

آماده سازی شرایط آب دیگ های بخار

شرکت پارس جم کنترل

نویسنده مقاله: مهندس عادل قهرمانی

در این مقاله سعی می گردد تا در ابتدا مفاهیم و اصطلاحات متعارف پایه و لازم در شیمی آب ورودی به بویلرهای بخار مانند ناخالصی ها ، سختی ، PH و .. بیان شده و سپس به کاربرد عملی آنها نیز اشاره شود. بدیهی است که حجم مطالب مرتبط بسیار زیاد و گسترده بوده و در این مقاله قسمت هائی از این مبحث باختصار مورد بررسی قرار می گیرد.

آب خالص بی بو، بی رنگ و بی طعم است و بندرت در طبیعت یافت می شود . عموماً آب دارای انواع گوناگونی از ناخالصی هاست . آب آشامیدنی خوب ، لزوماً بمنظور استفاده جهت آب تغذیه دیگ مناسب نیست . برخی از املاح معدنی در آب آشامیدنی که برای بدن انسان مفید بوده و قابل جذب می باشند ، در داخل بویلر ایجاد مشکل نموده و صدماتی را ایجاد می کنند .

وجود ناخالصی ها باعث ایجاد رسوب بر روی لوله ها و سطوح انتقال حرارت شده که متعاقباً موجب خوردگی ، کاهش انتقال حرارت ، داغ شدن بیش از حد تحمل لوله ها و کاهش قدرت مکانیکی آنها می شود . جدول 1 نشان دهنده ناخالصی های موجود در آب ، اسامی شیمیائی و تأثیر آنهاست .

Name	Symbol	Common name	Effect
Calcium carbonate	CaCO ₃	Chalk, limestone	Soft scale
Calcium bicarbonate	Ca(HCO ₃) ₂		Soft scale + CO ₂
Calcium sulphate	CaSO ₄	Gypsum, plaster of paris	Hard scale
Calcium chloride	CaCl ₂		Corrosion
Magnesium carbonate	MgCO ₃	Magnesite	Soft scale
Magnesium sulphate	MgSO ₄	Epsom salts	Corrosion
Magnesium bicarbonate	Mg(HCO ₃) ₂		Scale, corrosion
Sodium chloride	NaCl	Common salt	Electrolysis
Sodium carbonate	Na ₂ CO ₃	Washing soda or soda	Alkalinity
Sodium bicarbonate	NaHCO ₃	Baking soda	Priming, foaming
Sodium hydroxide	NaOH	Caustic soda	Alkalinity, embrittlement
Sodium sulphate	Na ₂ SO ₄	Glauber salts	Alkalinity
Silicon dioxide	SiO ₂	Silica	Hard scale

جدول 1: ناخالصی های موجود در آب

ناخالصی های موجود در آب می توانند به ترتیب زیر طبقه بندی شوند :

□ مواد جامد محلول : موادی هستند که قابلیت انحلال در آب را دارا می باشند . معروفترین این مواد ، کربنات ها ، سولفات ها و منیزیم هستند که هنگام گرم شدن بشکل رسوب در می آیند . در عمل ، هر گونه نمکی که منجر به تولید رسوب در داخل دیگ شود ، باید با روش های شیمیائی بصورت جامد معلق یا لجن درآید .

جامدهای معلق : این ذرات بصورت معلق در آب موجود هستند و غالباً جزء مواد معدنی می باشند. این مواد معمولاً مشکل خاصی ایجاد نکرده چرا که قابل فیلتر شدن و جداسازی می باشند .

گازهای محلول : اکسیژن و دی اکسید کربن به راحتی در آب حل می گردند و عامل بسیار مهمی در خوردگی تجهیزات به شمار می روند .

مواد تشکیل دهنده کف: این ناخالصی ها نیز از مواد معدنی هستند که بصورت کف در می آیند . مقدار ناخالصی های مذکور بسیار کم بوده و معمولاً با واحدهای ppm (Part Per Million) یا میلی گرم در لیتر (mg/l) نشان داده می شوند .

