

به نام آن که جان را فکرت آموخت

صنعت لوله

نشریه‌ی فنی، مهندسی

خبری - تحلیلی - اطلاع‌رسانی

آموزشی - پژوهشی

شماره‌ی استاندارد بین‌المللی:

۱۷۳۵-۵۶۴۸

سال سوم - شماره‌ی یازدهم

مهر و آبان ۱۳۸۸

رئیس شورای سیاست‌گذاری:
مهندس محمدحسین دهقان

سرمدبیر:
مهندس رامین تابان

مدیر مسوول:
مهندس مسعود چیتگرها

صاحب امتیاز:
صانع پوشش

مدیر تولید:
محمد پیروزمند

همکاران تحریریه:

مهندس محمدرضا افضل، مهندس میثم بارفروش، مهندس سید شرف‌الدین حسینی، علیرضا دهقان، مهندس محمدرضا رزاقی اصفهانی، مهندس یگانه رضایی، مهندس نیما رهبر، شقایق مقدم، مهندس نیره شمشیری، امیر عطارچی، علی غفاری، مهندس بهزاد نیرومند، مهندس علیرضا نیکخواه، مهندس علی نیکونیا

صفحه‌آرایی و گرافیک:
نرگس فرقانی

طراحی لوگو:
سهند سلطاندوست

لیتوگرافی:
سحرگرافیک

چاپ و صحافی:

پنچ‌رنگ (سهروردی شمالی، بعد از هویرده، کوچه افشار جوان، شماره ۲، تلفن: ۱۹-۱۸۵۰۷۵۱۸)

تهران، خیابان ارسباران، کوچه‌ی ستاری
شماره‌ی ۲۲ صندوق پستی: ۵۳۶-۱۴۳۳۵

تلفن:

۲۲۸۸۵۶۴۷

۲۲۸۸۵۶۵۱

۲۲۸۸۵۶۴۹

دورنگار:

امور مشترکین:

درج مقالات و چاپ آگهی‌ها به معنای تایید محتوای آن‌ها توسط نشریه‌ی صنعت لوله نمی‌باشد. نقل مطالب این نشریه با ذکر مآخذ، بلامانع می‌باشد.

پیامک (SMS):

0912-448 0 416

اولین نشریه‌ی صنعت لوله و اتصالات ایران



افزایش بازده دستگاه نمکزدای RO با استفاده از فن آوری هیدروپت

تهیه و تنظیم: واحد تحقیق و توسعه شرکت رادین گستر سینا
مهندس نیما رهبر

Dr. Daniel Stefanini, December 2000

فوق اشباع می شود. این مساله در ادامه منجر به ته نشین شدن نمک می شود و سپس رسوب گرفتگی سریع رخ می دهد. تنها راه حل برای برطرف نمودن این مشکل، پیش تصفیه شیمیایی آب برای جلوگیری از ایجاد وضعیت فوق اشباع در یون های فلزی (کلسیم و منیزیم) موجود در محلول است.

$$J_1 c_{2b} - D_{2s} * dc_{2s}/dxs = B \Delta c_{2s} \quad \text{که در رابطه فوق:}$$

$$D_{2s} = \text{ضریب توزیع ماده حل شده در محلول}$$

$$X_s = \text{پارامتر فاصله در محلول عمودی بر سطح هسته}$$

$$\exp(j1 \Delta x_s / D_{2s}) = C_{2w} / C_{2b}$$

$$\Delta x_s = 35.3 (D_{2s})^{1/3} v^{0.42} d^{1/4} / \bar{u}_x^{3/4} \quad \text{سخت حجمی ماده حل شده در ناحیه ای دور از مرکز هسته}$$

$$C_{2w} = \text{غلظت پیرامونی یا پوسته ای}$$

$$\Delta X_s = \text{فاصله قطبی در محلول}^3$$

$$\Delta x_s = 2(D_{2s})^{1/3} v^{2/3} N_{Re}^{1/4} / 0.08 \bar{u}_x$$

$$\Delta x_s = 35.3 (D_{2s})^{1/3} v^{0.42} d^{1/4} / \bar{u}_x^{3/4}$$

$$C_{2w} / C_{2b} = \exp [(35.3 J_1 v^{0.42} d^{1/4}) / ((D_{2s})^{2/3} \bar{u}_x^{3/4})]$$

با استفاده از سیستم های کنترل کامپیوتری پیچیده می توان بازده سیستم های نمکزدای¹ امروزی که عملکرد آن ها مبتنی بر اسمز معکوس (RO³) است را تا حدی افزایش داد. به این ترتیب می توان از آسیب دیدن اجزای داخلی این سیستم ها به دلیل مسائلی مانند رسوب گرفتگی به میزان قابل قبولی کاست. اما مساله اصلی اینجاست که هزینه پیش تصفیه و به کارگیری سیستم های کنترل پیچیده بسیار بالاست و دقیقاً به همین دلیل است که فرآیند نمکزدایی از آب هزینه بالایی را به همراه دارد.

با استفاده از فن آوری هیدروپت² می توان علاوه بر افزایش بازدهی سیستم های نمکزدایی، از بروز مشکلاتی مانند رسوب گرفتگی جلوگیری به عمل آورد. ضمن آن که در صورت به کارگیری این فن آوری دیگر $\Delta x_s = 35.3 (D_{2s})^{1/3} v^{0.42} d^{1/4} / \bar{u}_x^{3/4}$ به تزریق دائمی مواد شیمیایی برای پیش تصفیه آب و استفاده از سیستم های کنترل پیچیده نخواهد بود. به این ترتیب عمر مفید سیستم نیز به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

