



# گروه مشاورین پارس کون

مشاوره طراحی اجرا

آب، پساب، پسماند و محیط زیست

(سهامی خاص - دانش بنیان)



تاسیس - ۱۳۶۹



تهران، خیابان ولیعصر، روبروی پارک ساعی، خیابان امینی، پلاک ۱، واحد ۴

پارسگونکو@گمیل.کام      [www.parsgoonco.com](http://www.parsgoonco.com)

تلفن: ۸-۰۲۱-۸۸۶۵۹۹۵۷      فکس: ۰۲۱-۸۶۰۸۴۵۵۰



پارس گون  
سهامی خاص - ثبت ۷۹۳۷۳

## معرفی و بررسی فنی روش ECR برای نمک زدایی آبهای شور دریایی



پارس گون  
سهامی خاص - ثبت ۷۹۳۷۳

### سیستم نمک زدایی آبهای شور و خیلی شور دریایی به روش ECR **Electro Conductivity Reducer (ECR)**



Contract number: PG – ECR- 001

Page 3 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

### فهرست مطالب

۵	معرفی شرکت پارس گون :
۵	صلاحیتها:
۵	استانداردها:
۵	موضوع فعالیت های شرکت پارس گون :
۶	پروژه های اجرا و طراحی شده گروه پارس گون:
۸	مقدمه:
۸	اهمیت موضوع و انگیزه انتخاب آن:
۹	جایگاه استفاده از آب شیرین کن:
۱۰	کاربرد سیستم های آب شیرین کن:
۱۱	فناوری های آب شیرین کن از لحاظ تغییر فاز:
۱۱	فرایندهای دارای تغییر فاز:
۱۱	فرایندهای بدون تغییر فاز انجام :
۱۲	معرفی روش های آب شیرین کن:
۳۴	معرفی ECR:
۳۵	تشریح دستگاه ECR:
۴۰	مبانی عملکرد دستگاه ECR:
۴۵	اجزاء دستگاه ECR:

Contract number: PG – ECR- 001

Page 4 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

## معرفی

### شرکت پارس گون

(سهامی خاص - دانش بنیان)

01						
00	1401.06.01	Issue for approve	S.Azizpour	B.Saeedpour	Dr.S.H.Khabbazi	Dr. B.Saeedpour
Rev	Date	Description	Prepared by	Checked by	Final Checked by	Approved by

Contract number: PG – ECR- 001

Page 5 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

### معرفی شرکت پارس گون :

نام: شرکت پارس گون (سهامی خاص)

شماره ثبت : ۷۹۳۷۳ تهران سال ۱۳۶۹

### صلاحیتها:

- گواهی دانش بنیان از معاونت فناوری و ریاست جمهوری
- گرید آب و فاضلاب، محیط زیست، تاسیسات و تجهیزات از سازمان مدیریت برنامه ریزی

### استانداردها:

- ایزو ۹۰۰۱ و HSE

### موضوع فعالیت های شرکت پارس گون :

- مشاوره ، طراحی ،تأمین و اجرای سیستم های پالایش محیط زیستی
- مشاوره ، طراحی . ساخت .نصب . راه اندازی . آموزش. راهبری . گارانتی . خدمات پس از فروش و ارائه سیستم های تصفیه فاضلاب های صنعتی، بهداشتی و بیمارستانی بر اساس فناوری های پیشرفته ودانش بنیان از جمله سیستم انعقاد الکترو شیمیایی (EC-F) و روشهای دیگر از جمله MBR و MBBR و EAAS
- مشاوره ، طراحی . ساخت . نصب . راه اندازی . آموزش. راهبری . گارانتی . خدمات پس از فروش و ارائه سیستم های نمک زدایی و شیرین سازی آب بر اساس فناوری های پیشرفته ودانش بنیان از جمله سیستم فناوری ترافیلتراسیون (UF) و الکترو دیالیز (EDR) و ECR و HERO و RO
- مشاوره ، طراحی . ساخت . نصب . راه اندازی . آموزش. راهبری . گارانتی . خدمات پس از فروش و ارائه سیستم های تصفیه میکروبی آب و پساب بر اساس فناوری های پیشرفته ودانش بنیان از جمله سیستم MCR
- مشاوره و انجام مطالعات مربوط به آلودگی محیط زیست در سه بخش محیط زیست خشکی،آبهای داخلی و دریایی

Contract number: PG – ECR- 001

Page 6 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

پروژه های اجرا و طراحی شده گروه پارس گون:

جدول بخشی از پروژه های اجرائی انجام شده توسط گروه پارس گون طی سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰

ردیف	پروژه	روش	کارفرما	سال	طراحی	اجرا
1	تصفیه پساب کارخانه تولید نشاسته	ECF - EDR	مهشاد یزد	۱۴۰۰	*	*
2	تصفیه پساب کارخانه نساجی	UF-HERO	نساجی اکباتان همدان	۱۴۰۰	*	-
3	تصفیه پساب	MBR	سیمان پیوند گلستان	۱۴۰۰	*	-
4	تصفیه پساب کارخانه نساجی	HERO	نساجی پارس دکور	۱۴۰۰	*	-
5	تصفیه پساب کشتارگاه صنعتی	HERO	کشتارگاه صنعتی مشهد	۱۴۰۰	*	-
6	تصفیه پساب شیمیایی	HERO	داروسازی فاران شیمی	۱۴۰۰	*	-
7	تصفیه پساب شیمیایی	ECF	آنتی بیوتیک سازی ایران	۱۴۰۰	*	-
8	تصفیه پساب خروجی از خط تولید کاغذ	ECF	کیهان کاغذ	۱۳۹۹	*	*
9	تصفیه پساب کارخانه نساجی	ECF	فواد الیاف	۱۳۹۹	*	*
10	تصفیه پساب صنعتی کارخانه نساجی	ECF	والا بافت	۱۳۹۹	*	*
11	تصفیه پساب	UF-HERO	نیلبافت	۱۳۹۸	*	-
12	تصفیه پساب خروجی از خط تولید مقوا	ECF	شرکت سیمین کاغذ	۱۳۹۸	*	*
13	تصفیه فاضلاب	EDR	شرکت زرفروکتوز	۱۳۹۷	*	*
14	شهرداری کرج	ECF	تصفیه شیرابه	۱۳۹۷	*	-
15	تصفیه پساب صنعتی	ECF	شرکت آیتونا سبز طارم	۱۳۹۷	*	*
16	آب شیرین کن بندر رجایی	RO <sub>sw</sub>	شرکت ساختمانی کولهام	۱۳۹۷	*	*
17	آب شیرین کن و تصفیه فاضلاب	ECF - EDR	پتروشیمی زاگرس	۱۳۹۶	*	*
18	آب شیرین کن	ECR-RO	پالایشگاه بندر عباس	۱۳۹۶	*	-
19	آنتی باکتریال	MCR	مگا موتور	۱۳۹۶	*	-

Contract number: PG – ECR- 001

Page 7 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

# انواع روش های نمک زدایی آب و آب شیرین کن ها

01						
00	1401.06.01	Issue for approve	S.Azizpour	B.Saeedpour	Dr.S.H.Khabbazi	Dr. B.Saeedpour
Rev	Date	Description	Prepared by	Checked by	Final Checked by	Approved by

مقدمه:

نیاز به آب در سرتاسر دنیا هم به دلیل رشد جمعیت و هم به دلیل رشد صنعت به طور فزاینده ای افزایش یافته است و منابع آب به سرعت در حال تهی شدن می باشند. از سال ۱۹۹۰ بیش از ۸۰ کشور با مشکل کمبود آب مواجه هستند، این درحالیست که بیش از ۷۰ درصد سطح زمین پوشیده از آب است که ۹۷/۵ درصد آن را اقیانوس ها تشکیل می دهد و تنها یک درصد از این منابع جهت استفاده، مناسب می باشد.

در سده اخیر با رشد همه جانبه جوامع بشری و توسعه شتابان تکنولوژی، استفاده از منابع آب شور در جایگزینی استفاده از منابع آب شیرین محدود بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که منابع آبی شیرین عمدتاً با محدودیت ذخائر همراه بوده و شرایط به گونه ای رقم خورده که با تمایل بیشتر به استفاده از منابع شور و بهره گیری از تکنولوژی، نیاز آبی تأمین گردد.

اهمیت موضوع و انگیزه انتخاب آن:

در زندگی اجتماعی و شهری توجه ویژه به امور زیر بنایی و زیر ساختارها از اهمیت بالایی برخوردار است. از مهمترین زیر ساخت ها در اختیار گذاردن آب سالم برای بخش مسکونی، کشاورزی و صنعتی می باشد. با عنایت به اینکه ایران در چند سال گذشته دچار خشکسالی بوده و با کمبود منابع آب شیرین مواجه است؛ اهمیت شیرین سازی آب شور بسیار پررنگ خواهد بود. در زندگی امروزه فرایند شیرین سازی آب، حرفه ای اقتصادی تلقی می شود تا جایی که سرمایه گذاران مشغول به احداث و بهره برداری کارخانه های شیرین سازی آب می باشند. با توسعه روز افزون تعداد کارخانه تولید آب شیرین از آب شور، کار بر روی ارتقاء سطح کیفی، راندمان تولید، کاهش انرژی مصرفی در فرایند شیرین سازی آب حائز اهمیت است.



### جایگاه استفاده از آب شیرین کن:

در مکان هایی که میزان نزولات آسمانی کم است نمک زدایی می تواند یک راه حل مناسب برای کاهش فشار ناشی از کمبود آب در این نواحی باشد. با احداث واحدهای آب شیرین کن می توان بخش اندکی از نیاز آب را تامین نمود. باید توجه شود که انتخاب نوع سیستم آب شیرین کن با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه می تواند متغیر باشد و تاثیر بسزایی در راندمان تولید آب شیرین داشته باشد.

سالیان متمادی است که با بهره گیری و استخراج آب های شیرین، شیرین سازی آب های شور اهمیت چندانی نداشته است اما با کاهش چشم گیر منابع آبی شیرین، شیرین سازی آب شور مورد توجه قرار گرفته تا جایی که به روش چرخه بازیافت، آب شیرین تولید شده، پس از مصرف دوباره تصفیه و به چرخه مصرف ( سیستم آبیاری فضای سبز و ...) باز می گردد.

در سال های اخیر دستگاه های شیرین سازی آب رشد فزاینده ای داشته است. طراحان کشورهای مختلف، استفاده از روش اسمز معکوس را برای تولید آب شیرین انتخاب نموده اند. علت اصلی این امر نیاز بیش از حد آب شیرین در مناطق ساحلی و کویری که دارای آب شور در سفره های زیرزمینی خود می باشند، بوده است. با توجه به حجم مصرف زیاد آب شیرین در مناطق یاد شده استفاده از روش های صنعتی که با راندمان بالا فرایند شیرین سازی آب را با کمترین مصرف انرژی انجام دهد؛ حائز اهمیت است. مسأله اساسی در فرایند شیرین سازی آب، انرژی مصرفی زیاد و پساب شوری است که در حین شیرین سازی تولید می شود. در نگاه بهینه سازی، استفاده از روشی که با مصرف انرژی پایین تر و با کمترین تولید پساب شور، توانایی شیرین سازی آب را داشته باشد؛ مورد توجه است. تجارب مختلف نشان داده است که می توان آب را با روش های گوناگون به نحوی شیرین نمود که با حداقل تولید پساب شور کمترین انرژی را مصرف کند

با توجه به اینکه در فرایند شیرین سازی آب با دستگاه های اسمز معکوس بیش از نیمی از آب ورودی به عنوان پساب (تلخ آب) با غلظت نمک بیشتر از سیستم خارج می شود، جایگاه بررسی استفاده از روشی به منظور کاهش غلظت نمک در پساب به

وجود می آید. این مهم در حالی است که ایران با خشکسالی مواجه بوده و اکثر منابع آب های قابل دسترس شور تلقی می شوند. نکته قابل تأمل این است که دفع تلخ آب در روش اسمز معکوس، خود معظلی بزرگ از دیدگاه زیست محیطی است. دفع تلخ آب موجب شور شدن منابع آب زیر زمینی می شود. با تخلیه و دفع تلخ آب در منابع آبی، غلظت نمک در آب افزایش می یابد و در دراز مدت باعث کاهش راندمان و عمر سیستم آب شیرین می شود. حال مسئله ایجاد شده این است که روشی مورد بررسی قرار گیرد تا بدون تولید تلخ آب، فرایند کاهش غلظت نمک یا همان شیرین سازی آب را انجام دهد. این شیرین سازی می بایست از بعد انرژی هم نیز توجیه پذیر باشد.

