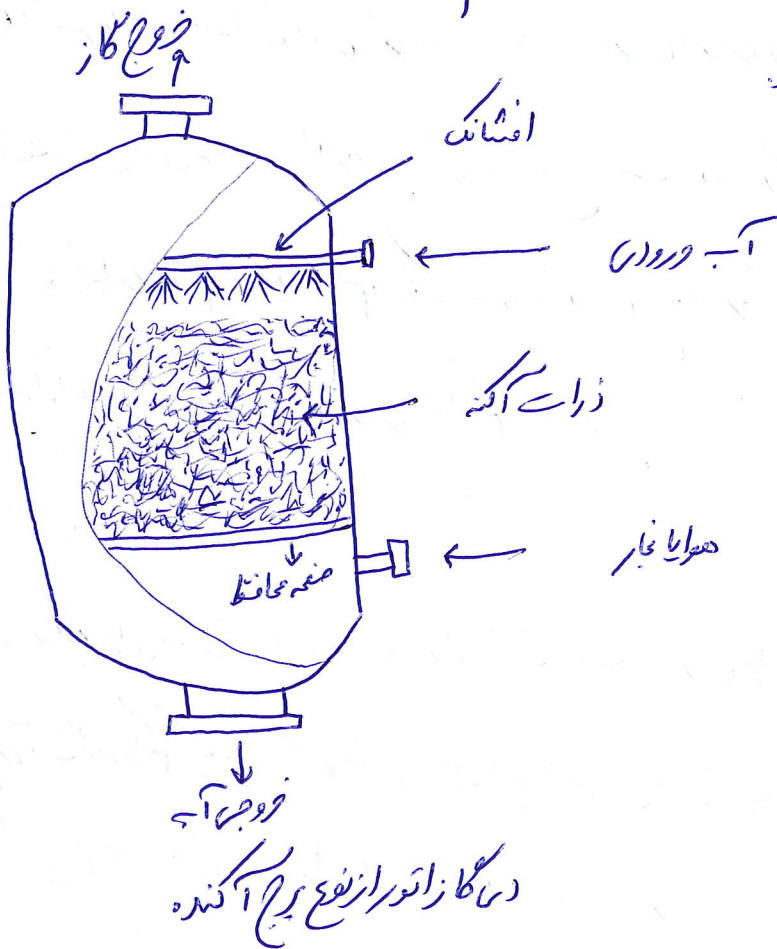


کار اصلی در گازاتور کاهش کربن دی اکسید (CO₂) است و به صورتی است که از بالای آن آب به طرف پایین جریان دارد در حالی که از پایین آن هوا دمیده می شود. حال تصور کنید داخل در گازاتور هر چه هوا با آب بیشتر در تماس قرار بگیرد مطلوب تر است چون در شرایط ایده آل و تعادل، غلظت کربن دی اکسید در آب متناسب با فشار و دما در هوا می شود که میسر نمی آید. برای این کار لوله معی می کشند که آب ورودی در بالای برج از داخل یا افشانک عبور کند تا به صورت قطرات ریز در آید که دارای سطح تماس بیشتر با هوا باشد، نهایتاً در داخل برج با سیس آب پیوسته می کشند (برج هاگ سیس دار) و یا ذرات پلاستیک یا سرامیک دارای سطح زیاد میسوم به آگنه (packing) قرار می دهند (برج هاگ آگنه) تا هوا و آب هر چه بیشتر با هم در تماس باشند.



با در گازاتور در شرایط ایده آل میزان غلظت کربن دی اکسید آزاد را تا 5ppm کاهش داد، ولی در عمل غلظت کربن دی اکسید در آب خروجی از در گازاتور پس از مقدار ذکر شده است. با در گازاتور نه فقط غلظت کربن دی اکسید آزاد بلکه همه گازهای ناخالص آب به جزء هوا (اکسیژن) هم کاهش می یابد. تا کدی که کربن دی اکسید آزاد برای آن است که اگر pH

روش های شیمیایی حذف گازها

حذف هیدروژن سولفید (H_2S)

مقدار هیدروژن سولفید آزاد (گازی) بستگی به pH آب دارد. برای حذف فیزیکی هیدروژن سولفید از روش هوادری استفاده می شود. برای حذف هر چه بیشتر هیدروژن سولفید با روش فیزیکی، قبل از هوادری، pH آب را با سولفوریک اسید یا کربنیک اسید تا حد امکان کاهش می دهند. با روش هوادری غلظت هیدروژن سولفید را می توان به حدود 1 ppm کاهش داد. برای حذف شیمیایی هیدروژن سولفید با آمونیاک از نظر استفاده می کنند. کلر هیدروژن سولفید را اکسید کرده و به سولفوریک اسید تبدیل می کنند:

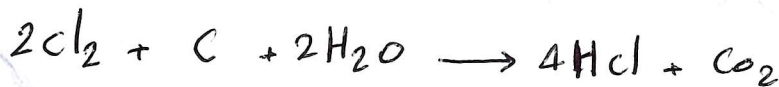


اسید حاصل توسط قلیائیت آب خنثی می شود.

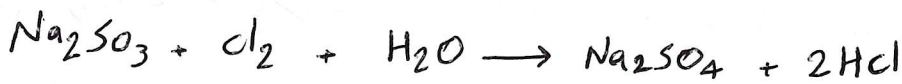
حذف کلر

حذف کلر باید قبل از واحد تصفیه یونی انجام شود چون کلر به خاطر داشتن قدرت اکسید کننده زیاد باعث عدم زدن به رزین ها تصفیه یونی می شود. برای حذف کلر از هیدروژن سولفید استفاده می شود:

۱. پودر زغال فعال را به تانک انعقاد ساز مخزن یونی کنند تا با کلر باقی مانده در آب ترکیب می شود. ولی معمولاً کلر را با فیلتراسیون حذف می کنند به این صورت که ذرات داخل فیلتر از زغال فعال انتخاب می کنند.



۲. می توان محلول سولفیت سدیم یا سولفیت سدیم را قبل از ورود به واحدهای تصفیه یونی به آب تزریق کرد.



این روش لرزان ترین روش است هر چند حذف کلر به طور صد در صد کامل انجام نمی شود.

فصل هشتم: رزین‌های تعویض یون

ویژگی‌هایی که استفاده از رزین‌ها را برای کاهش سختی آب مطلوب‌تر می‌کند عبارتند از:

1. مقدار رزین و کدریته آب خام کم باشد.

2. سختی آب بیشتر از نوع غیر کریاتر باشد (نیمه دائم).

3. سختی آب متغیر باشد.

4. حجم آب مصرفی کم باشد.

در شرایط زیر روش آهک و سودازن می‌تواند مطلوب‌تر باشد:

1. آب خام نیاز به صاف کردن (فیلتراسیون) داشته باشد.

2. بیشتر سختی آب از نوع نیمه موقت باشد.

3. حجم آب مورد نیاز و نیز سختی آن زیاد باشد.

رزین‌های تعویض یونی ذرات جامد هستند که می‌توانند یون‌های نامطلوب در محلول را با یون‌های مقدار کمی و آلاک از یون مطلوب با

بار الکتریکی مشابه جایگزین کنند.

در اثر تعویض یونی، کاتیون‌ها یا آنیون‌های موجود در محلول با کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در رزین تعویض می‌شوند و یون‌های

که هم محلول و هم رزین از نظر الکتریکی خنثی باقی می‌مانند.

برای آن که یک تعویض کننده یون جامد، مفید باشد، باید دارای شرایط زیر باشد:

1. خود دارای یون باشد.

2. در آب غرق محلول باشد.