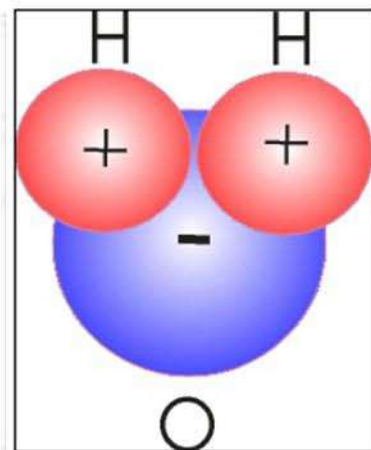
تئوری کارکرد سیستم های نمکزدا

در سیستم های نمکزدای متداول که عملکرد آن ها مبتنی بر پیش تصفیه شیمیایی آب نیست، افزایش غلظت محلول در نهایت موجب ایجاد شرایط

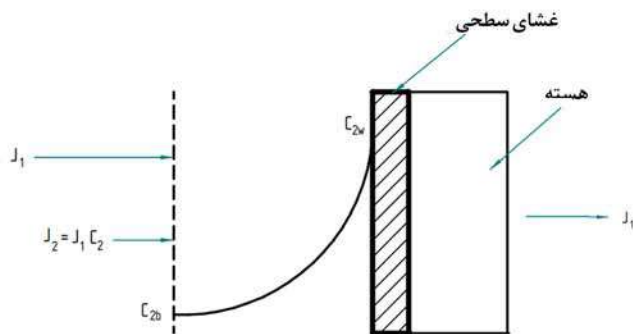
است و در نهایت می‌تواند با به اشتراک گرفتن دو الکترون دیگر به حالت پایدار برسد. هنگامی که یک اتم اکسیژن یک پیوند شیمیایی تشکیل می‌دهد، یکی از الکترون‌های آن با هسته اتم دیگر به اشتراک گذاشته می‌شود و به همین ترتیب، اتم اکسیژن نیز یک الکترون از اتم هیدروژن را به اشتراک می‌گیرد. هنگامی که یک اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن پیوند تشکیل می‌دهد، تعداد الکترون‌ها در پوسته خارجی اتم اکسیژن به حداکثر مقدار می‌رسد و لایه آزاد اتم اکسیژن پر می‌شود.

مولکول آب شکل خطی ندارد و ساختار مولکولی آن تا حدی خمیده است. در نتیجه، بخشی از این مولکول دارای بار الکتریکی منفی و بخشی از آن دارای بار الکتریکی مثبت است. به همین دلیل است که قطبیت نقش موثری در مولکول آب دارد. قطبیت مولکول آب نقش به‌سزایی در شکل‌گیری محلول‌های آبی دارد. در صورتی که یک ترکیب یونی مانند کلرید سدیم در آب ریخته شود، مولکول‌های قطبی آب، نیروی الکترواستاتیک بین یون‌های مثبت سدیم و یون‌های منفی کلرید را تضعیف می‌کنند و به این ترتیب این یون‌ها از یکدیگر جدا می‌شوند. این یون‌ها سپس هیدراته یا آبدار می‌شوند. به این معنی که پیرامون آن‌ها را مولکول‌های آب احاطه می‌کنند (تصویر 3). نتیجه آن که بار الکتریکی یون‌های مثبت و منفی هیدراته در یک ساختار بزرگ‌تر توزیع می‌شود و همین مساله از ترکیب مجدد یون‌های سدیم و کلرید با یکدیگر جلوگیری به عمل می‌آورد.

این فرآیند برای نمک‌های فلزی تا محدوده مشخصی ادامه پیدا می‌کند و محلول به تدریج به وضعیت اشباع می‌رسد، تا در یک محدوده مشخص، مولکول‌های آب از یکدیگر جدا شده و یون‌های مثبت هیدروژن (H^+) و یون‌های منفی هیدروکسید (OH^-) تولید می‌کنند که یون‌های هیدروژن منجر



تصویر 2: ساختار کلی مولکول آب



تصویر 1: چگونگی ایجاد قطبیت در سیستم‌های RO

در صورتی که امکان جلوگیری از کریستالیزاسیون ناهمگن در هسته وجود داشته باشد، پیش‌تصفیه آب دیگر ضرورتی نخواهد داشت. اگر امکان تضعیف لایه اشباع شده وجود داشته باشد، مقدار پارامتر l (شار) نیز افزایش می‌یابد.

با فرض آن که ذرات ریز از سایر ذرات سنگین‌تر باشند، جریان آب سیستم به سمت هسته بوده و این جریان دائمی در نهایت موجب تضعیف لایه اشباع شده خواهد شد. این مساله منجر به افزایش شار می‌شود. چنین سیستمی نیازمند یک سیستم تزریق و بازیابی پیچیده خواهد بود. اما در نهایت مشکل رسوب‌گرفتگی سیستم همچنان به قوت خود باقی خواهد بود.

اگر فرض کنیم که لایه اشباع شده در کنار هسته تشکیل می‌شود، ذرات حل شده و معلق در محلول به تدریج رسوب می‌کنند و محلول هرگز به حالت فوق اشباع نمی‌رسد. به این ترتیب، چنین سیستمی دیگر نیازمند پیش‌تصفیه شیمیایی نخواهد بود و رسوب‌گرفتگی به واسطه کریستالیزاسیون دیگر در آن مشکل ساز نخواهد بود.

فن‌آوری هیدروپت

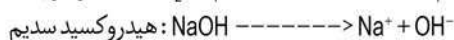
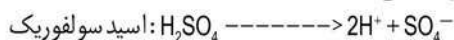
در فن‌آوری هیدروپت، ذرات جامد موجود در محلول که موجب سختی موقت آب می‌شوند، از حالت معلق خارج شده و به تدریج ته‌نشین می‌شوند. البته ته‌نشین شدن این ذرات تنها پس از رسیدن محلول به حالت فوق اشباع رخ می‌دهد. جهت کسب اطلاعات بیشتر درباره جزئیات فن‌آوری هیدروپت می‌توانید به وبسایت www.hydroflow.com مراجعه کنید.

