عاری‌سازی تولوئن از پسابهای صنعتی با استفاده از هوا

محمدعلی کی‌نژاد، محمدحقیقی، جعفرصادق سلطان محمدزاده، انورخودیف

مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

First Author E-Mail: Kaynejad@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این تحقیق ابتدا نمونه‌های مختلفی از پسابهای پالایشگاهی و پتروشیمی برداشته شده، مقادیر ترکیبات فرار آلی آنها اندازه گیری شده است. سپس تولوئن به عنوان شاخصی از ترکیبات فرار آلی انتخاب و روش عاری‌سازی با هوا برای حذف آن بکار برده شده است. برای بررسی امکان حذف تولوئن از پسابهای صنعتی، پایلوتی متشکل از یک برج عاری ساز، سیستم اندازه گیری و سایر اجزاء ساخته شده و تأثیر دما، نسبت هوا به پساب و غلظت تولوئن روی عملکرد فرآیند بررسی شده است. با انجام آزمایشات متعدد نشان داده شده که می‌توان تولوئن را به عنوان شاخصی از ترکیبات فرار آلی، به میزان قابل توجهی از پسابهای صنعتی حذف نمود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فرارآلی ؛ تولوئن ؛ پسابهای صنعتی ؛ عاری سازی ؛ تصفیهٔ پساب.

مقدمه

آلودگیهای صنعتی به سه دستهٔ جامد، مایع و گاز تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال، از آلوده‌کننده‌های جامد می‌توان مواد پس‌ماند و محصولات جانبی حاصل از فرآیندهای صنایع پتروشیمی و پالایشگاه را نام برد. ترکیبات آروماتیکی (مانند بنزن، تولوئن و ...) و سایر ترکیبات آلی که در پسابهای صنعتی وارد محیط زیست می‌شوند از جمله آلوده‌کننده‌های مایع می‌باشند و از آلوده‌کننده‌های گازی می‌توان گازهای خروجی از قسمتهای مختلف صنایع پتروشیمی و پالایشگاه و سایر صنایع شیمیایی و غیر شیمیایی را نام برد.

در صنایعی مانند پالایشگاهها و پتروشیمی‌ها، مقادیری از ترکیبات فرار آلی و سایر آلاینده‌ها در طول فرآیندهای تولیدی وارد آب مصرفی در این واحدها می‌شوند. این آبهای آلوده از واحدهای مختلف موجود جمع آوری شده و جهت تصفیه به واحد تصفیه فاضلاب فرستاده می‌شوند. در واحد تصفیه، عملیات گوناگونی جهت جداسازی جامدات، ذرات معلق، روغن و سایر آلاینده‌های موجود در آب طی چند مرحله انجام می‌گیرد. در هر یک از این مراحل تصفیه امکان انتشار ترکیبات فرار آلی (VOC) به هوا وجود داشته و جلوگیری از آن دارای اهمیت است.

امروزه انتشار ترکیبات فرار آلی از واحدهای جمع آوری و تصفیهٔ فاضلاب شهری و صنعتی، توجه خاصی را به خود جلب کرده است. خطراتی که انتشار این ترکیبات برای نیروهای شاغل در این واحدها به دنبال دارد و خطراتی که انتشار این ترکیبات از طریق وزش باد برای مناطق پایین دستی این صنایع به همراه دارد و نیز خطر آلوده شدن رودخانه‌ها و منابع آبی، سبب وضع قوانینی جهت کنترل اینگونه ترکیبات از واحدهای جمع آوری و تصفیهٔ فاضلابها گشته است.

متأسفانه در کشور ما در اکثر موارد، روش مناسبی برای حل این مشکل به کار گرفته نشده است. این مسئله علاوه بر آلودگی محیط زیست و به خطر انداختن زندگی بشر، یکی از موانع مهم بر سر راه اخذ و تمدید گواهینامه‌های زیست محیطی مانند ISO14000 می‌باشد. از آنجا که علاوه بر ملاحظات زیست محیطی، پیروی از چنین استانداردهایی لازمهٔ راهیابی و حفظ حضور در بازارهای بین‌المللی است لذا باید اقدامی اساسی برای حل این مشکل صورت پذیرد.