3. فضای کافی در شبکه تعویض کننده وجود داشته باشد که یون‌ها بتوانند به سهولت در شبکه جامد رزین وارد یا خارج شوند.

اکثر رزین‌های تعویض یونی که در تصفیه آب به کار می‌روند رزین‌های شش‌ر هستند که با پلیمرهای اسید کربنات آلیکام حاصل می‌شوند.

انواع رزین‌های تعویضی یونی

رزین‌های تعویضی یونی را می‌توان به دو گروه بزرگ (الف) رزین‌های کاتیونی (-) و رزین‌های آنیونی تقسیم کرد که هر گروه شامل نوع ضعیف و نوع قوی می‌باشند. به طور کلی رزین‌های نوع قوی در یک محدوده وسیع pH و رزین‌های نوع ضعیف در یک محدوده کوچک از pH مناسب هستند.

رزین‌های کاتیونی قوی

رزین‌های کاتیونی قوی به صورت سدیم برای کاهش سختی آب به کار می‌روند. اگر R معرف همدی ساختار رزین بدون یون متحرک باشد، برای معمولیت در نوشتن، رزین را به صورت RNa نشان می‌دهند. در حذف سختی آب واکنش‌های زیر انجام می‌شود:



دیدیم که رزین‌های کاتیونی سدیم از نوع قوی نه فقط کاتیون‌های سختی آب بلکه همدی یون‌های فلزی را با سدیم تعویض می‌کنند. برای احیاء این نوع رزین‌ها کافی است که رزین را با آب نمک مستعدیم تا رزین به فرم اولیه خود یعنی RNa تبدیل شود.



* اگر آب از روی رزین‌های کاتیونی سدیم عبور داده شود مقدار زیر در آب تصفیه شده نسبت به آب ورودی کاهش می‌یابد یا افزایش؟

3. قلیائیت بدون تغییر

2. TDS افزایش

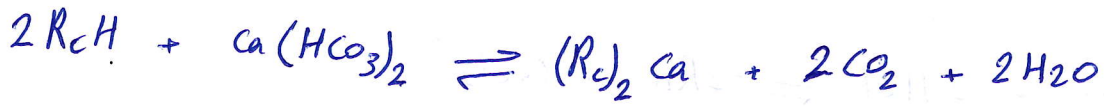
1. سختی کلسیم

رزین‌های کاتیونی هیدروژنی از نوع قوی قادر به جایگزینی کردن یون‌های فلزی با یون هیدروژن هستند. بنابراین همدی نمک‌ها را می‌تواند

در آب به اسیدهای مربوطه تبدیل می‌شوند.



اما در محیط های قلیایی ($pH > 7$) یون های فلزی را می توانند با یون H تعویض نمایند.



واکنش فوق را حذف قلیائیت (Dealkalizing) می نامند.



برای احیاء رزین های کاتیون ضعیف از هیدروکسید سدیم می توان استفاده کرد.

رزین های آنیونی ضعیف

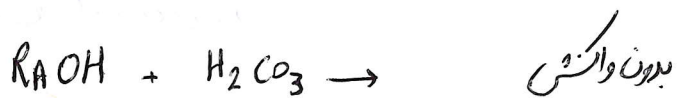
این رزین ها همانند رزین های کاتیون ضعیف عمل می کنند این رزین ها قادر به حذف اسیدهای معدنی چون HCl و یا H_2SO_4

هستند اما قادر به حذف اسیدهای ضعیف (با درجه یونیزاسیون کم) مثل کربنیک اسید یا سیلیسیک اسید (H_2SiO_3) نیستند این دلیل

این رزین ها را اغلب جاذب اسید (Acid adsorber) می نامند. بنیان رزین های آنیونی ضعیف را با R_A نشان می دهیم.

رزین های آنیونی ضعیف برای جذب مواد آلی بر رزین های آنیونی قوی برتری دارند چون در صورت استفاده از رزین های آنیونی قوی

مواد آلی باعث کلوکولاسیون آن ها می شوند.



یعنی این رزین ها عملاً جاذب هستند نه تعویض کننده.

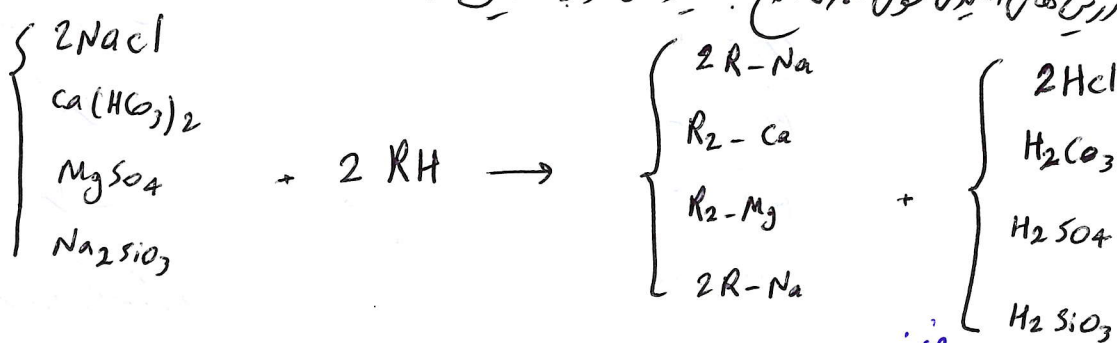
در موقع احیاء رزین های آنیونی ضعیف توسط یک محلول قلیایی، اسیدهای جذب شده توسط رزین با قلیا خنثی شده و به صورت نمک

خنثی آزاد می شوند.

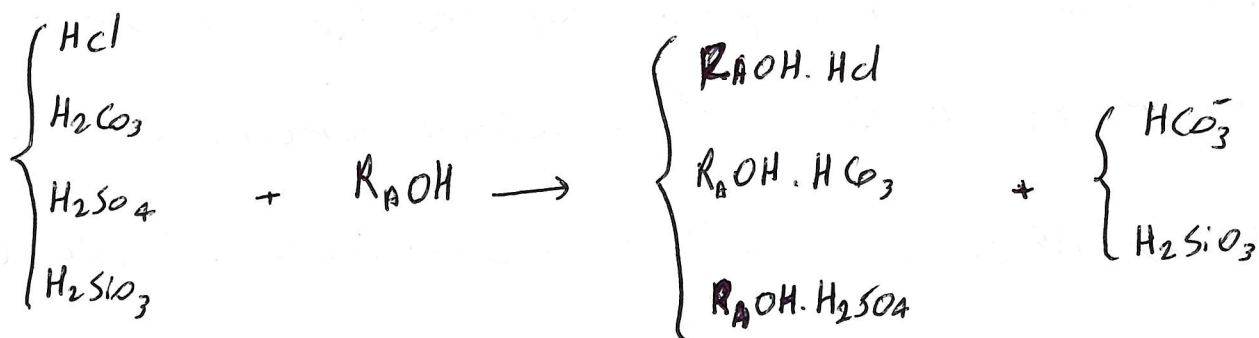


* اگر آب ابتدا از نمون رزین اسیدی قوی عبور داده شود سپس وارد ستون رزین آنیونی شود، آب بدون یون (Deionized) (water) تولید می شود چرا؟
ضعیف

در اثر عبور آب از ستون رزین های اسیدی قوی هیدرید لعل به اسید های مربوطه تبدیل می شوند.



حال اگر این آب از ستون رزین های آنیونی عبور کند همه اسید های که در ستون یونیزه می شوند جذب رزین آنیونی ضعیف می شوند.



