

بررسی دلایل وقوع و ارائه روش‌های کاربردی مهم جهت جلوگیری از افزایش اختلاف فشار در ممبران‌های واحد اسمز معکوس مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر سیرجان

میلاذ حاج علیزاده^۱، محمد امین محمدی^۲

^۱ کرمان، سیرجان، شرکت نظم‌آوران صنعت و معدن گل گهر سیرجان

^۲ کرمان، سیرجان، شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر

چکیده

بوجود آمدن اختلاف فشار بیش از حد در دو سر فیلترهای ممبران باعث به وجود آمدن مشکلات زیادی در عملکرد این فیلترها از حیث کاهش کیفیت و یا کمیت آب تصفیه شده می‌گردد. افت کیفیت یا کمیت آب تولیدی یک واحد اسمز معکوس می‌تواند منجر به وقوع مشکلات فرایندی و تجهیزاتی عدیده‌ای در هر خط تولید منجمله خط تولید آهن اسفنجی گردد. در نتیجه بررسی رفتار این ممبران‌ها و شناخت عوامل مختلف در بوجود آمدن اختلاف فشار دو طرف آنها تأثیر بسزایی در راهبری مناسب این واحدها دارد. از عمده دلایلی که باعث بوجود آمدن این مشکل می‌شوند، می‌توان به کنار گذر شدن فیلترهای کارتریج، پدیده تلسکوپ شدن، گرفتگی بیولوژیکی و غیره اشاره کرد. در این پژوهش دلایل و شیوه‌های کاربردی جهت جلوگیری از افزایش اختلاف فشار در ممبران‌های واحدهای اسمز معکوس مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر سیرجان مورد بحث و بررسی قرار گرفت. این نتایج برای سایر واحدهای اسمز معکوس نیز قابل بسط است.

کلمات کلیدی: اسمز معکوس، فیلتر ممبران، اختلاف فشار.

^۱ Milad.hajalizadeh67@gmail.com

مقدمه

استفاده از غشا یکی از جدیدترین فناوری‌های نوین در تصفیه و تولید آب می باشد و در صنایع مختلف از جمله صنایع فولادی، پالایشگاه‌ها، مجتمع‌های پتروشیمی و بعضی دیگر از صنایع مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. روش‌های غشایی گوناگونی برای تصفیه و خالص‌سازی آب وجود دارد که هر یک دارای معایب و مزایایی بوده، بر حسب شرایط اقتصادی و نیازهای مصرف‌کننده نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت یافته است. روش اسمز معکوس (RO) یکی از این روش‌هاست که توانایی تولید آب را با خلوص بسیار بالا داراست. این روش حتی برای شیرین‌سازی آب دریا به طور وسیع کاربرد داشته و روز به روز جذابیت بیشتری می‌یابد و به دلیل تهیه آب با کیفیت مناسب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. مهمترین قسمت یک سیستم اسمز معکوس ممبران‌های آن می‌باشد. پارامترهای بسیاری بر عملکرد ممبران‌ها تأثیر دارند، در نتیجه بررسی رفتار این ممبران‌ها و شناخت اثر عوامل مختلف بر عملکرد آنها، تأثیر بسزایی در راهبری مناسب این واحدها خواهد داشت [۱].

یکی از مشکلاتی که همواره واحدهای اسمز معکوس با آن درگیر هستند بوجود آمدن اختلاف فشار در دو طرف ممبران‌های آنها می‌باشد.