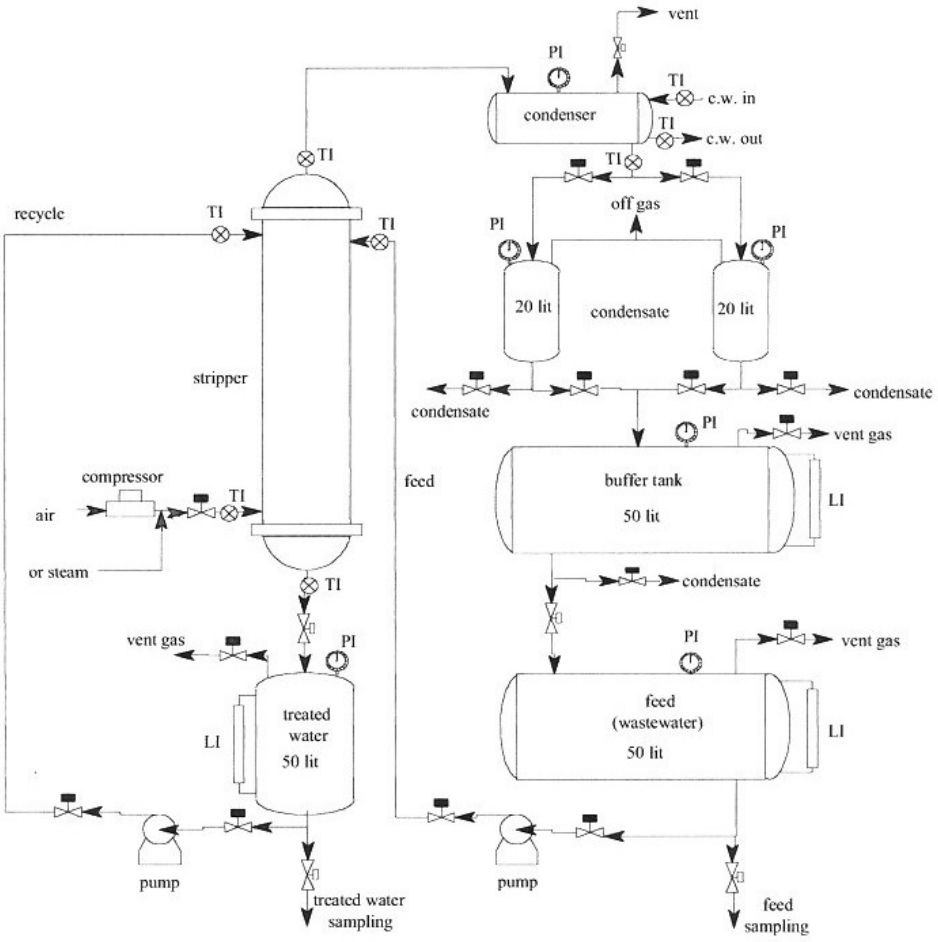
روشهای حذف ترکیبات فرار آلی از پسابها

حذف ترکیبات فرار آلی از پسابهای صنعتی به روشهای مختلفی امکان پذیر می‌باشد. روشهای مرسوم عبارتند از: عاری سازی با هوا[۱ ، ۲ و ۳]، عاری سازی با نیتروژن[٤]، عاری سازی با بخار آب[٤]، استخراج مایع – مایع، جذب سطحی روی مواد جامد[٤]، تبخیر، اسمز معکوس، روشهای بیولوژیکی[٥]، اکسیداسیون با ازن در فاز مایع[٦ و ٧]، تصفیه با اشعهٔ UV [٦].

