

تعیین شرایط عملیاتی تصفیه پساب با املاح بالا در فرآیند اسمز معکوس

کریم قاسمی پناه^{*۱}

استادیار پژوهشکده محیط زیست و بیوتکنولوژی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران (ghasemipanahk@ripi.ir)

چکیده

در این پژوهش، هدف ارائه روشی برای تعیین فشار و دبی بهینه عملیاتی برای تصفیه پساب با املاح محلول بالا در پایلوت اسمز معکوس بود. به منظور انجام بررسی‌های فنی تصفیه پذیری و تعیین فشار و دبی، از پساب احیای رزین‌های تعویض یونی با املاح محلول بالا در حدود ۸۰۰۰ میلی گرم در لیتر استفاده شد. نتایج نشان داد، افزایش فشار باعث افزایش پس دهی نمک و شار تراویده شده است ولی برای انتخاب فشار و دبی بهینه نمی توان براساس بالاترین مقدار پس دهی نمک و شار تصمیم گیری نمود. بنابراین با توجه به عواملی همچون احتمال گرفتگی و محدوده های مجاز عملیاتی غشا مورد استفاده، خصوصیات پساب، کیفیت و کمیت مورد نیاز پساب تصفیه شده، فشار و دبی ورودی بهینه تعیین شد. بر این اساس، از بین سه محدوده‌ی فشار ۱۲، ۱۵ و ۱۸ بار و دبی ورودی ۴۰، ۴۵ و ۵۰ لیتر در دقیقه، فشار ۱۵ بار و دبی ۴۵ لیتر در دقیقه بعنوان فشار و دبی بهینه تصفیه پساب انتخاب گردید.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله

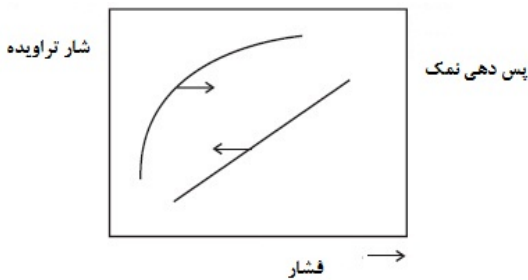
دریافت: ۶ دی ۹۱
دریافت پس از اصلاح: ۱۹ شهریور ۹۲
پذیرش نهایی: ۲۰ شهریور ۹۲

کلمات کلیدی:

اسمز معکوس
متغیر فشار
ریکاوری
پس دهی نمک
شار تراویده
پساب با املاح محلول بالا

۱-مقدمه

به سیستم بر روی آنها تحت تأثیر می گذارد. این موضوع در شکل ۱ به خوبی نمایش داده شده است. در این شکل ضمن ثابت نگه داشتن سه متغیر، فشار افزایش یافته و اثر آن بر شار تراویده و پس دهی نمک نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش فشار، میزان پس دهی نمک و شار تراویده افزایش می یابد [۲].



شکل (۱) تأثیر افزایش فشار بر شار تراویده و پس دهی نمک [اقتباس از مرجع ۲].

همچنین در یک پژوهش، تأثیر متغیرهای عملیاتی مانند دما، فشار و میزان املاح محلول بر عملکرد غشا اسمز معکوس بررسی شد و نتایج نشان داد که افزایش دما باعث کاهش کیفیت خروجی و افزایش تراویده شده و افزایش فشار نیز موجب افزایش پس دهی نمک و شار تراویده شده است [۳].

