Archive of SID

بررسی تصفیه آب برجهای خنک کننده توسط فرآیند ازن زنی

امین احمدپور*- منصور کلباسی-دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پردیس ماهشهر

نعمت اله قنواتی- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

a.ahmadpoor@npc-rt.ir*

چکیده

آب برج های خنک کننده و چیلرها نیاز به تصفیه و درمان وسیعی دارد. در طی تصفیه این آب، باید سه فاکتور مهم خوردگی لوله ها و واحدهای تبادل گرمایی، رسوب های جدار داخلی لوله ها و ضریب تبادل حرارتی و رشد مواد میکروبیولوژی (باکتری، جلبک و خزه ها) به طور هم زمان کنترل گردد.PH پایین می تواند ضریب تبادل حرارتی را زیاد کند اما اشکال اینجاست که در PH های پایین میزان خوردگی مواد افزایش می یابد.تکنیک های تصفیه مرسوم، استفاده از مواد شیمیایی مثل کلر و هیپوکلریت می باشد که خوردگی بیولوژیکی را کاهش می دهد، اما به علت داشتن پایداری و قدرت اکسندگی زیاد در آب باعث خوردگی شیمیایی می شوند.صورت های اصلی رسوب در برج های خنک کننده، یون های کلسیم و منیزیم می باشند که این رسوبات باعث ایجاد لایه ای ضخیم روی سطوح دستگاههای تبادل حرارت می شود.کاهش انتقال حرارت باعث عمل تبخیر آب و افزایش غلظت نمک ها در آب برج های خنک کننده می شود که در این حالت به اشباع رسیدن نمک ها تسریع می شود و رسوب گذاری افزایش می یابد. در آب برج های خنک کننده، تجمع میکروارگانیسم ها (بایو فیلم)ایجاد می گردد که این بایو فیلم ها از تشکیل کریستال اولیه یون ها و همچنین توانایی رسوب ها برای به هم پیوستن و سنگین شدن جلوگیری می کند و در نتیجه غلظت مواد آلی و معدنی در آب زیاد می شود و خوردگی را تسریع می کند. ازن به عنوان یک ضد عفونی کننده باعث گسستن بایو فیلم شده و این کار رسوب گذاری را افزایش می دهد و حتی آب با ظرفیت بالای مواد جامد محلول می تواند بارها و بارها سیرکوله شود که در نتیجه میزان تخلیه آب برج های خنک کننده کاهش می یابد.زمانی سیستم با چنین خصوصیاتی کار می کند که ازن با غلظت کمی در آب برج خنک کننده وجود داشته باشد و از تشکیل مجدد میکروارگانیسم ها جلوگیری کند. در این مقاله به بررسی تصفیه آب برجهای خنک کننده با روش جدید ازن زنی و مقایسه آن با روشهای قبلی پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: برج خنک کننده- تصفیه آب- ازناسیون- کلریناسیون

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

قرنها طبیعت است که هنگام صاعقه یا به وسیله پرتو فرابنفش خورشید، ازن را به وجود می‌آورد و از خصوصیات ضدعفونی کننده آن برای پالایش آب و هوا و محیط زیست، استفاده می‌کند. ازن یک ضدعفونی کننده بسیار انعطاف پذیر است و بسته به موارد استعمال، کاربرد بسیاری در ضدعفونی صنایع مختلف زیست محیطی (آب، فاضلاب و هوا)، صنایع غذایی، پزشکی، نساجی، صنایع کشاورزی، رنگ‌سازی، صنایع بسته بندی، برج‌های خنک‌کننده، چیلرها و . . . دارد .ازن (O_3)، آلوتروپ سه اتمی اکسیژن یا « اکسیژن فعال» و یا « اکسیژن سه ظرفیتی»، یکی از اجزاء طبیعی هوایی است که هر روزه تنفس می کنیم. این گاز زمانی تشکیل می گردد که مولکول های O_2 توسط پرتو دهی فرا بنفش خورشید و قوس الکتریکی به دو اتم اکسیژن تفکیک می شود، اتم‌های آزاد در گروه‌های سه اتمی ترکیب مجدد شده و ازن را به وجود می‌آورند.ازن تمایل بسیاری به واکنش با ترکیبات غیر اشباعی (ترکیباتی که با پیوندهای دو گانه و سه گانه) دارد. از جمله می‌توان به پیوندهای C=C، C=N و N=N اشاره کرد. با توجه به این ویژگی، ازن توانایی شگفت آوری در اکسید کردن چربی‌ها دارد.قابلیت اکسید کنندگی ازن به همین جا ختم نمی‌شود بلکه ترکیبات ساده قابل اکسایش از قبیل S^{2-} (مانند ترکیب H2S) را به گونه هایی با عدد اکسایش بالاتر مانند SO_3 2- و $SO_4$2- تبدیل می‌کند. اکسایش این ترکیبات به حدی راحت است که به محض تماس ازن شروع به اکسید شدن می کنند و واکنش آنها از لحاظ سینتیکی با سرعت بالایی رخ می‌دهد. نیمه عمر ازن بسیار کوتاه است به گونه‌ای که در آب خالص عاری از هر گونه آلودگی و در ۲۰°C ازن، تنها به مدت ۲۵ دقیقه پایدار می ماند[1].

