طراحی و ساخت PJF Cyclone و مقایسه با نمونه‌های خارجی

مهندس پرویز جعفری فشارکی عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده

یکی از روشهای جداسازی گردوغبارات از هوای کارخانجات صنعتی که از لحاظ هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری بسیار مقرون به صرفه است استفاده از دستگاه سیکلون می باشد و اولین بار در سال ۱۸۸۶ ساخته شد. این سیستم از دو استوانه ، مخروط ناقص و کانال چهارگوش ومتعلقات دیگرکه به نوعی در یکدیگر ادغام میشوند تشکیل شده است و در ابعاد مختلف از چند سانتیمتر تا چند متر ساخته میشود .

هدف از طراحی و ساخت p.j.f.Cyclone جمع آوری گرد و غبارات معلق در هوای کارخانجات صنعتی و افزایش راندمان و کارایی آن نسبت به نمونه های مشابه خارجی می باشد که گامی موثر در جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی بشمار میرود .

در این راستا پس از طراحی و ساخت ، این سیستم تحت چندین مرحله آزمایش با ذرات سیمان از رنج ۱۰ تا ۴۲۰ میکرون قرار گرفت و در هر مرحله با ۱۰ کیلوگرم ذرات مورد آزمایش قرار گرفت که در نهایت بطور متوسط معلوم گردید که ذرات بین ۱۰ الی ۲۰ میکرون که به لحاظ کوچک بودن سایز از اهمیت زیادی در صنایع برخوردارند با راندمان ۹۳٪ توسط این دستگاه جمع آوری شدند .

این آزمایشات در سیکلونهای مشابه خارجی از قبیل stair mand cyclone ,swift cyclone و T.S.N cyclone در همین شرایط انجام شدند که از کارآیی به ترتیب ۶۰٪ ، ۸۰٪ ، و ۸۶٪ برخوردار بودند و حال آنکه p.j.f.Cyclone بیش از ۹۰٪ کارآیی داشته که از اهمیت ویژه ای جهت کنترل آلودگی هوا در صنایع آلوده کننده برخوردار می باشد.

کلمات کلیدی : *سیکلون – ذرات – سیمان*

مقدمه

یکی از روشهای جداسازی گردوغبار از هوای کارخانجات صنعتی که از لحاظ هزینهٔ ساخت و تعمیر و نگهداری بسیار مقرون به صرفه است و باعث کاهش آلودگی می‌شود، استفاده از دستگاه سیکلون می‌باشد. که برای اولین بار در سال ۱۸۸۶ ساخته شد و معمولاً سازه‌ای فلزی دارد. لذا با توجه به شکل ساختمانی ساده و طرح پیچیده آن، تلفیقی از سیکلونهای مشابه خارجی که توسط دانشمندان ساخته شده است بعنوان PJF cyclone طراحی و ساخته شد و سپس با ۱۰,۰۰۰ گرم سیمان مورد آزمایش قرار گرفت هدف از طراحی و ساخت PJF cyclone جمع‌آوری گردوغبارات معلق در هوای کارخانجات صنعتی بخصوص صنعت سیمان همچنین افزایش کارایی نسبت به نمونه‌های مشابه خارجی می‌باشد.

مواد و روشها

انواع وسایل و مواد

هواکش- مانومتر- پمپ نمونه‌بردار- میکروسکوپ – لام – لامل – فیلتر – ترازو- ویبراتور- گراتیکول – پنس – الک – ظرف ته الک – سیمان – ورق آهن کالوانیزه – کانالهای رابط از جنس پولیکا و تابلوهای برق

مکانیسم عمل Cyclone P.j.f

ذرات و سیالات توسط مکنده‌ای که بعد از سیکلون نصب شده است و ظرفیتی حدود ۲۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه دارد با سرعتی نزدیک به ۶۰۰۰ فوت در دقیقه به داخل ورودی چهارگوش سیکلون وارد شده و تحت پیچش و در عین حال مماس با سیلندر اصلی در حالیکه زاویه ۸ درجه را طی می‌کند به سمت پایین به حرکت در می‌آید. زاویه ۸ درجه‌ای که در این سیکلون تعبیه شده است کمک به نیروی ثقل و ته‌نشین شکل ذرات در همان ابتدای امر می‌کند و باعث می‌شود که سیال پس از مدت اقامت خود در سیلندر اصلی در شرایطی که تحت نیروی سانتریفوژ قرار گرفته است ذرات را توسط مخروط ناقص که با شیب حدود ۸ درجه می‌باشد به دریچه تخلیه سیستم تحویل دهد وذرات بسیار ریز همراه سیال از محور عمودی سیکلون به طرف هواکش هدایت شود

طراحی و ساختمان Cyclone P.j.f

این سیکلون از لحاظ ابعادی شباهت بسیار زیادی به سیکلونهای ورودی مماسی (Swift) دارد و از لحاظ دریچه ورودی شباهت زیادی به دو نوع سیکلون ورودی پیچشی بیرونی (Stairmand) و ورودی مماسی حلزونی زاویه‌دار (TSN) دارد. در واقع با توجه به مطالب ارائه شده طراحی این سیکلون تلفیقی از سه نوع سیکلون یاد شده می‌باشد و هدف اصلی ساخت این سیکلون تعیین راندمان و کارائی سیستم و در نهایت مقایسه با نمونه‌های مشابه (خارجی) می‌باشد

Cyclone P.j.f دارای قسمتهای زیر می‌باشد.

