

## استخراج نمک از آب نمک به وسیله پسماند گرم واحد های صنعتی

سید حسن زوار موسوی\*<sup>۱</sup>، بهرام محمدی<sup>۱</sup>، حمید رضا مولایی<sup>۲</sup>

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سمنان

۲- حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه، دانشگاه سمنان

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲

### چکیده

فرآیند استخراج نمک از آب نمک شامل حداقل یک مخزن تبخیر روباز است. بخشی از آب نمک در واحد گرم کننده که در خارج از مخزن تبخیر قرار دارد، گرم و دوباره به مخزن تبخیر برمی گردد. واحد گرم کننده گرمای پسماند یک واحد خنک کننده صنعتی را دریافت می کند. بر طبق این فرآیند مقادیر آب و هوا و درجه خنک کننده اندازه گیری می شود و در واحد کنترل محاسبه می شود. حداقل بخشی از آب نمک گرم شده و مقدار ی آب نمک گرم نشده بوسیله سیستم اسپری کننده از مخزن تبخیر اسپری می شود. مقدار آب نمک اسپری شده بر اساس اطلاعات بدست آمده در واحد کنترل تنظیم می گردد.

**واژه های کلیدی:** آب نمک، مخزن تبخیر روباز، واحد گرم کننده، پسماند گرم.

### مقدمه

تولید نمک دارای روش های مختلفی است که بر اساس نوع منبع، شرایط آب و هوایی، امکانات انرژی و ارزش نهایی محصول در نواحی مختلف دنیا متغیر است. نمک خوراکی از معادن سنگی، آبی (آب دریاها، دریاچه های نمک، شوره زارها)

استخراج نمک از آب نمک به وسیله پسماند. . .

استخراج می شود. اگر منبع سنگ نمک باشد با مواد منفجره یا اره های مخصوص برش داده می شود و اگر استحصال از گنبد های نمکی است نحوه رسیدن به گنبد های نمکی و چگونگی استخراج آن متفاوت است. در استحصال نمک از گنبد های نمکی، بوسیله سنگ شکن از نوع چکشی برای خرد کردن سنگ نمک استفاده می شود. استخراج نمک از منابع آبی نمک به روش تبخیر خورشیدی و روش تبخیر با سوخت حرارتی که همگی برای تغلیظ آب نمک است صورت می گیرد. با توجه به گسترده بودن منابع آبی نمک علاوه بر سایر منابع، این روش می تواند روش خوبی برای استخراج نمک از منابع آبی به حساب آید.<sup>۱</sup>

ایران دارای منابع سنگ نمک و نمک آبی بسیاری می باشد که به صورت غیر متمرکز است. البته متناسب با شرایط ساختاری ایران بیشتر منابع نمک به صورت کوه های نمک با درجه خلوص بالا می باشند. منابع آب نمک ایران شامل دریاچه مهارلو در استان فارس، نمک آبی کفه استان کرمان، نمک آبی سواحل شرقی دریاچه ارومیه، نمک آبی تبت در آذربایجان غربی، نمک آبی کالشور در استان خراسان، نمک آبی طرود، بیدستان سر کویر و نمک آبی اطراف شاهرود در استان سمنان و بسیاری از منابع دیگر است.<sup>۲</sup>

### طرح ها و فرآیند های استخراج نمک

یک فرآیند برای استخراج نمک از آب نمک در تصفیه کننده روباز، به R.B Richards Grainer معروف است. برای این منظور و برای تسریع در فرآیند تبخیر آب نمک در دمای ملایم زیر نقطه جوش معمولاً بین ۹۰ تا ۱۰۰°C حرارت داده می شود. یک مرحله آب نمک توسط لوله های گرم کننده ای در داخل مخزن گرم می شود. در مرحله دیگر آب نمک به طور پیوسته در یک چرخه از طریق یک واحد گرم کننده داخلی عبور داده می شود و به مخزن تبخیر کننده بر می گردد. گرم کننده برای گرم کردن از Exchanger استفاده نکرده در عوض آب نمک بوسیله بخار مستقیم گرم می شود.

فرآیند Grainer چندین عیب دارد از جمله مقدار انرژی مورد استفاده نسبتاً بالا است به ویژه زمانیکه لازم است آب نمک در دمای تقریباً زیر نقطه جوش باید بجوشد. به این دلیل این فرآیند در جاهایی استفاده می شود که دسترسی به انرژی راحت باشد و ارزانه تر باشد. با توجه به این، برای توجیه اقتصادی فرآیند و توجیه هزینه های جاری این روش در مناطقی با رطوبت زیاد بکار نمی رود. از جمله روشهای دیگر تولید نمک، از آب نمک روشی است که در فرانسه بکار رفته است. طی این روش برای استخراج نمک یک مخزن تبخیر روباز با تابش نور خورشید استفاده می شود.<sup>۳</sup>

در روش دیگر برای استخراج نمک از آب دریا، آب نمک توسط یک اسپری کننده مکرراً به بالای برج اسپری می شود. این روش نیز روش گران قیمتی محسوب می شود. در روش دیگر که در یک پتنت آلمانی شرح داده شده است یک سیستم

مربوط به تأثیر استخراج محیطی است و آب دریا در یک مخزن گرم کننده، گرم و به طور پیوسته با دستگاه اسپری کننده اسپری می‌شود.

