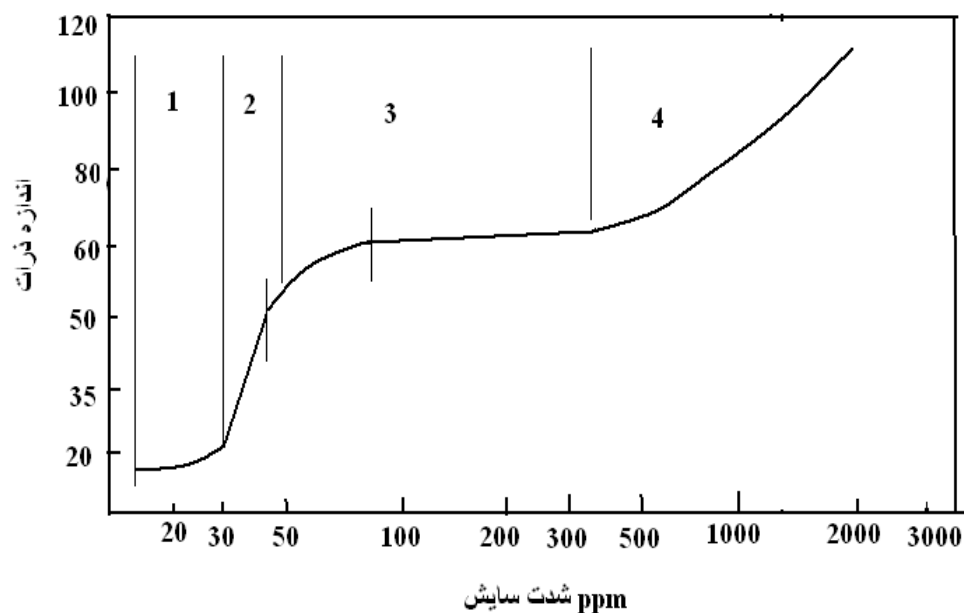
گام II : میزان خوردگی سایشی با مقدار ماسه افزایش می یابد. در این مرحله
انهدام جزئی لایه بوسیله عمل سایشی ذرات ماسه انجام شده و میزان انهدام بسته به
مقدار ماسه موجود است تا به مقدار بحرانی برای برطرف کردن کامل لایه برسد.

گام III : خوردگی سایشی به میزان ثابت ، و بدون توجه به مقدار ماسه ادامه

می یابد. در این مرحله میزان ساخت لایه محافظ در مقایسه با میزان انهدام ناچیز می باشد.

گام IV : میزان حمله بسیار شدید با افزایش مقدار ماسه در آب دریا زیاد می شود. پدیده حمله نه به عنوان خوردگی سایشی بلکه به عنوان سائیدگی مکانیکی که در آن فرآیند الکتروشیمیایی درگیر نیست، ملاحظه می گردد. بررسی داده های مقدار آب دریای بکار رفته به عنوان خنك نشان می دهد که در بیشتر حالات مقدار ماسه کمتر از 1000 ppm و اندازه ذرات آن در حدود کمتر از 50 الی 250 می باشد. در چهار مرحله ذکر شده در بالا گام III – I در عمل مشاهده می گردد اما گام چهارم هرگز در عمل دیده نشده است.

شدت ساینده ماسه تحت تأثیر سازه هایی مانند مقدار ماسه، اندازه ذرات ماسه، گسترش عمل برخوردی و ذرات ماسه در ارتباط با دینامیک سیال و شیمی آب است. {7}.



شکل (2-3) اثر مقدار ماسه بر خوردگی برنج آلومینیوم لوله های چگالنده آزمون در آزمایشگاه Chita بر لوله های نمونه با سرعت 2.0 m/sec به مدت يك ماه با بکار بردن ماسه در گردش به قطر کمتر از 0.1 mm انجام گردید. {3}.

2-1-4-1- اثر مقدار ماسه بر خوردگی برنج آلومینیوم در آب دریا. {7}.

اثر مقدار ماسه بر خوردگی برنج آلومینیوم در جدول (2-1) نشان می‌دهد که سولفات فروزنی به آب دریا برای جلوگیری از ساینده‌گی ماسه به مقدار 40ppm و ماسه 50 μm سودمند بوده ولی در جلوگیری از ساینده‌گی ماسه 250 μm سودمند نیست.

Size of sand 50

50 m

μm

250 μm

Injection of Fe none 0.03ppm none 0.03ppm

Tube Inlet Type1 Type2 Type1 Type2

portion None Inlet Type2 Type3 Type 2 Type2

جدول (2-1) : اثر مقدار ماسه بر ساییدگی ماسه در خوردگی سایشی بر برنج

آلومینیوم لوله های چگالنده در آب روان دریا.

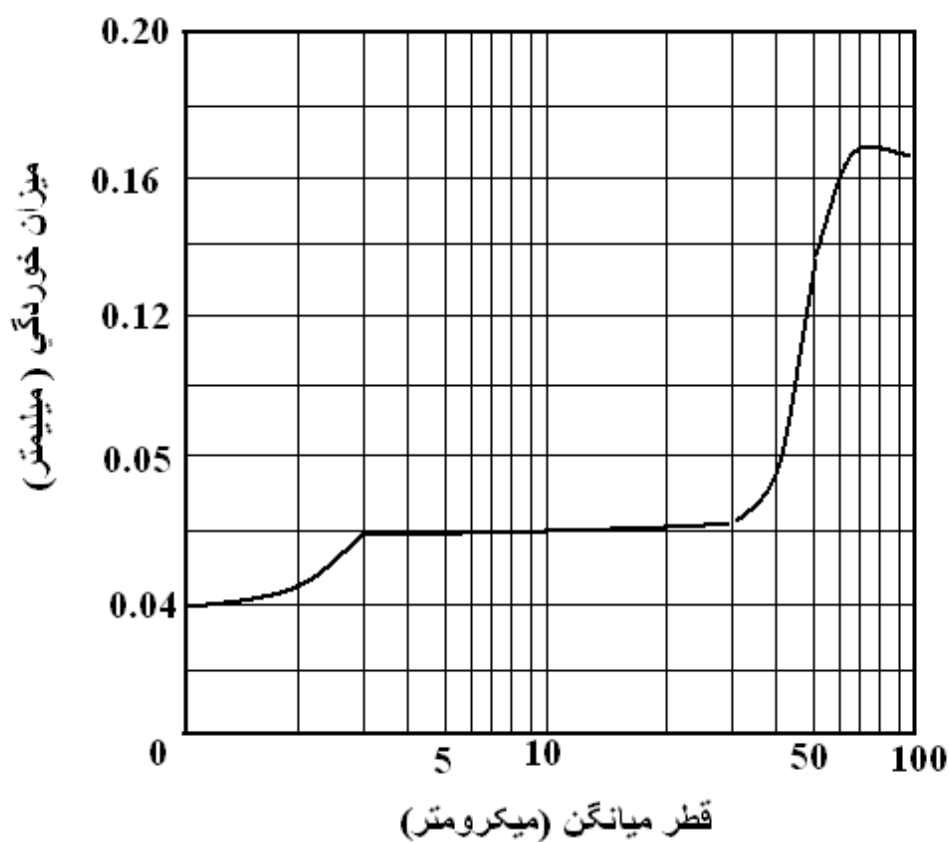
2-4-1-2- اثر قطر ماسه بر میزان خوردگی برنج آلومینیوم در محلول

Nacl 3%

همانطور که شکل (2-4) نشان می دهد داده های آزمون اضافی آشکار ساخت که

1000 ppm ماسه به قطر ذرات کمتر از $30 \mu\text{m}$ اثر قابل توجهی بر سایندهی ماسه

ندارد.



شکل (2-4) : اثر قطر ماسه بر میزان خوردگی آلومینیوم در محلول 3% NaCl

شرایط آزمون به قرار زیر بوده است :

تنش برشی : 100 dyne/cm^2

مقدار ماسه : 1000 ppm

مدت آزمون : 340 ساعت

2-1-4-3- اثر مقدار آهن آلیاژی Cu, Ni-Fe 15% بر مقاومت ساینده ماسه در آب

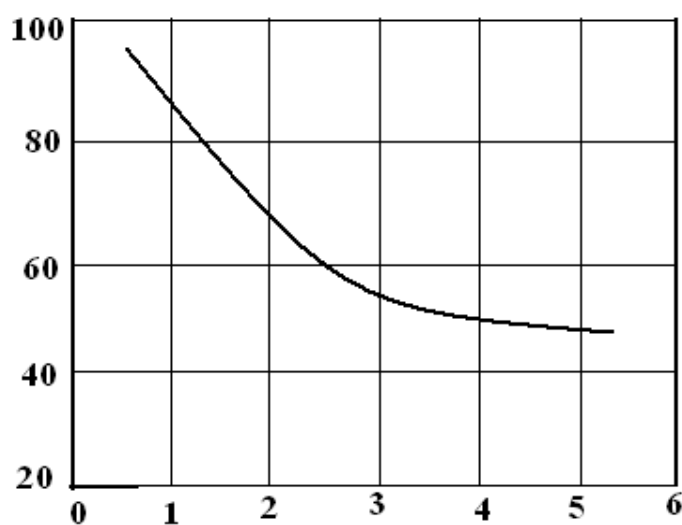
دریا

مقاومت برخی از آلیاژهای کوپر و نیکل همراه کرم و آهن در آلیاژ در برابر

ساینده ماسه مقاومت خیلی بهتری در بررسی ساینده ماسه در مقایسه با کوپر و

نیکل معمولی دارد.

شکل (2-5) این اثر را نشان می دهد.



شکل (2-5)

2-1-5- تصادم {7}

تجربه طولانی نشان می دهد که بیشتر خسارات سایشی وارده بر لوله های برنج آلومینیوم در آب دریای کلر زده به علت تصادم می باشد. ویژگی این گونه حمله لایه غنی از منگنز و برداشت محافظ آن به علت شدت سایش است.

اینگونه حمله به ندرت بر لوله های کوپر و نیکل تجربه شده است. با تزریق سولفات، ته نشینی کلوئیدی ذرات MnO_2 بر سطح لوله متوقف شده و این مسئله کمتر اتفاق می افتد.

مکانیزم اینگونه خوردگی سائیدگی را می توان به صورت زیر بیان داشت :

1- افزایش یون منگنز (Mn^{+2}) در آب دریا بوسیله کاهندگی دی اکسید منگنز به

منواکسید منگنز در پی انحلال Mn^{+2} تحت شرایط غیر هوازی

2- اکسایش یون منگنز (Mn^{+2}) در آب دریا بوسیله کلرزی به دی اکسید منگنز

MnO_2 ذرات کلوئید درست می کند.

3- ته نشینی ذرات دی اکسید منگنز بر سطح لوله چکانده برای تشکیل کاتد

فعال

2-2- خوردگی گالوانیک

در کندانسور ، لوله ها ، صفحات نگهدارنده لوله ها و جعبه های آب کندانسورها با جنس متفاوت ساخته می شوند. لذا پتانسیل آنها با هم فرق می کند و در صورتیکه آب دریا استفاده شود ، طبق جدول گالوانیکی فلز یا آلیاژ آندی خورده خواهد شد.

در نیروگاه های ایران این نوع خوردگی در مقایسه با انواع دیگر کمتر گزارش شده است. علت آن این است که از آلیاژهای پایه مس سازگار با هم در ساخت لوله ها و تیوب شیت ها استفاده شده است. خوردگی گالوانیک در جعبه های آب چدنی مشاهده می شود. در مواردیکه از آب دریا استفاده می شود یک لایه گرافیت در سطح جعبه آب تشکیل خواهد شد که ناشی از خوردگی انتخابی آهن است. که در بعضی موارد به عنوان گرافیت زدایی هم معروف است. گرافیت موجب خوردگی گالوانیک شدید در تیوب شیت و انتهای لوله های ساخته شده از آلیاژهای پایه مس می گردد.

در این حالت احتمالاً پلاریته بین جعبه آب و تیوب شیت عوض می شود. در مراحل اولیه تیوب شیت نجیب تر از جعبه آب است اما با پیشرفت گرافیت شدن جعبه آب نجیب تر از تیوب شیت می شود در برخی موارد به علت عدم تمیزکاری اولیه مناسب و باقی

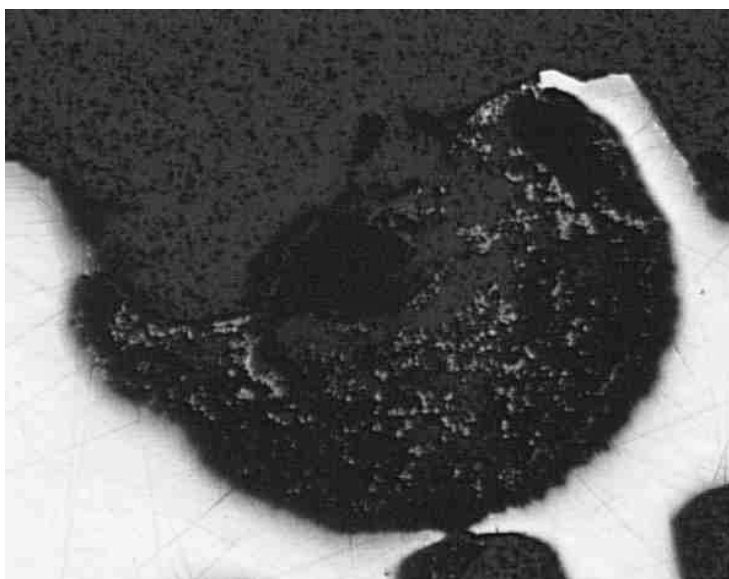
ماندن رسوبات کربنی مربوط به کارخانه ، لوله های از جنس برنج آدمیرالتی دچار خوردگی می شوند.

