

۱۷ سؤالات متداول (Frequently Asked Questions)

در این فصل به برخی از سؤالات متداول در مورد RO به صورت کلی، و همچنین سؤالات مربوط به بهره‌برداری و تجهیزات پاسخ داده می‌شود.

۱۷-۱ سؤالات عمومی (General)

۱۷-۱-۱ به چه منظور از سیستم اسمز معکوس استفاده می‌شود؟

(What Is Reverse Osmosis Used For?)

سیستم RO طراحی شده است تا یونها را از محلول جدا کند. بر حسب ماهیت یون و نوع ممبرین استفاده شده، بیشتر یونها در حدود 96% تا 99% دفع می‌شوند. (بخش ۲-۴ را ببینید).

اگرچه ممبرین‌های RO نیز مانند یک مانع برای جامدات معلق عمل می‌کنند، اما توصیه نمی‌شود که از آنها برای این منظور استفاده گردد. ممبرین‌ها توسط جامدات معلق دچار لای‌گرفتگی می‌شوند، در نتیجه باعث می‌شوند که فشار عملیاتی و تعداد عملیات شستشو زیادتر شده و طول عمر ممبرین‌ها کمتر گردد. برای جلوگیری از لای‌گرفتگی، انجام پیش‌تصفیه ضروری است تا جامدات معلق از آب خوراک RO حذف شوند (بخش ۸ را ببینید).

متداول‌ترین کاربرد RO، نمک‌زدایی از آب دریا و آب لب‌شور برای استفاده آشامیدنی و صنعتی می‌باشد. به هر حال، چون تقاضا برای شیرین کردن آب رو به رشد است، از سیستم RO برای رسیدگی به فاضلاب و استفاده مجدد از آن، به مقدار زیاد استفاده می‌شود. این موارد به پیش‌تصفیه‌های گسترده‌ای نیاز دارند، که برخی اوقات در آنها از دیگر فن‌آوری‌های غشائی هم‌چون میکروفیلتراسیون یا اولترافیلتراسیون، برای حداقل کردن لای‌گرفتگی ممبرین‌های RO استفاده می‌شود (بخش ۱۶ را ببینید).

۱۷-۱-۲ تفاوت بین نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس در چیست؟

(What is the Difference Between Nanofiltration and Reverse Osmosis?)

نانوفیلتراسیون (NF) و اسمز معکوس ارتباط نزدیکی با هم دارند زیرا هر دو از ساختار غشائی کامپوزیتی یکسان استفاده می‌کنند و معمولاً برای حذف یونها از محلول مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، ممبرین‌های NF برای حذف کردن یونها، از عامل اندازه و بار الکتریکی آنها استفاده می‌کنند، در حالی‌که ممبرین‌های RO برای انجام جداسازی فقط از انتقال به‌شیوه‌ی "پخش-محلول (solution-diffusion)" بهره می‌گیرند (به ترتیب بخش‌های ۲-۱۶ و ۱-۴ را ببینید). اندازه منافذ در ممبرین‌های نانوفیلتراسیون تقریباً بین 0.001 تا 0.01 میکرون است، و به همین دلیل، مقدار دفع یونها از محلول توسط ممبرین NF به‌خوبی ممبرین RO نیست (شکل ۱-۱ را ببینید). از آنجا که NF مشابه RO است، اما با مقدار دفع پایین‌تر، گاهی اوقات به "NF"، "RO سست (loose RO)" و یا "RO نشت کننده (leaky RO)" نیز می‌گویند. معمولاً از نانوفیلتراسیون برای "نرم کردن" آب آشامیدنی و یا حذف رنگ و مواد آلی از آب خوراک RO استفاده می‌شود.

۱۷-۱-۳ عادی سازی اطلاعات چیست؟

(What is Data Normalization?)

عادی سازی اطلاعات یک روش استفاده شده برای درک عملکرد ممبرین ها در یک سیستم RO می باشد (بخش های ۲-۱۱ و ۱۲ را ببینید). عملکرد، یعنی شدت نفوذ آب تصفیه شده، مقدار دفع نمک، و افت فشار، همگی توابعی از شرایط عملیاتی مانند دما و فشار هستند، و نیز توابعی از درجه لای گرفتگی، رسوب گرفتگی، و تخریب می باشند. از آنجا که این شرایط همواره در حال تغییر هستند، مقایسه داده های واقعی دشوار است، چون هیچ شرایط مشترک و مرجعی وجود ندارد. عادی سازی اطلاعات این تغییرات را از شرایط عملیاتی بیرون می کشد (دما، فشار، و غلظت)، به طوری که فقط تغییرات در عملکرد نرمال به علت لای گرفتگی، رسوب گرفتگی، و تخریب باقی بمانند. عادی سازی یک نقطه مرجع مشترک فراهم می کند، که همان شرایط در هنگام راه اندازی بوده، و تمام داده ها نسبت به آن سنجیده می شوند. از این رو، عادی سازی اطلاعات برای کاربر این امکان را فراهم می کند که وضعیت ممبرین ها را از نظر لای گرفتگی، رسوب گرفتگی، و یا تخریب تعیین نماید.

۱۷-۱-۴ چگونه SDI و کدورت با هم ارتباط پیدا می کنند؟

(How do SDI and Turbidity Correlate?)

شاخص تراکم لجن (SDI) و کدورت فقط ارتباط اندکی با یکدیگر دارند. به طور کلی، هر چه کدورت آب خوراک زیادتر باشد، مقدار SDI نیز زیادتر است. با این حال، این قضیه همیشه صادق نیست. کدورت پایین، کمتر از 1 NTU، هنوز هم می تواند منطبق با SDI بالا (بیشتر از 5) باشد. این امر زمانی باید مهم در نظر گرفته شود که آب آشامیدنی به عنوان منبع خوراک مورد استفاده قرار می گیرد، مخصوصاً اگر منبع نهایی، آب سطحی باشد. کدورت آب شهری معمولاً کمتر از 1 NTU است، اما در اغلب مواقع SDI آن بیشتر از 5 می باشد. از این رو، نصب فیلترهایی با بسترهای چندگانه به عنوان پیش تصفیه سیستم RO برای منابع آب شهری غیرمعمول نیست.

۱۷-۱-۵ چرا مقدار pH از خوراک RO به آب تصفیه شده از RO افت می کند؟

(Why Does the pH Drop from the RO Feed to the RO Permeate?)

