

شیرین کردن آبهای شور

تنظیم از:

مهندس مرتضی حسینیان

مهندس سازمان آب منطقه‌ای تهران

مقدمه و تاریخچه

اقیانوسها یکی از بزرگترین منابع ذخیره آب میباشند ولی با داشتن $3/5\%$ وزنی املاح محلول استفاده مستقیم آنها در بیشتر موارد دچار اشکال میشود درصد املاح محلول اقیانوسها نسبت به عمق‌های مختلف متفاوت است.

چون آب مصرفی در صنعت و کشاورزی و شرب هر یک مشخصات خاصی دارند که با آب اقیانوسها و دریاها مطابق نیست لذا حذف قسمت اعظم املاح آب اقیانوسها و انجام پاره‌ای تغییرات در ترکیب آنها قبل از مصرف حتمی و ضروری است. مثلاً آب آشامیدنی نباید بیش از 100 میلی گرم در لیتر املاح محلول داشته باشد یا آبی که در کشاورزی مصرف میشود حداکثر مجاز املاحش 2000 میلی گرم در لیتر است و در صنعت هم آبهای با املاح زیاد علاوه بر امکان خوردگی با ایجاد رسوب در تأسیسات مشکلات زیادی ایجاد و سرمایه‌های هنگفتی را هدر خواهد داد. آب دریاها و اقیانوسها با داشتن 30 گرم در لیتر بطور متوسط مواد محلول بهیچ عنوان نمیتواند مستقیماً در صنعت و کشاورزی و شرب مورد استفاده قرار بگیرد.

مهمترین ملحی که از آب اقیانوسها و دریاها برای شیرین کردن باید حذف شود کلورسدیم است که بشوری آب (Salinity) موسوم بوده و مقدار متوسط آن 34 گرم در لیتر میباشد همچنین مقادیری از املاح کلسیم و منیزیم نیز ممکن است در آب دریاها موجود باشد که گاهی در تهیه آب شیرین ایجاد اشکال مینماید. در طرح تأسیسات شیرین کردن آبهای شور دو مسئله اساسی زیربیش از سایر مسائل باید مورد توجه قرار گیرد. اولاً داشتن مقادیر زیادی انرژی ارزان قیمت.

ثانیاً سرمایه‌گذاری زیاد اولیه در صورت داشتن انرژی رایگان.

باز مسئله دوم یعنی سرمایه‌گذاری اهمیت زیادی دارد. انرژی که بطور نظری برای تهیه هر متر مکعب آب شیرین لازم است در حدود یک کیلووات ساعت است ولی بعلت اتلاف مقادیری انرژی در حین عمل که پاره‌ای مواقع جلوگیری از آنها امکان‌پذیر نیست عملاً مقدار بیشتری انرژی برای تهیه هر متر مکعب آب لازم است.

در تهیه آب شیرین مراعات نکات اقتصادی کمال اهمیت را دارد مخصوصاً در مورد آبهای کشاورزی از طریق شیرین کردن آب اقیانوسها حتی الامکان باید سعی داشت که قیمت آب بدست آمده زیاد نباشد تا قیمت محصولاتی که از آن بدست می‌آید بیش از اندازه گران شود همچنین در طرح واحدهای تهیه آب شیرین در نظر گرفتن موقعیتهای محلی از نظر زمان و مکان اهمیت فراوان دارد.

موضوع شیرین کردن آب دریا امروزه مورد توجه اکثر کشورها قرار گرفته و اطلاعات بدست آمده را با یکدیگر مبادله کرده‌اند اولین سمپوزیوم تهیه آب شیرین برای نواحی لم یزرع در سال ۱۹۵۹ از طرف یونسکو در تهران برگزار شد پاره‌ای از روشهای شیرین کردن آب دریا مثل تقطیر نزدیک به ۱۰۰ سال سابقه دارد در ۱۹۵۲ گزارش جامعی توسط «اليس EBLIS درباره حذف شوری آب دریا منتشر گردید همچنین اطلاعات راجع به روش الکترودیالیز از طرف آزمایشگاه «ت.ن. او.» T.N.O. Laboratory منتشر شده است و آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی روی استفاده از انرژی آفتاب برای تهیه آب شیرین مطالعاتی انجام داده است ولی کاملترین اطلاعات در این مورد از طرف دانشگاه کالیفرنیا انتشار یافته است.

