



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال پنجم، شماره‌ی ۱۸
بهار ۱۳۹۳، صفحات ۳۷-۴۵

بررسی میزان حذف ترکیبات آلی فرار از بخش دانه بندی واحد پلی استایرن (واحد C₂) با استفاده از انواع جاذب‌ها

رامین زاد غفاری

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Rmmn.zadghaffari@Gmail.com

احمد یزدانی

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

چکیده

امروزه ترکیبات آلی فرار^۱ (VOC) به عنوان یکی از شناخته شده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست محسوب می‌گردند. بعضی از این ترکیبات سرطان‌زا بوده و بعضی‌ها هم اثرهای سمی دارند ترکیبات آلی فرار (VOC) دارای فشار بخار بالا بوده و به راحتی در دماهای معمول تبخیر می‌شوند،

روش‌های مختلفی جهت حذف این آلاینده‌ها از محیط‌های صنعتی ارائه گردیده است. یکی از روش‌های حذف این ترکیبات استفاده از انواع جاذب‌ها است. در سال‌های اخیر استفاده از کربن فعال^۲، زئولیت^۳ و آلومینای فعال^۴ به‌عنوان جاذب کننده جهت حذف آلاینده‌های محیط زیست از سوی محققین و صنایع مورد توجه خاصی واقع شده است. در مطالعه حاضر هوای آلوده به تولوئن، بنزن، اتیل بنزن، اورتوزایلین و استایرن با استفاده از جاذب‌ها تصفیه می‌گردد و تاثیر نوع جاذب و نیز مقدار سطح بستر جاذب بر راندمان حذف تولوئن، بنزن، اتیل بنزن، اورتوزایلین و استایرن مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج بیانگر آن است که با استفاده از این جاذب‌ها و بستر مناسب جاذب می‌توان VOC موجود در هوای محیط‌های دانه بندی را در دماهای پائین و غلظت‌های کم حذف نمود.

کلید واژه: ترکیبات آلی فرار (VOC)، سطح جاذب و کربن فعال، زئولیت، آلومینای فعال

-
- 1- Volatile organic compound
 - 2- Activated carbon
 - 3- Zeolit
 - 4- Activated alumina

مقدمه

بوده و در تشکیل آلودگی های ثانویه صنایع شیمیایی و

پتروشیمی در اتمسفر سهیم هستند. [۲]

روش های مختلفی برای حذف ترکیبات آلی فرار وجود

دارد. از این روش ها می توان به جذب سطحی^۱ [۱۵، ۲۳، ۱]

کسیداسیون کاتالستی^۲ [۲۵ و ۲۴ و ۲]، اکسیداسیون

حرارتی^۳، [۱۸] تصفیه بیولوژیکی^۴ و بیوفیلتراسیون^۵، [۱۶ و ۱۹

[۱۳] عریان سازی با هوا^۶ و ... اشاره کرد [۹].

در بین آلاینده های محیط زیست ترکیبات آلی فرار، به دلیل

اثرات مخربی که برای محیط زیست دارند و نیز وجود این

ترکیبات به صورت گسترده در بخارات خروجی در هوای

بسیاری از صنایع از جمله: پالایشگاه ها و پتروشیمی ها حائز

اهمیت خاصی هستند [۲].

محققان در صدد یافتن تکنیک های موثر و اقتصادی برای

حذف ترکیبات آلی فرار در صنایع شیمیایی و پتروشیمیایی

می باشند. یکی از روش های موثر برای حذف این ترکیبات،

استفاده از انواع جاذب ها است.