#### کاربرد سیستم های آب شیرین کن:

۱. تهیه آب صنعتی جهت مصارف در بویلرها، کولینگ تاورها و کلیه سیستم های حرارتی و برودتی.
۲. تهیه آب DM جهت مصارف دارویی و بیولوژیکی.
۳. شیرین سازی آب های شور جهت آشامیدن.
۴. تهیه آب مورد مصارف در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه ها.
۵. تامین آب مناسب جهت تولید محصولات متنوع در صنایع غذایی، نوشیدنی، آرایشی بهداشتی، الکترونیک و ...
۶. تصفیه نهایی پساب های صنعتی.
۷. تامین و تولید آب مناسب جهت مصارف کشاورزی و گلخانه ای.
۸. تامین و تولید آب دستگاه های دیالیز بیمارستان ها.
۹. تهیه و تولید آب مورد نیاز جهت مصرف در واحدهای دامپروری، آبی پروری و طیور.
۱۰. تامین آب مورد نیاز برای استخرها، برکه ها، آب نماها، پارک های آبی و ...

افزایش تعداد واحدهای آب شیرین کن در کشور، ما را بر آن داشت تا در راستای بهینه سازی روش، با بهره گیری از علم نوین الکترومغناطیس گامی موثر، ولو کوچک برداریم

### انواع روش های نمک زدایی آب و شیرین سازی آب ها:

فرآیند شیرین سازی آب، فرآیندهایی به منظور خالص سازی آب دریا برای مصارف آشامیدنی است، یک سیستم آب شیرین کن به طور کلی آب شور را به دو جریان تقسیم می کند، یکی جریان آب خالص با درصد بسیار کمی از نمک و املاح و دیگری جریانی که حاوی نمک املاح باقی مانده می باشد.

جداسازی نمک از مخلوط آب نمک، یک فرآیند ترمودینامیکی است که نیاز به انرژی دارد، یک فرآیند ایده آل آب شیرین کن به عنوان یک فرآیند جداسازی برگشت پذیر محسوب می شود.

### فناوری های آب شیرین کن از لحاظ تغییر فاز:

#### فرآیندهای دارای تغییر فاز:

فرآیندهایی که در آنها تغییر فاز صورت می گیرد:

- Multi effect distillation (MED)
- Multi stage flash distillation (MSF)
- Vapor compression distillation (VCD)

#### فرآیندهای بدون تغییر فاز انجام:

- Reverse osmosis (RO)
- High Efficiency Reverse osmosis (HERO)
- Electro dialysis (ED)
- Electromagnetism- Electrolyze (ECR)

کارایی هرکدام از این فرآیندها بستگی به غلظت نمک در آب تغذیه و همچنین ارزش ریالی آب دارد.

هریک از فناوری های آب شیرین کن برای انجام فرآیند جداسازی به انرژی احتیاج دارند که این انرژی می تواند از طریق انرژی گرمایی، مکانیکی یا الکتریکی تامین شود.

### معرفی روش های آب شیرین کن:

شش فناوری عمده به منظور زدودن نمک و دیگر مواد جامد غیر قابل حل از آب وجود دارد که عبارتند از:

تقطیر و انجماد شامل خارج ساختن آب خالص، به صورت بخار آب و یا یخ، از آب شور می باشد. در فناوری های RO و ED یک غشا بسیار ظریف باعث جداسازی نمک ها و املاح سبک و مطلوب تر در طی عبور آب از یک محفظه شیمیایی می باشد.

بعضی از فناوری های آب شیرین کن علاوه بر جداسازی و خارج سازی نمک ها و دیگر مواد جامد غیرقابل حل در آب، مواد معلق، مواد آلی، بعضی از باکتری ها و ویروس ها را نیز از آب خارج می سازد.

این فناوری ها به منظور استفاده در مقیاس های بالا پیشرفت کرده و تکامل یافته اند و حجم بسیار بالایی از آب را تصفیه می نمایند. ولی بعضی از آنها در حجم های بسیار پایین و در حد مصارف خانگی مورد استفاده قرار می گیرند.

### ۱- شیرین کردن آب دریا به روش تقطیر:

اکثر راه های معمول نمک زدایی آب شامل فرآیندهای جوشش و تبخیر می باشد، در یک دستگاه تقطیر، آب به جوش می آید و بخار تولید می نماید که از چگالش این بخار آب خالص تولید می شود. تقطیر آب هنوز بهترین و مرسوم ترین روش شیرین سازی آب دریا است. در این فرآیند از تبخیر آب شور و چگالش آب، به آب خالص می رسیم، با این حال تکنولوژی غشا به خاطر اطمینان بیشتر و مصرف انرژی کمتر به طور گسترده ای طی ۱۰ سال اخیر گسترش یافته است. فرآیندهای خالص سازی آب به روش تقطیر

نسبت به فرآیندهای غشایی دارای کیفیت بالاتری است. البته فرآیندهای تقطیر هنوز سهم بزرگی در صنعت شیرین کردن آب دریا دارا است.

روش تقطیر هنگامی به صرفه است که بخار با انرژی حرارتی پایین به عنوان منبع اصلی انرژی در دسترس باشد. بنابراین روش های حرارتی در کشورهای که کولپینگ با ایستگاه های قدرت (نیروگاه ها) ممکن نیست، کمتر استفاده می شود. از طرف دیگر بزرگترین پلنت های آب شیرین در کشورهای شبه جزیره عرب و یا جاهایی که تولید همزمان توان (الکتریسیته) و آب دارند، بر پایه تقطیر است.

### انواع فرآیندهای تقطیر

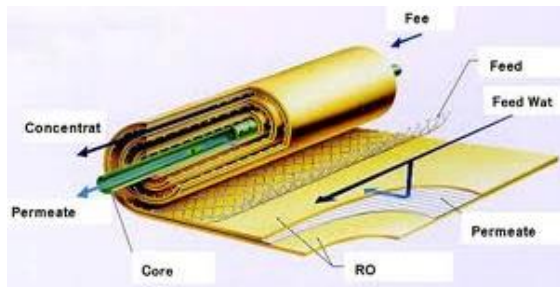
فرآیندهای مختلف تقطیر آب دریا به شرح زیر است:

- تقطیر به کمک چند مرحله انبساط ناگهانی (MSF)
- تقطیر چند مرحله ای به همراه لوله افقی و فیلم نازک انبساط (MED).
- استفاده از MED با گردش بخار به وسیله ترموکمپرسور (TVC\_MED)
- تقطیر یک یا چند مرحله ای به وسیله تراکم بخار مکانیکی (MVC)

### ۲- روش اسمز معکوس (RO) :

فرآیند غشایی به شیوه های فیزیکی برای جداسازی حلال از نمک های محلول در آن با استفاده از غشاهای نیمه تراوا اطلاق می شود. این فرآیندها در سال های اخیر پیشرفت های زیادی داشته است. سابقه استفاده از غشا برای صاف کردن به اوایل قرن بیستم باز می گردد. در دهه سوم قرن بیستم غشاهای جداسازی، خالص سازی و یا غلیظ سازی محلول ها به ویژه سیال های حاوی میکرواورگانیزم ها مورد استفاده قرار گرفت. سیر تکاملی این پدیده با انجام پژوهش ها بر روی ساخت انواع غشاهای شناخت فرآیند در طی زمان به گونه ای ادامه یافت که در حال حاضر این فرآیند یکی از شیوه های اصلی شیرین سازی آب محسوب می

شود. فرآیندهای غشایی براساس اندازه کوچکترین ذره که تحت تاثیر نیروی فشاری از غشا عبور می کند به نام های زیر نامیده می شوند.



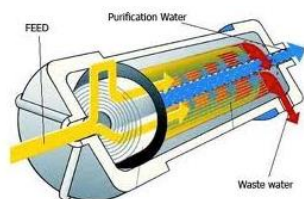
(الف) میکروفیلتراسیون (Micro filtration)

(ب) اولترافیلتراسیون (Ultra filtration)

(پ) نانو فیلتراسیون (Nano filtration)

(ت) اسمز معکوس (Reverse osmosis)

در یک فرآیند غشایی به طور معمول دو فاز بوسیله فاز سوم که غشا می باشد، از یکدیگر جدا می گردند . غشا تعیین کننده پدیده انتقال جرم است.



▪ نفوذپذیری یا تراوایی (permeability)

▪ انتخاب گری یا گزینش پذیری (selectivity)

تمام موادی که به عنوان غشاء عمل می نماید دارای ویژگی عبور مواد مختلف به طور انتخابی هستند.

فرآیند غشایی دارای مزایای زیر می باشد:

- صرفه جویی نسبی در مصرف انرژی به دلیل عدم تغییر فاز.
- کاهش فضای مورد نیاز به علت کم حجم بودن مدول های غشایی.
- سریعتر بودن فرآیند به دلیل نازک بودن غشاء و بالا بودن سرعت انتقال جرم در آن.
- توانایی انجام در دمای پایین که مزیت بالایی برای محلولهای حساس به گرماست.
- پایین بودن هزینه سرمایه گذاری درمقایسه با روش تقطیری، ED، MSF و ...
- سهولت درگسترش دادن سیستم.

### ۳-اسمز معکوس بیش بازده (HERO):

HERO یک فرآیند ارتقاء یافته از خانواده ی فرآیندهای غشائی است که به طور خاص جهت تصفیه آبهای لبشور با میزان بالای سیلیکا (حداکثر پتانسیل گرفتگی) طراحی شده است. کاهش موثر میزان گرفتگی غشاء در این فرآیند موجب افزایش میزان بازده تا ۹۰ درصد شده و تلفات آب را به کمتر از ۱۰ درصد می رساند. میزان ریکاوری پائین فرآیند اسمز معکوس RO موجب هدر رفت ۲۰ الی ۷۰ درصد منابع آبی به هنگام تصفیه می شود به بیانی دیگر آبی که از اعماق زمین و سفره های زیر زمینی و دریا ها واقیانوس ها برداشت شده، کلیه مراحل پیش تصفیه را گذرانده، وارد فرآیند شیرین سازی RO شده، در بهترین حالت طراحی برای آب های لبشور در شرایط متعارف ۷۵ درصد و برای آبهای شور ۴۰ درصد آب به عنوان آب تصفیه شده استفاده می شود. مقدار درصد بازیابی با توجه به نوع غشاء، کیفیت و کمیت آب تصفیه شده و مقدار هزینه های عملیاتی، تعیین خواهد شد. بالا رفتن بیش از اندازه درصد بازیابی، باعث افزایش املاح و در نتیجه فشار اسمزی در آب پشت غشاها می شود، که این امر باعث افزایش انرژی عملیاتی لازم، کاهش دبی و افزایش درصد عبور املاح از میان غشاها می شود.