اختلاف فشار بالا از سمت خوراک^۱ به سمت محلول غلیظ شده^۲، عملیات سیستم تصفیه را دچار مشکل می‌کند زیرا باعث برهم زدن نمودار مقطعی شدت نفوذ^۳ در سیستم می‌شود؛ درست مانند زمانی که ممبران‌های قسمت جلو در شدت جریان بی‌نهایت زیاد و ممبران‌های قسمت عقب در شدت جریان کم کار کنند. بالا رفتن فشار خوراک سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود. اختلاف فشار بالا سبب وارد آمدن نیروی زیاد در مسیر جریان از طرف خوراک به سمت فیلترهای ممبران می‌گردد که این نیرو به لوله‌های آب تصفیه‌شده وارد و در مورد ممبران‌های هشت اینچی، باعث لغزش ممبران و پوسته فایبرگلاس در ممبران‌های مجاور می‌گردد. تنش بر روی آخرین ممبران در لوله تحت فشار به بیشترین مقدار خود می‌رسد و در واقع ممبران آخر، مجموع نیروهای ایجاد شده توسط افت فشار ممبران‌های قبلی را تحمل می‌کند. حد بالای اختلاف فشار در لوله حاوی چند ممبران، ۳/۵ بار و در یک ممبران فایبرگلاس یک بار است. هرگاه اختلاف فشار حتی برای مدت زمان اندکی از این حد بیشتر شود، ممکن است ممبران‌ها را دچار آسیب تلسکوپی یا مکانیکی نماید و در این صورت اطراف ممبران‌های هشت اینچی در هر محلی از پوسته فایبرگلاس که قرار داشته باشند، دچار شکستگی می‌شود؛ لذا اگر ممبران‌ها در محل انتهایی قرار گرفته باشند، به سمت خارج فشار داده می‌شوند و یا اگر در محل خود محکم شده باشند،

¹ Feed

² Concentrate

³ Flux profile

دچار ترک می شوند و در حالت دیگر اگر در محل ورودی خوراک باشند به سمت کانال‌های محلول غلیظ‌شده فشرده می‌شوند. شکاف اطراف درپوش انتهایی سبب ایجاد جریان کنار گذر آب خوراک شده، این خود باعث بروز جرم گرفتگی و رسوب گرفتگی می‌شود.

افزایش اختلاف فشار در شدت جریان‌های ثابت سبب ایجاد ذرات شن‌مانند و رسوب و جرم داخل کانال‌های جریان ممبران شده (محل عبور خوراک)، معمولاً این موارد با کاهش جریان آب تصفیه‌شده همراه می‌باشد. علت دیگر این است که در مرحله روشن شدن سیستم، فشار به سرعت بالا می‌رود (ضربه آب) که این امر سبب افزایش چشم‌گیر رسوبات مخصوصاً بیوفیلم شده، باعث بالا رفتن اختلاف فشار می‌گردد [۲].

روش تحقیق

اندازه‌گیری اختلاف فشار از سمت خوراک به طرف محلول غلیظ شده معیار مناسبی جهت سنجش مقاومت هیدرولیکی در برابر جریان آب داخل سیستم می‌باشد؛ این امر بستگی زیادی به شدت جریان‌های داخل کانال‌های ممبران‌ها و نیز دمای آب دارد. بدین جهت باید شدت جریان آب تصفیه شده^۱ و محلول غلیظ‌شده که تا حد امکان ثابت نگه داشته شده‌اند، به درستی مورد توجه قرار گیرد و در محل انسداد ممبرانی که در آن افزایش اختلاف فشار رخ داده است، کنترل شوند. دانستن اندازه و محل وقوع افزایش اختلاف فشار ابزار با ارزشی جهت تعیین علل بروز مشکل است، بنابراین کنترل و نظارت بر اختلاف فشار در سراسر هر آرایه به اندازه اختلاف فشار کلی از خوراک به سمت محلول غلیظ شده مفید می‌باشد [۲]. در این پژوهش عملکرد سیستم RO واحد گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل‌گهر به مدت زمان شش ماه به صورت شبانه‌روزی مورد پایش مداوم قرار گرفت.

نتایج و بحث

برخی از عوامل مشترک و روش‌های پیشگیرانه برای جلوگیری از بروز اختلاف فشار که در واحد مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل‌گهر رخ داده است، به شرح زیر است:

۱- افزایش فشار در سر جلویی: موادی که مسبب افزایش فشار در سر جلویی یک سامانه غشایی هستند، اغلب در پیش تصفیه‌ها یا در صورت اشکال در سر جلویی ممبران‌ها قابل رؤیت هستند. در این صورت باید محفظه فیلتر کارتریج باز و به صورت ظاهری بررسی شود. درپوش‌های انتهایی از محفظه‌های سر جلویی باید جدا شوند و انتهای ممبران مشاهده شود؛ ممکن است انجام آنالیز شاخص چگالی لجن روی

^۱ permeate

آب خوراک نیز مؤثر باشد [۳]. این مورد واضحاً در واحد اسمز معکوس مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر رخ داد و دستورالعمل مربوطه برای آن تدوین گردید.

