



به نام خدا

## طرح استفاده از ازن در صنعت کاغذ و مقوا سازی

جهت کاهش بار میکروبی و سفید سازی خمیر و

کاهش پارامترهای آلودگی پساب خروجی از تصفیه خانه

### با استفاده از ازن ژنراتورهای صنعتی دائم کار

### شرکت ازن تجهیز



## بررسی عملکرد گاز ازن:

ازن که فرم سه اتمی اکسیژن می باشد، به عنوان یک اکسیدکننده قوی به شمار می رود. عملکرد آن مطابق با اصول بهداشتی می باشد و قادر به از بین بردن میکروارگانیسم های متعدد بدون در نظر گرفتن ماهیت آن از طریق اکسید کردن غشاء سلولی می باشد. شواهد علمی نشان می دهد که ازن می تواند طیف وسیعی از پاتوژن های بالقوه از جمله باکتری، انگل، اسپور، کپک و مخمر ها را بسیار موثرتر از کلر از بین ببرد. ازن برخلاف بسیاری از مواد ضد عفونی کننده ها تاثیر منفی روی محیط زیست ندارد به دلیل اینکه به طور سریع به اکسیژن ( $O_2$ ) تبدیل می شود و هیچ باقیمانده شیمیایی به جای نمی گذارد.

می توان گفت که تقریباً در تمام صنایع غذایی از ازن برای استریلیزاسیون و ضد عفونی و بالا بردن زمان ماندگاری استفاده می شود. واکنشهای ازن با میکروارگانیسم های مختلف، در سیستمهای آبی به دو روش، واکنشهای مستقیم ازن مولکولی و وجود رادیکالهای آزاد حد واسط صورت می گیرد. در این رابطه دلایل اصلی از بین رفتن باکتریها به وسیله ازن که توسط محققین ارائه شده عبارتند از:

۱) حمله مولکولی ازن به باند های دوگانه غیر اشباع چربی ها در سطح سلول باکتری

۲) از بین رفتن لایه های لیپوپروتئین و لیپوپلی ساکراید و در نهایت تغییر در نفوذ پذیری و تجزیه سلول

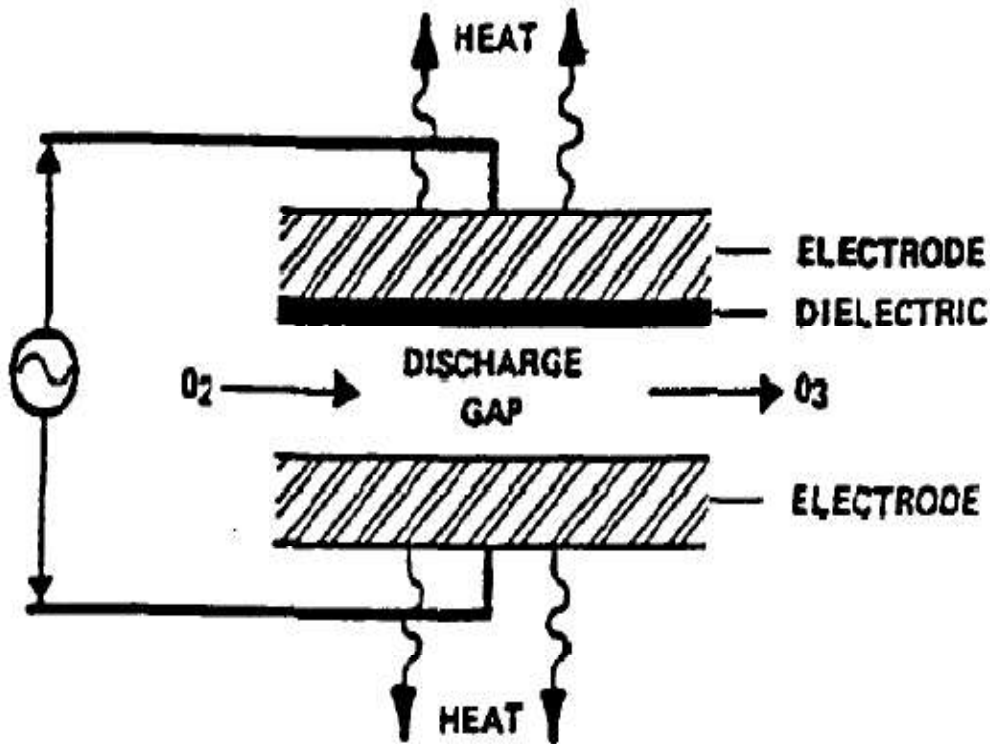
۳) انعقاد پروتئین های سلولی، تخریب آنزیمها و تبدیل S-S به H-S و در نهایت مرگ سلول

۴) تخریب مواد ژنیتیکی سلول

ازن هم اکنون در جهان به عنوان ضد عفونی کننده پیشرو در زمینه های آب آشامیدنی، آب معدنی، هوا، استخر، محصولات کشاورزی، انبارها، سردخانه ها، کانتینرهای حمل مواد غذایی، سطوح، سالن ها، صنایع لبنی، کارخانه های مواد غذایی، خطوط تولید، تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی و بسیاری زمینه های دیگر شناخته شده است. برای کاهش بار میکروبی و تصفیه کامل آب مصرفی، دستگاه ازن جایگزین کلر جهت استریل کردن آب با قدرت اکسید کنندگی بالاتر استفاده می گردد که با استفاده از این روش می توان عوارض جانبی ناشی از آن، زمان طولانی ضد عفونی کردن و محدودیت های عملی آن را به نوعی کاهش داد.