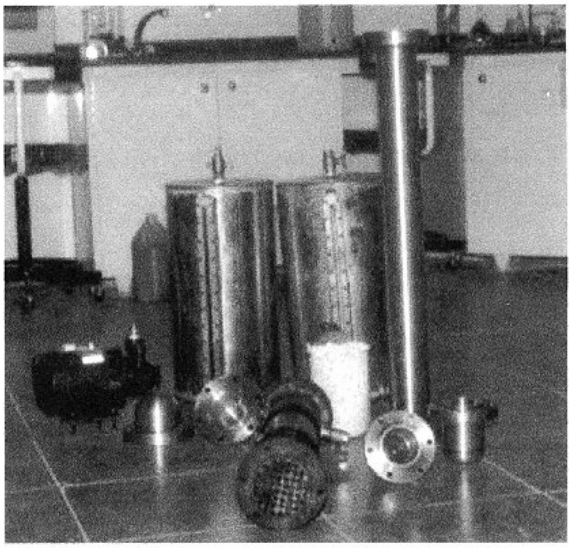
در این تحقیق ابتدا نمونه‌های مختلفی از پسابهای قسمتهای مختلف پالایشگاهی و پتروشیمی برداشته شده، مقادیر ترکیبات فرار آلی آنها اندازه گیری شده است[۱۱-۸]. سپس ترکیبات BTEX به عنوان شاخصی از ترکیبات فرار آلی انتخاب و مقدار انتشار سالانه آنها از واحد تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی تخمین زده شده است. در مراحل بعدی کار، روش عاری‌سازی ترکیبات فرار آلی از پساب بررسی شده است. برای این کار پایلوت نیمه صنعتی ساخته شده و امکان حذف تولوئن به عنوان ترکیب نمونه، توسط انجام آزمایشهای متعدد روی این پایلوت بررسی شده است.

پایلوت عاری سازی ترکیبات فرار آلی از پساب

فلوچارت پایلوت عاری‌سازی ترکیبات فرار آلی از پسابهای صنعتی در شکل ۱ و تصویر قطعات عاری‌ساز در شکل ۲ نشان داده شده است. در این پایلوت سعی شده است امکاناتی ایجاد گردد که بتوان پارامترهای مختلفی از فرآیند عاری‌سازی ترکیبات فرار آلی را اندازه گیری نمود. این پایلوت دارای برج عاری‌ساز، کندانسور، کمپرسور، مخزن پساب، مخزن آب تصفیه شده، مخازن آب کندانس شده، پمپ، ترموکوپل، دبی سنج هوا و فشار سنج می‌باشد.