اجرای این پروژه سه هدف اساسی را به دنبال دارد، هدف

اول: بررسی جذب هم زمان پنج ترکیب خطرناک

زیست محیطی از ترکیبات آلی فرار (تولوئن، بنزن، اتیل

بنزن، اورتوزایلن و استایرن) از محیط های صنعتی با استفاده

از بستر جاذب (کربن فعال، زئولیت، آلومینای فعال) و

انتخاب مناسب ترین جاذب جهت حذف ترکیبات آلی فرار

از محل مورد نظر (اتاق دانه بندی واحد پلی استایرن

پتروشیمی تبریز). هدف دوم: بدست آوردن شرایط بهینه با

استفاده از روش رویه پاسخ و هدف سوم: بدست آوردن

امروزه یکی از بزرگ ترین تهدیدات بشری، مسئله آلودگی

محیط زیست و به خصوص آلودگی هوا می باشد. پیشرفت

فناوری و گسترش صنایع مختلف با وجود حل بسیاری از

مشکلات، مسائل مهمی را پدید آورده است یکی از

مشکلات اساسی پدید آمده، آثار ناشی از تخریب محیط

زیست توسط آلاینده های صنایع مختلف است از آنجا که

عوامل زیادی بر ارتباط بین آلودگی هوا و سلامت انسان

مؤثرند، بررسی تأثیر آلودگی خاص هوا بر سلامت انسان

مشکل خواهد بود [۱] که در صورت نادیده انگاشتن این

موضوع می تواند خطری جدی برای کلیه جانداران

باشد. [۱۷ و ۱] آلاینده های محیط زیست به دو دسته طبیعی و

صنعتی تقسیم می شوند. هوا دارای آلاینده های طبیعی نظیر

هاگ های قارچ ها، تخم گیاهان، ذرات معلق نمک، دود و

ذرات غبار حاصل از آتش جنگل ها و فوران آتشفشان ها

است [۳]. آلاینده های صنعتی: اکثریت آلودگی های ایجاد

شده در محیط زیست به واسطه آلاینده های منتشر شده از

مراکز صنعتی است، [۵ و ۹] در پیدایش آلودگی هوا ترکیبات

زیادی نقش دارند، که در این میان ترکیباتی نظیر اکسیدهای

نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، هیدروکربن های نسوخته و

ترکیبات آلی فرار از دسته آلاینده های مهم هوا به شمار می

آیند. آلودگی هوای صنایع شیمیایی، نفت و پتروشیمی یکی

از مسایل پیچیده محیط زیستی است. و همچنین موجب پدید

آمدن اثر گلخانه ای می شوند [۳ و ۲۴] گازهای زاید

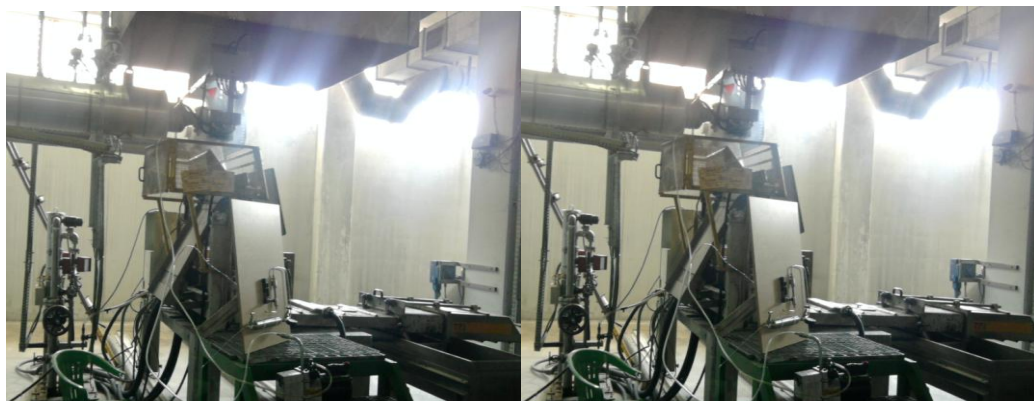
صنعتی واحدهای شیمیایی، نفت و پتروشیمی حاوی انواع

ترکیبات آلی فرار می باشند. اغلب ترکیبات آلی فرار سمی

بندی واحد پلی استایرن جهت بررسی جذب سطحی با استفاده از بسترهای جاذب. (کربن فعال، زئولیت و آلومینای فعال)

زمان اشباع شدن بستر جاذب انتخاب شده در آزمایشگاه و محیط مورد مطالعه.

