

جرم گرفتگی برج‌های خنک کن و روش‌های جلوگیری از آن

کاظم نوربخش^۱ - مازیار معدولی بهبهانی^۲ - امین احمدپور^۳

۱- شرکت ملی صنایع پتروشیمی - شرکت پتروشیمی شهید تندگویان - مرکز پژوهش و توسعه

۲- شرکت ملی صنایع پتروشیمی - شرکت پتروشیمی شهید تندگویان - مهندسی فرایند

۳- شرکت ملی صنایع پتروشیمی - شرکت پتروشیمی بندر امام - مرکز پژوهش

چکیده

در چند دهه اخیر تکنولوژی سختی گیری و رسوب زدایی مغناطیسی در صنایع مختلف و به خصوص در حرارت و برودت جایگاه مناسبی پیدا کرده است به طوریکه در بسیاری از موارد جایگزین روشهای دیگر که عمدتاً شیمیایی هستند، شده است. این روش با برخورداری از مزایایی چون حذف آثار نامطلوب سختی و رسوب، جلوگیری از تشکیل رسوب، حذف رسوبهای پیشین، افزایش بازدهی مبدل‌های حرارتی و نصب و نگهداری آسان تبدیل به یکی از کاربردی ترین راههای مقابله با سختی و رسوب در حرارت و برودت شده است. در اثر اعمال میدان مغناطیسی با انرژی مناسب می توان شرایطی را ایجاد کرد که فرایند تشکیل بلورهای رسوب در داخل آب رخ داده و از چسبیدن آنها به دیواره ها جلوگیری شود. در این حالت اصطلاحاً در آب پدیده دانه برفی رخ داده و هسته های اولیه بلورهای رسوب در آب تشکیل می شود. با گذشت زمان به حجم هسته های اولیه افزوده شده و بلورهای سخت خنثی و معلق در آب که خاصیت چسبندگی خود را از دست داده اند ظاهر می شود. در کنار فرایند فوق افزایش مولکولهای آزاد در آب و شکسته شدن پیوند هیدروژنی بین آنها باعث افزایش حلالیت آب شده و خاصیت رسوب زدایی را نیز به فن آوری فوق می افزاید، به نحوی که با گذشت زمان رسوب های پیشین نیز در آب حل شده و تبدیل به بلورهای خنثی معلق در آب می شوند.

کلمات کلیدی: برج خنک کن - انتقال حرارت - انواع رسوب زدایی - جریانهای طبیعی و مصنوعی - فرایند رسوب زدایی

مقدمه

آب مهمترین سیال در حرارت و برودت است که وظیفه انتقال گرما در مبدل‌های حرارتی را به عهده دارد. در برج‌های خنک کن، بویلرها و چیلرها از آب به عنوان مایع مبدل استفاده می شود به طوریکه گردش آب موجب تبادل حرارتی می گردد. معمولاً آب استفاده شده در کاربردهای حرارتی و برودتی از نوع آب سخت است، آبهای سخت تشکیل پوسته کربنات کلسیم می دهند که مشکلات متعددی را بوجود می آورد. این پوسته به شکل رسوب بر روی سطوح داخلی لوله های حامل آب باعث کاهش ظرفیت انتقال جریان آب و انتقال جریان حرارت می شود. هنگامی که آبهای سخت حرارت داده می شوند تشکیل پوسته، خیلی سریعتر انجام می گیرد که مشکلات زیادی را در بویلرها و آبگرمکن ها به وجود می آورند. یک پوسته به قطر یک میلیمتر بر روی سطوح گرم کننده یک آب گرم کن بصورت عایق حرارتی عمل کرده و در نتیجه تقریباً ۱۰٪ افزایش هزینه به وجود خواهد آمد. معمولاً کاتیونهای کلسیم و منیزیم در آب عامل

رسوب هستند کاتیون کلسیم صرفنظر از نمک های آن که شامل سولفات کلسیم، کلرو کلسیم و سایر نمکهای کلسیم می شود سختی کلسیم را تشکیل می دهند. همانطور کاتیون منیزیم باعث سختی منیزیم می گردد و چون عامل اصلی سختی آب ترکیبات معدنی این دو عنصر است لذا بطور کامل فرض می گردد که سختی کل آب از سبک کردن به کمک آب آهک و خاکستر کربنات سدیم و سبک کردن با استفاده از مبادله کننده های یونی به وجود می آید. روشهای دیگری مانند الکترو دیالیز، تقطیر، انجماد و اسمز معکوس وجود دارد که به علت پیچیدگی و گران بودن فقط در شرایط خاص بکار برده می شود. در روشهای معمول از مواد افزودنی استفاده می شود که علاوه بر پایین بودن بازدهی مشکلات زیست محیطی نیز ایجاد می گردد. در حال حاضر سختی گیری و رسوب زدایی مغناطیسی به عنوان یک روش غیر شیمیایی و بدون نیاز به مواد شیمیایی افزودنی به آب و سازگار با محیط زیست با خواص بسیار مفید دیگر برای صنایع مختلف همواره به عنوان جایگزین مناسبی برای روشهای پیشین مطرح است.