۱) بخش ورودی :

این بخش دارای مقطع چهارگوش مستطیل شکل بوده و از این قسمت سیال با سرعت تقریبی ۳۰متر در ثانیه معادل ۶۰۰۰ فوت دردقیقه در حرکت می‌باشد و بصورت مماس و در عین حال با زاویه‌ای حدود ۸ درجه به بدنه سیکلون متصل می‌شود. عرض قسمت ورودی ۱۲ سانتیمتر و ارتفاع ورودی ۲۶/۴ سانتیمتر است.

۲) استوانه اصلی:

این بخش که عمل اصلی سانتریفوژ کردن سیال را بعهده می‌گیرد و نقش بسزائی در جداسازی ذرات از گاز را دارد دارای ارتفاعی معادل ۱۵۰ سانتیمتر می‌باشد و در واقع بخش اصلی سیکلون را تشکیل می‌دهد که در انتها به مخروط ناقص و در بالا به قسمت ورودی توسط خطوط جوش متصل شده است.

۳) مخروط ناقص:

مهمترین عملی که توسط مخروط ناقص سیکلون صورت می‌گیرد هدایت ذرات جدا شده در قسمت سیلندر اصلی و تحویل آن به قسمت ته سیکلون می‌باشد. زاویه شیب مخروط ۸ درجه در نظر گرفته شده و ارتفاع آن معادل ۱۵۰ سانتیمتر که در مقطع بالا به قطر ۶۰ و در پایین به قطر ۲۴ سانتیمتر ختم می‌شود.

۴) استوانه داخلی :

عمل اصلی این قسمت هدایت ذرات بسیار ریز همچنین گازها به سمت بالای سیکلون می‌باشد که توسط دودکش و هواکش می‌تواند به خارج (اتمسفر) راه پیدا کند. این استوانه کاملاً با سیلندر اصلی سیکلون هم محور می‌باشد و دارای ارتفاعی معادل ۳۰ سانتیمتر که در مقطع بالا به قطر ۲۵/۳ سانتیمتر و در پایین به قطر ۲۵/۳ سانتیمتر می‌باشد.

۵) دریچه خروجی :

این دریچه که در قسمت انتهای مخروط ناقص تعبیه شده است عمل هدایت گردوغبارهای درشت وذرات به بیرون را دارد. البته لازم است که یک دریچه گردنده نیز در انتهای سیکلون در نظر گرفته شود ولی به لحاظ اقتصادی این امر عملی نشده است، قطر خروجی این دریچه ۲۴ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

۶) نگهدارنده سیکلون :

جهت نگهداری و قرار گرفتن مستقیم سیکلون در فضا از لوله‌های سیاه به قطر تقریبی ۶ اینچ استفاده شده است که توسط خطوط جوش به بدنه اصلی متصل شده و عمل نگه داشتن سیکلون را بعهده دارد.

۷) ضخامت سیکلون :

ضخامتی که جهت این سیکلون در نظر گرفته شده با توجه به ابعاد و وزن دستگاه که حدود ۲۰۰ کیلوگرم می‌باشد برابر ۲/۵ میلمتر و از آهن سیاه همراه با رنگ اپوکسی جهت جلوگیری از زنگ‌زدگی و اکسید شدن استفاده شده است.

روش تست :

با توجه به اطلاعات کلی و جزئی که در مورد طراحی سیکلونهای خارجی از قبیل TSN، Stairmand و Swift ارائه شده است طراحی و ساخت PJF. Cyclon انجام گرفت به این ترتیب که ابتدا ذرات سیمان در رنجهای ۴۲۰-۱۵۳۰، ۱۵۳-۹۰، ۹۰-۵۳، ۵۳-۳۲ و ۳۲-۲۰ و ۲۰-۱۰ میکرون به میزان هر کدام ۱۰،۰۰۰ گرم توسط ویبراتور و الکهای مربوطه مش‌بندی و طبقه‌بندی شدند و جهت اطمینان از مش‌بندی ذرات سیمان توسط میکروسکوپ نیز سایزبندی مورد تأیید قرار گرفت که در این آزمایش ابتدا چهار سیکلون مورد بحث توسط کانالهای رابط به هواکش‌های سانتریفوژ با قدرت و ظرفیت یکسان متصل شده سپس میزان مواد جمع‌آوری شده در انتهای هر کدام از سیکلونها وزن و نسبت به ۱۰،۰۰۰ گرم سیمان ورودی تعیین راندمان شدند که آمار آنها در قسمت نتایج آورده شده است. سپس چهار سیکلون مورد نظر با ۱۰،۰۰۰ گرم ذرات سیمان مش‌بندی شده مشخص، جهت تعیین راندمان مورد آزمایش قرار گرفتند