برج خنک کننده

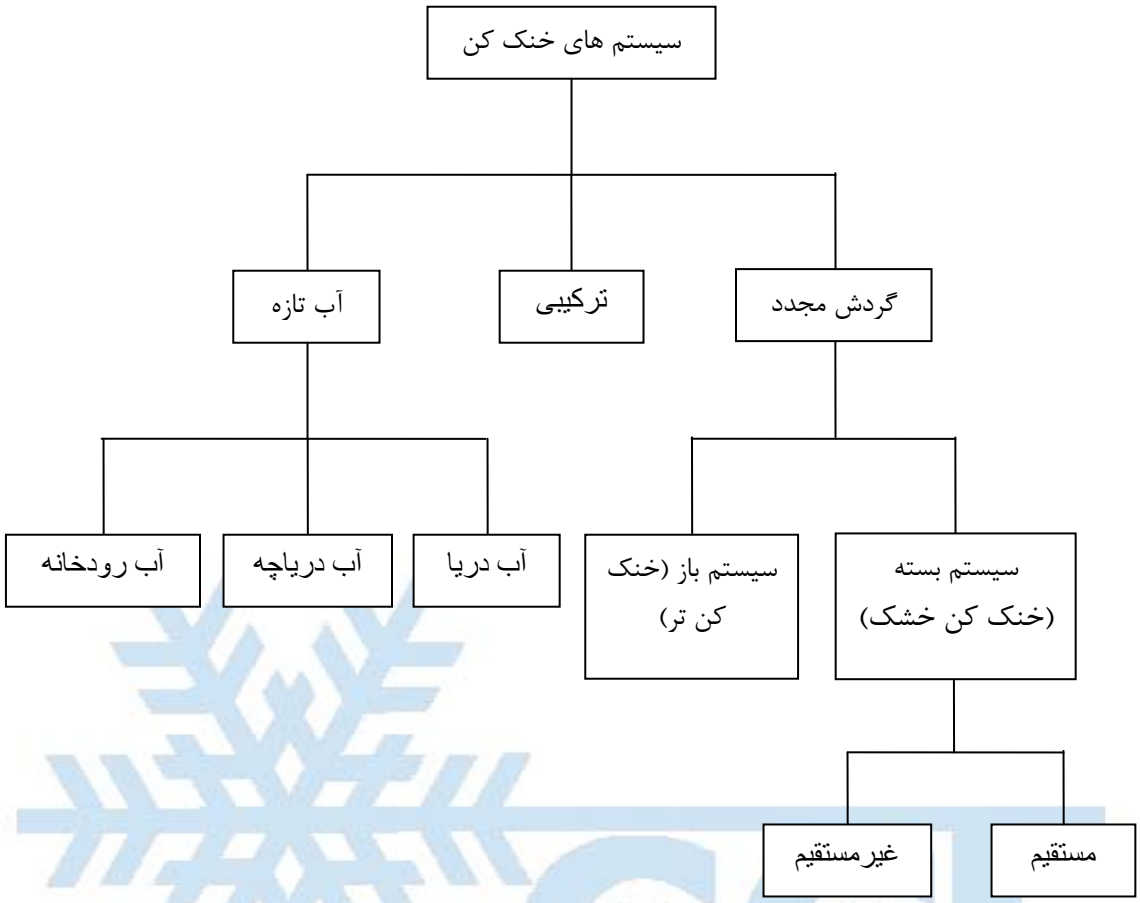
استفاده از برج های خنک کننده برای دفع حرارت و جلوگیری از انتشار بی رویه آن در محیط، تقریباً به سال های دهه چهل و بعد از آن مربوط می گردد، هر چند که در سال های قبل نیز از خنک کننده های آبی ساده استفاده می کرده اند و به تدریج این سیستم های خنک کننده تکامل یافته و در سال های دهه ۴۰ به برج های خنک کننده تبدیل شدند.

