نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

# بررسی و طراحی سیستم مناسب جلوگیری از انتشار غبار ناشی از پودر در واحد HD پلی اتیلن سنگین پتروشیمی بندر امام

سپهدار انصاری نیک[1*]، اعظم مینابی[2]

۱. پتروشیمی تندگویان-PET1

۲. پتروشیمی بندرامام – تحقیق و توسعه

## چکیده

**غبار ناشی از عملیات انتقال و اختلاط پودر مواد پایدار کننده با پودر پلی اتیلن در کارخانه پلی اتیلن سنگین پتروشیمی بندر امام با غلظت تقریبی ۵۰۰ میلی گرم بر متر مکعب در هوای تخلیه در محیط کار منتشر می شود . با توجه به ماهیت مضر بودن ذرات از لحاظ شیمیایی گرفته شد مطالعات لازم جهت بررسی و طراحی سیستم مناسب جهت جلوگیری از انتشار غبار در محیط انجام گرفت. در این چارچوب مطالعات تئوری و مهندسی صورت گرفته و راهکار مناسب آن بصورت نصب یک دستگاه فیلتر کیسه ای با متعلقات مربوطه شامل خطوط لوله ، سیستم تمیز کننده و مکنده هوا طراحی و ارائه گردید.**

**در این طراحی سرعت فیلتراسیون ۰،۰۱۶ متر بر ثانیه ، سرعت کانال بین کیسه ها ۰،۴ متر بر ثانیه و حجم هوای قابل مکش نیز ۷۲۰ نرمال مترمکعب به عنوان معیارهای طراحی فیلتر سنجیده و در نظر گرفته شدند و سطح فیلتر ۲۰ متر مربع ، تعداد کیسه ها ۴۰ عدد با قطر ۱۲۰ میلی متر و طول ۱۳۰۰ میلی متر بدست آمدند. طبق طراحی غلظت غبار در هوای خروجی از فیلتر به زیر ۰،۰۵ گرم بر متر مکعب کاهش خواهد یافت**

**کلمات کلیدی**: پتروشیمی بندر امام، پاک سازی هوا، فیلتر کیسه ای، جذب غبار

## مقدمه

در واحد پلی اتیلن سنگین پتروشیمی بندر امام در هنگام نقل و انتقال کیسه های پودر پایدار کننده و تخلیه آن به مخزن اختلاط با پودر پلی اتیلن ، توسط کارگران ، مقدار قابل توجهی غبار ایجاد می شود که توسط یک دستگاه مکنده با سرعت زیاد در محیط کار در ارتفاع حدود ۱۴ متری تخلیه می گردد. این غبار که بر اساس برگ داده های ایمنی ارائه شده از طرف تولید کنندگان جزء مواد مضر و بعضا سمی معرفی گردیدند به دلیل خیلی ریز بودن در هوا معلق گردیده و در محیط کارخانه پخش می شوند که سیستمهای تنفسی افراد را در سراسر کارخانه و حتی محیطهای اداری تهدید می نمایند. همچنین در قسمتهای انتقال پودر پلی اتیلن در هنگام عملیات تولید ، به دلایل متعدد نقص عملیاتی یا مکانیکی تجهیزات مقدار قابل توجهی پودر پلی اتیلن در ارتفاعات مختلف در بخش اکستروژن نشت کرده که سقوط و انتقال پودرباعث ایجاد غبار غلیظی در محوطه عملیاتی اکستروژن می گردد که سلامتی افراد در آن ناحیه و سایر محوطه های مجتمع را به خطر می اندازد. لذا از آنجایی که شناسایی منابع آلوده کننده محیط زیست و بخصوص هوا و بکار گرفتن راهکارهای درست جهت کنترل و پیشگیری از آلودگی محیط توسط آلاینده های مختلف هدف اصلی مدیریت زیست محیطی می باشد و بر اساس خط مشی مدیریت زیست محیطی شرکت پتروشیمی بندر امام ، این مدیریت تصمیم به شناسایی آلاینده های مختلف صنعتی ناشی از فرآیندهای مختلف در کارخانجات مجتمع پتروشیمی بندر امام و سپس کنترل و حذف آنها از طریق مطالعات تحقیقاتی و مهندسی ، گرفته است. مقاله حاضر خلاصه ای از مطالعات تئوری و طراحی مهندسی بوده که بصورت طرح پژوهشی با عنوان فوق در مرکز تحقیق و توسعه پتروشیمی بندر امام انجام گرفته است. در این مطالعه انواع آلاینده های هوا به طور کلی و آلاینده های زیست محیطی در واحد HDPE بندر امام مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند و اصول و روشهای فیزیکی و شیمیایی متداول در پاک سازی هوا و روشهای میزان غبار در هوا به بحث گذاشته شد.