روشهای تهیه آب شیرین

مهمترین روشهای تهیه آب شیرین عبارتند از:

- | | | |
|--------------------------------------|---|--------------|
| ۱- تقطیر ساده | } | ۱- روش تقطیر |
| ۲- تقطیر چند واحدی | | |
| ۳- تقطیر نا گهانی | | |
| ۴- تقطیر بروش تحت فشار | | |
| ۵- تقطیر بروش تراکم گریز از مرکز | | |
| ۶- تقطیر بروش استفاده از انرژی آفتاب | | |

۲- روش الکترودیالیز

۳- روش استفاده از مبادله کننده‌های یونی

۴- روش انجماد «یخ زدن»

در روش تقطیر مقادیر زیادی انرژی حرارتی لازم است و همانطوریکه اشاره شد قدیمی‌ترین متد تهیه آب شیرین روش تقطیر میباشد تنها اشکال عمده آن انتخاب بهترین ماده برای بدنه تأسیسات بمنظور جلوگیری از اثرات سوء رسوبات تشکیل شده روی آنها میباشد.

در روش الکترودیالیز که در حقیقت نوعی روش الکتروشیمی است برداشتن یونهای محلول آب با عبور دادن و نفوذ آنها از غشاء کلونیدی الکترودیالیز انجام شده و بیشتر در محل‌هاییکه انرژی الکتریکی ارزان قیمت موجود باشد عملی است. در اینجا هم ایجاد رسوب روی غشاء الکترودیالیز مانع بزرگی محسوب می‌شود. در روش استفاده از مبادله کننده‌های یونی ابتدا آب را از روی مبادله کننده‌هایی که در سیکل ئیدرژن کار میکنند عبور داده تا کاتیونهای آن حذف شود سپس آب بدست آمده را از روی مبادله کننده آنیونی برای حذف آنیونها عبور میدهند.

در روش انجماد در حرارت‌های پائین آب خالص را بصورت بلورهای یخ از املاح آن جدا مینماید. این چهار روش بروشهای اصلی موسوم بوده و مطالعات کافی روی آنها انجام گرفته است علاوه بر این روشها چهارمستد زیر را میتوان برای تهیه آب شیرین نام برد:

۵- استخراج آب شیرین از آبهای شور با استفاده از حلالهای مختلف.

۶- روش Ultrafiltration

۷- روش Osmions (که از دولغت Osmose و Ions ترکیب شده است)

۸- روش تقطیر در فشار بحرانی

مطالعات کافی روی این روشها انجام نشده و هنوز نمیتوان بطور قطع و یقین در مزایا و معایب آنها اظهار نظر نمود. باید توجه داشت بعضی مواقع برای اینکه قیمت آب بدست آمده کمتر شود چند روش را با هم تلفیق مینمایند در این صورت نه تنها قیمت تمام شده آب پائین می‌آید بلکه ممکن است اتلاف نیرو را به مینیمم مقدار خود رسانده و از انرژیهای تلف شده یک واحد برای عمل در واحد دیگر استفاده نمود.

قبل از گفتگو درباره هر یک از روشهای فوق الذکر لازم است که اشکالات کار و طرز مبارزه با آنها را بررسی کنیم یکی از مهمترین و پردردسرتترین اشکالات در تهیه آب شیرین تشکیل رسوب در جدار تأسیسات است که ذیلاً درباره علل تشکیل و طرز مبارزه با آن گفتگو خواهد شد.