فرآیندهای خنک سازی مورد استفاده در صنایع شیمیایی به طور کلی به سه دسته خنک سازی با آب تازه و خنک سازی با گردش مجدد و خنک سازی ترکیبی تقسیم می شوند. در خنک سازی با آب تازه، آب از میان کندانسور فقط یکبار عبور می کنند، اما در حالت خنک سازی با گردش مجدد همان آب به طور ثابت در سیستم خنک کن در حال گردش می باشد و عمل جایگزینی نیزبه مقدار کمی انجام می پذیرد. در نوع ترکیبی می توان آمیخته ای از سیستم های مختلف را داشت.

خنک سازی با گردش مجدد به نوبه خود به دو سیستم باز یعنی فرآیندهای خنک کن تر و سیستم بسته یعنی فرآیندهای خنک کن خشک تقسیم می شود.نام این سیستم ها می تواند طبیعت آنها را شرح دهد، یعنی یک سیستم به اتمسفر باز مرتبط است و دیگری سیستمی بسته است. در بیان دیگر در تبادل حرارت تر،آب وهوا در تماس مستقیم با یکدیگر هستند و در تبادل حرارت خشک، آب یا بخار در تماس مستقیم با هوا قرار نمی گیرند. برج های خنک کن تر به مقدار معینی آب جبران کننده به منظور جبران آب مصرف شده نیز نیاز دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۱): شماتیک تقسیم بندی سیستمهای خنک کننده

برجهای خنک کننده دارای انواع زیر هستند:

۱- برج خنک کننده با پنکه مکنده(INDUCED DRAFT COOLING TOWER)

۲- برج خنک کننده با پنکه دمنده(FORCED DRAFT COOLING TUWER)

۳- برج خنک کننده اتمسفریک (بادی) (ATMOSPHERIC COOLING TOWER)

بطور کلی ساختمان برجهای خنک کننده از صفحات چوبی پخش کننده آب، بادگیرها، لوله های توزیع کننده آب و حوضچه یا مخزن آب خنک شده و پنکه تشکیل شده است. اساس کاربرجهای خنک کننده بدین ترتیب است که آب گرم برگشتی از مبدلهای حرارتی وارد بالای برج شده و بر روی صفحات پخش کننده ریخته شده و به سمت پائین حرکت می کندو هوا از قسمت زیر برج به طرف بالا می رود و تبادل حرارت بین هوا و آب گرم صورت گرفته و آب خنک شده وارد مخزن یا حوضچه پائین برج گردیده و بوسیله تلمبه به مبدلهای حرارتی منتقل می شود. مقدار تبخیر آب بستگی به سطح تماس آب با هوا دارد. در برجهای خنک کننده مکنده ای، پنکه ها در بالای برج نصب شده و هوای اشباع شده از بخار را از داخل برج به خارج می فرستند و هوای تازه از اطراف برج بجای هوای خارج شده قرار می گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

در برج های خنک کننده دمنده ای، پنکه ها در پائین برج و روی زمین قرار دارند و هوا را از پائین برج به بالا می رانند. در این نوع از برج خنک کننده، تعمیرات پنکه ها به علت پائین بودن آن را حت تراست. اطراف برج خنک کننده دمنده ای، بسته است ولی اطراف برج خنک کننده مکنده ای، باز است. بهمین دلیل در برجهای مکنده هوا از تمام جهات و بطور یکنواخت با آب تماس پیدا می کند ولی در برج های دمنده هوا به طور یکنواخت در همه جا با آب در تماس نخواهد بود. برجهای خنک کننده اتمسفریک با فشار جو و بوسیله جریان طبیعی هوا کار می کنند و برای به جریان انداختن هوا در آن از پنکه استفاده نمی شود. راندمان این برج به سرعت باد و رطوبت هوا بستگی دارد.اگر سرعت باد زیاد باشد، مقدار بیشتری آب از دست می رود و اگر سرعت باد خیلی کم باشد آب به اندازه کافی خنک نمی گردد. یک جریان ملایم باد اثر خوبی دارد.همچنین اگر رطوبت هوا زیاد باشد، تبخیر آب به خوبی صورت نمی گیرد و آب خنک نمی شود.