### ۴- روش الکترو دیالیز (ED):

فرآیند الکترو دیالیز بصورت تجاری از اوایل دهه ۶۰ یعنی حدود ۱۰ سال قبل از RO به بازار عرضه شد. طراحی و ساخت سیستم الکترو دیالیز راه موثری برای کاهش هزینه در فرآیند نمک زدایی آبهای کم نمک ابداع کرد و در این زمینه موفقیت قابل ملاحظه ای بدست آورد.

فرآیند الکترو دیالیز به اصول کلی زیر بستگی دارد:

- ✓ اکثر نمک های محلول در آب، به شکل یون بوده و بصورت مثبت (کاتیون) یا منفی (آنیون) باردار می گردند.
- ✓ آنیون ها بوسیله بارالکتریکی مخالف الکتروود، جذب آنان می شود.
- ✓ غشا ها را می توان طوری ساخت که بصورت انتخاب شده عبور آنیون ها یا کاتیون ها را امکان پذیر کنند.

اجزاء محلول شده یونی در یک محلول نمکی مثل سدیم + ، کلسیم ++ و کربنات -- در آب توزیع و بخش می گردند و بطور موثر بارهای منفرد خود را خنثی می کنند. وقتی الکترودها به یک منبع جریان مستقیم مثل باتری متصل گردند و در داخل یک ظرف حاوی محلول آب نمک قرار گیرند، جریان الکتریکی از میان محلول ( الکترولیت ) عبور می کند. در این حالت یون ها سعی می کنند به سمت الکتروود با بار مخالف حرکت کنند.



#### ۵- روش الکترولیز الکترو مغناطیس (ECR) :

الکترولیز الکترو مغناطیس روشی است که با ایجاد یک جریان زیاد الکتریکی به صورت DC باعث شکست و تجزیه یون ها و کاتیون های موجود در آب می شود. در این روش آب میان دو پلیت از جنس های آلومینیوم که دارای قطب آند و آهن که دارای قطب کاتد است عبور کرده و با اعمال جریان DC ذرات تشکیل دهنده هدایت الکتریکی (نمک های محلول در آب) تجزیه می گردند.

در حالت الکترولیز معمولی با اعمال انرژی الکتریکی DC به پلیت های فلزی، شاهد خوردگی زیاد ( تجزیه ) پلیت دارای بار الکتریکی مثبت خواهیم بود که آن را در واحد های آزمایشگاهی به اصطلاح "آند فدا شونده" می خوانند. در یک فرایند الکترولیز معمولی، سرعت خوردگی پلیت آند بسیار زیاد است. در حالت الکترولیز آب شور یا نسبتاً شور، جریان الکتریکی بسیار زیادی مصرف می شود. برای کاهش جریان الکتریکی مصرفی و همچنین کاهش چشم گیر سرعت خوردگی قطب آند (پلیت آلومینیومی) می توان از امواج الکترو مغناطیس کمک گرفت.



امواج الکترو مغناطیس در صورتی که به آب دارای نمک محلول القاء شود، جنبش ریز مولکولی ایجاد می نماید. این جنبش مولکولی در نمک های محلول در آب، باعث تجزیه راحت تر آنها به وسیله جریان های الکتریکی می گردد. با اعمال انرژی الکترومغناطیس به آب، افزایش جنبش مولکولی صورت پذیرفته و با عبور جریان کمتر از قطب های آند و کاتد، فرایند تجزیه املاح صورت می پذیرد و با عبور جریان کمتر از قطب ها، سرعت خوردگی نیز کاهش پیدا می کند.

به صورت کلی در گذشته یکی از روش های مرسوم کاهش شوری در آب، استفاده از الکترولیز بوده است که به علت مصرف انرژی نسبتاً بالا و سرعت زیاد خوردگی قطب ها، استفاده از آن توجیه پذیر نبوده است. حال با کمک گیری از امواج الکترو مغناطیس دو مانع فراروی استفاده از این روش برطرف شده و در دهه جاری، واحدهای مختلف صنعتی از این روش جهت کاهش شوری آب استفاده می نمایند. در روش الکترولیز الکترو مغناطیس آب نیازی به پیش فیلتراسیون نداشته و با مصرف تقریبی ۰.۸ تا ۱ کیلو وات انرژی به ازای هر متر مکعب آب، با راندمان تصفیه بالای ۹۷٪ عملیات شیرین سازی آب را انجام می دهد.

## ۶- نمک زدایی انجمادی.

این روش در این مقاله تشریح نمی گردد.

## ۷- آب شیرین کن های ترکیبی:

### • آب شیرین کن ترکیبی MSF\_RO

این سیستم از ترکیب آب شیرین کن MSF با RO ساخته شده است. این ترکیب باعث می شود که آب شیرین کن RO با TDS نسبی کمتری کار کند و تعویض ممبران آن دیرتر اتفاق افتد. از این طریق عمر مفید ممبران از ۳ به ۵ سال افزایش پیدا کند و هزینه تعویض ممبران حدود ۴۰٪ کاهش می یابد. ویژگی اصلی این شیرین کن ها انعطاف پذیری در عملکرد، مصرف انرژی مخصوص کمتر، کوپلینگ بهتر با نیروگاه های حرارتی جهت تولید همزمان توان و آب شیرین می باشد.

آب شور در ابتدای ورود به سیستم به دو قسمت تقسیم می شود. سهمی وارد RO و مابقی وارد MSF می شود. محصول به دست آمده از MSF دارای خلوص بیشتری است. این دو محصول طوری با هم ترکیب می شوند که آب شیرین نهایی دارای TDS کمتر از ۵۰۰ باشد. (استاندارد سازمان جهانی سلامت (W.H.O).

#### • آب شیرین کن ترکیبی NF-MSF

یک روش مناسب دیگر برای پیش تصفیه آب دریا استفاده از نانو فیلترها (NF) است. مزایای این روش کاهش و خارج کردن سختی های یونی  $Ca^{++}$  و  $Mg^{++}$  و  $SO_4^{--}$  و  $HCO_3^-$  از آب تغذیه است که رسوب زدگی در سطوح انتقال حرارت آب شیرین کن را کاهش می دهد. این موضوع باعث می شود که ماکزیمم دمای آب شور در آب شیرین کن های حرارتی و به تبع آن نسبت عملکرد افزایش یابد. آب دریا پس از پیش تصفیه وارد NF می شود. در آنجا پس از دفع بسیاری از سختی ها یونی، وارد آب شیرین کن حرارتی MSF می - گردد. نتایج نشان می دهد که با این روش می توان ماکزیمم دمای آب شور را به ۱۳۰ درجه افزایش داد. زمان مورد نیاز جهت رسوب زدایی از سطوح انتقال حرارت آب شیرین کن به مدت ۱۲۰۰ ساعت افزایش می یابد.

#### • آب شیرین کن ترکیبی NF-RO-MSF

آب دریا پس از پیش تصفیه وارد NF می شود. در آنجا پس از دفع بسیاری از سختی های یونی وارد آب شیرین کن مکانیکی RO میشود. آب شور غلیظ شده (پساب خروجی) از RO وارد آب شیرین کن حرارتی MSF می شود و در نهایت معطل تلخ آب رفع میشود. لازم به توضیح است کاربرد روش MSF با داشتن منبع حرارتی (نیروگاه برق) توجیه پذیر است.

#### • آب شیرین کن ترکیبی ECR- R.O<sub>BW</sub>

این سیستم از ترکیب آب شیرین کن الکترولیز الکترو مغناطیس با R.O<sub>BW</sub> ساخته شده است. این ترکیب باعث می شود که آب شیرین کن الکترولیز الکترو مغناطیس (ECR) حجم عمده مواد جامد محلول در آب را ابتدا گرفته و آب با TDS کمتر را جهت تصفیه نهایی در اختیار آب شیرین کن RO<sub>BW</sub> قرار دهد.

حذف املاح محلول در آب به روش ECR تا میزان ۷ برابر نسبت به کمیت املاح محلول در آب ورودی انجام می پذیرد. سیستم های ECR با حذف قابل توجه املاح، پسابی با TDS بسیار پائین تر از آب شور دریا را تأمین می کنند.

با بکارگیری روش ECR- R.O<sub>BW</sub>، مزیت های قابل توجه زیر ایجاد می شود.

- ۱) افزایش راندمان شیرین سازی آب و تولید تلخ آب کمتر.
- ۲) کاهش انرژی مصرفی در فرایند شیرین سازی آب.
- ۳) کاهش استهلاک ناشی از شیرین سازی آب.
- ۴) افزایش عمر ممبران های دستگاه R.O<sub>BW</sub>
- ۵) استفاده از دستگاه های R.O فشار پائین (Brackish water) به جای دستگاه های R.O فشار بالا (Sea water).
- ۶) تولید آب شیرین ارزان قیمت.

## تشریح عملکرد الکترولیز :

### تعریف الکترولیز:

فرایندی که طی آن انرژی الکتریکی تبدیل به انرژی شیمیایی می شود را الکترولیز می گویند. این پدیده درسلولی به نام سلول های الکترولیتی انجام می گیرد و شامل دو الکتروود است که هریک توسط یک رشته سیم رسانا به یک قطب منبع جریان مستقیم متصل شده اند و در محلول الکترولیت مناسب قرار می گیرند. واکنشی که درسلول الکترولیتی انجام می گیرد انرژی خواه بوده و در نتیجه محتوای انرژی فرآورده بالاتر از واکنش دهنده ها می باشد. منبع تغذیه قرار گرفته در مدار نقش یک پمپ الکترون را دارد که با صرف کار الکتریکی الکترون را از آن گرفته و در اختیار کاتد قرار می دهد. باید درنظر داشته باشید که درآند همواره عمل اکسایش انجام می گیرد.

## اصول الکترو شیمی – الکترولیز:

### آند و کاتد:

آند و کاتد، قطب های مثبت و منفی در یک واکنش الکترولیز هستند. آند که دارای بار مثبت است، اصطلاحاً خورده می شود و کاتد که دارای بار منفی است، کاتیون های محلول را به خود جذب می کند و سنگین می شود. به طور خلاصه، آند و کاتد پیل الکتروشیمیایی در یک سلول الکترولیز هستند و وظیفه جذب یون ها در محلول یا ماده مذاب را دارند. آند و کاتد بسته به نیاز می توانند از هر فلزی و یا از الکترو دغالی مانند مغز باطری باشند.

### الکترولیت:

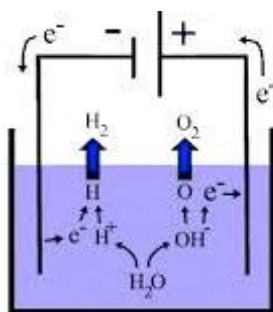
الکترولیت ماده ای حل شونده است که باعث افزایش حلال (مثل آب) شده و به عنوان کاتالیزگر عمل می کند. در مورد آب می توان خواه از نوعی اسید مثل سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) یا از بازی مثل ( $NaOH$ ) استفاده کرد. استفاده از نمک هایی همچون  $NaCl, Na_2SO_4$  و  $MgCl_2$  نیز امکان پذیر است، اما توصیه می شود برای جلوگیری از تولید کلر آندی، از مصرف کلرین ها خودداری شود.

### الکترولیز آب:

ساده ترین مثال الکترولیز، اکسایش آب و بدست آوردن هیدروژن و اکسیژن خالص می باشد.

همان طور که می دانیم هیدروژن موجود در آب، همان هیدروژن خالص طبیعی H که یک الکترون دور هسته می چرخد نیست، بلکه در مولکول آب، اتم اکسیژن، ۲ الکترون بیش از حالت طبیعی خود داشته و دو هیدروژن متصل به آن، اصلاً الکترون ندارند و فقط دو هسته با بار مثبت (کاتیون) هستند. هنگام الکترولیز، قطب مثبت مولکول آب یعنی هیدروژن به طرف کاتد حرکت کرده، یک الکترون گرفته و کاهش پیدا می کند. همچنین قطب منفی آب، که اکسیژن است به طرف آند حرکت کرده و ۲

الکترون خود را خالی کرده و اکسید می شود. پس می توان گفت که الکترون های اکسیژن به هیدروژن داده می شوند، یعنی الکترون ها از آند به سمت کاتد حرکت می کنند.