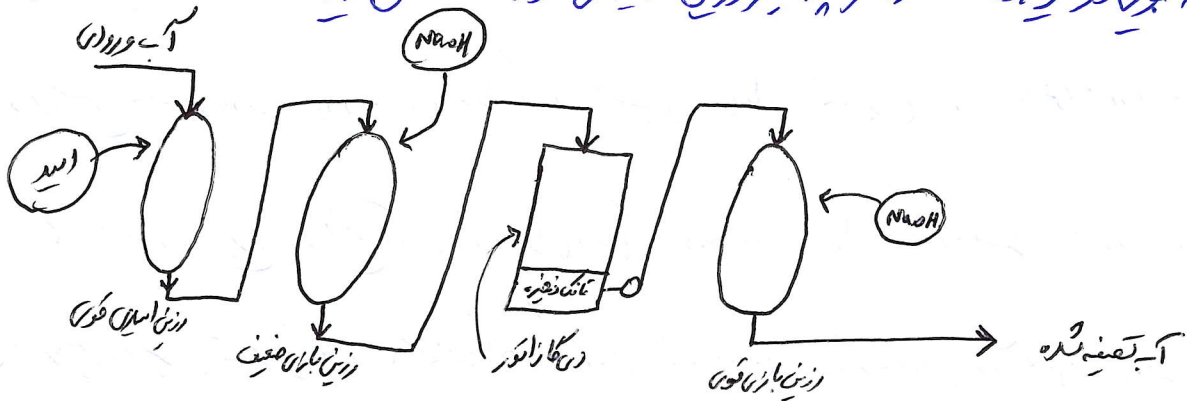
دیده می شود که همه ترکیباتی که می توانستند یونیزه می شوند جذب رزین آنیونی ضعیف شدند و همه اسید ضعیف چون H_2CO_3 که به مقدار کم یونیزه می شود جذب رزین می شود ولی اسیدی که بسیار کم یونیزه می شود (اسید سیلیک) بدون هیچ گونه تغییری در آب باقی مانده است. بنابراین آب تصفیه شده عملاً فاقد یون می باشد. هر چند که هنوز ناخالصی های غیر یونی چون سیلیک اسید دارد.

اگر آب معمولی از بستر رزین های کاتیونی عبور داده شود محمل ترین یون آب که ممکن است با هیدرید رزین تعویض می شود سدیم است چون ضریب گزینش سدیم توسط رزین هیدرید کمتر از هر کاتیون دیگر است و با همین استدلال می توان گفت که محمل ترین آنیون آب که ممکن است با هیدریدوکسل رزین آنیونی ضعیف تعویض می شود یون کلر است.

* محمل ترین یون نشسته از رزین کاتیونی و رزین آنیونی قوی چیست؟ محمل ترین کاتیون نشسته از رزین کاتیونی قوی، سدیم و محمل ترین آنیون نشسته از رزین آنیونی قوی، کلرید است.

استفاده از چند فیلتر رزین

برای صنایع خیلی بزرگ که آب تصفیه شده خالص زیاد نیاز دارند، به ویژه اگر غلظت آنیون هالی چون سیلیکا در آب زیاد باشد، برای صرفه جویی در هزینه ها استفاده از چند فیلتر رزین توصیه می شود مانند شکل زیر:



کاتیون های آب ورودی در ستون رزین اسیدی قوی با یون هیدروژن تعویض می شوند و در نتیجه یون های آب ورودی به اسید تبدیل می شوند. اسید های معدنی که کدیده شده در فیلتر دوم که حاوی رزین بازیافت ضعیف است جذب شده و از آب حذف می شوند. کربنیک اسید به صورت گاز کربنیک افسردید. در آن آید که در واحد هوازدگی از آب جدا می شود. در واحد رزین بازیافت قوی سیلیکا که به صورت سیلیسیک اسید درآمده جذب می شود. مزیت این روش در این است که بیشتر آنیون ها با رزین بازیافت ضعیف حذف می شوند که مانند اشیاء آن بسیار بالاتر از رزین بازیافت قوی است و در نتیجه در هزینه ها صرفه جویی می شود. کار رزین بازیافت قوی حذف اسید های ضعیف و نیز آنیون ها می باشد. آنیون های دیگر است.

اشیاء رزین ها را نکند هنوز انجام شود. اعتمادی که این است که از اسید مصرف شده برای رزین کاتیونی قوی، برای اشیاء رزین کاتیونی ضعیف که می توان آن را در ستون چهارم برای حذف نیستیدیم مکرر داد، استفاده کرد که در هزینه ها صرفه جویی بیشتری خواهد کرد.

استفاده از نوع رزین در یک فیلتر

یک روش موثر این است که در یک فیلتر هم از رزین نوع ضعیف و هم نوع قوی استفاده کرد. رزین نوع ضعیف سبک تر از نوع قوی است بنابراین در حین سئوری معکوس در زمان اشیاء به بالای بستر می آید و این کمک می کند که هر نوع رزین در لایه ای جداگانه قرار گیرد. مهم است که رزین های نوع قوی و نوع ضعیف طوری انتخاب شوند که اختلاف دانسیته آن ها ماکزیمم باشد.

نگهداری می شوند. اگر ظرف حاوی رزین به علت استفاده از قسمت از رزین باز شده باید دقت کرد که مجدداً بسته شود.
 برای انبار کردن طولانی رزین باید آن را به صورت اشیاء نگهداشت و در موقع استفاده آن را احیاء کرد. دانه های رزین ممکن است
 در اثر مخزن صدمه ببینند هر چند که ممکن است این ضایعات قابل مصلحت باشد ولی تأثیر آن در موقع استفاده در یک سرویس
 دیده می شود. دانه های رزین از 40 سانتیمتر خشک شدن رزین و کاهش رانندگی آن می شود.

تصفیه مقدماتی آب قبل از ورود به واحد تعویض یون

بعضی از مواد موجود در آب می توانند مضر و آلاینده واحد های تعویض یون باشند. از این رو برای سلاست کار واحد های تعویض یون
 معتبر است که این مواد مضر حذف شوند یا به صورت بی ضرر درآیند. مهمترین آلاینده ها عبارتند از:

اکثر آزاد

برای جلوگیری از رشد باکتری ها به آب کلرین زنده که معمولاً غلظت کلر آزاد در آب حدود 0.2 mg/l است. اگر غلظت کلر
 تا این حد کم باشد تأثیر سوء آن بر واحد های تعویض یون قابل چشم پوشی است ولی اگر غلظت کلر بیش از 0.5 mg/l شود در آن
 صورت ممکن است شبکه رزین را مورد حمله قرار دهد و باعث فرسایش فیزیکی (physical degradation) رزین ها گردد.
 برای از بین بردن مشکل کلر آزاد می توان آب را قبل از ورود به واحد تعویض یون از فیلتر های حاوی ذرات زغال فعال عبور داد
 و یا به سولفیت سدیم به آب اضافه کرد تا کلر آزاد تبدیل به یون کلراید شود که برای سالم ماندن رزین ها مثل سایر رایس نهای آورده.

2. مواد معلق و ریز

مواد ریز معلق می توانند باعث مسدود شدن حفره های سطح رزین ها شوند که در عمل منجر به کاهش رانندگی تعویض یون می شود. برای حذف
 این آلاینده ها معتبر است آب قبل از ورود به واحد تعویض یون از فیلتر گسی یا زغال فعال عبور داده شود.

3. آهن و منگنز

در صورت وجود هیدرات آهن و منگنز محلول در آب اکسید شده و به فرم هیدروکسید غیر محلول در آب اکسید و در نتیجه درون ذرات
 رزین رسوب کرده و باعث آلوده شدن رزین می گردند.