استفاده از آلیاژهای لوله مقاوم تر همچون تیتانیوم و آلیاژهای آهن – کرم – نیکل – مولیبدنوم نیز باعث خوردگی گالوانیک می شود.

اثرات متغیرهای گوناگون بر روی خوردگی گالوانیک آلیاژهای مختلف بررسی شده است و می توان از این تجربیات در بهینه سازی سیستم ها استفاده کرد.

در شکل (2-6) خوردگی گالوانیک تیوب شیت نشان داده شده است.

روشهای مختلفی برای پیشگیری از خوردگی گالوانیک وجود دارد که از آن جمله می توان از پوشش و حفاظت کاتدی و تزریق یون فرو به آب خنک کن نام برد که در فصل 3 به بررسی کامل آنها خواهیم پرداخت. {17}.



شکل (2-6) : خوردگی گالوانیک تیوب شیت از جنس مونتنز که با لوله های ضد زنگ Al6X به مدت یکسال در سرویس بوده است. {16}.

3-1- خوردگی حفره ای و شکافی

خوردگی حفره ای و شکافی اشکال رایج خوردگیهای سمت آب لوله های کندانسور سطحی آب و بخارمی باشد. دراین نوع خوردگی ها لایه پسیو (فیلم محافظ) در نقاطی از سطح آلیاژ از بین رفته و باعث خوردگی و زوال می شود.

شروع این نوع خوردگی ها در کندانسورها عموماً ناشی از تشکیل پیل های اختلاف دمشی است آندهای موضعی در نواحی تخلیه شده از اکسیژن ایجاد شده و پسیویته لایه های اکسیدی محافظ را کاهش می دهد.

حساسیت آلیاژهای مختلف نسبت به خوردگی حفره ای به خصوصیات لایه های پسیو تشکیل شده و اثر آنیون ها بر این لایه ها بستگی دارد. به استثنای مواردیکه سولفید وجود داشته باشد آلیاژهای مس در آبهای شیرین و شور مقاومت خوبی در برابر خوردگی حفره ای دارند. کلرورهای موجود در آبهای خنک کن موجب خوردگی حفره ای فولادهای زنگ زن می گردد. در حضور سولفیدها، اثر کلرورها تشدید پیدا می کند. تیتانیوم و آلیاژهای آهن – کرم – نیکل که حاوی بیش از 5 درصد مولیبدن هستند در شرایط کارکرد عادی کندانسور در برابر خوردگی حفره ای مقاوم می باشند.

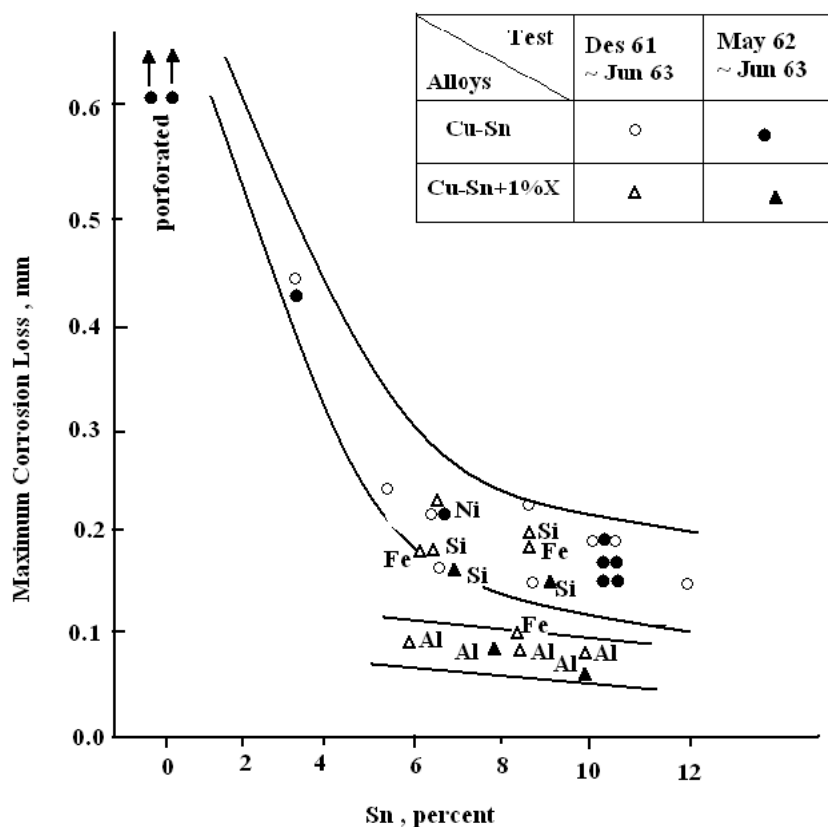
عواملی که بر روی حساسیت آلیاژ در برابر خوردگی حفره ای تاثیر می گذارند عبارتند از نوع و ترکیب آلیاژ، اثرات متالورژیکی، PH، دما، سرعت جریان، تمیزی لوله، پتانسیل الکتروشیمیایی و وجود یون هایی از قبیل سولفور، کلور در آب.

لازم به ذکر است که بسته به نوع آلیاژ، شرایط سرویس و عامل خوردگی از روش‌های مختلفی برای پیشگیری از خوردگی حفره ای استفاده می شود که از آن جمله می توان از تمیز کاری لوله ها و جلوگیری از تشکیل رسوب و فاولینگ، تزریق یون فرو، پیشگیری از باقی ماندن لوله ها به صورت تر در مواقع خروج سیستم از مدار و استفاده از آلیاژهای مقاومتر در برابر خوردگی نام برد. {17}.

2-3-1- عوامل موثر بر خوردگی حفره ای

2-3-1-1- اثر ترکیب آلیاژها

با توجه به اینکه در کندانسورهای نیروگاه‌های ایران عموماً آلیاژهای مسی برای لوله‌ها به کار می‌روند فلذا تأثیر ترکیبات آلیاژ مس مطابق شکل (7-2) آورده شده است که طی آزمایشاتی در آب آلوده دریا بدست آمده است {3}.



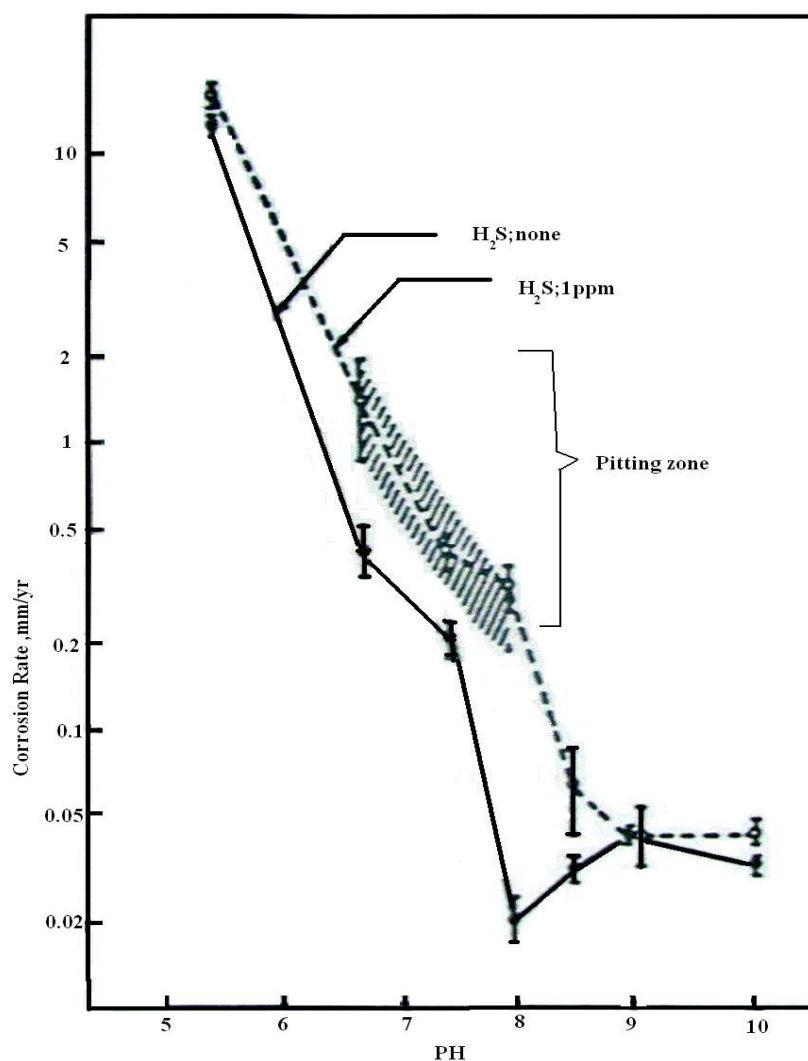
شکل (7-2) : اثر ترکیب آلیاژ بر روی میزان خوردگی {3}.

PH-2-1-3-2 اثر PH

در لوله های برنج آلومینیوم دار در محلول 3% NaCl اثر PH و H_2S بر روی نرخ

خوردگی توسط شکل (8-2) ارائه شده است. مشاهده می شود که ناحیه حفره دار

شدن در محدوده PH بین 8-6/5 واقع است. {3}.



شکل (2-8) : تاثیر PH بر نرخ خوردگی

2-3-1-3- اثر سولفید

همانطوری که از جدول (2-1) مشاهده می شود لوله های پایه مسی بدون حضور سولفید، دچار خوردگی حفره ای نمی شوند در صورتیکه با حضور سولفید خوردگی حفره ای رخ می دهد که از این بابت آلیاژ آدمیرالتی از همه آلیاژها مناسبتر می باشد در مواردی حتی با حضور سولفید نیز خوردگی حفره ای در آنجا ایجاد نمی شود. {3}.

<u>Alloy</u>	<u>AERATED</u>	<u>DEARATED</u>
	<u>SULFIDE</u>	<u>SULFIDE</u>
<u>BRINE</u>		
CDA 705 (Copper-10 nickel)	sP	GA
--		
CDA 705 (Copper-30 nickel)	hE ,sP ,sDA	GA
sP , sE CDA 443 (Admiralty ,arsenical)	hIG , hE	
sE -- CDA 687 (aluminum-brass ,arsenical)	sE , mP	
,mIG -- mP ,hE		
688 exp	mE , mP	GA
sP ,mE		

CDA 608 (aluminum-bronze ,5%)	sE , mP	--
--		
AISI 302 stainless steel	hP	sP
--		
AISI 316 stainless steel	hCr	--
--		

جدول (1-2) : تأثیر حضور و عدم حضور سولفید در خوردگی حفره ای بر روی

مواد آلیاژی کندانسور در سرعت آب دریای (2/1 m/s) {3}.

حمله عمومی = GA زیاد و سنگین = h متوسط = M کم و ناچیز = S

سایشی = E خوردگی شیاری = Cr حفره ای = P بدون آلیاژ زدایی = DA

خوردگی بین دانه ای = IG

1-3-1-4- اثر سرعت جریان

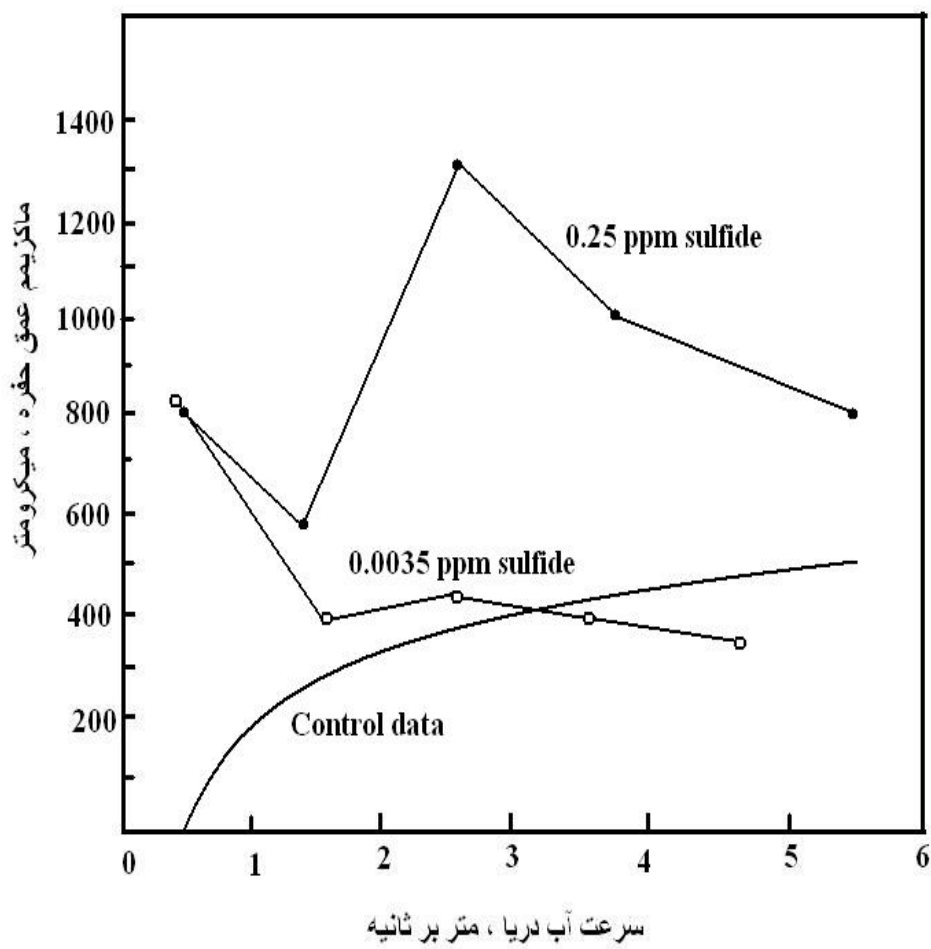
حفره دار شدن معمولاً به همراه محیط خورنده در حالت ساکن و مرده مثل مایع

درون يك تانك يا مایع جمع شده در يك قسمت غیر فعال اتفاق می افتد. فلذا در

هنگام خوابانیدن واحد به مدت طولانی بایستی آب خنک کننده لوله های کندانسور را توسط آب شیرین شستشو و بر طرف نمود به طوریکه هیچ آبی در لوله ها و واترباکس ها باقی نماند.

