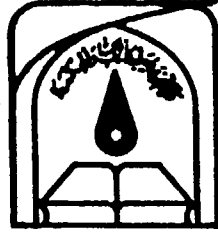
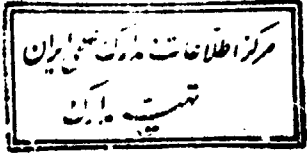


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۳۷۹ / ۴ / ۲۰



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - مهندسی محیط زیست

افزایش راندمان جمع آوری غبار بوسیله سیکلون - اسکرابر

۷۳۹۴

سید مسعود جمالی اسکوئی

استاد راهنما:

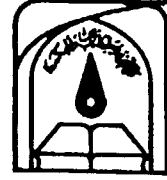
دکتر احمد بادکوبی

استاد مشاور:

دکتر مجتبی صدر عاملی

پاییز ۷۸

۳۰۹۶۲



دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای سید مسعود جمالی اسکوئی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان افزایش راندمان غبارگیری بوسیله سیکلون - اسکرابر در تاریخ ۷۸/۸/۲۹ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش محیط زیست پیشنهاد می کنند. ۸۲۴ ب ۸

امضاء

نام و نام خانوادگی

اعضای هیات داوران

آقای دکتر بادکوبی

۱- استاد راهنما:

آقای دکتر صدرعاملی

۲- استاد مشاور:

آقای مهندس قائم مقامی

۳- استادان ممتحن:

آقای دکتر غیاث الدین

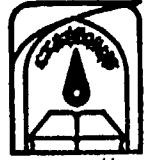
آقای دکتر گنجی دوست

۴- مدیر گروه:

(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان سند معتبر در تاریخ ۷۸/۸/۲۹ مورخه ۸۲۴ ب ۸ تایید است.

امضای استاد راهنما:



بسمه تعالی

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد/رساله دکتری نگارنده در رشته _____ است
که در سال _____ در دانشکده _____ دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر _____، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر _____ و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر _____ از آن دفاع شده است.»

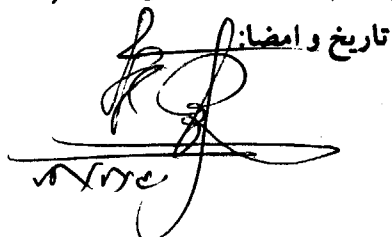
ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب سید سعید محمد اسگر دانشجوی رشته محمدی عمران مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: سید سعید محمد اسگر

تاریخ و امضا:


تشکر و سپاس خدای متعال را که لطف خود را همیشه شامل حال من نموده و با وجود دشواریهای فراوان در عرصه زندگی، نور امید را در من زنده نگاه داشت تا هر صبح و شام با یاد او آغاز و فرجام کار بنمایم و لحظه‌ای مایوس نگردم.

تقدیم به آن واژه زیبای هستی، مادر

او که وجود خویش را صرف من کرد، او که چون شمع می‌سوزد تا روشنایی بخش و مایه گرمی زندگی باشد و در این راه از هیچ تلاش و مجاهدتی در راه به ثمر رساندن فرزندان خویش دریغ نکرد.

تقدیم به پدري سخت کوش و زحمت کش که هر آنچه در توان داشته و دارد در راه آسایش و پیشرفت من صرف می‌نماید و لحظه‌ای مرا از راه تحصیل و دانش باز نداشت. و تقدیم به همسرم، این همدم لحظات تلخ و شیرین زندگی، او که عبور از سختی‌ها را با تحمل و گذشت و فداکاری، برایم آسان کرده و در این راه از هیچ کوششی دریغ ننمود. و من با ایشان سربلند و سرافرازم.

تشکر و قدردانی

من لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق

در اینجا بر خود لازم می‌بینم تا از اساتید محترم ذیل که در طول دوره تحصیل افتخار دانش آموزی از ایشان را داشتم نام برده و با این قدردانی ناچیز، گوشه‌ای از زحماتشان را پاس دارم و به امید اینکه بتوانم در ادامه زندگی، کار و دانش از تجربیات ارزنده و گرانقدر ایشان نهایت بهره را ببرم:

- جناب آقای دکتر احمد بادکوبی استاد محترم راهنما

- جناب آقای دکتر مجتبی صدر عاملی استاد محترم مشاور

- جناب آقای دکتر حسین گنجی دوست

- جناب آقای دکتر رامیز نامور گلپان

و هم چنین از جناب آقای دکتر سید جلال قائم مقامی که در راهنمایی پایان نامه تجربیات مفید خود را در اختیار اینجانب گذاشته و راهنمایی‌های لازم را فرمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. در ضمن، بدینوسیله از جناب آقای مهندس اسکویی و آقای شهریور مدیرعامل و مدیر ساخت شرکت طراحی مهندسی فهام که در امر ساخت سیکلون و تهیه امکانات و ابزار لازم برای آزمایش مرا یاری کردند، سرکار خانم مهندس ملک که امکان استفاده از دستگاه آنالیز لیزری را برایم فراهم نمودند، سرکار خانم ابراهیمی در تهیه فیلترهای غشایی که از مشکلات عمده در آزمایش بود، شرکت لی بن با در اختیار گذاشتن نازل پنوماتیک و اطلاعات لازم، شرکت ستبران در تهیه پودر آزمایشگاهی کوارتز، آقای مهندس زرگران در تهیه فن گریز از مرکز و تمامی افرادی که در این زمینه مرا از کمک و یاری دریغ ننمودند، قدردانی لازم را به عمل می‌آورم.