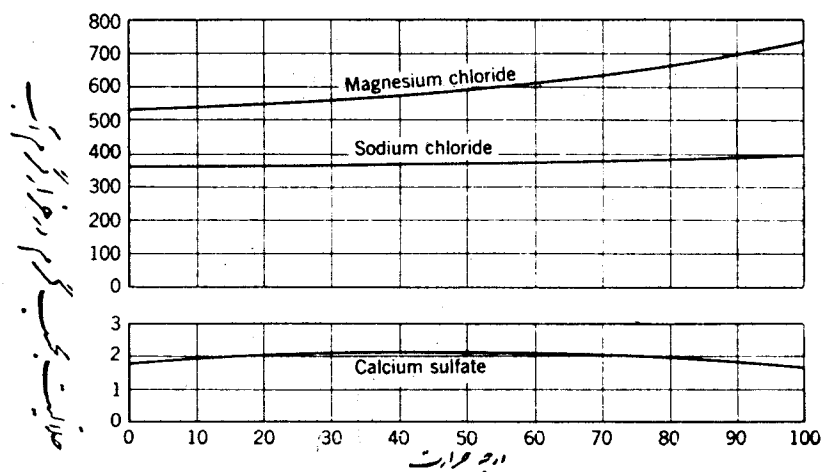
رسوب در تأسیسات تهیه آب شیرین :

قشرهای رسوبی که در سطوح انتقال حرارت تشکیل میشود مواد معدنی محلول آب است که در حین تغلیظ و عمل شیرین کردن آب بوجود می‌آید پس پیدایش آنها در روشهای تهیه آب شیرین اهمیت زیاد داشته و ایجاد آنها در کلیه دستگاههاییکه بمنظور تصفیه و شیرین کردن آب دریا بنا میشود حتمی است. در روش تقطیر در سطوح لوله‌های تبخیر و در روش الکترودیالیز روی سطوح غشاء که بمنزله غربال عمل مینمایند قشری بوجود آمده و باعث بروز اختلالات و اشکالاتی در تأسیسات و کم شدن راندمان کلی میشود حتی بعلت انسداد غشاء در روش الکترودیالیز مقاومت الکتریکی را افزایش داده و انرژی لازم برای عمل را بالا میبرد پس جلوگیری از تشکیل رسوب یکی از مهمترین مراحل طرح و محاسبه انرژی لازم و سرمایه‌گذاری اولیه در تهیه آب شیرین میباشد مواد تشکیل دهنده رسوبها همان مواد متشکله آب میباشد بجز مواردیکه آب خاصیت

خوردگی دارد و همزمان با راسب شدن املاح مقداری اکسید آهن نیز همراه آنها رسوب خواهد نمود ترکیب رسوب بستگی بترکیب آب خام و شرایط محیط دارد و آزمایش روی رسوبهای حاصل وجود مواد زیر را در آنها تأیید کرده است.

اکسید منیزیوم- کربنات کلسیم- سولفات کلسیم- این املاح ممکن است در بعضی از رسوبها بحالت تنها و یا مخلوط با هم باشند بطور کلی ایجاد رسوب موقعی رخ میدهد که غلظت املاح موجود در آب از حد حلالیت تجاوز نماید.

حلالیت اکثر رسوبها با افزایش درجه حرارت افزایش مییابد اما در اینجا استثنائی در مورد سولفات کلسیم موجود است یعنی حلالیت آن با افزایش درجه حرارت تا ۳۸ درجه سانتیگراد بالا رفته و از آن بعد کم میشود برای مطالعه بهتر حلالیت املاح منحنی زیر را در نظر میگیریم و همانطور که از شکل ۱ دیده میشود تغییرات حلالیت کلرور سدیم با افزایش درجه حرارت ناچیز است در ضمن اثر سایر یونهای موجود در آب را در حلالیت سولفات و کربنات کلسیم نباید نادیده گرفت مثلاً حلالیت کربنات کلسیم در مجاورت کلرور سدیم یا املاح منیزیوم کمی افزوده میشود.



منحنی تغییرات حلالیت نمک طعام و کلرور منیزیوم و سولفات کلسیم بر حسب تغییرات درجه حرارت در آب

شکل ۱

مدتها تشکیل رسوب در دستگاههای تهیه آب شیرین را بعلت وجود املاحی که در اثر افزایش درجه حرارت حلالیت آنها کم میشود میدانستند (سولفات و کربنات کلسیم) و با وجود حالت اشباع و فوق اشباع املاح را در آب دلیل تشکیل و ایجاد رسوب در جدار لوله‌ها تصور میکردند در حالیکه امروزه عقیده بر این است که تنها حالت فوق اشباع کافی برای بوجود آمدن رسوب نیست بلکه تا هسته‌ای برای کریستالیزاسیون از نوع همان رسوب یا هر جسم دیگر بوجود نیاید امکان تشکیل رسوب نمیرود.