نتایج

۱- تعیین وزن ذرات سیمان از دریچه خروجی سیکلون :

پس از انجام عملیات طبقه بندی به روش الک کردن بدست آوردن ۱۰۰۰۰ گرم سیمان از هر الک، محتوی هر ظرف را از طریق هواکش متصل به سیکلون، وارد سیکلونهای PJF، TSN، Stairmand و swift کرده و بطور مجزا میزان گردوغبار جمع آوری شده از ته سیکلون (دریچه تخلیه سیکلون) را وزن کرده و سپس از میزان ورودی کسر گردید. این عمل را ۵ مرتبه انجام گردید که میانگین آنها در جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ گویای این مطالب می‌باشد.

جدول ۱ تعیین وزن ذرات سیمان از دریچهٔ خروجی سیکلون PJF

سایر ذرات (میکرون)	میزان مواد جمع‌آوری (گرم)	میزان مواد (گرم)	درصد جمع‌آوری
۴۲۰-۱۵۳	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۱۵۳-۹۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۹۰-۵۳	۹۸۰۰	۱۰۰۰۰	۹۸
۵۳-۳۲	۹۶۰۰	۱۰۰۰۰	۹۶
۳۲-۲۰	۹۵۰۰	۱۰۰۰۰	۹۵
۲۰-۱۰	۹۳۰۰	۱۰۰۰۰	۹۳

جدول ۲ تعیین وزن ذرات سیمان از دریچهٔ خروجی سیکلون TSN

سایر ذرات (میکرون)	میزان مواد جمع‌آوری (گرم)	میزان مواد (گرم)	درصد جمع‌آوری
۴۲۰-۱۵۳	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۱۵۳-۹۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۹۰-۵۳	۹۴۰۰	۱۰۰۰۰	۹۴
۵۳-۳۲	۹۰۰۰	۱۰۰۰۰	۹۰
۳۲-۲۰	۸۸۰۰	۱۰۰۰۰	۸۸
۲۰-۱۰	۸۶۰۰	۱۰۰۰۰	۸۶

جدول ۳ تعیین وزن ذرات سیمان از دریچهٔ خروجی سیکلون Swift

سایر ذرات (میکرون)	میزان مواد جمع‌آوری (گرم)	میزان مواد (گرم)	درصد جمع‌آوری
۴۲۰-۱۵۳	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۱۵۳-۹۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۹۰-۵۳	۹۲۰۰	۱۰۰۰۰	۹۲
۵۳-۳۲	۸۸۰۰	۱۰۰۰۰	۸۸
۳۲-۲۰	۸۴۰۰	۱۰۰۰۰	۸۴
۲۰-۱۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۰

جدول ۴ تعیین وزن ذرات سیمان از دریچهٔ خروجی سیکلون Stairmand

سایر ذرات (میکرون)	میزان مواد جمع‌آوری (گرم)	میزان مواد (گرم)	درصد جمع‌آوری
۴۲۰-۱۵۳	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰
۱۵۳-۹۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۹۶
۹۰-۵۳	۸۷۰۰	۱۰۰۰۰	۸۷
۵۳-۳۲	۸۱۰۰	۱۰۰۰۰	۸۱
۳۲-۲۰	۷۰۰۰	۱۰۰۰۰	۷۰
۲۰-۱۰	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰	۶۰

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از جداول فوق همچنین مقایسه میزان جمع‌آوری ذرات سیمان از انتهای دریچه‌های تخلیه سیکلونهای مورد بحث راندمان P.J.F cyclone نسبت به سیکلونهای مشابه خارجی (Stairmand – Swift – TSN) به نظر می‌رسد، سیکلون PJF از کارآیی بیشتری نسبت به نمونه‌های مشابه خارجی برخوردار بوده (ذرات ۱۰ تا ۲۰ میکرون با راندمان ۹۳٪ جمع‌آوری می‌شود) ولی به لحاظ ساخت قدری مشکل‌تر،وازمواد مصرفی بیشتری استفاده می شود

منابع

1. Struss w., "Industrial Gas Cleaning " Pergamon Press , Oxford
2. Ogawa Akira, Dreng , " Separation of Particles From air and Gases" Mc. Graw Hill New York
3. Leth D., and W. Licht , "Collection Efficiency of Cyclone Type Particle Collectors" Mc Graw Hill Book Com Pany I.N.C , London
4. Stern , "Air Pollution " Academic Press , Newyork
5. Vineent , Cavaseno and the Staff of Chemical Engineering " Industrial Air Pollution Engineering "Mc. Graw. Hill Book Company
6. Maroulis Z.B. , C.Kremalis " Development of an Effective Cyclone Simulator" Mc. Graw Hill M.Book Company Newyork