آب

به طور کلی، مولکول آب از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است که هر کدام از اتم‌های هیدروژن با یک پیوند شیمیایی مجزا به اتم اکسیژن متصل می‌شوند. هسته اکثر اتم‌های هیدروژن متشکل از یک پروتون است (تصویر 2). اتم اکسیژن در لایه آزاد خود دارای شش الکترون

$$pH = -\log_{10}(H^+)$$







با افزایش غلظت یون هیدروژن (H^+)، مقدار pH محلول کاهش پیدا می‌کند و با افزایش غلظت یون هیدروکسید (OH^-)، مقدار pH کاهش پیدا می‌کند. اسیدی بودن محلول در واقع ناشی از حضور یون‌های هیدروژن است. بنابراین هرچه آب بیشتر اسیدی باشد، مقدار pH آن کمتر خواهد بود. بازی بودن یا قلیایی بودن آب ناشی از حضور یون‌های هیدروکسید است. بنابراین هرچه آب خاصیت قلیایی بیشتری داشته باشد، pH آن نیز بیشتر است. علت این مساله آن است که اسیدها یون هیدروژن و بازها یون هیدروکسید در محلول آزاد می‌کنند.

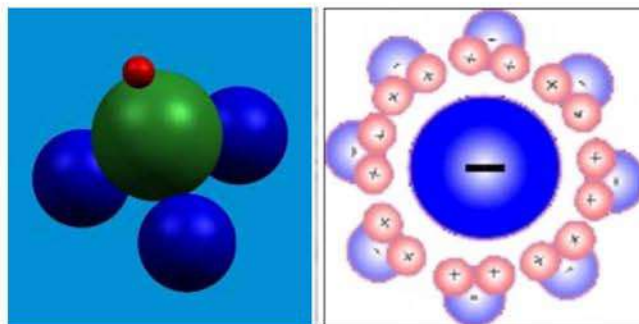


محدوده pH بین صفر تا چهارده تعریف می‌شود که pH صفر مربوط به محلول‌های بسیار اسیدی و pH چهارده مربوط به محلول‌های بسیار بازی است.

مقدار و نوع نمک‌های معدنی موجود در آب را می‌توان به سادگی با تبخیر آب و وزن کردن مواد ته‌نشین شده باقی مانده محاسبه کرد. علاوه بر نمک‌هایی که منجر به سختی آب می‌شوند، مقدار کلرید سدیم، سولفات سدیم و سیلیس را نیز می‌توان به این شیوه یا سایر روش‌های مناسب اندازه‌گیری کرد. این مواد در حالت محلول نه به صورت ترکیب‌های مجزا، بلکه به صورت یون وجود دارند. این یون‌ها در حالت محلول توسط مولکول‌های آب احاطه می‌شوند.

علائم مثبت و منفی نشان دهنده قطبیت یون‌ها و اندازه هر یک از کره‌ها نشان دهنده وضعیت یون - مولکول نسبت به یکدیگر است. بار الکتریکی منفی بیان‌گر به دست آوردن یک الکترون و بار الکتریکی مثبت بیان‌گر از دست دادن الکترون است. به همین ترتیب می‌توان اجزای موجود در یک ماده را بر اساس قطبیت و مقدار بار الکتریکی آن‌ها دسته‌بندی کرد.

متداول‌ترین کاتیون‌هایی که در آب تشکیل می‌شوند عبارتند از:	
	کلسیم Ca^{++}
	منیزیم Mg^{++}
	سدیم Na^{++}
متداول‌ترین آنیون‌هایی که در آب تشکیل می‌شوند عبارتند از:	
	کلرید Cl^-
	سولفات SO_4^{--}
	بی‌کربنات HCO_3^-



یون کمپلکس بی‌کربنات

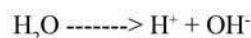
چگونگی هیدراسیون ذرات جامد محلول

تصویر 3: یون‌های هیدراته بی‌کربنات

به اسیدی شدن محلول و یون‌های هیدروکسید منجر به بازی شدن محلول می‌شوند. بنابراین در برخی موارد آب نیز ممکن است در نقش یک محلول اسیدی یا بازی ظاهر شود.

pH خنثی برای آب

آب خالص در حالت مایع تا حد بسیار کمی به یون‌های تشکیل دهنده آن تجزیه می‌شود.



یون هیدروژن: H^+

یون هیدروکسید: OH^-

با توجه به معادله شیمیایی فوق مشخص می‌شود که آب متشکل از یون‌های هیدروژنی است که به صورت آزادانه در داخل محلول حرکت می‌کنند. در صورتی که اتم هیدروژن تنها الکترون خود را نیز از دست بدهد، تنها با یک پروتون سروکار خواهیم داشت. در این صورت، این پروتون به مولکول‌های آب متصل شده و یون هیدرونیوم (H_3O^+) را تشکیل می‌دهد. برای ساده‌تر شدن بحث، بررسی نقش یون H^+ را به ادامه بحث موکول می‌کنیم. هر چند که چنین یونی در عمل به صورت یک یون مستقل در آب وجود ندارد.

هر دو یون‌های هیدروژن و هیدروکسید دقیقاً به اندازه یکسان در آب موجود هستند. به همین دلیل است که آب خالص از نظر شیمیایی خنثی است. در یک واحد وزنی از آب خالص، 0.0000001 واحد وزنی یون هیدروژن و هیدروکسید یا 10^{-7} جز از هر یک وجود دارد. pH شاخصی برای تعیین میزان اسیدی یا بازی بودن محلول است و مقدار 7 به منزله آن است که محلول خنثی است. به طور معمول، pH آب خالص موجود در طبیعت برابر با 7 است. مقدار دقیق pH هر محلول به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود که در این رابطه H^+ بیان‌گر غلظت یون هیدروژن است.