وظیفه برج خنک کن

وظیفه یک برج خنک کن باز، جذب گرما از یک فرایند و دفع آن به فضای اتمسفر است که اساساً این دفع از راه تبخیر صورت می پذیرد. از آن جایی که آب شرکت کننده در فرایند خنک سازی در مدار برج خنک کن سیرکوله می شود، به علت تبخیر تدریجی آب، غلظت مواد معدنی در آن افزایش می یابد. وقتی که غلظت مواد معدنی به اندازه دو برابر مقدار اولیه شد، گفته می شود که آب دارای دو سیکل غلظت می باشد. هنگامی که غلظت مواد معدنی در آب به سه برابر مقدار اولیه رسید، آنگاه دارای دو سیکل غلظت می باشد.

کارایی این قسمت برای بهره برداری موثر و اقتصادی بسیار پر اهمیت می باشد. برای اطمینان از حداکثر انتقال حرارت، سطوح انتقال حرارت باید در حد امکان تمیز نگه داشته شود. اگر غلظت مواد معدنی در برج خنک کن افزایش یابد، امکان تجمع رسوب و خوردگی افزایش می یابد، بنابراین تصفیه آب موجب بهره برداری موثرتر از واحد انتقال حرارت خواهد بود. سطوح انتقال حرارت، گرمترین نقطه ای است که آب خنک کننده به آن می رسد. حلالیت کربنات کلسیم در آب با دما رابطه معکوس دارد، در نتیجه در سطوح انتقال حرارت، امکان نشست رسوب کربنات کلسیم، به وجود می آید. انباشته شدن لایه های رسوب کربنات کلسیم انتقال حرارت را کاهش می دهد و این مساله موجب خوردگی شده و نقاط داقی به وجود می آورد که خود موجب تنش حرارتی خواهند شد، همه این موارد روی بازدهی و عمر مبدل حرارتی تاثیر خواهند گذاشت. یک روش ابتدایی برای جلوگیری از تشکیل رسوب، تخلیه بخشی از آب گردش کننده در مدار و جایگزین کردن آن با مقداری آب تازه است که غلظت مواد معدنی در آن کمتر باشد. برای تعیین حداکثر غلظت مواد معدنی که می تواند بدون ایجاد رسوب در آب موجود باشد باید آب جبرانی کاملاً مورد بررسی قرار گیرد. هدف از برنامه تصفیه آب این است که تعداد که تعداد سیک های غلظت به حداکثر ممکن رسانده و در این حال تشکیل رسوب، خوردگی و رشد میکروبی را به حداقل برساند. مهمترین عاملی که باید کنترل شود تشکیل رسوب است که به طور معمول به دلیل اشباع ترکیبات کلسیم در آب خنک کن ایجاد می شود.

خدمات رفاهی شهری پالایشگاه نفت، صنایع شیمیایی و بیشتر صنایع دیگر در سیستم های تهویه مطبوع خود و یا برای خنک کردن یک سیال فرایندی در مبدل حرارتی به مقادیر زیادی آب خنک کن احتیاج دارند. در گذشته، خنک کنندگی با استفاده از آب های موجود در دریاچه ها، رودخانه ها و یا سیستم های آب شهری نزدیک، بر اساس یک روش ((یک بار گذر)) انجام می گرفت. مشکلاتی مهم در این روش به چشم می خورد، مسدود شدن مبدل حرارتی با

جامدات معلق (گل ولای) و رشد بیولوژیکی در این تجهیزات بود. هزینه های ناشی از خرابی تجهیزات و محدودیت های فزاینده ی سازمان محیط زیست، موجب شد صنایع به تصفیه آب و استفاده مجدد از آن به کمک برج های خنک کن روی بیاورند. این امر موجب شد که نیاز صنایع به آب تازه کاهش چشمگیری داشته باشد و مقدار گنداب تشکیل شده ی آنها نیز کاهش یابد.

در یک سیستم خنک کننده سیرکوله، برای جذب گرمایی که آب در حین عبور از تجهیزات و فرایندهای صنعتی دریافت کرده است، آن را از مبدل های حرارتی، کانال های خنک کننده یا برج های خنک کن عبور می دهند و بعد از خنک شدن دوباره آن را به جهت خنک کردن تجهیزات و فرایندها به کار می برند.

