

بازیافت ممبران های اسمز معکوس

روشی نوین در بهسازی و استفاده مجدد از ممبران دورریز و مستعمل

حسن رنجبران محمد رضا فتاحی هادی چهره عالم

شرکت پالاینده آب^۱

palayandehab@gmail.com

چکیده

این پروژه خلاصه فرآیند بازیافت ممبران مستعمل و دورریز می باشد که پس از ۴ سال تحقیق و کسب نتایج قابل قبول هم اکنون در صنایع مختلف در حال اجرایی شدن است.

اصولا عوامل متعددی از جمله شرایط نامناسب پیش تصفیه، تغییر شرایط آب ورودی، عدم کالیبراسیون وسایل ابزار دقیق، بهره برداری و اپراتوری نامناسب در یک یا چند دوره، شستشو های نامناسب دوره ای سیستم و استفاده از مواد نامناسب در یک سیستم اسمز معکوس موجب کاهش راندمان ممبران و در نهایت عدم کارکرد صحیح و حتی تعویض این تجهیزات را در پی دارد.

براین اساس در صورت عدم آسیب فیزیکی ممبران می توان با انجام این فرآیند ضمن حذف فولینگ های حاصله، راندمان و عملکرد ممبران را بهبود داده و ضمن حذف هزینه های مرتبط با خرید ممبران نوتا میزان ۷۵ درصد صرفه جویی اقتصادی برای مجموعه به ارمغان آورد.

کلمات کلیدی: بازیافت، ممبران، رسوب، اسمز معکوس

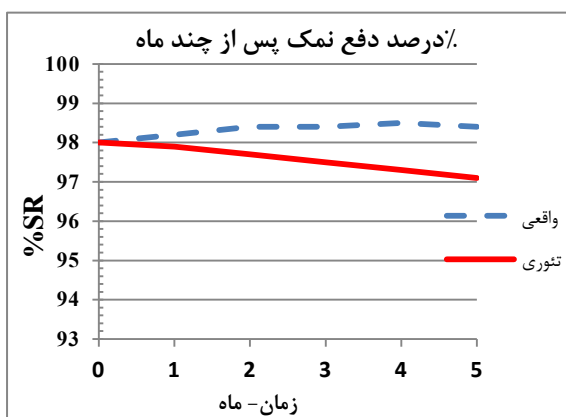
۱- مقدمه

تحریم های ناشی از ورود ممبران های با درجه کیفیت بالا و تحمیل هزینه بالای تعویض این قطعات باعث شد تا پس از ۴ سال تحقیق و یک سری آزمایشهای میدانی بر روی انواع ممبران، روشی نوین در بهسازی و بازیافت ممبران ها ابداع گردد.

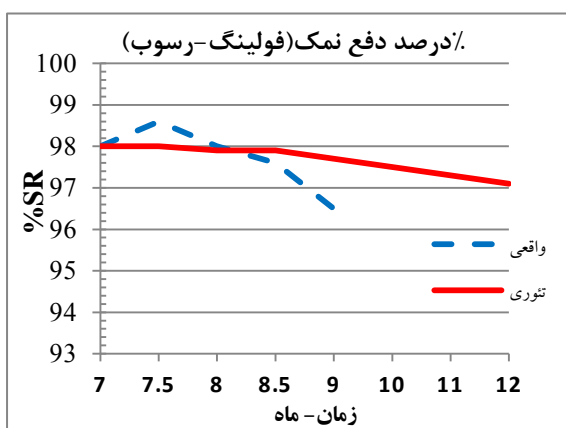
در ابتدا و قبل از بررسی فرآیند اشاره شده نگاهی کوتاه به علت کاهش عملکرد ممبران ها در یک سیستم می اندازیم.

با توجه به مشکلات کم آبی و همچنین تغییر شرایط محیطی و بخصوص پارامترهای شیمیایی تاثیرگذار آب در یک دوره، شرایط سیستم های آب شیرین کن در کشور بدلیل عملکرد پایین ممبران های موجود در آن به مرور کاهش یافته و در نهایت میزان از کارافتادگی این تجهیزات بطور قابل توجهی افزایش می یابد.