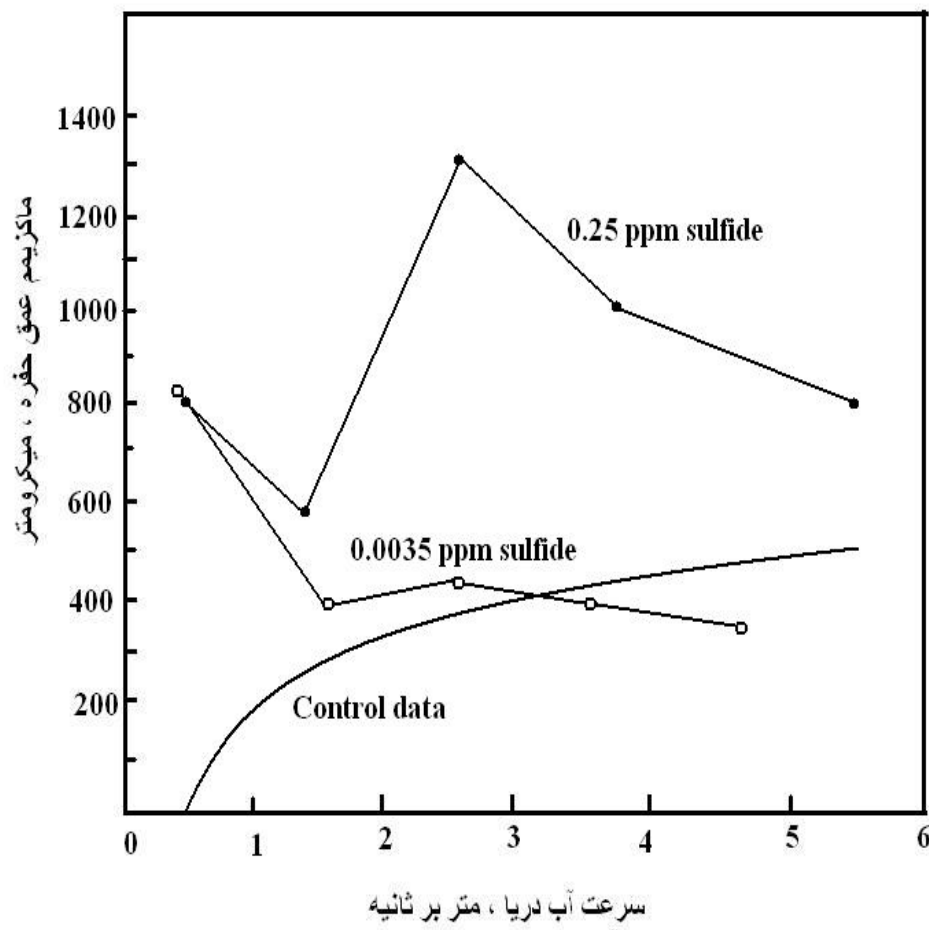
اما در هنگام بهره برداری با افزایش سرعت جریان آب خنک کننده غالباً خوردگی حفره ای کاهش پیدا می کند.

نمودارهای شکل (2-9) تاثیر سرعت بر خوردگی لوله کاپر و نیکل 10٪ و کاپر و نیکل 30٪ را در آب دریا شامل سولفید در 25 روز آزمایش نشان می دهد. {3}.



شکل (2-9-1) : عمق ماکزیمم حفره در سرعت‌های مختلف آب دریا شامل سولفید

در 25 روز بر روی لوله های کاپر و نیکل 10 %.



شکل (2-9-2) : عمق ماکزیمم حفره در سرعتهای مختلف آب دریا شامل

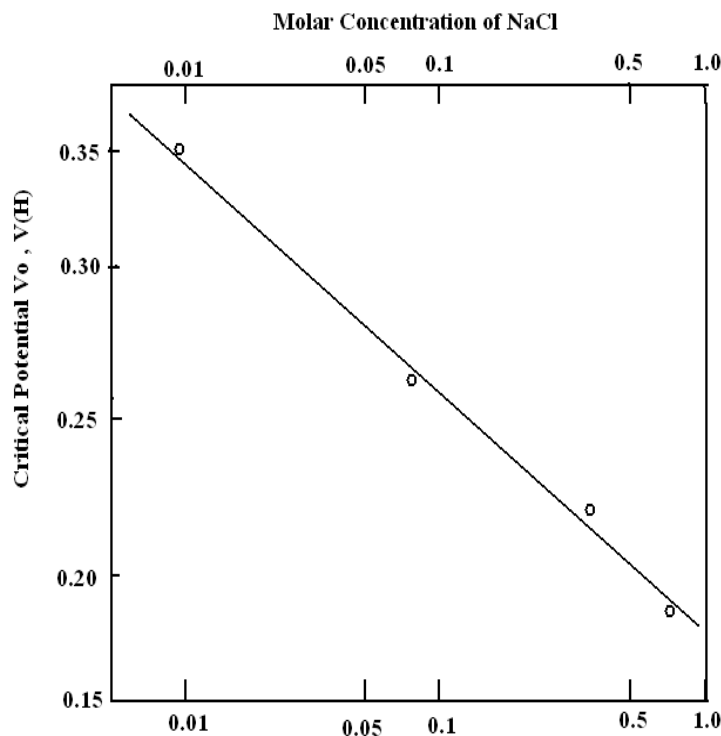
سولفید در 25 روز بر روی لوله های کاپر و نیکل 30 %.

1-3-1-5- اثر کلر

اکثر انهدام های ناشی از حفره دار شدن در اثر کلرورها و یون های حاوی کلر در

آب دریا می باشند. شکل (2-10) تاثیر کلر و افزایش مقدار آن بر روی پتانسیل بحرانی را

نشان می دهد. {3}.



شکل (2-10): تاثیر فعال سازی یون کلرید بر روی پتانسیل بحرانی حالت برای حفره

دار شدن فولاد ضد زنگ 8٪ Ni و 18 Cr٪ در 25 درجه سانتیگراد.

4-1- آلیاژزدایی یا جدایش انتخابی

آلیاژزدایی در قسمتهای مختلف کندانسور می تواند به وقوع بپیوندد. مثال بارزی

در این زمینه روی زدایی آلیاژهای برنج و خوردگی گرافیتی چدن ها می باشد.

آلیاژزدایی در آلیاژهای مس – نیکل و مس – آلومینیوم نیز اتفاق می افتد. در

آلیاژهای پایه مسی دو نوع آلیاژزدایی مشاهده می شود که نوع اول یکنواخت یا لایه ای

و نوع دوم موضعی خوانده می شود. نوع دوم عموماً در زیر رسوبات یا اشیاء خارجی موجود در لوله های کندانسور ایجاد می گردد.

افزودنیهای قلع و آرسنیک در پیشگیری از روی زدایی موثر می باشند. عوامل دیگر موثر بر آلیاژ زدایی شامل ترکیب شیمیایی آلیاژ، عملیات حرارتی، دما، سرعت جریان، PH و پتانسیل می باشد.

آلیاژزدایی در آلیاژهاییکه دارای فازهای ثانویه می باشند از قبیل برنج دریایی و برنزها می تواند شدیدتر باشد. در این قبیل مواد توجه بیشتری به عملیات حرارتی موجب افزایش مقاومت آلیاژ در برابر آلیاژزدایی می گردد.

زوالهای ناشی از آلیاژزدایی عموماً در آب دریا یا آب شور روی می دهد. زوال های آلیاژهای پایه مسی به حالت های رکود و رسوبات سطح فلز مربوط می شود. در این شرایط پیل های اختلاف دمشی تشکیل شده و منجر به آلیاژزدایی گوه ای _ شکل می گردد. سرعت خوردگی با افزایش دما شدیداً افزایش می یابد. پس بعضی نقاط در لوله های کندانسور بیشتر در معرض آلیاژزدایی قرار دارند.

2-5- خوردگی تنشی

خوردگی های تحت تنش در کندانسور بیشتر در قسمت هایی رخ می دهد که تحت تنشهای کششی باشند ، که از مهمترین آنها تنش کششی پسماند ناشی از رولینگ انتهای لوله ها ، محل جازدن تیوب شیت ها ، محل ضربه به لوله ها و تیوب شیت ها بوجود می آید. آلیاژهای پایه مس بیشتر در محیط های آمونیاکی نسبت به SCC حساس می باشند. به همین خاطر این خوردگی در امتداد طول لوله ها (سمت آب) کمتر مشاهده شده است.

2-6- خوردگی میکروبی

در بعضی موارد ارگانیسم های موجود در آب باعث خوردگی تجهیزات سیستمهای خنك کننده نیروگاهی می شوند - دو نوع اصلی ارگانیسم های زنده در آبها یافت می شود. میکروارگانیسم های زنده شامل باکتریها ، لجن ها ، قارچها و جلبکها بوده و ماکرو ارگانیسم های زنده شامل حیوانات كوچك دریایی نظیر صدفها می باشند. این ارگانیسم ها با سوخت و ساز خود تغییرات قابل ملاحظه ای در آبهای مجاور خود بوجود می آورند. ارگانیسم های دریایی نظیر صدفها و نرم تنان نقش آلودگی مشخصی را ایفا کرده و به سطوح فلزی چسبیده و سبب کندی حرکت یا سکون آب می شوند.

حضور میکرو ارگانیسم ها می تواند سه اثر عمده در محلول های آبی داشته باشد

:

1- بعضی از میکرو ارگانیسم ها می توانند مستقیماً در خوردگی فلزات شرکت کنند، از آن جمله می توان با کتریهای احیا کننده سولفات در محیط های غیرهوازی و باکتریهای اکسید کننده آهن در محیط های هوازی را نام برد. نتایج این نوع خوردگی باعث جمع شدن محصولات خوردگی و ایجاد خوردگی حفره ای می گردند.

2-از بین رفتن و مصرف بازدارنده توسط حملات باکتریها

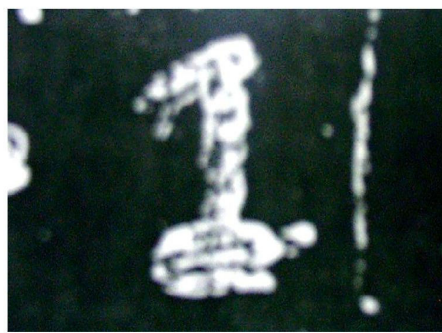
3-تجمع میکرو ارگانیسم ها باعث تولید لجن های زیاد شده و نهایتاً باعث تقلیل جریان آب در لوله ها می شود. بسیاری از بازدارنده ها خواص خود را در حضور يك يا چند عامل فوق از دست می دهند. در چنین حالتی ضروری است از باکتری کش های مناسب که اثرات منفی بر عمل بازدارنده ها نداشته باشند، استفاده نمود. برای حفاظت در برابر خوردگی بیولوژیکی باید شرایطی را که این خوردگی در آن بوجود می آید را بر طرف نمود. استفاده از موادمیکروب کش و پخش کننده ها برای این منظور مفید است. همچنین روشهایی نظیر کاربرد پوششها و حفاظت کاتدی نیز در کاهش این نوع خوردگی موثر می باشند. {14}.

2-7- خوردگی سمت بخار

از مهمترین خوردگیهای سمت بخار می توان به خوردگی تحت تنش ، خوردگی سایشی ، خوردگی خستگی ، (از همزمانی تخریبهای مکانیکی با خوردگی) اشاره نمود. وجود آلودگی سمت بخار خصوصاً به دلیل وجود آمونیاك ، گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن و حتی در مواردی وجود کلرورها (به دلیل نشتی هوا درقسمتهای بخار) باعث این نوع خوردگیها می شود. شکل (2-12) نمونه ای از لوله های کندانسور که از سمت بخار توسط NH_3 دچار مشکل شده است را نشان می دهد. بیشترین مشکلات سمت بخار در قسمتهای زیر بافلها ، نزدیک تیوب شیتها ، محل اجکتور هوا دیده شده است.



الف



ب

شکل (2-12) : نمونه ای از لوله های کندانسور که از طرف خارج به وسیله NH_3

خورده شده است. الف - انتهای خورده نشده در سمت چپ توسط تیوب شیت محافظت

شده است. ب - شیار ناشی از چگالی که در يك طرف صفحه نگهدارنده ایجاد شده

است. {16}.