چکیده:

سیکلونها یکی از متعارف ترین وسایل در حذف ذرات از جریان گاز می باشند. طراحی سیکلونها ساده بوده و دارای عملکرد مطمئن میباشند و به همین دلیل از آنها بطور وسیعی برای کنترل ذرات غبار استفاده می شود. راندمان سیکلونها بطور کلی برای ذرات $10 \mu\text{m} <$ بسیار پایین بوده و بدین منظور در صنایع مختلف که هدف حذف ذرات ریزی باشد، از سیستم های دیگر استفاده می گردد. یکی از سیستم های مؤثر در حذف ذرات ریز، سیکلون-اسکراپر می باشد. همانطور که از نام آن مشخص است، سیکلون-اسکراپر شامل یک سیکلون بوده و مایع اسکراپر در آن توسط یک نازل پنوماتیک که در کانال ورودی سیکلون قرار گرفته است، تأمین می شود. در طرح سیکلون-اسکراپر، سیکلون بصورت یک فضای تماسی است که در آن عکس العمل های داخلی بین ذرات و قطرات مایع اتفاق می افتد و همچنین بصورت یک قطره گیر نیز عمل می نماید. بنابر این با فرض جریان حالت پایدار و زمان حضور (Resident Time) طولانی و اندازه مشخص توزیع قطرات مایع، می توان راندمان بسیار خوبی را حتی برای ذرات $1 \mu\text{m} <$ ، (Submicron) بدست آورد. از ویژگیهای سیکلون-اسکراپر، مصرف پایین مقدار آب به ازای هوای ورودی $0.2 \sim 0.5 \text{ l/g}$ است که در مقایسه با سایر اسکراپرهای با راندمان بالا مانند ونتوری-اسکراپر ($0.5 \sim 5.0 \text{ l/g}$) این مقدار بسیار پایین بوده و در نتیجه مشکلات تولید فاضلاب کمتری را دارند.

در آزمایش انجام شده توسط سیکلون-اسکراپر راندمان حذف غبار در آزمایش حالت خشک (بدون نازل پنوماتیک) در سرعت های ورودی 4.5، 9.0 و 13.0 m/s برای گاز حامل ورودی به سیکلون به ترتیب 85.5، 85.0 و 89.9 درصد وزنی، و در آزمایش حالت تر و با استفاده از نازل پنوماتیک و سرعت های مشابه به

ترتیب 85.2، 95.6 و 97.4 درصد وزنی بدست آمد. همچنین برای ذرات $0.5 \mu\text{m}$ مقدار حذف با راندمان 63% اندازه گیری شد در حالیکه این مقدار برای آزمایش حالت خشک برابر 3% بدست آمده است. در آزمایش حالت تر مقدار مصرف آب به ازای هوای ورودی $1/g \sim 0.2$ ثابت نگاه داشته شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده و ویژگیهای سیکلون-اسکراپر، می توان آنرا در ردیف تجهیزات غبارگیر با راندمان بالا قرار داد و از آن بنحو بسیار مطلوبی در صنایع مختلف که تولید غبار در آنها همراه با پراکندن ذرات ریز در هوا می باشد مانند صنایع ریخته گری، معدن، ذوب فلزات، کاشی و سرامیک و ... استفاده کرد. کلمات کلیدی: سیکلون-اسکراپر، راندمان جمع آوری غبار، نازل پنوماتیک

فهرست

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	چکیده
فصل ۱- مقدمه	۱
فصل ۲- مروری بر مطالعات انجام شده	۴
۲-۱- ذرات	۵
۲-۱-۱- اصول آئروسول	۵
۲-۱-۲- واژه‌های فنی مشترک و توصیف آنها	۶
۲-۱-۳- اندازه و شکل ذرات	۸
۲-۱-۴- قطر معادل	۸
۲-۲- وسایل کنترل کننده غبار	۹
۲-۳- مکانیزم حذف ذرات در اسکراب‌های تر	۱۲
۲-۳-۱- مکانیزم حذف ذرات توسط برخورد اینرسی	۱۲
۲-۳-۲- مکانیزم حذف ذرات توسط برخورد مستقیم	۱۳
۲-۳-۳- مکانیزم حذف ذرات توسط نفوذ	۱۳
۲-۴- سیکلون	۱۴
۲-۴-۱- تئوری Barth	۱۵
۲-۴-۲- تئوری Leith and Licht	۱۷
۲-۵- سیکلون‌های تر	۱۹