ژنراتور ازن از روش CORONA DISCHARGE برای تولید ازن با عبور هوا از یک میدان الکتریکی خیلی قوی که باعث جدا شدن مولکول دو اتمی اکسیژن ( $O_2$ ) به دو اتم برانگیخته ( $O^-$ ) می شود که به خاطر ناپایداری اش به آسانی به اتمهای اکسیژن دیگر ترکیب می شود و تشکیل ازن می دهد.

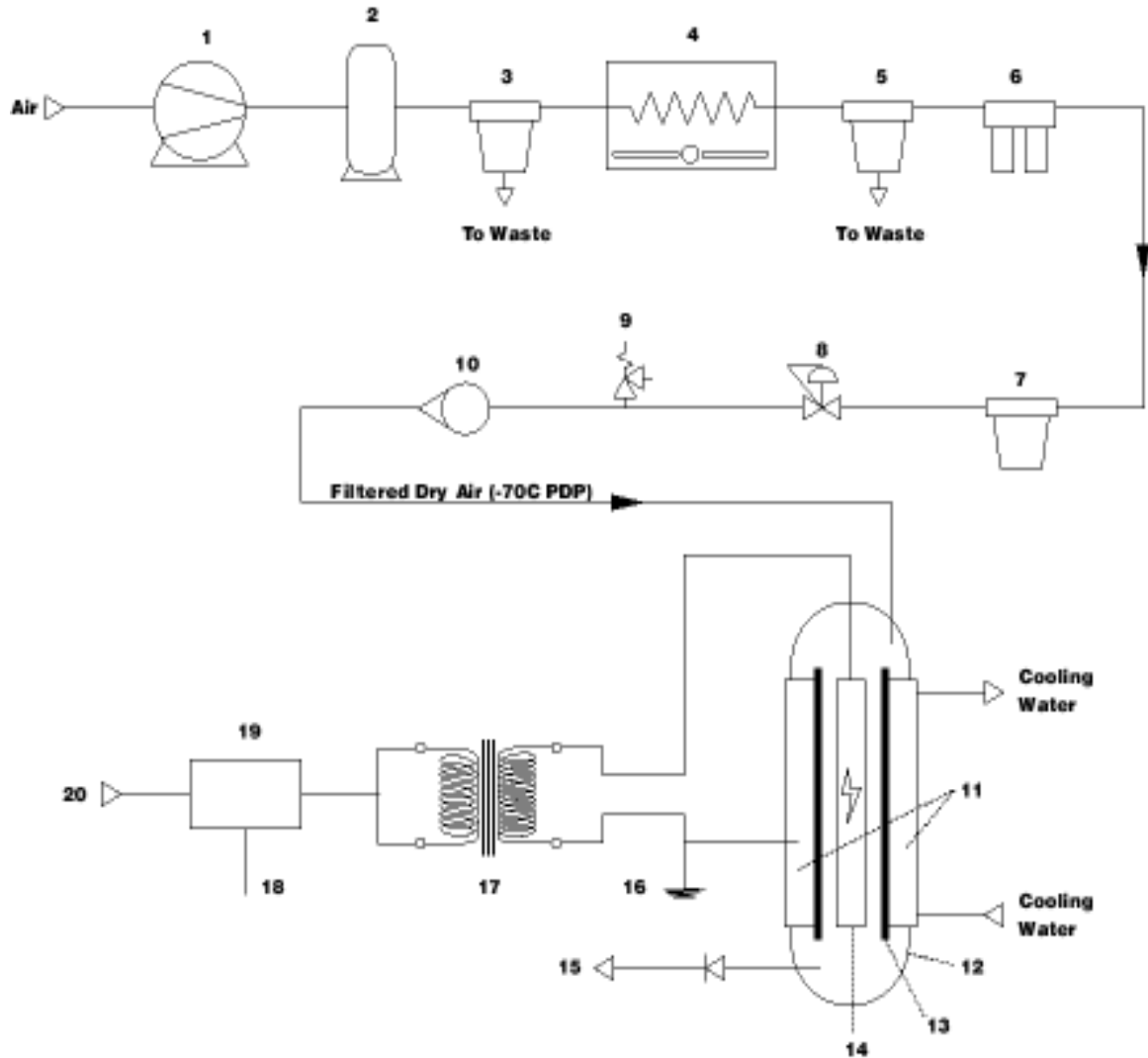


یک پک ازن ژنراتور شامل:

- Ozone generator -
- Mixer(venturi) -
- Measured value control -
- Ozone monitoring (optional) -
- Strong tank -



## دیگرام دستگاه ازن ژنراتور به صورت زیر است:



- |                                 |                            |                              |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1. Air Compressor               | 2. Air Receiver            | 3. Pre-Filter                |
| 4. Refrigerated Cooler          | 5. 0.01u Coalescing Filter | 6. -70 C Desiccant Air Dryer |
| 7. Dust Filter                  | 8. Flow Control Valve      | 9. Pressure Relief Valve     |
| 10. Air Flow Rota meter         | 11. Cooling Water Jacket a | 12. Ozone Generator Cell     |
| 13. Dielectric Tube             | 14. High Voltage Electrode | 15. To Ozone Diffuser        |
| 16. Cooling Water used as       | 17. H.V Transmitter        | 18. 4-20mA Control signal    |
| 19. Voltage/Frequency Regulator | 20. 415V 50Hz Supply       |                              |



