Treatment of Aqueous Phase of Cutting Oils by Reverse Osmosis Method

Nazari - Alavi, A.R.

Institute of Water and Energy, Sharif University of Technology

Abstract

In recent years membrane processes such as reverse osmosis have become increasingly important in the treatment of wastewater and industrial effluents. The adaptability of this process to large and small scale applications should be very interesting for countries such as Iran where is in lack of sewage system, and industrial companies are usually situated in the urban areas. Cutting oils are used to decrease fraction, reduce heat and provide other means, in the industry. The direct discharge of their effluents could cause undesirable environmental effects. The oil forms the microemulsion (O/W) with water in different proportions. This is made possible by the aid of surfactant. Inversely, the addition of electrolytes cause the breakage of microemulsion. In this case, it is possible to separate aqueous phase from organic phase. This paper describes the type of laboratory tests for the treatment of aqueous phase issue of breakage.

During the tests, effects of pressure on solute rejection and flow of permeate in total recycle mode was determined. The achieved results showed that increasing the pressure causes flow to increase, as well as solute rejection. Finally, relationship between flow of permeate and concentration in batch concentration mode was studied. In this case by increasing concentration factor, permeate discharge was decreased and concentration - polarization occured.

تصفیهٔ فاز آب‌دار روغنهای محلول به روش اسمز معکوس

علیرضا نظری علوی *

چکیده

روغنهای محلول (آب و صابون) برای کم کردن اصطکاک، خنک کردن، جلوگیری از خوردگی و موارد دیگر در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روغنها با نسبتهای مختلف با آب مخلوط و تولید میکروامولسیون می‌نمایند. شکست میکروامولسیون به وسیله نمک کلرورکلسیم، جداسازی فاز آبدار از فاز آلی را امکان‌پذیر می‌سازد. هدف از این تحقیق تصفیهٔ فاز آبدار به روش اسمز معکوس می‌باشد. در این آزمایشها، تأثیر فشار بر بازده تصفیه و دبی فاضلاب تصفیه شده (تراوش شده) در مدل با جریان کامل برگشتی مشخص شده و کاربرد فرایند در مدل بدون جریان برگشتی، با مطالعهٔ تغییرات دبی فاضلاب تصفیه شده نسبت به فاکتور غلظت، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که بالا رفتن فشار باعث ازدیاد دبی تراوش و درصد تصفیه می‌گردد و در مدل بدون جریان برگشتی با ازدیاد فاکتور غلظت، به دلیل ایجاد لایه پلاریزاسیون دبی تراوش به تدریج کاهش می‌یابد.