۲- کنارگذر شدن فیلترهای کارتریج: یکی از مهمترین اهداف استفاده از فیلترهای کارتریج در جریان بالادستی سامانه اسمز معکوس، حفاظت ممبران‌ها از ذرات معلق درشت می‌باشد که به طور فیزیکی کانال‌های جریان را مسدود می‌کنند. احتمال اینکه فیلترهای کارتریج در محفظه خود محکم نصب نشده باشند وجود دارد و ضمناً ممکن است بعضاً فیلترها به دلیل اینکه هرگز افزایشی را در اختلاف فشار نشان نمی‌دهند، به مدت چندین ماه در سرویس باشند. معیار مناسبی جهت نمایش کنارگذر شدن فیلترها، این است که اختلاف فشارشان یا به آرامی افزایش می‌یابد یا اصلاً افزایش ندارد، در نتیجه در هر صورت باید فیلترها حداقل هر دو ماه یکبار عوض شوند. همچنین وقتی که اختلاف فشار به میزان یک بار کاهش یابد، ممکن است فیلترهای کارتریج در حال کار خراب شوند که به واسطه شوک هیدرولیکی یا حضور مواد نا سازگار است. نباید از فیلترهای پایه سلولزی در سامانه‌های اسمز معکوس جهت کنترل pH و یا کلر آزاد استفاده کرد زیرا احتمال خرابی این فیلترها وجود دارد و در این صورت منجر به مسدود شدن ممبران‌ها می‌گردد [۴]. این حالت نیز چندین مرتبه در واحد اسمز معکوس مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر رخ داده و با تدوین دستورالعمل مناسب، تا حد مطلوبی مرتفع گردیده است.

۳- تلسکوپی شدن ممبران‌ها: از هم باز شدن طولانی صفحات ممبران‌های حلزونی را پدیده تلسکوپی شدن گویند. ممکن است ممبران‌های تصفیه آب بر اثر عوامل ایجاد شرایط تلسکوپی، دچار آسیب مکانیکی شوند که در این صورت لایه خارجی ممبران از هم گسیخته شده و جریان پایین رونده وارد لایه‌ها می‌شود. الزاماً عوامل ایجاد شرایط تلسکوپی در حد کم باعث آسیب ممبران نمی‌شود اما در بیشتر مواقع سبب باز شدن چسب‌ها و متلاشی شدن ممبران می‌گردد. آسیب تلسکوپی وارده توسط افت فشار زیاد خوراک نسبت به محلول غلیظ شده ایجاد می‌شود. همواره باید اطمینان حاصل نمود که از واشر فشرده برای ممبران‌های هشت اینچی جهت نگهداری از قطر خارجی ممبران استفاده شده باشد. آسیب تلسکوپی به وسیله روش‌های جستجو و آزمایش نشی مشخص می‌گردد. اکثر سازندگان غشا وسایل ضد تلسکوپی شدن را بر روی ممبران‌هایشان نصب می‌کنند تا به جلوگیری از رخ دادن این پدیده کمک کند [۵].

۴- بروز آسیب در آب‌بندی مربوط به آب شور: تخریب آب‌بندی آب شور می‌تواند به طور اتفاقی با افزایش اختلاف فشار افزایش پیدا کند. آب‌بندهای آب شور وسایل پلاستیکی یا لاستیکی‌اند که در قسمت بیرونی، ممبران‌های حلزونی را در برابر دیوار محفظه پر می‌کنند که ممکن است در خلال نصب

یا توسط پدیده سرج هیدرولیکی صدمه دیده و یا وارونه شوند که این اتفاق منجر به عبور مقدار معینی آب خوراک از طریق کنار گذر در اطراف ممبران می گردد و مقدار جریان کمتری با سرعت پایین از ممبران عبور می کند. در این حالت ممبران بیشتر در برابر تشکیل رسوب مستعد می گردد. اگر ممبرانی که در آن رسوب صورت پذیرفته است، در یکی از چندین محفظه موازی به صورت فیزیکی بیشتر مسدود گردد، به دلیل ناکافی بودن سرعت های جریان درون سایر محفظه ها، تمایل بیشتری برای تشکیل رسوب درون آنها نیز به وجود می آید [۶].