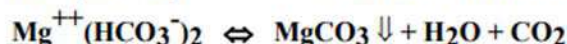
حالت اشباع و فوق اشباع

با یکدیگر متفاوت است. ذرات باردار متناسب با وضعیت میدان الکتریکی در ساختار مولکولی قرار گرفته و به سمت بارهای الکتریکی مخالف جذب می‌شوند. این فرآیند به میزان قابل توجهی احتمال برخوردهای بین ذرات با بار الکتریکی مخالف را به دلیل حرکت آن‌ها به سمت مخالف (به ویژه اگر میدان الکتریکی از نوع AC باشد) افزایش می‌دهد. این مساله اصلی‌ترین دلیل افزایش رشد هسته اولیه کریستال‌ها به شمار می‌رود (تصویر 5)، البته در

حالت اشباع⁴ به وضعیتی اطلاق می‌شود که مقدار ماده حل شده در محلول در یک فشار و دمای مشخص به حداکثر مقدار خود رسیده باشد. حالت فوق اشباع⁷ نیز تنها در صورتی حاصل می‌شود که حالت اشباع به دلیل تغییر دما، فشار یا تغییر هم‌زمان دما و فشار دچار تغییر شود.

نقطه اشباع آب برای بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات منیزیم با دما نسبت عکس و با فشار نسبت مستقیم دارد. به این معنی که در دماهای بالاتر، قابلیت آب برای حل کردن نمک‌ها در خود کاهش و در فشارهای بالاتر این قابلیت افزایش می‌یابد.

فرآیند تبدیل بی‌کربنات محلول به کربنات نامحلول و برعکس در فرمول‌های زیر نشان داده شده است:



سمت چپ این معادله تنها در آب اشباع نشده و سمت راست آن تنها در آب اشباع شده رخ می‌دهد.

شرایطی که برای شکل‌گیری کریستال‌ها در محلول مورد نیاز است را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

1. محلول باید در حالت اشباع قرار داشته و گرانش به حالت فوق اشباع داشته باشد.

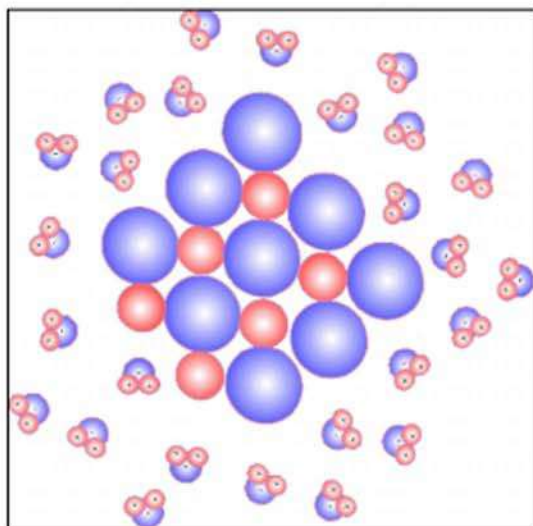
2. برای آن که مواد جامد محلول در آب ته‌نشین شوند، باید در مناطقی که حالت فوق اشباع رخ می‌دهد، تعداد کافی از کریستال‌ها وجود داشته باشند.

کریستال‌های همگن

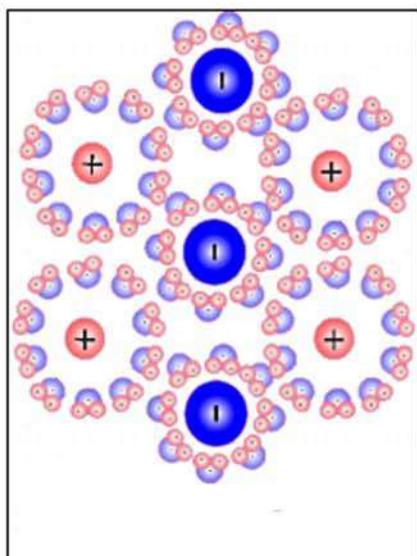
برای شکل‌گیری کریستال‌ها، باید با مولکول‌های ته‌نشین شده ماده در حالت محلول سروکار داشته باشیم. به این معنی که کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در محلول باید در کنار هم قرار گرفته و کریستال را تشکیل دهند. مولکول‌های ماده محلول (کاتیون‌ها و آنیون‌ها) در داخل آب به صورت تصادفی توزیع شده و از یکدیگر جدا می‌شوند. تنها تعداد کمی از این یون‌ها در کنار هم قرار گرفته و یک توده را تشکیل می‌دهند که این مساله اساساً به دلیل برخوردهای تصادفی بین یون‌ها رخ می‌دهد.

گاهی اوقات به دلیل توزیع غیریکنواخت بارهای الکتریکی در مولکول H_2O ، به مولکول‌های آب اصطلاحاً مولکول‌های دوقطبی نیز گفته می‌شود (تصویر 4). علت این نام‌گذاری آن است که در مولکول‌های آب، بار الکتریکی منفی در یک سمت و بار الکتریکی مثبت در سمت دیگر متمرکز می‌شود. البته به دلیل توزیع غیریکنواخت بارهای الکتریکی، ممکن است برخی از یون‌هایی که بیش از یک اتم دارند نیز با اصطلاح دوقطبی مورد استفاده قرار گیرند.

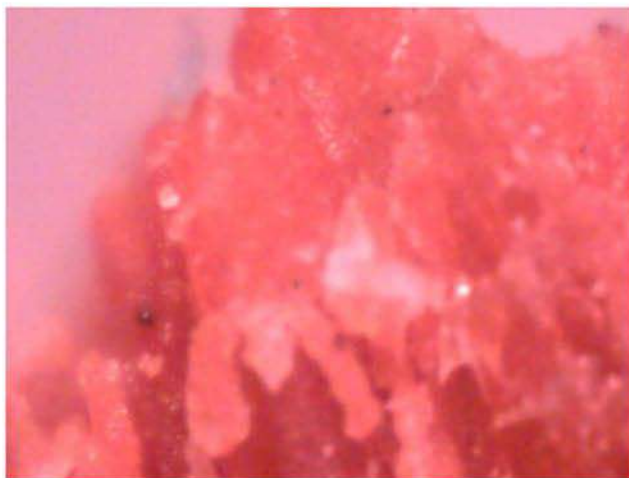
البته تاثیر میدان الکتریکی بر روی ذرات باردار در مولکول‌های مختلف



تصویر 4: مولکول‌های دوقطبی آب



تصویر 5: چگونگی رشد هسته اولیه کریستال‌ها



فن آوری هیدروپت روش های پیشرفته تر و پیچیده تری برای ته نشینی ذرات مورد استفاده قرار می گیرد که جزئیات آن در ادامه این مقاله مورد بحث قرار خواهد گرفت.