برج های خنک کن سیرکوله، خنک کنندگی را از راه تبخیر آب و همچنین با انتقال حرارت مستقیم به هوا هنگام عبور مستقیم آن از درون برج ایجاد می کنند اصول اولیه کاری این تجهیزات نسبتا واضح است، ولی تجهیزات انتقال حرارت مربوطه به طور گسترده ای به لحاظ قیمت و پیچیدگی باهم متفاوت هستند. به عنوان مثال، در صنایع شیمیایی، به دلیل طبیعت برخی فرایندها، معمولا به مواد غیر معمول برای ساخت نیاز می باشد. این مساله موجب می شود تجهیزات انتقال حرارت بسیار گران شده و نگهداری مناسب آن نیز از اولویت خوبی برخوردار شود.

اغلب مشکلات برج خنک کن ناشی از ناخالصی آب می باشد. در سیستم های خنک کن معمولا سه مشکل وجود دارد: خوردگی، تشکیل رسوب و رشد بیولوژیکی.

انواع سیستم خنک کننده

الف- برج های خنک کننده با جریان طبیعی

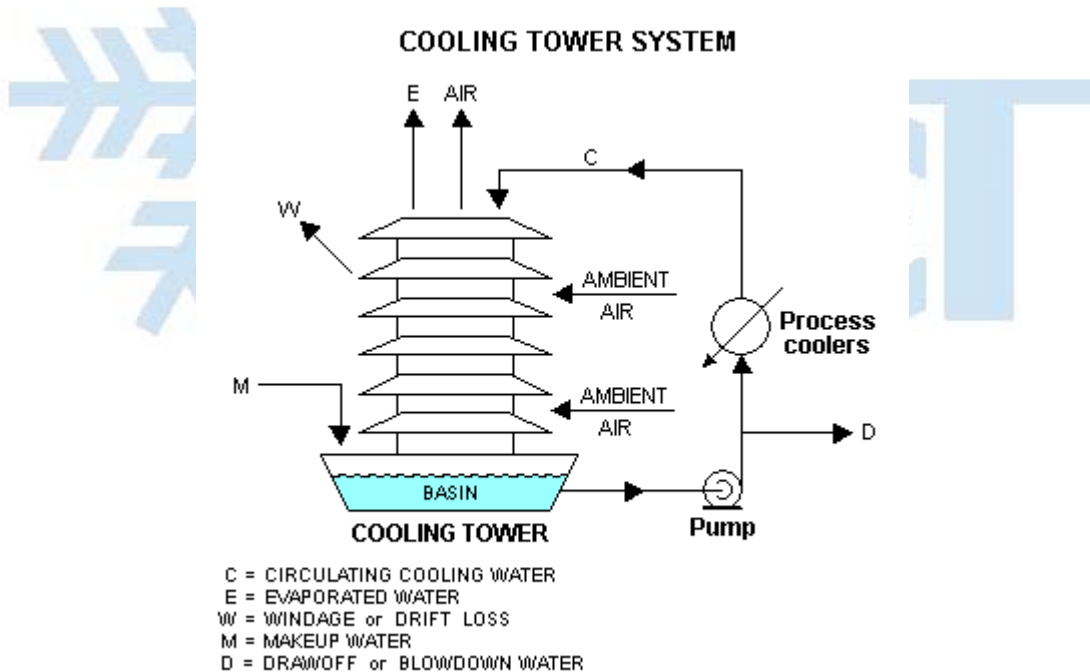
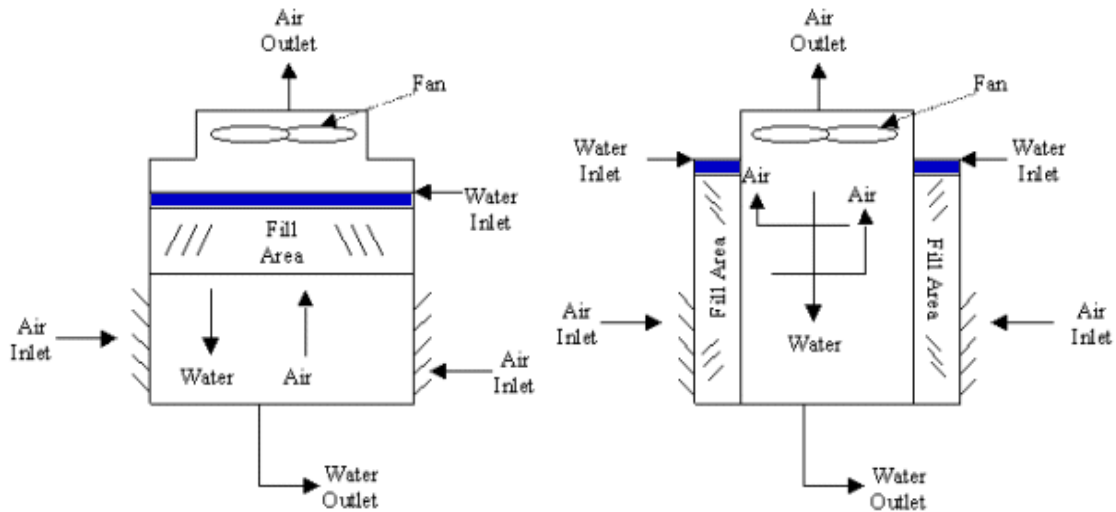
استفاده از برج خنک کننده با جریان طبیعی در اروپا شروع شد و در سال های اخیر مهندسان آمریکایی به آن روی آوردند. احداث این نوع برج در ابتدا با چوب بود و بعدا با چوب و فلز به ساخت آن مبادرت گردید. در نوع جدید، این برج با بتن مسلح درست می شود. شکل فیزیکی این نوع برج نیز تغییراتی را پشت سر گذاشت. نخست به صورت استوانه احداث می گردید و بعدا به حالت دو مخروط قطع خورده روی هم بنا می شد. شکل جدید آن هیپربولیک است که به برج استحکام خوبی می دهد و با جریان طبیعی هوا در عبور از پوسته برج سازگاری بهتری دارد. طرح نو این برج مصالح بری کمتری دارد چون به حجم کمتری نیاز دارد.