۵- گرفتگی بیولوژیکی: منابع آبی از میکروارگانیسم های متفاوتی از جمله باکتری، جلبک، قارچ، ویروس و غیره تشکیل شده است. میکروارگانیسم ها را می توان به عنوان ذرات کلوئیدی در نظر گرفت و با بهره گیری از یک سیستم پیش تصفیه مناسب آنها را حذف کرد؛ با این حال حذف تمامی میکروارگانیسم ها کار بسیار دشواری می باشد و مقدار کمی از آنها از مرحله پیش تصفیه عبور می کند و باعث تخریب، گرفتگی، افزایش میزان اختلاف فشار و کاهش میزان شار عبوری می شوند. پتانسیل میزان آلودگی های بیولوژیکی موجود در آب های سطحی بیشتر از آب چاه می باشد و میزان تجمع باکتری های موجود داخل آب به صورت مستقیم مرتبط با میزان پتانسیل آلودگی بیولوژیکی آن می باشد. رسوب بیولوژیکی نوعاً همراه با افزایش محسوس اختلاف فشار در زیر مسیر اسمز معکوس اتفاق می افتد؛ لایه بیوفیلم ژلاتینی و کاملاً سفت بوده و بنابراین مقاومت بالایی در برابر جریان ایجاد می کند. حائز اهمیت است که در این حالت شسته شو به صورت متناوب انجام گیرد و سامانه ضد عفونی شود. همچنین باید نمونه های باکتری از آب خوراک، محصول و جریان غلیظ شده تهیه و آنالیز شوند [۷]. این مورد بحرانی ترین حالتی است که بدلیل مشکلات کیفیت آب خوراک در بهره ای از زمان، بیشترین نقش را در ایجاد اختلاف فشار و تخریب ممبران های واحد اسمز معکوس مگامدول گوهر شرکت توسعه آهن و فولاد گل گهر ایفا نموده است.

نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام شده بر روی مشکلاتی که باعث افزایش اختلاف فشار در دو سوی ممبران های واحد تصفیه آب می شود، می توان نتیجه گرفت که این مشکلات سبب افت کارایی ممبران ها و یا از مدار خارج شدن واحد اسمز معکوس می گردد و در نتیجه باعث کاهش کمیت یا کیفیت آب تولیدی و یا از سرویس خارج شدن واحد اسمز معکوس می شود و در نهایت کم شدن مقدار آب تصفیه شده جهت تأمین سطح مخازن آب های در گردش، موجب ایجاد تأثیر مستقیم بر روی کیفیت آب شده، سبب وقوع مشکلات شایان فرایندی و تجهیزاتی می گردد. اهم این مشکلات عبارتند از: افزایش فشار در

سر جلویی، کنار گذر شدن فیلترهای کارتریج، تلسکوپی شدن ممبران‌ها، بروز آسیب در آب‌بندی مربوط به آب شور و گرفتگی بیولوژیکی.

تشکر و قدردانی

در انتها وظیفه خود می‌دانیم که از زحمات دلسوزانه و رهنمودهای فکورانه مدیران محترم عامل شرکت‌های توسعه آهن و فولاد گل‌گهر، آقای مهندس محیاپور، و شرکت نظم‌آوران صنعت و معدن گل‌گهر سیرجان، آقای مهندس کیانی، نهایت امتنان را بجای آوریم.

مراجع

- [۱] دومیرانی. م، ایکانی. م. ح.، "تأثیرات دما بر عملکرد صنعتی اسمز معکوس با استفاده از نرم‌افزار ROSA"، کنگره علوم مهندسی آب و فاضلاب ایران، ۱۳۹۵.
- [۲] شرکت فیلمتک، مترجم: شرکت عمران سازان مهاب، "روش‌های نوین تصفیه آب، جلد اول"، ۱۳۸۹، انتشارات شولا.
- [۳] بایرن. و، مترجم: محمد رضا نفری، "اسمز معکوس: راهنمای عملی برای کاربردهای صنعتی"، ۱۳۸۸، انتشارات انجمن خوردگی ایران.
- [۴] شرکت CSM، مترجم: شرکت عمران سازان مهاب، "روش‌های نوین تصفیه آب، جلد دوم"، ۱۳۹۰، انتشارات شولا.
- [5] Customer Satisfaction Membranes (CSM), "technical manual reverse osmosis membrane", 2006, Saehan industries Inc.
- [6] DUPONT, "FilmTec reverse osmosis membranes technical manual", 2021, Water solutions.
- [7] D. Paul, A. M. Abanmy, "Reverse osmosis membrane fouling- the final frontier", Ultra pure water, 1990, vol 7 No. 3, pp. 25-36.