اگر پیش از رسیدن محلول به وضعیت فوق اشباع، هسته های همگن در آن وجود داشته باشند، در حالت اشباع، آب یون های بیشتری را آزاد می کند و هسته های اولیه به هسته های جدید می پیوندند و هسته های بزرگ تری را شکل می دهند.

گرما و میدان الکتریکی دو عاملی هستند که موجب تضعیف نیروی واندر والس⁵ می شوند. نیروی واندر والس در واقع نیروی بین مولکول های آب است که ذرات با بار الکتریکی را در کنار یکدیگر نگاه می دارد. نیروی کششی در داخل هسته های بزرگ موجب خارج شدن مولکول های آب و مولکول های دی اکسید کربن می شوند و به این ترتیب ذرات باردار باقی مانده در کنار هم قرار گرفته و هسته اولیه کریستال شکل می گیرد (تصویر 6). این کریستال های کوچک، بار الکتریکی سطحی عظیمی دارند که ذرات بزرگ هسته ها و یون ها که به واسطه شرایط فوق اشباع در محلول ایجاد شده اند را به سوی خود جذب می کند. به این ترتیب هسته های کوچک خیلی سریع رشد کرده و در نهایت به شعاع بحرانی می رسند.

در صورتی که تعداد کافی از کریستال ها در محلول فوق اشباع وجود داشته باشد، تمامی هسته ها و یون های موجود در محلول به دلیل وقوع شرایط فوق اشباع در نهایت به صورت یکپارچه درآمده و به شکل یک کریستال در می آیند. به این ترتیب محلول به حالت اشباع رسیده و رشد کریستال ها متوقف می شود. با افزایش دمای حلال، تعداد بیشتری از هسته های اولیه در محلول تجمع پیدا می کند و به این ترتیب رشد کریستال های مجدداً آغاز می گردد. با افزایش دما، این فرآیند در گام های کوتاه رخ می دهد. وجود کریستال هایی که

به صورت همگن در محلول توزیع شده اند موجب می شود تا کریستالیزاسیون ماده حل شده روی سطوح داخلی سیستم (که ممکن است زمینه برای کریستالیزاسیون غیر همگن را فراهم آورند) به حداقل کاهش یابد.

نیروی جاذبه ایجاد شده در نهایت موجب می شود تا کریستال های همگن به صورت یکنواخت در محلول توزیع شوند و کریستال های ناهمگن نیز روی سطوح داخل سیستم ته نشین شوند. احتمال تشکیل کریستال های همگن نسبت به ناهمگن تقریباً ده به یک است. به این معنی که کریستال ها بیشتر تمایل دارند به شکل کریستال های همگن (کلسیت⁶) گرد هم بیایند تا کریستال های ناهمگن (آراگونیت⁷).

در تصویر (7) وضعیت مولکولی آب سخت و نقش فن آوری هیدروپت بر روی آن نشان داده شده است. فرآیندهایی که در این زمینه رخ می دهد را می توان در شش گام مجزا مورد بررسی قرار داد:

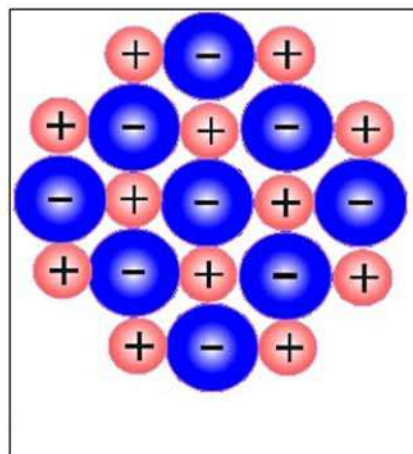
1. قطره های آب به صورت مه تشکیل می شوند. به این ترتیب تمامی مواد معدنی و ناخالصی ها از آب زدوده می شوند. این آب بسیار خورنده است و گاز دی اکسید کربن (CO_2) را در فرآیند ته نشینی در خود حل می کند. دی اکسید کربن سپس با آب ترکیب شده و اسید کربنیک تشکیل می شود.



2. آب روی بستر کربنات جریان پیدا کرده یا زیر قسمتی که با بستر کربنات در تماس است تجمع پیدا می کند. به این ترتیب کربنات به صورت یون های هیدراته در آب شکل می گیرد.

3. در صورت استفاده از فن آوری هیدروپت، هسته اولیه یون های هیدراته شکل می گیرند.

4. در صورتی که آب گرم شود و یا فشار روی آن کاهش یابد، حلالیت آن نیز کاهش پیدا می کند. به این ترتیب مقدار مواد معدنی خارج شده از آب



تصویر 6: چگونگی شکل گیری هسته اولیه کریستال ها

سمت این نقاط جذب می‌شوند (تصویر 8). اگر وضعیت فوق اشباع به اندازه کافی ادامه پیدا کند و هیچ کریستال همگنی در محلول وجود نداشته باشد، ماده‌ای که تحت فشار قرار می‌گیرد سرانجام از حالت محلول خارج و ته‌نشین می‌شود. در این شرایط، احتمال آن که ماده هسته‌های دیگر را نیز برای تولید کریستال‌های جدید به سمت خود جذب کند افزایش می‌یابد. هر چه وضعیت فوق اشباع شدت بیشتری داشته باشد، احتمال این که این ماده خارجی به عنوان هسته اولیه برای ته‌نشین ناهمگن مواد عمل کند نیز بیشتر خواهد بود.