فصل نهم: کاربرد تکنولوژی غشاءها در تصفیه آب

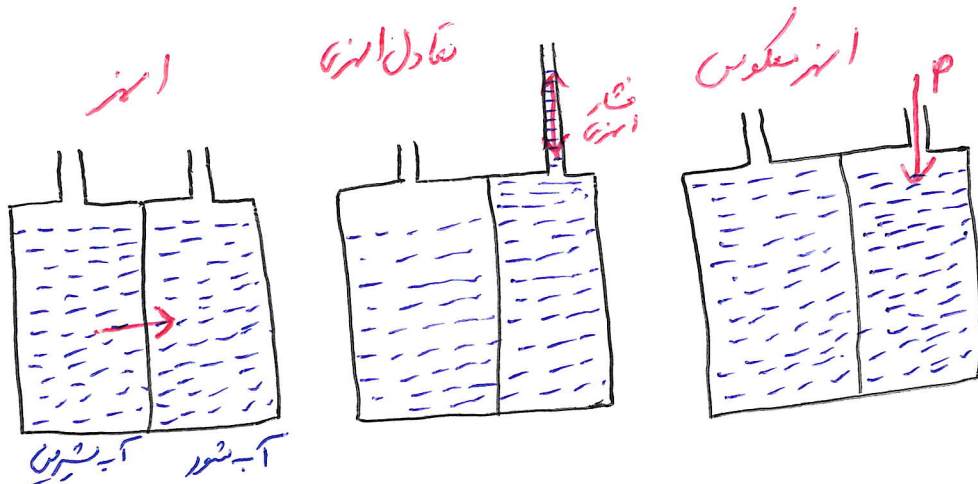
اسمز معکوس و الکترو دیالیز که هر دو از غشاء استفاده می کنند، در تکنولوژی تصفیه آب نقش مهمی دارند. در سطح جهانی پیش بینی می شود که اگر مشکل غشاءها در دهای زیاد حل شود محقق آب شیرین از آب دریا با روش اسمز معکوس اقتصاد خواهد شد.

اسمز معکوس

اسمز معکوس فرایندی فیزیکی است که می توان از محلول (حلال + ناخالص) به کمک یک غشاء نیمه تراوا، حلال تقریباً خالص تهیه کرد. به عنوان مثال به کمک این روش می توان از آب شور آب آلوده را تصفیه کرد. اسمز معکوس می تواند ۹۹٪ مواد معدنی حل شده، ۹۶٪ مواد آلی و کلونی های آب را حذف کند.

اساس کار اسمز معکوس

اگر یک غشاء نیمه تراوا (semi permeable) بین دو محلول با غلظت های متفاوت قرار گیرد، مقداری از حلال از یک طرف غشاء به طرف دیگر منتقل می شود. جهت حرکت حلال به گونه ای است که محلول غلیظ تر را رقیق نماید که این پدیده را اسمز (Osmosis) می نامند.



در شکل بالا، آب خالص از غشاء عبور کرده و وارد آب شور می شود. اگر به سیستم اهرار دانه شود تا به تعادل برسد

اسمز معکوس گاهی شبیه به فیلتراسیون است چون هر دو فرایند ناخالصی‌ها را از آب جدا می‌کنند. از این دو گاهی به اسمز معکوس، هایپرفیلتراسیون (Hyper filtration) می‌گویند.

در اسمز معکوس، آب خام (تصفیه شده) توسط پمپ به داخل محفظه‌ای که دارای غشاء نیمه تراوا می‌باشد، رانده می‌شود.

چون تقریباً فقط آب خالص می‌تواند از غشاء عبور کند به این صورت آب تقریباً خالص در یک طرف غشاء و آب

تقلیل شده از ناخالصی‌ها در طرف دیگر خواهیم داشت. اسمز معکوس به طور پیوسته کار می‌کند و می‌تواند TDS آب خام

را تا ۹۹٪ کاهش دهد. در عمل کاهش TDS تا ۹۵٪ طبیعی است. حذف باکتری‌ها، ویروس‌ها و دیگر میکروب‌ها

با اسمز معکوس صد درصد است. اما به علت عدم آب نهی کامل سیستم اسمز معکوس مقدار کمی از این گونه ناخالصی‌ها

در آب تصفیه شده، ممکن است دیده شود.

اسمز معکوس برابر تحفه آب است اما این که حاوی املاح معدنی زیاد و ناخالصی‌های آلی می‌باشد

بسیار مناسب است و حتی قادر است که از آب دریا با 5000 ppm ناخالصی و آب‌های شور، آب آشامیدنی

تحفه کند. این روش برابر تحفه آب‌های معمول با TDS حدود 500 ppm یا بیشتر، یک روش کاملاً مطمئن

محسوب است. اسمز معکوس را می‌توان در داروهای ویزیکل جایگزینی روش تقطیر برای تولید آب خالص و عاری

از میکروارگانیسم‌ها کرد.

درباره غشاهای عبوری از غشاء

تعداد میکروپل‌های حلال عبور کننده از غشاء متناسب با اختلاف فشار در دو طرف غشاء «DP»

دارائتہ باشد و از حد مجسمه در برابر تغییر pH مقاوم باشد. به عنوان مثال مشرب فته شده با اسات سلولز

در محدوده pH 3-8، زیر اسات سلولز حدود pH 2-9 و پلی آمید حدود pH 2-11 کار می کنند.

تفسیر مقدماتی برای جلوگیری از آلودگی غشاء برای هر نوع دستگاه اسبزمکوس لازم است. از جمله آلودگی غشاء می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) رسوب بکتر فتک غشاء

رسوب بکتر فتک ناشی از به اسبماع رسیدن بعضی از غش های محلول در آب ورودی به دستگاه اسبزمکوس است. مهمترین

اجزای رسوب روی غشاء معمولاً کلیم کریباست و باید بایه کاربرد در روش های مثل کاهش سختی آب ورودی با

آهک زنی یا استفاده از رزینی های سدیم و یا تنظیم pH (اسید کردن) آب ورودی با تزریق اسید و در نتیجه کاهش pH

و تبدیل بیون کریباست به بیون بکریباست و بتوان از بروز مشکل کلیم کریباست جلوگیری کرد. یک راه دیگر این است که درصد

تغلظت را محوری تنظیم کنیم که عملاً این غش ها به حد اسبماع نرسند (با افزایش دبی و با آب شور و کاهش دبی آب تصفیه شده).

اما کاهش غلظت بیون سولفاست عملاً غیر ممکن است. بنابراین برای جلوگیری از به اسبماع رسیدن سولفاست کلیم یا

باید دبی آب تغلیظ شده را فوراً از دستگاه را افزایش داد و یا باید مواد ممانعت کننده (inhibitor) مثل سدیم

هگزامتافناست (SHMP) به آب ورودی دستگاه تزریق کرد. مواد ممانعت کننده بسیار این خاصیت را

دارند که می توانند لایع اسبماع شده سولفاست کلیم را به حالت محلول نگه دارند. مقدار مادی ممانعت کننده

بسیار لازم معمولاً کم و حدود 10 ppm است.

به واحد های تعویض یون استفاده کرد.