فصل سوم

روشهای پیشگیری از خوردگی ،

روشهای نشت یابی و تمیز کاری

در کندانسورهای سطحی

فصل سوم

روشهای پیشگیری از خوردگی ، روشهای نشت یابی و تمیزکاری در کندانسورهای

سطحی

با توجه به خوردگی ها و تخریب های موجود در سیستم های خنك كن و کندانسورهای سطحی آب و بخار و خسارات و زیانهای اقتصادی و بهره برداری مستقیم و غیر مستقیم حاصل از آن اهمیت بهره برداری صحیح از واحد نیروگاهی و بکاربری روشهای پیشگیری و درمان خوردگی و رسوب گذاری ها و یا حداقل ، کاهش میزان این تخریب ها ، بیشتر مشخص می شود.

در این میان ، کنترل صحیح شیمیایی و استفاده از بازدارنده ها یکی از موثرترین روشهای کنترل خوردگی برج های خنك كن و تجهیزات مربوط به آنها می باشد.

انتخاب صحیح بازدارنده و یا ترکیبی از بازدارنده ها برای اینگونه سیستم ها غالباً از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و عواملی نظیر خصوصیات ویژه سیستم خنك كن ، رعایت مقررات محیط زیست و نهایتاً مسائل اقتصادی می بایست مدنظر قرار گیرد. رنگ و پوشش در واتر باکسها و روی تیوپ شیتها در سمت آب خنك كن روش مناسبی جهت جلوگیری از خوردگی های آنها است. عمل پیشگیری از خوردگی با انجام حفاظت کاتدی در محدوده واتر باکسها و تیوب شیت ها و قسمتی از انتهای لوله ها، موفقیت آمیزتر خواهد شد.

از آنجایی که فواصل ابتدایی لوله ها در اثر اغتشاش جریان خنك كننده دچار خوردگی سایشی می شوند با قرار دادن اینسرتهای پلاستیکی در ورودی لوله ها ، از این خوردگی نیز پیشگیری به عمل می آید.

با اعمال روشهای صحیح بهره برداری از واحد و انجام اسید شویی های به موقع و مرتب و بازدیدهای فصلی از تجهیزات کندانسور ، انجام آزمایش های مختلف روی شرایط آب چگالیده و آب خنك كننده و ... ضمن پیشگیری از خوردگی ها ، به درمان آن

نیز پرداخته می شود. از آنجایی که آب چگالنده بایستی عاری از هر گونه ناخالصی باشد میزان هدایت یا رسانایی آن همواره اندازه گیری می شود. به محض افزایش رسانایی آب چگالیده احتمال سوراخ شدن لوله های کندانسور و ورود آب حاوی املاح و ... به آب چگالیده افزایش می یابد. بنابراین با اتخاذ روشهایی اقدام به پیدا کردن محل نشتی لوله ها می کنند و لوله های سوراخ را از دو طرف کور می کنند.

وجود هوا در محفظه بخار کندانسور نیز باعث ایجاد خوردگی های تنش و ... می شود که لازم است میزان اکسیژن CO_2 و سایر گازهای موجود به حداقل برسد.

3-1- کنترل شیمیایی آب خنک کن

3-1-1- کنترل رسوب

نظر به اینکه آب خنک کن دارای مقدار زیادی سختی بی کربنات می باشد این بیکربنات در شرایط کندانسور (در اثر گرم شدن) تبدیل به کربنات شده و در آن رسوب نموده و گاز CO_2 آزاد می نماید.



این مشکل بیشتر در مورد آب چاه های عمیقی که دارای سختی بیکربنات بیش از 200ppm باشند بوجود می آید در مواقعی که سختی بیکربنات از مقدار فوق الذکر کمتر باشد می توان با تزریق هگزامتافسفات و یا تانن از رسوب آن جلوگیری نموده مقدار تزریق فسفات حدود 5-6ppm بوده و این مقدار تزریق فسفات به آب ورودی سیستم خنک کن می تواند غلظت لازم جهت جلوگیری از رسوب را در سیستم خنک کن بوجود آورد. در مواقعی که مقدار سختی بیکربناتی آب ورودی به استخر خنک کن بیش از 200ppm باشد جهت جلوگیری از رسوب بایستی املاحی را که در آب وجود داشته و تشکیل رسوب می دهند حذف نموده و آن نیز به طریقه زیر می باشد:

الف : عبور دادن تمامی آب از رزین های رنج سدیم و تبدیل املاح کلسیم و منیزیم

آن به املاح سدیم مربوطه.

ب : نرم کردن آب بوسیله آهک

آهک جهت نرم کردن آب بکار برده می شود. پس از تزریق آهک به علت بالا رفتن PH بایستی به آن اسید اضافه گردد تا حدی که ضریب اشباع به $0/4 +$ و ضریب پایداری اش به 6 برسد. بعد از اضافه نمودن آهک PH آب به 10 می رسد. جهت کاهش آن و رسیدن به PH ی در حدود 7/5 اضافه نمودن اسید ضروری است. {10}.

3-1-2- کنترل PH و کلر زنی

برای برج های خنک کن باز معمولاً PH آب در حدود 7 تا 8/5 نگهداری می شود ، در صورتیکه برای سیستم های خنک کن بسته بین 9-8/5 می باشد. آلیاژهای مسی در PH اسیدی دچار خوردگی می شوند ولی افزایش PH خوردگی یکنواخت را به طور موثری تقلیل می دهد. معمولاً جهت از بین بردن فعالیتهای میکروارگانیسم ها از گاز کلر استفاده می شود. میزان کلرزنی باید دقیق باشد در غیر این صورت باعث ایجاد خوردگی های شیاری و حفره ای خواهد شد. {11}.

3-1-3- بازدارنده ها

بازدارنده های خوردگی مواد شیمیایی هستند که وقتی در مقادیر کم به محیط افزوده شوند باعث ممانعت یا کاهش واکنش بین فلز و محیط و تقلیل خوردگی می

گردد. اینگونه مواد در محیط های گوناگون نظیر واحدهای مختلف پالایشگاهی خطوط لوله آب و نفت ، سیستم های خنك كن، نیروگاه ها و غیره بکار می روند. استفاده از بازدارنده های خوردگی یکی از موثرترین روشهای شناخته شده در حفاظت تجهیزات در محیطهای خورنده است. بازدارنده مصرفی برای دارا بودن حداکثر راندمان می بایست با محیط مورد نظر سازگاری داشته، از نظر عملیاتی و زیست محیطی قابل استفاده بوده و از لحاظ اقتصادی کاربرد آن مقرون به صرفه باشد. یکی از مهمترین موارد استفاده از بازدارنده ها در آبهای خنك كن نیروگاهی می باشد. از مشکلات عمده سیستم های خنك كننده ، خوردگی تجهیزات مرتبط با آنها است. یکی از روشهای کنترل خوردگی برجهای خنك كننده کنترل صحیح شیمیایی و استفاده از بازدارنده ها می باشد. انتخاب صحیح بازدارنده و یا ترکیبی از بازدارنده ها برای برجهای خنك كن غالباً از پیچیدگی خاصی برخوردار است. مهمترین پارامترهایی که باید مدنظر قرار گیرند، عبارتند از : از شرایط کاری سیستم خنك كن ، رعایت مسائل مربوط به محیط زیست و نهایتاً مسائل اقتصادی.

مهمترین بازدارنده هایی که در نیروگاه ها کاربرد فراوانی داشته و درعمل مورد

استفاده قرار می گیرد بطور عمده به صورت زیر دسته بندی شده اند.

3-1-3-1- بازدارنده های بر پایه فسفات

پلی فسفاتها به میزان وسیعی از 60 سال پیش تا کنون مورد استفاده قرار گرفته و از جمله مهمترین و اقتصادی ترین ممانعت کننده ها به شمار می روند. معمولاً نمکهای سدیم پلی فسفات برای کنترل خوردگی بکار می روند. بازدارنده های مذکور عموماً به منظور کنترل خوردگی فولاد بکار می روند. از دیگر مزایای پلی فسفاتها ، علاوه بر حفاظت از خوردگی ، جلوگیری از تشکیل رسوب نمکهای معدنی کم محلول مثل کربنات و سولفات کلسیم و پایدار سازی آهن و منگنز جهت پیشگیری از ایجاد آب قرمز یاسیاه در سیستم خنك كن می باشد. همانگونه که بیان شد ، پلی فسفاتها بازدارنده های بسیار عالی برای فولاد در محیط های خنثی یا نزدیک خنثی هستند. برای ایجاد حداکثر راندمان ، حضور کاتیونهای دو ظرفیتی مانند Zn ، Mn ، Ca ضروری است. تحقیقات نشان داده است که پلی فسفاتهای خطی بازدارنده های کاتدی بوده و واکنش کاتدی احیاء اکسیژن ($O_2 + 2H_2O + 4e^- - - 4OH^-$) را در محلول های خنثی کننده کند می نماید. همچنین مطالعات دیگری مشخص کرده است که پلی فسفات ها با ایجاد کمپلکس های حلقوی شلاتی فیلم محافظ ایجاد نموده و از نفوذ اکسیژن به سطح فلز جلوگیری می کند.

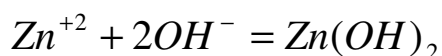
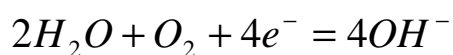
یکی از معایب پلی فسفات ها هیدرولیز آنها به ارتوفسفات يك بازدارنده آندی بوده و تحت شرایطی با کلسیم موجود در آب رسوبات حجیم فسفات کلسیم ایجاد می نماید. این رسوبات پرحجم موجود بر روی سطح سبب تشکیل پیل های غلظتی اکسیژن گشته و خوردگی موضعی را تشدید می کند. از دلایل عمده هیدرولیز پلی فسفات‌ها درجه حرارت زیاد و یا PH بالا یا پائین می باشد. غالباً در PH بالاتر از 7/5 هیدرولیز شروع می شود و به همین دلیل بهترین PH برای کنترل پلی فسفات‌ها بین 6/5 تا 7/5 گزارش شده است. {8}.

3-1-2-3- بازدارنده بر پایه روی

این بازدارنده صرفاً شامل نمک‌های روی بوده که به عنوان عامل اصلی بازدارنده در پیشگیری از خوردگی فولاد عمل می کند. در حین استفاده از بازدارنده روی نباید PH سیستم بالاتر از 8/3 رود، زیرا در این صورت مشکلات دوگانه ای در سیستم ایجاد خواهد شد. اولاً رسوب هیدرواکسید روی به سرعت در سیستم زیاد شده و آلودگی سیستم را افزایش خواهد داد. و ثانیاً عامل اصلی بازدارندگی یعنی روی از سیستم حذف می گردد. همچنین در شرایطی که PH بالا باشد، روی با آلوده کننده هایی نظیر

H₂S نیز تشکیل رسوب می دهد. مکانیزم عمل این بازدارنده بطور کلی عبارتند از :

تشکیل رسوب هیدرواکسید روی در مناطق کاتدی بر اساس واکنشهای زیر :



رسوبات نام برده علاوه بر چسبندگی و متراکم بودن، خاصیت هدایت الکتریکی پایینی

داشته و لذا سرعت خوردگی را تا حد زیادی کاهش می دهد.

معمولاً از نمک های روی به تنهایی استفاده نمی گردد. زیرا به تغییرات PH

حساسیت زیادی داشته و همچنین لایه هیدرواکسید بوجود آمده از پایداری زیادی

برخوردار نیست. به همین خاطر از بازدارنده های دیگر نظیر پلی فسفات ها ، کرومات ها و

مولیبدات ها به همراه روی استفاده می شود. {8}.

3-3-1- بازدارنده پلی فسفات / روی

این بازدارنده مختلط، خاصیت بازدارندگی فلزات آهنی و غیرآهنی را دارا می

باشد. حضور روی باعث افزایش شدید سرعت تشکیل فیلم محافظ گشته و بازدارنده

فسفاتی پایداری فیلم را تأمین می نماید. بنابراین دو بازدارنده مکمل یکدیگر بوده و در

صورت شکسته شدن فیلم محافظ ، روی به سرعت آن را ترمیم می سازد. با حضور روی در لایه محافظ ، حساسیت بازدارنده فسفاتی به تغییرات Ca و PH به شدت کاهش می یابد. روی ، علاوه بر شتاب دادن تشکیل فیلم محافظ ، باعث کاهش میزان فسفات مصرفی برای تشکیل فیلم محافظ خواهد شد. خاصیت ضد خوردگی این نوع بازدارنده در مقادیر PH پایین تر از 6 و بالاتر از 7/5 از دست رفته و خطر تبدیل ترکیبات فسفاتی به ترکیباتی با خاصیت بازدارندگی کمتر از ارتوفسفات نیز وجود دارد. جهت کنترل صحیح این نوع بازدارنده PH در محدوده 6/8 تا 7/2 مناسب می باشد. {8}.

3-1-3-4- بازدارنده مرکایتوبنزو تباژول (MBT)

موادی به عنوان بازدارنده‌های کمکی ، جهت محافظت و کنترل آلیاژهای مسی در آبهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند. بازدارنده های کمکی آلیاژهای مسی به دلیل آنکه خاصیت بازدارندگی آهن و فولاد را ندارند به ندرت به تنهایی مورد استفاده قرار گرفته و لذا غالباً همراه با بازدارنده های فولاد بکار می روند. این نوع بازدارنده نمی تواند همراه پلی فسفات که به عنوان ممانعت کننده فولاد است، مورد استفاده قرار گیرد مگر در حضور نمکهای روی که علت این امر کاملاً مشخص نیست. {8}.