۲- مواد و روش تحقیق

با توجه به مطالب بیان شده در بخش مقدمه، برای بیان نحوه تعیین شرایط بهینه عملیاتی تصفیه آب یا پساب با املاح محلول بالا با روش اسمز معکوس و ملموس تر شدن مفاهیم مرتبط با نمکزدایی، روش کار و نتایج تصفیه یک نمونه پساب صنعتی با املاح محلول بالا باروش اسمز معکوس ارایه شده است. پساب مورد استفاده در این پژوهش، پساب حاصل از احیای رزین های تعویض یونی یک واحد صنعتی یون زدایی^{۱۱} بود. در این واحد صنعتی از رزین مخلوط کاتیونی و آنیونی برای تولید آب خوراک بویلر ها استفاده می شود. پس از اشباع رزین ها و کاهش عملکرد آنها بایستی عملیات احیای رزین انجام شود. برای احیای رزین کاتیونی از اسید سولفوریک و برای احیای رزین آنیونی از سود سوزآور استفاده می شود. پساب اسیدی مرحله احیای رزین های کاتیونی و پساب قلیایی مرحله احیای رزین های آنیونی در حوضچه جمع آوری پساب، مخلوط شده و پس از خنثی

معمولا در هنگام استفاده از روش اسمز معکوس برای تصفیه آب یا پساب با املاح محلول بالا، به دلیل وجود تعداد زیاد متغیرهای عملیاتی، لازم است یک محقق ضمن آگاهی کامل از این متغیرها، اثر تغییر آنها بر کیفیت و کمیت آب تصفیه شده را نیز بداند [۱]. در این مقاله ضمن معرفی مختصر فرآیند اسمز معکوس و متغیرهای آن، با ثابت نگه داشتن متغیرهای میزان املاح محلول و دما، روش تعیین فشار و دبی بهینه برای تصفیه یک نمونه پساب صنعتی با املاح محلول بالا معرفی می شود.

اسمز معکوس^۱ یک فرآیند فیلتراسیون جریان متقاطع^۲ است. در این فرآیند خوراک ورودی موازی با سطح غشاء و تحت فشار عبور می کند و در حین عبور، به دو بخش محصول با نمک کمتر که تحت عنوان تراویده یا پرمیت^۳ و بخش تغلیظ شده^۴ یا پس زده^۵، تقسیم می شود. در ادامه مفاهیم کلیدی و اصلی فرآیند اسمز معکوس بیان می گردد:

بازیافت یا ریکاوری^۶: درصدی از خوراک ورودی به سیستم که بعنوان محصول یا تراویده از سیستم خارج می شود.

$$(۱) \quad (\text{دبی خوراک} \div \text{دبی تراویده}) = \text{بازیافت}$$

پس دهی نمک^۷: درصدی از غلظت نمک حذف شده از خوراک ورودی به سیستم.

عبور نمک^۸: درصدی از املاح محلول در خوراک ورودی که از غشاء عبور می کند.

دبی خوراک^۹: میزان خوراک ورودی به سیستم غشائی (m³/hr)

فلاکس^{۱۰} (شار): میزان آب محصول یا تراویده عبور کرده از واحد سطح غشاء (l/m².hr)

به طور کلی شار تراویده و پس دهی نمک پارامترهای کلیدی تعیین کارائی فرآیند اسمز معکوس هستند که متغیرهای فشار، دما، ریکاوری و غلظت نمک خوراک ورودی

- 1-Reverse Osmosis (RO)
- 2-Cross Flow
- 3-Permeate
- 4-concentrate
- 5-Reject
- 6-Recovery
- 7-Salt Rejection
- 8-Salt Passage
- 9-Feed Flow
- 10-Flux

11-Demineralization (DM)