این پدیده تابعی از حضور دی اکسید کربن در آب خوراک RO است. از آنجا که دی اکسید کربن یک گاز است، توسط ممبرین RO دفع نمی شود. از این رو، اگر آب خوراک دارای دی اکسید کربن باشد، آب تصفیه شده نیز حاوی آن خواهد بود. با این حال، کربنات و بی کربنات که در تعادل با دی اکسید کربن موجود در آب خوراک هستند توسط ممبرین دفع می شوند. چون کربنات و بی کربنات به وسیله ممبرین دفع می شوند، یک تعادل جدید در آب تصفیه شده RO اتفاق می افتد که با کاهش pH همراه است (بخش ۸-۹ و معادله ۱-۹ را ببینید).

۱۷-۲ عملیاتی (Operational)

۱۷-۲-۱ چه وقت زمان تمیز کردن ممبرین RO است؟

(When is it Time to Clean an RO Membrane?)

به طور کلی، تمیز کردن ممبرین RO مبتنی بر شدت جریان آب تصفیه شده یا افت فشار عادی شده می باشد (بخش ۱-۲-۱۳ را ببینید). هنگامی که شدت جریان عادی آب تصفیه شده بین 10 تا 15 درصد افت کند و یا افت فشار نسبت به زمان راه اندازی بین 10 تا 15 درصد افزایش پیدا کند، زمان تمیز کردن فرا رسیده است. تأخیر بیش از حد در تمیز کردن ممبرین قطعاً منجر به دائمی شدن لای گرفتگی می شود. در اغلب موارد شستشوی زیاد (پیش از موقع) هم موجب کوتاه تر شدن عمر ممبرین می گردد چون ممبرین در شرایط شستشو و در اثر مواد شیمیایی خراب می شود. بنابراین، تمیز کردن مبتنی بر یک برنامه زمانی، و نه مبتنی بر میزان عملکرد، توصیه نمی شود، چون به ناچار، ممبرین ها بیشتر یا کمتر از حد لزوم شسته خواهند شد.

۱۷-۲-۲ تمیز کردن یک سیستم RO چه مدت طول می کشد؟

(How Long does it Take to Clean an RO System?)

معمولاً یک مسیر اسمز معکوس (RO skid) دو مرحله ای برای تمیز شدن، برحسب زمان لازم برای گرم کردن محلول های شیمیایی تمیزکننده، به 8 تا 12 ساعت زمان احتیاج دارد. اگر زمانی هم برای غوطه ور کردن لازم باشد، این مدت که دربرگیرنده ی غوطه وری های دوره ای نیز هست، می تواند به 24 ساعت هم برسد (بخش ۲-۲-۱۳ را ببینید). هر مرحله ی واقع در یک مسیر باید به طور مستقل از دیگر مراحل شسته شود، آنچنان که یک مرحله با گل و لای حاصل از مراحل دیگر آلوده نگردد، و به همین دلیل ممکن است انجام این کار برای کل سیستم یک روز به طول انجامد.

۱۷-۲-۳ برای تمیز کردن ممبرین محلول شستشو با چه درجه حرارتی باید مورد استفاده قرار گیرد؟

(What Temperature Cleaning Solution Should Be Used to Clean Membranes?)

ممبرین ها باید در دمای زیاد و در حداکثر pH، مطابق با توصیه ی سازندگان، تمیز شوند (بخش ۲-۲-۱۳ را ببینید). مطالعات نشان داده اند که تمیز کردن در این شرایط، نسبت به دمای محیط و pH خنثی، رسوبات و گل و لای بیشتری را از بین می برد (بخش های ۱-۳-۲-۱ و ۳-۲-۳-۲ و ۳-۲-۳-۳ را ببینید). با این حال، تمیز کردن در خارج از محدوده های توصیه شده برای دما و pH، منجر به تخریب ممبرین و ساقط شدن ضمانت نامه از درجه اعتبار می شود، و نباید بدون کسب مجوز قبلی از سازنده به انجام این کار اقدام نمود.

۱۷-۲-۴ آیا می توان با طولانی کردن زمان غوطه وری، انجام شستشو در دمای پایین را جبران نمود، مثلاً وقتی که گرمکن خاموش است؟

(Can Extended Soak Time Compensate for Cleaning at Lower Temperature, for Example, When the Heater is Not Working?)

شستشو در دماهای پایین توصیه نمی‌شود. محلول‌های تمیزکننده معمولاً در دماهای محیط مؤثر عمل نمی‌کنند و برخی ترکیبات موجود در محلول ممکن است در این دماها رسوب کنند. از این رو، غوطه‌ور کردن به مدت طولانی‌تر، شستشو در دماهای پایین‌تر را جبران نمی‌کند. در واقع، در طول دوره‌های طولانی مدت غوطه‌وری در دماهای بالاتر، برای حفظ درجه حرارت، استفاده از یک جریان چرخشی آهسته توصیه می‌شود.

۱۷-۲-۵ عملیات شستشو در اولین مرتبه باید با pH کم انجام شود یا زیاد؟

(Should the Low or High pH Cleaning Be Conducted First?)

به شدت توصیه می‌شود که شستشو برای اولین مرتبه، در pH بالا انجام شود. پاک‌کننده‌های اسیدی معمولاً با سیلیس، مواد آلی، و بیوفیلم موجود بر روی ممبرین‌ها واکنش نشان می‌دهند، و این امر مشکلات ناشی از لای‌گرفتگی و رسوب‌گرفتگی را بدتر می‌کند. فقط زمانی که کربنات کلسیم یا اکسیدهای آهن بر روی ممبرین وجود دارند، می‌توان از شستشوی اسید استفاده نمود.

۱۷-۲-۶ اگر عملیات شستشو مقدار عملکرد را به مقدار مینا برنگرداند، چه باید کرد؟

(What Should Be Done if Cleaning Does Not Return Performance to Baseline?)