• اگر TDS آب ورودی کمتر از 400 ppm باشد و گاهی TDS آب تا حدود 10٪ مورد قبول باشد در آن

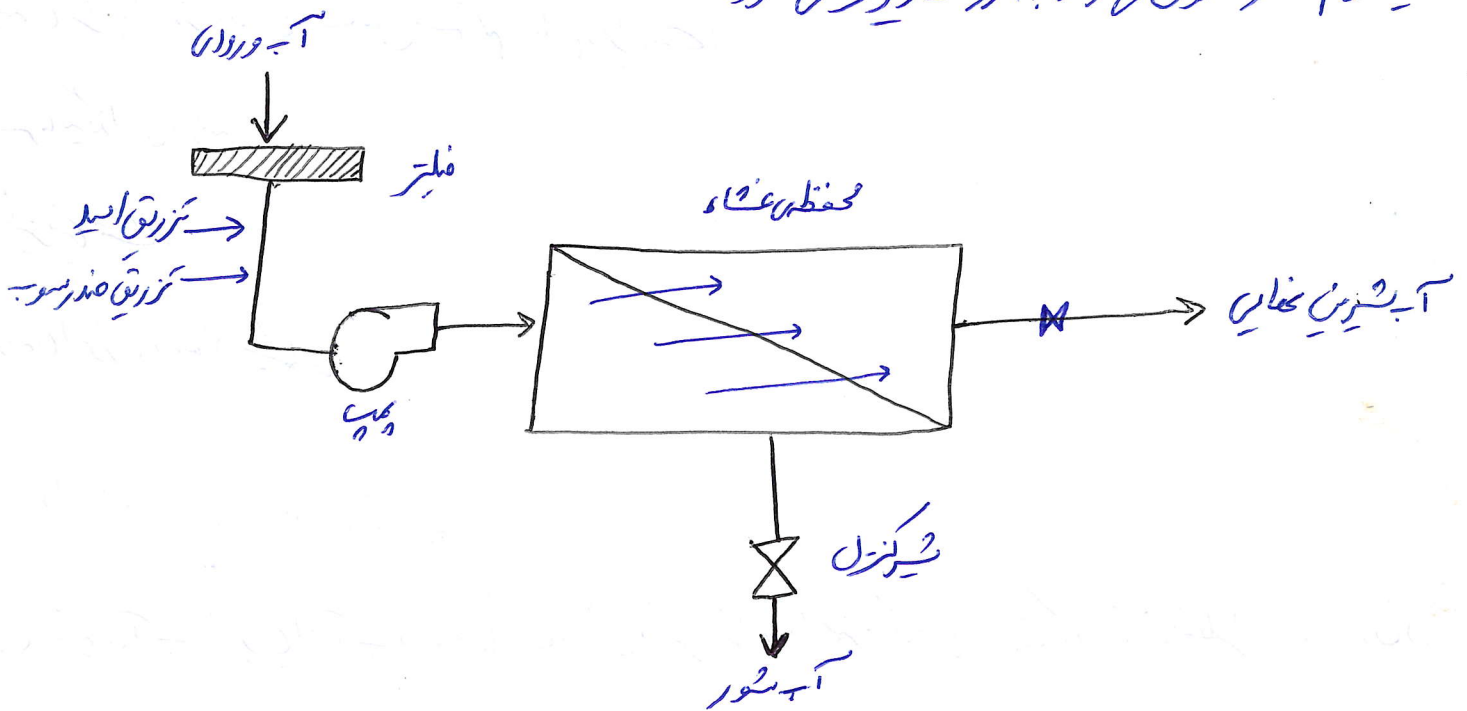
صورت اسمز معکوس بسیار اقتصادی تر از واحد های تعویض یون خواهد بود.

• برای آب خام بدون توجه به مقدار TDS اگر مقدار مواد آلی بیشتر از 15 g/l باشد و یا سیلیکات کلرید زیاد باشد

اسمز معکوس می تواند برای تصفیه و مقدمات آب ورودی به واحد تعویض یون به کار رود.

• مشکل ایجاد کردن و نیز سروکار داشتن با مواد شیمیایی در مورد اسمز معکوس خیلی کمتر از تعویض یون است.

نکته: سیستم اسمز معکوس می تواند به صورت زیر طراحی شود:



سیستم اسمز معکوس صنعتی پیچیده تر از سیستم بالا می باشد. در واقع کنترل فشارها در نقاط مختلف یک عامل مهم در بهبود کیفیت

کار اسمز معکوس می باشد که باید بصورت کنترل شود.

در شکل صفحه قبل، معوضات کاتیون و A معوضات آنیون است. ملاحظه می شود که منبع آنیون کاتد
 تعدادی معوضات کاتیون و آنیون به ترتیب قرار داده شده اند. اگر آنیون کاتد به یک منبع برق مستقیم وصل شوند، اختلاف ولتاژ
 آنیون کاتد باعث می شود که کاتیون ها به طرف کاتد و آنیون ها به سمت آن حرکت کنند. مقدار منبع دو معوضات غیر هم نام را یک سل
 می نامند. اگر سل شامل معوضات 1 و 2 را در نظر بگیریم، کاتیون باید به سمت راست حرکت کند. در طرف راست این سل، معوضات
 آنیون است که یون مثبت نمی تواند از آن عبور کند. بنابراین کاتیون ها در سل باقی می ماند. از طرفی آنیون ها را این سل
 باید به طرف آن حرکت کند ولی در طرف چپ با معوضات کاتیون برخورد می کند که به آنیون ها اجازه عبور نمی دهد بنابراین از
 یون ها آب خام ورودی به این سل نه فقط هیچ یون کم نمی شود بلکه آنیون ها و کاتیون ها در سل ها مجاور نیز وارد سل
 مورد نظر می شوند.

اگر سل شامل معوضات 2 و 3 در نظر گرفته شوند، ملاحظه می شود که آنیون ها آب داخل این سل به طرف سمت
 چپ حرکت می کنند و چون معوضات 2 آنیون است و بالطبع آنیون ها را از خود عبور می دهد پس آنیون ها وارد محلول سل
 مجاور می شوند و به همین صورت کاتیون ها را این سل به سمت راست حرکت می دهد و باعث کاتیون ها به خود جذب می کند که
 می تواند از آن معوضات عبور کرده و وارد محلول سل مجاور شوند. بنابراین دیده می شود که در الکترودهای از یون ها آب بعضی
 از سل ها گاسته شده و آب تصفیه می شود ولی در سل مجاور آن به یون ها آب خام افتردن می شود و محلول غلیظ از
 یون ها حاصل می شود.

نکات قابل توجه در الکترودهای عبارتند از:

۱. عامل تصفیه در الکترودهای برقی مستقیم است.

2. هر چه فاصله سل کمتر باشد مقاومت الکتریکی کمتر می شود و در نتیجه در هتزیه ی برق مصرفی می شود.

3. هر چه فاصله سل کمتر باشد برای تقصیه مقدار معینی آب به تعداد سل های بیشتر نیاز است. در عمل نزدیک دستگاه الکترودالیز ممکن است تا حدود 500 جفت سل داشته باشد.

4. هر چه تعداد یون های آب تقصیه شده کمتر باشد (آب خالص تر باشد) مقاومت الکتریکی بیشتر می شود و هتزیه ی برق کمتر می شود. باید بنابراین تقصیه ی آب کاملاً خالص و بدون یون ناخالص با الکترودالیز عملاً غیر اقتصادی می باشد زیرا که مقاومت الکتریکی آب معطر بسیار زیاد است.

5. در الکترودالیز فقط می توان یون های آب را کاهش داد. بنابراین ذرات معلق بدون بار و یازنگ آب را نمی توان با الکترودالیز عبور بخشید.

6. شدت جریان لازم در الکترودالیز مستقیماً بستگی به تعداد یون های دارد که از غشاء عبور می کند.

حد اکثر جریان مجاز در الکترودالیز موقعی است که غلظت کاتیون ها در سطح غشاء به صفر برسد. بنابراین در الکترودالیز وقتی شدت

جریان دستگاه از حد اکثر جریان مجاز بیشتر می شود، بازدهی فرایند به شدت کاهش می یابد، چون مقاومت الکتریکی بسیار زیاد می شود.