## فواید و مزایای استفاده از ازن نسبت به سایر مواد ضد عفونی کننده:

۱. ازن با درجه اکسید کنندگی بالاتر، فعالیت سریعتر، زمان اثر کمتر و تأثیر گذاری بهتر، نتایج مطلوب تری برای استریلیزاسیون نسبت به سایر روش ها دارا می باشد.
۲. سیستم های ازن به صورت سانترال و دائم کار هستند و نیاز به هیچ گونه ماده اولیه مصرفی به جز برق ۲۲۰ ولت ندارند. استفاده از این روش در مقایسه با سایر مواد مثل فرمالدئید که تهیه آن به صورت موقت و بر مبنای مقدار استفاده روزانه کارخانه انجام شده و هزینه های گزاف خرید، حمل و نقل و نگهداری را در پی دارد، از لحاظ اقتصادی در صنعت مقرون به صرفه بوده و هزینه های جانبی را در گذر زمان به صفر خواهد رساند.
۳. استفاده از گاز ازن جهت ضد عفونی اتاق گاز علاوه بر اکسیژن دهی فراوان به محیط، خطرات تنفسی ناشی از استشمام ترکیبات شیمیایی را نیز تا حد زیادی کاهش می دهد.
۴. استفاده از گاز ازن با توجه به وسیع الطیف بودن تأثیر این گاز روی میکرو ارگانیسم های مختلف، اطمینان خاطر بیشتری نسبت به سایر ضد عفونی کننده ها در پی دارد و تأثیر بالای این گاز بر روی قارچ در مناطق مرطوب به صورت عملی مشهود می باشد.
۵. از دیگر کارایی های استفاده از گاز ازن قابلیت بالای حذف بوی این گاز در محیط های دارای بو می باشد که علاوه بر از بین بردن ترکیبات آروماتیک مضر و نامطبوع، با افزایش اکسیژن موجب با طراوت شدن هوای محیط نیز می گردد. می توان برای استفاده بهینه از گاز ازن تولیدی، کانال کشی جداگانه ای جهت انتقال گاز ازن اتاق دود به سمت انبارهای نگهداری تخم مرغ انجام داد که این امر در استریل نمودن محیط انبار نگهداری تخم مرغ بسیار مفید می باشد.
۶. از دیگر خصوصیات سیستم ازن ژنراتور سادگی کار کردن با دستگاه می باشد چرا که برنامه ریزی سیستم با توجه به شرایط اتاق گاز در کمپانی تولید کننده انجام گرفته است و با تعبیه نمودن تایمر در دستگاه، تنها نیاز به استارت کردن آن باقی می ماند.
۷. در فرآیند دود دهی با استفاده از روش ازن ماده اولیه مصرفی تنها اکسیژن هوا می باشد. لذا دغدغه خاطری نسبت به تأمین مواد شیمیایی دیگر و حمل و نقل و نگهداری آنها وجود نداشته و هزینه های مربوطه حذف شده و علاوه بر آن نیاز به حفظ درجه حرارت ۲۵ درجه نمی باشد که این امر خطای اپراتور را به حداقل می رساند.



## فاکتورهایی که بر میزان و سرعت تاثیر ازن در موثر می باشد:

- غلظت ازن
- دما = اثر ازن با افزایش دما بالا می رود
- pH برای اغلب میکروب ها بین ۵.۷ تا ۱۰.۱ عمل می کند
- نوع آلودگی موضوع ضد عفونی
- نوع و میزان مقاومت میکروب های موجود
- محل و غلظت میکروب ها
- وجود تخم باکتری ها و یا قارچ ها
- نحوه استفاده از ازن

## مکانیسم عمل ازن بر روی باکتریها

باکتریها میکروارگانیسم های کوچکی میباشند که دارای ساختمان ساده و ابتدایی میباشند. مولکول ازن با اکسید کردن گروه های سولفیدریک پروتئینی سلول باکتری را غیر فعال میکند. در دزهای بالاتر با حمله به جداره ی سلول باکتری، موجب از هم گسیختگی و پارگی دیواره و غشاء خارجی و مرگ باکتری میشوند.

## مکانیسم عمل ازن بر روی ویروس ها

ویروسها ذراتی غیر مستقل هستند که تنها در سلول میزبان رشد و تکثیر مییابند. هر ذره ویروس شامل یک مولکول اسید نوکلئیک DNA یا RNA است. در اطراف این مولکول پوششی از جنس پروتئین قرار دارد که کپسید نامیده میشود. وظیفه کپسید محافظت از اسید نوکلئیک ویروس و امکان پذیر کردن اتصال و دخول ویروس به میزبان میباشد. هر مولکول ازن با نفوذ از میان پوشش پروتئینی، اسید نوکلئیک ویروس را تخریب میکند و در غلظتهای بالاتر مولکول های ازن با تخریب پروتئین کپسید، سلول ویروسی را منهدم میکنند.