اگر مقدار عملکرد به درصدی از مقدار مینا برگردد، قابل قبول است. با این حال، اگر عملکرد بیش از 2 تا 3 درصد کمتر از مقدار مینا شود، انجام شستشوی اضافی توصیه می‌گردد. برای برطرف کردن گل و لای و رسوبات خاص با استفاده از محلول‌های تمیزکننده، به جدول ۳-۱۳ مراجعه کنید. اگر این محلول‌های اضافی تمیزکننده نتوانند مقدار عملکرد را برگردانند، در این صورت شستشوی خارج از محل توصیه می‌شود (بخش ۳-۱۵ را ببینید). عرضه‌کنندگان خدمات شستشوی خارج از محل به چندین محلول تمیزکننده دسترسی دارند و می‌توانند اقدامات مختلفی انجام دهند تا عامل مؤثر را پیدا کنند. اگر شستشوی خارج از محل مؤثر واقع نشد، مشکل لای‌گرفتگی یا رسوب‌گرفتگی احتمالاً برگشت‌ناپذیر است. اصلاح سیستم پیش‌تصفیه به‌علاوه‌ی تمیز کردن در زمانی که با عادی‌سازی اطلاعات تعیین شده است، قابلیت لای‌گرفتگی و رسوب‌گرفتگی غیرقابل برگشت در آینده را کاهش می‌دهد.

۱۷-۲-۷ اگر پمپ شستشو در محل، نتواند نرخ شدت جریان لازم را فراهم کند، آیا می‌توان برای جبران، پمپ را با فشار بالاتر مورد استفاده قرار داد؟

(If the Clean-in-Place Pump cannot Provide the Required Flow Rate, Can the Pump be Run at Higher Pressure to Compensate?)

پمپ CIP باید برای هر لوله تحت فشار تمیز، 45 gpm را در کمتر از 50 تا 60 psi فراهم نماید (بخش ۲-۴-۱۳ را ببینید). اگر پمپ نتواند این مقدار از نرخ شدت جریان را ایجاد کند، بهره‌برداری در فشار بالاتر کمک نخواهد کرد؛ و وضعیت لای‌گرفتگی و رسوب‌گرفتگی بدتر می‌شود. زیرا فشار

بالتر ذرات و محلول شستشو را به طور برگشت‌ناپذیری با فشار به‌داخل ممبرین می‌فرستد. عملیات شستشو باید در فشارهای کمتر از 60 psig انجام شود. یک شاخص خوب برای فشار این است که در هنگام شستشو مقدار آب تصفیه شده کم و یا هیچ باشد.

۸-۲-۱۷ با آب تصفیه شده‌ای که در هنگام شستشوی ممبرین‌ها تولید می‌شود چه باید کرد؟

(What Should Be Done With Permeate That is Generated During Membrane Cleaning?)

ممبرین‌های RO باید در فشارهای پایین تمیز شوند به طوری که از تولید آب تصفیه شده در هنگام فرآیند شستشو جلوگیری شود. اگر آب تصفیه شده تولید شد، این خطر وجود دارد که فشار بالا، محلول تمیزکننده و گل و لای و یا رسوبات را به طور برگشت‌ناپذیری به‌داخل ممبرین بفرستد (سؤال ۷-۲-۱۷ را ببینید). چنانچه آب تصفیه شده تولید شد، فشار را کم کنید و آب تصفیه شده را به‌داخل مخزن CIP بفرستید.

۹-۲-۱۷ چرا پس از شستشوی ممبرین، هدایت الکتریکی آب تصفیه شده زیاد است؟

(Why is the Permeate Conductivity High after Cleaning the Membranes?)

هدایت الکتریکی آب تصفیه شده معمولاً پس از شستشوی ممبرین‌ها در pH بالا، بیشتر از مقدار اسمی است. pH بالا در حین انجام شستشوی پلیمر "نرم" ممبرین، موجب می‌شود که نفوذپذیری جامدات حل‌شده بیشتر گردد. این امر یک وضعیت موقت است؛ هدایت الکتریکی باید در عرض چند ساعت تا چند روز، به مقدار اسمی برگردد. عکس این مطلب برای شستشو با pH پایین صادق است؛ هدایت الکتریکی آب تصفیه شده پس از شستشو با pH پایین، کمتر مقدار اسمی می‌شود.

۱۰-۲-۱۷ چرا کلر هم افزوده می‌شود و هم قبل از RO حذف می‌گردد؟

(Why is Chlorine Both Added and then Removed Prior to the RO?)

استفاده از کلر (یا دیگر مواد ضدعفونی کننده) لازم است تا قابلیت لای‌گرفتگی ممبرین‌ها با میکروب‌ها به حداقل برسد (بخش‌های ۱-۲-۸ و ۲-۲-۸ را ببینید). هنگامی که ممبرین‌ها توسط میکروب‌ها دچار لای‌گرفتگی می‌شوند، برطرف کردن آنها بسیار دشوار می‌شود. مطلوب است که مقدار کلر آزاد باقی‌مانده در سیستم پیش‌تصفیه در حدود 0.5 تا 1.0 ppm باشد. آب ورودی به RO، باید قبل از ممبرین‌ها کلرزدایی گردد چون ممبرین‌ها نسبت به مواد اکسیدکننده حساس هستند و دچار زوال می‌شوند (بخش‌های ۴-۱-۸ و ۴-۲-۸ را ببینید). استفاده از سدیم

بی‌سولفیت برای کلرزدایی روش ارجحی است، به‌جز در مواردی که غلظت مواد آلی در آب خوراک زیاد باشد، که در این صورت، استفاده از فیلتر کربن با نرخ شدت جریان 2 gpm/ft^3 توصیه می‌شود. فعالیت سدیم متابی‌سولفیت معمولاً در حدود 33% است، و مقدار تزریق استوکیومتری سدیم متابی‌سولفیت در حدود 1.8 ppm برای هر 1 ppm کلر آزاد می‌باشد. بنابراین، مقدار تزریق استوکیومتری سدیم متابی‌سولفیت با فعالیت 33%، 5.4 ppm می‌شود. برای ایمنی، از ضریب 1.5 استفاده می‌شود تا مقدار تزریق سدیم متابی‌سولفیت، جهت اطمینان از حذف کامل کلر آزاد، افزایش یابد.

۱۱-۲-۱۷ از چه مواد شیمیایی می‌توان به‌طور مستقیم برای ضدعفونی کردن ممبرین‌های RO استفاده نمود؟

(What Chemicals Can be Used to Disinfect RO Membranes Directly?)