#### الکترولیز آب خالص:

در الکترولیز آب خالص ، از آنجا که آب خالص رسانا نیست، می بایستی الکترولیتی به آن اضافه کرد که نه آنیون آن قادر به ترکیب شدن با الکترودها باشد و نه کاتیون آن، برای این منظور می توان خواه از یک اسید مثلا اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) ، خواه یک باز مانند هیدروکسید سدیم ( $NaOH$ ) و حتی یک نمک ( $Na_2SO_4$ ) استفاده کرد.

#### اختلاف پتانسیل لازم برای الکترولیز آب:

اصولاً اختلاف پتانسیل لازم برای تجزیه آب ، چیزی جز اختلاف پتانسیل الکتریکی یک الکتروود اکسیژنی و یک الکتروود هیدروژنی نیست که در PH خنثی برابر ۱/۲۳ ولت است. در عمل بایستی اضافه پتانسیل الکتریکی آندی و کاتدی را که موجب افزایش اختلاف پتانسیل تحمیلی و بنابراین مصرف انرژی می شود، به حساب آورد.

الکترودهای لازم برای الکترولیز آب و اختلاف پتانسیل :

اضافه پتانسیل های الکتریکی، بستگی اندکی به نوع الکترولیت انتخاب شده دارد و اما به شدت به ماهیت الکترودها وابسته اند. بهترین نتایج را می توان با کاتد پلاتینی و آند نیکلی بدست آورد. اما بدلیل قیمت بسیار بالای چنین وسایلی و نظر به برتری اندکی که نتیجه می شود، در صنعت ترجیح داده می شود تا با الکترودهای آهنی و آلومینیومی کار کنند. بنابراین ، اختلاف پتانسیل حداقل الکترولیز در حدود ۱/۷ ولت است . بایستی افت اهمی پتانسیل الکتریکی در محفظه انجام واکنش را به آن اضافه کرد که در مجموع ، اختلاف پتانسیل حقیقی ، اندکی بیشتر از ۲ ولت است.

برای بدست آوردن گازهای خالص حاصل از الکترولیز، بایستی قسمت های آندی و کاتدی را از یکدیگر جدا کرد. برای این منظور ، خواه از یک ظرف استوانه ای شیشه ای که کاتد را احاطه می کند و خواه از یک دیافراگم آزبستی استفاده می شود. لیکن گاز خالص بدست آمده نسبی است و هر یک از گازهای اکسیژن و هیدروژن می توانند تا ۲ الی ۳ درصد از دیگری را در خود داشته باشند، ولی عمل پالایش شیمیایی بعدی آسان است.

### خواص و ویژگی های سدیم:

سدیم یک عنصر شیمیایی جدول تناوبی است که نماد آن Na و عدد اتمی آن ۱۱ است. سدیم یک فلز واکنش دهنده نرم و مومی شکل است که به گروه فلزات قلیایی که از نظر ترکیبات طبیعی فراوان هستند بویژه آب نمک و هالیدها تعلق دارد. این عنصر بسیار واکنش دهنده است و با شعله زرد رنگی می سوزد. در آزمایش های مربوط به هوا اکسید می شود و به شدت با آب واکنش می دهد از این رو باید همیشه در زیر نفت یا روغن نگهداری شود.

### ویژگی و کاربردهای آن:

سدیم در دمای معمولی اطاق آنقدر نرم است که با چاقو بریده می شود. رنگ سدیم سفید مایل به نقره ای است و در

هوای آزاد واکنش داده و تیره رنگ می شود. سدیم عنصری بسیار واکنش دهنده است و از این جهت هرگز به صورت آزاد در طبیعت یافت نمی شود. سدیم در آب غوطه ور شده و آن را تجزیه کرده و هیدروژن آزاد می کند و هیدرواکسید می سازد. سدیم در آب فوراً آتش می گیرد ولی در آزمایش های مربوط به هوای معمولی در دمای زیر ۳۸۸ کلوین آتش نمی گیرد و رنگ سدیم در فشار بالا تغییر می کند. سدیم در حالت فلزی عنصر لازم برای ساختن استرها و ترکیبات آلی است. این عنصر قلیایی بوجود آورنده عنصر حیاتی نمک طعام سدیم کلرید یا NaCl نیز هست. کاربردهای دیگر آن عبارت اند از:

- استفاده در برخی از آلیاژها برای بهبودی ساختارشان
- استفاده در ساخت صابون و ترکیبش با اسیدهای چرب NaK
- آلیاژ سدیم و پتاسیم یک ماده مهم منتقل کننده حرارت است

### خواص و ویژگی های کلر:

کلر عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۱۷ است که به صورت Cl نوشته می شود این عنصر در گروه ۱۷ (هالوژن ها) جدول تناوبی قرار دارد. یون کلر قسمتی از نمک و ترکیبات دیگر است به وفور در طبیعت یافت می شود و کاربرد فراوانی در زندگی بشر دارد. کلر در فرم عنصری خود (Cl<sub>2</sub>) تحت شرایط استاندارد، کلرید (oxidant) قوی است که برای سفید سازی پارچه ها و به عنوان ضد عفونی کننده به عنوان یک عامل مهم در صنعت کاربرد دارد. گاز کلر زرد مایل به سبز است، دو و نیم مرتبه از هوا سنگین تر، دارای بوی بسیار بد و خفه کننده و بسیار سمی است. این عنصر عاملی اکسید کننده، سفیدکننده و گندزدا می باشد. کلر به عنوان بخشی از نمکهای طعام و ترکیبات دیگر به مقدار زیادی در طبیعت و لزوماً در بیشتر جانداران وجود دارد. کلر به عنوان ماده ضد عفونی کننده رایج در استخرهای شنا برای تمیزی و بهداشت آن ها مورد استفاده قرار می گیرد، گاهی در اتمسفر فوقانی ترکیبات کلرداری مانند کلرفلوئورکربن وجود دارند که در تخریب لایه اوزون موثرند.

## کاربردها:

کلر عنصر شیمیایی مهمی در تصفیه آب، مواد گندزدا در سفید کننده و نیز در گاز خردل به شمار می‌رود. همچنین کلر در ساخت طیف وسیعی از اقلام روزمره کاربرد دارد.

برای از بین بردن باکتری و سایر میکروبهایی موجود در ذخائر آب آشامیدنی بکار می‌رود. امروزه حتی به ذخائر کوچک آب همواره کلر افزوده می‌گردد. در تولید محصولات کاغذی، مواد ضد عفونی کننده، رنگدانه‌ها، مواد غذایی، حشره کشها، رنگها، فرآورده‌های نفتی، پلاستیک، دارو، منسوجات، حلالها و محصولات مصرفی بسیار زیاد دیگری کاربرد دارد. در ترکیبات آلی در صورتیکه کلر جایگزین هیدروژن شود (لاستیک مصنوعی) اغلب باعث ایجاد خصوصیات مورد نیاز در این ترکیبات می‌گردد. در ترکیب آلی از این عنصر به‌عنوان عامل اکسید کننده و جانشین، به طور گسترده استفاده می‌گردد.

سایر موارد کاربرد کلر در تولید کلراتها، کلروفرم، تتراکلراید کربن و در استخراج برم می‌باشد.

## خواص و ویژگی های منیزیم :

شناسایی منیزیم به عنوان یک عنصر در سال ۱۷۵۵ توسط جوزف بلک در ادینبرگ اسکاتلند انجام شد. با این حال تا قبل از همفری دیوی (سال ۱۸۰۸) کسی آن را جداسازی نکرد. منیزیم، فلزی سبک، سفید رنگ و نسبتاً محکم است (یک سوم از آلومینیوم سبکتر) که در معرض هوا به آرامی کدر می‌گردد. پودر این فلز، هنگامیکه در معرض هوا قرار گیرد گرم شده، با شعله‌های سفید رنگی می‌سوزد. اگرچه به شکل نوارهای باریک به آسانی محترق می‌شود، سوختن مقادیر زیاد آن دشوار است.

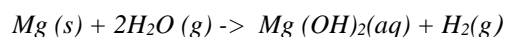


### کاربردها :

ترکیبات منیزیم، بخصوص اکسید منیزیم، بیشتر بعنوان مواد دیرگداز در کوره‌های تولید آهن و فولاد، فلزات غیر آهن، شیشه و سیمان، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکسید منیزیم و سایر ترکیبات هم در صنایع عمرانی، شیمیایی و کشاورزی بکار می‌روند. عمده کاربرد منیزیم بصورت یک افزودنی آلیاژ ساز به آلومینیوم است که از این آلیاژ، بیشتر در قوطی های مواد آشامیدنی استفاده می‌گردد. همچنین آلیاژهای منیزیم، اجزای ساختاری اتومبیل‌ها و ماشین‌آلات را تشکیل می‌دهد. کاربرد دیگر این فلز، کمک به جداسازی گوگرد از آهن و فولاد است. منیزیم، مانند آلومینیوم، محکم و سبک است، بنابراین اغلب در چرخهای مرغوب بکار می‌رود. آلیاژ این فلز در ساخت هواپیما و موشک ضروری است. منیزیم در صورتی که بعنوان عامل آلیاژ ساز بکار رود، خصوصیات تولیدی، مکانیکی و جوش خوردن آلومینیوم را ارتقا می‌دهد. عامل افزودنی برای پیشرانهای معمولی و مورد استفاده در تولید گلوله‌های کوچک گرافیت در چدن، عامل کاهنده بری ساخت اورانیوم خالص و فلزات دیگر از نمکهایشان، هیدروکسید آن در شیر منیزی، کلرید و سولفات آن در سولفات دومنیزی و سیتراتهای آن در پزشکی کاربرد دارد.

### واکنش منیزیم با آب :

فلز منیزیم در دمای اتاق تحت تأثیر آب قرار نمی‌گیرد. منیزیم عموماً یک فلز با واکنش آهسته است. فعالیت آن با افزایش سطح اکسیژن افزایش می‌یابد. منیزیم با بخار آب واکنش داده و تولید منیزیم هیدروکسید می‌کند و در عین حال گاز هیدروژن متصاعد می‌شود.



شعله ی منیزیم را نمی‌توان با آب خاموش کرد و اگر برای خاموش کردن آن با آب کوشش کنید با گاز هیدروژن واکنش شدیدی خواهد داد. برای خاموش کردن بهترین راه ریختن خاک بر روی آن است. مثالی از ترکیبات منیزیم، منیزیم فسفید است

که یک جامد خاکستری رنگ متعفن است وقتی این ترکیب در مجاورت آب یا هوای مرطوب قرار گیرد تجزیه شده و فسفین تشکیل می دهد که یک ترکیب سمی و قابل اشتعال در هواست . منیزیم اغلب به صورت یون در محلول های آبی دیده می شود ولی گاهی به فرم های هیدروکسیدی هم یافت می شود. در آب دریا همین طور فرم فسفات را هم می توان یافت. محلولیت آبی منیزیم هیدروکسید ۱۲ میلی گرم بر لیتر است. سایر ترکیبات منیزیم محلولیت بیشتری دارند. مثلاً منیزیم کربنات ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر و منیزیم سولفات که به آب مزه ی تلخی می دهد و محلولیتی معادل ۳۰۹ گرم بر لیتر دارد (در دمای ۱۰ درجه). کلریدریک اسید، سولفوریک اسید رقیق و نیتریک اسید به شدت با آن ترکیب می شوند. یون منیزیوم بی رنگ است و جهت تشکیل یون کمپلکس تمایل چندانی ندارد.