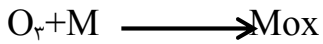
## تأثیر ازن بر قارچها

از طریق از بین بردن پروتئینهای پوشش اسپور باعث نابودی آنها میشود واکنش ازن با ترکیبات به دو صورت میباشد:

۱. واکنش مستقیم : این نوع واکنش بیشتر در ترکیبات غیر اشباع رخ میدهد. بطوریکه ازن در محل پیوند دوگانه وارد میشود و واکنش میدهد



۲. واکنش غیر مستقیم : بیشتر در ترکیبات اشباع رخ میدهد که منجر به تجزیه ازن به رادیکال آزاد میشود و این رادیکال ها با ترکیبات مورد نظر واکنش میدهند.



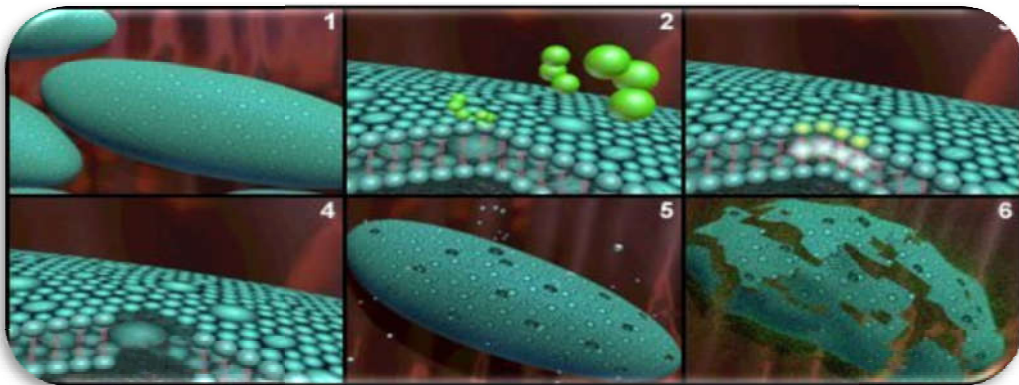
واکنشهای ازن با میکرو ارگانیسمهای مختلف، در سیستمهای آبی به دو روش، واکنشهای مستقیم ازن مولکولی و وجود رادیکالهای آزاد حد واسط صورت می گیرد. در این رابطه دلایل اصلی از بین رفتن باکتریها بوسیله ازن که توسط محققین ارائه شده عبارتند از:

۱- حمله مولکولی ازن به باند های دوگانه غیر اشباع چربیها در سطح سلول باکتری

۲- از بین رفتن لایه های لیپو پروتئین و لیپو پلی ساکارید و نهایتا تغییر در نفوذ پذیری و تجزیه سلول

۳- انعقاد پروتئین های سلولی ، تخریب آنزیمها و تبدیل S-S به H-S و نهایتا مرگ سلول

۴- تخریب مواد ژنیتیکی سلول





## مواد سازگار با ازن:

- سرامیک
- شیشه
- استنلس استیل L ۳۱۶ و L ۳۰۴
- تفلون ETFE و PTFE
- گورتکس

## موادی ناسازگار با ازن:

- ازن باعث نابودی فولاد، مس، لاستیک، و کائوچو می شود.
- لذا تمامی دستگاه ازن زنی و لوله های متعلق به دستگاه که محل عبور ازن محلول است بایستی از جنس فولاد ضد زنگ یا آلومینیوم باشد.

## ایمنی ازن

حد آستانه مجاز ازن در طی ۲۴ ساعت کاری عبارت است از:

- ۰.۰۵ppm برای کار های سخت
- ۰.۰۸ppm برای کار های متوسط
- ۰.۱ppm برای کارهای سبک

ازن همانند اکسید کننده های دیگر از قبیل کلرین و پراکسید هیدروژن گاز اکسید کننده پر قدرتی است که بایستی در استفاده از آن دقت نمود و زمان تعیین شده را رعایت کرد.

میزان ازنی که به صورت طبیعی در اطراف ما وجود دارد معادل ۰.۱ - ۰.۱۵ ppm میباشد.

قابل ذکر است که استفاده از اکسیژن فعال در صنایع غذایی و آبهای آشامیدنی در تاریخ ۸/۹/۱۳۸۲ به تائید وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران (معاونت غذا و دارو) نیز رسیده است.





## موارد کاربرد ازن ژنراتورهای دائم کار شرکت ازن آب در صنعت کاغذ و مقواسازی و

### چاپ شامل بخش های ذیل می باشد:

- کاهش بار میکروبی خمیر کاغذ
- سفید سازی<sup>۱</sup> خمیر کاغذ
- کاهش بار بیولوژیکی، شیمیایی، میکروبی و رنگ پساب خروجی در صنعت چاپ و بسته بندی

### الف- کاهش بار میکروبی خمیر کاغذ

در زندگی روزمره با موارد متعددی روبرو هستیم که به نوعی سلامت انسان و محیط زیست متاثر از رعایت موارد بهداشتی در آن هاست. به عنوان مثال، وقتی برای خرید انواع شیرینی، کیک، پیتزا و سایر اغذیه های مصرفی روزمره اقدام می کنیم، فروشنده، محصول موردنظر را در جعبه های کاغذی قرار می دهد. بدیهی است که این جعبه ها باید از نظر بهداشتی استانداردهای وزارت بهداشت را رعایت نمایند. اینجاست که اهتمام به این مساله برای تامین سلامت عمومی جامعه امری ضروری تلقی می گردد.