در سیستم هستیم (نمودار ۱). این موضوع به علت رشد لایه نازکی از بیوفیلیم در ممبران می باشد که به نوبه خود پس از



نمودار ۱ میزان نمک عبوری یک ممبران نو پس از چند ماه



نمودار ۲ میزان نمک عبوری یک ممبران در حالت رسوب

چند دوره و تشدید لایه رسوبی در ممبران ضمن کاهش ۱۰٪ میزان جزیان نفوذی باعث افزایش افت فشار در سیستم شده و به نوعی زمان شستشورا معین می کند. (نمودار ۲). عوامل متعدد دیگری نیز در کاهش عملکرد ممبران نقش دارند که به عنوان نمونه در این بخش به یکی دیگر از این پارامترها اشاره ای کوتاه می نمایم:

اثر غلظت آلاینده بر روی کیفیت شستشو [۲]

یکی از مواد اصلی در شستشوی دوره ای، مواد شوینده و به عبارتی دترجنت های هستند که معمولاً بصورت جداگانه و یا مخلوط با سایر مواد شوینده توسط اپراتور در فرآیند شستشو (CIP) از آنها استفاده می شود. این مواد از دو جزئی قابل حل در آب (آب دوست یا هیدروفیل) و غیر قابل حل در آب (آب گریز یا هیدروفوب) تشکیل شده و به زبان ساده کشش سطحی آب را به میزان قابل توجهی کاهش می دهند. گروه های آب دوست معمولاً دسته بندی اولیه

اصولاً از جمله مواردی که موجب کاهش راندمان ممبران و در نهایت عدم کارکرد صحیح آن گردد می توان بطور خلاصه به موارد زیر اشاره داشت:

- شرایط نامناسب پیش تصفیه
- تغییر شرایط آب ورودی
- عدم کالیبراسیون وسایل ابزار دقیق
- بهره برداری و اپراتوری نامناسب در یک یا چند دوره
- استفاده از مواد و غلظت نامناسب در شستشوی دوره ای

طبق یک تحقیق انجام شده درصد تاثیر گذاری عوامل یاد شده به شرح شکل زیر می باشند [۱]



شکل ۱

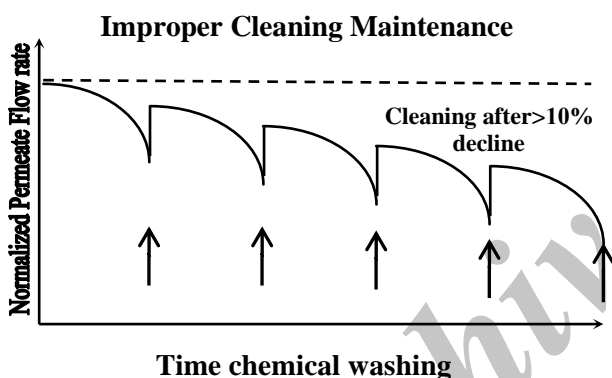
طبق نتایج فوق حدود ۶۳ درصد مشکلات ممبران ارتباط مستقیمی با شرایط پیش تصفیه و در حدود ۳۵ درصد مرتبط با نوع و میزان مواد شیمیایی مصرفی برای این تجهیزات می باشد.

از طرف دیگر نوع فولینگ، مدت زمان و نحوه شکل گیری آن نیز نقش مهمی در تشدید شرایط یاد شده دارد. از آنجا که سیستمهای اسمز معکوس جهت دفع (یا تغلیظ) نمکهای محلول مورد استفاده قرار می گیرند، لذا سنجش میزان دفع نمک شده می تواند به عنوان روشی مستقیم برای میزان راندمان عملی سیستم محسوب گردد. میزان نمک دفع شده معادل درصد کل جامدات محلول آب خوراک حذف شده در جریان آب تولیدی اسمز معکوس است. این اندازه گیری ها، در کنترل مشکلات ناشی از عبور میزان بالای نمک در این تجهیزات به ما کمک شایانی را خواهد نمود. مثلاً با بررسی شرایط پارامتر یاد شده می توان مشکلاتی همچون تخریب غشاء، وقوع پدیده انسداد در یک مرحله خاص (آلودگی احتمالی) و یا جدا شدن قطعات داخلی وسل (مشکلات ناشی از شکستگی واشرهای حلقوی) دهد، در سیستم پیش بینی نمود.