برقراری جریان هوا در این نوع برج به پنکه یا دمنده نیاز ندارد. چون جریان هوا در برج با جریان طبیعی توسط اختلاف دانسیته بین هوای بیرون و درون برج، به وجود می آید (هوای درون برج توسط آب ورودی گرم می شود و با هوای بیرون اختلاف دانسیته پیدا می کند). لذا برج یک دود کش بزرگی است که در پایین هوای سرد را به درون خود می کشد و در بالا هوای گرم را تخلیه می نماید. در برج با جریان طبیعی هم دو روش برای خنک کردن آب وجود دارد، با جریان عرضی و یا با جریان متقابل. جریان متقابل وسیله موثری برای انتقال حرارت است اما در جریان عرضی یکنواختی جریان هوا و توزیع آب، بهتر تامین می گردد و این خصوصیات جبران کننده ضعف برج با جریان عرضی خواهد بود. در حالت جریان عرضی، هوا عمود بر ریزش آب است و افت فشار در آن کمتر است. جریان متقابل به پر کننده بزرگتری نیاز دارد و ارتفاع رانش هم در آن کوتاه تر می باشد.

برج ها با جریان طبیعی خود به دو دسته سیستم خشک (هالر) و سیستم تر تقسیم میشود.

ب- برج های خنک کننده با جریان مصنوعی

در این نوع برج ها جریان هوا به صورت مصنوعی است و به کمک پنکه و فن انجام می پذیرد. این نوع برج ها نیز خود به دو دسته خشک و تر تقسیم میشوند. در زیر نمونه ای از این برج ها را ملاحظه میکنید.



شکل (۱): نمونه ای از انواع برجهای خنک کننده

هزینه احداث برج ها و مقایسه آنها با یکدیگر

برای حجم معینی از کار خنک کنی، برج با جریان مصنوعی (برج مکانیکی) در مقایسه با برج با جریان طبیعی، به مصالح کمتر و ارانتر نیاز دارد. برج مکانیکی به احداث دودکش نیاز ندارد. ساخت این دودکش ۳۰ تا ۵۰ درصد هزینه احداث برج با جریان طبیعی را تشکیل می دهد. برج مکانیکی (با جریان مصنوعی) تعدادی پنکه دارد و کار کرد آن نیز با مصرف برق همراه است و در عین حال به ادوات کنترل هم احتیاج دارد. برج مکانیکی معمولاً برای عمر مفید ۲۰ ساله ای طراحی و احداث می شود. در مجموع هزینه ساخت یک برج خنک کننده طبیعی هم اندازه اش را ندارد.

علاوه بر هزینه مصالح و ساخت، ارزش زمین مکان احداث برج نیز مطرح است. خصوصاً اگر اجرای پروژه ساخت برج در نواحی گران قیمت زمین واقع شده باشد. گاهی مزاحمت مه برج مکانیکی و موانع اطراف در چرخش های موثر هوا، تخریب برج را لازم می سازد ولی در برج با جریان طبیعی نقطه خروج مه ارتفاع بیشتری دارد و از بابت مزاحمت مه و جریان موثر هوا، مشکلی ندارد. افزایش حجم کار خنک کنی در صورت استفاده از برج مکانیکی ایجاب می نماید که بر تعداد واحد های برج اضافه شود و این سبب اشغال زمین بیشتری خواهد شد. هزینه لوله کشی های برج مکانیکی خصوصاً در کاخانه های تولید، مقدار قابل توجهی از هزینه را تشکیل می دهد.

چنانچه همه اقلام هزینه لحاظ شوند، سطحی از ظرفیت برج را می توان یافت که بیش از آن برج مکانیکی گران تر از برج با جریان طبیعی در می آید. رابطه هزینه احداث و دفع حرارت نقطه ای را نشان می دهد که از آن به بعد برج مکانیکی پر هزینه تر می باشد. با افزایش حجم کار خنک کنی تفاوت هزینه احداث بین دو برج کمتر می شود و به جایی می رسد که برج با جریان طبیعی اقتصادی تر خواهد شد. و چنین حالتی به شرایط طراحی، ارزش زمین و هزینه آماده سازی زمین نیز بستگی دارد.