مزایای استفاده از فرآیند ازن زنی

تصفیه شیمیایی آب برج های خنک کننده با استفاده از ازن دارای مزایای بسیاری می باشد که از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد[2]:

۱- کاهش میکروب ها و باکتری ها در زیر سطح ۱۰۰۰ cfu/ml
۲- حذف کامل باکتری ها در هوای مجاور برج های خنک کننده (هوای ناشی از Drift Air)
۳- حذف کامل باکتری رسوب های مربوط به ذرات معلق در لوله چگالنده
۴- افزایش تعداد سیرکولاسیون
۵- -حذف کامل مصرف مواد شیمیایی
۶- افزایش ضریب انتقال حرارت در لوله های کاندنسر درنتیجه کاهش تشکیل رسوب
۷- کاهش مصرف انرژی توسط کمپرسورها بین ۵ تا ۱۸ درصد
۸- کاهش فوق العاده میزان زیر آب (Blow Down)

به طور کلی مزایای استفاده از ازن در مقایسه با کلر به قرار زیر است:

۱ـ کاهش قابل توجه میزان رنگ، طعم و بو

۲ـ افزایش راندمان فیلتراسیون (حدود ۵۰ درصد)

۳ـ افزایش راندمان گندزدایی

۴ـ کاهش زمان مورد نیاز برای تشکیل فلوک و لخته‌سازی

۵ـ کاهش مواد شیمیایی موردنیاز برای فرآیند انعقاد

۶ـ کاهش ترکیبات تری هالومتان به میزان قابل توجه و نیز دیگر ترکیبات آلی کلر دار

۷ـ کاهش لجن حاصل از Back Wash فیلترها

۸ ـ ناپایداری و عدم ایجاد باقیمانده مضر در آب

www.SID.ir

Archive of SID

۹ـ عدم تحریک و اثر منفی روی پوست، چشم و مو بر خلاف کلر

۱۰ـ کوتاهتر بودن زمان ضد عفونی نسبت به کلر

۱۱ـ ترکیبات جانبی کلر مانند : کلرآمین و تری هالومتان ها در آب مضررات بسیاری برای سلامتی انسان و محیط زیست ایجاد می کند، در حالیکه ازن تمام ترکیبات اضافی موجود در آب را بدون ایجاد باقی مانده نامطلوب از بین می برد.

۱۲ـ مازاد ازن تزریقی در آب به دلیل ناپایداری آن به صورت اکسیژن از سطح آزاد می‌گردد و محیط اطراف را بسیار دلپذیر و مطبوع می‌کند.

۱۳ـ با استفاده از ازن در سیستم تصفیه آب، زنگاب موجود در آب به ترکیبات نامحلول فریک تبدیل شده و ته نشین می گردد.

۱۴ـ با استفاده از ازن و کاهش میزان مصرف کلر، میزان خوردگی در مسیر جریان آب کاهش می یابد.

۱۵- محصولات جانبی که در اثر ازناسیون آب آشامیدنی ایجاد می شود، در مقایسه با آنهایی که پس از کلراسیون به وجود می آید، خطر کمتری دارد.

جدول (۱):مقایسه روشهای مرسوم گندزدایی آب

آلاینده	Ozone	UV	Chlore
E .coli (باکتری بیش از ۹۰درصد باکتری‌های فاضلاب ها)	Yes	Yes	Yes
Salmonella (باکتری سالمونلا)	Yes	Yes	Yes
Giardia (نوعی انگل)	Yes	Yes	Yes
Legionnaire (باکتری لژیونه)	Yes	No	No
Crypto- Sporidium (قارچ)	Yes	No	No
Virus (ویروس)	Yes	No	No
Algues	Yes	No	No
THM (تری هالومتان)	No	No	Yes
Cancer (سرطان)	No	No	No