برای انجام تصفیه مستقیم به‌وسیله زیست‌کش‌ها (biocide) در ممبرین‌ها، DBNPA یک زیست‌کش خوب و غیر اکسیدکننده می‌باشد (بخش ۲-۵-۲-۸ را ببینید). برای ممبرین‌های تمیز، مقدار تزریق حدودی 100 ppm به مدت 30 دقیقه، 2 تا 3 بار در هفته توصیه می‌شود. برای لای‌گرفتگی‌های سنگین‌تر، 100 ppm به مدت 60 دقیقه، 2 تا 3 بار در هفته باید تزریق گردد. در روش دیگر، می‌توان به‌طور مداوم DBNPA را در حدود 2 تا 3 ppm وارد نمود. توجه داشته باشید که وقتی لای‌گرفتگی ناشی از مواد زیستی از کنترل خارج می‌شود، کار کردن با DBNPA نیز بسیار دشوار می‌گردد، چون این ماده غیراکسیدکننده است و نمی‌تواند در بیوفیلم نفوذ کند. بهتر است که از DBNPA به‌عنوان یک تصفیه پیش‌گیرانه استفاده شود.

Isothiazolone می‌تواند به‌عنوان یک تمیزکننده مورد استفاده قرار گیرد، اما نه برای تصفیه ضربتی، چون این ماده نسبت به DBNPA به زمان تماس طولانی‌تری نیاز دارد (بخش ۳-۵-۲-۸ را ببینید). هنگام تمیزکردن با Isothiazolone، باید اجازه داده شود که زمان تماس با ممبرین حداقل 4 ساعت باشد.

۱۲-۲-۱۷ چرا در فشار مکش پایین، سیستم RO از کار می‌افتد؟

(Why does the RO Trip Off on Low Suction Pressure?)

فشار مکش پایین معمولاً نتیجه‌ی کافی نبودن آب برای پمپ تغذیه RO است، زیرا در جریان بالادستی برای آب تقاضا وجود دارد، و آب به سیستم RO نمی‌رسد. موارد تقاضا شده در جریان بالادستی شامل آب برای شستشوی معکوس فیلتر و آب منحرف‌شده برای کاربردهای دیگر در کارخانه می‌باشد. نرسیدن آب به سیستم RO به‌دلیل تجهیزات شستشوی معکوس قرار گرفته در جریان بالادستی، ناشی از نقص طراحی سیستم است. انحراف آب خوراک معمولاً در هنگام نصب و یا حتی پس از آن رخ می‌دهد، چون نیاز به آب جبرانی شیرین برای کاربردهای دیگر در کارخانه، رو به رشد می‌باشد. این مسائل باید در طول مرحله طراحی و/یا قبل از نصب و راه‌اندازی سیستم RO در نظر گرفته شوند.

۱۳-۲-۱۷ آیا باید آب خوراک RO گرم شود؟

(Should RO Feed Water be Heated?)

مزیت‌ها و نگرانی‌هایی در رابطه با گرم کردن آب خوراک RO وجود دارد. گرم کردن آب، به خصوص در فصل زمستان، هنگامی که آب‌های سطحی نسبت به ماه‌های تابستان سردتر می‌شوند، انرژی لازم جهت تحت فشار قرار دادن آب را کم می‌کند (بخش ۲-۹ را ببینید). از سوی دیگر، حرارت دادن آب موجب تقویت رشد میکروبی و شاید لای‌گرفتگی میکروبیولوژیکی در ممبرین‌های RO می‌شود. قبل از این که گرم کردن آب در نظر گرفته شود، این دو وضعیت باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. برای مواردی که اختلاف دما بین تابستان و زمستان مقدار قابل ملاحظه‌ای است، استفاده از یک محرک با فرکانس متغیر یا VFD توصیه می‌شود (بخش ۲-۶ و ۲-۹ را ببینید).

۱۴-۲-۱۷ حد بازیابی با سیستم RO چه مقدار است؟

(What Limits Recovery by an RO?)

بازیابی آب خوراک همچون آب تولید شده تابعی از عوامل مختلف است. این عوامل شامل غلظت مواد تشکیل‌دهنده رسوب در آب خوراک و طراحی آرایه RO می‌باشد (بخش ۷-۳ و ۱-۵ را ببینید).

- غلظت اشباع موادی که در تشکیل رسوب نقش دارند، مقدار بازیابی این مواد را محدود می‌کند. طرح‌ریزی با استفاده از مقدار تولید یون، حلالیت محصولات، و LSI، قبل از تکمیل طراحی سیستم RO جهت تعیین احتمال رسوب‌گرفتگی، باید آماده شود (بخش ۷-۳ را ببینید). مواد ضد رسوب می‌توانند برای به تأخیر انداختن و یا حتی از بین بردن رسوب مورد استفاده قرار گیرند، آن‌چنان که بالاترین مقدار بازیابی‌ها نیز قابل حصول می‌شوند (بخش ۳-۲-۸ را ببینید).

- طراحی سیستم در تعیین بازیابی مناسب توسط یک سیستم RO مؤثر می‌باشد. در هنگام در نظر گرفتن مقدار بازیابی مناسب توسط سیستم RO، نرخ شدت جریانها در لوله تحت فشار، مقدار بازیابی در مدول، و مقادیر BETA همگی باید منظور شوند (بخش‌های ۴-۹، ۵-۹ و ۶-۹ را ببینید). مقدار بازیابی بالاتر سیستم RO، نرخ شدت جریانهای محلول غلیظ نزدیک و مقدار بازیابی مدول‌های مجزا به حدود توصیه شده توسط تولیدکنندگان ممبرین می‌رسند.

۱۵-۲-۱۷ سیستم RO را چگونه راه‌اندازی کنم؟

(How do I Start Up an RO?)

راه‌اندازی یک سیستم RO، به خصوص هنگامی که ممبرین‌های جدید نصب شده‌اند، نیاز به دقت دارد تا از شکسته شدن مدول‌های غشائی در اثر ضربه‌ی آب جلوگیری شود (بخش ۲-۶ را ببینید). ابتدا قبل از انجام هر اقدامی، باید روش‌های راه‌اندازی ارائه‌شده توسط فروشنده‌ی تجهیزات را به‌طور کامل بخوانید و بفهمید. سپس، برای جلوگیری از آسیب ناشی از ضربه آب به ممبرین‌ها، در شروع راه‌اندازی باید شیرهای مربوط به جریان غلیظ و آب تصفیه شده به‌طور کامل باز شوند. هرگز سیستم RO را با وجود بسته بودن شیر جریان غلیظ روشن نکنید، و بعد آن را باز نگذارید تا مقدار بازیابی به مقدار مطلوب برسد. پمپ تغذیه RO باید به آرامی روشن شود،

به طوری که سرعت افزایش فشار بیشتر از 10 psi در هر ثانیه نشود. اگر از محرک الکتریکی با فرکانس متغیر استفاده می‌شود، می‌توان آنرا به گونه‌ای تنظیم کرد که به آرامی روشن گردد. اگر VFD نصب نشده است، و از پمپ گریز از مرکز استفاده می‌شود، شیر مربوط به جریان غلیظ باید شروع به باز شدن کند و سپس به آرامی بسته شود تا مقدار بازیابی و فشار خوراک به حد مطلوب برسند، مطمئن شوید که سرعت افزایش فشار در حد قابل قبولی است. استفاده از پمپ‌های قدیمی با جابه‌جایی مثبت نیاز به تعدیل‌کننده ارتعاشات و یک روشن شدن نرم دارند، که برای این امر از شیرهای جریان غلیظ و جریان برگشتی پمپ (که هر دو در حال باز شدن کامل هستند) استفاده می‌شود تا مقدار بازیابی و فشار خوراک تنظیم گردد.