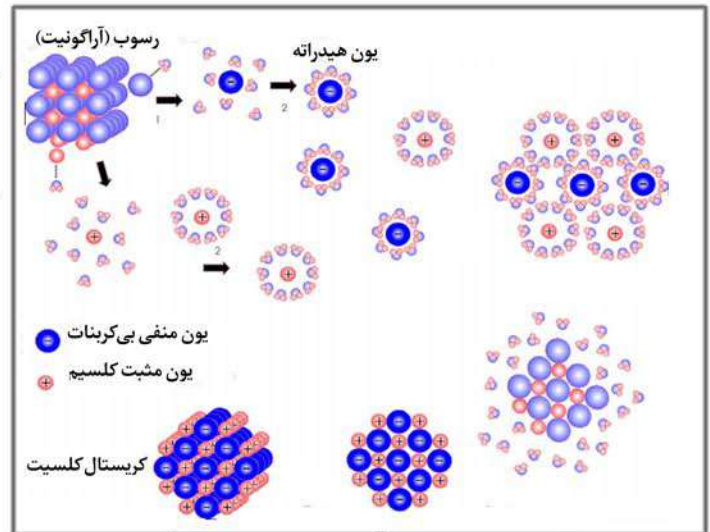
کریستال‌های ناهمگن ممکن است مولکول‌های فلزی یا اکسیدهای فلزی موجود در آب یا سطوح فلزی مبدل‌های حرارتی و لوله‌ها باشند. در چه خاصی از وضعیت فوق اشباع حتماً امکان آن وجود دارد که مولکول‌ها یا زنجیره‌ای از مولکول‌های مربوط به سطح لوله‌های شیشه‌ای یا پلاستیکی نیز، کریستال‌های همگن تشکیل دهند. فرآیندی که در این وضعیت رخ می‌دهد به این صورت است که لوله‌های پلاستیکی یا شیشه‌ای دچار رسوب گرفتگی شده و لایه‌ای همانند پوست تخم‌مرغ (آراگونیت) روی آن‌ها تجمع پیدا می‌کند.

حل شدن مواد جامد در محلول‌ها

حلال‌ها دارای این قابلیت هستند که ذرات جامد را در محلول‌ها حل کنند. آب یک حلال بسیار خوب است که بسیاری از ذرات جامد را به طریقه یونیزاسیون در خود حل می‌کند. مولکول‌های آب کریستال‌های ماده جامد را از یکدیگر مجزا نموده و آن‌ها را تبدیل به یون می‌کنند. یون‌ها در واقع همان مولکول‌هایی هستند که بار الکتریکی آن‌ها خلاف یکدیگر است (آن‌یون و کاتیون). مولکول‌های آب از نظر الکتریکی دو قطبی هستند. به این معنی که دو انتهای آن‌ها دارای بار الکتریکی مثبت و منفی است.

یون منفی بی‌کربنات یک مولکول با توزیع غیریکنواخت بار الکتریکی است. مولکول‌های آب متناسب با توزیع بار الکتریکی این یون خود را هماهنگ می‌کنند. این فرآیند موجب می‌شود تا شکل‌گیری مجدد ساختار کریستال حل شده ساده‌تر شود. در عمل احتمال آن وجود دارد که یون‌های کلسیم یا منیزیم که بار الکتریکی مثبت دارند در وضعیت نادرستی به آن‌یون‌ها متصل شوند. در چنین مواقعی، نیروی کششی به اندازه‌ای قوی نخواهد بود که امکان نگه داشتن یون‌ها در کنار یکدیگر وجود داشته باشد. بنابراین در نهایت به دلیل حرکت‌های سریع مولکول‌های آب، این یون‌ها از یکدیگر جدا می‌شوند.

وجود میدان الکتریکی که موجب تنظیم و آزاد شدن مولکول‌ها می‌شود این امکان را فراهم می‌آورد تا کاتیون‌ها در نزدیکی موقعیت صحیح پیرامون آن‌یون کربنات حرکت کنند. به این ترتیب، اتصال دیگر کاتیون کربنات به



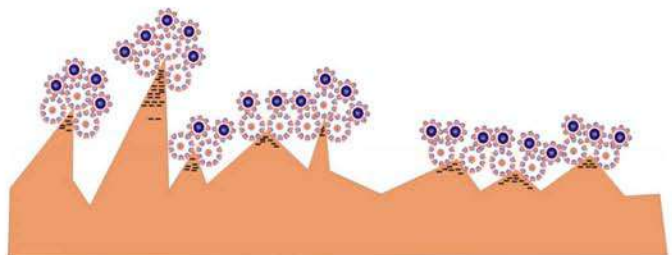
تصویر 7: وضعیت مولکولی آب سخت و عملکرد فن‌آوری هیدروپت

افزایش یافته و هسته اولیه تا جایی که تاثیر نیروی جاذبه داخل هسته‌ها وجود دارد رشد می‌کند. به این ترتیب این هسته از داخل پاشیده شده و با آزاد کردن مولکول‌های آب و دی‌اکسید کربن، میکروکریستال کلسیت را تشکیل می‌دهد.

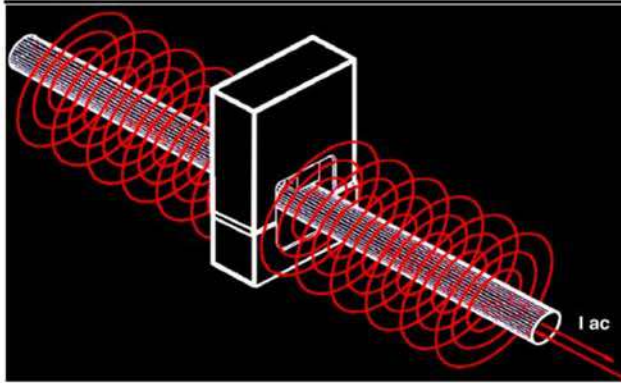
5. پس از شکل‌گیری کریستال‌های کوچک‌تر، کریستال کلسیت به سرعت رشد پیدا می‌کند.
6. کریستال‌های کلسیت هم‌زمان با رشد، تمامی مواد معلق موجود در محلول را نیز به خود جذب می‌کنند و از بروز انواع دیگر رسوب گرفتگی نیز جلوگیری به عمل می‌آورند.