شرح دستگاه: سامانه مورد نظر در آزمایشگاه و اتاق دانه



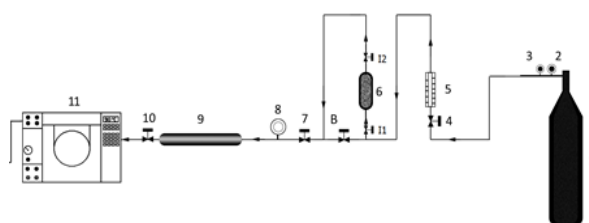
شکل های ۱،۲: سامانه مورد نظر در آزمایشگاه و اتاق دانه بندی واحد پلی استایرن

جدول ۱- توضیح قسمت های مختلف سامانه استفاده شده در آزمایشگاه

مشخصات	شماره مشخص شده روی شکل
کپسول استاندارد آزمایشگاه C حاوی : ازت، بنزن 110ppm، تولوئن 30ppm، اتیل بنزن 20ppm، اورتوزایلن 20ppm و استایرن مونومر 20ppm.	1
ریگلاتور و نشان دهنده های فشار داخل مخزن	2
فشار خروجی مخزن	3
شیر سوزنی ورودی روتامتر	4
روتامتر (بروکس هلند)	5
شیرهای وردی و خروجی بستر جاذب	I1&I2
شیر کنار گذر بستر جاذب	B
بستر جاذب	6
شیر سوزنی بمب نمونه گیری	7
نشان دهنده فشار سامانه	8
بمب نمونه گیری	9

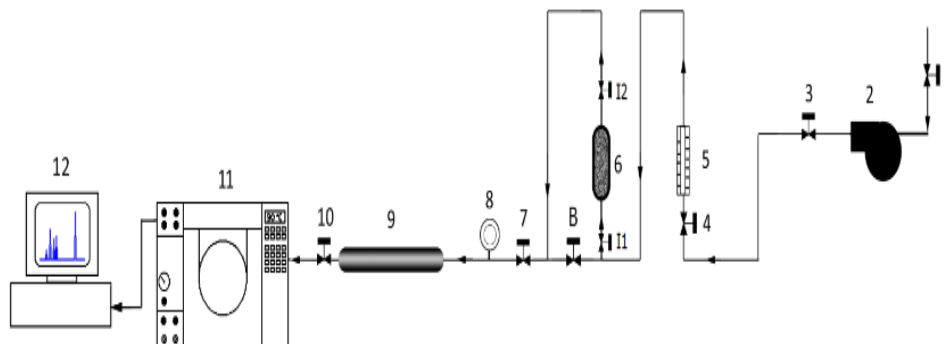
۲-۲- در شکل ۲- قسمت های مختلف پابلوت مورد استفاده

در آزمایش توضیح داده شده است.



شکل ۳: سامانه استفاده شده در آزمایشگاه و نمایش قسمت های مختلف

آن.



شکل ۳- سامانه استفاده شده در اتاق دانه بندی و نمایش قسمت های مختلف آن

جدول ۲- توضیح قسمت های مختلف سامانه استفاده شده در آزمایشگاه

شماره مشخص شده روی شکل	مشخصات
1	ورودی پمپ خلأ که بخارات بالای رشته های پلیمری را که حاوی ترکیبات آلی فرار بهمراه مقداری بخار آب و هیدروکربنهای سوخته شده . (ورودی پمپ خلأ همیشه کاملاً باز می باشد).
2	پمپ خلأ
3	شیرتظیم: برای اینکه در اثر نیمه بسته شدن شدن صدمه ای به پمپ خلأ وارد نشود، مقداری از جریان با باز کردن این شیر تخلیه می گردد..
4	شیر سوزنی ورودی روتامتر
5	روتامتر (بروکس هلند)
I1&I2	شیرهای وردی و خروجی بستر جاذب
B	شیر کنار گذر بستر جاذب
6	بستر جاذب
7	شیر سوزنی بمب نمونه گیری
8	نشان دهنده فشار سامانه
9	بمب نمونه گیری
10	شیرسوزنی خروجی و تنظیم کننده فشار سامانه

مواد و روش

با توجه به شکل شماتیک^۳، طرز کار این سامانه به این ترتیب بود که ابتدا گازهای خروجی از بخش دانه بندی از طریق ورودی پمپ خلأ (۱) و به سبب مکش ایجاد شده توسط پمپ خلا (۲) وارد پمپ خلأ شده و بعد از آن وارد جهت تعیین دبی وارد روتامتر و (۵) و بعد از آن وارد رآکتور جذب سطحی (۵)

شده و بعد از انجام فرآیند جذب سطحی بر روی این گازها، در نهایت پس از عبور از شیرسوزنی و اتصالات از طریق بمب

نمونه گیر (۱۰) عبور داده می شود با بازویا بسته کردن شیرسوزنی خروجی بمب نمونه گیری فشارمورد نظر در سامانه تنظیم می گردد و بعد از سپری شدن مدت زمان معینی (بر طبق جدول) با بستن شیرهای ورودی و خروجی بمب نمونه گیری، نمونه جهت آنالیز و تعیین ppm ترکیبات به آزمایشگاه ارسال می گردد. آنالیز ترکیبات توسط دستگاه GC صورت می گیرد و خروجی در کامپیوتر دیده می شود.