همچنین سیستمها و تجهیزات کنترلی آلاینده های هوا شامل سیکلونها ، ترسیب کننده های الکتریکی ، ستونهای جذب سطحی ، کوره های زباله سوز ، برجهای جذب گاز –مایع ، راکتورهای کاتالیستی و فیلترهای کیسه ای برشمرده شده و اصول کار آنها شرح داده شد.

تئوری فیلترهای جذب غبار ، طرز کار آنها ، انتخاب و طراحی و عوامل موثر بر راندمان آنها نیز ارائه گردید.

در قسمتهای دیگر این طرح ، راهکارهای مختلف و مناسب جهت پیشگیری از انتشار غبار ناشی از عملیات انتقال و اختلاط پودر پلی اتیلن و پودر مواد افزودنی جامد ، مورد بررسی قرار گرفتند و مزایا و معایب هر کدام عنوان گردید و راهکار مناسب و عملی پیشنهاد گردید.

در بررسی راهکارها ، فیلتر کیسه ای [1] به عنوان یک انتخاب مناسب شناسایی گردید و طراحی فیلتر مناسب براساس داده های فیزیکی سیستم انجام گرفت و نقشه های مهندسی مربوط به طراحی و نصب سیستم تهیه گردید.

1- Bag filter

## تئوری

اگر چه محدوده وسیعی از سیستمها و یا دستگاههای مختلف برای ذرات آیروسل [۲] از جریانات گازی وجود دارد، ولی وقتی هدف گرفتن ذرات خیلی ریز و غبار گونه [۳] با راندمان بالا باشد استفاده از فیلترهای گرداوری غبار[۴]، بهترین انتخاب می باشد. دو نوع عمده فیلترهای جمع کننده، فیلترهای کیسه ای [۵] و فیلترهای کارتریجی می باشند. بطور کلی اهداف استفاده از این فیلترها کاربردهای زیست محیطی برای پیشگیری از انتشار غبار در هوا، بازیافت مواد و محصولات و بهبود کنترل کیفیت مواد باشند. در این مطالعه، تمرکز روی اصول کار و طراحی فیلترهای کیسه ای می باشد. در این نوع سیستمهای تمیز سازی و خالص سازی هوا از غبارها و ذرات خیلی ریز از مفاهیم و عملیاتهای الک کردن، تماس، فشرده سازی، انعقاد و به هم پیوستن ذرات و همچنین تاثیر نیروهای الکترواستاتیک استفاده می شود. سطح فیلتر که ناحیه تماس ذرات با فیلتر و نشستن آنها روی فیلتر می باشد، از طریق تقسیم نمودن سطح به تعداد زیادی کیسه های لوله مانند با قطر کم و طول زیاد به بیشترین مقدار خود افزایش داده می شود. این کیسه ها از طریق نگهدارنده های مخصوص به خود در داخل بدنه استوانه ای فیلتر که پوسته آن نامیده می شود محکم شده و در مسیر عبور گاز یا هوای آلوده و حاوی غبار قرار می گیرند. عبور گاز از منافذ کیسه های بافته شده باعث گیر افتادن ذرات ریز در منافذ عبور گاز صاف و تمیز از داخل کیسه ها می شود. پس از گذشت زمان مشخصی از عملیات فیلتراسیون ، در اثر نشست ذرات غبار روی فیلتر، یک لایه کیک گونه روی جداره بیرونی کیسه ها شکل گیرد که در نهایت باعث افزایش افت فشار گاز عبور کننده و اختلال در عملیات فیلتراسیون می گردد و لذا بایستی به روش دیگری غبار تجمع یافته از روی کیسه برداشته شود و کیسه مجددا" راندمان تمیز سازی خود را باز یابد. این عمل به کمک دستگاه ارتعاش دهنده مکانیکی یا جریان معکوس هوا بصورت جت ضربه ای[۶] صورت می گیرد. برای ذرات بیش از یک میکرون تا ۹۹٪ راندمان جدا سازی دارند. افت فشار در این فیلترها نیز ۱ تا ۱۰ اینچ ستون آب در عملیات عادی می باشد[1].