شکل ۱- فلوچارت پایلوت عاری‌سازی ترکیبات فرار آلی با استفاده از هوا

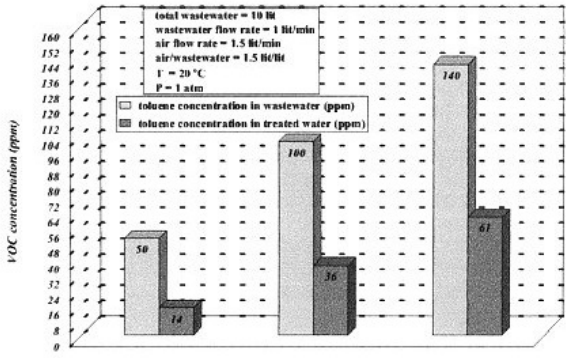


شکل۲- تصویراجزای پایلوت قبل از نصب

نتایج و بحث

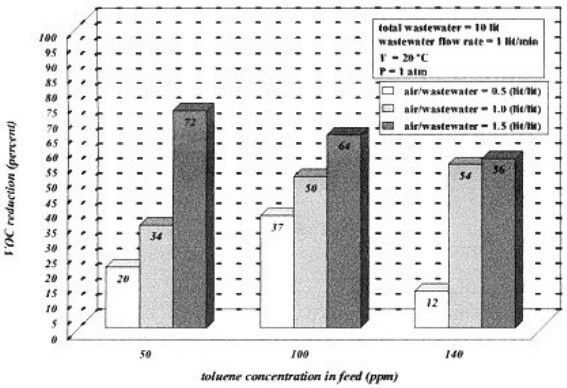
در این تحقیق تأثیر غلظت تولوئن، نسبت هوا به پساب ورودی به عاری‌ساز و همچنین دمای عاری‌سازی با استفاده از پایلوت ساخته شده بررسی شده است. همچنین نتایج حاصل از عاری سازی بنزن و تولوئن مقایسه گردیده است.

مقایسهٔ غلظت تولوئن در پساب ورودی و آب تصفیه شدهٔ خروجی از برج عاری‌ساز در دمای ۲۰ °C و نسبت هوا به پساب ۱/۵ در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطوریکه در این شکل مشاهده می‌شود کاهش قابل توجهی در مقدار ترکیبات فرار آلی موجود در پساب دیده می‌شود. به عنوان مثال مقدار تولوئن موجود در پساب از ۱٤۰ ppm به ٦۱ ppm کاهش یافته است.



شکل۳- مقایسهٔ غلظت تولوئن در پساب ورودی و آب خروجی از عاری‌ساز در دمای ۲۰ °C

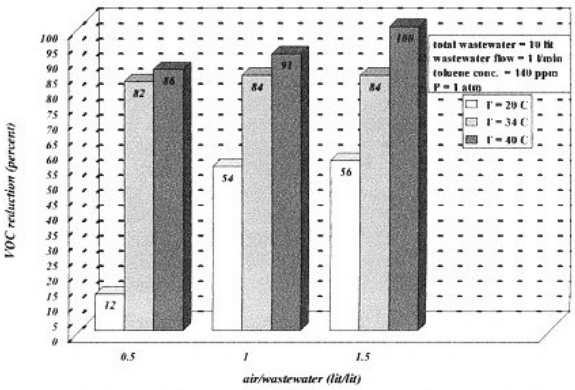
راندمان حذف ترکیبات فرار آلی از پساب آلوده به تولوئن (غلظتهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱٤۰ ppm) در شکل ٤ نشان داده شده است. برای این آزمایش عملیات عاری‌سازی با استفاده از پایلوت عاری‌ساز در نسبتهای مختلفی از هوا به پساب (۰/۵، ۱ و ۱/۵) انجام شده و نمودار مذکور حاصل گردیده است. با توجه به این نمودار هر چه نسبت هوای ورودی به پساب ورودی زیاد می‌شود میزان حذف ترکیبات فرار آلی افزایش می‌یابد. حداکثر مقدار حذف ترکیب فرار آلی (تولوئن) در شرایط عملیاتی این آزمایشها ۷۲ درصد می‌باشد که مربوط به غلظت ۵۰ ppm در پساب ورودی و نسبت هوا به پساب ۱/۵ است و حداقل آن ۱۲ درصد می‌باشد که در غلظت ۱٤۰ ppm و نسبت هوا به پساب ۰/۵ اندازه گیری شده است.



شکل٤- مقایسهٔ میزان حذف تولوئن از پساب در غلظتهای مختلفی از پساب آلوده در دمای ۲۰°C