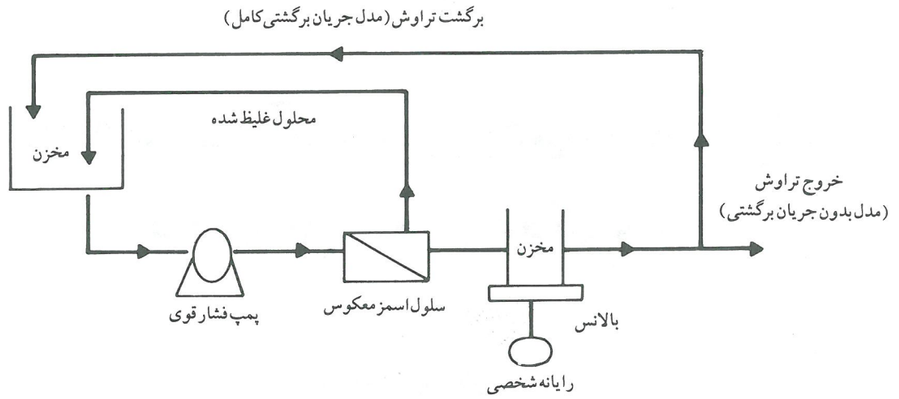
مقدمه

در سالهای اخیر فرایندهای تصفیه فاضلاب به وسیله صافیهای غشایی مانند اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس مورد توجه خاص قرار گرفته است. امکان استفاده از این روش برای تصفیه انواع فاضلابهای صنعتی از یک سو و تطابق آن در هنگام اجرا در مقیاسهای کوچک و بزرگ از سوی دیگر، دلایل این توجه خاص می‌باشند. با وجود تأسیس شهرک‌های صنعتی، بسیاری از کارگاهها در داخل شهرها باقی مانده و به دلیل عدم وجود شبکه جمع‌آوری، فاضلاب این کارگاهها وارد محیط زیست شده و باعث آلودگی آن می‌شوند. فرایند اسمز معکوس در مقیاس کوچک و در محل می‌تواند به عنوان روش مؤثری برای رفع این مشکل مطرح شود. از جمله فاضلابهایی که در تمامی کارگاههای صنعتی به چشم می‌خورد، فاضلاب روغنهای محلول (آب و صابون) می‌باشد. این روغنها که حاوی عوامل فعال سطحی[1] هستند، می‌توانند با آب مخلوط و تولید میکروامولسیون نمایند [۲ و ۳]. جداسازی این دو فاز به وسیله الکترولیتهای مختلف امکان‌پذیر است [۱]. تحقیقات حاضر کاربرد فرایند اسمز معکوس را در تصفیه فاز آبدار مورد بررسی قرار می‌دهد.

---

* عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف - مرکز تحقیقات آب و انرژی

1- Surfactant



شکل ۱ - شمای پایلوت اسمز معکوس

مواد و روشها

شکل (۱) شمای پایلوت مورد استفاده را نشان می‌دهد. این پایلوت اسمز معکوس شامل: مخزن ذخیره، پمپ فشار قوی، سلول اسمز معکوس در برگیرنده غشاء، اسپیرال خنک‌کننده و وسایل لازم جهت کنترل فشار و دبی جریان می‌باشد. سلول اسمز از نوع SEPA-CF و ساخت کارخانه اُسمنیک[1] است. جریان متلاطم در این سلول به وسیله تور مخصوصی که بر روی غشاء قرار می‌گیرد تولید می‌شود. تمام آزمایشها با این جریان (جریان متلاطم) که احتمال گرفتگی غشاء کمتر است انجام شده است. چون هدف از مطالعات، بررسی اثرات فشار و بار آلودگی بر راندمان تصفیه و دبی تراوش[2] می‌باشد پارامترهای دبی جریان با $Q = 620\ l/h$، درجه حرارت $T = 30^{\circ}C$ و $pH = 7$ ثابت شده‌اند. سلول اسمز مجهز به غشاء نیم تراوا از جنس استات سلولز با بازده ۹۸ درصد برای محلول ۰/۵ درصد سدیم کلراید در فشار ۲۷/۴ اتمسفر یا ۲۷۴ متر آب است. سطح غشاء $155\ cm^2$ است. آب تراوش شده در مخزن جمع‌آوری به وسیله یک بالانس به یک رایانه شخصی مرتبط است که اندازه‌گیری تغییرات جریان نسبت به زمان و فاکتور غلظت امکان‌پذیر می‌باشد.

روغن محلول استفاده شده ساخت کارخانه الف[3] می‌باشد. برای شکستن امولسیون از کلرور کلسیم به مقدار یک گرم در لیتر به ازای هر یک درصد روغن نسبت به آب از نظر وزنی استفاده شده و فاز آبدار بدین طریق جداگردیده است.