شرایط آب و هوایی محلی نقش مهمی در انتخاب برج خنک کننده تر دارد. چون واحد های پتروشیمی و صنایع مشابه برجی را لازم دارند که با شرایط طرح در تابستان احداث شده باشند و بار برج تقریباً در سراسر سال ثابت می ماند و تحت این شرایط برج مکانیکی بر نوع با جریان طبیعی ترجیح دارد. برج مکانیکی معمولاً برای جایی توصیه می شود که اختلاف دمای لازم، کم باشد. (مثلاً ۵/۵ درجه سانتی گراد تا ۱۱ درجه).

بهترین مورد کاربرد برج با جریان طبیعی در نیروگاه ها است. چون بار نیروگاه ها در زمستان ها ممکن است بیشتر از تابستان باشد و کار خنک کنی، حجم بالایی دارد. به طور کلی برج با جریان طبیعی برای مناطقی قابل توصیه است که شرایط کار برج، دمای تر کم و دمای بالای آب ورودی و خروجی را شامل شود (دامنه وسیع خنک کن و اختلاف دما) و یا بار زمستانی برج زیاد باشد. در مناطق خشک رطوبت نسبی پایین است و آب زیادی با تبخیر هدر خواهد رفت و لذا در این گونه مناطق استفاده از برج با جریان طبیعی توصیه نمی شود. در مناطقی با رطوبت نسبی متوسط، بر حسب اینکه حجم بار زمستانی برج چقدر باشد می توان برج طبیعی را توصیه کرد. در مناطقی که دمای تابستان خیلی بالا باشد، احداث برج با جریان طبیعی را نمی توان توصیه کرد چون بازدهی مطلوب را نخواهد داشت. مناطق مرطوب بهترین جا برای کاربرد برج با جریا طبیعی هستند و روی همین اصل در اغلب مناطق دارای رطوبت نسبی بالا احداث شده است.

مراحل طراحی برج ها

۱- طراحی مکانیکال : جهت مشخص نمودن ابعاد رادپانورها و شکل هذلولی گون برج جهت برداشت حرارتی مطلوب توسط مهندسان مکانیک

۲- طراحی بخش سازه: بر اساس بررسی وضعیت ژئوتکنیک خاک بستر و همچنین بررسی وضعیت لرزه خیزی منطقه و تعیین شتاب مبنای طرح (آنالیز ریسک)، ارزیابی وضعیت شدت بارهای باد طراحی سازه برج خنک کن انجام می شود. (توسط مهندسین عمران)

در مورد مصالح مصرفی در سازه یک برج خنک کن خشک با جریان طبیعی موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱- نسبت آب به سیما ن، ۲- حجم بتن، ۳- سائز آرماتورها، ۴- مواد افزودنی، ۵- برآورد قیمت

اصول سختی گیری و رسوب زدایی مغناطیسی

در این تکنولوژی از میدان مغناطیسی بعنوان مانعی جهت جلوگیری از تشکیل رسوب بر دیواره سطوح حامل آبهای سخت استفاده می شود. انتقال میدان مغناطیسی به داخل لوله های حاوی آبهای سخت بوسیله یک سختی گیر مغناطیسی با قدرتی معادل ۱۲۰۰۰ گوس صورت میگیرد.

سختی گیر مغناطیسی *SFKT* از سرامیک ویژه با خاصیت مغناطیسی بالا ساخته شده است که با میدان قطبی (*Central Reverse Polarity*) یا (*CRP*) منحصر به فرد خود و بدون نیاز به نیروی (برق) پشتیبانی عمل رسوب زدایی و حذف رسوبات پیشین را به سهولت انجام می دهد.