نتایج اخذ شده در مطالعات آزمایشگاهی و واقعی در کارخانجات کاغذ و مقواسازی، نشانگر آن است که گاز ازن به طور قابل توجهی توانسته است بار میکروبی موجود در خمیر کاغذ را کاهش دهد.

مکانیسم ضد عفونی و از بین بردن میکروارگانیسم ها توسط ازن به شرح ذیل است:

ازن میکروارگانیسم های مختلف نظیر انواع باکتریها، ویروسها، پاتوژن ها، پروتوزوئرها، قارچ ها، مخمرها، اسپورها و هاگهای منتشر شونده از طریق آب و هوا را از بین می برد.

ازن با دیواره ی محافظتی و بعد با غشای نیمه تراوی میکروارگانیسم واکنش فیزیکوشیمیایی برگشت ناپذیری می دهد.

ازن ۳۰۰۰ برابر موثرتر بر باکتری ها نسبت به کلر، ۱۶۰ برابر موثرتر نسبت به دی اکسید سولفور، ۳۷ برابر موثرتر نسبت به فرمالدئید و ۱/۷ برابر موثرتر نسبت به اسید هیدروسیانید است.

همچنین یک مقایسه توسط Hoff در سال ۱۹۸۶ توانایی بالاتر ازن نسبت به سایر گندزداها را به صورت زیر نشان داده است.

<sup>۱</sup>-Bleaching



Micro-organisms	Ozone pH: 6 to 7	Chlorine pH: 6 to 7	Chloramine pH: 8 to 9	Chlorine dioxide pH 6 to 7
E. coli	0.02	0.034-0.05	95-180	0.4-0.75
Poliovirus 1	0.1-0.2	1.1-2.5	770-3740	0.2-6.7
Rotavirus	0.006-0.06	0.01-0.05	3806-6480	0.2-2.1
Giardia lamblia cysts	0.5-0.6	47->150	-	-
Giardia muris cysts	1.8-2.0	30-630	-	7.2-18.5

### ب- سفید سازی خمیر کاغذ

با توجه به مشکلات مربوط به کمبود مواد اولیه ی چوبی برای صنایع خمیر کاغذ کشور، یکی از بهترین راه‌حل‌های مورد استفاده در دنیا برای رفع این مشکل، بازیافت کاغذ است.

مزایای بازیافت کاغذ به عنوان کالای استراتژیک و ارزشمند در کشور ما علاوه بر سودآوری، کاهش وابستگی به واردات این محصول، کاهش هزینه ی تبدیل و تولید آن از الیاف گیاهی به کاغذ، اشتغال و از همه مهم تر جلوگیری از تخریب و آلودگی محیط زیست می باشد.

از این منظر، می توان گفت استفاده از کاغذهای باطله علاوه بر منافع اقتصادی، کاهش آلودگی محیط اعم از آب، خاک و هوا، جلوگیری از تولید مجدد کاغذ، ممانعت از قطع درختان و جنگل‌ها، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و دفع پسماند را به دنبال دارد. لیکن از سویی دیگر باید به این نکته دقت نظر داشت که کاغذ های باطله جمع آوری شده جهت تولید خمیر کاغذ، علاوه بر داشتن بار میکروبی بالا، دارای رنگ های مختلفی نیز هستند. این در حالی است که محصول نهایی در کارخانه های کاغذ و مقوا سازی باید دارای رنگی متناسب با سفارش محصول باشد. این امر مستلزم آن است که در خط تولید کارخانه های مزبور فرآیند رنگبری نیز دیده شده باشد تا خمیر تولیدی به رنگ سفید تر متمایل گردد.

مزیتی که در این فرآیند نهفته است، علاوه بر رنگ پذیری بهتر کاغذ و مقوا در مرحله ی چاپ و بسته بندی باعث کاهش هزینه های رنگ آمیزی نیز می گردد.

عوامل سفید کننده ای که در جهان استفاده می شود شامل کلر، دی اکسید کلر، هیدروژن پراکسید، ازن و ... می باشد. در این بین، ازن یک اکسیدکننده ی قوی ای است که قدرت سفید کنندگی وسیعی دارد.

از آنجایی که ازن یک ماده ی غیرکربنه محسوب می شود می تواند یک انتخاب طبیعی برای جایگزینی با کلر باشد.



## ج- کاهش بار بیولوژیکی، شیمیایی، میکروبی و رنگ پساب خروجی در صنعت چاپ و بسته بندی

کارخانه های صنایع خمیر و کاغذ یکی از بزرگترین منابع آلودگی در سرتاسر جهان به حساب می آیند. هم اکنون صنایع کاغذ سازی آلودگی های جبران ناپذیری در جهان به وجود آورده است که برای جبران آن باید سالانه ۱۰۰- ۱۵۰ میلیون دلار هزینه شود. در این کارخانه ها واحدهای خمیرسازی و رنگبری بیشترین مواد زائد گازی، جامد و مایع را تولید می کنند.

در جهان هر ساله بیش از یک میلیون درخت برای تهیه کاغذ و محصولات کاغذی بریده می شود. این در حالی است که برای ساختن یک تن کاغذ، دو تن چوب و ۲۰۰ هزار لیتر آب نیاز است و در ازای تولید یک تن خمیر کاغذ، ۴۰ کیلوگرم ضایعات آلاینده وارد محیط می شود.

این در حالیست که یکی از راهکارهای تامین منابع آب استفاده مجدد از آب می باشد.