برای بررسی بازده تصفیه، TOD_i فاز آبدار و TOD_o آب تراوش شده به وسیله TOD متر[4] اندازه گیری و از رابطه (۱) درصد تصفیه محاسبه گردیده است [۴ و ۵]:

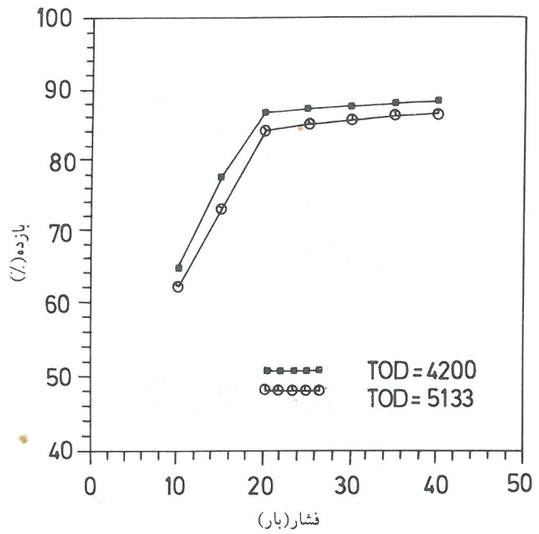
$$R\ (\%) = 1 - \frac{TOD_o}{TOD_i} \qquad (1)$$

نتایج و بحث

در اولین مرحله از امولسیون ۵ درصد وزنی که قبل از شکست امولسیون دارای $TOD = 125\ g/l$ است استفاده و فاز آبدار جداگردید. TOD فاز آبی برابر $5/133\ g/l$ می‌باشد که با توجه به آلودگی امولسیون مادر تنها جداسازی روغن از محلول باعث کاهش آلودگی تا ۹۵ درصد می‌گردد. برای تصفیه این فاز، پایلوت در مدل با جریان برگشتی کامل[5] راه‌اندازی و اثر تغییرات فشار بر راندمان تصفیه از لحاظ کیفی و کمی بررسی شد (نمودار ۱).

بالا رفتن فشار تا ۲۰/۳۸ اتمسفر یا ۲۰۳/۸ متر آب باعث افزایش بازده تصفیه شده و از آن به بعد تقریباً ثابت می‌ماند.

1- Osmonics Inc.
2- Permeate
3- Elf
4- TOD - Meter Ionics
5- Total recycle mode



نمودار ۱ - اثر تغییرات فشار بر راندمان تصفیه برای دو فاضلاب مختلف

($TOD_i = 5133\ mg/l$ و $TOD_i = 4200\ mg/l$)

بازده تصفیه بر اساس فشار اعمال شده (ΔP) و فشار اسمزی ($\Delta\pi$) به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود [۵ و ۶].

$$R\ (\%) = \frac{A\ (\Delta P - \Delta\pi)}{A\ (\Delta P - \Delta\pi) + B} \qquad (2)$$

که A و B دو ثابت برای یک محلول و غشاء مشخص می‌باشند. حد R هنگامی که فشار اعمال شده به سمت بی‌نهایت میل می‌کند برابر یک است، یعنی بازده تصفیه برابر ۱۰۰ خواهد بود.

$$\text{Limit } R = \frac{A\ (\Delta P - \Delta\pi)}{A\ (\Delta P - \Delta\pi) + B}$$

$$\Delta P \rightarrow \infty$$

در نتیجه با افزایش فشار انتظار بهبود درصد تصفیه می‌رود. ولی پس از گذشتن از یک فشار مشخص و بهینه (۲۰/۳۸ اتمسفر) بازده ثابت می‌ماند. در حقیقت در فشارهای زیاد همزمان با بالا رفتن دبی حلال ، دبی ماده حل شده نیز در عبور از غشاء افزایش یافته و نسبت این دو ثابت می‌ماند. لذا بازده تصفیه از فشار مشخصی تقریباً تغییر نیافته و چنان که در نمودار مشخص است به سوی یک مجانب سوق می‌یابد [۵]. بازده تصفیه در این زمان برابر ۸۵ درصد یعنی پساب خروجی دارای $TOD = 770\ mg/l$ است. همزمان در این تحقیق اثر تغییرات فشار بر دبی تراوش بررسی و نتایج آن در نمودار (۲) منعکس شده است. دبی حلال (J) در عبور از غشاء رابطهٔ مستقیم با فشار اعمال شده دارد (رابطه ۳):