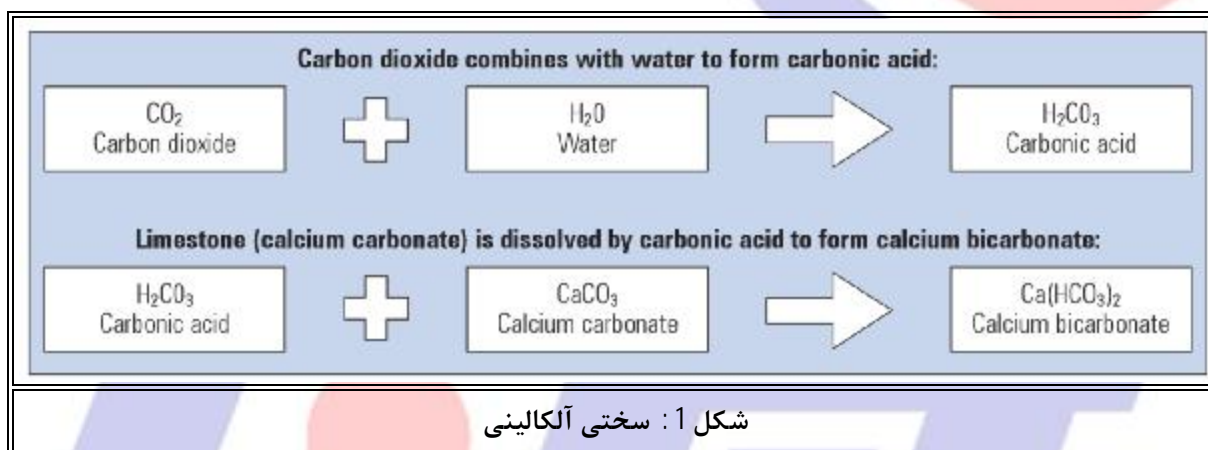
□ سختی :

یکی از ویژگیهای آب سخت بودن یا نرم بودن آن است . آب سخت دارای درصد ناخالصی های بیشتری بوده و آب نرم دارای ناخالصی کم یا صفر است . تفاوت این دو آب براحتی با استفاده از صابون مشخص می شود ، بدین معنی که جهت کف کردن در آب سخت صابون بیشتری مورد نیاز است .

سختی در اثر وجود نمک های معدنی ، کلسیم و منیزیم بوجود آمده و علت اصلی تشکیل رسوب در لوله ها می باشد :

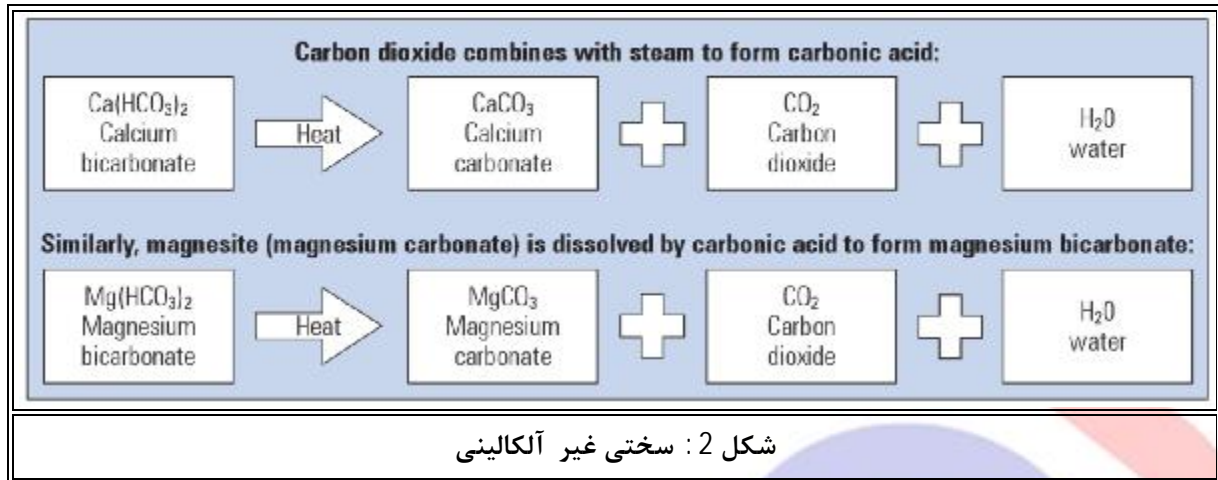
- سختی آکالین (سختی موقتی) :