برای جلوگیری از وارد آمدن آسیب به ممبرین‌ها، shimها باید به طور صحیح قرار بگیرند و حلقه محوری نیز به درستی نصب شود (بخش ۳-۳-۴ و سؤال ۴-۳-۴ را ببینید). shimها و حلقه محوری، حرکت مدول‌ها را در حین روشن و خاموش کردن سیستم RO، به حداقل می‌رسانند و یا از آن جلوگیری می‌کنند.

۱۶-۲-۱۷ آیا ممبرین‌های RO وقتی که در وضعیت برون خطی هستند نیاز به محافظت دارند؟

(Do RO Membranes Need to be Preserved When Taken Off Line?)

در ابتدا، هنگامی که ممبرین‌ها در وضعیت برون خطی (off line) قرار می‌گیرند، باید یا با آب تصفیه شده و یا با آب خوراک کم فشار تحت شستشوی سریع قرار گیرند (بخش ۱-۱-۱۳ را ببینید). این کار باعث می‌شود که غلظت یون‌ها و جامدات معلق در سمت مربوط به خوراک در ممبرین کاهش یابد، در نتیجه قابلیت لای‌گرفتگی و رسوب‌گرفتگی ممبرین در حالتی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، به حداقل می‌رسد. مرحله (مراحل) بعدی به طول مدتی که ممبرین‌ها خارج از خط هستند، بستگی پیدا می‌کند.

- بدون استفاده ماندن کوتاه مدت: بدون استفاده ماندن کوتاه مدت شامل ممبرین‌هایی می‌شود که بیش از 48 ساعت در حالت برون خطی قرار داشته باشند. عملیات شستشوی سریع به صورت خودکار باید در هر 24 ساعت حداقل یکبار انجام گردد. برای محافظت از ممبرین‌ها انجام هیچ اقدام دیگری ضروری نمی‌باشد.

- ذخیره‌سازی کوتاه مدت: ذخیره‌سازی کوتاه مدت شامل ممبرین‌هایی می‌شود که بیشتر از 48 ساعت، اما کمتر از 2 هفته، در وضعیت برون خطی قرار داشته باشند (بخش ۱-۱-۱۳ را ببینید).

○ ممبرین‌ها باید همان‌طور که در بالا شرح داده شد، تحت شستشوی سریع قرار بگیرند. در هنگام انجام شستشوی سریع، همه‌ی هوا باید از سیستم تخلیه گردد. این کار را می‌توان با سرریز کردن محلول شستشو دهنده از بالاترین نقطه لوله تحت فشار انجام داد.

○ وقتی که لوله‌ها پر شدند، تمام شیرها باید بسته شوند تا از وارد شدن هوا به ممبرین‌ها جلوگیری گردد.

این مراحل باید هر ۵ روز یکبار تکرار شوند.

- ذخیره‌سازی طولانی مدت: ذخیره‌سازی طولانی مدت شامل ممبرین‌هایی می‌شود که بیش از دو هفته در حالت برون خطی قرار داشته باشند (بخش ۲-۳-۱۳ را ببینید). قبل از ذخیره‌سازی لازم است که ممبرین‌ها تمیز شوند. از روش‌های استاندارد تمیز کردن باید استفاده نمود (بخش ۲-۱۳ را ببینید). پس از تمیز کردن، مراحل حفاظتی زیر باید انجام شوند:

- محلول 1 تا 1.5 درصدی سدیم متابی‌سولفیت را در میان ممبرین‌ها بچرخانید، به طوری که لوله‌های تحت فشار کاملاً پر شده باشند. برای کسب اطمینان جهت پر شدن کامل لوله‌های تحت فشار، به محلول اجازه دهید که از دهانه‌ای واقع در بالاترین قسمت لوله تحت فشار پر شده، سرریز کند.
- وقتی که لوله تحت فشار با محلول بی‌سولفیت پر شد، تمام شیرها باید بسته شوند تا اکسیژن موجود در هوای محیط، سدیم متابی‌سولفیت را اکسید نکند.
- pH محلول محافظ باید هفته‌ای یکبار مورد بررسی قرار گیرد. وقتی که pH این محلول به 3 یا کمتر از آن رسید، باید عوض شود.
- محلول محافظ باید حداقل یکبار در ماه، در طی فصل سرد بدون در نظر گرفتن تغییرات pH، عوض شود (در دمای کمتر از 80°F). در هوای گرم‌تر، محلول باید هر دو هفته یکبار عوض شود.

در حین ذخیره‌سازی دراز مدت، اقدامات احتیاطی زیر باید انجام گردد:

- به ممبرین‌ها نباید اجازه داد که خشک شوند. شدت نفوذ در ممبرین‌های خشک به صورت برگشت ناپذیری از بین می‌رود.
- از دماهای افراطی باید اجتناب شود. سیستم باید عاری سرمازدگی نگهداری شود (معمولاً بیشتر از 5°C) و نباید اجازه داده شود که دما بیشتر از 45°C گردد (برای حدود درجه حرارت در مورد ممبرین‌های خاص با سازنده ممبرین مشورت نمایید). دماهای سردتر ترجیح داده می‌شوند، چون در دماهای پایین‌تر، رشد میکروبی به حداقل می‌رسد.

۱۷-۲-۱۷ آیا برای غشاهای اسمز معکوس عمر مفیدی وجود دارد ؟

(Is there a Shelf Life for Reverse Osmosis Membranes?)