طرح نمک زدایی خورشیدی دیگری که در یک پتنت آلمانی شرح داده شده است مربوط به تأثیر عوامل طبیعی برای استخراج نمک است. آب دریا در مخزن ذخیره گرم و سپس اسپری می‌شود. این طرح سودمند، تنها به نور خورشید نیاز دارد. با این حال برای استخراج نمک مفید نیست زیرا غلظت نمک در آب دریا کم است.<sup>۴</sup>

### طرح تولید نمک با پسماند گرم واحد های صنعتی

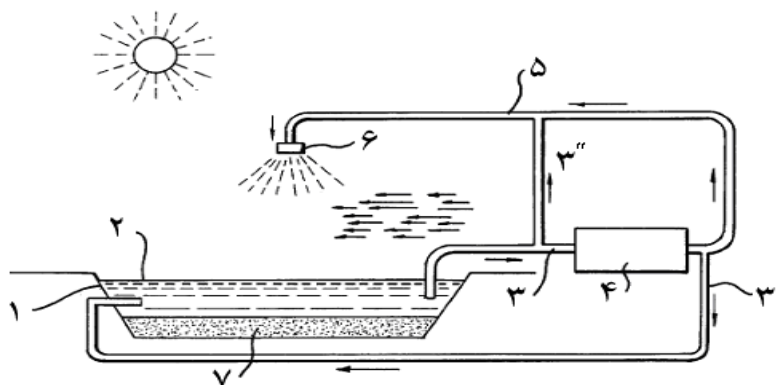
این بخش به طرحی اشاره دارد که برای استخراج نمک یا بازدهی بالا، با در نظر گرفتن هزینه ها و مصرف انرژی و تنظیم نوسانات شرایط آب و هوایی اجرا شده است. با اندازه گیری پارامتر هایی نظیر دمای محیط، دمای پسماند و ثبت آن در واحد کنترل برای بهینه سازی روش استفاده می‌شود.

علاوه بر این موضوع این طرح برای ساخت یک واحد استخراج نمکی طراحی شده است که فقط گرمای خروجی پسماند حاصل از دیگر واحد های صنعتی را استفاده می‌کند. آب نمک مورد استفاده در این طرح به بالای مخازن تبخیر اسپری می‌شود تا به طور کامل غلیظ شود. آب نمک می‌تواند به دقت خالص سازی شود یا اینکه می‌تواند به صورت ناخالص استفاده شود. این طرح از مخازن آب نمک روباز استفاده می‌کند. علاوه بر آن فرآیند تبخیر به کمک فرآیند خورشید و استفاده از نیروی باد انجام شود. و گرمای لازم برای گرم کردن و تبخیر آب نمک از گرمای پسماند واحد های صنعتی دیگر قابل تأمین است. بخشی از آب نمک به بالای مخزن تبخیر اسپری، باقی مانده به طور مستقیم به مخزن برگشت داده می‌شود. این کار جهت تسریع فرآیند تبخیر انجام شده. گرم کردن آب نمک می‌تواند در واحد گرم کننده یا اینکه در بخش جداگانه ای انجام شود. واحد گرم کننده ترجیحاً می‌تواند یک مبدل گرم کننده خارجی در درون مخزن تبخیر باشد. این امکان وجود دارد که تأثیر عوامل طبیعی مثل دمای محیط، رطوبت و سرعت باد بویژه اسپری کردن آب نمک گرم شده، با شرایط آب و هوایی تطبیق داده شود، زیرا این طرح ممکن است برای استخراج نمک به صورت مخازن روباز و نیز در نواحی که شرایط آب و هوایی مناسبی برای استخراج نمک وجود ندارد، بکار گرفته شود.

## تشریح طرح

طرح مذکور برای استخراج نمک از آب دریا شامل یک یا بیش از چند مخزن تبخیر روبازی است که به طور متوالی به یکدیگر متصلند. مخازن تبخیر به نحوی طراحی می شوند که در مسیر جریان باد باشند و در طول یکدیگر بسط یافته اند. در شروع طرح حداقل یک مخزن تبخیر (۱) با آب نمک پر می شود (۲). در این صورت مخزن (۲) غلظتی بین ۳ تا ۲۶ درصد وزنی کلرید سدیم دارد. بخش کمی از آب نمک (۲) از طریق لوله های (۳) از مخزن تبخیر (۱) به واحد گرم کننده داخلی انتقال می یابد. این مقدار آب نمک بوسیله پسماند یک واحد صنعتی گرم می شود. آب نمکی که دمایی بین ۳۵ تا ۸۰ دارد. گرمای مورد نیاز خود را از واحد گرم کننده (۴) که غالباً شامل مبدل گرمایی تأمین می کند. بخشی از آب نمک گرم شده از طریق لوله (۳') به مخزن تبخیر (۱) برگشت داده می شود. بخش باقیمانده از طریق مقادیر قابل کنترل به لوله (۵) پمپ می شود.