یک پارامتر مهم در طراحی یک فیلتر کیسه ای سرعت فیلتراسیون یعنی سرعت عبور گاز حاوی غبار از منافذ فیلتر می باشد این مقدار برای غبارهای خشک ناشی از پودرهای جامد پلیمری در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ متر بر ثانیه و بطور کلی در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۰۶ متر بر ثانیه می باشد [1].

پارامترهای دیگر در طراحی شامل سرعت عبور گاز داخل پوسته و بین کیسه ها، غلظت غبار در گاز، افت فشار مجاز در فیلتر، اندازه ذرات غبار همراه گاز ، درجه حرارت و فشار گاز عبوری می باشند. محدوده سرعت در پوسته نیز از ۰/۰۳ تا ۱/۳ متر بر ثانیه می باشد که تابع دانسیته ذرات و اندازه آنها می باشد. تغییر در مشخصات گرد و غبار همراه گاز ، نوسان درمقدار جریان حجمی گاز و عدم تناسب در فاکتورهای طراحی از عوامل ایجاد اشکال در کارکرد صحیح و مداوم فیلترهای کیسه ای می باشند.

1- Aerosol
2- Dust
3- Filter Dust collector
4- Bag filter
5- Pulsed air

عوامل موثر بر کیفیت چسبندگی و تجمع ذرات روی سطح فیلترها و در نتیجه راندمان آنها را می توان چنین برشمرد: میزان نفوذ با اندازه ذرات تغییر می کند، سرعت برخورد گاز بر میزان جذب و نفوذ ذره می افزاید، بالا بودن دانسیته بافت فیلتر باعث افزایش افت فشار و افزایش راندمان فیلتر می شود، هر چه نخ بکار رفته در بافت فیلتر باریکتر باشد راندمان بالاتر است. انتخاب جنس فیلتر نیز تابع ماهیت شیمیایی گاز و ذرات، رطوبت همراه، راندمان مورد نیاز، افت فشار مجاز و هزینه اقتصادی آن می باشد.

## تجربی و آزمایش

هدف از انجام آزمایش به دست آوردن مقدار غبار[۷] در گاز تخلیه [۸] به محیط بود. این آزمایش بر اساس روش استاندارد ISO 9096.1992 انجام گرفت تجهیزات مورد استفاده به شرح زیر بودند:

۱-پمپ نمونه برداری با حجم بالا[۹]، مدل MCS 10 ساخت شرکت SKC انگلستان

۲-پراب[۱۰] نمونه برداری و انواع نازل با قطرات مختلف

۳-نگهدارنده فیلتر[۱۱]

۴-پیتوت تلسکوپی ساخت شرکت ایرفلو انگلستان

۵-مانومتر دیجیتال مدل APM 50K ساخت شرکت ایرفلو

## روش کار

ابتدا دو عدد سوراخ به قطرهای ۵ و ۲ سانتی متر روی کانال ورودی به دمنده گاز تخلیه جهت وارد کردن پراب نمونه برداری ایجاد گردید. سپس با استفاده از پیتوت تلسکوپی و مانومتر دیجیتال فشار سرعت ($P_V$) و سرعت گاز در داخل کانال ورودی اندازه گیری شد. در این قسمت فشار سرعت برابر ۱۰۰ پاسکال بدست آمد که طبق فرمول استاندارد زیر مقدار سرعت گاز برابر ۱۳/۵ متر بر ثانیه محاسبه شد [2]:

$$u = 4.05(\frac{760}{B}\times\frac{T}{293}\times P_7)^8\,\frac{1}{2}$$

$P_V$ فشار سینتیکی جریان هوا بوده و بر حسب میلی متر آب می باشد. سرعت گاز توسط دستگاه سرعت سنج در داخل کانال عبور گاز مستقیما برابر ۱۵ متر بر ثانیه اندازه گیری شد. با توجه به سرعت گاز و با انتخاب نازل برای پراب نمونه برداری به قطر ۳ میلی متر از روی شکل ارائه شده در دستورالعمل دبی پمپ مکنده جهت نمونه برداری از گاز تخلیه برابر ۸ لیتربر دقیقه بدست آمد و پمپ روی این مقدار تنظیم گردید. مطابق شکل (۱) درضمائم پراب نمونه برداری حامل نگهدارنده فیلتر جهت گرفتن نمونه در داخل کانال قرار گرفت. بر اساس زمانهای معین ۱۲ دقیقه و ۴ دقیقه جهت نمونه گیری ، با عبور گاز حامل غبار از روی فیلتر مخصوص که قبلا وزن آن با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شد ، مقدار غبار جذب شده روی فیلتر از روی اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه گیری بدست آمد و با توجه به حجم هوای نمونه برداری شده توسط پمپ ، غلظت گرد و غبار در گاز تخلیه بصورت زیر محاسبه گردید :

1- Dust Load
2-Vent gas
3-High value
4- Probe
1-Holder

$W_1$ = وزن اولیه فیلتر = ۸۶/۶ میلی گرم

$W_2$ = وزن فیلتر پس از نمونه گیری = ۹۹/۸۴ میلی گرم

T = زمان نمونه برداری = ۴ دقیقه

$W_2$-$W_1$ = مقدار غبار جذب شده روی فیلتر = ۱۳/۲۴ میلی گرم

Q = ظرفیت پمپ نمونه گیری = ۸ لیتر در دقیقه

C = غلظت گرد و غبار در گاز تخلیه = ۰/۰۳۲ ÷ ۱۳/۲۴ = ۴۱۰ میلی گرم بر متر مکعب

V = حجم کل گاز عبوری در زمان نمونه گیری = ۴ × ۸ =۳۲ لیتر

غلظت غبار در گاز تخلیه یک عامل مهم برای تعیین ضریب کاربرد در طراحی سطح فیلتر جمع کننده غبار از گاز تخلیه می باشد. همچنین در انتخاب نوع سیستم حذف غبار و جنس آن نیز موثر است.

## طراحی

پارامترهای مهم طراحی یک فیلتر کیسه أی غبارگیر شامل سطح فیلتر برای جذب ذرات غبار، ابعاد فیلتر شامل طول و قطر آن، تعداد کیسه ها و طول قطر آنها ، نوع سیستم تمیز کاری فیلتر از غبار جذب شده و انتخاب جنس فیلتر می باشند. معیارهای لازم جهت انجام محاسبات طراحی نیز شامل سرعت عبور گاز در بافت فیلتر، سرعت عبور گاز در پوسته فیلتر در فضای بین کیسه ها ، غلظت غبار در گاز ، توزیع اندازه ذرات غبار، حجم عبوری گاز در کانال، درجه حرارت و فشار گاز عبوری ، خاصیت خورنده بودن گاز یا ذرات همراه آن، افت فشار روی فیلتر، میزان رطوبت در گاز و خواص چسبنده بودن ذرات غبار می باشند.