راندمان حذف برای تعیین جاذب برتر:

$$R=100 * (C_{in} - C_{out}) / C_{in}$$

جدول شماره ۴- خروجی از بستر جاذب بعد از $t=35\text{min}$ در شرایط عملیاتی مشخص شده در بالای جدول برای جاذب های مختلف.

Component's	P=1.5 bar Q=600 ml/min H=4 cm					P=1.0 bar Q=400 ml/min H=6 cm					P=2.0 bar Q=400 ml/min H=6 cm				
	out-BZ	out-TOL	out-EB	out-O-XYL	out-SM	out-BZ	out-TOL	out-EB	out-O-XYL	out-SM	out-BZ	out-TOL	out-EB	out-O-XYL	out-SM
Activated zeolite	4.45	0.89	1.56	0.2	0.1	3.8	0.7	0.82	0.1	0.1	2.9	0.6	1.1	0.14	0.1
Activated carbon	5.41	1.01	1.79	0.24	0.1	4.4	0.8	0.9	0.1	0.1	3.2	0.81	1.3	0.27	0.1
Activated alumina	6.62	1.98	1.68	0.38	0.23	7.65	1.34	1.65	0.35	0.25	5.2	1.6	1.43	0.35	0.2

جدول ۵- درصد حذف ترکیبات آلی فرار بر روی جاذب های انتخاب شده بر اساس جدول شماره ۴.

Component's	P=1.5 bar Q=600 ml/min H=4 cm					P=1.0 bar Q=400 ml/min H=6 cm					P=2.0 bar Q=400 ml/min H=6 cm				
	R-BZ	R-TOL	R-EB	R-O-XYL	R-SM	R-BZ	R-TOL	R-EB	R-O-XYL	R-SM	R-BZ	R-TOL	R-EB	R-O-XYL	R-SM
Activated zeolite	95.95	97.1	92.2	99	99.5	96.5	97.7	95.9	99.5	99.5	97.4	98	94.5	99.3	99.5
Activated carbon	95.1	98.57	91.1	98.8	99.5	96	97.3	95.5	99.5	99.5	97.1	97.3	93.5	98.65	99.5
Activated alumina	93.9	93.4	91.6	98.1	98.9	93.1	95.5	91.8	98.3	97.8	95.2	94.7	92.8	98.2	99.0

بعد از بدست آوردن جاذب برتر (زنولیت کلینو) با استفاده روش رویه پاسخ به کمک نرم افزار minitab14 آزمایش-ها را با ۳ فاکتور در ۳ سطح مطابق جدول شماره (۶) طراحی کرده و شرایط بهینه (از لحاظ فشار، دبی و ارتفاع بستر جاذب) طبق جدول (۷) بدست آمده است.

با توجه به نتایج بدست آمده از محاسبه راندمان حذف انواع جاذب های بکار برده شده در این تحقیق، و بر طبق جداول شماره ۴ و ۵ مشخص می شود که زنولیت کلینو از کیفیت بهتری در حذف آلاینده های گازی نسبت به دو جاذب کربن فعال صنعتی و آلومینای فعال صنعتی برخوردار است.

جدول ۶- کد گذاری عامل های اصلی (factors) و سطوح مورد نظر.