بیکربنات های کلسیم و منیزیم مسبب سختی آکالینی هستند . این مواد در آب حل شده و پس از دریافت حرارت تولید دی اکسید کربن و رسوب می نمایند . این نوع رسوب در داخل کتری های الکتریکی قابل رؤیت است . شکل های 1 و 2 نشان دهنده وضعیت آب داخل دیگ بخار است . این رسوبها نرم تر بوده و با افزایش درجه حرارت از سطح جدا می شوند .



- سختی های غیر آکالینی (سختی دائمی) :

این سختی نیز در اثر وجود نمک های کلسیم و منیزیم و به شکل سولفات و کلراید شناخته می شود . این جرمها دارای انحلال بسیار کم بوده و با افزایش حرارت ، رسوب سختی را تشکیل می دهند که بسختی از جداره لوله های کویل داخل بویلر جدا می شود . بعلاوه وجود سیلیس در آب دیگ نیز باعث تشکیل رسوب سخت می گردد که با نمک های کلسیم و منیزیم واکنش داده و ماده حاصل به شدت در برابر انتقال حرارت ، مقاوم خواهد بود .



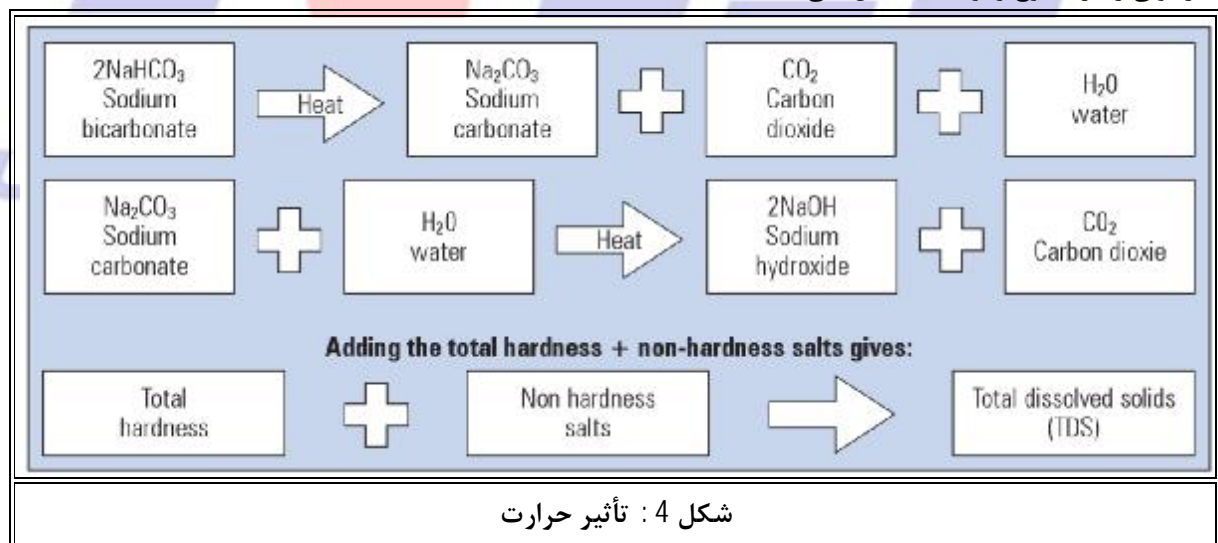
- سختی کل :

به مجموعه سختی آلكالینی و غیر آلكالینی که در واقع مجموع غلظت یونهای کلسیم و منیزیم می باشد ، سختی کل گفته می شود که گاهی با لفظ CaCO_3 بکار می رود .



- نمک های غیر سخت محلول در آب:

نمک های غیر سخت مانند نمک های سدیم نیز با قابلیت انحلال بیشتری نسبت به نمکهای کلسیم و منیزیم در آب موجود هستند که معمولاً رسوبی را در سطوح و لوله ها تشکیل نمی دهند .