برای مبارزه با تشکیل رسوب راههای مختلفی بیان شده که اکثر آنها گران و پرهزینه است و انتخاب روش

مناسب بستگی بوضع طبیعی آب دریا و شرایط طرح سیستم دارد مهمترین پیشنهاداتی که برای احتراز از تشکیل رسوب شده بقرار زیراند:

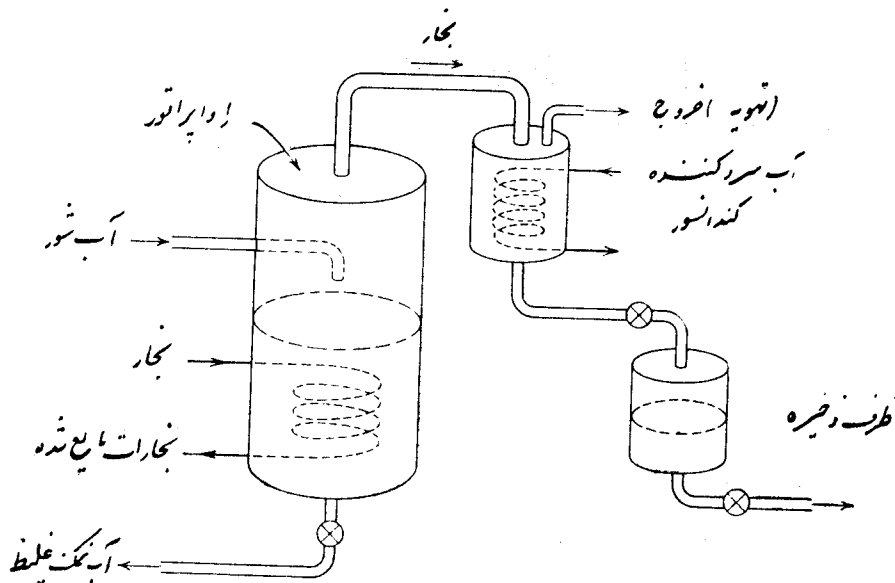
- A- خارج ساختن املاحی که ایجاد رسوب میکنند قبل از ورود آب خام بدستگاه
- B- طرح دستگاه بطوریکه رسوب قبل از خروج پس آب از سیستم مجال تشکیل شدن نداشته باشد
- C- افزودن اسید بمحیط عمل برای پایدار کردن آب نسبت به رسوب پاره‌ای املاح در درجات حرارت بالا
- D- افزودن موادی که مانع ایجاد رسوبهای سخت شود مثل ترکیبات مختلف فسفات - نشاسته
- E- انتخاب سطوح حرارتی صاف که مانع وجود مرکز کریستالیزاسیون شود
- F- کم کردن زمان توقف آب در دستگه‌ها و جلوگیری از ماندن آب در بعضی نقاط دستگاه و افزایش سیرکولاسیون در سیستم

حال مفصلاً درباره روش تقطیر که مهمترین و اکثراً ارزانترین متد تهیه آب شیرین است گفتگو

می‌کنم :

۱- روش تقطیر

تمام روشهای تقطیر براین اصل متکی است که آب و گازهای محلول در آن در اثر حرارت تبخیر شده و از محیط خارج میگردند ولی املاح محلول باقی میمانند اگر عمل تقطیر در حرارتی بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد انجام شود تبخیر بعضی املاح محلول آب قابل توجه است و باید مقدار آنها را منظور نمود. اگرچه چنین متدهای تقطیری پیشنهاد شده ولی بعلت اشکالات حاصل از خوردگی املاح و عمل در فشارهای زیاد این روش با تکنولوژی فعلی قابل قبول نیست.