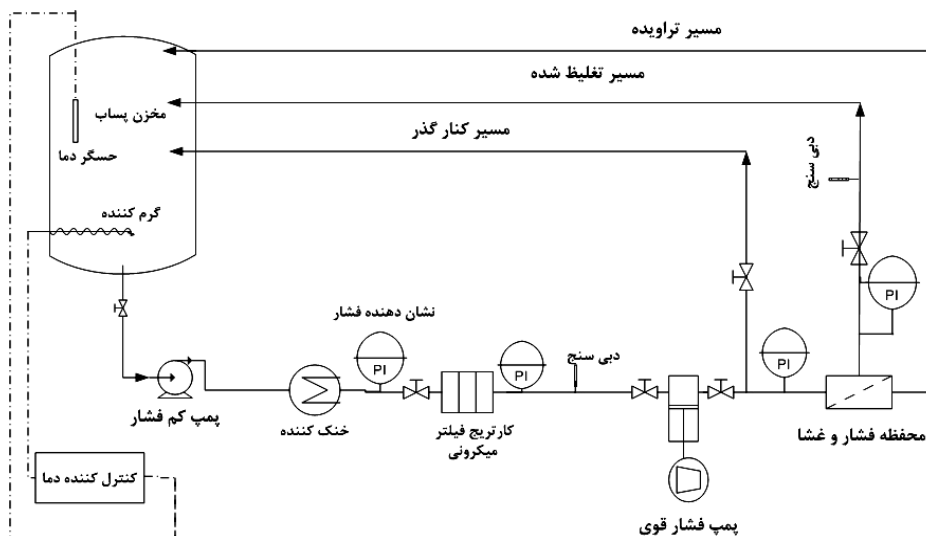
تعیین شرایط عملیاتی تصفیه پساب با املاح بالا در فرآیند اسمز معکوس

پساب با روش اسمز معکوس و تعیین فشار لازم و مشخص نمودن شار مناسب و ریکاوری مطلوب از پایلوت غشایی RO مجهز به امکانات کنترل و اندازه گیری فشار، دبی و هدایت الکتریکی و با یک عدد غشا استاندارد موجود در بازار با قطر ۴ و طول ۴۰ اینچ، طبق شکل های ۲، ۳ و ۴ استفاده شد. ابتدا مقدار ۲۵۰ لیتر پساب وارد مخزن پایلوت شده و از ته مخزن توسط پمپ کم فشار از نوع سانتیفریوژ پمپاژ و بعد از عبور از لوله های مارپیچ یا قسمت خنک کننده، وارد کارتریج فیلترهای میکرونی سه گانه می شود، این فیلترها شامل فیلتر ۲۰ میکرونی حذف ذرات، فیلتر ۵ میکرونی کربن فعال و فیلتر ۵ میکرونی حذف ذرات کلوئیدی می شود. پساب بعد از خروج از کارتریج فیلترها وارد پمپ فشار قوی از نوع رفت و برگشتی می شود.

سازی و بدون انجام عملیات تصفیه به خارج از واحد صنعتی ارسال می شود. در این پژوهش برای تصفیه و استفاده مجدد از این پساب، از روش غشایی اسمز معکوس استفاده شده است. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی این پساب با $pH = 7/5$ و هدایت الکتریکی متوسط $10100 \mu s/cm$ اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. روش اندازه گیری بر اساس روشهای استاندارد مندرج در مرجع شماره ۴ است [۴]. هدف از تصفیه این پساب تامین بخشی از خوراک ورودی به رزینهای تعویض یونی موجود بوده و از آنجا که میزان حداکثر هدایت الکتریکی مجاز آب ورودی براساس دستورالعمل واحد بایستی $300 \mu s/cm$ می باشد و همچنین با توجه به اینکه میزان متوسط هدایت الکتریکی پساب اصلی $10100 \mu s/cm$ بود، بنابراین میزان حداقل پس دهی نمک می بایست ۹۷ درصد لحاظ شود. برای تصفیه این

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری شده پساب احیای رزین های تعویض یونی

ردیف	پارامتر	مقدار mg/l	ردیف	پارامتر	مقدار mg/l
۱	کل مواد جامد محلول	۸۸۲۶	۹	نیترات	۱۸
۲	سدیم	۲۰۳۰	۱۰	کلراید	۱۹۵۰
۳	منیزیم	۱۲/۵	۱۱	فلوراید	۰/۶
۴	کلسیم	۴۷	۱۲	سولفات	۱۹۷۰
۵	استرانسیم	۰/۲	۱۳	سیلیس	۱/۶
۶	باریم	۰/۰۱	۱۴	بر	۰/۱
۷	کربنات	۰/۰	۱۵	پتاسیم	۱۰
۸	بیکربنات	۶	۱۶	آمونیم	۲/۵