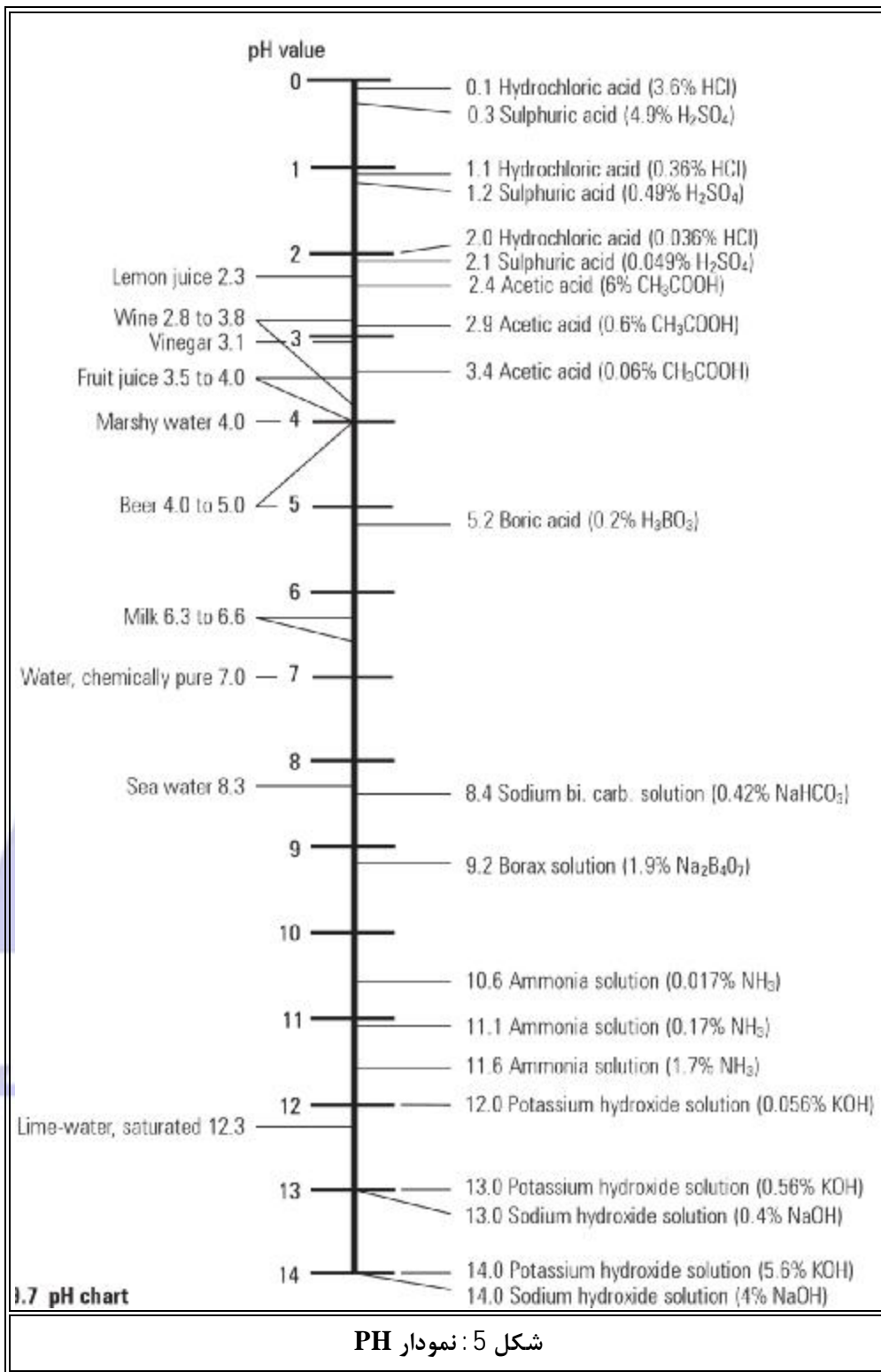
مجموع سختی های موجود بعلاوه غلظت نمکهای غیر سخت برابر TDS یا Total Dissolved Solid می باشد .
 نمک های مختلف موجود در آب دارای خواص الکتریکی بوده و تشکیل یون می دهند . ذرات فلزی (کلسیوم ، سدیم و منیزیم) بعنوان کاتیون شناخته می شوند ، زیرا دارای بار مثبت بوده و جذب کاتد می شوند . ذرات غیر فلزی دارای بار منفی ، نظیر بی کربنات ، کربنات ، کلراید ، سولفات و ... جذب آند می شوند .
 کلا ناخالصی های موجود با معادل شیمیائی بی کربنات کلسیوم که دارای وزن مولکولی 100 است بیان می گردند .