در این مطالعه بر اساس معیارهای ذکر شده پارامترهای طراحی فیلتر محاسبه و به دست آمدند:

سطح فیلتر = سرعت فیلتراسیون / دبی حجمی گاز عبوری حاوی غبار

در این رابطه منظور از سطح فیلتر، کل سطح کیسه های فیلتر بوده که در معرض عبور گاز قرار گرفته و سرعت فیلتراسیون نیز همان سرعت گاز در بافت فیلتر می باشد. سرعت فیلتراسیون برای عبور غبار رزین های پلیمری در فشار پایین ۰/۰۱۲۷ متر بر ثانیه [1] و در دو سیستم نصب شده مشابه صنعتی به ترتیب ۰/۰۱۶۵ و ۰/۰۱۸ متر بر ثانیه [3] بدست آمدند. بر این اساس سرعت در نظر گرفته شده در این طراحی ۰/۰۱۶ متر بر ثانیه و دبی عبوری گاز نیز ۷۲۰ نرمال متر مکعب معادل ۱۲۰۰ مترمکعب در شرایط واقعی دما و فشار فرض شدند. سطح فیلتر به صورت زیر محاسبه شد:

$$1200(m^3/H)\times(1/3600)\div 0.016(m/\sec) = 20.8m^2$$

پس از اعمال ضرایب درجه حرارت، غلظت غبار در گاز و نوع کاربرد که به ترتیب ۰/۹ ، ۱/۲ و ۱ می باشند[۱] مقدار نهایی سطح فیلتر بص.رت زیر بدست آمد:

$$\text{سطح فیلتر بعد از اعمال ضرایب از روی سطح کل فیلتر و در} = 20.8/(0.9\times1\times1.2) = 19.26m^2 \approx 20m^2$$

نظر گرفتن ابعاد کیسه ها شامل طول و قطر آنها ، تعداد کیسه ها محاسبه می شود:

$$n = A_f/a_b \quad , \quad a_b = a_{sb} + a_{lb} \qquad a_{sb} = pd^2/4 = 0.0113m^2$$

$$a_{lb} = pdl = 3.14\times0.12\times1.3 = 0.49\,m^2 \quad a_b = 0.501m^2$$

$$n = 20\div0.501 = 40$$

به روشهای مشابه ابعاد پوسته فیلتر با در نظر گرفتن معیار سرعت عبور گاز در فضای داخل فیلتر به مقدار ۰/۴ متر بر ثانیه ، سطح مقطع پوسته فیلتر ۱/۲۸۵ متر مربع و در نتیجه قطر آن ۱۲۸۰ میلی متر محاسبه گردید. طول استوانه فیلتر ۱۶۱۵ میلی متر و طول مخروطی آن ۶۵۰ میلی متر نیز محاسبه گردیدند. جنس نخ ساخت کیسه ها نیز نمد گونه رایتون[۱۲] یا پلی استر پیشنهاد گردید.

## نتیجه گیری

سیستم مناسب برای پاک سازی هوا و یا حذف ذرات ریز و غبار مانند را بایستی با توجه به غلظت ذرات، توزیع اندازه ذرات، شرایط عملیاتی فشار و دما، شرایط محیطی ، ماهیت شیمیایی و فیزیکی ذرات و مقررات زیست محیطی جهت تعیین محدوده های مجاز ، بایستی انتخاب و طراحی نمود. فیلترهای کیسه ای یکی از سیستمهای ممتاز و قابل کاربرد با راندمان بالا در حذف ذرات خیلی ریز از گازها بخصوص پاک سازی هوا از آلاینده های جامد و معلق می باشند. در کاربرد این سیستم، بایستی پارامترهای طراحی بدرستی شناسایی شده و با توجه به معیارهای مهم طراحی شامل سرعت فیلتراسیون، سرعت در پوسته ، تناسب ابعاد پوسته، افت فشار و غلظت ذرات و همچنین بر اساس مهارتهای تجربی و آگاهی های تئوری محاسبه و بدست آیند. با توجه به نکات فوق ، فیلتر کیسه أی برای حذف غبار ناشی از عملیات انتقال مواد پایدار کننده و پودر پلی اتیلن در واحد پلی اتیلن سنگین پتروشیمی بندر امام طراحی گردید که نتیجه آن یک دستگاه فیلتر کیسه ای با تعداد ۴۰ عد کیسه بافته شده از جنس پلی استر یا رایتون با قطر ۱۲۰ میلی متر و طول ۱۳۰۰ میلی متر بود. همچنین سیستم مناسب جهت نصب این فیلتر و بکار گرفتن آن نیز طراحی گردید.