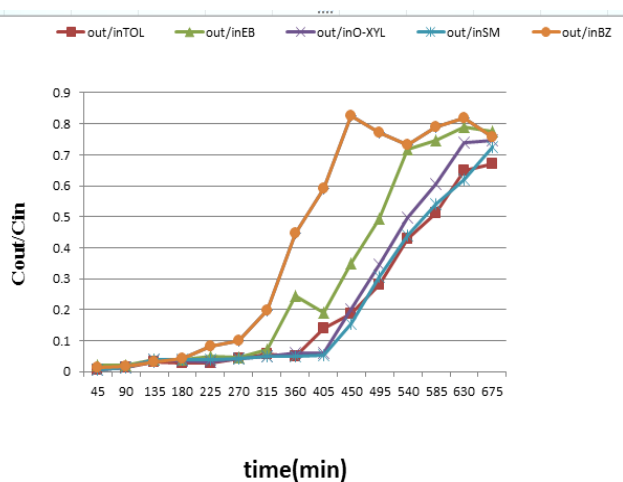
کد ها	$\alpha = -1.68179$	-1	0	1	$\alpha = 1.68179$
P(bar)	0.6591	1.0	1.5	2.0	2.3409
Q(ml/min)	263.641	400	600	800	936.359
H(cm)	0.63641	2.0	4.0	6.0	7.36359

جدول شماره ۷- شرایط عملیاتی بهینه برای بستر جاذب

فاکتور ها	P(bar)	Q(ml/min)	H(cm)
کد بهینه	0.84	-0.96	0.63
مقادیر X	1.9	410	5.15

یافته ها و نتایج

با ثابت نگهداشتن شرایط بستر و عبور ترکیبات از داخل بستر در آزمایشگاه زمان اشباع شدن بدست می آید. بستر جاذب بعد از گذشت حدود ۵۰۰ دقیقه اشباع می گردد. (شکل های ۵ و ۶)



شکل شماره ۵: زمان اشباع شدن بستر جاذب (زنولیت کلینو) با

استفاده از کپسول استاندارد آزمایشگاه.

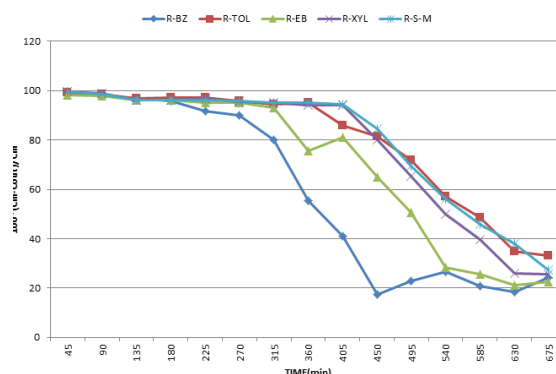
نتیجه گیری

۱) با توجه به میزان جذب سطحی مناسب آلاینده های موردنظر بر روی انواع جاذب های مورد استفاده، نتیجه گرفته می شود که روش جذب سطحی روشی مناسب برای حذف ترکیبات آلی فرار می باشد. و جاذب های صنعتی: کربن فعال، زئولیت کلینو و آلومینای فعال مورد استفاده در این تحقیق، از راندمان مطلوبی برخوردار می باشند.

۲) مقایسه انواع جاذب های مورد استفاده نشان می دهد زئولیت کلینو دارای عملکرد بهتری نسبت به دو نوع جاذب دیگر کربن فعال صنعتی و آلومینای فعال می باشد.

۳) مقایسه بین نتایج بدست آمده از دو سامانه: هوای محیط دانه بندی و کپسول استاندارد آزمایشگاه نشان می دهد که بازده حذف ترکیبات آلی فرار در هر دو محیط (آزمایشگاه و اتاق دانه بندی) از راندمان مطلوبی برخوردار بوده ولی میزان حذف در آزمایشگاه بیش تر از هوای محیط می باشد. و به عبارتی دیگر بازده حذف در اتاق دانه بندی مقداری افت نشان می دهد. که دلیل آن:

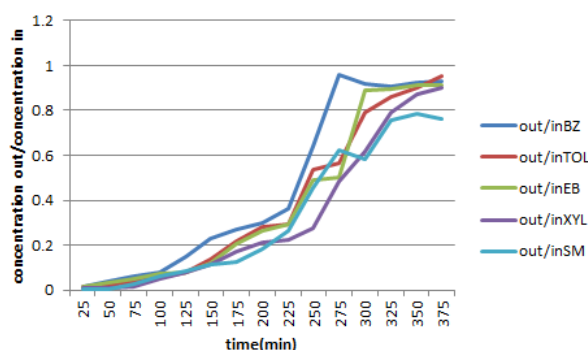
الف) هیدرو کربن های سوخته شده: پلی استایرن هایی که در اثر تماس با dihead در مجاورت هوا سوخته می شوند و ایجاد دود می کند که در خروجی بصورت دود و سیاهی ظاهر می شوند این ها با این که سطح جاذب را اشغال می کنند ولی دستگاه GC آن ها را آنالیز نمی کند و در نتایج نشان داده نمی شوند. این هیدرو کربن های سوخته شده باعث پایین آمدن درصد حذف ترکیبات آلی فرار توسط سطح جاذب می گردد.