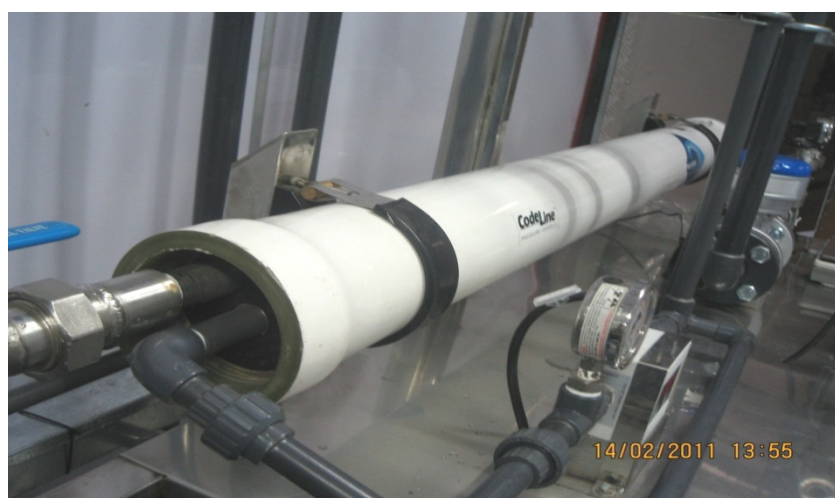
شکل (۲) نمای کلی سیستم پایلوت غشایی اسمز معکوس

می‌شود. بدین ترتیب همواره غلظت پساب اولیه حفظ شده و عملاً متغیر غلظت خوراک ثابت نگه داشته شده است. در خصوص ثابت نگه‌داشتن دمای پساب با تعبیه سیستم گرم کننده داخل مخزن پساب و سیستم خنک کننده در ابتدای مسیر پساب و استفاده از کنترل کننده دما، عملاً همواره دما در محدوده 30 ± 0.5 درجه سانتی گراد حفظ شد. به این ترتیب از چهار متغیر اصلی سیستم اسمز معکوس دو متغیر غلظت خوراک ورودی و دمای پساب ثابت نگه داشته شد و با تغییر فشار و دبی ورودی (ریکاوری) و مشاهده میزان دبی تراویده، شار جریان و میزان پس دهی نمک به دست آمده و با تجزیه و تحلیل آنها، شرایط بهینه عملیاتی بدست آمد.

پساب پس از رسیدن به فشار لازم از محفظه فشارکامه داخل آن غشا با نام تجاری (FILMTEC-SW30-4040) مخصوص آب دریا تعبیه شده، عبور می‌کند. در این قسمت فشار و دبی پساب با استفاده از شیرهای تعبیه شده در مسیرهای تغلیظ شده و کنار گذر تنظیم می‌شود تا بدین وسیله بتوان در شرایط مختلف فشار و دبی، کارایی سیستم را ارزیابی نمود. پساب بعد از ورود به محفظه فشار به دو قسمت پساب تصفیه شده یا تراویده و پساب تغلیظ شده، تقسیم می‌شود. پساب تصفیه شده پس از اندازه گیری دبی و هدایت الکتریکی به مخزن پساب برگشت داده می‌شود. پساب تغلیظ شده نیز بعد از خروج از محفظه فشار وارد مخزن پساب