کریستال‌های ناهمگن

کریستال ناهمگن در واقع یک جزو خارجی است که نقاط تیزی را روی سطوح ایجاد می‌کند. بار الکتریکی در نقاط تیز روی سطح تجمع پیدا می‌کند. به این ترتیب، ذرات بار داری که آغازگر فرآیند کریستالیزاسیون هستند به

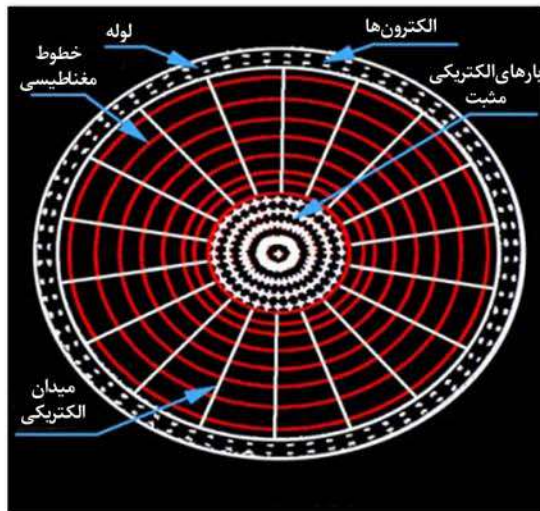


شکل 8: چگونگی شکل‌گیری کریستال‌های ناهمگن



همان طور که پیش از این نشان داده شد، در فن آوری هیدروپت یک میدان القائی الکتریکی ایجاد می شود که در آن ژنراتور ولتاژی را هم راستا با محور لوله به خط اعمال می کند. به این ترتیب شدت جریانی در راستای محور لوله ایجاد می شود که نتیجه آن ایجاد یک میدان الکتریکی هم محور⁸ با لوله در قسمت های داخل و پیرامون آن است. این میدان مغناطیسی هم محور موجب می شود تا الکترون ها در نزدیکی پوسته خارجی رسانا که ممکن است یک لوله فلزی یا آب داخل یک لوله غیر هادی باشد حرکت کنند (تاثیر سطحی⁹) (تصویر 10).

قابلیت رسوب زدایی سیستم هایی که پیش از این با مشکل رسوب گرفتگی روبرو بوده اند به مجموعه عواملی مختلفی وابسته است که این عوامل را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:



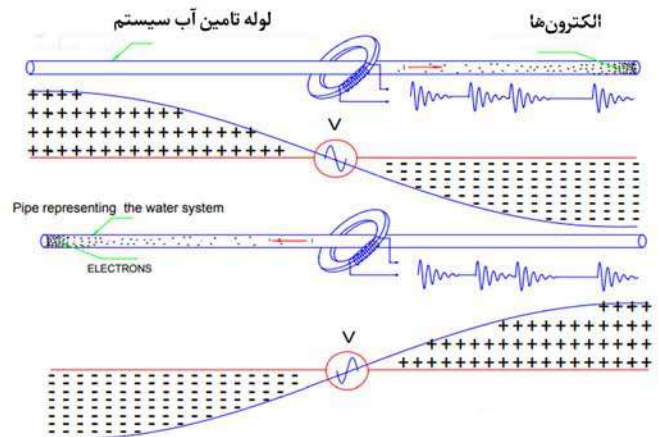
تصویر 10: تاثیر سطحی

هسته در موقعیت صحیح نیز ساده تر می شود. فرآیند یاد شده برای شکل گیری صحیح کریستال همگن نقش به سزایی دارد. در فن آوری هیدروپت، امکان قطع میدان الکتریکی برای قرار گیری یون ها در موقعیت صحیح وجود دارد.

تنهاروش برای دور کردن کریستالیزاسیون از سطح، تامین تعداد کافی از کریستال های همگن با اندازه مناسب در مجاورت سطوحی است که احتمال وقوع کریستالیزاسیون ناهمگن در آن ها زیاد است. از آنجا که قدرت جذب کریستال های همگن در حالت محلول نسبت به کریستال های ناهمگن روی سطح ده به یک است، کریستالیزاسیون در حالت معلق رخ می دهد.

شکل گیری کریستال همگن در دماهایی پایین تر از دمای کریستالیزاسیون ناهمگن آغاز می شود. به این ترتیب می توان اطمینان حاصل نمود که تمامی موادی که در این وضعیت ته نشین می شوند، پیش از آن که ته نشینی ناهمگن رخ دهد، رسوب خواهند کرد.

برای مقابله با ته نشینی ناهمگن باید از ایجاد سطح گرم جلوگیری کرد. همان طور که پیش از این گفته شد احتمال وقوع کریستالیزاسیون همگن نسبت به کریستالیزاسیون ناهمگن روی سطح ده به یک است. در فن آوری هیدروپت، میدان القائی الکتریکی با فرکانس و شدت مشخص به کار گرفته می شود به طوری که حرکت مولکول های آب موجب افزایش دما نشود. به این ترتیب از جذب تمام انرژی مولکول ها جلوگیری به عمل می آید. البته بار الکتریکی مولکول ها و هسته های بزرگ تر در منطقه وسیع تری توزیع می شود و به همین دلیل مولکول خود را با میدان الکتریکی هم سو می کند. برای دوران یون های هیدراته به انرژی زیادی نیاز است و میدان نیز دائما در حال نوسان است. بنابراین مولکول یا هسته تشکیل شده واقع در میدان الکتریکی، یک نوسان جزئی با همان فرکانس را تجربه می کند (تصویر 9).