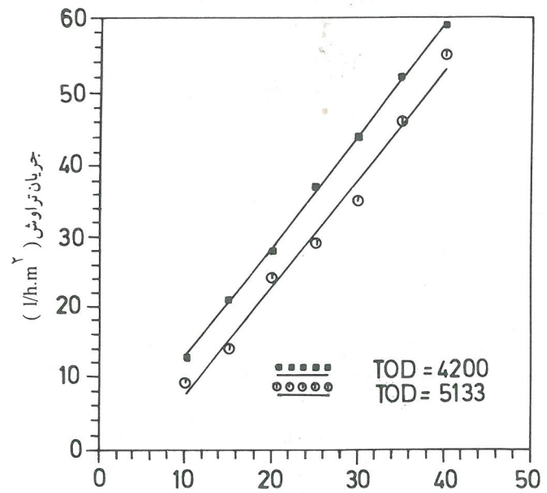
$$J = A\ (\Delta P - \Delta\pi) \qquad (3)$$

بالا رفتن فشار باعث افزایش دبی تراوش می‌شود که در نمودار ذکر شده کاملاً مشخص است ولی فشار بهینه را می‌توان با توجه به بازده تصفیه ۲۰/۳۸ اتمسفر ($20\ bar$) انتخاب نمود.

برای بررسی اثر غلظت مواد حل شده، آزمایشهای ذکر شده بر روی فاز آبدار ناشی از شکست محلول روغن ۴درصد وزنی که دارای $TOD_i = 4200\ mg/l$ است انجام شد و نتایج آزمایشها در نمودارهای (۱) و (۲) ارائه گردیده است. به طور کلی در یک فشار مشخص برای فاضلاب با آلودگی کمتر به دلیل کم شدن فشار اسمزی در نتیجه کاهش غلظت مواد محلول درصد تصفیه و دبی تراوش بیشتر است. این عامل باعث افزایش فشار مؤثر ($\Delta P - \Delta\pi$) می‌شود که با بازده تصفیه و دبی فاضلاب تصفیه شده رابطهٔ مستقیم دارد (روابط ۲ و ۳).

در ادامه تحقیق، اثر غلیظ سازی در مدل بدون جریان برگشتی[1] با بررسی تغییرات دبی تراوش نسبت به فاکتور غلظت پیگیری شد (نمودار ۳).

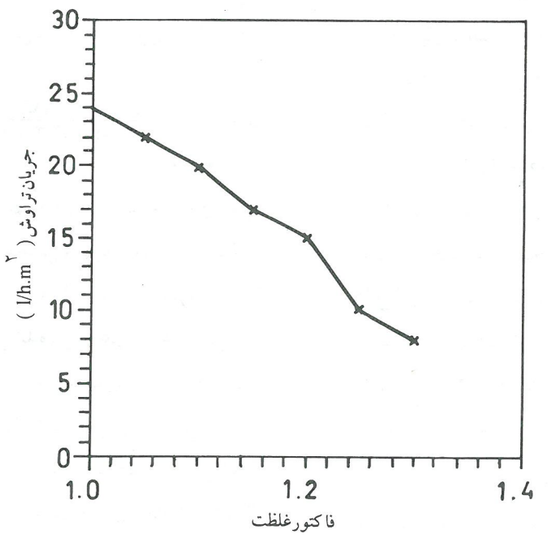
1- Batch concentration mode



نمودار ۲- تغییرات دبی تراوش برای دو فاضلاب مختلف

(TOD_i = ۴۲۰۰mg/l و TOD_i = ۵۱۳۳mg/l)