- PH :

PH پارامتری است که نشان دهنده درصد باز یا اسیدی بودن آب است .
 آب دارای دو نوع یون می باشد : یون هیدروژن (H^+) و یون هیدروکسید (OH^-) می باشند .
 غلظت بیشتر یونهای هیدروژن موجب اسیدی شدن سیال و PH بین صفر تا 6 می شود و در صورت افزایش غلظت یونهای هیدروکسید ، PH حاصل بین 8 تا 14 می باشد . اگر یونهای فوق در حال تعادل باشند ($PH = 7$) آب در حالت طبیعی و نرمال می باشد .
 اسیدها و آلكالین ها موجب افزایش ضریب هدایت الکتریکی می شوند . مثلا آب با $PH=12$ دارای ضریب هدایت الکتریسیته بیشتری نسبت به $PH=7$ می باشد .
 جدول 2 نشان دهنده جدول مقادیر PH و ویژگی آب بوده و شکل 5 نشان دهنده مقادیر PH نسبت به مواد مختلف می باشد .

pH value	Hydrogen ion concentration	Hydroxyl ion concentration	Nature
	H+	H-	
0	10^0	10^{-14}	Acid
7	10^{-7}	10^{-7}	Neutral
14	10^{-14}	10^0	Alkaline

جدول 2 : مقدار PH



عملیات شیمیائی بر روی آب تغذیه :

اضافه نمودن مواد شیمیائی بمنظور آماده سازی آب ورودی به بویلر در تانک تغذیه اصلی و در لوله آب ورودی به تانک تغذیه انجام می گیرد . رفتارهای شیمیائی آب به عواملی نظیر موارد زیر مرتبط است :

- ماهیت ، نوع و خواص ناخالصی ها در آب ورودی و سختی آن
- حجم کندانس برگشتی جهت استفاده مجدد و کیفیت آن از نظر PH و مقدار سختی
- طراحی بویلر و شرایط کاری آن

تصمیم گیری در مورد نوع مواد شیمیائی و سیستم آماده سازی آب ، موضوعی در تخصص مهندسين مربوط بوده و از اهداف اینکار می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- جلوگیری از تشکیل رسوب سختی های کم باقی مانده در آب سختی گیری شده اصلی . بدین منظور غالباً از سدیم سولفات استفاده شده که باعث ته نشین شدن سختی در زیر دیگ می گردد که از طریق زیرآبزی قابل تخلیه خواهند بود .
- از بین بردن هر نوع ناخالصی مخصوص باقی مانده که در برخی از شرایط خاص وجود دارند .
- حفظ بالانس شیمیائی صحیح در آب دیگ : بمنظور جلوگیری از خوردگی، آب بویلر باید تا حدی قلیائی بوده و اسیدی نباشد . بطور معمول از محلول 1% کاستیک جهت تأمین PH بین 9 تا 11 استفاده می شود . استاندارد BS مقدار PH بین 10.5 تا 12 را در بویلرهای تا فشار 10 bar توصیه کرده و در فشارهای بیشتر باید از PH برابر 9 استفاده کرد .
- ایجاد حالت ضد رسوب در دیگ
- تخلیه گازهای باقی مانده نامحلول که عمدتاً اکسیژن و دی اکسید کربن هستند . وجود این گازها در سیستم توزیع بخار و کندانس موجب خوردگی می شوند .

- دی اکسید کربن :

دی اکسید کربن محلول در آب تغذیه غالباً به شکل اسید کربنیک موجود بوده که باعث کاهش PH می شود . کنترل صحیح PH این مشکل را از بین می برد ، ولی در اثر گرم شدن کربنات ها و بی کربنات ها در داخل دیگ دی اکسید کربن نیز آزاد می شود و باید بمنظور جلوگیری از خوردگی و صدمه به خط کندانس از Inhibitor های خوردگی کندانس استفاده شود .