از نظر تئوری ما انتظار داریم که میزان دفع نمک پس از یک دوره روند کاهشی پیدا کند اما این پدیده اتفاق نمی افتد بلکه پس از چند ماه تا حدی ما شاهد بالا رفتن این پارامتر

تغییرات کل جامدات محلول (TDS) خروجی و اختلاف فشار بهبود می بخشد. اما بدلیل استفاده نکردن از مواد شیمیایی مناسب، عدم کنترل صحیح در غلظت مواد مصرفی در حین شستشو و همچنین تغییرات pH ایجاد شده در محیط، بخشی از مشکلات ناشی از رسوب و گرفتگی همچنان در سطوح داخلی ممبران باقی می ماند که این پدیده پس از چند دوره باعث کاهش میزان جریان عبوری و عدم بازگشت اختلاف فشار ممبران به حالت اولیه خود خواهد شد (شکل ۳)

با در نظر گرفتن شرایط اشاره شده و تشدید عوامل تاثیر گذار دیگر از جمله تغییر شرایط آب ورودی و همچنین عدم کارکرد مناسب مواد ضد رسوب مصرفی به خصوص در مرحله دوم سیستم اسمز معکوس، ما مواجه با کاهش راندمان عملکردی و تولیدی در ممبران پس از چند دوره بوده که در نهایت تعویض آن تنها راه حل این مشکل خواهد بود



شکل ۳

۲- اصول کلی فرآیند

قبل از اجرایی کردن فرآیند بازیافت، بایستی ارزیابی کاملی از عوامل ایجاد کننده این مشکلات در ممبران بدست آورد بدین منظور پس از بررسی شرایط سیستم اسمز معکوس، ابتدا شرایط ظاهری ممبران مورد بررسی قرار گرفته و پس از برآورد وزنی، از رسوب و یا ته نشین های موجود در ممبران نمونه گیری انجام می شود.

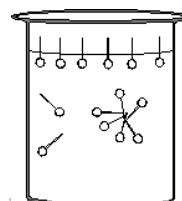
یکی از روش های انتخاب شده در این بخش روش آزمایش معرف رنگ می باشد. از نتایج مهم این آزمایش می توان به موارد زیر بطور خلاصه اشاره داشت

الف- تشخیص پاره شدگی المنت غشاء:

در این روش ابتدا معرف را بصورت دستی بر روی سطح غشاء یک المنت رول نشده پاشیده سپس بعد از یک مدت سطح

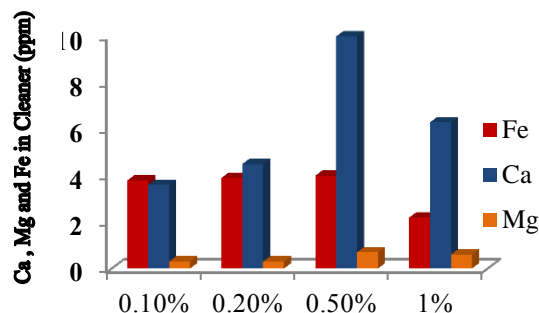
شوینده ها را مشخص می کند که می توانند آنیونی، کاتیونی و یا ذاتاً غیر یونی باشند. در هر مورد انتهای آب دوست شوینده به شدت مولکول های آب را جذب می کند و انتهای آب گریز یا جاذبه کمی بامولکول های آب دارد. در نتیجه مولکول های یک شوینده به گونه ای درون مایع و سطح مایع مرتب می شوند که انتهای آب دوست درون مولکول های آب و انتهای آب گریز دور از مولکول های آب قرار می گیرند. (شکل ۲)

گروهی که درون مایع تشکیل می شود مایسل (micelle) نامیده می شود. [۳]



شکل ۲

به دلیل این رفتار خاص شوینده ها یعنی جهت گیری در سطوح و تشکیل دادن مایسل همه شوینده ها اساساً تابعیت خاصی را دارا می باشند. این تابع بسته به نوع غلظت ماده، میزان سختی آب و همچنین وجود ذرات محلول و نامحلول آب عملکرد متفاوتی را از خود نشان می دهد به عنوان مثال شرایط یک شوینده در حضور یون های کلسیم، منیزیم و آهن در نمودار مشخص شده است. [۴]



نمودار ۳

حسب نمودار فوق برخلاف تصور با افزایش غلظت دترجنت قدرت شویندگی آن در حضور کلسیم، منیزیم و آهن افزایش نمی یابد. این موضوع خود به خوبی گواه این مدعاست که در حین شستشو اسمز معکوس با این مواد و در صورت افزایش غلظت شوینده (به خصوص در مرحله دوم) املاح کمتری از سطح ممبران شستشده و ما در نهایت شاهد کاهش راندمان ممبران پس از چند دوره خواهیم بود.