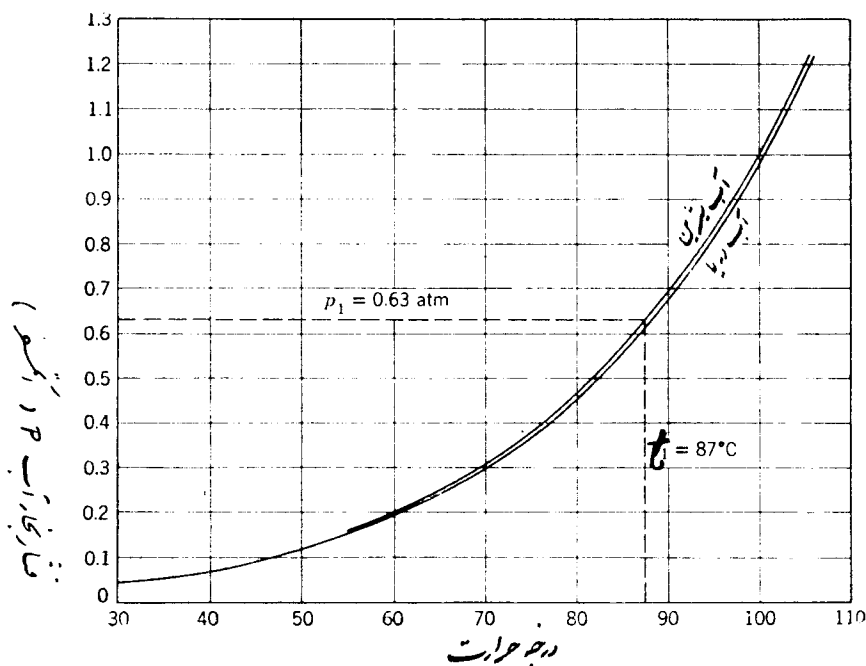


شکل ۲

اساس تقطیر در شکل ۲ بخوبی نشان داده شده است. آب دریا وارد تبخیرکننده‌هایی که مستقیماً

با بخار آب گرم میشوند گردیده و با کسب انرژی حرارتی تبخیر میشوند بخارات حاصله بوسیله جریان آب سرد و مایع شده و در مخزن مربوطه بعنوان محصول آب شیرین جمع آوری میشود در ضمن بخارات گرم که منبع اصلی انرژی در روش تقطیر هستند بعد از مبادله حرارت خود نیز کندانسه شده و بدیگ بخار بر میگردد و بدین ترتیب یک مدار بسته ای را طی کرده و برای عملیات بعدی آماده میشوند . برای تعدیل فشار داخل کندانسور معمولاً از یک پمپ خلاء یا یک اژکتور استفاده میشود و آب نمک غلیظ شده نیز بطور دایم یا متناوب از دستگاه خارج میگردد .

ممکنست بجای عبور بخار آب از داخل لوله ها آب دریا را از داخل آنها عبور داد و سطوح خارجی آنها را گرم نمود . درجه حرارت جوش آب دریا متغیر مهمی است که در خواص بخار آبی که بعنوان منبع انرژی بکاررفته مؤثرست . بدیهی است که درجه حرارت بخار کندانسه شده در تبخیر کننده ها و یا درجه حرارت سایر عوامل گرماده در انواع تبخیر کننده های دیگر باید از درجه حرارت جوش آب دریا بیشتر باشد در غیر این صورت مقدار زیادی انرژی حرارتی حاصل از کندانسسیون بخار آب منتقل نخواهد شد زیرا انرژی حرارتی همیشه از محیط گرم بمحیط سرد جریان دارد .



شکل ۳

چون حرارت و فشار بخارهای گرم کننده را بطور دلخواه نمیتوان تغییر داد لذا اثر درجه حرارت جوش آب دریا در خصوصیات بخارات مصرف شده بعنوان منبع انرژی مهمست و با تنظیم فشار دستگاه تقطیر میتوان این ارتباط را برقرار نمود این موضوع در شکل ۳ که تغییرات فشار بخار آب دریا و آب خالص بر حسب تغییرات درجه حرارت رسم شده است دیده میشود .