#### الکترولیز آب نمک :

در حالت عمومی زمانی که دو عدد الکتروود آند و کاتد در محلول آب نمک قرار گیرد و جریان الکتریکی مستقیم از آن عبور کند، نمک محلول در آب که خود نقش الکترولیت برای الکترولیز را بازی می کند؛ شروع به تجزیه شدن می نماید و ترکیبات ذیل حاصل می - شود:

- هیدروکسید منیزیم و آلومینیوم
- گاز کلر
- هیپو کلریت سدیم
- گاز هیدروژن
- آب

هیدروکسید آلومینیوم و منیزیم:

Aluminium (III) hydroxide یا همان هیدروکسید آلومینیوم با فرمول شیمیایی  $Al(OH)_3$  و جرم مولی 78.00344 g/mol

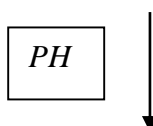
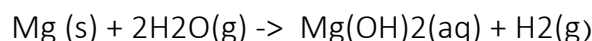
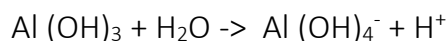
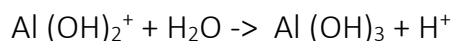
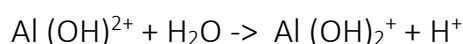
Contract number: PG – ECR- 001

Page 27 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

به شکل ظاهری سفید جامد آمورف با دمای ذوب °C 300 و چگالی  $2.4 \text{ g/cm}^3, \text{ solid}$  با قابلیت انحلال در آب است.

واکنش ایجاد می قابل وقوع در فرآیند الکترولیز جهت تولید هیدروکسید آلومینیوم در ذیل توضیح داده شده است.



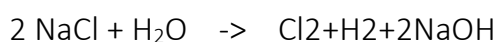
گاز کلر:

در دما و فشار استاندارد دو اتم کلر تشکیل مولکول ۲ اتمی کلر را می دهند.  $\text{Cl}_2$  گاز سبز و متمایل زرد رنگی است که بوی قوی متمایزی دارد. (بوی سفید کننده) پیوند بین ۲ اتم کلر نسبتاً ضعیف است، که مولکول را بسیار واکنش پذیر می کند. نقطه جوش آن در حدود °C ۳۴ است. اما در دمای اتاق تحت فشار بالای اتمسفر می تواند مایع شود. کلر عنصری است از سری هالوژن ها (گروه ۱۷) کلر تقریباً با همه عناصر تشکیل ترکیب می دهد و ترکیبات کلریدها را می سازد و به وسیله الکترولیز محلول آبداری از کلرید سدیم، کلر تولید می شود. گاز کلر با بیشتر ترکیبات آلی واکنش می دهد قابل ذکر است نوع خالص این عنصر شیمیایی به شکل گازی دو اتمی و سبز رنگ می باشد. این عنصر جزئی از گروه هالوژنهای نمک ساز می باشد و به وسیله اکسایش، کلرید تولید می گردد. کلر گازی است به رنگ زرد مایل به سبز که تقریباً با تمامی عناصر به سرعت ترکیب می شود. در ۱ لیتر آب ۱۰ درجه، ۳۰ لیتر و در آب ۳۰ درجه تنها ۱/۷۷ لیتر کلر حل می شود.

کلر عنصر شیمیایی مهمی در تصفیه آب، مواد گندزدا در سفید کننده به شمار می رود. همچنین کلر در ساخت طیف وسیعی

از اقلام روزمره کاربرد دارد.

همانطور که اشاره شد به وسیله الکترولیز محلول آبداری از کلرید سدیم، کلر تولید می‌شود این عنصر در طبیعت فقط بصورت ترکیب با سایر عناصر و عمدتاً سدیم به شکل نمک طعام (NaCl) قابل دسترسی است. کلر آزاد شده در این فرآیند بر اثر مکانیسم تجزیه NaCl و و تامین انرژی، شکست پیوند قوی یونی آن صورت می‌پذیرد. که ان به شرح ذیل می باشد.



در خلال فرآیندهای انعقاد، ته نشینی و صاف کردن، تقریباً تمام مواد جامد معلق و اکثر مواد رنگی از آب جدا می‌شوند ولی طی این مراحل تعداد کمی از باکتریها را میتوان از آب جدا کرد. از بین بردن میکروبهای بیماریزاست که صرفاً با تزریق کلر میسر می‌شود.

کلر زنی آب یکی از رایجترین روش‌های گندزدایی آب آشامیدنی است. در این فرآیند از گاز کلر ( $\text{Cl}_2$ )، هیپوکلریت سدیم ( $\text{NaClO}$ ) استفاده می‌شود. کلرین یک اکسید کننده بسیار قوی است و این خاصیت اکسیدکنندگی قوی سیستم آنزیمی لازم برای ادامه حیات سلول را از بین می‌برد ( به مجموع هیپوکلریت  $\text{ClO}^-$  و اسید هیپو کلریت اصطلاحاً کلرین آزاد می‌گویند). کلر بر باکتریها بسیار موثر است ولی بر گونه‌های خاصی از پروتوزوئرها از جمله کیست‌های ژیا ردیا لامبلیا و ویروس‌ها اثر کمتری دارد. قابلیت اثر گذاری این اسید بستگی به PH دارد. کلر با آب به صورت زیر ترکیب می‌شود:



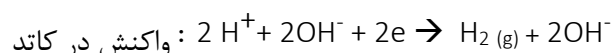
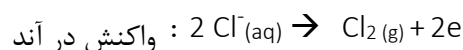
در PH بالا  $\text{ClO}^-$  کمتری تولید می‌شود. با حذف کامل مواد آلی موجود در آب قبل از عمل کلر زنی میتوان از تولید THMs جلوگیری کرد.

### هیپو کلریت سدیم:

تولید هیپوکلریت سدیم از آب شور دریا دقیقاً برابر همان روشی است که در تانک های نگهداری آب دریا بکار گرفته می شود. روش تولید هیپو کلریت سدیم از آب دریا بر اساس فرایند الکترولیز صورت می پذیرد. بخش های این فرایند را می توان بصورت زیر خلاصه نمود.

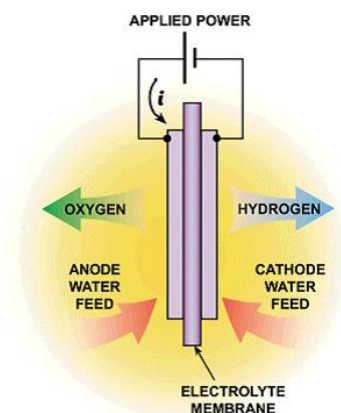
- کاهش اولیه ذرات جامد معلق
- الکترولایزر برای تولید هیپوکلریت سدیم به کمک الکترولیز جزئی محتوی نمک سدیم (NaCl<sup>-</sup> آب دریا )
- گاز شور برای گاز زدائی (خارج سازی گاز هیدروژن ) از محلول تولیدی
- پمپهای توزیع محلول هیپوکلریت
- تجهیزات تمیزکاری و شستشوی شیمیایی الکترولایزر ها درمواقع لزوم

آب دریا در ورودی واحد بوسیله دو صافی که یکی در سرویس و دیگری بصورت آماده بکار بوده فیلتر می گردد. سپس وارد CELL های الکترولیتیکی ( الکترولیز کننده ) می شود. یک کنترلر جریان آب دریا CELL ها را بصورت ثابت کنترل می نماید. فرآیند شیمیائی بر مبنای الکترولیز جزئی نمک سدیم (NaCl) محتوی آب دریا صورت می گیرد. مقدار هیپوکلریت سدیم تولید شده مستقیماً با مقدار جریان الکتریکی گذرانده شده از داخل الکترولایزرها متناسب می باشد.



### گاز هیدروژن:

در الکترولیز آب جریان برق از میان محلولی که شامل آب و الکترودها می باشد، عبور می کند. مطابق ترسیمی طرز کار دستگاه الکترولیز به این صورت است که قطب منفی منبع تغذیه به کاتد (الکتروده منفی) و قطب مثبت آن به آند (الکتروده مثبت) متصل می - شود. در الکتروده آند تمایل به جذب الکترونها وجود دارد. آب دارای هدایت الکتریکی پایینی برای عبور جریان الکتریکی می باشد، به این خاطر برای افزایش هدایت الکتریکی در فرایند الکترولیز به آن الکترولیت اضافه می کنند.

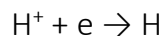


مولکولهای آب در اطراف الکتروده کاتد به یونهای  $\text{OH}^-$  و  $\text{H}^+$  تفکیک می شود و مقدار مولکولهای آب در اطراف کاتد کاهش می یابد و غلظت  $\text{OH}^-$  بالا می رود . انتظار می رود که مولکول آب به یک یون  $\text{H}^+$  و یک یون  $\text{OH}^-$  تفکیک شود. اما این اتفاق رخ نمی دهد برای اینکه اتم اکسیژن دارای الکترونهای بیشتری نسبت به اتم هیدروژن می باشد.

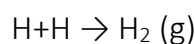


بنابراین این مسئله باعث می شود که سطح بیرونی کاتد کاملاً توسط یونهای هیدروکسید پوشیده شود اما یون  $\text{H}^+$  فاقد

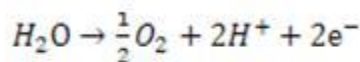
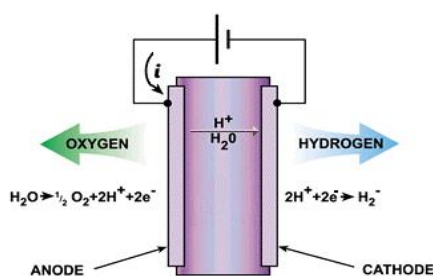
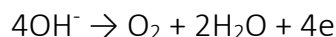
پروتون می - باشد و تلاش زیادی کرده تا یک الکترون گرفته و بصورت یک اتم هیدروژن در می آید:



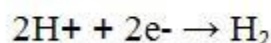
این اتم هیدروژن با اتم هیدروژن دیگری برخورد کرده و تشکیل یک مولکول گاز هیدروژن را می دهد و این مولکول گاز هیدروژن بصورت حبابهایی از سطح آب خارج می شود:



در عین حال یونهای هیدروکسید ( $OH^-$ ) به سمت آند مهاجرت کرده و به سطح آند می رسند. آند الکترونهای اضافی را که یونهای هیدروکسید از هیدروژن گرفته بود، را پس می گیرد و یون هیدروکسید مجدداً با سه مولکول هیدروکسید دیگر تشکیل یک مولکول گاز اکسیژن و دو مولکول آب می دهد. مولکول اکسیژن پایدار بوده و بصورت حبابهایی به سطح آب می آید.