### استفاده مجدد از آب

تخلیه فاضلاب ها به آبهای سطحی هزینه بر است. از طرفی پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری منبع قابل ملاحظه ای از آب است که برای اهداف متفاوتی در نواحی کم آب کاربرد دارد. به چند دلیل استفاده مجدد از آب مقبولیت بیشتری یافته است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نیاز به آب بیشتر
- قوانین کنترل آلودگی آب که منابع مالی را ملزم به هزینه در بخش تصفیه فاضلاب می کنند.
- رهنمودهای قانونی برای حفاظت بیشتر از آب
- بالا رفتن هزینه های انرژی و مسائل اقتصادی مربوط به توسعه منابع دور از دسترس آب

### استفاده مجدد از پساب صنعتی در کشاورزی

فاضلاب بازیابی شده معمولاً برای آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد.

ایراد اصلی این کار آلودگی بالقوه منابع آبهای زیرزمینی و محصولات کشاورزی با انگل ها، پاتوژن ها و مواد سمی و فلزات سنگین نظیر سدیم، بور، کلراید، کادمیوم، مس، روی، نیکل، برلیوم و کبالت در صورت موجود بودن در پساب می باشد. خطر انتقال بیماری ها از طریق استفاده از پساب در آبیاری سبزیجات امری بدیهی است و بیشترین آلودگی باکتریایی در سبزیجات برگی مشاهده شده است.



## اهمیت تصفیه و گندزدایی پساب پیش از مصرف مجدد

برای حفظ سلامت عمومی تلاش های بسیاری انجام گرفته است تا شرایط و قوانینی برای امکان مصرف بی خطر از فاضلاب تصفیه شده برای امر آبیاری فراهم گردد. برای دستیابی به این موارد، نیاز به تصفیه بیولوژیکی ثانویه و ثالثه همراه با فیلتراسیون و سپس گندزدایی می باشد.

مسائل مهم در انتخاب فناوری های مناسب برای کشورهای در حال توسعه شامل موارد زیر می شوند:

۱- ملاحظات مربوط به سلامت مردم منطقه

۲- کیفیت مطلوب پساب

۳- ظرفیت مطلوب تصفیه خانه

۴- هزینه سرمایه گذاری اولیه

۵- هزینه های بهره برداری و نگهداری

۶- انرژی لازم برای تصفیه

گندزدایی یکی از فرایندهای اصلی و مهم در بازیابی آب است. میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب به ۴ دسته تقسیم می شوند که شامل باکتری ها، اووسیت ها، کیست های پروتوزوا و ویروس ها می باشند. هر یک از این میکروارگانیسم ها قادر به انتقال بیماری خاصی از طریق آب می باشند. گندزدایی فرایندی است که باعث غیرفعالسازی میکروارگانیسم ها بیماری زا تا حد خاصی می شود.



مقایسه گندزدهای مورد استفاده در بازیابی پساب در جدول ۲ آمده است.