شکل (۳) نمای داخلی پایلوت قابل حمل RO



شکل (۴) محفظه فشار مخصوص غشاء ۴ اینچ FILMTEC-SW30-4040

۳- نتایج و بحث

با توجه به میزان مورد نیاز پس دهی نمک و میزان املاح محلول پساب اصلی و این نکته که به طور متوسط به ازاء هر هزار میلی گرم در لیتر املاح کل محلول فشار اسمزی حدود یک بار وجود دارد [۵] و برای نمکزدایی بایستی فشاری بیش از فشار اسمزی اعمال نمود تا نمکزدایی انجام شود، فشار اولیه ۱۲، ۱۵ و ۱۸ بار انتخاب شد. در مورد دبی ورودی به غشا نیز براساس محدوده مجاز کاری غشا و رعایت میزان متوسط ریکاوری مجاز، دبی ۴۰، ۴۵ و ۵۰ لیتر در دقیقه اعمال شد. بر این اساس دو متغیر هر کدام در سه سطح مورد بررسی قرار گرفت و تعداد آزمایش های لازم بر اساس فاکتوریل کامل 2^2 (۹ حالت) و هر حالت با سه تکرار انجام شد. جدول ۲ نتایج بدست آمده در محدوده مطلوب پس دهی نمک و محدوده مجاز کاری غشا را نشان می دهد.

در این جدول میانگین هدایت الکتریکی بیانگر متوسط اندازه گیری سه تکرار هدایت الکتریکی و میانگین دبی مقدار متوسط دبی تراویده برای سه تکرار می باشد. همانطور که مشاهده می شود میزان انحراف معیار نسبت به مقادیر متوسط عدد کوچکی است، بنابراین تغییرات در محدوده باریکی انجام شده است و پراکندگی داده ها زیاد نیست. بر اساس نتیجه های بدست آمده با افزایش فشار از ۱۲ بار تا ۱۸ بار، مشاهده شد که عموماً میزان هدایت الکتریکی تراویده کم و دبی آن زیادتر شده است که این نتیجه مشابه شرایط یاد شده در راهنمای کاربرد غشا توسط سازنده آن است [۲]. همچنین مقدار پس دهی نمک با افزایش فشار بیشتر شده است و شار

تراویده و درصد ریکاوری هم عموماً بیشتر شده است که این موارد هم مطابق با شرایط استاندارد کارکرد غشاها است [۳]. از نتایج جدول ۲ می توان در تعیین شرایط کارکردی مناسب تصفیه پساب موجود، یعنی تعیین فشار و دبی ورودی به غشا استفاده کرد. معمولاً برای تصفیه پساب با روش غشائی نیاز به انتخاب غشا مناسب و سازگار با پساب و تعیین شرایط عملیاتی شامل فشار، دبی ورودی، دما و pH مناسب ورودی به سامانه است. در این پژوهش و بر اساس نتایج جدول ۲ شرایط مناسب از لحاظ فشار و دبی ورودی پساب به سامانه به دست آمد. همانطور که پیشتر گفته شد دما، میزان املاح محلول و pH ثابت نگه داشته شد تا تاثیر متغیرهای فشار و ریکاوری بررسی شود. برای انتخاب فشار و دبی مناسب سامانه تصفیه پساب، ابتدا لازم است برخی مفاهیم و معیارهای مناسب کار با غشای مورد استفاده در این پژوهش با توجه به نوع پساب و مشخصات غشا، معرفی و سپس مراحل انتخاب فشار و دبی مناسب بیان شود.

- حداکثر دبی خوراک: برای غشای مورد استفاده در این پژوهش ۶۰ لیتر در دقیقه؛
- میزان شار تراویده ۳۰ لیتر در ساعت به ازای متر مربع غشا، مساحت غشا مورد استفاده ۷/۳ متر مربع بود.
- حداکثر ریکاوری ۱۴٪ و متوسط آن ۸٪ برای غشا مورد استفاده؛ و
- میزان معمول دبی تراویده برای غشا مورد استفاده ۳/۶ لیتر در دقیقه.