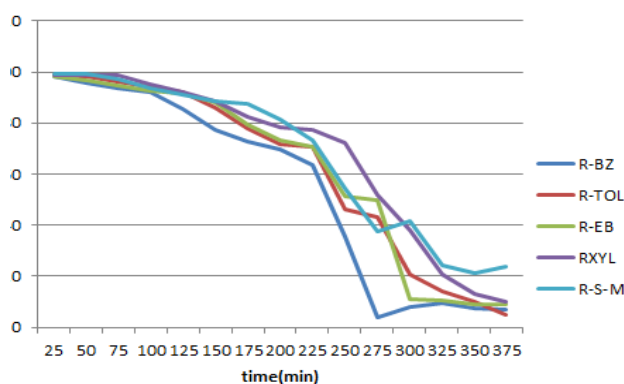
شکل ۶: درصد حذف ترکیبات بعد از مدت زمان های مشخص

شده. با استفاده از کپسول استاندارد آزمایشگاه

چنانچه آزمایش را با همین شرایط در اتاق دانه بندی انجام دهیم می بینیم که بستر جاذب بعد از گذشت حدود ۳۰۰ دقیقه اشباع می گردد



شکل شماره ۷: زمان اشباع شدن بستر جاذب (زئولیت کلینو) اتاق دانه بندی



شکل شماره ۸: زمان اشباع شدن بستر جاذب (زئولیت کلینو) اتاق دانه بندی

۷- دکتر محمد رضا مسعودی، هما، سعادت هالک، فرح، میرمحمدی محسن، بررسی و سنجش مواد آلی فرار در محیط های بسته مسکونی و اماکن نژاد، مهندس بهاره علی پناهی و دکتر رضا کیا کجوری، بررسی- مقیاس های سه روش جذب سطحی، جذب شیمیائی و روش بیوفیلتراسیون در حذف آلاینه های گاز از هوای محیط های صنعتی، دانشگاه علوم پزشکی- شهید بهشتی، دانشکده بهداشت. آبان ماه ۱۳۸۸، دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران.

۸- سید مرتضی رضایی، روشهای حذف مواد آلی فرار از گازها، رومانی، ۱۲ دی ماه ۱۳۸۹ دانشگاه Universitatea Tehnică din Iaş.

۹- انور خودیف، سیروس شفیعی، جعفر صادق سلطان محمدزاده، سعید رجب زاده، محمد حقیقی و جمیله اودک، حذف ترکیبات فرار آلی از هوا با استفاده از ازن در حضور سیلیکا، ۱۰۸۳ نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

10-Å tandeker, S. Z. Novak, et al. (2009). "Removal of BTEX vapours from waste gas streams using silica aerogels of different hydrophobicity. *Journal of Hazardous Materials* 165(1&3): 1114-1118.

11-Bennett, G. F. (2008). "R. Koppmann, Editors., Volatile Organic Compounds in the Atmosphere (2007) Blackwell Publishing, Oxford, UK 512 pp. Price: US\$ 199.99, ISBN: 978-1-4051-3115-5." *Journal of Hazardous Materials* 151(1): 285.

12-Burgos, N., M. Paulis, et al. (2000). New alumina/aluminium monoliths for the catalytic elimination of VOCs. *Studies in Surface Science and Catalysis*, Elsevier. Volume 130: 593-598.

13-Cai, Z. and G. A. Sorial (2009). "Treatment of dynamic VOC mixture in a trickling-bed air biofilter integrated with cyclic adsorption/desorption beds." *Chemical Engineering Journal* 151(1&3): 105-112.

14-Chuang, C. L., P. C. Chiang, et al. (2003). "Modeling VOCs adsorption onto activated carbon." *Chemosphere* 53(1): 17-27.

15-Das, D., V. Gaur, et al. (2004). "Removal of volatile organic compound by activated carbon fiber." *Carbon* 42(14): 2949-2962.