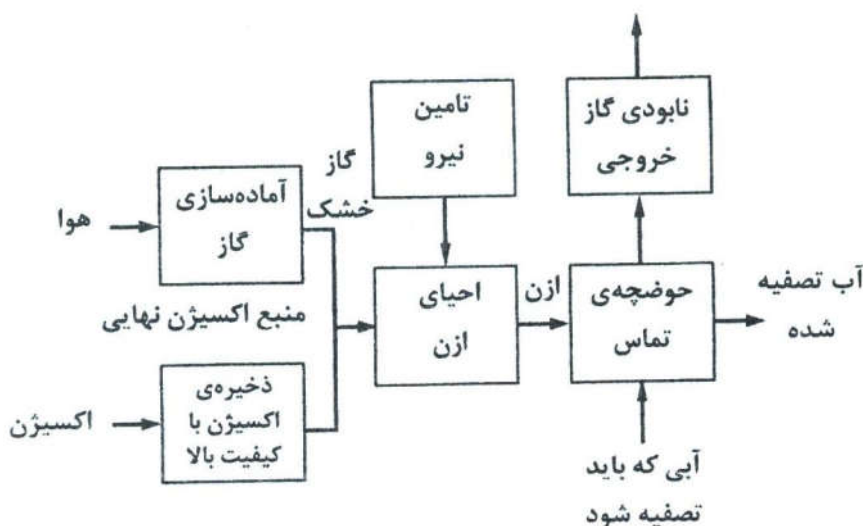
جدول ۲

ویژگی	گاز کلر	هیپوکلریت سدیم	کلر ترکیبی	دی اکسید کلر	ازن	اشعه فرابنفش (UV)
توانایی حذف بو	بالا	متوسط	متوسط	بالا	بالا	-
واکنش با مواد آلی	اکسیداسیون ن مواد آلی	اکسیداسیون مواد آلی	اکسیداسیون مواد آلی	اکسیداسیون مواد آلی	اکسیداسیون مواد آلی	جذب اشعه
خوردگی	بسیار خورنده	خورنده	خورنده	بسیار خورنده	بسیار خورنده	-
سمیت برای سایر موجودات زنده	بسیار سمی	بسیار سمی	سمی	سمی	سمی	سمی
نفوذ به داخل ذرات	بالا	بالا	متوسط	بالا	بالا	متوسط
مشکل ایمنی	بالا	متوسط تا کم	بالا تا متوسط	بالا	متوسط	کم
حلالیت	متوسط	بالا	بالا	بالا	بالا	-
پایداری	پایدار	نسبتا ناپایدار	نسبتا ناپایدار	بسیار ناپایدار (تولید در محل استفاده)	بسیار ناپایدار (تولید در محل استفاده)	-
تاثیر بر باکتری ها	عالی	عالی	خوب	عالی	عالی	خوب
تاثیر بر پروتوزوا	متوسط تا ضعیف	متوسط تا ضعیف	ضعیف	خوب	عالی	عالی
تاثیر بر ویروس ها	عالی	عالی	متوسط	عالی	عالی	خوب
تشکیل محصولات جانبی	THMs و HAAs	THMs و HAAs	مقدار جزئی و THMs و HAAs و سیانوژن و NDMA	کلریت و کلرات	برومات	کمتر از مقدار قابل اندازه گیری
افزایش TDS	بله	بله	بله	بله	خیر	خیر
استفاده به عنوان گندزدا	متداول	متداول	متداول	گهگاهی	گهگاهی	به سرعت در حال افزایش

ازن به جای کلیه محلول های شیمیایی اعم از کلر، آب اکسیژنه، پرسیدین، هالامید و ... استفاده می گردد که علاوه بر از بین بردن کلیه میکروارگانیسم ها موجب کاهش مصرف زمان و انرژی می شود و چون مکانیسم عمل ازن بر روی دیواره باکتری است سرعت عمل آن حدود ۳۰۰۰ بار سریع تر از کلر در آب است.

### اجزای سیستم گندزدایی ازن

- منبع برق
- تاسیسات آماده سازی گاز ورودی
- تاسیسات تولید ازن
- تاسیسات انتقال ازن به آب
- تاسیسات از بین بردن گازهای خروجی



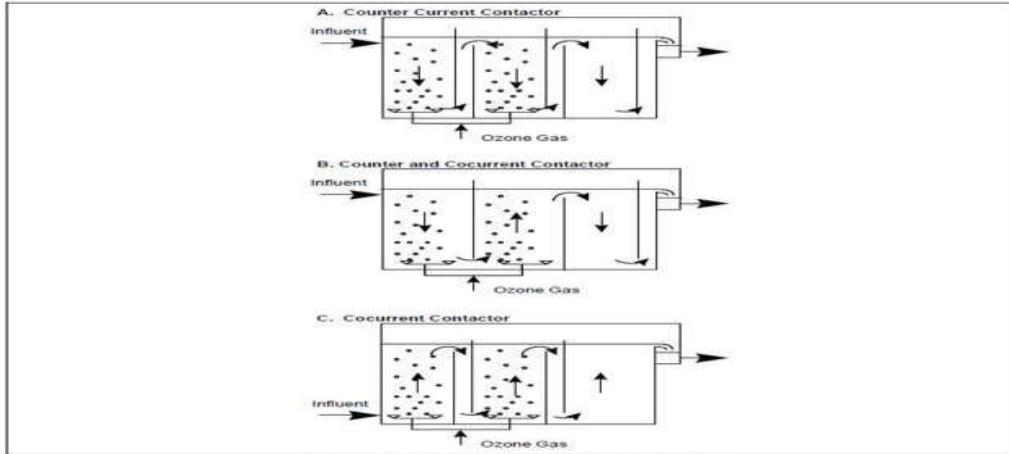
شکل - اجزای سیستم گندزدایی ازن

امروزه کارآمدترین روش تولید ازن، تخلیه الکتریکی Corona در مقیاس صنعتی و تجاری است. گاهی Discharge Corona را به عنوان تخلیه الکتریکی بدون صدا (Silent Discharge) نیز می شناسند. در این روش اکسیژن یا گاز حاوی اکسیژن (هوا) از فضای مابین دو الکترود که توسط مواد دی الکتریک مانند شیشه جدا شده، عبور داده می شود، اگر هوای عبوری مرطوب باشد اتلاف انرژی نیز زیاد می شود. لذا بهتر است هوای لازم برای تهیه ازن، پیش از ورود به دستگاه از خشک کننده های خاص عبور کند.



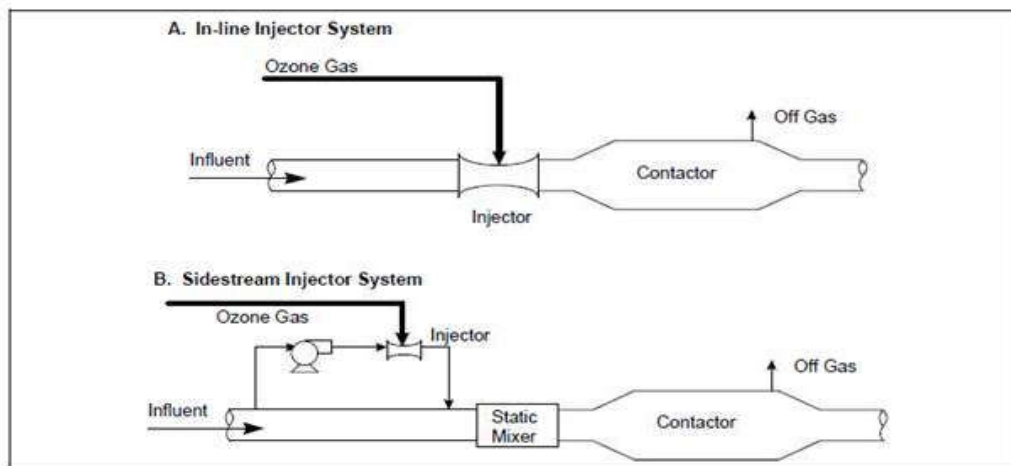
## تاسیسات انتقال ازن

### الف- دیفیوزر تماسی حبابی (Bubble diffuser contactor)



این سیستم دیفیوزری با طراحی مناسب می تواند به طور معمول ۸۵ تا ۹۵ درصد انتقال ازن داشته باشد.