فشار کل بخار آب با افزایش درجه حرارت بالا خواهد رفت اما فشار جزئی بخارات که نسبت

مولکولهای بخار آب موجود به فشار کل بخار آب است تغییر نخواهد نمود. در شکل ۳ نقطه ای میتوان یافت که درجه حرارت t_1 آن معادل فشار بخار P_1 است برعکس اگر آب داغ با فشار P_1 سرد شود و فشار آن با تغییر حجم ثابت بماند درست در درجه حرارت t_1 کندانه شده و به آب شیرین تبدیل میگردد و این درجه حرارت جوش آبی است که فشار اتمسفریک آن P_1 باشد زیرا عمل غلیان موقعی انجام پذیر است که فشار بخار مایع با فشار محیط مجاور خود برابر گردد در ضمن همانطور که از شکل ۳ پیداست فشار بخار آب دریا در هر درجه حرارتی از فشار بخار آب خالص کمتر است و بدین ترتیب نقطه جوش آن در هر فشاری از نقطه جوش آب خالص بالاتر میباشد اختلاف نقطه جوش در حرارت های مختلف بسیار جزئی است ولی همین مقدار جزئی در دستگاه های چند واحدی اهمیت زیادی دارد.

سابقاً بعنوان منبع انرژی از حرارت های مستقیم استفاده میکردند ولی تشکیل رسوب جدار در دیگها با این روش انتقال حرارت را مشکل میساخت و گاهی بعلت سرخ شدن جداره و ترکیدن قشرهای رسوبی و نفوذ و برخورد ناگهانی آب با بدنه سرخ دیگ انفجارهای خطرناکی هم رخ میداد ولی امروزه در بیشتر واحدهای تهیه آب شیرین بعنوان منبع انرژی از بخار آب استفاده مینمایند. مهمترین مزایای مصرف بخار عبارتند از:

a- سهولت کنترل درجه حرارت

b- پس دادن مقدار زیادی انرژی در حین کندانه ساسیون

مزیت b را میتوان بسادگی از مطالعه گرمای حاصل از کندانه ساسیون بخار آب دریا در ۱۰۰ درجه

سانتیگراد که برابر (530) $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$ است بررسی نمود زیرا این مقدار گرما قادر است یک کیلو آب را که حرارت آن ۱۰۰ درجه سانتیگراد است به بخار تبدیل نماید از طرفی چون برای بالا بردن درجه حرارت یک کیلو گرم آب با اندازه ۱ درجه سانتیگراد حرارتی معادل 1 Kcal لازم است پس حرارت حاصل از کندانه ساسیون بخار آب میتواند ۳۹/۵ کیلو گرم آب را از نقطه انجماد بنقطه جوش ببرد.

ضرایب انتقال حرارت

یکی از مهمترین عوامل اصلی که در محاسبه دستگاه های تقطیر مورد توجه است مقدار گرمائی است که از راه جدار لوله ها بین بخار آب و آب شود رد و بدل میشود و این مقدار گرما را از رابطه زیر بدست میآورند:

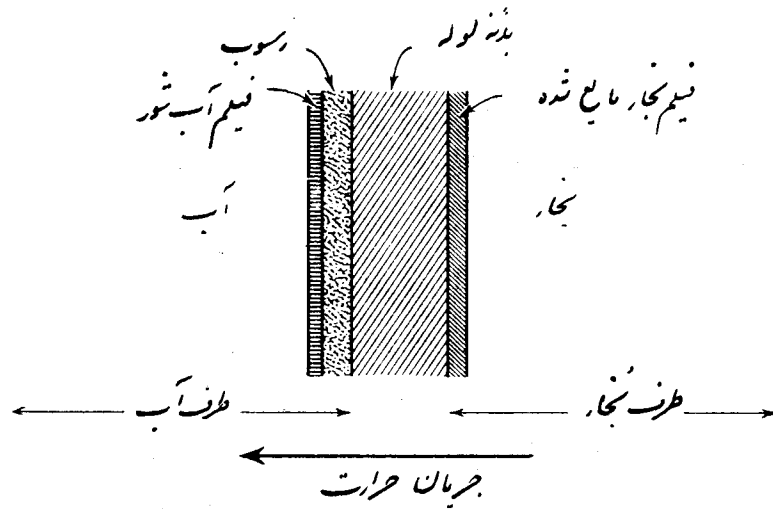
$$Q_t = U.A.\Delta T$$

که در آن Q گرمای منتقل شده از بخار به آب دریا و A سطح انتقال حرارت و ΔT اختلاف درجه حرارت دو طرف جدار لوله و t زمان انتقال حرارت و U ضریب کل انتقال حرارت میباشد.