- اکسیژن :

مضرترین گاز نامحلول اکسیژن است و درصد کمی از آن باعث صدمات و خوردگی زیاد می شود . اکسیژن بطریق فیزیکی و شیمیائی قابل برداشت است . مقدار اکسیژن اولیه آب به دمای تغذیه بستگی دارد . آب سردتر دارای اکسیژن بیشتری می باشد و بنابراین با گرم کردن آن در داخل دی اریاتور مقدار زیادی از اکسیژن به اتمسفر تخلیه می گردد. اکسیژن باقی مانده اضافی با افزودن مواد شیمیائی مانند سولفید سدیم قابل برداشت است .

مقدار 8 ppm از سولفید سدیم جهت جداسازی 1 ppm از اکسیژن کافی است ولی با این وجود مقدار 4ppm سولفید سدیم اضافی نیز بمنظور اطمینان و در نظر گرفتن خطر خوردگی و عدم راندمان صد در صد در سیستم تزریق ماده منظور می شود . بنابراین مقدار سولفید سدیم لازم به ازاء هر 1 ppm اکسیژن برابر 8 ppm بوده و در نهایت 4 ppm نیز اضافه می شود . باید توجه کرد که محلول صنعتی سولفیت سدیم بصورت نرمال دارای 45% سولفیت سدیم می باشد .

همچنین مطالب ذیل قابل توجه می باشند :

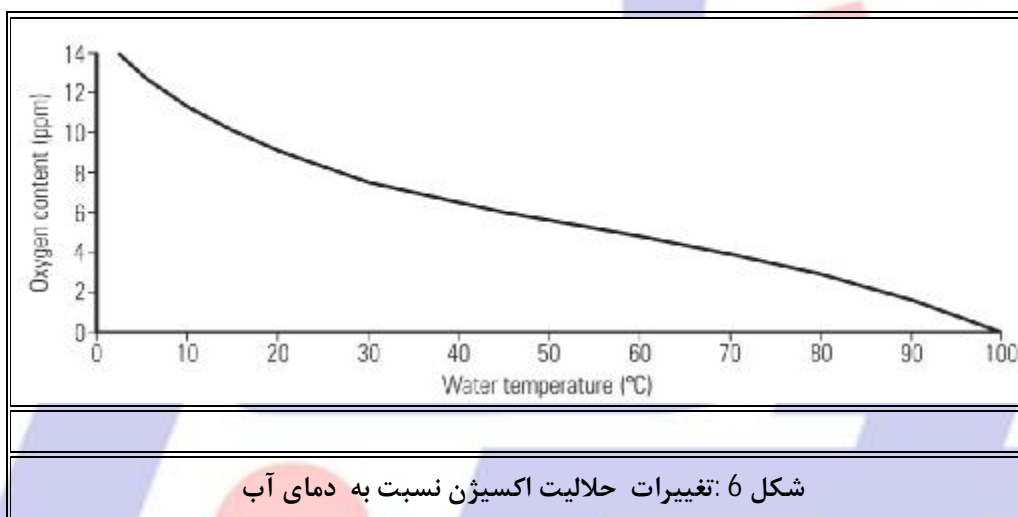
- هدف اصلی پردازش شیمیائی آب دیگ های بخار ، تبدیل نمکهای قابل رسوب به لجن نرم و ته نشین در زیر دیگ است .

□ در دماها و فشارهای بالا ، وجود سیلیکا مشکلی جدی است زیرا با ترکیب فلز داخلی بویلر منجر به تولید نقاط داغ و سوراخ شدن دیگ می شود . پلیمرهای مخصوص شیمیائی از این پدیده جلوگیری می کنند .

□ سطح قلیایی داخل دیگ مهم بوده و عمدتاً با اضافه کردن هیدروکسید سدیم کنترل می شود . حفظ PH بین 10.5 تا 12 از خوردگی جلوگیری می کند . (شرایط پایداری جهت تشکیل لایه فلزی (Fe_3O_4) که بصورت لایه نازک و فشرده ای در روی سطوح فلزی ایجاد شده و از جمله خوردگی ایجاد می نماید) . توجه شود که افزودن مواد شیمیائی علاوه بر ایجاد هزینه موجب افزایش سطح TDS داخل بویلر شده و مقدار بلودان لازم را افزایش می دهد و بنابراین باید باندازه لازم و کنترل شده اضافه گردد .