### ب- روش ونچوری (Venture)



در این دستگاه برای تزریق ازن در آب از روش ونچوری استفاده می گردد و غلظت ازن موجود در آب بین ۱ ppm تا حداکثر ۴ ppm قابل تنظیم است. درصد انتقال ازن در این روش ۹۰ درصد می باشد



## تاریخچه استفاده از ازن در گندزدایی فاضلاب

اولین تصفیه خانه که در آمریکا از ازن برای گندزدایی پساب استفاده کرد، شهر ایندیانا در ایالت کالیفرنیا در سال ۱۹۷۵ بود. تا سال ۱۹۸۰ بالای ۱۰ تصفیه خانه از ازن برای گندزدایی استفاده می کردند.

همچنین استفاده از ازن برای تصفیه پساب صنعتی و شهری در ایالات متحده آمریکا در شهرهای El Paso, Denver, San Diego, Tampa انجام شده است. شهر Windhoek در کشور Namibia از فاضلاب تصفیه شده به عنوان آب شرب برای سال های زیادی استفاده می گردد.

در پساب شهری و صنعتی، کاربرد برجسته ازن گندزدایی، غیرفعال سازی ویروس ها، انعقاد و لخته سازی برای حذف مواد جامد معلق، حذف BOD و COD، جلبک و بو می باشد.

Wu و Lin در سال ۱۹۹۶ مطالعاتی را بر روی حذف نیتريت، آمونیاک و نیترات با ازن زنی و تعویض یونی انجام دادند. مطالعات نشان داد که ازن قادر است به طور کامل نیتريت را به نیترات تبدیل کند اما حذف آمونیاک محدود می باشد. به هر صورت حذف فقط بخش از آمونیاک در pH بالای ۸ صورت گرفت.

از ازن همچنین می توان در تصفیه فاضلاب به منظور مهار بو و در تصفیه پیشرفته فاضلاب به منظور حذف مواد آلی مقاوم، به جای فرایند جذب سطحی کربن استفاده نمود.

خصوصیات فراوانی از ازن علاوه بر گندزدایی در پساب می تواند بحث هزینه های ازن را توجیه نماید، برای مثال رنگ بری، افزایش اکسیژن محلول فاضلاب و خاصیت اکسندگی ترکیبات معدنی و آلی. گازهای خروجی از ازن نیز می تواند در مراحل قبلی تصفیه خانه برای اصلاح فرایندها استفاده گردد.

## واکنش های ازن

(۱) واکنش ازن با ترکیبات آلی

ترکیبات آروماتیک، ترکیبات آلیفاتیک، آفت کش ها و هیومیک اسیدها

(۲) واکنش ازن با ترکیبات معدنی

سولفید، نیتريت، آهن و منگنز. همچنین می توان به اکسایش یون های فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، کروم، کبالت، مس، سرب، نیکل و روی نیز اشاره کرد.

(۳) رنگ و بو

(۴) کاهش COD و BOD





در این مرحله نمونه پساب خام ورودی به تصفیه خانه و یا خروجی از تصفیه خانه به منظور مشاهده نتایج و همچنین برآورد میزان ازن مورد نیاز به وسیله سیستم ازن ژنراتور تحت ازن زنی قرار می گیرد. ازن زنی بر روی حدود ۱/۵ لیتر از پساب انجام شده است. ورودی دستگاه ازن اکسیژن می باشد. و جهت تولید اکسژن از یک دستگاه اکسیژن ساز با توان تولید ۵ لیتر در دقیقه مخلوط اکسیژن - هوا با خلوص ۹۵٪ اکسیژن استفاده می شود. خروجی سیستم ازن زنی مجهز به یک سنسور پیشرفته اندازه گیری غلظت ازن است که میزان دقیق ازن تولیدی را محاسبه می کند. به طور معمول در روش های دیفیوژری بخشی از ازن به صورت مصرف نشده از سطح محلول جدا می شود که جهت اندازه گیری میزان دقیق مصرف ازن باید میزان ازن مصرف نشده اندازه گیری شود که خروجی دفع گاز اضافی به آن وصل می شود تا میزان ازن اضافی نیز مشخص گردد.

آزمایش ها تا زمانی که سیستم از نظر ظاهری به طور کامل رنگبری نشده باشد، ادامه می یابد.

**سیستم تصفیه با ازن، مورد تایید مراکز داخلی و بین المللی ذیل نیز می باشد:**

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

- OSHA (اداره بهداشت و سلامتی شغلی آمریکا)

- NIOS (انستیتو ملی بهداشت و سلامت شغلی)

- FDA (اداره دارو و مواد غذایی آمریکا)

- EPA (آژانس حفاظت محیط زیست)

- FSIS (ایمنی مواد غذایی و خدمات بازرسی)