برای تحلیل عملکرد رسوب زدایی لازم است که ساختار مولکولی آب مورد توجه بیشتر قرار گیرد. مولکولهای آب ذراتی دو قطبی هستند. اتم اکسیژن با جذب الکترونهاي باند کوالانت خاصیتی منفی پیدا کرده و نقش قطب منفی را بازی میکنند در حالی که اتمهای هیدروژن با داشتن هسته مثبت تنها یک الکترون در گردش دارد لذا هنگامیکه الکترون آن در باند کوالانت توسط اتم اکسیژن جذب می شود خاصیت مثبت پیدا کرده و نقش قطب مثبت دو قطبی را بازی میکند. به همین دلیل مولکولهای دو قطبی آب یکدیگر را از طرف قطبهای مخالف جذب کرده و تشکیل پیوندهای هیدروژنی یا نیروی واندروالس را میدهند. اشکال سختی آب وابسته به همین پیوند می باشد در فاز بخار این پیوند بسیار ضعیف است در حالیکه در فازهای مایع و جامد این پیوند به ترتیب متوسط و قوی است. هنگامیکه یک نمک در آب حل میشود همین خاصیت دو قطبی بودن باعث تجزیه نمک به یونهای مثبت و منفی و جذب و احاطه آن توسط مولکول آب میشود به این فرایند حل شدن در آب یا هیدراته شدن می گویند هر چه تعداد مولکولهای آزادی که کم تر در پیوند هیدروژنی شرکت کرده باشند بیشتر باشد خاصیت هیدراته شدن بیشتر بوده و حلالیت آب بالاتر میرود. در صورتیکه از سختی گیر مغناطیسی *FKT* استفاده شود به دو دلیل حلالیت آب افزایش پیدا میکند. اولاً با تشکیل کریستالهای خنثی، فراوانی مولکولهای آزاد آب بیشتر میشود زیرا مولکولهایی که درگیر فرایند حلالیت یا هیدراته شدن بوده اند، آزاد میشوند علت دیگر افزایش درصد مولکولهای آزاد در اثر میدان مغناطیسی است. میدان مغناطیسی باعث وارد شدن نیرو به مجموعه ای از مولکولهای آب که تشکیل پیوند هیدروژنی داده اند میشود. با افزایش فراوانی مولکولهای آزاد آب، خاصیت حلالیت به شدت افزایش پیدا کرده و آب شروع به حل کردن رسوبهای پیشین موجود در دیواره ها میکند، به این ترتیب فرایند رسوب زدایی به مرور زمان تکمیل تر می شود.

عدم استفاده از مواد شیمیایی

به علت استفاده از میدان مغناطیسی در فرایند سختی گیری مغناطیسی *FKT* هیچ ماده شیمیایی به آب اضافه نمی شود لذا کاملا سازگار با محیط زیست بوده و یک روش کاملا فیزیکی محسوب می شود و با توجه به اینکه از نوع مغناطیسی می باشد هیچ گونه نگهداری نیاز ندارد و دارای عمر طولانی می باشد.

کاهش هزینه راهبردی

از نظر هزینه اولیه و راهبردی به علت کوچک بودن دستگاه سختی گیر مغناطیسی *FKT* و استفاده نکردن از برق شهر بسیار مقرون به صرفه بوده و به علت عدم نیاز به مواد شیمیایی و نگهداری، بی نیاز از هزینه راهبردی و نگهداری است که این امر باعث افزایش بهره وری اقتصادی منتج از استفاده این فن آوری می شود حال آنکه در روش متداول که استفاده از مبادله کننده های یونی است از مواد مبادله کننده یون مانند رزین های پلی استیرن استفاده می شود که با عبور آب از میان لایه های رزین کاتیونهای کلسیم و منیزیم جانشین کاتیون سدیم می شوند. مبادله کننده های یونی بعد از مدتی مضرب ظرفیت تبادل یونها را از دست می دهند که اصطلاحا به این خاصیت اشباع شدن می گویند و در این حالت نیازمند فرایند بازیابی است لذا برای استفاده از یک سختی گیر رزینی نیاز به نصب تاسیسات اولیه، مخازن مربوطه، پیچیدگی های لازم در سیستم همچنین مواد شیمیایی جهت فرایند احیاء می باشد که به این ترتیب از نقطه نظر اقتصادی، هزینه های اولیه روش مغناطیسی در مقایسه با روشهای دیگر بسیار نازل و مقرون به صرفه است

فرایند رسوب زدایی و حذف رسوبات پیشین

در فن آوری سختی گیری مغناطیسی *FKT* همراه با فرایند سختی گیری فرایند رسوب زدایی نیز رخ می دهد به این ترتیب که به مرور زمان رسوب های قبلی موجود در سیستم نیز در آب حل شده و از دیواره ها جدا می شوند که با فرایند تخلیه آب یا فیلتراسیون در ابعاد میکرونی از سیستم خارج می شود و این در حالیست که تقریبا هیچ یک از روشهای معمول توانایی چنین فرایندی را ندارند و تنها راه حل موجود استفاده از اسید شویی است که این روش علاوه بر خسارت فراوان ناشی از خوردگی، هزینه تعطیلی و راه اندازی مجدد را نیز به تاسیسات تحمیل می کند در صورتیکه استفاده از سختی گیری مغناطیسی *FKT* نیاز به اسید شویی را برطرف کرده و سیستم را از راه اندازی مجدد بی نیاز می کند.