3-1-3-5- بازدارنده سولفات آهن

سولفات آهن ممانعت کننده ای است که برای کاهش خوردگی خصوصاً حاصل از برخورد سیال با لوله هایی از جنس آلیاژهای مسی به کار می رود. از کاربردهای مهم این ممانعت کننده مواردی است که از آب دریا و یا آبهای نسبتاً شور استفاده می شود. این ماده ارزان قیمت بوده و کاربرد قابل ملاحظه ای در سیستم های خنك كن گذرا دارد. حفاظت کنندگی سولفات آهن در اثر تشکیل يك فیلم چسبنده ای از اکسید فريك هیدراته می باشد. این فیلم به اندازه کافی ضخیم بوده و سطح را به رنگ قرمز تیره در می آورد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که تزریق 1 mg/l به مدت 45 دقیقه در روز می تواند لوله های برنجی آلومینیوم دار را از صدمات حاصل از خوردگی تصادفی محفوظ بدارد. {8}.

3-2- حفاظت کاتدی

سیستم حفاظت کاتدی از جمله بهترین روشهای کنترل خوردگی های گالوانيك ، حفره ای ، شیار ، سایشی ، آلیاژدایی ، ترك دار شدن در اثر خوردگی، در کندانسورهای سطحی میباشد اعمال حفاظت کاتدی خصوصاً برای کندانسورهای با آب خنك كن

بامقاومت پایین می تواند خیلی مفید باشد. استفاده از آندهای فداشونده برای مواردی که جریان لازم برای حفاظت کمتر از 55 آمپر باشد توصیه می شود.

اگر مقاومت آب پایین باشد از آند منیزمی و در غیر اینصورت از آند فداشونده روی استفاده می شود. در شرایطی که از سولفات آهن به عنوان يك عامل جلوگیری کننده از خوردگی در سیستم خنك كن استفاده می شود آند آهن با خلوص بالا بکار برده می شود. دلیل این امر این است که هنگام استفاده از آند آهن همراه باتزریق سولفات آهن ، يك لایه اکسید چسبنده بر روی لوله های کدانسور تشکیل می شود که از خوردگی لوله ها جلوگیری می کند. برای شرایطی که جریان لازم برای حفاظت بیش از 55 آمپر باشد استفاده از آندهای با اعمال جریان معمول است. از بهترین آندهای با اعمال جریان نیوبیم پلانیزه شده می باشد.

عوامل مختلفی در طراحی حفاظت کاتدی يك کدانسور می تواند موثر باشد که

عبارتند از :

- ابعاد کدانسور
- جنس لوله ها و تیوب شیت و جعبه آب
- استفاده از پوشش برای جعبه آب و تیوب شیت
- میزان از بین رفتن پوشش

- شرایط آب و عملیات تصفیه

طرح کندانسور، خصوصاً جعبه آب، با توجه به ابعاد آن می‌تواند در میزان جریان لازم جهت حفاظت و همچنین محل آن‌ها، تأثیر داشته باشد. معمولاً جنس آب فولاد کربنی و لوله و تیوب شیت از جنس آلیاژهای مس می‌باشند هرچه آلیاژهای بکار رفته نجیب‌تر باشد جریان لازم جهت حفاظت کمتر خواهد بود. وجود پوشش باعث کاهش دانسیته جریان لازم جهت حفاظت می‌شود و بسته به آماده‌سازی و زیرسازی سطح و نوع پوشش انتخاب شده، ضخامت و میزان تخلخل آن، تأثیر پوشش متفاوت خواهد بود. پوشش باعث توزیع یکنواخت جریان حفاظت می‌شود. وابسته به شرایط آب به لحاظ سرعت، PH، دما، املاح، هدایت ویژه، مقاومت آب و ... میزان جریان لازم جهت حفاظت متفاوت خواهد بود هرچه میزان نمک آب بیشتر باشد جریان لازم جهت حفاظت بیشتر خواهد بود. {14}.

3-3- رنگ و پوشش

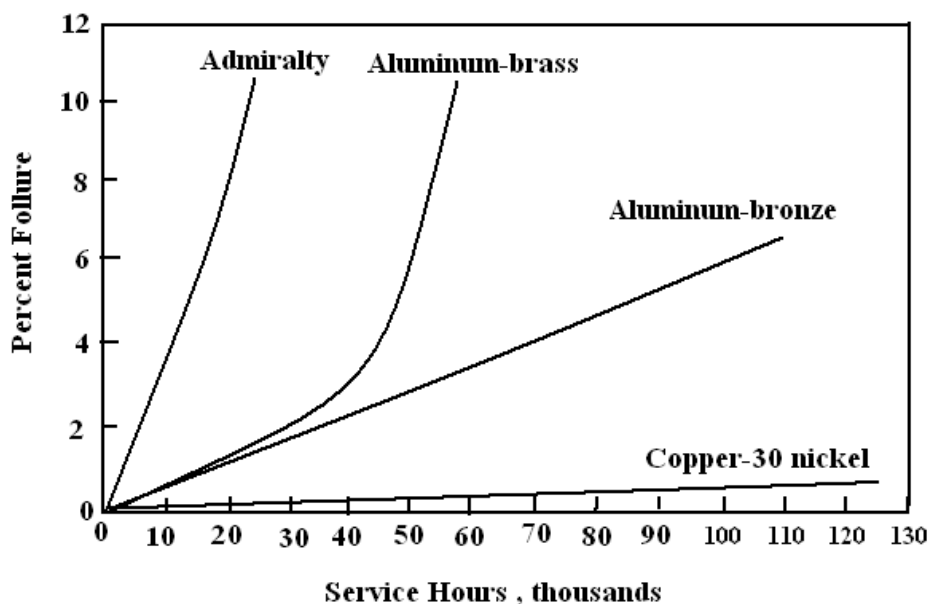
یکی از خوردگی‌های شدید قسمت آب خنک کن خوردگی واترباکس کندانسور می‌باشد. در صورتیکه غلظت مواد محلول آب خنک کن کمتر از 1000 ppm باشد، مشکل مهمی نخواهد بود. خورده شدن واترباکس به صورت پیدایش برآمدگی‌های

بزرگ قهوه ای رنگ از اکسید آهن در سطح چدنی واترباکس ظاهر می گردد. وقتی که این برآمدهای قهوه ایی رنگ (اکسید آهن) را از سطح واترباکس برداریم سطح آهن نرم و سیاه رنگ بوده و این در اثر حذف آهن و باقیماندن کربن در سطح فلز می باشد. این نوع خوردگی بر اثر بوجود آمدن يك پیل الکتریکی در داخل واترباکس می باشد. بدین ترتیب که فولاد یا استیل بدنه واترباکس به عنوان (آند) و مس لوله های خنك كن به عنوان الكترود دیگر (کاتد) و آب خنك كن با غلظت املاح بالاتر از 1000 ppm و با غلظت زیادی از اکسیژن محلول به عنوان الکترولیت تشکیل يك پیل را می دهد.

جهت جلوگیری از مشکل فوق رنگ آمیزی سطح چدنی واترباکس پیشنهاد می گردد. در صورتی که سطح واترباکس بطور کامل رنگ آمیزی گردد می تواند يك روش بسیار موثری برای جلوگیری از این نوع خوردگی بحساب آید. در صورتیکه رنگ آمیزی کندانسور بطور کامل انجام نگردد وجود کوچکترین سوراخ در سطح رنگ آمیزی شده آن به علت پیدایش يك سطح كوچك از آند (چدن واترباکس) و سطح زیادی از کاتد (لوله های مسی کندانسور) خوردگی به مراتب بیشتر خواهد بود. حتی اگر رنگ آمیزی به نحو مطلوب انجام گرفته باشد تفاوت جنس صفحه ای لوله و لوله های داخلی کندانسور می تواند اختلاف پتانسیل الکتریکی را باعث گردد. در این حالت هر کدام از آنها مثبت تر باشند خورده شده و بیشتر این نوع خوردگی در لوله های کندانسور که مثبت تر می باشند انجام می گیرد. {10}.

4-3- انتخاب آلیاژ مناسب

جنس آلیاژهای مصرفی در لوله های کندانسورهای ایران اغلب آلیاژهای مسی است. میزان تخریب این آلیاژها بر حسب میزان کارکرد آنها مطابق شکل (3-1) نشان می دهد که به ترتیب آلیاژهای کاپر و نیکل ، برنز آلومینیوم دار ، نسبت به برنج آلومینیوم دار و برنج دریایی (آدمیرالتی) دارای مقاومت بهتری هستند.



شکل (3-1) : درصد تخریب بر حسب ساعات کارکرد لوله های پایه مسی {3}.

بسته به نوع آلیاژ به کار رفته در لوله ها ، مقاومت انواع خوردگی در آنها نیز

متفاوت است.

3-5- روشهای نشت یابی

نشستی در دستگاه های تبادل گرما که آب پرمک برای خنک کردن بکار می برند همواره اثرات جدی بر بهره برداری نیروگاه ها دارد. اما زیان بی درنگ وابسته به زیان احتمالی ناشی از نشت نیست.

نشستی کندانسور می تواند یون کلرور را وارد مدار کندانسه نماید. یون کلرور یکی از علل اصلی بوجود آورنده خوردگی در دیگ می باشد. با نگه داشتن قلیایی در حدکافی آب دیگ ، قدرت خوردگی آن در دیگهای معمولی خنثی می گردد. در دیگهای سوپر کریتیکال یا آنهایی که آب ، درونشان توقف و گردش ندارد ، باید از قلیایی های فرار استفاده نمود. ورود یون کلرور ، خطر خوردگی سیستم را در نقاطی که آب دیگ غلیظ می شود، به شدت افزایش می دهد. همان نقاطی از دیگ که در آنجا آب تبدیل به بخار می شود.

در حالت حاد ورود نابجای آب خنک کن باعث قطع تولید برق می گردد. یعنی به علت ترکیدن لوله در خط های تبخیر یا شکستگی پره توربین در منطقه ابتدای نم زدگی بخار در توربین ، پائین آوردن بار و جستجوی طولانی برای یافتن نشستی به عنوان قاعده ای اجباری است. قمست اعظم (90٪) زیان های بررسی شده بر چگالنده ها و خنک

کن ها انحصاراً یا اساساً به علت خوردگی لوله های مدار آب خنک کن بوده است. لذا آگاهی از وجود نشتی در لوله ها و شناسایی محل نشتی و کور کردن دو طرف لوله سوراخ از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.

جهت آگاهی از وجود نشتی در لوله ها از آب چگالیده کندانسور که خالص میباشد اندازه گیری به عمل می آید.

سمت بخار در کندانسور دارای خلاء تقریباً کامل می باشد در صورتیکه سمت آب آن معمولاً تحت فشار 50 lb/in^2 است و اگر کوچکترین روزنه ای پیدا شود ، فشار آب خنک کن را به سمت آب کندانسه می راند. {10}.

3-5-1- تعیین رسانایی

در جائیکه آمونیاك به مصرف می رسد ، زمینه ایی از آن باقی می ماند که تولید رسانایی می کند. چون ممکن است این مقدار آمونیاك کم یا زیاد شود لذا قادر به تشخیص املاح کمتر از 1 تا 2 میلی گرم در لیتر نمی باشیم. زیرا مقادیر 1 تا 2 میلی گرم در لیتر کاملاً کافی خواهد بود تا نشتی کندانسور آشکار شود.

می باید رسانایی آب خروجی از پمپ کندانسور را دائماً کنترل کرد تا نشتی کندانسور تعیین شود.

3-5-2- اندازه گیری اکسیژن

اندازه گیری اکسیژن در آب کندانسور که نشان دهنده وجود نشتی هوا در آن است بسیار لازم می باشد. از آنجایی که اندازه گیری دقیق و صحیح اکسیژن با دست احتیاج به دقت زیاد دارد لذا تهیه و نصب يك اندازه گیر دائم همراه با ثبات را با اینکه کاری اساسی نیست ، توصیه می گردد.

با کنترل دائمی اکسیژن در آب خروجی از کندانسور می توان پی برد که نقص و ضایعه ای در سیستم تولید خلأ پیدا شده است. نسبت واضح و آشکاری بین مقدار اکسیژن در آب کندانسه و تغذیه دیگ و مقدار نیکل و آهن و مس ورودی به دیگ

توسط آب تغذیه ، وجود دارد. در سیستم هایی که برای کنترل شیمیایی از هیدرازین استفاده می شود. مقدار آن را بر حسب غلظت اکسیژن محاسبه و مصرف می نمایند. {10}.

3-6- روشهای تعیین محل نشستی

پیدا نمودن محل نشستی در دو حالت امکان پذیر می باشد حالت اول مواقعی است که کندانسور از مدار خارج بوده و حالت دیگر مواقعی است که کندانسور در مدار قرار دارد.

در مورد حالت اول مقدار نشستی ممکن است زیاد باشد در این صورت میتوان قسمت بخار کندانسور را پر از آب نموده و قسمت آب خنك كننده آن را تخلیه و با مشاهده محل نفوذ آب به قسمت خنك كننده محل سوراخ شده را تشخیص داد. در مواقعی که مقدار نشستی جزئی باشد می توان باز هم قسمت بخار کندانسور را از آب پر نموده و به آن مقدار 2-1 کیلوگرم فلورسئین و 200 گرم سود اضافه نمود. این محلول در مقابل اشعه ماوراء بنفش دارای رنگ سبز روشنی بوده که می توان با تابانیدن این اشعه به داخل واتر باکس و لوله های خنك كن محل نفوذ محلول ذکر شده از قسمت بخار به قسمت خنك كن كننده را که محل نشستی است تشخیص داد. برای این کار می توان از لامپهای اشعه ماوراء بنفش قابل حمل استفاده نمود. در حالتی

که بایستی کندانسور در مدار باشد روشهای پیدا نمودن محل نشستی متفاوت است. در هر کدام از این روشها بایستی ابتدا مقدار بار واحد را به نصف کاهش داد و سپس يك طرف کندانسور را ایزوله و آب آن را تخلیه نمود. از طریق کاهش کندانکتیویته و یا آزمایش مقدار سدیم آب خروجی کندانسور می توان وجود نشستی را در دو قسمت کندانسور بررسی و به نتیجه رسید.