هرچه ضریب انتقال حرارت بزرگتر باشد هدایت حرارت بهمان مقدار سریعتر خواهد بود لذا اندازه

تأسیسات کوچکتر میشود از این رو بیشتر مطالعات و تحقیقات در زمینه روش تقطیر روی بالا بردن مقدار انتقال حرارت میباشد.

مقاومت در مقابل جریان حرارت در روشهای تقطیر ارتباطی بجریان آب سرد و گرم ندارد بلکه کلاً مربوط به لایه‌هایی است که در جدار لوله‌ها ایجاد میشود که مهمترین آنها عبارتند از فیلم بخار و رسوب و فیلم آب و این موضوع در شکل ۴ بخوبی دیده میشود. این لایه‌ها با مقاومت در مقابل جریان حرارت راندمان عمل را پائین می‌آورند باید توجه داشت که هدایت حرارتی این لایه‌ها خود بایکدیگر متفاوت است و در جدول زیر هدایت حرارتی اجسام مختلف در حرارت‌های مختلف بیان شده است.



شکل ۴

جدول هدایت حرارتی اجسام مختلف

جسم	درجه حرارت oC	هدایت حرارتی BTU ft ⁻² (oF) ⁻¹ hr ⁻¹
مس	۱۸	۲۶۷۰
	۱۰۰	۲۶۴۰
آلومینیم	۱۰۰	۱۴۲۰
نیکل	۱۸	۴۱۳
	۱۰۰	۴۰۰
فولاد	۱۰۰	۳۱۱
آب	۴۰	۴/۳۶
	۶۰	۴/۵
بخار آب	۱۰۰	۴/۶۵
	۱۵۰	۴/۷۴
کربنات کلسیم	۲۵	۲۰/۶
سولفات کلسیم (خشک)	۱۰۰	۴۳/۶
آجراکسید منیزیم	۵۰-۱۱۳۰	۸/۲۱

برای محاسبه مقدار انتقال حرارت از رابطه زیر استفاده میشود:

$$R_o = R_s + R_m + R_w$$

که بترتیب مقاومتهای فیلم بخار و رسوب و فیلم آب است عکس این مقاومتهای را ضریب انتقال حرارت گویند و به h نمایش میدهند پس میتوان رابطه فوق را چنین نوشت:

$$\frac{1}{h_o} = \frac{1}{h_s} + \frac{1}{h_m} + \frac{1}{h_w}$$

بدیهی است هدایت حرارت فیلمهای ایجاد شده در جدار لوله‌ها بمراتب کمتر از هدایت حرارت جدار فلزی است مثلاً اگر در جدار لوله رسوبهای کربنات کلسیم CO_3Ca و اکسید منیزیم MgO تشکیل گردد ولو اینکه ضخامت آنها $1/10$ میلی‌متر باشد مقاومتشان در مقابل انتقال حرارت بیش از جدار مسی با همان ضخامت است زیرا هدایت حرارت این رسوبها $1/10$ هدایت حرارت مس میباشد و یاقلمهای بخار آب و آب با ضخامت $1/10$ جدار فلزی مقاومتشان برابر مقاومت یک ورقه مس 1 میلی‌متر خواهد بود.