معرفی دستگاه ازن ژنراتور

ازن ژنراتور دستگاهی است که می تواند با شکستن پیوندهای اکسیژن و تولید رادیکال‌های O سبب تشکیل مولکول ازن (O_3) گردد. بر خلاف سایر مواد شیمیایی هیچ منبع طبیعی برای تولید ازن (بعضی با توانایی ذخیره و استفاده) وجود ندارد بلکه تنها راه تولید آن استفاده از ازن ژنراتور (مولد ازن) است. فرآیندهای موجود در ازن ژنراتور را می‌توان به سه بخش تقسیم نمود [3]:

۱ـ گاز ورودی

www.SID.ir

Archive of SID

۲ـ تبدیل گاز ورودی حاوی اکسیژن به ازن در ازن ژنراتور

۳ـ انتقال ازن و مصرف آن

ازن ژنراتور هیچ عضو محرکی ندارد و منابع ولتاژ بالا (High voltage) تامین کننده انرژی آن هستند . از جمله فاکتورهای مهم در طراحی ازن ژنراتور دمای آب خنک کننده، درجه خلوص و میزان رطوبت گاز ورودی و بالاخره میزان ازن تولیدی نسبت به گاز ورودی اشاره کرد.انواع ازن ژنراتورها با توجه به نحوه تولید ازن عبارتند از:

۱- قوس الکتریکی

در این روش اکسیژن از بین دو الکترود که با ولتاژ بالا تغذیه می‌شود، عبور می کند. قوس الکتریکی ایجاد شده بین دو الکترود سبب تامین انرژی شکست برای پیوند O_2 می‌شود . در صنعت نیز، ازن با عبور اکسیژن یا هوای خشک از فاصله کم میان دو الکترود که با ولتاژ بالا کار می‌کند، تولید می گردد. همزمان با عبور اکسیژن یا هوای خشک از میان دو الکترود، پتانسیل الکتریکی ایجاد شده، تا تماس الکتریکی بین دو الکترود را از طریق قوس‌های متمرکز (localized arcing) و از میان ذرات موجود در بستر برقرار کند و تحت این شرایط است که ازن تولید می‌شود. بزرگترین مشکل استفاده از قوس الکتریکی، ایجاد دمای بسیار زیاد (حرارت) است .

۲- تولید ازن با استفاده از میدان الکتریکی

در شرایطی که اکسیژن در حالت گازی و شدت میدان الکتریکی بالا باشد، ازن تولید می‌شود. میدان الکتریکی به کار برده شده حاصل از یک ولتاژ بالا بین یک جفت الکترود است که اکسیژن یا هوا از بین این الکترودها عبور می‌کند . به کار بردن ولتاژ و فرکانس بالا، گرمای قابل توجهی را تولید می‌کند که لزوم استفاده از یک سیستم خنک کننده را ایجاب می کند. در سیستم های میدان الکتریکی، معمولاً جریان توسط یک الکترود اکتیو و یک الکترود زمین، برقرار می‌شود. این الکترودها مقابل هم قرار گرفته‌اند وگاز از بین آنها عبور می‌کند شایان ذکر است که الکترود زمین روی ساختاری عایق بندی شده نگهداری می‌شود و اطراف آن توسط یک پوشش خنک کننده احاطه می گردد . چون تولید موثر ازن تابع دمای گاز است و در فرکانس بالا گرمای زیادی تولید می کند، بنابراین از بین بردن گرما مهم‌ترین اصل می‌باشد. لذا نگهداری الکترودها در داخل ساختار خنک کننده منجر به تولید چنین دستگاهی محدود شود .

۳- تولید O_3 با UV

ازن در طبیعت توسط اشعه فرا بنفش تولید می‌شود. اشعه UV با طول موج ۲۵۴nm توانایی شکستن پیوند O_2 دارد و از آنجائی که تولید O_3 توسط تابش اشعه UV گرما ایجاد نمی‌کند، بعنوان عاملی موثر در پایداری و عمر ازن به شمار می‌رود. برای تولید بیشتر ازن با لامپ‌های فرابنفش باید از محفظه‌های بزرگتری استفاده نمود تا زمان ماندن مولکول‌های هوا در مجاورت پرتو فرابنفش افزایش یافته، فرصت کافی برای شکستن مولکول های اکسیژن فراهم شود. اما باید پذیرفت که میزان تولید ازن بوسیله‌ی لامپ‌های فرابنفش در مقایسه با روش تخلیه الکتریکی بسیار ناچیز است، لذا استفاده از این لامپ ها جز در مواردی مانند فعالیت های آزمایشگاهی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود .

کاربردهای ازن ژنراتور[4]

www.SID.ir

Archive of SID

۱. 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)
۲. گند زدایی و تصفیه آب استخر (بهترین روش توصیه شده سازمان بهداشت جهانی WHO)
۳. افزایش ماندگاری میوه، سبزیجات و مواد غذایی در سردخانه ها
۴. گندزدایی و کاهش بار میکروبی محصولات غذایی و خطوط تولید
۵. تصفیه فاضلاب،جلو گیری از بالکینگ،حذف بو،گندزدایی
۶. شکستن COD به BOD و تجزیه پذیری بهتر بیولوژیکی
۷. گندردایی آب شرب شهری و روستایی همراه با بهبود طعم
۸. کمک به انعقاد و ته نشینی یا فیلتراسیون
۹. سایر کاربردهای این دستگاه ها عبارتند از: تصفیه و ضدعفونی آب آشامیدنی - صنایع تولید آب معدنی، آب بسته بندی، نوشابه سازی، دوغ، لبنیات و انواع نوشیدنیها - استخرهای شنا - پرورش ماهی و آبزیان - برجهای خنک کننده یا کولینگ تاور - تصفیه آب خانگی، اماکن و مجتمع ها - گندزدائی فاضلاب، پساب های صنعتی و آب بازیافتی - صنایع بسته بندی شامل استریلیزاسیون تجهیزات و مواد غذائی مانند مواد پروتئینی، گوشت قرمز، گوشت سفید، میوه جات، سبزیجات، قارچ خوراکی، خشکبار - سم زدائی و حذف قارچ و افلاتوکسین پسته - کشاورزی شامل ضدعفونی آب، خاک، هوا، دفع آفات و بیماریهای گیاهی در مزارع، گلخانه ها، هیدروپونیک - پرورش دام و طیور شامل مرغ داری ها، گاوداری ها و واحدهای تولید خوراک، کشتارگاه های صنعتی و تبدیل ضایعات گوشت، صنایع شیمیائی، پتروشیمی، داروسازی، کاغذسازی، نساجی، رنگبری، تولید آب فرایندی، مصارف پزشکی و درمانی شامل دندانپزشکی، معالجه بیماریهای پوستی و ازن درمانی، لباسشوئیهای صنعتی، بیمارستانی و خانگی، پاکسازی هوای محیط های بسته شامل منازل، هتل ها، بیمارستان ها، کارخانجات، سردخانه ها، انبارها و سیلو ها، آزمایشگاه ها و مراکز تحقیقاتی و...

مطالعه موردی

برای مقابله با مشکل رشد میکروبی در برجهای خنک کننده پالایشگاه تبریز، امکان جایگزینی ازن به جای کلر مورد بررسی قرار گرفت[5].برای این منظور از یک دستگاه تولید کننده ازن آزمایشگاهی شامل دو رآکتور استفاده گردید.ازن تولید شده وارد رآکتور اول که یک ستون شیشه ای با ظرفیت یک لیتر و قطر ۶ ساتیمتر است می شود.برای انحلال بهتر ازن در آب از یک دیفیوزر در پایین مخزن استفاده شده که گاز را به صورت حبابهای ریز به آن تزریق می کنند.گازهای تخلیه شده از رآکتور اول معمولا مقدار کمی ازن به همراه دارند که قبل از تخلیه این گازها به محیط خارج باید ازن اضافی از بین برود.برای این منظور در این سیستم، ازن واکنش نداده را وارد رآکتور دوم کرده که با یدید پتاسیم واکنش داده و تبدیل به اکسیژن شود.روش کار به این صورت است که مقدار ۲۰۰ میلی لیتر از نمونه ها را در رآکتور اول و مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از محلول یدید پتاسیم را در رآکتور دوم می ریزند.برای ازن زنی مقادیر ۵۰ و ۸۰ گرم بر متر مکعب در زمانهای ۲و ۴و۶و۸و۱۰ دقیقه و ۱۲۰ گرم بر متر مکعب در زمانهای ۲و۳و۴و۵و۶ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفتند.لازم به ذکر است که pH و دمای این نمونه ها ثابت بود.نتایج حاصله به قرار زیر است:

۱- با مقدار ازن زنی آب برج خنک کننده با غلظت ازن ۵۰ گرم بر متر مکعب، تنها ۶ دقیقه لازم است تا آلودگی حذف گردد که معادل با مصرف ۱۵ میلی گرم ازن می باشد. با مقدار ازن زنی آب برج خنک کننده با غلظت ازن ۸۰ گرم بر متر مکعب، تنها ۴ دقیقه لازم است تا آلودگی حذف گردد که معادل با مصرف ۱۶ میلی گرم

www.SID.ir

Archive of SID

ازن می باشد. با مقدار ازن زنی آب برج خنک کننده با غلظت ازن ۱۲۰ گرم بر متر مکعب، تنها ۲ دقیقه لازم است تا آلودگی حذف گردد که معادل با مصرف ۱۲ میلی گرم ازن می باشد.

۲- در بررسی نقش ازن در کاهش کل کربن آلی(TOC) آب قبل از تصفیه، مشاهده شد که منعقد کننده تاثیر بیشتری در کاهش آن دارد و اثر ازن در مقایسه با آن کمتر می باشد.همچنین تغییر مقدار دز مصرفی ازن تاثیر چندانی در کاهش آن ندارد.

نتیجه گیری:

با توجه به قدرت بالای گندزدایی ازن در مقایسه با کلر و سایر گندزداها،مشخص می شود که ازن به زمان کمتری جهت تکمیل فرآیند گندزدایی نیاز دارد. بررسی‌ها بیانگر توانایی بیشتر ازن برای از بین بردن ویروس‌ها در مقایسه با کلر و سایر گندزداهاست. ازن قادر است ترکیبات فنولیک و دیگر ترکیبات مولد طعم در آب شرب را از بین ببرد .میزان خوردگی با کنترل کیفیت آب کاهش می یابد. کنترل کیفیت با تنظیم PH و متناسب بودن غلظت جامدهای محلول فراهم می شود. آزمایشات متفاوت نشان می دهند درحضور غلظت کمی از ازن با از بین بردن میکروارگانیسم ها و تشکیل یک فیلم نازک محافظ بر روی سطح فلزات، خوردگی تا۵۰٪ کاهش می یابد.به صورت تجربی حدود gr/m^3 ۰/۱ ازن برای به چرخش در آوردن آب در برج های خنک کننده مورد نیاز است.مقدار ازن باقی مانده ای که با مواد آلی واکنش نمی دهد به اکسیژن تجزیه می شود؛ بنابراین ازن هیچ پسمانده ای باقی نمی گذارد. با استفاده از ازن، آب حدود ۵ بار بیشتر می تواند مورد استفاده قرار گیرد، یعنی برای هر ۱۰۰۰ لیتر آب بیشتر از ۲۰۰ لیتر فاضلاب نخواهیم داشت. با تکرار این کار آب می تواند ۲۰ بار بیشتر مورد استفاده قرار گیرد یعنی برای هر ۱۰۰۰ لیتر آب بیشتر از ۵۰ لیتر فاضلاب نخواهیم داشت. فقط تبخیر و جریان های نشتی می تواند نیاز به آب تازه را ایجاب کند.

فهرست منابع

[1]Logelscutz.M.”Advanced Ozone Generation”,Plenum Pub, pp 87-120,1988

[2]Gottschalk.C, J.A.Libra, A.Saupe,”Ozonation of Water and Waste Water”,Mc Graw Hill Pub, 1998

[3]Miller.G.W, Rice.R.G, Robson.C.M,”An Assessment of Ozone and Chlorine Dioxide Technologies For Treatment of Municipal Water Supplies,Report of EPA,No 600/2, pp 78-147,2002

www.SID.ir

Archive of SID

[4]Mayne.S.T.,"Cooling Towe Management Using Ozone instead of Multi Chemicals",ASHRAEE Journal,Vol 32.pp 34-38, 1990

[5] شفیعی. س.، خودیف.ا.، امینی راد.پ.، فرامرزی.ف.، "مطالعه جایگزینی ازناسیون با کلریناسیون در آب برج خنک کننده پالایشگاه تبریز"، دوازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۱۳۸۸

www.SID.ir