واکنش در آند



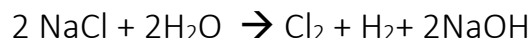
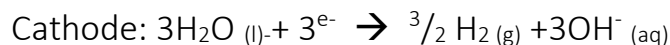
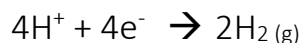
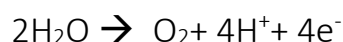
واکنش در کاتد

Contract number: PG – ECR- 001

Page 32 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

لازم به ذکر است محلول تولیدی پس از ورود به تانکهای ذخیره جهت تفکیک و خارج سازی گازهای جانبی با هوا رقیق شده و بصورت مخلوط غیر قابل انفجار درآمده و سپس وارد اتمسفر می گردد. (ماکزیمم هیدروژن مجاز بایستی کمتر از یک درصد حجمی باشد). همچنین حباب های گاز هیدروژن تولید شده درکاتد نیز به ذرات منعقد شده چسبیده و همانند روش شناورسازی با هوای محلول ذرات را با خود به سطح آب می آورند.  
واکنش هایی که محصولات جانبی آن نیز هیدروژن می باشد به شرح ذیل است :





Contract number: PG – ECR- 001

Page 33 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

## معرفی و بررسی فنی

### دستگاه ECR

## برای نمک زدایی آبهای شور دریایی

01						
00	1401.06.01	Issue for approve	S.Azizpour	B.Saeedpour	Dr.S.H.Khabbazi	Dr. B.Saeedpour
Rev	Date	Description	Prepared by	Checked by	Final Checked by	Approved by

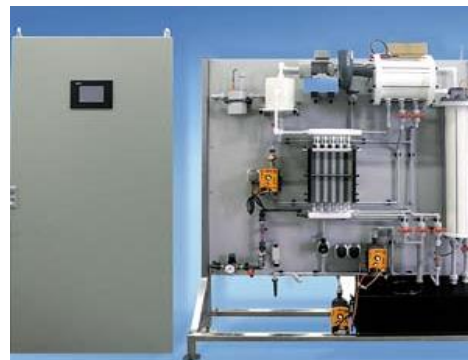
معرفی ECR:

استفاده از دستگاه الکترولیز به منظور کاهش املاح موجود در آب دارای قدمت تقریبی ۳۰ ساله است. برای اولین بار محققین کشور آلمان، شرکت Prominent اقدام به طراحی دستگاه مذکور نمودند. این دستگاه با استفاده از جریان های الکتریکی باعث تجزیه شدن یا باردار شدن املاح محلول در آب شده و بدین صورت تصفیه و پالایش آب صورت می پذیرد.

تصویر دستگاه الکترولیز الکترو مغناطیس ساخته شده توسط شرکت Prominent آلمان



نمونه دستگاه صنعتی



نمونه دستگاه آزمایشگاهی

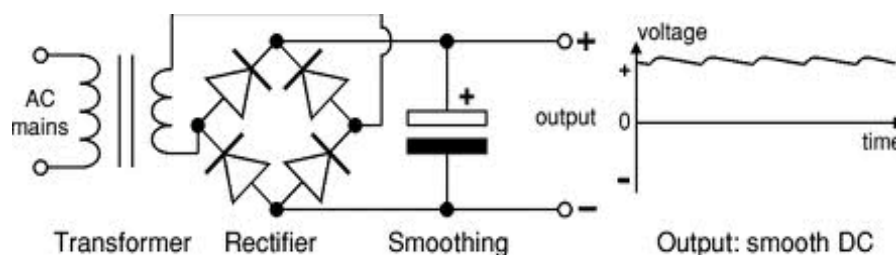
بعد از کشور آلمان، محققین و صنعت گران کشورهای مختلف بر آن شدند تا نسبت به تجاری سازی این دستگاه اقدام نمایند. در حال حاضر بیش از ۸ کشور و ۴۰ شرکت اقدام به تولید این مکانیزم نموده اند. این روش از سال ۱۹۹۰ میلادی در اروپا به عنوان سیستم گندزدایی اصلی مطرح و کاربردی شده است. قابل توجه است که این روش در چند سال گذشته در استان های لرستان، مرکزی و ایلام به عنوان واحد گندزدای اصلی آب نصب و در حال بهره برداری می باشد.

### تعریف ECR:

کلمه ECR برگرفته از عبارت لاتین Electrical Conductivity Reducer می باشد. همان گونه که از نام روش استنباط می شود، کارایی دستگاه، کاهش هدایت الکتریکی محلول در آب می باشد. عموماً نمک های محلول در آب بالاترین عامل ایجاد هدایت الکتریکی می باشند. به عبارتی دیگر با حذف تقریبی نمک ها از آب به روش های مختلف، می توان EC (هدایت الکتریکی) را کاهش داد.

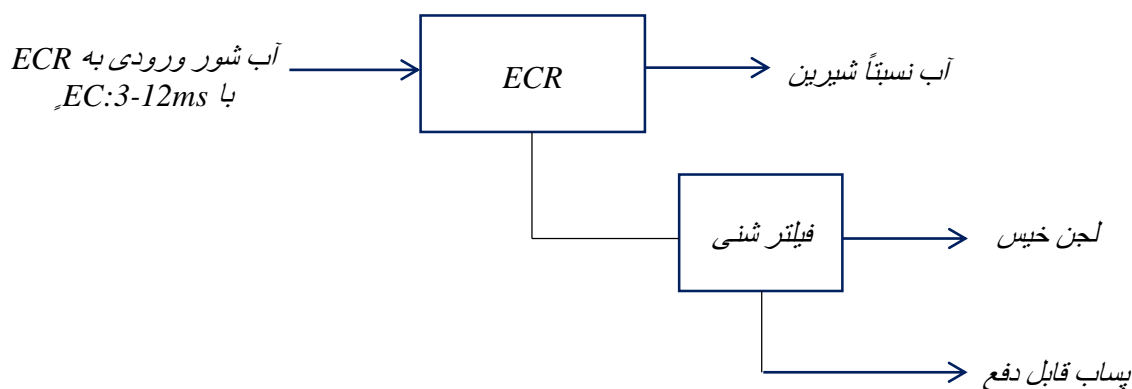
دستگاه ECR با طراحی منحصر به فرد خود و با بهره گیری از آخرین تکنولوژی های روز دنیا بر پایه تجزیه و انعقاد الکتروشیمیایی، نمک های محلول در آب را حذف به عنوان لجن از سیستم خارج می کند.

ECR برای انجام کار نیاز به انرژی الکتریسیته دارد تا بتواند با اعمال فرایند کاهش ولتاژ، افزایش قدرت جریانی و تغییر در نوع جریان، شکست و تجزیه نمک ها را در پی داشته باشد.



در حالت کلی به وسیله دستگاه ECR می توان آب های شور را تا میزان ۷ الی ۱۰ برابر شیرین سازی نمود. این شیرین سازی با راندمان بالای ۹۷٪ می باشد.

ECR با تجزیه نمک ها و تولید لجن جامد، کمتر از ۲٪ پساب تولید می کند. پساب تولید شده اندک دستگاه، بدون شوری بوده و مخرب محیط زیست نمی باشد. توانایی دستگاه ECR برای کاهش نمک ها تا حدود ۷ الی ۱۰ برابر نسبت به آب ورودی می باشد. این موضوع حاکی از این است که در صورت استفاده از دستگاه ECR در منطقه ساحلی خلیج فارس یا جزیره کیش، آب خروجی از سیستم ECR تقریباً دارای  $4000\mu\text{s}$  هدایت الکتریکی (EC) می باشد.



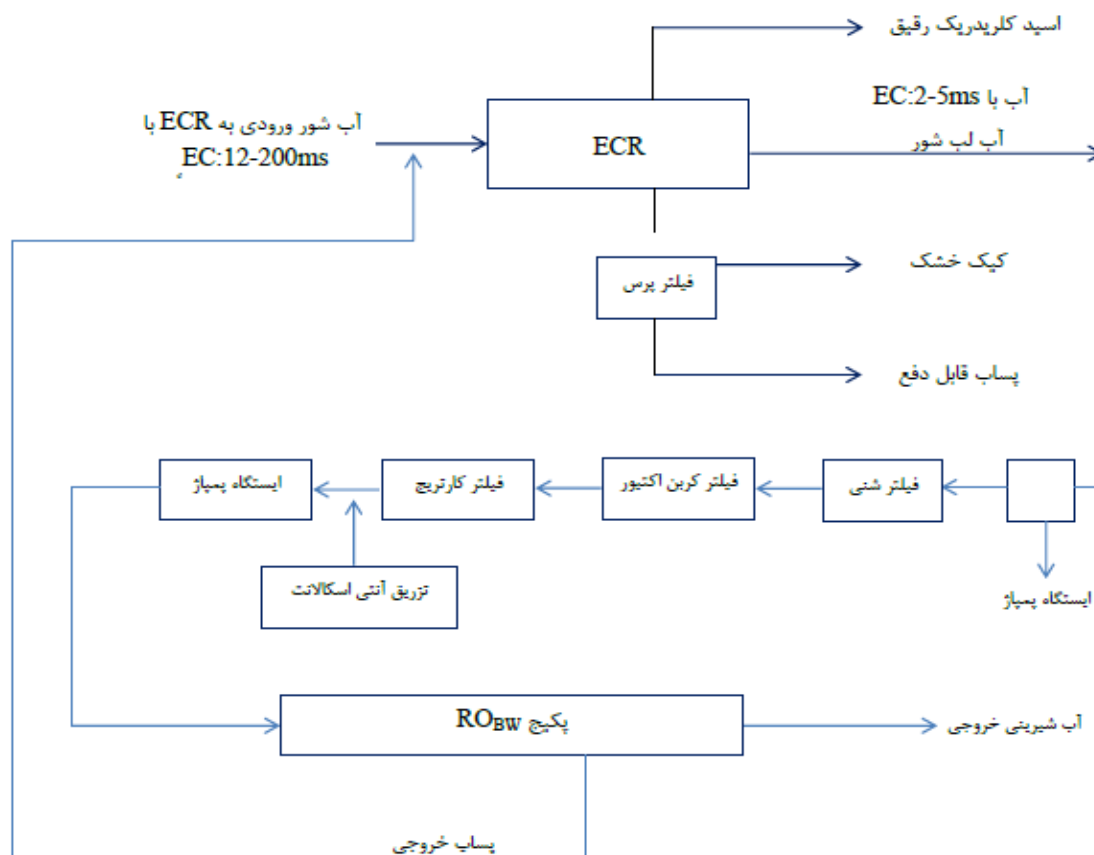
با ورود آب با غلظت نمک پائین به دستگاه R.OBW، می توان با راندمان بالا و با هزینه بسیار پائین، آب مورد نظر را تأمین نمود. در صورت نیاز به آب کشاورزی، آب نما و ... (بجز موارد بهداشتی و شرب) می توان مستقیم آب خروجی دستگاه ECR را مصرف نمود.<sup>۱</sup>

با توجه به بالا بودن میزان نسبی املاح محلول در آب خروجی دستگاه ECR، استفاده آن برای مصارف بهداشتی و شرب پیشنهاد نمی گردد. لذا توصیه می شود برای تولید آب شیرین بهداشتی، آب خروجی دستگاه ECR از دستگاه R.OBW عبور کند.

Contract number: PG – ECR- 001

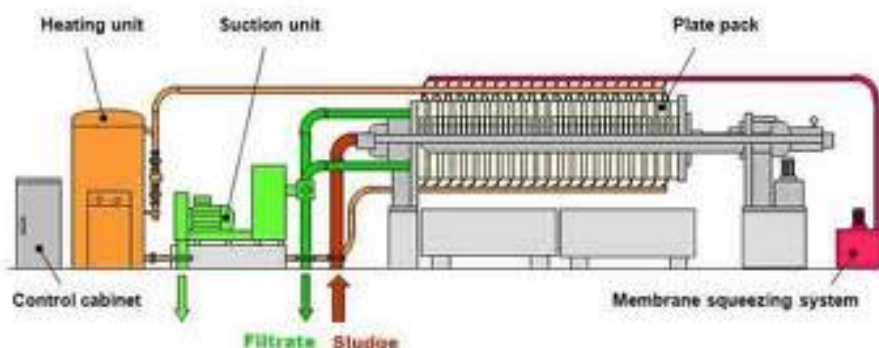
Page 37 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A



لجن خروجی از ECR، به همراه میزان کمی از آب وارد یک دستگاه جانبی به نام فیلتر پرس می شود. این دستگاه کلیه لجن موجود در آب (نمک های تجزیه شده) را حذف و به صورت کیک خشک که زباله خشک تلقی می شود، خارج می سازد.