با این ترتیب اهمیت مبارزه و جلوگیری از تشکیل رسوب روشن میشود و برای ممانعت از پیدایش پوسته‌های رسوبی روشهای مختلفی بیان شده است که مهمترین آنها در روش تقطیر بقرار زیر است:

تجربه نشان داده که در واحدهای تقطیر با لوله‌های طویل عمودی یعنی لوله‌هایی که آب حین بالا آمدن میجوشد میتواند تا حدی هدایت حرارت را ترقی داد پس با افزایش سرعت خطی آب بالا بردن هدایت حرارت عملی است میتوان با افزایش نقطه جوش تا حدی از ضخامت لایه‌های رسوبی کاست البته این افزایش دما حدی داشته و اگر خیلی بالا رود خطر خوردگی افزایش مییابد.

میتوان با ایجاد سرعت دورانی در داخل لوله‌های آب از ضخامت فیلم آب کم نمود تجربه ثابت نموده که در فوق جریانهای درهم برای دوبرابر کردن ضریب هدایت حرارت باید سرعت را $2/4$ برابر کنیم و در عمل همچنین قرارداد یک سیستم گردنده در داخل لوله‌های آب بکم شدن ضخامت فیلم آب کمک مینماید. میتوان از مواد خاصی که مانع تشکیل رسوبها در جدار لوله‌ها میشوند استفاده کرد.

بتجربه ثابت شده استفاده از موادی که کشش سطحی آب را پائین می‌آورند برای پائین آوردن ضخامت فیلم بخار مفید است مثل اسید اولئیک یا روغن خوک که علاوه بر کاهش ضخامت فیلم بخار نقطه کند انسا سیون را نیز پائین می‌آورد.

منابع گرما

در جدول زیر گرمای احتراق سوخته‌های معمولی و مقدار انرژی لازم برای تبخیر یک مترمکعب آب داده شده است این ارقام مقادیر مطلق گرمای حاصل از سوخت را تحت شرایط ایده آل میدهد ولی در عمل تا حدود 20% از گرمای احتراق تلف میشود و در مورد چوب کاج و زغال سنگ قیردار چون مقدار واقعی گرمای احتراق در نقاط مختلف تا 10% متفاوت است لذا مقادیر متوسط ذکر شده است:

گرمای احتراق سوخت‌های مختلف

مقدار سوخت لازم برای تبخیر ۱ متر مکعب آب در ۱۰۰°C	گرمای احتراق		انواع سوخت
	Kcal/Kg	Btu/lb	
۵۱ کیلوگرم	۱۰۶۰۰	۱۹۰۰۰	مازوت
» ۸۱	۶۷۰۰	۱۲۰۰۰	زغال سنگ قیردار
» ۱۲۳	۴۴۰۰	۷۹۰۰	چوب کاج سفید ۱۲٪ آب
» ۱۵/۹	۳۳۹۰۰	۶۱۰۰۰	ئیدروژن گازی
» ۴۰/۶	۱۳۳۰۰	۲۳۹۵۰	متان
» ۴۵/۶	۱۱۸۰۰	۲۱۳۰۰	پوتان
» ۲۲۲	۲۴۳۰	۴۳۷۰	اکسید کربن

گرمای حاصل از انرژی الکتریکی 3412 Btu/KWh 860 Kcal/KWh 625 کیلووات ساعت
 اگر فرض شود که از گرمای احتراق این سوختها صد درصد استفاده گردد برای تبخیر ۲ تن آب
 دریا در حدود یک تن مازوت لازم است باید توجه داشت قبل از تبخیر مقداری انرژی لازم است تا آب را
 بنقطه جوش برساند و در عمل این مقدار گرما را از حرارت پس‌آب خروجی تأمین مینمایند. با در نظر گرفتن تمام
 کنترل‌های لازم برای جلوگیری از اتلاف انرژی مشکل بتوان دستگامی آماده نمود که کمتر از ۱٪ وزن آب
 دریا مازوت احتیاج داشته باشد. چون در هر کاری در نظر گرفتن نکات اقتصادی ضروریست لذا باید تا حد
 امکان از انرژی‌های تلف شده جلوگیری نمود و یا لاقلاً از آنها برای تبخیر مقادیر دیگری از آب دریا استفاده
 کرد از اینرو است که روشهای تقطیر چند واحدی یا تبخیر ناگهانی یا روشهای تبخیر تحت فشار را پیش بینی
 نموده‌اند.