- دمای کاری دی اریتور :

بالا بردن دمای آب دی اریتور بمنظور کاهش غلظت اکسیژن و گازهای محلول اهمیت زیادی دارد . رابطه بین دما و مقدار اکسیژن موجود در آب در شکل 6 مشخص شده است . با افزایش دمای آب دی اریتور مقادیر زیادی از اکسیژن آزاد شده و مقادیر باقی مانده نیز با افزایش ترکیبات شیمیائی نظیر سولفید سدیم از آب جدا خواهد شد. بنابراین افزایش دمای آب دی اریتور موجب کاهش مواد شیمیائی لازم جهت آزاد سازی اکسیژن خواهد شد.



مثال : صرفه جوئی در هزینه با کاهش درصد اکسیژن موجود در آب تغذیه توسط گرمایش آب

میزان تولید بخار بویلر = 10,000 kg/hr

ساعت کاری بویلر در سال = 6000 hr

1£ = هزینه خرید یک کیلوگرم سولفید سدیم

محاسبه 1 :

دمای تانک تغذیه (دی اریتور) = 60 °C

از شکل 6 مقدار اکسیژن موجود در آب = 4.8 ppm

مقدار سولفید سدیم لازم = $(4.8 \times 8) + 4 = 42.4 \text{ ppm}$

مقدار سولفید سدیم لازم با غلظت 45% = $42.4 \times \frac{100}{45} = 94.2 \text{ ppm}$

محاسبه 2:

$$\text{مقدار سالیانه سولفید سدیم لازم} = 10000 \text{ kg/hr} \times 6000 \text{ hr/year} \times \frac{94.2 \text{ ppm O}_2}{1000000 \text{ ppm to 1kg}} = 5653 \text{ kg}$$

$$5653 \text{ kg} \times 1 \text{ £} = 5653 \text{ £}$$

دمای تانک تغذیه (دی اریتور) = 85°C

از شکل 6 مقدار اکسیژن موجود در آب = 2.3 ppm

مقدار سولفید سدیم لازم = (2.3 × 8) + 4 = 22.4 ppm

$$\text{مقدار سولفید سدیم لازم با غلظت 45\%} = 22.4 \times \frac{100}{45} = 49.8 \text{ ppm}$$

$$\text{مقدار سالیانه سولفید سدیم لازم} = 10000 \text{ kg/hr} \times 6000 \text{ hr/year} \times \frac{49.8 \text{ ppm O}_2}{1000000 \text{ ppm to 1kg}} = 2988 \text{ kg}$$

$$2988 \text{ kg} \times 1 \text{ £} = 2988 \text{ £}$$

مسلم است که گرمایش آب مخزن هزینه بر می‌باشد، ولی از آنجائیکه دمای آب باید در داخل دیگ نیز بالا رود، پس همان مقدار انرژی و هزینه نیز صرف شده، فقط محل آن متفاوت خواهد بود. پس گرمایش آب مخزن هزینه اضافی را بر سیستم تحمیل نمی‌نماید. تنها اتلاف واقعی، اتلاف حرارتی از بدنه تانک است که با عایق کاری مناسب می‌تواند بصورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. صرفه‌جویی مهم دیگر کاهش مقدار سدیم سولفید مورد نیاز است که متعاقباً باعث کاهش نرخ بلودان خواهد بود.

همچنین افزایش دمای دی اریتور مزایای موجب کاهش شوک حرارتی ناشی از ورود آب سرد و تماس با صفحات و کویل‌های داغ بویلر و همچنین کاهش تاثیر بر میزان و کیفیت بخار خروجی (در اثر ورود ناگهانی آب سرد) خواهد شد.

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می‌توانند با شرکت پارس جم (شماره تلفن‌های 24, 88708223 و E-mail: info@pars-jam.com) تماس حاصل فرمایند.