در انتهای مسیر بخشی از آب نمک از طریق لوله (۳") به لوله (۵) اضافه می شود. آب نمک (۳") آب نمک تبخیر (۱) است که به لوله (۵) اضافه شده است و سرانجام لوله (۵) حاوی آب نمک گرم شده به واحد اسپری کننده (۶) متصل می شود که واحد گرم کننده فرعی (۴) محسوب می شود. نمک (۷) در انتهای مخزن تبخیر (۱) کریستالیزه می شود. نمک کریستالیزه شده در این مرحله در دیگر مخازن تبخیر روباز متوالی که در کنار یکدیگر تعبیه شده اند ذخیره می شود. انتهای چرخه در مخازن تبخیر روباز (۱) واحدی است که نمک کریستالیزه شده را بدست می دهد. از آنجائیکه این طرح در مخازن روباز و با استفاده از نور خورشید، سرعت جریان باد انجام می شود، شرایط آب و هوایی محیط، دما و رطوبت در میزان عملکرد این طرح بسیار حائز اهمیت است. از این رو عوامل محیطی موثر اندازه گیری شده و در واحد کنترل برای برنامه ریزی بکار گرفته می شوند. واحد کنترل با اطلاعات بدست آمده و با تنظیم میزان خروجی آب نمک در واحد اسپری کننده و میزان دمای آب نمک شرایط بهینه را برای استخراج نمک فراهم می آورد.



شکل ۱: طرح استخراج نمک از آب نمک به روش تبخیر با نور خورشید

در این طرح واحد کنترل علاوه بر اندازه گیری شدت عوامل محیطی و تنظیم شدت خروجی اسپری کننده با تنظیم قطر نازلها به بهینه سازی روش کمک می کند. به هر حال مقدار آب نمک اسپری شده با مقدار آب نمکی که از طریق پسماند گرم شده تنظیم می شود. بنابراین علاوه بر شرایط آب و هوایی، دمای خروجی پسماند در میزان آب نمک اسپری شده موثر است. در حقیقت مقدار آب نمک اسپری شده به طور موثری در محاسبات اقتصادی طرح موثر است.<sup>۳،۵</sup>

### نتیجه گیری

در کارخانجات تولید نمک فرآیند استخراج نمک با کمک بخار آب بعنوان منبع گرمایی استفاده می شود. با عبور بخار از درون مخازن، فشار درونی آن به کمتر از فشار اتمسفر رسیده و نقطه جوش محلول آب نمک کم می شود. این فرآیند در مخازنی متوالی و مراحل پیوسته است بکار می رود. در مراحل انتهایی چرخه آب نمک غلیظ تولید شده با استفاده از سانتریفوژ مناسب کریستالهای نمک را جدا می کند.<sup>۵،۶</sup> بخار آب مورد نیاز این فرآیند از سوخت فسیلی تامین می شود. از این رو اغلب این فرآیند ها گران قیمت و با هزینه بالایی همراه است که ضرورت دست یابی به سوخت ارزان در توجیح اقتصادی بودن طرح استخراج نمک اهمیت پیدا می کند. از طرف دیگر این فرآیند در دمای بالای آب نمک (که غالباً تا نزدیک دمای جوش آب نمک است) سبب خوردگی مخازن می شود.<sup>۷</sup>

طرح استخراج نمک با نور خورشید در مقایسه با طرح های معمول در فرآیند های استخراج نمک بخاطر بهره گیری از چند منبع از جمله استفاده از پسماند گرم واحد های صنعتی دیگر و بهره گیری از نور خورشید علاوه بر صرف جویی در مصرف انرژی، بخاطر استفاده از مخازن روباز غیر فلزی خسارت ناشی از خوردگی درگیر در فرآیند استخراج نمک، از لحاظ اقتصادی قابل توجیح خواهد بود.

### مراجع

- ۱- نیایش. س، "تکنولوژی تولید نمک خوراکی"، انتشارات، ۱۳۸۰
- ۲- فلاحتی فومنی، م. و برنچیان، ش.، "معادن ایران فعال و غیر فعال"، انتشارات کتابخانه منطقه ای علوم و تکنولوژی، ۱۳۸۴.
- 3- Vicente Gracia Corniel, Salt extraction process and device, U.S Patent 6,027,607(2000).
- 4- Graef waltre(DE), Solar sea-water desalination plant, DE3612188(1987).
- 5- Nelson S.Marans, Process for concentrating brine, U.S Patent 3,964,960(1976).

استخراج نمک از آب نمک به وسیله پسماند. . .

6- Philip J. Chenier, " Survey of Industrial Chemistry", Plenum Publishers, 2002, pp. 75–79.

7- John S. Best, Method of making sodium chloride concentrate from sea water, U.S Patent 3,779,030(1973).