حال با خروج این کیک تقریباً خشک از دستگاه، معضل بزرگ تلخ آب و راه کارهای دفع آن برطرف و از پیش رو برداشته می شوند



تصویر دستگاه فیلتر پرس

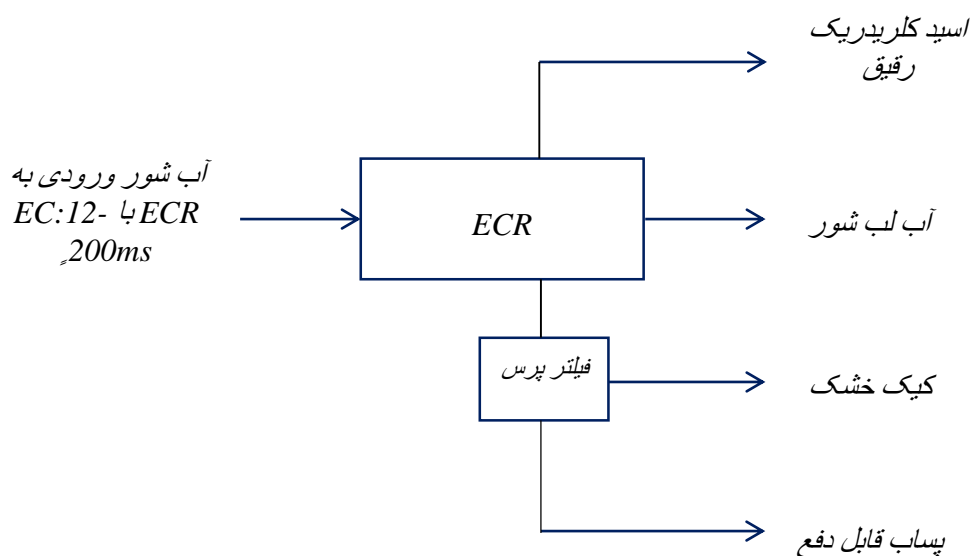
در فرایند شیرین سازی آب با دستگاه ECR، بخشی از املاح که در ترکیب مولکولی خود، گازها را جای داده اند، تولید گاز می نمایند. (مانند نمک طعام NaCl) که با تجزیه این نمک، گاز کلر از دستگاه خارج می شود.

کلر ماهیتا گازی سمی بوده که تنفس و لمس آن بشدت منع گردیده است. در هنگام کار دستگاه ECR، گاز کلر آزاد می شود. به علت سمی بودن و تأثیر مخرب گاز، در دستگاه یک واحد گاز شور تعبیه شده است. دستگاه گاز شور تمامی گاز کلر آزاد

شده از فرآیند را در آب حل نموده و باعث تولید اسید کلریدریک رقیق می شود. با اسید تولیدی، اولاً گاز کلر به محیط وارد نمی شود و دوماً با تولید HCl (اسید کلریدریک) رقیق، مقداری از نیاز مجموعه به این ماده جرم زدا و گندزدا بر طرف می گردد. الباقی اسید تولیدی قابلیت فروش خواهد داشت.

نکته مهم این است که با توجه به قوانین سازمان محترم محیط زیست و استاندارد تدوین شده مبنی بر میزان مجاز کلر آزاد در هوا، در دستگاه های کوچک (با ظرفیت تولید پایین) و یا برای آب هایی که شوری کمی دارند (میزان نمک NaCl و MgCl کمتر از 8000ppm باشد) واحد گاز شور در سیستم به صورت Optional (اختیاری) خواهد بود و به علت مجاز بودن میزان کلر تولیدی، الزام به استفاده از آن وجود ندارد.

به صورت کلی با ورود آب شور به دستگاه ECR، محصولات و موارد ذیل از دستگاه خارج می شوند:



### مبانی عملکرد دستگاه ECR:

در فرایند الکترولیز آب حاوی نمک محلول با جریان مستقیم، کاملاً مشخص است که هرچه سطح تماس پلیت‌ها ( کاتد و آند ) با الکترولیت ( آب نمک ) بیشتر باشد، راندمان بالاتری از الکترولیز نیز حاصل می‌گردد، و دلیل آن تماس مؤثر و بیشتر بین مواد معلق، توده‌های کلئیدی، محلول و میکرو حباب های گازهای الکترولیتی که از سطح الکتروود آزاد می‌شود، می‌باشد. روشهای متعددی در سالهای اخیر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است که از این میان می‌توان به فرآیند انعقاد و شناور سازی الکتریکی که به عنوان یک نوآوری قابل توجه در صنعت آب و فاضلاب، مطرح می‌باشد اشاره کرد. امروزه تکنیک الکتروشیمیایی یک ابزار فرآیندی مهم جهت جداسازی و کنترل انواع آلاینده‌ها شده است. تکنولوژی‌های الکتروشیمیایی، مزایای متعددی دارند که مهمترین آنها عبارتند از: سازگاری با محیط زیست، کاربرد چند منظوره، بازدهی انرژی بالا، ایمن بودن فرایند، انتخاب گری عناصر در هنگام کار، سازگار با ماشینی شدن ( اتوماسیون کامل )، سادگی و ارزانی نسبی در مورد مکانیسم است.

باید گفت الکترولیز یک واحد فرآیندی است که تغییرات شیمیایی در آن ناشی از واکنش انتقال الکترون از میان سطح مشترک محلول و الکتروود می‌باشد. جریان الکتریکی بوسیله جریان الکتریسیته مستقیم تأمین می‌شود و ولتاژ کاربردی بین دو الکتروود در یک سلول، واکنش را به پیش می‌برد.



مکانیسم‌های اصلی الکترولیز برای تصفیه پیشرفته به شرح زیر می‌باشد:

(۱) اکسیداسیون و گندزدایی الکتروشیمیایی

(۲) فلوکولاسیون الکتروشیمیایی

(۳) شناورسازی الکتروشیمیایی یا هر ترکیبی از این مکانیسمها.

این فرآیند از طریق کاربرد جریان مستقیم برق با ولتاژ بین ۳ تا ۶۰ ولت و شدت جریانهای متغیر که بسته به میزان آلودگی پساب تعیین می‌شود با استفاده از الکترودهایی از جنس آلومینیم، آهن معمولی، فولاد ضد زنگ و یا ذغال صورت می‌گیرد. در فرایندهای الکترولیز، همانگونه که در فرمول های ذیل اشاره شده است، الکتروود آند (قطب آند) با فرایند خوردگی مواجه می‌شود. سرعت خوردگی الکتروود آند به عوامل ذیل بستگی دارد.

- جریان عبوری از الکتروود.
- سطح الکتروود
- میزان هدایت الکتریکی الکتروولیت
- فاصله خطی الکتروود آند از کاتد
- ولتاژ تغذیه الکتروود
- نوع جریان عبوری از الکتروولیت

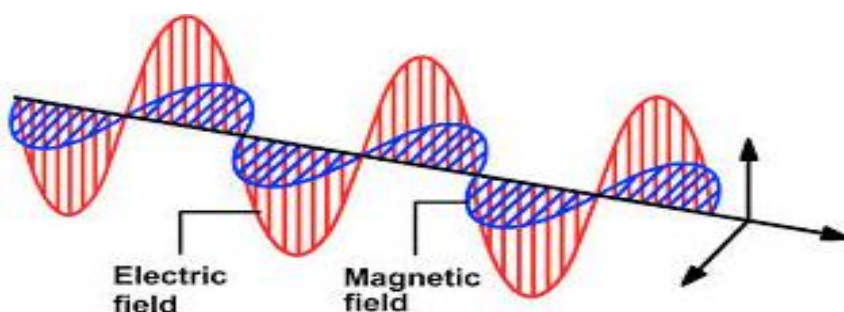
در صورتی که هدف از الکترولیز کاهش نمک های محلول در آب باشد، می بایست برای تامین انرژی غالب بر انرژی پیوند مولکولی نمک ها، چگالی جریان را در بالاترین سطح لازمه حفظ کرد. این امر خود بیانگر این است که مواردی نظیر جریان عبوری از الکتروود و نوع آن باید با در نظر داشتن سطح ولتاژ با مساحت الکتروود و فاصله آنها از یکدیگر در یک نسبت کمیته باشند. زیرا که تغییر در هر یک از پارامترهای فوق، تغییر چگالی جریان را به دنبال دارد.

بالا بودن پیوسته و مداوم چگالی جریان در فرایند الکترولیز، سرعت خوردگی الکتروود آند را به شدت افزایش می دهد. سرعت خوردگی بالا، عمر سیستم را به شدت کاهش می دهد. کوتاه بودن عمر الکتروود آند با توجه به قیمت آن، سبب شده است تا این سیستم از بعد توجیح پذیری اقتصادی در زیر ذره بین طراحان قرار گیرد.

امروزه در فرایند الکترولیز از امواج الکترومغناطیس جهت افزایش جنبش مولکولی استفاده می شود. این امواج به عنوان انرژی کمکی بر روی موج اصلی جریان الکتریکی حمل و به الکتروولیت ( آب نمک ) منتقل می شود.

با اعمال امواج الکترومغناطیس به آب نمک، جنبش مولکولی زیادی در نمک ها ایجاد می گردد.

افزایش جنبش مولکولی سبب می شود که با کاهش چگالی جریان باز هم بتوان بر انرژی پیوند مولکولی املاح موجود در الکتروولیت غلبه نمود و نهایتا سبب کاهش مصرف انرژی الکتریکی در فرایند الکترولیز گردید. با کاهش مصرف انرژی الکتریکی، کاهش اکسیداسیون آند ( خوردگی) صورت می پذیرد.

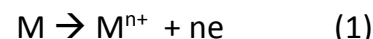


Contract number: PG – ECR- 001

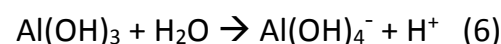
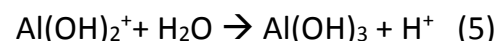
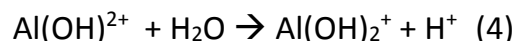
Page 43 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

واکنشهای انجام شده درآند و کاتد به قرار زیر می باشد :



در مورد فلز آلومینیم که کلیه آزمایشات نهایی در این تحقیق پس از آزمایشات اولیه با آن انجام شده است واکنش زیر قابل وقوع است :



میزان انحلال فلزات و در نتیجه تجزیه فلز آند بستگی به مقدار جریان الکتریسیته عبوری از الکترولیت دارد و از قانون فاراده تبعیت می کند.