سختی گیرهای مغناطیسی *FKT* و چیلرها

در تاسیسات حرارتی و برودتی، چیلر یکی از ضروری ترین و گران قیمت ترین اجزاء سیستم می باشد که در صورتیکه از نوع آب خنک باشد معمولا از یک برج خنک کن در کنار آن استفاده می شود که همین امر باعث انتقال مشکلات سختی و رسوب آب از برج خنک کن به چیلر می شود که زیان حاصل از این فرایند در چیلرها به مراتب سنگین تر و گران تر از برجهای خنک کن است. کاهش بازدهی چیلرها، ایجاد رسوب در لوله های مسی کندانسور، ایجاد خوردگی و فرسایش در چیلر، نیاز به اسید شویی و هزینه ناشی از آن از عمده ترین مشکلاتی است که در اثر سختی و رسوب در چیلرها ظاهر میشود. در صورتیکه از فن آوری سختی گیری مغناطیسی *FKT* در چیلرها به خصوص در ورودی کندانسور آنها استفاده شود، نه تنها از بروز لایه های رسوب در آنها جلوگیری می شود بلکه به مرور زمان رسوبهای موجود نیز از بین رفته و نیاز به سختی گیری شیمیایی یا اسید شویی برطرف می شود. همچنین این امر باعث افزایش بازدهی برودتی چیلر شده و به مرور زمان شاهد افت راند مان سیستم نخواهیم بود.

سختی گیری مغناطیسی *FKT* در بویلرها

معمولا بین اجزاء موتور خانه دیگ های آب داغ و بخار به علت کاهش حلالیت مواد معدنی در آب با افزایش دما بیشترین رسوب را تولید می کنند. یعنی با افزایش دما میزان حلالیت کربنات کلسیم و منیزیم که عمده ترین مواد سازنده رسوب هستند کاهش پیدا کرده و به صورت لایه ای سخت که عایق حرارتی نیز محسوب می شود در دیواره ها تشکیل می شوند. داده های آماری نشان می دهند که در صورت تشکیل لایه رسوب به اندازه یک شانزدهم اینچ به اندازه پانزده درصد به میزان سوخت مصرفی افزوده خواهد شد. در صورت استفاده از سختی گیر مغناطیسی *FKT* در بویلرها میتوان بسیاری از اثرات مضر و مخرب سختی را رفع نمود که از مهمترین مزایای کاربرد فن آوری میتوان به مواد ذیل اشاره نمود.

کاهش مصرف سوخت

با شروع فرایند سختی گیری مغناطیسی *FKT* در بویلرها شاهد کاهش مصرف سوخت بین ۵٪ تا ۱۲٪ خواهیم بود که علت عمده این امر رفع اثرات مخرب سختی کاهش پیوند هیدروژنی مولکولهای آب و افزایش بازدهی بویلرها به دلیل افزایش ضریب تبادل حرارتی مولکولهای آب است.

عدم نیاز به سختی گیرهای معمولی

با استفاده از روش سختی گیری مغناطیسی *FKT* میتوان به راحتی سختی گیرهای معمول و تاسیسات مربوط به آنها را که عمدتاً از نوع تعویض یونی (سختی گیرهای رزینی) هستند را حذف نمود و مهمتر اینکه شاهد فرایند رسوب زدایی نیز خواهیم بود به عبارت دیگر با گذشت زمان رسوب های موجود در سیستم نیز به مرور از بین می روند که این فرایند با روشهای معمول امکان پذیر نیست.

نگهداری آسان و اقتصادی بویلر

در بویلرها به دلیل بالا بودن دمای آب میزان رسوب تشکیل شده بیشتر از قسمتهای دیگر موتور خانه ها است و با توجه به اینکه تقریباً انرژی اصلی تاسیسات از طریق بویلرها تامین می شود لذا نگهداری و راهبری این قسمت بسیار مهم و حائز اهمیت است معمولا خاموش کردن بویلرها، سرویس آن و راه اندازی مجدد آنها یکی از پر هزینه ترین مراحل نگهداری است که علاوه بر صرف هزینه مواد شیمیایی و هزینه های انسانی، هزینه توقف کل تاسیسات را که از انرژی بویلرها استفاده می کردند را نیز به سیستم تحمیل میکند. در صورت نصب سختی گیر های مغناطیسی *FKT* علاوه بر رفع مشکل سختی و رسوب آب هزینه نگهداری، مخارج توقف و راه اندازی مجدد سیستم نیز بر تاسیسات تحمیل نمی شود.

کاهش آب مصرفی بویلرها

با توجه به کمبود آب، میزان آب مصرفی در تاسیسات یکی از مهمترین مسائلی است که پروژه های مسکونی و صنعتی با آن روبرو هستند. یکی از مهمترین دلایل افزایش مصرف آب در چنین مواردی استفاده از آبهای سخت است

که علاوه بر کاهش بازدهی مبدلها جهت حفظ کیفیت آب نیاز تخلیه مقدار زیادی از آب بویلرها است که این امر به نوبه خود باعث مصرف مقدار زیادی آب در تاسیسات میشود. در صورت استفاده از فن آوری سختی گیری مغناطیسی *FKT* می توان از آبهای سخت به صورت مستقیم در تاسیسات و بخصوص بویلرها استفاده نمود که به دلیل عدم نیاز به تخلیه حذف فیزیکی مشکلات سختی و رسوب، میتوان در میزان آب مصرفی به مقدار زیادی صرفه جویی نمود.