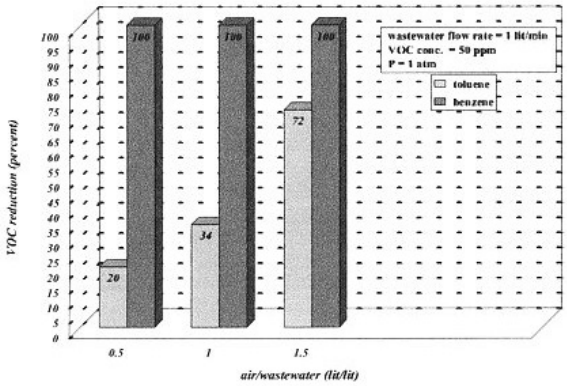
تأثیر دمای عملیات عاری‌سازی روی میزان حذف ترکیبات فرار آلی در شکل ۵ نشان داده شده است. برای انجام این آزمایش نمونهٔ پسابی با غلظت ۱٤۰ ppm از تولوئن انتخاب شده و در نسبتهای متفاوتی از هوا به پساب (۰/۵، ۱ و ۱/۵) در دماهای ۲۰، ۳٤ و ٤۰ درجهٔ سانتیگراد عملیات عاری‌سازی انجام گرفته است. نتایج حاصل از این آزمایشها نشان می‌دهد که در حالت کلی افزایش دما تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش حذف ترکیبات فرار آلی از پسابها دارد. همانطوریکه در این شکل مشاهده می‌شود در نسبت هوا

به پساب ۰/۵ ، حداکثر حذف تولوئن از پساب برابر با ۸۶ درصد در دمای ۴۰ درجهٔ سانتیگراد و حداقل آن برابر با ۱۲ درصد در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد می‌باشد. به همین ترتیب در نسبت هوا به پساب ۱ ، حداکثر حذف تولوئن از پساب برابر با ۹۱ درصد در دمای ۴۰ درجهٔ سانتیگراد و حداقل آن برابر با ۵۴ درصد در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد می‌باشد. در نسبت هوا به پساب ۱/۵ ، حداکثر حذف تولوئن از پساب برابر با ۱۰۰ درصد در دمای ۴۰ درجهٔ سانتیگراد و حداقل آن برابر با ۵۶ درصد در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد است.



شکل۵- تأثیر دما روی میزان حذف تولوئن از پساب در نسبتهای متفاوتی از هوا به پساب

مقایسهٔ میزان حذف دو نوع مختلف از ترکیبات فرار آلی (بنزن و تولوئن) در شکل ٦ نشان داده شده است. این آزمایشهای عاری‌سازی در غلظتهای مختلفی از بنزن و تولوئن (۵۰ ، ۱۰۰ و ۱٤۰ ppm) و نسبتهای متفاوتی از هوا به پساب ورودی به عاری‌ساز (۰/۵ ، ۱ و ۱/۵) انجام شده است. از مقایسهٔ داده‌های این شکلها نتیجه می‌شود که راندمان حذف بنزن نسبت به تولوئن به مراتب بیشتر می‌باشد. دلیل این تفاوت در فراریت بیشتر بنزن نسبت به تولوئن می‌باشد. به عنوان مثال در شکل ٦ که غلظت بنزن در پساب ورودی ۵۰ ppm می‌باشد در کلیهٔ نسبتهای هوا به پساب، بنزن به بطور کامل حذف شده در صورتیکه حذف تولوئن قابل توجه بوده (۲۰ ، ۳٤ و ۷۲ درصد به ترتیب در نسبت هوا به پساب ۰/۵ ، ۱ و ۱/۵) ولی کامل نمی‌باشد.



شکل٦- مقایسهٔ درصد حذف بنزن و تولوئن از پساب در نسبتهای متفاوتی از هوا به پساب

نتیجه گیری

از آنالیز پسابهای صنایع پتروشیمی و پالایشگاهی نتیجه گرفته می‌شود که غلظت ترکیبات فرار آلی در اینگونه پسابها زیاد بوده و میزان انتقال این ترکیبات از پسابهای صنعتی به هوا قابل توجه می‌باشد و باید از آن جلوگیری گردد.