یون های آلومینیم ایجاد شده به سه طریق باعث انعقاد مواد می شوند:

(۱) فشرده شدن لایه دوپل الکتریکی

(۲) تجمع ذرات از طریق خنثی سازی در محیط الکترولیت

(۳) ایجاد پل بین ذرات و تشدید فرآیند انعقاد جاروبی

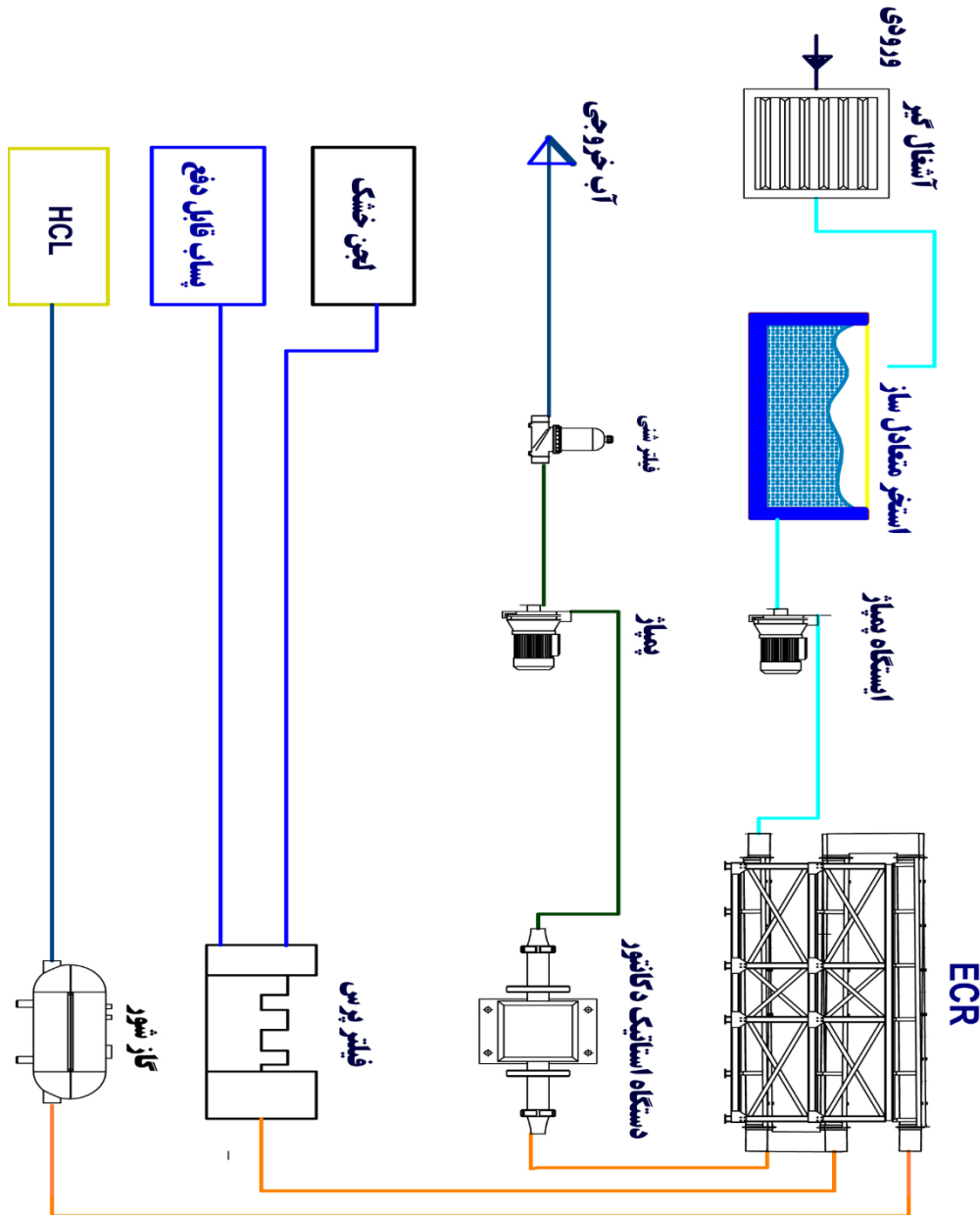
حباب های گاز هیدروژن تولید شده در کاتد نیز به ذرات منعقد شده چسبیده و همانند روش شناورسازی با هوای محلول ذرات را با خود به سطح آب می آورند.

Contract number: PG – ECR- 001

Page 44 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

دیاگرام دستگاه:



Contract number: PG – ECR- 001

Page 45 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

### اجزاء دستگاه ECR:

دستگاه ECR از قسمت های اصلی زیر تشکیل شده است:

- (۱) سازه مکانیکال.
- (۲) داکت های عبوری آب شور.
- (۳) پلیت های آند و کاتد.
- (۴) باس بارهای الکتریکی.
- (۵) ترانسفورماتور تولید جریان و رکتیفایر مربوطه.
- (۶) تولید کننده امواج الکترو مغناطیس.
- (۷) گاز شور.
- (۸) فیلتر پرس.

### سازه مکانیکال:

با توجه به عظمت دستگاه ECR و وزن تقریباً زیاد آن، نیاز به یک استراکچر فلزی می باشد. این استراکچر باید توانایی و تحمل وزنی و استقرار داکت های انتقال آب، باس بارها، پلیت های کاتد و آند و . . . را داشته باشد. عموماً این سازه از جنس فولاد ساخته می شود. پوشش دستگاه از رنگ های مخصوص ضد اسید می باشد. لازم به ذکر است که دستگاه هایی که در مناطق مرطوب نصب می شوند؛ می بایست از فولاد ضد زنگ ساخته شوند.

Contract number: PG – ECR- 001

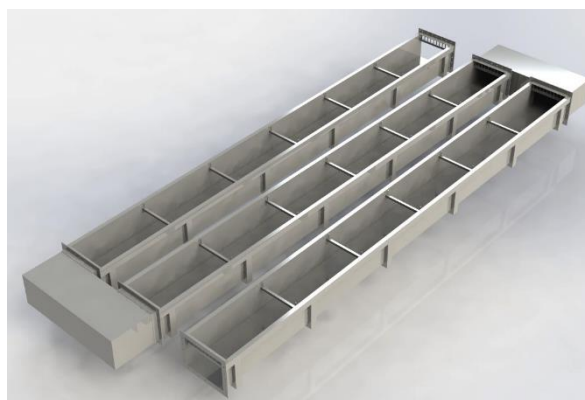
Page 46 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A



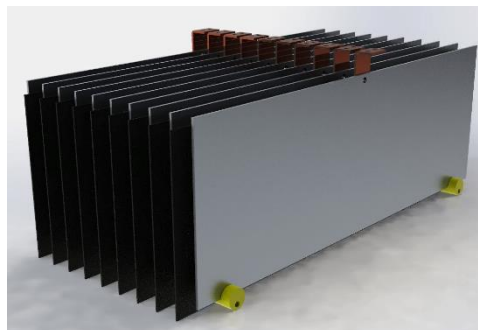
#### داکت های عبوری آب شور:

با توجه به ظرفیت آب دهی هر دستگاه (دبی آب)، ابعاد کانال های عبوری آب تغییر می کند. کانال ها عموماً به شکل مستطیل بوده و دارای طول ۴ الی ۶ متری می باشد. جنس کانال ها می بایست از آهن معمولی باشد. علت انتخاب این متریال، خاصیت عنصر آهن و محدود کاربرد آن ( کاتد الکترولیز-) می باشد. پوشش بیرونی داکت ها با رنگ های مخصوص ضد اسید کوتینگ می شود.



### پلیت های آند و کاتد:

فرایند الکترولیز به واسطه عبور الکترولیت (آب شور) از بین دو صفحه رسانای الکتریکی ( یکی آلومینیوم و دیگری آهن) ایجاد می شود. در دستگاه ECR از پلیت آلومینیومی به عنوان آند و از پلیت آهنی به عنوان کاتد استفاده می شود. ابعاد پلیت ها با توجه به ظرفیت دستگاه ها متغیر است. این پلیت ها به اندازه  $\frac{2}{3}$  سطح، در محلول الکترولیت مستغرق می شوند.



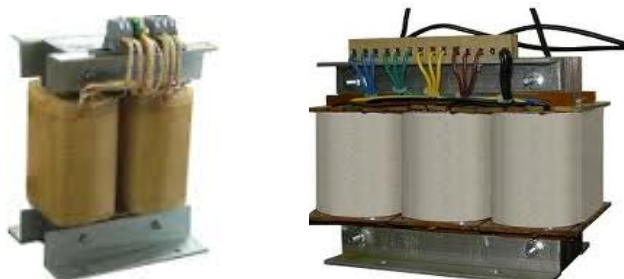
### باس بارهای الکتریکی:

از آنجایی که در فرایند الکترولیز، جریان های عبوری از الکترولیت دارای کمیت بالایی هستند، انتقال این میزان انرژی از طریق کابل معمولی میسر نمی باشد، لذا استفاده از باس بارهای خاص با شمش های آلومینیومی و مسی جهت انتقال جریان به آند و کاتد الزامی است. این بخش از دستگاه از حساسیت خاصی برخوردار می باشد.

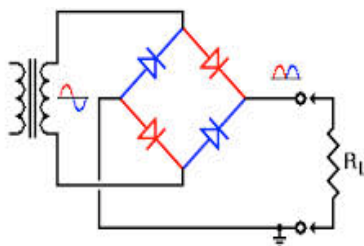


### ترانسفورماتور تولید جریان و رکتیفایر مربوطه:

فرایند الکترولیز نیاز به جریان های بالای DC با سطح اختلاف پتانسیل کم دارد. بدین منظور در بخش صنعت از دستگاه های به نام ترانسفورماتور استفاده می کنند. ترانسفورماتور ها عموماً از بعد تغییر ولتاژ در سه حالت افزایشده، کاهشده و یا یک به یک ساخته می - شوند.



در دستگاه ECR از ترانسفورماتورهای کاهشده ولتاژ استفاده می شود. ولتاژ ورودی این ترانسفورماتورها عموماً 380 V و از شبکه سه فاز می باشد. میزان نمک محلول در آب ورودی به دستگاه و کمیت آن (دبی آب) تعیین کننده سطح ولتاژ خروجی ترانسفورماتور می باشد. در دستگاه ECR عموماً ولتاژ خروجی بین 60 V ~ 3 است. به منظور یکسو سازی (DC) از رکتیفایرهای صنعتی استفاده می شود. این رکتیفایرها موج AC ولتاژ و جریان خروجی ترانسفورماتور را تبدیل به موج DC می کنند.



### تولید کننده امواج الکترو مغناطیس:

همانگونه که توضیح داده شد، در دستگاه ECR جهت کاهش مصرف انرژی و بالا بردن عمر الکتورها از مدولاتور فرکانس استفاده می - شود. این مدولاتور طیفی از موج الکترومغناطیس را به صورت Carrier بر روی موج ولتاژ و جریان انرژی الکتربیکی اصلی سوار می کند. این موج پس از خروج از مدولاتور توسط باس بار به پلیت های آند و کاتد منتقل می شود.



Contract number: PG – ECR- 001

Page 49 of 51

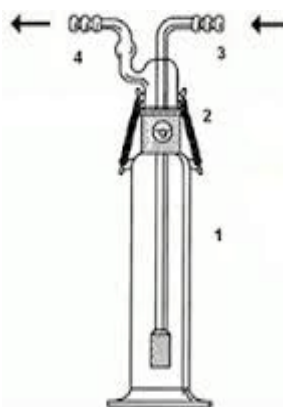
Document Number: PG – ECR – 001A



### گاز شور:

به منظور عدم انتشار گازهای متصاعد شده حین فرایند الکترولیز در محیط، کارهای مخصوصی بر روی داکت های انتقال آب نصب می شوند که موظف هستند گازهای محیطی را به دستگاه گازشور هدایت کنند. عموماً این کارها از جنس پلیمری یا شیشه ای می- باشند. دستگاه گازشور، گازهای خروجی از دستگاه (کلر) را در حلال (آب) حل می کنند. این دستگاه ها عموماً

دارای راندمان بالای ۹۰٪ می باشند.



Contract number: PG – ECR- 001

Page 50 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A

### فیلتر پرس:

به منظور آب گیری کامل از لجن تولیدی توسط دستگاه ECR ( نمک هایی که تجزیه شده و ته نشین می شوند لجن نام دارند) از دستگاه فیلتر پرس استفاده می شود. فیلتر پرس ها قادر هستند آب لجن ورودی را به کیک تقریباً خشک تبدیل کنند.



### تابلو کنترل دستگاه:

جهت بهره برداری بسیار راحت از کل فرایند تصفیه و همچنین در راستای کاهش خطای نیروی انسانی، کلیه سیستم های مشروح فوق با تجهیزات PLC & HMI کنترل و مانیتورینگ می شود.



Contract number: PG – ECR- 001

Page 51 of 51

Document Number: PG – ECR – 001A



آدرس:

تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی، خیابان امینی، پلاک ۱، واحد ۴

Email: ParsgoonCo@gmail.com

www.Parsgoonco.com



تلفن : ۸ - ۸۸۶۵۹۹۵۷ (۰۲۱)

فکس : ۸۶۰۸۴۵۵۰ (۰۲۱)