جدول (۲) نتایج عملیات پایلوتی برای نمکزدایی پساب صنعتی با املاح محلول بالا

ردیف	پساب ورودی		مشخصات تراویده						
	فشار bar	دبی l/min	میانگین هدایت الکتریکی $\mu\text{s/cm}$	انحراف معیار هدایت الکتریکی	میانگین دبی l/min	انحراف معیار دبی	پس دهی نمک %	شار l/m ² .hr	باز یافت %
۱	۱۲	۴۰	۳۷۰	۳/۵	۲/۷	۰/۳۲	۹۶/۳	۲۲/۲	۶/۸
۲		۴۵	۳۴۰	۴/۷	۳	۰/۳۰	۹۶/۶	۲۴/۷	۶/۷
۳		۵۰	۳۱۰	۴/۲	۳/۲	۰/۳۱	۹۶/۹	۲۶/۳	۶/۴
۴	۱۵	۴۰	۳۲۰	۴/۷	۳/۲	۰/۲۰	۹۶/۸	۲۶/۳	۸
۵		۴۵	۲۶۰	۵/۵	۳/۵	۰/۳۰	۹۷/۴	۲۸/۸	۷/۸
۶		۵۰	۲۲۰	۶/۱	۳/۷	۰/۵۱	۹۷/۸	۳۰/۴	۷/۴
۷	۱۸	۴۰	۲۳۰	۴/۰	۳/۸	۰/۲۰	۹۷/۷	۳۱/۲	۹/۵
۸		۴۵	۱۷۰	۷/۴	۴/۱	۰/۳۶	۹۸/۳	۳۳/۷	۹/۱
۹		۵۰	۱۱۰	۵/۷	۴/۵	۰/۳۷	۹۸/۹	۳۷	۹

آب و نمک و انتقال جرم تشدید می‌شود [۱۱]. در این پژوهش دما ثابت نگه داشته شد ولی بایستی همواره تاثیر دما بر میزان شار و کیفیت تراویده مد نظر قرار گیرد.

۴- نتیجه گیری

استفاده از روش اسمز معکوس برای تصفیه پساب با املاح محلول بالا مستلزم شناخت پساب، غشا و متغیرهای عملیاتی این فرآیند می باشد. در این پژوهش با توجه به میزان املاح محلول پساب و این موضوع که حداکثر هدایت الکتریکی مجاز پساب تصفیه شده برای ورود مجدد به رزین های تعویض یونی بمنظور بازیافت آب، مقدار $300 \mu\text{s/cm}$ بود، عملیات پیلوتی تصفیه برنامه ریزی و انجام شد. از چهار متغیر فشار، ریکاوری (دبی)، غلظت املاح محلول و دما؛ متغیرهای میزان املاح محلول و دما ثابت نگه داشته شد و برنامه ریزی شرایط عملیاتی به نحوی انجام شد تا برای تامین هدایت الکتریکی مطلوب، فشار و دبی ورودی به سیستم را تغییر داده و با بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده با محدوده های مجاز عملیاتی غشا، مناسبترین مقدار فشار و دبی ورودی به پیلوت مشخص شود. نتایج نشان داد با افزایش فشار میزان هدایت الکتریکی تراویده کم و میزان شار آن زیاد شد. حال در انتخاب فشار و دبی مناسب حداکثر شدن مقادیر دبی تراویده، پس دهی نمک و ریکاوری، تنها ملاک عمل نبود بلکه بایستی فشار و دبی عملیاتی را انتخاب نمود که ضمن تامین میزان هدایت الکتریکی مطلوب ($300 \mu\text{s/cm}$) دارای دبی تراویده، شار تراویده و ریکاوری مجاز در محدوده عملکردی غشای مورد استفاده باشد. همانطور که دیده می شود فشار ۱۸ بار و دبی ورودی ۵۰ لیتر در دقیقه که بالاترین پس دهی نمک و شار تراویده را داشت نمی تواند بعنوان شرایط بهینه عملیاتی معرفی شود زیرا ممکن است در کوتاه مدت از لحاظ کمی و کیفی برتری نسبت به سایر حالتها داشته باشد ولی در طولانی مدت به دلیل کار کردن در محدوده های خارج از شرایط معمول غشا، آثار گرفتگی و کاهش کیفیت و کمیت تراویده آشکار و باعث لزوم به شستشویهای شیمیایی زیاد و یا از کار افتادن سامانه غشایی شود. به عنوان جمع بندی کلی می توان گفت، مقدار فشار ۱۵ بار و دبی ۴۵ لیتر در دقیقه بعنوان شرایط عملیاتی تصفیه این پساب با فرض ثابت ماندن دما در ۳۰ درجه سانتی گراد و همچنین ثابت ماندن غلظت املاح