تصفیه آب کولینگ تاور با ازن

استفاده از ازن به عنوان یک تیمار نگهداری برج های خنک کننده، جایگزین خوبی برای راهبری و نگهداری آن می باشد، مقادیر کمی از ازن به عنوان یک بیوسید قوی عمل می کند که نیاز به زیرآب (*Blow Down*) از برج های خنک کننده را به منظور کاهش غلظت مواد جامد آلی و مواد معدنی در سیستم کاهش داده یا به کلی از بین می برد. تیمار با ازن همچنین نیاز به افزودنی های شیمیایی به برج های خنک کننده را به شدت کم می کند یا از بین می برد.

در یک برج خنک کننده مجهز به سیستم ازن که به طور مناسب نصب و راه اندازی شده باشد، شمارش باکتریایی و نتیجتاً تشکیل بایوفیلم بر روی سطوح مبدل های حرارتی کاهش یافته که در نتیجه باعث افزایش راندمان تبادل حرارت، کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی برج خنک کننده می شود. همچنین هزینه های نگهداری، کاهش یافته و محیط زیست نیز به دلیل کاهش خروج آب اضافی و کاهش آلایندهی فاضلاب بدلیل کاهش مصرف مواد شیمیایی خنک کننده ای که جهت تهویه هوا به چیلرها متصل است بهتر محفوظ خواهد بود. اگر چه ازن در غلظت های بالا ممکن است خود محرک خوردگی باشد تا بازدارنده آن، اما با غلظت هایی که در برج خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد، با از بین بردن بایوفیلم و باکتری های احیا کننده آهن، بازدارنده خوردگی با منشاء بیولوژیکی به شمار می رود که در صورت خورنده نبودن آب دیگر نیازی به استفاده از مواد ضد خوردگی که باعث بالا رفتن *TDS* و در نتیجه افزایش میزان زیر آب و *Make Up* می گردد، نخواهد بود.

تصفیه آب برج های خنک کننده

جدیدترین روش در دنیا- بدون نیاز به ضدرسوب و ضدخوردگی با کاهش زیر آب (*blow down*) و افزایش راندمان حرارتی استفاده از ازن به عنوان یک تیمار نگهداری برج های خنک کننده، جایگزین خوبی برای راهبری و نگهداری آن می باشد، مقادیر کمی از ازن به عنوان یک بیوسید قوی عمل می کند که نیاز به زیرآب (*Blow Down*) از برج های خنک کننده را به منظور کاهش غلظت مواد جامد آلی و مواد معدنی در سیستم کاهش داده یا به کلی از بین می برد. تیمار با ازن همچنین نیاز به افزودنی های شیمیایی به برج های خنک کننده را به شدت کم می کند یا از بین می برد. در یک برج خنک کننده مجهز به سیستم ازن که به طور مناسب نصب و راه اندازی شده باشد، شمارش باکتریایی و نتیجتاً تشکیل بایوفیلم بر روی سطوح مبدل های حرارتی کاهش یافته که در نتیجه باعث افزایش راندمان تبادل حرارت، کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی برج خنک کننده می شود. همچنین هزینه های نگهداری، کاهش یافته و محیط زیست نیز به دلیل کاهش خروج آب اضافی و کاهش آلایندهی فاضلاب بدلیل کاهش مصرف مواد

شیمیایی خنک کننده ای که جهت تهویه هوا به چیلرها متصل است بهتر محفوظ خواهد بود. اگر چه ازن در غلظت های بالا ممکن است خود محرک خوردگی باشد تا بازدارنده آن، اما با غلظت هایی که در برج خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد، با از بین بردن بایوفیلم و باکتری های احیا کننده آهن، بازدارنده خوردگی با منشاء بیولوژیکی به شمار می رود که در صورت خوردنده نبودن آب دیگر نیازی به استفاده از مواد ضد خوردگی که باعث بالا رفتن TDS و در نتیجه افزایش میزان زیر آب و Make Up می گردد، نخواهد بود.

مراجع:

- 1- *Bioassay procedure for Daphnia 804.B. 1986, Standard method for examination of Water and waste water, 17th edition.*
- 2- *EDMONDSON, W.T., 1956, fresh water Biology U.S.A.*
- 3- *“Large cooling tower, the presend trend” M. Diver, A.C. paterson, the structural engineering, vol. 55, oct, (1977), p.p:431-445.*
- 4- *W.P.C.F. 1991, Journalof the water pollution control federation.*
- 5- *Rossmoore, H.W., 1995, Hand book of Biocide and Preservative use.*