16-Dumont, E., G. Darracq, et al. "VOC absorption in a countercurrent packed-bed column using water/silicone oil

(ب) رطوبت : جهت خنک کاری رشته های پلیمر، برش کاری و دانه بندی در پلیتایزر، آب کندانس از قسمت dihead تزریق می شود و این باعث می شود که همراه ترکیبات آلی فرار مقداری رطوبت نیز داشته باشیم. رطوبت همراه گازهای خروجی باعث پایین آمدن درصد حذف ترکیبات آلی فرار توسط سطح جاذب می گردد.

(ج) عامل سوم پودر ها : که به صورت پفکی خود را در پلی استایرن معمولی دیده می شوند. علت تشکیل این پودر ها شکنندگی رشته های پلی استایرن معمولی در اثر CUTTING می باشد. هر چه قدر CUTTER تازه باشد و نیز تیغه آنیز تیز باشد، مقدار پفکی ها کم خواهد بود و در اثر بهم چسبیدن پودر کلاف های پنبه ماندی تشکیل می شوند و باعث افت کار آیی سطح جاذب می شود.

منابع

- ۱- دکتر منصور غیاث الدین، آلودگی هوا: منابع، اثرات و کنترل، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۵ چاپ اول
- ۲- آقازاده، فائزه، مدل سازی فرآیند حذف VOC در راکتورهای غشایی، ۱۳۸۴، پایان نامه مقطع دکتری، ۴۹-۱ دانشگاه تبریز.
- ۳- ه.س. پوی، د.ر. و وچانوگلاس، ۱۳۸۵، مهندسی محیط زیست، دکتر محمد علی کینزاد و دکتر سیروس ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، جلد دوم.
- ۴- دکتر ثنائی، غلامحسین، ۱۷۳۰، سم شناسی صنعتی، انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول
- ۵- دکتر دبیری، مینو، ۱۳۸۵، آلودگی محیط زیست (هوا-آب-خاک-صوت)، گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید بهشتی، نشر اتحاد.
- ۶- کشاورزی شیرازی عمومی، مجله محیط شناسی، زمستان ۱۳۸۲، شماره ۳۲، صفحه ۴۶-۴۱.

- mixtures: Influence of silicone oil volume fraction." Chemical Engineering Journal**168**(1): 241-248.
- 17-Hoque, R. R., P. S. Khillare, et al. (2008)."Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India." Science of The Total Environment**392**(1): 30-40.
- 18-Huling, S. G., E. Kan, et al. "Fenton-driven chemical regeneration of MTBE-spent granular activated carbon – A pilot study." Journal of Hazardous Materials**205**–**206**(0): 55-62.
- 19-Khan, F. I. and A. Kr. Ghoshal (2000)."Removal of Volatile Organic Compounds from polluted air." Journal of Loss Prevention in the Process Industries**13**(6): 527-545.
- 20-Lee, D.-K., D.-S.Kim, et al. (2001).Effects of oxygen spillover on the catalytic oxidation of BTEX in air with Pt/CeO₂ catalyst. Studies in Surface Science and Catalysis, Elsevier. **Volume 138**: 331-338.
- 21-Lu, C.-Y. and M.-Y. Wey (2007). "Simultaneous removal of VOC and NO by activated carbon impregnated with transition metal catalysts in combustion flue gas." Fuel Processing Technology**88**(6): 557-567.
- 22-Rotter, H., M. V. Landau, et al. (2004). "High surface area chromia aerogel efficient catalyst and catalyst support for ethylacetate combustion." Applied Catalysis B: Environmental**47**(2): 111-126.
- 23-San, J.-Y., Y.-C.Hsu, et al. (1998)."Adsorption of toluene on activated carbon in a packed bed." International Journal of Heat and Mass Transfer**41**(21): 3229-3238.
- 24-Saracco, G. and V. Specchia (2000). "Catalytic filters for the abatement of volatile organic compounds." Chemical Engineering Science**55**(5): 897-908.
- 25- Hosseini, S. Ali Niaei, AligholiSalari, DariushAghazadeh, Faezeh" Nanostructure Copper-exchanged ZSM-5 Catalytic Activity for Conversion of Volatile Organic Compounds (Toluene and Ethyl Acetate)" Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering, Faculty of Chemistry, University of Tabriz, Tabriz, Iran