با توجه به موارد یاد شده بالا، نتایج به دست آمده در جدول ۲ و رعایت میزان حداقل ۹۷ درصد پس دهی نمک مورد نیاز برای ورود آب به ستون های رزین های تعویض یونی، تنها ردیفهای ۴ و ۵ این جدول اکثر شرایط لازم را داشتند. از این دو حالت، ردیف ۵، که نتایج آن با دبی ورودی ۴۵ لیتر در دقیقه به دست آمده بود، مناسب تر بود. زیرا مقدار دبی آب تصفیه شده $3/5$ لیتر در دقیقه و هدایت الکتریکی پساب تصفیه شده نیز بهتر از نتیجه ردیف ۴ و در محدوده مورد نیاز بود. در سیستم های نمک زدایی از آب، کیفیت تراویده بایستی از لحاظ مناسبترین استفاده و با توجه به مسایل اقتصادی به بهترین حالت ممکن برسد [۶]. به این ترتیب شرایط ردیف ۵ جدول، یعنی اعمال ۱۵ بار فشار و ۴۵ لیتر در دقیقه دبی ورودی پساب به غشا به عنوان شرایط مناسب تصفیه پساب موجود انتخاب شد. در سایر حالت های موجود در جدول یا میزان ریکاوری بیش از ۸ درصد (متوسط ریکاوری) بود (ردیفهای ۷، ۸ و ۹) و همچنین دبی تراویده بیش از میزان معمول بود (ردیفهای ۶، ۷، ۸ و ۹) و یا اینکه میزان پس دهی نمک کمتر از ۹۷ درصد شده بود (ردیفهای ۱، ۲، ۳ و ۴). همچنین از ردیف ۶ به بعد میزان دبی تراویده بیشتر از حد معمول این غشا می باشد، که این یافته نیز دلیلی بر عدم پذیرش این حالتها بوده است. در مورد شار تراویده نیز نمی توانیم بالاتر بودن میزان شار را معیار بهتر بودن شرایط عملیاتی قلمداد کنیم زیرا معمولاً یک مقدار شار بحرانی برای هر سیستم غشایی داریم که چنانچه سیستم غشایی بالاتر از این مقدار شار کار کند گرفتگی می تواند به سرعت ایجاد شود [۷، ۸]. در انتخاب ریکاوری مناسب نیز باید توجه نمود که معمولاً ریکاوری بالاتر، احتمال گرفتگی غشا را بیشتر میکند و علت افزایش احتمال گرفتگی به دلیل کاهش سرعت افقی عبور آب در سطح غشا و کاهش تلاطم کافی در سطح غشاء می باشد [۹]. در رابطه با سازگاری پساب با غشا معمولاً بایستی پساب عاری از کلر باقیمانده یا عوامل اکسید کننده باشد. در این رابطه از شاخص پتانسیل اکسیداسیون- احیا (ORP) استفاده می کنند. مقدار این شاخص برای اطمینان از عدم تخریب غشا بایستی کمتر از ۱۷۵ میلی ولت باشد [۱۰] که در این پژوهش با توجه به وجود کربن فعال در بخش پیش تصفیه همیشه این مقدار رعایت شد. متغیر دما نیز از متغیرهای مهم در سیستم های اسمز معکوس می باشد و چنانچه دما افزایش پیدا کند نفوذ پذیری

Affecting the Performance of Reverse Osmosis Desalination System" *Tenth International Water Technology Conference IWTC10*, 23-25 March, Alexandria, Egypt, 703-715.