پس از اینکه مشخص گردید که نشستی در کدام طرف کندانسور می باشد، به آهستگی آن را پر می نمائیم به مجرد بالا رفتن کندانکتیویته، پر نمودن کندانسور را متوقف می کنیم تا حدود محل نشستی را بیابیم سپس به آهستگی آب را تخلیه می کنیم تا کندانکتیویته و یا مقدار سدیم آب خروجی کندانسور پائین بیاید در این حالت نیز عمل تخلیه را متوقف میکنیم تا حدود محل نشستی بهتر مشخص گردد.

روشهای معمول جهت پیدا نمودن محل دقیق نشستی به قرار زیر می باشد :

1- يك طرف لوله های کندانسور را بسته و طرف دیگر لوله را با شعله شمع

آزمایش می نمائیم در صورت وجود نشستی در هر يك از لوله ها جریان هوا به طرف

داخل لوله کشیده شده شعله شمع را نیز به همان طرف هدایت می نماید.

2- دو طرف لوله ها را توسط ورقه های نایلونی بسته هر کدام از لوله ها دارای

نشستی باشد ورقه را به طرف داخل خود می کشد.

3- يك طرف لوله را با درپوش لاستیکی بسته و طرف دیگر را بوسیله درپوش

لاستیکی که در وسط آن حفره ایی ایجاد شده و از آن لوله ای گذرانده می بندیم در

قسمت شکل لوله مایعی ریخته در اینصورت نشستی به مقدار کم هم که باشد به صورت

حبابهایی هوایی که از مایع می گذرد مشخص می گردد.

زمانیکه مقدار نشستی بسیار جزیی بوده و امکان یافتن آن به طرق ذکر شده

ممکن نگردد می توان با افزایش مقداری خاک اره به آب خنك كن نشستی را از بین برد.

علت آن این است که هنگام عبور آب خنك كن از داخل کندانسور ذرات خاک اره به

همراه آب به طرف محل نشستی کشیده شده و احتمال بسته شدن حفره توسط خاک اره

وجود دارد. {10}.

3-7- روشهای تمیز کاری کندانسور

3-7-1- تمیز کاری سمت آب

رسوبات کندانسور شامل کربناتها می باشند که پس از انحلال از دیگر رسوبات

کم محلول جدا می شوند بطوریکه تخلیه محلول شستشو به آسانی انجام می شود. در

بیشتر نیروگاه ها لازم است که شستشوی شیمیایی کندانسورها بطور جداگانه انجام گیرد. بطور کلی هدف از شستشوی کندانسور ، حذف مواد ناخواسته ای است که مانع انتقال حرارت و در نتیجه کاهش راندمان می گردند.

معیاری که برای شستشوی کندانسور باید در نظر گرفت ، کاهش نامعقول راندمان آن می باشد. هزینه های شستشو و افت راندمان را باید با هم مقایسه و در صورت نیاز مبادرت به شستشو نمود.

سه روش اساسی برای شستشوی کندانسورها وجود دارد که به نوع اسیدی که برای حل کردن رسوب بکار می رود بستگی دارند. این روشها در سه حالت انجام می گیرند :

1- بدون بار

2- با بار کم

3- دربار کامل

حالت بدون بار محلول اسیدی وارد کندانسور شده و تا زمانی که نتایج اندازه گیری مبین انحلال کامل رسوب باشد ، سیر کوله اسید ادامه می یابد. در حالت بار کم

شستشوی کندانسور بر حسب اینکه يك طرف کندانسور به همین منظور ایزوله شده و طرف دیگر آن در حال بهره برداری باشد متفاوت خواهد بود. در شستشوی کندانسور در بار کامل، PH آب خنك كن در حین ورود به کندانسور در حدود $2 - 2/5$ می باشد. ظرفیت بافری آب خنك كن و حجم زیاد سیستم محدود کننده تغییر PH در مدار می باشند. برای کندانسورهای بویلرهای یکبار گذر شستشوی فقط در حالت بدون بار بایدانجام شود تا از هر گونه خطر نشتی در طی شستشو جلوگیری به عمل آید. {8}.

در بار کامل و بعضی موارد با بار کم از سیستم گلوله های اسفنجی تمیزکاری استفاده می شود.

الف) انتخاب اسید :

برای حذف رسوبات کندانسور می توان از اسیدهای مختلفی استفاده کرد. هیدروکلریك اسید و سولفوریک اسید از جمله این اسیدها هستند که علاوه بر ارزانی و سهولت کاربرد ، بطرز مناسبی در شستشو عمل می کنند. از هیدرو کلریك اسید زمانی استفاده می شود که کل کندانسور ایزوله گردد (در حالت شستشوی off-Load) در جایی که امکان آلودگی آب تغذیه از طریق محلول شستشو به هر نحوی وجود داشته باشد مثل شستشوی دربار کم یا بار کامل سولفوریک اسید توصیه می شود.

ب (بازدارندگی :

در سه روش شستشوی کندانسور استفاده از بازدارنده ها کاملاً متفاوت است. انتخاب بازدارنده ها متناسب با آلیاژ ساخت کندانسور و تناوب دوره شستشو صورت می گیرد. بررسی ها نشان داده است که با استفاده از بازدارنده های مخصوص می توان شرایط مناسبی را با در نظر گرفتن خوردگی عمومی و حفره ای لوله ها و مخازن آب در اثر حمله گالوانیکی در اتصالات و رسوب مس در محلول بدست آورد. حمله به محلول شوینده رسوبات روی سطوح مسی - به عنوان خطر خوردگی اصلی در طی شستشوی شیمیایی کندانسورها محسوب می گردد. 2مرکاپتو بنزوتیازول (MBT) بازدارنده موثری برای فلزات برنج و فولاد در محلول اسید هیدروکلریک 1/5٪ وزنی / وزنی سرد یا گرم (40°C) و محلول اسید سولفوریک 1/5٪ درصد وزنی / وزنی می باشد که سورفاکتانت مناسبی برای انحلال نیز هست. استفاده از MBT و یا آرموهیب 28 ، راسب شدن مس را در مخازن آب متوقف ساخته و همچنین خوردگی گالوانیکی را نیز خنثی می سازد. {8}.

3-7-2- تمیزکاری سمت بخار

تجربه نشان داده است که رسوبات جمع شده در طرف بخار کندانسورها موجب کاهش اساسی راندمان می گردد. به همین دلیل هدف از شستشوی این قسمت حذف مواد زاید مانع انتقال حرارت و حفظ راندمان حرارتی نیروگاه است. لزوم شستشو را، کاهش غیر معقول راندمانی کندانسور مشخص می سازد. رسوبات و اجزاء آن را می توان از نظر مقدار و نوع ترکیبات آن به طریق شیمیایی مورد ارزیابی قرار داد. برای تست رسوب در لوله های کندانسور باید همیشه از قسمت های خمیده و بخش های طرف بخار برش داده شود. انتخاب این قسمت ها باید بطوری انجام گیرد که کاملاً رسوبات طرف بخار خارج شود. با اندازه گیری ضخامت رسوب می توان به میزان رسوب پی برد. ضخامت رسوب را می توان به کمک دستگاه اندازه گیری غیرمخرب تعیین نمود. مقایسه آب هر دو لوله کثیف و تمیز بدست می آید. همچنین می توان با تست های انتقال حرارت که بر روی قطعات لوله انجام می گیرد میزان رسوب را تعیین کرد.

اخيراً تنها از يك فرآیند شستشو برای این منظور استفاده می شود. این فرآیند بر اساس دو نوع رسوب عاری از روغن و رسوب حاوی روغن بکار می رود. شستشو در دمای محیط و به مدت 40 ساعت انجام می شود.

مطالعات نشان می دهد که رسوبات طرف بخار بیشتر مخلوطی از اکسیدهای آهن هیدراته (Fe_2O_3 , $2H_2O$) همراه با محصولات خوردگی تنوریت (CuO) و زینکیت

(ZnO) می باشند. گاهی اوقات روغن نیز در این رسوبات وجود دارد که در این حالت رسوبات باید شسته شوند. باید توجه نمود که حتی مقدار کمی روغن، رسوب را از آب جدا می نمایند. (آبدوستی) و بنابراین سیستم تصفیه آبی برای حذف رسوب غیرعملی است. بنابراین پیش از شستشو مقدار روغن رسوب باید تعیین گردد زیرا میزان روغن، فرمولاسیون نهایی حلال شستشو و فرآیند مورد نیاز را تحت تأثیر خود قرار می دهد. میزان روغن با استخراج حلال از قطعات لوله های جدا شده و اکسیدهای فلزی و به کمک تستهای آزمایشگاهی مشخص و تعیین می گردد.

به دلیل پایین بودن سرعت خوردگی فلزی، نیازی به استفاده از بازدارنده نیست. خارج شدن رسوب از روی سطوح آهنی مشکل عمده ای ایجاد نمیکند و بنابراین استفاده از بازدارنده برای جلوگیری از خوردگی ضرورتی ندارد.

برای تهیه محلول و آبکشی، نیازی به آب با کیفیت بالا می باشد. از آبی که دارای مقدار زیادی کلسیم باشد نباید استفاده نمود، چون موجب رسوب اکسالات کلسیم و در نتیجه بالا بردن PH می گردد. اگرچه تمیز کردن در دمای محیط انجام می گیرد ولی اگر امکان ذخیره آب داغ با کیفیت بالا مثل آب دورریز دیگ وجود داشته باشد، می توان از آن استفاده نمود که موجب انحلال کاتالیستهای اکسالیك اسید در طی تهیه محلول شستشو می گردد.

برای مخلوط کردن محلول پیش از انتقال آن به کندانسور و نگهداری محلول خروجی در انتهای شستشو، تانکهای موقت باید در نظر گرفته شود.

عملیات مخلوط کردن و کیفیت تتراسدیم EDTA برای پخش شدن عامل فعال کننده سطحی و ایجاد PH در شرایط بهینه برای انحلال فرآیند اکسید (PH برابر 4/5 برای 0.08 mm NA4 EDITA و اکسیلیک اسید 0.08M) حائز اهمیت می باشد. فرمیک اسید ممکن است برای تنظیم PH اضافه شود.

طی فرآیند شستشو محلول باید بوسیله پمپ های خارجی به خوبی سیرکوله شده و همچنین به کمک نیتروژن بخوبی هم زده شود. برای هم زدن از هوا نباید استفاده شود زیرا امکان خوردگی کندانسور وجود دارد.

شستشو باید تا زمانی که میزان آهن فلزی حل شده به 85٪ برسد ادامه پیدا کند. تجربه نشان داده است که PH مناسب پس از حدود 4 ساعت از شستشو بدست می آید. پس از تکمیل شستشو محلول باید پیش از دفع در داخل تانکهای نگهداری تخلیه گردد.

باید توجه داشت که طرف بخار کندانسور پیش از شستشو از سیکل بخار - آب واحد کاملاً مجزا گردد. اگر چنانچه از پمپهای هوا برای چربی زدایی از بخار استفاده می

نشود باید از تله هایی برای جلوگیری از ورود هرگونه مواد به داخل پمپ استفاده

نمود. {8}.

فصل چهارم

تاثیر خوردگی کندانسور در

بهره برداری نیروگاه های کشور

فصل چهارم:

تأثیر خوردگی کندانسور در بهره برداری نیروگاههای کشور

در این فصل ضمن معرفی مشکلات عمده نیروگاه‌های کشور در زمینه خوردگی در کندانسور، به تشریح شرایط و مشکلات برخی حوادث 3 نیروگاه بزرگ بندرعباس و تبریز و رامین اهواز پرداخته ایم و راه کارها و پیشنهادهایی نیز جهت کاهش خسارات و مشکلات این نیروگاه‌ها جمع آوری نموده ایم.

همچنین کلیاتی از تأثیر خوردگی کندانسور بر روی دیگر واحدهای نیروگاهی ارائه شده و در نهایت، خسارت‌های اقتصادی ناشی از محدودیت تولید برق را در قالب میزان کاهش مگاوات تولیدی برق کشور بیان شده است.

4-1- مشکلات خوردگی کندانسور در نیروگاه‌های کشور

حوادث و مشکلات مربوط به کندانسور نیروگاه‌های کشور به طور روزانه توسط مرکز دیسپاچینگ سازمان برق گزارش می‌شود که مهمترین عناوین این مشکلات عبارتند از:

1- سوراخ شدن لوله‌های کندانسور و نشتی آب خنک کن

2- بالا رفتن کندانکتیویته آب سیکلی

3- عدم آب بندی والوهای ورودی

4- عدم آب بندی الوهای ایزوله باکس‌های کندانسور

- 5- کثیفی لوله‌های کندانسور و افت خلاء
 - 6- خوردگی در کف واترباکس
 - 7- نشستی از دریچه بازدید کندانسور
 - 8- بالا بودن سختی آب
 - 9- افزایش درجه حرارت آب کندانسه (50°C) در اثرکثیف بودن لوله‌ها
 - 10- خورده و سوراخ شدن پلیت های بدنه کندانسور
 - 11- اسید شویی
 - 12- بازدید از سیستم تاپ رز
 - 13- جذر آب دریا : که جهت تأمین آب ورودی پمپهای آب شیرین کن MSF يك دستگاه CWP از مدار خارج گردید.
 - 14- افزایش درجه حرارت محیط و افزایش درجه حرارت هیدروژن ژنراتور
- حال به مشکلات سه نیروگاه بزرگ کشور که از سه منبع آب خنك كن مختلف استفاده می کنند پرداخته می شود.