عمر مفید بستگی به شرایط ممبرین در وضعیت ذخیره‌سازی دارد. عمر مفید ممبرین‌های نو که در کیسه‌های باز نشده و اصلی خود ذخیره می‌شوند، در حدود یک سال است. ضمانت ممبرین‌ها معمولاً از زمان راه‌اندازی سیستم و یا یک سال پس از حمل، هر کدام که زودتر آغاز شد، شروع می‌شود. ممبرین‌هایی که قبل از حمل از کارخانه تحت آزمایش مرطوب قرار گرفته‌اند، باید هر سه ماه یکبار از نظر رشد بیولوژیکی و pH بررسی شوند. اگر فعالیت بیولوژیکی یافت شد (اگر محلول محافظ شفاف نبود)، پس از شش ماه ذخیره‌سازی، یا در صورتی که pH محلول محافظ به زیر 3 رسید، مدول باید در محلول محافظ تازه‌ای نگهداری شود، به صورتی که در متن زیر شرح داده می‌شود. ممبرین‌هایی که تحت آزمایش مرطوب قرار نگرفته‌اند

(ممبرین‌های "خشک") نیز باید به‌طور مرتب از نظر رشد بیولوژیکی بررسی شوند. اگر رشد بیولوژیکی پیدا شد، باید آنها را در یک محلول محافظ، به شرح زیر غوطه‌ور نمود.

ممبرین‌هایی که مورد استفاده قرار گرفته‌اند را می‌توان از مسیر RO خارج کرده و ذخیره نمود. آنها باید قبل از ذخیره شدن تمیز گردند. وقتی که آنها از لوله تحت فشار خارج شدند، هر مدول غشائی باید در داخل یک محلول 1% غیر کبالتی از سدیم متابی‌سولفیت فعال، مخلوط با آب بدون یون، مانند آب تصفیه شده توسط سیستم RO، غوطه‌ور گردد. برای ضدعفونی و حفاظت بیشتر، Toray توصیه می‌کند که برای ممبرین‌هایی که بیش از ۷۲ ساعت مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، عملیات غوطه‌وری با محلول 0.2 تا 0.3 درصد از فرمالدئید انجام شود. (توجه داشته باشید که ذخیره‌سازی در فرمالدئید ممکن است موجب افت دائمی شدت نفوذ شود. فرمالدئید برای انسان یک ماده سمی محسوب می‌شود و بنابراین برای کاربردهای مرتبط با مواد غذایی توصیه نمی‌گردد. قبل از استفاده از مواد نگهدارنده غیر از سدیم متابی‌سولفیت با سازنده ممبرین تماس بگیرید.) مدول‌ها باید در وضعیت عمودی به مدت یک ساعت غوطه‌ور باقی بمانند. پس از غوطه‌ور شدن، اجازه دهید که محلول محافظ از مدول خارج گردیده و سپس آنها را در یک کیسه پلاستیکی که مانع از رسیدن اکسیژن به آن می‌شود، نگهداری نمایید. لازم نیست که کیسه با محلول محافظ پر شود، چون رطوبت در مدول به اندازه کافی وجود دارد. مدول‌ها می‌توانند با استفاده از این روش تا شش ماه ذخیره شوند. ممبرین‌های ذخیره شده باید هر سه ماه یک‌بار از نظر رشد بیولوژیکی و pH بررسی گردند. اگر فعالیت بیولوژیکی یافت شد، پس از شش ماه ذخیره‌سازی، یا در صورتی که pH محلول محافظ به زیر 3 رسید، مدول‌ها باید در محلول محافظ تازه غوطه‌ور شوند و در یک کیسه پلاستیکی که مانع از رسیدن اکسیژن به آن می‌شود، قرار گیرند. هنگامی که زمان بازگشت ممبرین به سرویس می‌شود، باید آنها را با استفاده از یک محلول با pH بالا شستشو داد.

مدول‌های غشایی همواره باید در جای خنک و تاریک، دور از نور مستقیم خورشید نگهداری شوند و از یخ‌زدگی محافظت شوند. ممبرین‌هایی که تحت آزمایش مرطوب قرار گرفته‌اند نباید در دمای کمتر از 5°C نگهداشته شوند تا از انجماد محلول محافظ متابی‌سولفیت سدیم جلوگیری شود (ممبرین‌های FilmTec می‌توانند تا دمای 4°C- را تحمل کنند). ممبرین‌های خشک تحت تأثیر دما منجمد نمی‌شوند. (توجه داشته باشید که وقتی ممبرین‌ها مرطوب شدند نباید به آنها اجازه دهید که خشک شوند، چون ممکن است دچار افت شدت نفوذ به‌صورت غیرقابل برگشت شوند.)

۱۷-۲-۱۸ تفاوت بین ممبرین‌هایی که تحت آزمایش مرطوب قرار گرفته‌اند با ممبرین‌های خشک در چیست؟

(What is the Difference Between Membranes that Have Been Wet Tested and those that are Dry?)

ممبرین‌های مخصوص آب لب‌شور می‌توانند از کارخانه به‌صورت مرطوب یا خشک حمل شوند. عملکرد ممبرین‌های مرطوب در کارخانه مورد آزمایش قرار می‌گیرد. به‌هر حال، انجام آزمایش

معمولاً برای دوره‌های کوتاه‌تر (چند ساعت) در مقابل دوره‌های طولانی‌تر (چند روز) انجام می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۴-۲ (فصل ۲-۳-۱۴) اشاره شد، پس از راه‌اندازی، دوره‌ای وجود دارد که در آن عملکرد ممبرین به دلیل تراکم، پایدار نمی‌باشد. هر دو مقدار شدت نفوذ و مقدار دفع در طی این مدت کاهش پیدا می‌کنند. به‌جز مواردی که آزمایش مرطوب بر روی ممبرین انجام شده باشد، و عملکرد به حالت پایدار رسیده باشد، مشخصات عملکرد برای ممبرین‌هایی که مبتنی بر آزمایش مرطوب هستند، دقیق نیست.

ممبرین‌های خشک می‌توانند تحت آزمایش نشتی با هوا قرار گیرند و یا ممکن است هیچ آزمایشی بر روی آنها انجام نشود.

۱۷-۲-۱۹ موفق نبودن سیستم پیش‌تصفیه چه تأثیری بر روی RO دارد، مثلاً اگر سختی از دستگاه سختی‌گیر نشت کند؟

(What is the Impact on the RO If the Pretreatment System Fails, for Example, If the Softener Leaks Hardness?)