نظارت داریم که در حد اکثر جریان مجاز تغییر ناگهانی هم در مقاومت الکتریکی و هم در pH (به دلیل تجزیه ی آب توسط برق) آب

تقصیه شده داشته باشیم. حد اکثر جریان، تعقیب گسترده ی حداقل سطح غشاء الکترودالیز است.

اگر غلظت یون ها در آب ورودی به الکترودالیز خیلی کم باشد در آن صورت غلظت یون ها در آب خیلی کمتر از غلظت

مگروه های باردار موجود در سطح غشاء می باشد. بنابراین غشاء الکترودالیز، تراوا نسبت به یون های با بار مخالف و تتریا

فصل دهم: مقایسه روش‌های پیرفته تصفیه آب

۱. مقایسه از نظر هزینه تصفیه

از نظر مودینا یکی هر روش تصفیه ای که برای جداسازی به کار رود مستلزم معرفت یک حداقل انرژی است اما در عمل به علت برگشت ظنیز بودن فزایندها، معرفت انرژی بسیار بیشتر از حداقل انرژی است.

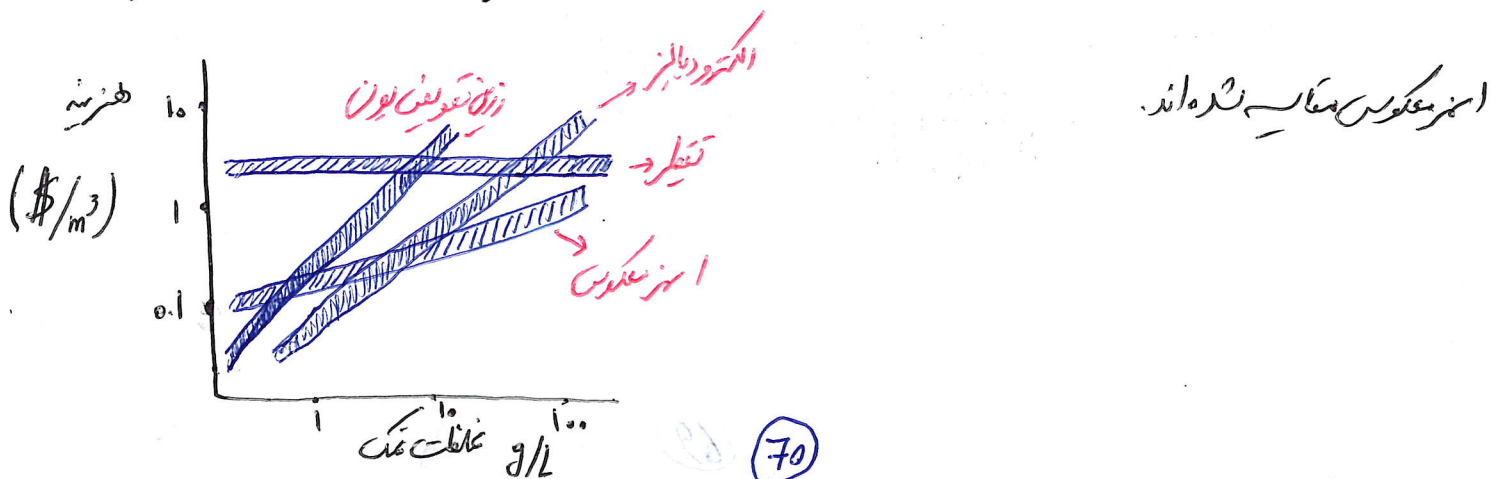
برای حذف یون‌ها از آب علاوه بر الکترودیاالیز روش‌های دیگری مثل اسمز معکوس، رزین‌های تعویض یونی و تقطیر هم مطرح هستند.

در اسمز معکوس، مولکول‌های آب هستند که از غشاء عبور می‌کنند در حالی که در الکترودیاالیز یون‌های مایه حل شده (ناخالص) هستند که از غشاء عبور می‌کنند. چون اتلاف انرژی ناشی از برگشت ناپذیر فزایندها بیشتر به علت اصطکاک

یون‌ها با دیواره‌ی حفره‌های غشاء می‌باشد بنابراین می‌توان انتظار داشت که هر چه ناخالصی بیشتر باشد اتلاف انرژی

در الکترودیاالیز بیشتر از اسمز معکوس است چون در اسمز معکوس ناخالصی‌ها از غشاء عبور نمی‌کنند.

در فزاینده تقطیر، ناخالصی هم یون‌ها و هم ذرات بدون بار و تعدادی شیمی هم اکسید در حالی که الکترودیاالیز فقط قادر به جداسازی یون‌ها می‌باشد. در شکل زیر هزینه‌های مختلف جداسازی به چهار روش رزین‌های تعویض یونی، الکترودیاالیز، تقطیر و



3. مقایسه از نظر کیفیت آب ورودی:

الف) تقطیر: در این روش می توان از هر نوع آب (آب شیرین، آب شور، آب دریا) استفاده کرد. برای جلوگیری

از ایجاد رسوب سخت در داخل دستگاه معمولاً تصفیه مقدماتی آب ورودی برای حذف شش نوعی می شود.

ب) رزینی های تعویض یونی: پس از تصفیه مقدماتی آب ورودی، آب هایی که کل جامد محلول آن ها از 700 ppm کمتر باشد در این روش به صورت موثر و اقتصادی با این روش تصفیه کرد. و اگر TDS بیشتر از 1000 ppm باشد

استفاده از روش های دیگر چون اسمز معکوس و الکترو دیالیز توصیه می شود.

ج) اسمز معکوس: پس از حذف مواد معلق و تصفیه مقدماتی، اسمز معکوس قادر است که از آب دریا تا 5000 ppm ،

آب شور و نیم شور چاه ها، آب های معدنی تهیه نماید.

د) الکترو دیالیز: آب های شور تا 7000 ppm را هم می توان با این روش تصفیه کرد. اما آب هایی که TDS آن ها حداکثر 2000 ppm است را می توان با رانندگی اقتصادی خیلی خوب تصفیه کرد.

4. مقایسه از نظر مواد کاربرد

الف) تقطیر: برای تهیه آب مقطر در کارگاه ها، تهیه آب مطلوب در پزشکی و نیز تولید آب های معدنی از آب

دریا یا شور و روش تقطیر به کار می رود.

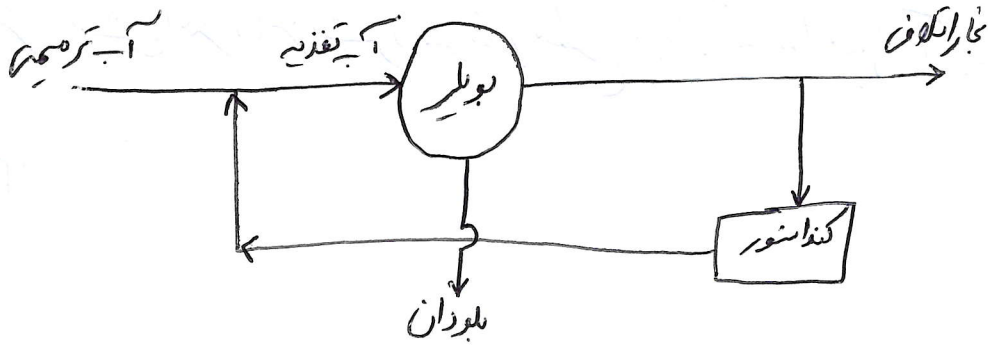
ب) رزینی های تعویض یونی: این روش یک روش ترجیحی برای تهیه آب با کیفیت بالا از آب شور، سبک کردن

آب، تهیه آب تغذیه بوئیلرها، تهیه آب های پالایشگاه ها، صنایع شیمیایی، صنایع کاغذ، صنایع غذایی و آب های معدنی

صنایع دارویی و الکترونیکی و نیز در امور آموزشی و پژوهشی است.