4-1-1- نیروگاه بندرعباس (آب خنك كن : دریا)

این نیروگاه دارای سیستم خنك كن يك بار گذر بوده و از آب دریای خلیج جهت خنك كندگی استفاده می نمایند. به علت بالا بودن کلرید آب دریای خلیج و عدم استفاده از ممانعت کننده برای جلوگیری از خوردگی ، بیشترین میزان نشتی لوله های کدانسور را در بین نیروگاه های کشور دارد. در جدول (4-1) مشخصات آب دریای خلیج فارس آورده شده است که نشان می دهد میزان املاح موجود در آن بالا می باشد. میزان محدودیت تولید برق ناشی از نشتی کدانسور در نیروگاه بندرعباس از تاریخ 81/2 لغایت 84/11 برابر 573208 مگاوات ساعت بوده است که بیشترین مقدار را در بین نیروگاه ها حائز می باشد.

کلراید	21371	Mg/l.Cl
سولفات ها	2300	Mg/l.SO4
Cu	480	Mg/l.Cu
Mg	1459	Mg/l.Mg
Fe	0	Mg/l.Fe
Na	1470	Mg/l.Na
K	500	Mg/l.K
SiO2	2	Mg/l. SiO2
سختی کل CaCO3	7280	Mg/l. CaCO3
دمای آب	35 °C	

جدول (4-1) : مشخصات آب دریای خلیج فارس

4-1-2- نیروگاه تبریز (آب خنك كن : چاه)

نیروگاه 2×387 مگاواتی تبریز که آب مصرفی اش را از چاه های میان که حاوی مواد آلی کم و سختی زیاد می باشد تأمین می کند و پس از حذف سختی موقت آن، کسری آب برج را تأمین می کند سیستم خنك كننده برج تر این نیروگاه دارای شبکه های لانه زنبوری از جنس PVC می باشد که در اثر عوامل جوی پوسیده و شکسته شده و همراه آب بداخل کندانسور وارد می شوند و در درون لوله های کندانسور گرفتگی ایجاد می کنند در نتیجه سطح مقطع عبور جریان آب را کاهش می دهند که نتیجتاً سرعت عبور آب زیاد شده و در آن ناحیه از لوله تنش برشی ماکزیمم متناسب با سطح مقطع کاهش یافته به جداره داخلی لوله اعمال می گردد که در اثر آن لایه محافظ سطح فلز از بین رفته و در اثر پدیده خوردگی سایشی، لوله سوراخ می گردد. سوراخ شدن لوله های کندانسور نیروگاه تبریز که چندین بار منجر به توقف واحد 1 شد باعث شد تا جهت بررسی علل سوراخ شدگی لوله ها، نمونه برداری از لوله ها به عمل آید.

وضعیت ظاهری نمونه لوله ای که جهت بررسی و تجزیه و تحلیل انتخاب شده بود نشان داد که علاوه بر رسوب سبز رنگ در نزدیکی محل سوراخ، يك تکه PVC که مربوط به جنس لانه زنبوری های سیستم پخش کننده آب برج است وجود دارد. فرم

مقطع سوراخ نیز به شکل 8 و از داخل به خارج می باشد که در شکل (4-1) نشان داده شده است.

بررسی بدین نحو بود که ابتدا با استفاده از روشهای X – Ray Flourescent

و X-Ray Diffraction عناصر تشکیل دهنده و ترکیبات موجود در لایه ها و رسوبات

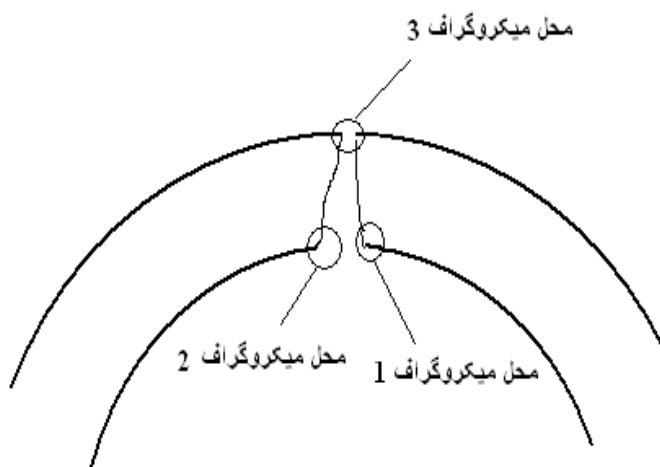
داخلی و خارجی و همچنین آلیاژ خود لوله را شناسایی نموده که به قرار زیر بدست آمد :

- عناصر اصلی متشکله نمونه لوله بدون لایه های داخلی و خارجی Cu . Zn . Sn

- عناصر اصلی ترکیبات لایه خارجی لوله Cu . Zn . Sn . Fe

-عناصر تشکیل دهنده ترکیبات لایه داخلی لوله Cu . Zn . Sn . Si . Cl .

Fe



شکل (4-1) : نمایش نحوه سوراخ شدگی در لوله به شکل 8 .

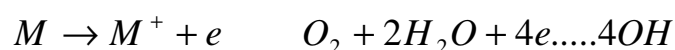
همانطوری که از میکروگراف (4-2) پیداست عامل خوردگی به مرزدانه نفوذ کرده

و از این طریق خوردگی شروع و تا ایجاد سوراخ پیشرفت کرده است.

در نواحی اطراف گرفتگی لوله در بعضی از نقاط سرعت آب تقریباً به صفر می

رسد. طبق شکل زیر در این نقاط به دلیل اکسیداسیون فلز و احیاء اکسیژن محلول در

آب بر اساس فعل و انفعال زیر :



نقاطی که آب به حال ساکن بوده به دلیل کاهش غلظت اکسیژن عمل احیا

متوقف طی خوردگی فلز ادامه یافته و غلظت زیادی از بار مثبت در محل توقف آب بوجود

آمده که باعث انتقال یوده های منفی از جمله یون CL^{-} به این منطقه گردیده که در

بعضی مواقع غلظت یون کلر به طور منطقه ای به ده برابر محیط آبی رسیده و باعث

افزایش سرعت خوردگی می گردد. وجود تجمع یون کلر در ترکیبات داخل لوله مزید این

مطلب می باشد.



شکل (4-2) : محل سوراخ از قسمت جدار خارجی

نتیجه گیری نهایی از بررسی خوردگی لوله های مس به صورت زیر خلاصه می

شود :

خوردگی لوله های کندانسور تبریز از نوع شیاری بوده که با در نظر گرفتن مقطع

سوراخ شده که از داخل به خارج به شکل 8 می باشد.

شروع خوردگی از داخل لوله بوده که با تشکیل حفره (Pit) در محل نقاط ضعیف

لوله که پوشش آن از بین رفته است آغاز می شود. در لوله های برنجی معمولاً لایه

اکسید (Cu_2O) تشکیل شده در جداره داخل به عنوان لایه محافظی بوده و به محض

اینکه این لایه در اثر عوامل مکانیکی با شیمیایی از بین برود این ناحیه در اثر تغلیظ

یونهای الکترولیت و وجود اکسیژن حالت آنرا نسبت به سایر نقاط پیدا کرده و خوردگی به طریق الکتروشیمیایی و درمرزخانه ها که تأثیر پذیرتر می باشند ادامه یافته که این عامل باعث جدایش دانه ها و تشکیل شکاف می گردد.

برای جلوگیری از ورودی قطعات PVC و غیره به داخل لوله ها پیشنهادهای زیر می تواند موثر باشد:

- 1- استفاده از گلوله های اسفنجی جهت تمیز کردن لوله ها از رسوب و گرفتگی
- 2- جمع آوری آشغال ها از اطراف برج
- 3- درخت کاری در اطراف برج تا ذرت گرد و خاک در اثر باد وارد آب برج نشود
- 4- لایروبی برج
- 5- حفاظت کاتدی
- 6- تعویض شبکه های پلاستیکی PVC نصب شده در برج و جایگزینی آنها با شبکه های مقاومتری نظیر چوب

نوع بازدارنده هایی که پیمانکار خارجی برای نیروگاه تبریز توصیه نموده Z50.Z92 است. هم اکنون از سه نوع بازدارنده استفاده می شود. هگزامتافسفات

سدیم ، سولفات روی و مرکاپتو بنز و تبازلو به ترتیب به میزان 100 و 120 و 30 کیلوگرم در روز برای 2 واحد.

با توجه به کاربرد این مواد انتظار می رود پدیده خوردگی مشاهده نگردد. ولی با این وجود مشکلات ناشی از نشتی کندانسور وجود دارد. از آنجایی که محدوده PH از عوامل مهم عملکرد مناسب بازدارنده های پلی فسفات و سولفات روی می باشند. لذا با توجه به بالا بودن PH این نیروگاه (در حدود 8/5) پیشنهاد می گردد PH بالای آب خنک کن مورد بررسی دقیق تری قرار گیرد. {7}.

4-1-3- نیروگاه رامین (آب خنک کن : رودخانه)

سیستم خنک کن این نیروگاه از نوع تر بوده و از آب رودخانه جهت خنک کنندگی استفاده می نماید. جنس لوله های کندانسور از نوع کاپر و نیکل میباشد. PH آب خنک کن در محدوده 7/8 – 7/4 است. بازدارنده ای در این نیروگاه مصرف نشده و با تنظیم PH توسط اسید سولفوریک از وقوع خوردگی جلوگیری می گردد. در جدول (4-2) شرایط آب خنک کن این نیروگاه آورده شده است.

جدول (2-4) : شرایط آب خنک کن نیروگاه رامین اهواز

Sio ₂	Cl ⁻	M	Ca ⁺²	Th	Cond	PH	آب خنک کن نیروگاه
	تا 440	تا 70	تا 280	تا 560	تا 2500	تا 7/5	زرگان و رامین اهواز
	1800	250	1000	1300	6000	8	

بررسی های به عمل آمده به منظور تعیین علل زوال لوله های کندانسور این نیروگاه نشان می دهد که یکی از علل عمده زوال و تخریب لوله های مذکور ، بالا بودن میزان گل و لای موجود در آب خنک کن می باشد.

در مدت چند ماه در سال میزان گل و لای آب رودخانه به بیش از 23000 میلیگرم در لیتر افزایش می یابد. راسب شدن این مواد گل ولای سبب تشکیل سلهای غلظتی اکسیژن می شود و از آنجا که آب رودخانه کارون آلوده به باکتری های احیاء کننده سولفات SRB می باشد لذا هرگونه عمل تزریق منظم گاز کلر سبب رشد این باکتری ها در زیر رسوبات شده که نهایتاً با ایجاد اسید خورنده H₂S ، سبب تسریع در خوردگی لوله ها می شود. دستورالعمل های موجود ، میزان مواد معلق در آب برج را در

حد 25-40 میلی گرم در لیتر عنوان نموده است. به عنوان نتایج تحقیق انجام شده

می‌توان موارد زیر را در لیست پارامترهای مهم قرار داد :

1- بالا بودن میزان مواد معلق در آب برج خنک کن سبب راسب شدن مواد گل و

لای در لوله ها می شود. این امر سبب تشکیل سل های غلظتی اکسیژن شده و منجر به

سوراخ شدن لوله ها می شود.

2- به دلیل آلودگی آب رودخانه کارون به باکتریهای SRB عدم هرگونه تزریق

مداوم گاز کلر سبب می شود تا این باکتری در زیر رسوبات تشکیل شده در لوله ها رشد

نماید و نهایتاً با ایجاد اسید خورنده H_2S زوال و تخریب لوله ها را تسریع نماید.

3- با توجه به بالا بودن میزان کلرور موجود در آب رودخانه کارون مخصوصاً در

طی چند ماه از سال لوله های برنجی مقاومت خوبی را برای این نوع آبها ندارند لذا

استفاده از بازدارنده های مناسب جهت تقلیل میزان خوردگی و همچنین انتخاب آلیاژ

بهتر نظیر کوپر نیکل برای احداث نیروگاه های جدید قویاً توصیه می شود.

4- آزمایشات انجام شده نشان می دهد که استفاده تنها از پلی فسفات و اسید

که هم اکنون جهت کنترل خوردگی و رسوبدهی آبهای خنک کن در نیروگاه ها و

سایر صنایع دیگر رایج می‌باشد نمی‌تواند جوابگو باشد و بایستی از مخلوط ترکیبات

شیمیایی بهتر ، نظیر نمکهای روی ، فسفوناتها ، مولیبدانها و آزول ها استفاده شود.

5- مکانیزم بازدارندگی مخلوط این باز دارنده ها هر دو شاخه کاتدی و آندی را پلاریزه می نماید. ضمن آنکه مکانیزم کاتدی آن غالب است. با استفاده از این مخلوط می توان خوردگی لوله های فولادی و برنجی را به ترتیب به میزان $\text{mpy}/5$ و mpy 0/5 کاهش داد.