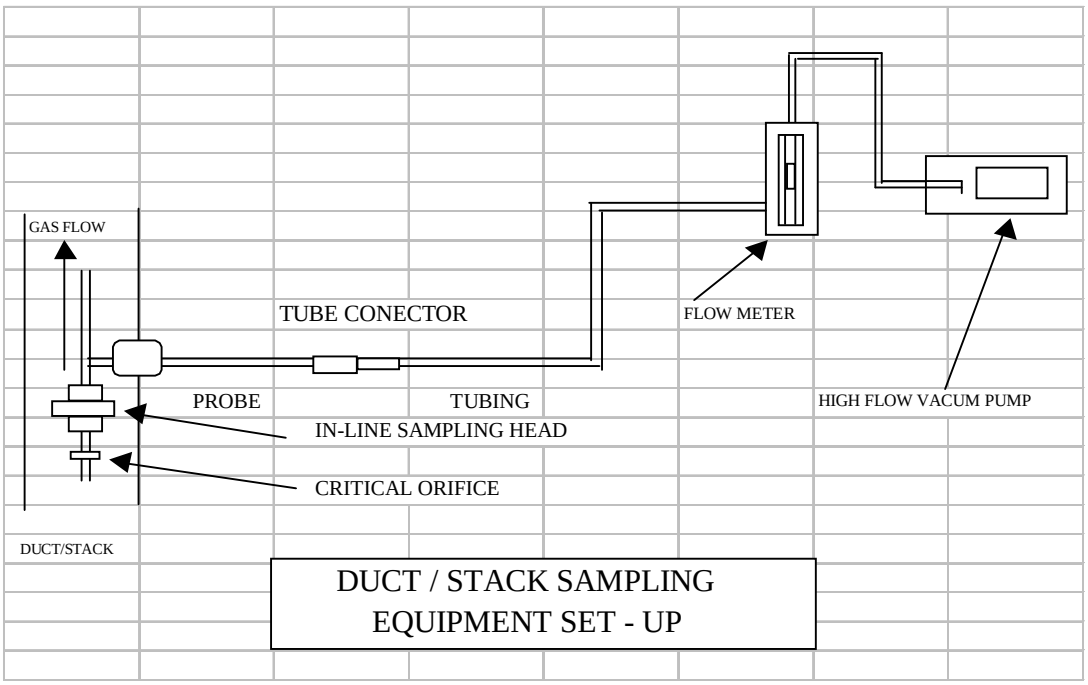
## نشانه ها

$a_b$ سطح کل خارجی یک عدد کیسه، متر مربع
$A_f$ سطح کل فیلتر، متر مربع
$a_{lb}$ سطح پیرامونی یک عدد کیسه، متر مربع
$a_{sb}$ سطح مقطع یک عدد کیسه، متر مربع
C غلظت گرد و غبار در گاز تخلیه، میلی گرم بر متر مکعب
d قطر داخلی یک کیسه، میلی متر یا متر
L طول یک عدد کیسه، میلی متر یا متر
n تعداد کیسه –
$P_V$ فشار سینتیکی جریان هوا، میلی مترآب
Q ظرفیت حجمی انتقال گاز، لیتر در دقیقه
T درجه حرارت گاز، درجه کلوین
t زمان، ثانیه
u سرعت گاز، متر بر ثانیه
V حجم کل نمونه گاز گرفته شده ، لیتر
$W_1$ وزن اولیه فیلتر، میلی گرم
$W_2$ وزن ثانویه فیلتر، میلی گرم

1-Felted Rayton

## منابع و مراجع

1. Miles L.croom“ ،selection of solid-gas separation and dust filter collector “. Chemicsl Engineering . July 1993.
2. Air Flow procedure for stack and duct sampling.
۳. انصاری نیک، سپهدار، ” بررسی و طراحی سیستم مناسب جلوگیری از انتشار پودر در واحد پلی اتـیلن سنگین “، آبان ۱۳۸۰، پژوهش و توسعه پتروشیمی بندر امام.




**شکل ۱- نصب تجهیزات سیستم نمونه گیری از کانالهای عمودی یا دود کشهای مسیر عبور گازها**