تصویر 9: چگونگی عملکرد فن آوری هیدروپت

8. به این ترتیب امکان جدا کردن کریستال‌ها از سطوح داخلی سیستم و تخلیه آن به داخل داخل آب فراهم خواهد شد.
9. به این ترتیب لایه اشباع تضعیف شده و رسوبات کربنات به تدریج در آب حل می‌شوند و جریان عبوری از داخل سیستم بهبود می‌یابد.
10. در صورت استفاده از آب سخت به جای آب نرم تاثیر استفاده از فن آوری هیدروپت به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری و تاثیر فن آوری هیدروپت بر عملکرد دستگاه نمک‌زدای RO

میدان الکتریکی ایجاد شده توسط فن آوری هیدروپت موجب می‌شود تا یون‌های محلول در آب به شکل هسته‌های اولیه کریستال‌ها درآیند. این هسته‌ها و کریستال‌های کوچک که به واسطه عملکرد پمپ در مدار به گردش درمی‌آیند با انتقال به قسمت فوقانی لایه اشباع، موجب رشد سریع کریستال‌ها می‌شوند، این فرآیند موجب از بین رفتن لایه فوقانی می‌شود. با به گردش درآوردن کریستال‌های کوچک به همراه جریان، لایه زیرین نیز به واسطه برخورد های پیاپی تضعیف شده و اندازه کریستال‌ها به تدریج بزرگ می‌شود. در تصویر (11) چگونگی استفاده از فن آوری هیدروپت در خط متصل به سیستم نمک‌زدای RO نشان داده شده است.

واحد ته‌نشین‌کننده به همراه پمپ بخش عمده‌ای از کریستال‌هایی که اندازه آن‌ها از محدوده مشخصی بزرگ‌تر است را از آب جدا می‌کنند. البته به کارگیری این روش در تمامی کاربردها ضرورت ندارد. تاثیر تضعیف لایه اشباع به واسطه کریستالیزاسیون سریع و در نزدیکی لایه اشباع رخ می‌دهد. تضعیف لایه اشباع موجب بهبود وضعیت جریان در داخل سیستم و در نتیجه کاهش هزینه می‌شود. کریستالیزاسیون سریع در نزدیکی لایه اشباع مانع از ایجاد وضعیت فوق اشباع در نزدیکی سطح داخل سیستم می‌شود و به این ترتیب با جلوگیری از رسوب گرفتگی، عمر مفید سیستم افزایش می‌یابد.

پی نوشت

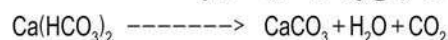
1. Desalination systems
2. Hydropath technology
3. H.K. Lonsdale, "Theory and Practice of Reverse Osmosis and Ultra filtration", Industrial processing with membranes, R.E. Lacy and S. Loeb (Eds.), John Wiley, New York, 1972.
4. Saturation
5. Van Der Waal's
6. Calcite
7. Aragonite
8. Coaxial magnetic field
9. Skin effect

1. تصفیه آب با استفاده از کاهش درجه سختی آن هرگز فرآیند کاملی نخواهد بود. در نتیجه مشکلاتی مانند رسوب گرفتگی دیگ همچنان وجود خواهد داشت که این مساله به کارگیری مواد شیمیایی ضد خوردگی را به یک ضرورت تبدیل می‌کند.

2. آبی که درجه سختی آن کاهش پیدا کرده خورنده است و برای جلوگیری از صدمه دیدن اجزای داخلی دیگ یا مبدل حرارتی، استفاده از مواد شیمیایی ضد خوردگی به همراه آن الزامی است.

3. آب نرم قابلیت حل کردن رسوبات کربنات را در خود ندارد و در نتیجه سیستم باید به صورت مداوم اسیدشویی شود.

4. در صورت استفاده از آب سخت، فن آوری هیدروفلو با تبدیل بی‌کربنات‌ها به کریستال‌های معلق کربنات، رسوب تمامی نمک‌های کلسیم را به صورت محلول در آب درمی‌آورد. به عبارت دیگر:



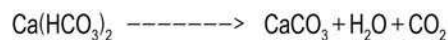
رسوب‌های کربنات کلسیم بی‌کربنات کلسیم

5. گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) تحت فشار کارکرد دیگ به اسید کربنیک تبدیل می‌شود.

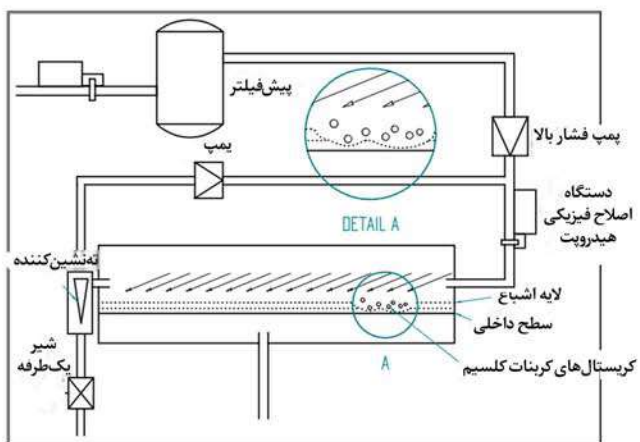
6. اسید کربنیک با رسوب‌های کربنات موجود در دیگ ترکیب شده و بی‌کربنات تولید می‌کند که در آب حل می‌شود.



7. فن آوری هیدروفلو موجب می‌شود بی‌کربنات‌های محلول در آب به صورت کریستال‌های معلق درآمده و ته‌نشین شوند.



کریستال‌های معلق کربنات کلسیم بی‌کربنات کلسیم



تصویر 11: چگونگی اتصال دستگاه اصلاح فیزیکی هیدروپت به سیستم نمک‌زدای RO