6- استفاده از بازدارنده خوب بدون در نظر گرفتن کلیه جوانب و دستورالعملها نمی تواند جوابگوی مشکلات خوردگی و رسوب دهی در آبهای خنك كن صنایع باشد. برای داشتن يك سیستم خوب و مطمئن باید ضمن رعایت دستورالعملهای مربوط با روش دیده بانی مستمر (Monitring) از عملکرد بازدارنده های خوردگی و رسوبدهی و تنظیم شرایط میکروبی آن آگاهی یافت. {12}.

4-2- تأثیر خوردگی و نشستی کندانسور بر روی قسمتهای دیگر نیروگاه

خوردگی و سوراخ شدگی لوله های کندانسور باعث ورود آب خنك كن با فشار زیاد به داخل محفظه تحت خلأ کندانسور می شود که نتیجه آن افت خلأ کندانسور می باشد. فشار زیاد خروج آب از لوله و برخورد آن با لوله های مجاور، باعث سایش آنها می شود. نیز سوراخ شدگی لوله کندانسور سبب آلودگی آب تغذیه بوسیله آب خنك كن می شود. میزان آلودگی عمدتاً بستگی دارد به :

-نوع آب مصرفی خنك كن (آب دریا - آب چاه و غیره)

-میزان نشست آب كندانسور (اندازه سوراخ)

- طراحی كندانسور

معمولاً در سطوح داخلی بویلر بعد از مدتها کارکرد ، رسوب گذاری صورت می گیرد که این بخاطر ورود املاح و مواد دیگری است که به داخل بویلر وارد شده و این مواد خارجی در مکانهایی که سرعت جریان کم است (نواحی افقی و پیچ و خم های لوله ها) جمع شده و استعداد تجمع - خود بستگی به میزان بالا بودن درجه حرارت در این نواحی دارد.

حال با بالا رفتن درجه حرارت ، حلالیت این املاح در آب کم شده و تشکیل رسوب یا فیلمی را در نواحی حرارت دیده را می دهد که نفوذ محلول بویلر و تغلیظ آن در زیر این املاح خود باعث تشکیل سل الکترولیتی را داده و موجبات خوردگی و ازدیاد درجه حرارت فلز لوله را فراهم می سازد.

این املاح و مواد خارجی شامل محصولات خوردگی از سیستم تغذیه و املاح دیگری که احتمالاً از راه سیستم تصفیه آب و یا نشتی آب دریا از کندانسور، به بویلر وارد شده است، می باشد.

تأثیر این املاح اگر هم چنانچه در لوله های بویلر تشکیل رسوب ندهد ولی به جهت سایش آن، لایه محافظتی آن را یکنواخت نموده که حاصل آن ایجاد اصطکاک و پایین آوردن راندمان بویلر شده و در صورت دخالت این املاح در واکنش های شیمیایی و الکتروشیمیایی، خوردگی، صدمات فراوانی می تواند بزند.

چنانچه ناخالصی ها و املاح ذکر شده به بخار وارد گردد، خود احتمالاً باعث رسوب گذاری در سطوح داخلی سوپرهیترها شده و یا اینکه بر روی پره های توربین نشسته و صدمه میزند که برخورد ذرات جامد و قطرات آب موجود در بخار باعث ایجاد نوسانات مضر در پره ها و ایجاد رسوب و خوردگی و سایش در دراز مدت می گردد.

تا به حال تحقیقاتی در زمینه تأثیر خوردگی و نشتی کندانسور بر دیگر اجزاء نیروگاه صورت نگرفته است. و به راحتی نمی توان رابطه مسائل و مشکلات ایجاد شده در قسمتهای دیگر را با خوردگی کندانسور را مشخص نمود ولی هرچه است که از مهمترین عوامل این مشکلات همان خوردگی و نشتی کندانسور می باشد.

3-4- خسارتهای اقتصادی

خوردگی و نشتی آب خنك كن لوله های کندانسور به داخل آب سیکل و افزایش کندانکتیویته آب که منجر به خروج اضطراری واحد و یا کاهش در میزان تولید جهت نشت یابی و رفع نشتی ، می گردد. خسارتهای اقتصادی زیادی متوجه صنعت برق کشور می نماید.

علاوه بر خسارت ناشی از کاهش تولید ، خسارتهای مربوط به تخریب و ازکار افتادن اجزاء کندانسور و نیز دیگر اجزاء نیروگاه نظیر لوله های بویلر – پره های توربین و سوپرهیترها و هیترهای آب تغذیه که در اثر نشتی های لوله های کندانسور دچار تخریب می شوند ، بایستی در نظر گرفته شود.

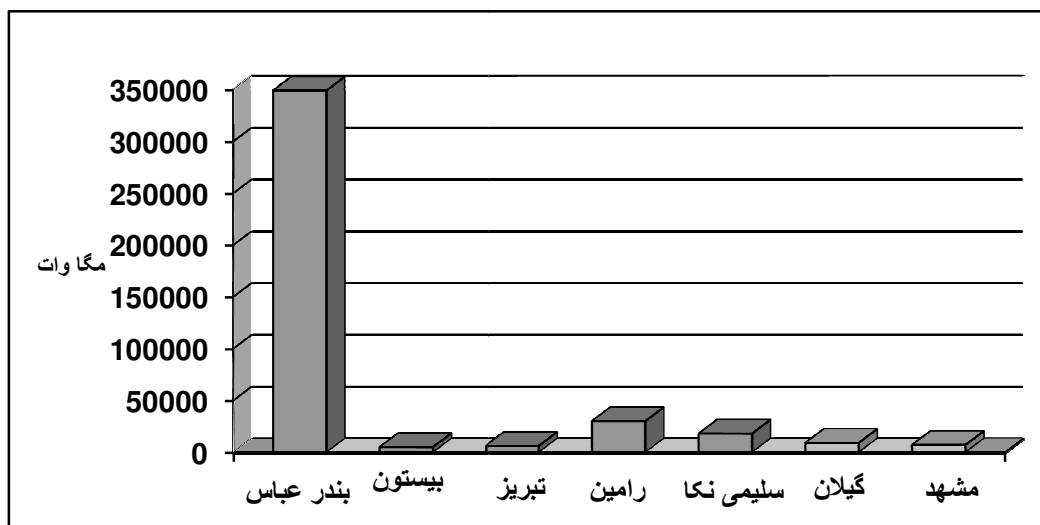
از طرفی کاهش تولید برق یا خروج اضطراری که در برخی موارد باعث خاموشی مکرر در برخی از نقاط سطح کشور می شود منجر به از کار افتادن کارخانه ها و صنایع مختلف و وارد آمدن خسارتهای جبران ناپذیر به صنعت تولید خواهد شد.

از دیگر خسارات وارده هزینه تعمیرات و یاتعویض قطعات آسیب دیده و نیز هزینه نیروی انسانی جهت انجام عملیات تعمیرات و ... می باشد. که مجموع خسارتهای اقتصادی رقم بالایی را نشان خواهد داد و اهمیت بیش از پیش بهره برداری صحیح از

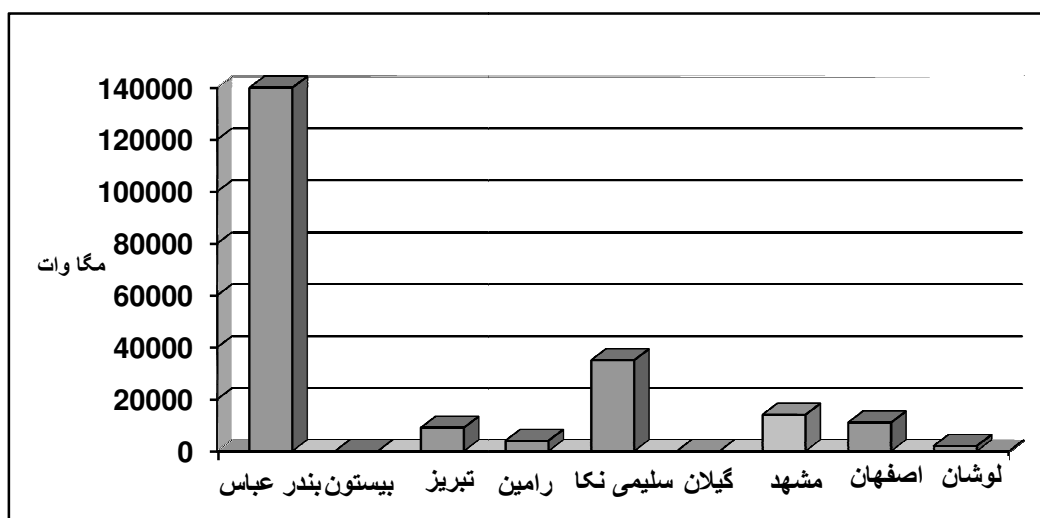
واحد را مورد تأکید قرار خواهد داد که جهت بررسی هر مورد آن باید تحقیقات جداگانه ای صورت گیرد.

میزان محدودیت تولیدی بعضی از نیروگاه ها به عنوان خسارتهای اقتصادی مستقیم خوردگی و مشکلات سیستم خنک کن و کدانسور، بر اساس گزارشات روزانه دیسپاچینگ از تاریخ 81/2 لغایت 84/11 مورد بررسی قرار گرفته است.

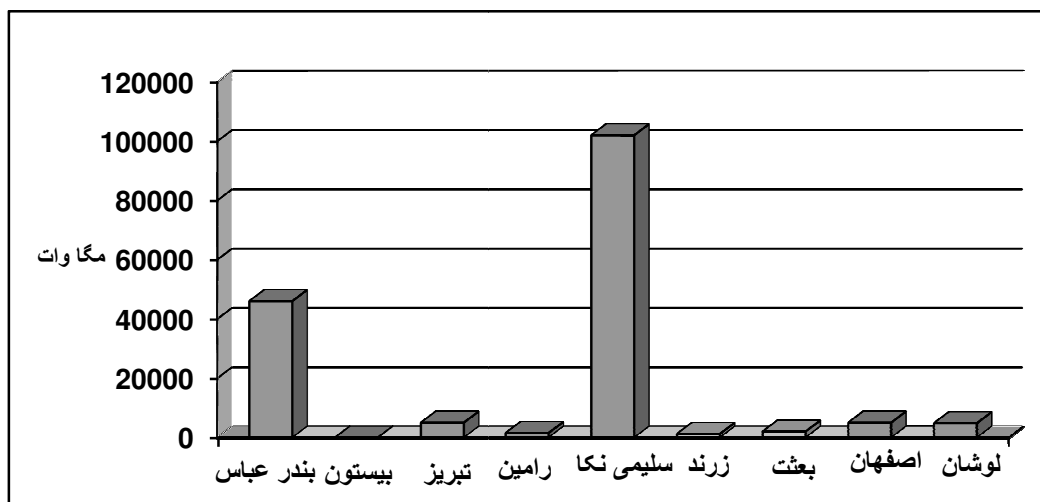
در این بررسی میزان محدودیت تولید برق نیروگاه های مختلف به طور سالانه مورد مقایسه قرار گرفته است.



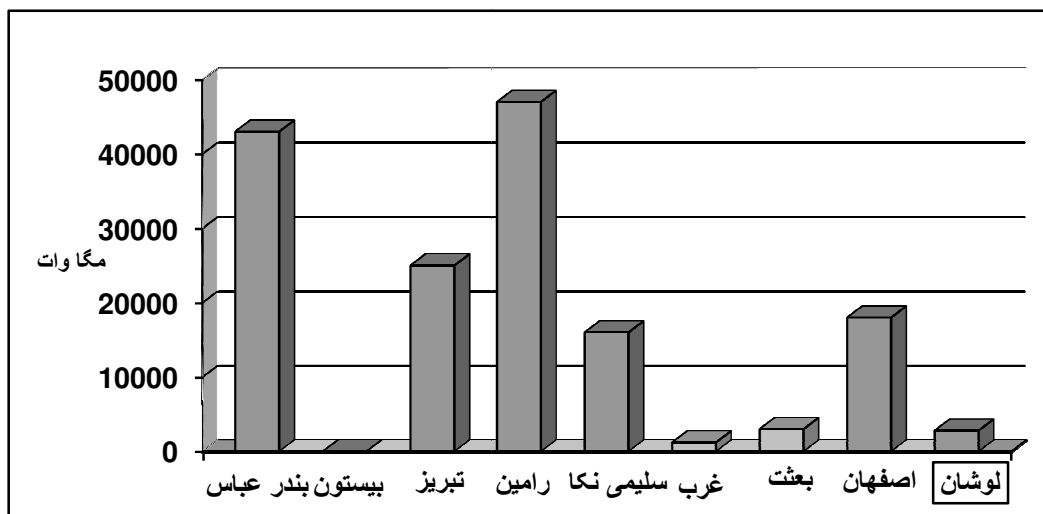
محدودیت تولید از 81/2 تا 82/2



محدودیت تولید از 82/2 تا 83/2



محدودیت تولید از 83/2 تا 84/2



محدودیت تولید از 84/2 تا 84/11

از مقایسه میزان محدودیت تولید برای نیروگاه های مختلف معلوم می شود که نیروگاه هایی که آب خنک کن آنها آب دریا و رودخانه با املاح زیاد می باشد بیشترین محدودیت تولید را داشته اند.

البته این موضوع به شرایط نیروگاه از لحاظ طراحی ، نوع آلیاژهای بکار رفته و شرایط اقلیمی و حتی نوع آب بستگی دارد.

منابع:

در نسخه word

برای دریافت نسخه وورد بر روی لینک زیر کلیک کنید

www.power2.ir/13