وجود هرگونه نقصانی در سیستم پیش‌تصفیه موجب می‌شود که ممبرین‌های RO دچار لای‌گرفتگی، رسوب‌گرفتگی و یا تخریب شوند (بخش ۱۲ را ببینید). این خرابی‌ها عبارتند از:

- خرابی در سیستم‌های پیش‌تصفیه شیمیایی، از جمله کلر، سدیم بی‌سولفیت و ضد رسوب که به ترتیب باعث لای‌گرفتگی ناشی از مواد زیستی، تخریب، و رسوب‌گرفتگی می‌شوند.

- ایجاد مجرا در فیلترهای با بسترهای چندگانه که باعث لای‌گرفتگی ممبرین‌ها می‌شود.

- نشت سختی از دستگاه سختی‌گیر که باعث رسوب‌گرفتگی ممبرین‌ها می‌شود.

- منتقل شدن ذرات از فیلتر کارتریج به دلیل افت فشار زیاد که موجب لای‌گرفتگی ممبرین‌ها می‌شود.

پدیده‌ی لای‌گرفتگی معمولاً بر روی اولین ممبرین‌های قرار گرفته در اولین مرحله از سیستم RO اتفاق می‌افتد. افت فشار در سراسر این مرحله زیاد شده و فشار عملیاتی افزایش می‌یابد. شدت جریان عادی آب تصفیه شده در مرحله اول کاهش پیدا می‌کند. پدیده تخریب نیز عمدتاً در مرحله اول رخ می‌دهد. مقدار عبور نمک زیاد می‌شود و فشار عملیاتی کاهش می‌یابد. شدت جریان عادی آب تصفیه شده در مرحله اول افزایش می‌یابد. رسوب‌گرفتگی در آخرین مرحله از سیستم RO اتفاق می‌افتد. مقدار عبور نمک و فشار عملیاتی هر دو افزایش پیدا می‌کنند. شدت جریان عادی آب تصفیه شده در آخرین مرحله کم می‌شود. برای اطلاعات بیشتر به بخش ۳-۶، ۳-۷ و ۱۲ مراجعه کنید.

برای جلوگیری از این نقصان، نظارت مستمر بر روی سیستم پیش‌تصفیه ضروری می‌باشد. هشدار دهنده‌ها باید بر روی سیستم‌های بحرانی نصب شوند، مانند ORP متصل به جریان ورودی سدیم بی‌سولفیت. از نمایش‌گرهای ذرات برای شناسایی پدیده‌ی ایجاد مجرا و یا منتقل

شدن ذرات از میان فیلترها می‌توان استفاده نمود. آنالایزر سختی همراه با زنگ هشدار باید بر روی جریان خروجی از سختی‌گیر نصب شود.

۱۷-۲-۲۰ آیا می‌توان از انواع مختلف ممبرین در یک واحد RO استفاده کرد؟

(Can Different Types of Membranes Be Used in an RO Unit?)

ممبرین‌های مختلف می‌توانند در یک واحد RO به صورت مختلط نصب شوند، اما معمولاً این کار توصیه نمی‌شود. موردی که در آن ممبرین‌ها به صورت مختلط قرار می‌گیرند، سیستم‌های کم فشار است. در یک سیستم کم فشار، شدت نفوذ آب می‌تواند به طور قابل توجهی در چند مدول غشائی آخر افت کند، زیرا فشار اسمزی خوراک به اختلاف بین فشار اعمال شده و افت فشار (نیروی محرکه) در لوله تحت فشار، نزدیک می‌شود. این وضعیت در کاربردهای شهری کم فشار، که در بسیاری از آن سیستم‌ها، 7 مدول غشائی به صورت سری در لوله تحت فشار قرار می‌گیرند، معمول می‌باشد. در این مورد، 2 یا 3 ممبرین آخر در آخرین مرحله می‌توانند با ممبرین‌های کم انرژی (با شدت جریان بالا) عوض شوند (بخش ۱-۲-۴-۴ را ببینید). معمولاً در این ممبرین‌های کم فشار، مقدار دفع پایین است، اما مقدار دفع زیاد برای کاربردهای شهری امری حیاتی نیست زیرا مقدار قابل قبول برای TDS آب تولید شده در حدود 80 تا 90 ppm می‌باشد. توجه داشته باشید که در یک سیستم RO، ممبرین‌های با فشار کم هرگز نباید جلوتر از ممبرین‌های با فشار استاندارد قرار بگیرند. زیرا آب از راهی که دارای کمترین مقاومت است عبور می‌کند و مقدار نامتناسبی از آب از طریق ممبرین‌های جلویی جاری می‌گردد، در نتیجه ممبرین‌هایی که با فشار استاندارد کار می‌کنند و عقب‌تر قرار دارند "بیکار" باقی می‌مانند.

مورد دیگری که در آن ممبرین‌ها گاهی با هم مخلوط می‌شوند، در مواقع اضطراری است که در آن برخی از ممبرین‌ها، نه همه آن‌ها، به دلایلی دچار آسیب شده‌اند و باید عوض شوند. در این حالت، غیر معمول نیست که ممبرین تولیدکنندگان مختلف در یک واحد RO با هم ترکیب شوند. اگر انجام این کار ضرورت پیدا کرد، رابط‌های داخلی باید با هر کدام از ممبرین‌ها متناسب باشند (بخش ۳-۲-۴ را ببینید). به علت تنوع رابط‌های داخلی، ممبرین‌های ساخت شرکت‌های مختلف معمولاً در یک مرحله از سیستم RO با هم جفت نمی‌شوند. همچنین مشخصات مربوط به عملکرد باید برای تمام ممبرین‌های مختلف استفاده شده در یک سیستم RO یکسان باشند.

۱۷-۲ تجهیزات (Equipment)

۱۷-۲-۱ مساحت لازم برای نصب یک سیستم RO چه قدر است ؟

(What is the Footprint For an RO System?)

بدیهی است که مساحت لازم برای نصب یک سیستم RO برابر با اندازه سیستم است، برخی از نکات کلی وجود دارند که می‌توان آن‌ها در نظر گرفت. طول سیستم RO بستگی به این دارد که چند مدول غشائی به شکل سری در داخل لوله تحت فشار قرار بگیرند. جدول ۱-۱۷ فهرستی از

اندازه تقریبی یک مسیر RO (skid) را به عنوان تابعی از تعداد مدول‌های موجود در لوله‌های تحت فشار ارائه می‌دهد. توجه داشته باشید که این اندازه‌ها ممکن است بر حسب کارخانه سازنده متفاوت شود.