[4] A.D. Eaton, L.S. Clesceri, E. W. Rice, and A.E. Greenberg (2005) "Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater" American Public Health Association, Washington, D.C. 21st edn, 4-146-4-162

[۵] س. مدائنی (۱۳۸۱) "غشا و فرآیند های غشایی" انتشارات طاق بستان، کرمانشاه.

[6] N. Al-Bastaki, A. Abbas, (2004) "Long-term performance of an industrial water desalination plant" *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 43 (4), 555-558.

[7] P. Bacchin, P. Aimar, R.W Field (2006) "Critical and sustainable fluxes: Theory, experiments and applications" *Journal of Membrane Science* 281 (1-2), 42-69.

[8] L., Song (1998) "A new model for the calculation of the limiting flux in ultrafiltration" *Journal of Membrane Science* 144 (1-2), 173-185.

[9] Oh, H.J., Choung, Y.K., Lee, S., Choi, J.S., Hwang, T.M., Kim, J.H (2009) "Scale formation in reverse osmosis desalination: model development" *Desalination* 238 (1-3), 333-346.

[10] W. Byren (2002) "reverse osmosis a practical guide for industrial users" Tall Oak Second edition.

[11] A. Jawor, E.M.V Hoek (2009) "Effects of feed water temperature on inorganic fouling of brackish water RO membranes" *Desalination* 235 (1-3) 44-57

محلول پساب ورودی به سیستم برای یک عدد غشا مورد استفاده و با میزان بازیافت حدود ۸ درصد انتخاب شد. این انتخاب با رعایت محدوده های عملیاتی غشا و عواملی همچون سازگاری غشا با پساب مورد استفاده، تاثیر افزایش شار و نقش آن در افزایش احتمال گرفتگی، و رعایت متوسط ریکاوری مجاز انجام شد. بدیهی است برای کسب بازیافت بیش از ۵۰ درصد از این پساب نیاز به بررسی پایلوتی توسط محفظه فشار با گنجایش شش عدد غشا و احتمالاً دو مرحله ای شدن تصفیه می باشد.

تشکر و قدردانی

نویسنده این مقاله مراتب امتنان خود را از مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران برای حمایت از تحقیقات منتهی به این نتایج اعلام می دارد.

مراجع

[۱] ک. قاسمی پناه، س. مدائنی، ع. ترابیان (۱۳۸۵) "روش تعیین تصفیه پذیری یک نمونه آب یا فاضلاب با روش اسمز معکوس" اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱ اسفند، تهران، ایران.

[2] DOW Liquid Separations (2004) "FILMTEC reverses osmosis Technical Manual" <http://www.filmtec.com>.

[3] B. Djebdjain, H. gad, I. Khaled (2006) "An Experimental Investigation on the Operating Parameters

Determination of Operating Conditions for High Dissolved Solids Wastewater Treatment with Reverse Osmosis process

Karim Ghasemipناه*

Assistant Professor of Environment and Biotechnology Research Division, Research Institute of petroleum Industry (RIPI), (ghasemipناهk@ripi.ir)

ABSTRACT

In this study the absorption of carbon dioxide from an air stream has been investigated in rotating packed bed. At first, hydrodynamics experiments have been done to determine the flow pattern and pressure drop at two cases, single phase and two phase flow. Then, absorption experiments have been done by using water, MEA and DEA solution with different weight percent. The effect of parameters such as rotational speed, gas and liquid flow rate, type and concentration of solution on absorption efficiency investigated. Results showed that increasing of rotational speed, liquid flow rate and solution concentration increases absorption efficiency. In contrast, increasing in gas flow rate leads to decreases in efficiency. Hydrodynamics analysis showed that pressure drop increases by liquid and gas flow rates.

ARTICLE INFO

Article history

Received: Oct. 01, 2012

Revised: June 25, 2013

Accepted: Sept. 08, 2013

Key words:

Rotating Packed Bed

Carbon Dioxide Absorption

Experimental Study

Absorption

Hydrodynamics

All right reserved.

* Corresponding author