در این خصوص و پس از بررسی های تکمیلی، مشخص شد شستشوهایی انجام شده (تحت عنوان CIP) و با مواد رایج تا حدی مشکلات گرفتگی موجود در ممبران ها را برطرف کرده و عملکرد آنها را در سه بخش میزان دبی تولیدی،

نشان داد که روش بهسازی شرایط ممبران مورد استفاده توسط این پروسه هیچگونه آسیبی به ممبران وارد نکرده و شرایط آن با ممبران ها نو یکی است.

۳- مثالی از یک پروژه اجرایی در یک تصفیه خانه

- ظرفیت تولید: ۱۰۰۰۰ متر مکعب در شبانه روز
 - نوع ممبران: Filmtec BW30-400
 - مدت اجرا: ۴ ماه
 - مجموع کل ممبران های موجود ۶۵۶ عدد
- در ابتدا وقبل از شروع اجرا احیاء ممبران های سیستم ضمن بررسی شرایط مجموعه، آنالیز آب ورودی و همچنین روش شستشو، تعداد ۱۰ ممبران مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از انتخاب ماده مورد نظر فرآیند یاد شده در محل پروژه اجرایی گردید.

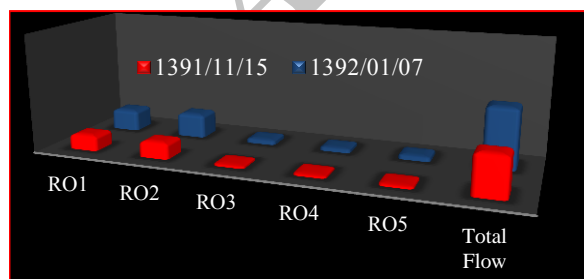
نتایج بازیافت ممبران در تصفیه خانه

شرایط شستشوی ممبران ها

| مرحله | اول | دوم | سوم |
|------------|----------------|---------------|---------------------|
| نوع فرآیند | Ion Exchanging | Acid Cleaning | Alkalinity Cleaning |
| ماده مصرفی | PA220 | PA200 | PA400 |

حجم آب تولیدی کل سایت قبل و بعد از بازیافت و همچنین اصلاح شرایط

| | RO1 | RO2 | RO3 | RO4 | RO5 | TOTAL Flow (m3/hr) |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| ۱۳۹۱/۱۱/۱۵ | ۱۳۱ | ۱۳۹ | ۲۲ | ۲۲ | ۲۳ | ۳۳۷ |
| ۱۳۹۲/۰۱/۰۷ | ۱۸۲ | ۲۰۵ | ۴۲ | ۳۷ | ۴۲ | ۵۰۸ |



۴- نتیجه گیری

پروسه احیاء و بازیافت ممبران گامی نوین در بهسازی شرایط ممبران ها می باشد و می تواند ضمن کاهش هزینه های خرید ممبران، سهم بسزایی در افزایش شرایط کمی و کیفی این تجهیزات ایفا نماید. در این پروسه ضمن

غشاء را مورد بازدید چشمی قرارداد. سطوحی از غشاء آسیب دیده در مقایسه با سطوح آسیب ندیده، معرف را راحت تر جذب می کنند، در نتیجه الگویی که در سرتاسر سطح غشاء بوجود می آید، ماهیت اضمحلال را مشخص می کند.

ب- مشکلات بیولوژیکی غشاء:

پراکنده بودن لکه های رنگی در سرتاسر غشاء احتمالاً نشان دهنده حمله باکتریها به غشاء سلولز استات می باشد. اگر حمله باکتریها به حدی پیشرفت کرده باشد که اضمحلال غشاء چند برابر شود، شکل و الگوی ایجاد شده توسط معرف از یکنواختی بیشتری برخوردار می شود. [۵]

ج- اثر مواد شیمیایی مصرفی :