در این جریان، غلظت مواد حل شده در طول زمان افزایش می‌یابد و این افزایش غلظت کاهش دبی تراوش را به همراه دارد. یکی از دلایل این افت می‌تواند مسئله کلمتاژ یا کیک (نشست مواد بر روی غشاء) باشد. برای روشن شدن این مسئله دبی تراوش سیستم به وسیله آب مقطر قبل و بعد از آزمایش اندازه گیری شد که در هر دو حالت دبی اندازه گیری شده یکسان بود که این دلیلی بر رد پدیده کلمتاژ است [۴]. در حقیقت این افت دبی را می‌توان با ازدیاد غلظت موضعی بر



نمودار ۳- تغییرات دبی تراوش بر اساس فاکتور غلظت.

فشار اعمال شده ۲۰/۳۸ اتمسفر و TOD_i = ۵۱۳۳mg/l است.

سطح غشاء توضیح داد که همان پدیده پلاریزاسیون است.

غشاء اسمز معکوس دارای خاصیت جداسازی در مقیاس مولکولی است. با گذشت زمان امکان تجمع مولکولها بر سطح غشاء افزایش یافته و این موضوع تولید فشار اسمزی موضعی می‌کند که در طول زمان و تجمع بیشتر مولکولها، به دلیل ثابت بودن فشار اعمال شده افت دبی را باعث می‌شود.

نتیجه گیری

مطالعات حاضر نشان داد که روش تصفیه غشائی به وسیلهٔ اسمز معکوس می‌تواند به عنوان روش مؤثر در تصفیه فاز آبدار ناشی از شکست امولسیون روغنهای محلول مورد توجه قرار گیرد. بازده این نوع تصفیه برای این فاز ۸۵ درصد برای روغن ۵درصد و ۸۸ درصد برای روغن ۴ درصد است. در مدل با جریان برگشتی کامل تغییرات فشار نسبت مستقیم با دبی تراوش و بازده تصفیه دارد که برای فاضلاب خام با آلودگی کمتر این دو پارامتر در فشار ثابت بیشتر خواهند بود. مسئله گرفتگی غشاء در مدل بدون جریان برگشتی به صورت لایه پلاریزاسیون خود را نشان می‌دهد که با شستشوی غشاء رفع می‌گردد. با وجود بالا بودن بازده تصفیه، پساب تولیدی دارای استانداردهای لازم نیست و احتیاج به سلول دیگری است که به صورت سری در سیستم قرار می‌گیرد.

منابع و مراجع

۱- نظری علوی، ع. ر. ۱۳۷۶، پیش تصفیهٔ فاضلاب ناشی از کاربرد روغن برش در صنعت به روش شیمیایی و جذب سطحی، سومین همایش بررسی مشکلات مبتلا به صنعت آب و فاضلاب کشور، اصفهان.

2- Evans, D.F. and Mitchell, D. (1980). " *Oil, Water, and Surfactant* ", J. Phys. Chem., 90, 2817, 2825.

3- Fletcher, P. (1980). " *The Partitioning of Solutes Between Water - in - Oil Microemulsion and Conlugate Aqueous Phases* ", J. Chem. Soc., Faraday Trans., 82: 9051-2664.

4- Buckley, C. (1992). " *Small - Scale Tests to Determine the Feasibility of Reverse Osmosis and Ultrafiltration for the Treatment of Industrial Effluents* ", Water SA, 18 (1): 63-67.

5- Marinas, B.J. (1991). " *Reverse Osmosis Technology for Wastewaterr Reuse* ". Wat. Sci. Tech., 24 (9): 215-229.

6- Maurel, A. (1978). " *Techniques de l' Ingenieur* ", Vol. j3, Transferts de Matiere, 2790-3/32795-6.

توضیح:

بدینوسیله به اطلاع می‌رساند که در فهرست موضوعی مقالات، مندرج در مجله شماره ۲۱، در صفحات شماره ۶۷ خط دوم و شماره ۷۳ خط سوم، نام آقای شهرام آیرملوزاده از قلم افتاده است.