فصل بازرہم: کنٹرل کیفیت آب بولیر (دیگ بخار)

در انواع مختلف بولیرها، آب در مدار چون مدار سارہ زیر در گردش است.



س مشکل عمدہ این کہ بہ خاطر کیفیت آب بولیر بہ وجود آید عبارتند از:

- مشکل رسوب گرفتگی
- مشکل خوردگی
- مشکل حمل قطرات آب بولیر توسط بخار

برای کنترل این س مشکل س روش اساسی بہ شرح زیر معمول است:

(1) تصفیہ خارجی: در آب گرم بہ بولیر و نیز آب کندانسہ ناخالصی ہا چون لملع سختہ اور، سیلیکا و گازہا را حذف و با بہ حداقل گامش مں دہند بہ طور کلی ناخالصی ہا در آب تغذیہ بولیر باید بہ حداقل ممکن گامش یابند.

(2) تصفیہ داخلی: با تزریق مواد شیمیایی مناسب بہ آب تغذیہ بولیر و آب بولیر و نیز تصفیہات مکانیکی و کلا س

احمال را تحت کنترل درں آوردند.

ج بلودان: با خارج کردن قسمتی از آب تغلیظ شدہ بولیر و جانشین کردن آب گرم، شدہ تغلیظ رڈن ناخالصی ہا

3. بخار آب ساینده (آب برگشتی یا کنده) از نظر نوع ناخالصی با آب خام کاملاً فرقی نکند. لذا این دو روش تصفیه کردن آب خام متفاوت است.

تصفیه آب برگشتی (کنده)

ناخالصی‌های آب برگشتی عبارتند از:

• کریستال‌های حاصل از خوردگی: کریستال‌های ویدرکسید محلول آهن و مس

• کریستال‌های اکسید: حاصل از تجزیه اسیدهای کربنیک و آل در آب تغذیه

• نمک‌های معدنی: ناشی از آب سخت که در اثر سوراخ شدن از لوله‌های کنده‌سور وارد آب برگشتی شده‌اند.

• سیلیکا: که معمولاً در بخار بویلر تغلیظ می‌شود.

• آمونیاک: که ممکن است برای کنترل pH به آب بویلر اضافه کرده باشند و یا از تجزیه هیدرازین تولید شود.

• مواد معلق: ناشی از خوردگی مثل محصولاتی غیر محلول خوردگی (چون اکسید آهن)

دید می‌شود که آب برگشتی از نظر ناخالصی مشکلات خاص خود را دارد. تصفیه آب برگشتی از ناخالصی‌ها را

اصطلاحاً حلاله در آب کنده (Condensate polishing) می‌گویند. در حلاله در آب کنده دو کار باید انجام داد:

هم فیلتراسیون برای ذرات معلق و هم تعویض یون برای حذف نمک‌های محلول

برای سیستم برای حلاله در آب کنده معمول است:

1. حلاله در با رزین کاتیونی سدیم: در این سیستم از رزین کاتیونی نوع قوی سدیم استفاده می‌شود که هم کار فیلتر را

انجام می‌دهد و هم کاتیون‌های محلول در آب کنده را با یون سدیم تعویض می‌کند. چون فقط از رزین کاتیونی استفاده

ج) کنترل اکسیرن محلول

اکسیرن محلول در آب تغذیه بویلر را معمولاً در تصفیه خارج از سیستم توسط هوازدایی روش مکانیکی از آب حذف می‌کند اما اولاً به خاطر آنکه هوازدایی عمل نمی‌تواند خلط اکسیرن را به حد مطلوب کاهش دهد و ثانیاً به خاطر نشت هوا به داخل

بعضی از اجزاء سیستم انتقال آب بویلر، همواره مقدار اکسیرن محلول در آب خالص داشت. اکسیرن می‌تواند در ماه‌ها

بالا باعث خوردگی شود که مختبر با آن خوردگی موضعی (Pitting) است که در آن قسمت‌های بسیار کوچکی از

فلز مورد حمله قرار می‌گیرد. بنابراین برای تکمیل حذف اکسیرن به روش مکانیکی باید از روش شیمیایی هم برای حذف

اکسیرن اقدام کرد

برای حذف شیمیایی اکسیرن محلول در آب از مواد مختلف می‌توان استفاده کرد. یکی از این مواد سولفیت سدیم است که به خاطر

ارزان بودن و سهولت کاربرد، زیاد معروف می‌شود. واکنش حذف شیمیایی اکسیرن توسط سولفیت سدیم به صورت زیر است:



برای اطمینان از حذف کامل اکسیرن لازم است که همیشه در آب بویلر مقدار سولفیت سدیم به صورت باقی‌مانده وجود

داشته باشد. استفاده از سولفیت سدیم در فشارها بالا (دو عیب دارد): اول آنکه این ماده باعث افزایش TDS می‌شود

که در بویلرها، پائین نگه داشتن TDS بسیار مهم است. ثانیاً در فشارها زیاد سولفیت سدیم میل به تجزیه به دی‌اکسید سولفور

SO_2 و هیدروژن سولفور H_2S دارد که هر دو گاز اسیدی بوده و باعث پائین آمدن pH و در نتیجه منجر به خوردگی

می‌شود.

۱) کنترل پدیده های کف کردن، غفل کردن و حمل قطرات مایع توسط بخار

کف کردن: تولید حباب هوا در آب، کف می تواند فقط روی آب باشد و با تمام حجم بویلر را پر کند. در هر صورت، کف -

کردن باعث می شود که بخار توسط مقدار قابل توجهی از آب بویلر آلوده شود.

غفل کردن: عبارت است از پاشیدن تکه های آب به فضای داخل بویلر که باعث آلوده شدن بخار می شود.

اگر مقدار لازم مواد جامد در آب به صورت رطوبت همراه بخار آب بویلر را ترک نکند، این پدیده را حمل قطرات مایع توسط بخار می گویند.

انتقال قطرات مایع توسط بخار مشکل است که ممکن است هم به خاطر مسائل مکانیکی و هم شباهت اتفاق افتد. طراح

نامناسب بویلر، بالا بردن سطح آب در داخل بویلر و تغییرات ناگهانی حجم آب بویلر، از جمله مهمترین علل مکانیکی ایجاد پدیده

حمل قطرات مایع توسط بخار است. علل شباهت مهم سرور در ایجاد این پدیده ها عبارتند از: زیاد بودن TDS، بالا بردن

قلیائیت و وجود مواد روغنی در آب، برای این که این پدیده ها تحت کنترل در آیند باید علل مکانیکی و شباهت آن ها را از

بین میریم. مثلاً از قلیائیت زیاد در آب بویلر جلوگیری کنیم و یا TDS را کاهش دهیم و یا مواد ضد کف به آب بویلر اضافه

کنیم.