مصرف زیاد مواد شیمیایی و یا دمای بالای آب، موجب هیدرولیز غشاء شده و منجر به عبور یکنواخت جریان معرف از سطح آن می شود. اگر قبل از این که اسید زیاد یا دمای بالا در سراسر سیستم گسترش یابد، جلوی آن گرفته شود، تأثیر معرف فقط به المنتهای ابتدایی محدود می شود. حمله توسط عوامل اکسید کننده با غلظت زیاد نظیر کلر آزاد موجب جذب یکنواخت معرف در سراسر غشاء می شود. در ادامه با کالبد شکافی یک ممبران، ضمن بررسی شرایط فیزیکی و شیمیایی آن، آنالیز دقیقی از رسوب موجود مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. سپس باتوجه به آنالیز آب ورودی مجموعه، نوع و شرایط فولینگ، مدت کارکرد و سایر پارامترهای موثر در ممبران، نوع ماده شیمیایی مناسب جهت این فرآیند انتخاب می گردد. پس از این مرحله، جهت انتخاب دوز بهینه ماده شوینده و همچنین مدت زمان تماس، تست های آزمایشگاهی در یک سیستم سیمولاتور (شبیه ساز) انجام می گیرد.

در خاتمه نتایج حاصله از بررسی های انجام شده بصورت دستور العمل عینا در محل مجموعه اجرایی می گردد. یکی از موارد مهم در این فرآیند شرایط کمی و کیفی ممبران پس از اجرا می باشد. خوشبختانه با تست های انجام شده در چند سیستم مختلف مشخص نمود شرایط تولیدی ممبران های احیاء شده تا حد زیادی و در برخی موارد کاملاً مشابه ممبران های نو می باشند.

در این تست ها معمولاً در یک وسل، ممبران های بازیافت شده و در یک وسل دیگر ممبران های نو قرارداد شده سپس پس از یک دوره شرایط پارامترهای تاثیر گذار در ممبران ها از جمله اختلاف فشار، دبی تولیدی و هدایت خروجی در این دو بخش مقایسه شد. نتیجه این آزمایش ها

ارزیابی شرایط ممبران های از کار افتاده و یا در حال استفاده و همچنین با در نظر گرفتن محدودیت های حاصله در نوع و عملکرد ممبران می توان در مجموع شرایط بهینه و عملیاتی مناسب تری را در سیستم ایجاد نمود.

نتایج عملی این فرآیند نشان داده است که شرایط کمی و کیفی ممبران های احیاء شده کاملا مشابه با ممبران های نو می باشند.

براین اساس و به طور خلاصه نتایج حاصل از این روش را می توان به شرح زیر تقسیم بندی نمود:

- ۱- جلوگیری از اتلاف سرمایه های ملی برای واردات ممبران.
- ۲- کاهش هزینه خرید ممبران تا میزان ۷۵ درصد.
- ۳- هزینه بسیار پایین نسبت به خرید و تعویض ممبران
- ۴- بهینه سازی شرایط شستشو ممبران با عیب یابی آن
- ۵- کاهش ورود ممبران های از کار افتاده به عنوان زباله و جلوگیری از آلودگی محیط زیست .
- ۶- اصلاح الگوی مصرف مواد شیمیایی.
- ۷- ایجاد شغل های جدید

مراجع

- [1] WuiSengAng , SangyoupLee , Menachem Elimelech "Chemical and physical aspects of cleaning of organic-fouled reverse osmosis membranes "Journal of Membrane Science, Volume 272, Issues 1-2, 15 March 2006, Pages 198-210"
- [2] M.R. Sohrabia,S.S. Madaenib,M. Khosravia, A.M. Ghaedia "Chemical cleaning of reverse osmosis and nanofiltration membranes fouled by licorice aqueous solutions"Desalination, Volume 267, Issue 1, 1 February 2011, Pages 93-100
- [3] L. Magnus Bergstrom "Explaining the growth behavior of surfactant micelles" Journal of Colloid and Interface Science, Volume 440, 15 February 2015, Pages 109-118
- [4] M.R. Sohrabia, S.S. Madaenib, M. Khosravia, A.M. Ghaedi "Concentration of licorice aqueous solutions using nanofiltration and reverse osmosis membranes "Separation and Purification Technology, Volume 75, Issue 2, 13 October 2010, Pages 121-126
- [5] Asif Matin, Z. Khan, S.M.J. Zaidi, M.C. Boyce "Biofouling in reverse osmosis membranes for seawater desalination: Phenomena and prevention" Desalination, Volume 281, 17 October 2011, Pages 1-16