جدول ۱-۱۷: اندازه تقریبی مسیر RO به عنوان تابعی از تعداد مدول‌ها در لوله تحت فشار.

تعداد مدول‌های سری	طول inch	پهنا inch	ارتفاع inch	آرایه	ظرفیت gpm
3	168	32	77-89	3:2:1	30-100
4	226	57	80-91	4:3:2 3:2:1 6:4:2	100-200
6	280	66	115	8:4 10:5	320-400
6	280	94	128	14:7 18:9	560-720

علاوه بر این، مساحتی به نام "منطقه کار (work zone)" نیز وجود دارد که در آن باید بر حسب جانمایی کارخانه، برای مسیر RO مناسب شناخته شود. در هر انتهای مسیر RO، باید یک منطقه به اندازه حداقل 4 feet (6 feet بهترین حالت است) برای بارگیری و تخلیه مدول‌های غشائی اختصاص داده شود. در قسمت جلوی مسیر باید در حدود 4 feet برای عملیات نگهداری پمپ و دسترسی به دستگاه‌های کنترل کننده و ابزار دقیق‌ها در نظر گرفته شود. قسمت عقب مسیر نیاز به فضایی جهت دسترسی ندارد و می‌تواند 1 تا 2 feet دورتر از تجهیزات مجاور قرار بگیرد.

۱۷-۲-۲ چرا از محرک الکتریکی با فرکانس متغیر استفاده می‌شود؟

(What is a Variable Frequency Drive Used For?)

محرک الکتریکی با فرکانس متغیر (VFD) سرعت موتور را تنظیم می‌کند تا فشار خروجی عوض شود (بخش ۲-۶ را ببینید). وقتی که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در دمای آب خوراک با تغییرات فصلی رخ می‌دهد، استفاده از این وسیله مفید می‌باشد. از آنجا که یک ممبرین RO در دمای بالاتر به فشار کمتری برای راندن آب از طریق ممبرین نیاز دارد، اگر از یک VFD استفاده شود می‌توان در ماه‌های فصل تابستان در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود (بخش ۲-۹ را ببینید).

بنابراین، در طول ماه‌های گرم، VFD می‌تواند با کاهش انرژی لازم برای بهره‌برداری از سیستم، برای "به‌عقب برگرداندن شاخص (dial back)" فشار خروجی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۷-۲-۳ چه تفاوتی بین فیلتر کارتریج‌های شیاردار، نخ تابیده، و فشرده وجود دارد؟

(What is the Difference Between Pleated, String-wound, and Melt-Blown Cartridge Filter?)

هر سه نوع از فیلترهای کارتریج برای پیش‌تصفیه ممبرین‌های RO قابل قبول هستند (بخش ۱-۶ را ببینید). فیلتر کارتریج شیاردار معمولاً برای مواردی با خلوص بالاتر، مانند داروسازی و میکروالکترونیک، استفاده می‌شود. فیلترهای نخ تابیده فقط همان‌طوری هستند که به‌نظر می‌رسند؛ موادی همچون پلی‌پروپیلن به‌شکل نخ در اطراف یک هسته مرکزی پیچیده می‌شوند. این فیلترها در افت فشارهای بالاتر دچار پدیده تخلیه ذرات می‌شوند و نسبت به انواع دیگر فیلتر کارتریج‌ها به سرعت کمتری نیاز دارند، معمولاً بین 2 تا 3 gpm در هر 10 اینچ، به‌جای 5 gpm در هر 10 اینچ برای فیلترهای شیاردار و فشرده. در انواع فشرده، میکروفیبرهای پلی‌پروپیلن از طریق حرارت دیدن به‌هم متصل می‌شوند و معمولاً در نزدیکی مرکز متراکمتر از سطح خارجی هستند. این امر به ذرات این اجازه را می‌دهد که در سراسر مقطع فیلتر مشابه با یک فیلتر عمیق به دام بیافتند.

۱۷-۲-۴ روش صحیح برای نصب واشرها و حلقه محوری چیست ؟

(What is the Correct Way to Install Shims and the Thrust Ring?)

واشرها (shim) و حلقه محوری برای حفاظت از مدول‌های غشائی در برابر حرکت کردن در لوله تحت فشار در هنگام راه‌اندازی و خاموش کردن سیستم RO مورد استفاده قرار می‌گیرند (بخش ۳-۳-۴ را ببینید).

حلقه محوری در انتهای جریان غلیظ در لوله تحت فشار، قبل از این‌که ممبرین‌ها نصب شوند، قرار می‌گیرد. با سازنده لوله تحت فشار برای جهت درست حلقه مشورت کنید.

واشرها (shim) در انتهای جریان خوراک در مدول/لوله تحت فشار نصب شده، قرار می‌گیرند (به شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ مراجعه کنید). از آن‌جا که لوله‌های تحت فشار با اندکی تفاوت در طول ساخته می‌شوند (این امر مربوط به "حق ادعای مالکیت (freeboard)" می‌باشد)، مدول‌های غشائی می‌توانند در حین وارد آمدن فشار و آزاد شدن فشار دچار لغزش شوند. واشرها (shim) بین سطح جلویی مدول جلویی و تویی آداپتور (adapter hub) قرار می‌گیرند تا از این حرکت جلوگیری کنند. مدول‌های غشائی باید قبل از نصب واشرها (shim)، به‌طرف حلقه محوری کاملاً فشرده شوند. واشرها (shim) حلقه‌هایی پلاستیکی هستند که می‌توانند از سازندگان لوله‌های تحت فشار خریداری شوند، و یا از PVC (که باید عاری از پلیسه باشد و به‌صورت موازی بریده شود تا بتواند به‌درستی کار کند) ساخته شوند.

۱۷-۳-۵ اندازه پمپ تمیزکننده چقدر باید باشد؟

(How Should the Cleaning Pump be Sized?)

اندازه پمپ تمیزکننده باید طوری باشد که بتواند جریان 45 gpm را برای هر لوله تحت فشار 8 اینچی تأمین نماید و آنرا با فشار کمتر از 50 تا 60 psi تمیز کند (بخش ۲-۴-۲-۱۳ را ببینید). به عنوان مثال، در مورد یک آرایه 6-4-8، این پمپ باید محلول تمیزکننده را برای یک لوله تحت فشار حداکثر 8 اینچی، در یک زمان تأمین کند. با در نظر گرفتن 45 gpm برای هر لوله تحت فشار، شدت جریان خروجی این پمپ باید 360 gpm باشد.