۲) کنترل غلظت سود

غلظت سود سوزا در آب بویلر باید تحت کنترل باشد چون سود باعث نوعی شکستگی بین کربنالی موسوم به شکستگی

قلیایی در فولاد بویلر می شود. این پدیده وقتی رخ می دهد که فولاد کربن دار در تماس با آلوده حضور سود سوزا و تحت

پس از آن که غلظت ناخالص خاص زردتر از دیگر ناخالصها به حد مجاز رسد، مقدار معینی از آب بویله خارج می شود و با جابجایی کردن آب تغذیه، ناخالصها رقیق می گردند. در حالت پیوسته بطور مقدار معینی از آب تغذیه شده از بویله خارج می شود. بلوران منقطع پره نیزه تر و کم اثرتر از بلوران پیوسته است.

سوال چرا در توربین نیروگاه های بخار مشکل سیلیکا بیشتر از کربنات کلسیم و یا سولفات کلسیم مطرح است؟
 حلالیت کربنات کلسیم و سولفات کلسیم بارها کاهش می یابد در حالی که حلالیت سیلیکا بارها افزایش می یابد.
 بنابراین خرابی کولدر در بویله عاری از کربنات کلسیم و سولفات کلسیم و حتی از سیلیکا است.

مواد آلی با چیدن به سطح سلول می‌توانند باعث کاهش تأثیر ماده ضد عفونی کننده شوند و به علاوه ترکیب ماده ضد عفونی کننده با ماده آلی ممکن است منجر به ترکیباتی شود که خاصیت میکروب کشی کمتری داشته و یا اصلاً خاصیت میکروب کشی نداشته باشند. ترکیبات مثل آهن، منگنز، هیدروژن سولفور به خاطر آن که به راحتی اکسید می‌شوند به علت معرف ماده ضد عفونی کننده باعث کاهش رانده می‌شوند. مواد ضد عفونی کننده چون کلر ابتدا با این گونه ترکیبات معدنی واکنش می‌دهند و پس در غلظت میکروارگانیزم ها حرکت می‌کنند.

pH - چون می‌تواند در رفع واکنش ماده ضد عفونی کننده اثر بگذارد، از این رو عملکرد آن در لایه بیرون باکتری ها موثر است. مثلاً موثرترین فرم کلر برای باکتری کشی، فرم اسید هیپوکلریت می‌باشد که محیط مناسب برای آن در pH های کمتر از 7 است.

ویژگی باکتری کشی کلر با کاهش pH افزایش می‌یابد در حالی که خاصیت اکسید کننده کلر برای ترکیباتی چون Mn^{2+} ، H_2S و Fe^{2+} و CN^- معمولاً با افزایش pH، افزایش می‌یابد.

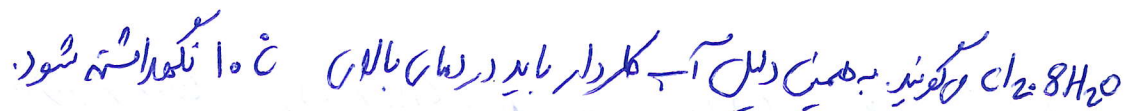
تری هالوسان ها

تری هالوسان ها (THM) معمول ترین محصول فرعی حاصل از کلرزنی آب های آلوده هستند و غلظت

آنها از دیگر مواد آلاینده بسیار است. تری هالوسان ها معرف ترکیبات مختلفی هستند که از جابلیزنی آنها می‌باشد

هالوژن (F, Cl, Br, I) به جای هیدروژن مولکول سنان حاصل می‌شوند

آب اسباع از کلر در دما حدود 20°C تا 40°C که به آن کلر (chlorine ice) یا هیدرات کلر با فرمول



خاصیت ضد عفونی کننده اسید هیپوکلریت بیشتر از یون هیپوکلرات در کواتر هیدرات است ولی در درازمدت اثر ترکیبی دارند.

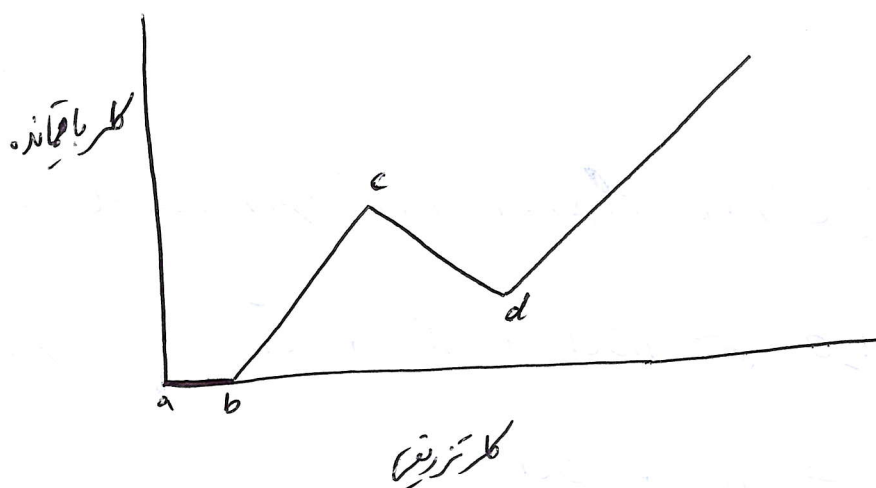
در صنعت به کلر آزاد، اسید هیپوکلریت و یون هیپوکلرات مجموعاً « کلر آزاد موجود (Free available chlorine) » میگویند.

در حال که کلر به صورت کلروآمین را « کلر ترکیبی موجود (combined available chlorine) » می نامند. تفاوت اصلی

کلر آزاد موجود با کلر ترکیبی موجود در این است که کلر ترکیبی باید از کلر آزاد است هر چند که ضعیف تر از کلر آزاد

ضد عفونی می کند.

در آب های که حاوی آمونیاک است، غلظت کلر باقی مانده در آب به صورتی شکل زیر تغییر می کند.



مقدار کلر تزریق (بهره حاصله) $a-b$ صرف اکسید کردن مواد چون Fe^{2+} و یا H_2S می شود. در فاصله $b-c$

کلر تزریق با آمونیاک ترکیب می شود و تولید انواع مختلف کلروآمین می کند.

نمک استفاده کرده که ها آب ژاول (NaOCl) است. کار با کلر جامد و یا مایع کلر به مراتب ایمن تر است از کار با گاز کلر است. هر چند که قیمت پر کلرین چند برابر کلر است.

پر منگنا =

پر منگنا = بسیار از ویرگی ها، خوب یک ضد عفونی کننده را داراست. کاربرد اختصاصی آن در کنترل یبوست مزه، آب و نیز حذف آهن و منگنز است چون پر منگنا = هاشد اورزون در اثر تریقی به آب ایجاد یبوست مزه نمی کند، به علاوه در اثر اکسیداسیون به در اکسید منگنز (MnO_2) تبدیل می شود که خود یک جاذب سطحی به انعقاد ذرات کثیف می کند، به طور کلی به خاطر قیمت بالای پر منگنا = معمولاً برای مصارف کم توصیه می شود.

اوزون

اوزون را می توان قوی ترین ضد عفونی کننده دانست. با این ویرگی خوب که بسیار سریع عمل می کند ولی در عین حال اثر آن زود گذر است و نمی تواند چون کلر باقی ماند. پاسدار خوبی برای عدم آلودگی احتمالی آب در شبکه آب است. باید کشور فرانسه در تولید اوزون صاحب تکنولوژی است.

اوزون انتخاب عمل نمی کند و هم در مایعات موجود در آب، چه مفر و چه در خطر توسط اوزون اکسید می شود. حتی بعضی از باکتری ها، بیماری زا که در برابر کلر زنی مقاومت می کنند، با اوزون به راحتی از بین می روند.

تولید اوزون در اثر تخلیه الکتریکی در حوضچه اکسیرن است و باقی مانده آن در آب تصفیه شده، اکسیرن است.