با بررسی‌های انجام شده روش عاری‌سازی با هوا از میان روشهای حذف ترکیبات فرار آلی از پسابهای صنعتی انتخاب و نشان داده شده که می‌توان با استفاده از این روش تولوئن را به عنوان ترکیب نمونه به میزان قابل توجهی حذف نمود. برای اینکار پایلوتی متشکل از یک برج عاری ساز، مخازن پساب و آب تصفیه شده، سیستم اندازه گیری دما و دبی و سایر اجزاء ساخته شده و بیش از ۵۰ آزمایش عملی در شرایط متفاوتی از غلظت تولوئن، دما و نسبت هوا به پساب ورودی انجام گرفته است.

در حذف بنزن و تولوئن، نشان داده شد که بنزن نسبت به تولوئن راحت‌تر حذف می‌شود. دلیل این موضوع فراریت بالای بنزن نسبت به تولوئن می‌باشد. به عنوان مثال در شرایط یکسان ملاحظه شده که بنزن تا حدود ۱۰۰ درصد حذف می‌شود در صورتیکه میزان حذف تولوئن در همان شرایط ۷۲ درصد است. با بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت که استفاده از روش عاری‌سازی با هوا در مرحلهٔ ورود پساب به حوضچهٔ اولیه تصفیه خانه‌ها در صنایع می‌تواند از ورود ترکیبات فرار آلی به محیط زیست جلوگیری نماید. بدیهی

است مقدار جزئی باقیمانده از این ترکیبات در فاز پساب، در مراحل بعدی این تصفیه خانه‌ها قابل حذف بوده و وارد محیط نمی‌شوند.

مراجع

1. Okoniewski B. A., "Remove Volatile Organic Compounds from Wastewater by Air Stripping", Chemical Engineering Progress, February, pp.80-93, 1992.

2. Fang C. S., Khor S. L., "Reduction of Volatile Organic Compounds in Aqueous Solutions Through Air Stripping and Gas-Phase Carbon Adsorption", Environmental Process, 8, 4, pp.279-278, 1989.

3. M. Haghighi, J. S. Soltanmohammadzadeh, "Air Stripping of Benzene from Industrial Wastewater", Proceedings of the 7th National Congress of Chemical Engineering of Iran, October 28-31, pp.5.299-5.303, University of Tehran, Tehran, Islamic Republic of Iran, 2002.

4. Worrall M. and Zuber I., "Control VOCs in Refinery Wastewater", Paper presented at the Process Optimization Conference, Houston, TX - March 1998.

5. Narayanan B., Suidan, M. T., Gelederloos A. B., Brenner R.C., "Anaerobic Treatment of Volatile and Semivolatile Organic Compounds in Municipal Wastewater", Water Environment Research, 67, 1, pp.46-56, 1995.

6. Mokrini A., Oussi D., Esplugas S., "Oxidation of Aromatic Compounds with UV Radiation/Ozone/Hydrogen Peroxide", International Conference on Oxidation Technologies for water and Wastewater Treatment, Clausthal-Zellerfeld, Germany, May 12-15 1996.

7. J. S. Soltanmohammadzadeh, A. B. Khoshfetrat, " Ozone treatment of phenol in Industrial wastewater", Proceedings of the 7th National Congress of Chemical Engineering of Iran, October 28-31, University of Tehran, Tehran, Islamic Republic of Iran, 2002.

8. Bloemen H. J. T. and Burn J., "Chemistry and Analysis of Volatile Organic Compounds in the Environment", Chapman & Hall, UK, 1995.

9. H. R. Sattar, J. S. Soltanmohammadzade, M. Teymuri, M. Haghighi, "Estimating VOC Emissions from Wastewater Treatment Facility of a Petrochemical Plant", Proceedings of the 7th National Congress of Chemical Engineering of Iran, October 28-31, pp.5.293-5.298, University of Tehran, Tehran, Islamic Republic of Iran, 2002.

10. Sensel A. K. and Lewis E.T., "Fundamentals of Purge and Trap", Application Note, Tekmar Company, Internet, 1995.

11. Manura J. J. "Selection and Use of Adsorbent Resins for Purge and Trap Thermal Desorption Applications" Internet, 1999.