.....	فصل ۳- وسایل و روش کار
۲۳	۳-۱- طراحی آزمایش
۲۴	۳-۲- ابزار و وسایل مورد آزمایش
۲۵	۳-۲-۱- سیکلون
۲۵	۳-۲-۲- نازل پنوماتیک
۲۶	۳-۲-۳- فیلتر غشایی
۲۹	۳-۲-۴- روش تزریق پودر
۳۱	۳-۲-۵- دستگاه آنالیز لیزری
۳۱	۳-۲-۶- وسایل کمکی
۳۲	۳-۳- مواد آزمایش
۳۳	۳-۴- روش آزمایش
۳۳	۳-۴-۱- حالت خشک
۳۵	۳-۴-۲- حالت تر
۳۷	فصل ۴- نتایج و بحث
۳۸	۴-۱- نتایج آزمایش در حالت خشک
۴۲	۴-۲- نتایج آزمایش در حالت تر
۴۵	فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات
۴۹	فصل ۶- فهرست منابع

ضمائم

فصل ۱

مقدمه

۱- مقدمه:

سیکلون‌هایی از متعارف‌ترین وسایل در حذف ذرات از جریان گاز می‌باشند. طراحی سیکلونها ساده بوده و دارای عملکرد مطمئن می‌باشند و به همین دلیل از آنها بطور وسیعی برای کنترل ذرات غبار در کاربردهای مختلف استفاده می‌شود. از آنجائیکه سیکلونها دارای سابقه طولانی در تصفیه هوا و در صنایع مختلف می‌باشند، ولی مکانیزم حذف ذرات در داخل سیکلون هنوز به خوبی فهمیده نشده است، (Kim and Lee, 1990). علت فقدان درک کامل از عملکرد سیکلون بدلیل پیچیده بودن جریان سیال در داخل آن می‌باشد. هندسه ساده سیکلون حدوداً شامل بیشتر از ۶ اندازه می‌باشد که عبارتست از قطر بدنه اصلی سیکلون D ، قطر لوله ورودی a ، قطر لوله خروجی D_0 ، طول لوله خروجی، ارتفاع سیکلون H ، اندازه قسمت استوانه‌ای سیکلون h ، قطر خروجی غبار جمع‌آوری شده B و غیره که توضیح میدان جریان سه بعدی در داخل این هندسه و مدل سازی حرکت ذرات در داخل آن، آنرا بسیار پیچیده می‌نماید. بنابراین تئوری‌های مختلفی بر اساس مدل ساده‌سازی یا ایجاد روابط تجربی برای سیکلونها وضع شده است. این تئوری‌ها شامل (Lapple (1920)، Barth (1956)، Sproul (1972)، Leith and Licht (1972)، Theodore and Depaola (1980) و Dietz (1981) می‌باشد. بعضی از این تئوری‌ها در حدود ۳۰ سال پیش وضع شده‌اند و اعتبار کافی ندارد و بنابراین طراحی سیکلونها مبتنی بر نتایج تجربی و سعی و خطا می‌باشد. به همین منظور کوشش‌های فراوانی در جهت افزایش راندمان در سیکلونها هم از نظر تئوری و طراحی و هم بوسیله آزمایش‌های تجربی به عمل آمده است. بهینه کردن طراحی سیکلون از نظر تغییر پارامترهای

هندسی در جهت افزایش راندمان جمع‌آوری غبار و پیش‌بینی عملکرد واقعی سیکلون باوجود آوردن تئوری‌های جدید و مدل سازی، از اصلی‌ترین تحقیقات در زمینه سیکلونها می‌باشد که هنوز هم ادامه دارد. یکی از سیستم‌های موثر در حذف ذرات ریز سیکلون - اسکرابر می‌باشد. همانطور که از نام آن مشخص است، سیکلون - اسکرابر شامل یک سیکلون می‌باشد. مایع اسکرابر بوسیله یک نازل پنوماتیک که درست در کانال ورودی هوا قرار گرفته است تأمین شده و بدلیل ویژگی خاص این نازل‌ها، مخلوط دو فاز تولید شده شامل هوا و آب بصورت اتمیزه وارد سیکلون می‌شود. از عوامل مؤثر در راندمان سیکلون - اسکرابر، زمان حضور یعنی مدت زمان وجود ذرات و قطرات در مسیر گردش هوا در داخل سیکلون، عدد رینولدز و مقدار مصرف آب به ازای حجم هوای ورودی (l/g) می‌باشد، (Schiffner, 1986).

در مطالعه حاضر اهداف ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- آزمایش سیکلون در سرعت‌های مختلف و مقایسه با تئوری.

- بررسی راندمان سیکلون - اسکرابر در سرعت‌های فوق با توجه به مقدار مصرف آب به

هوای ورودی.

- مقایسه نتایج آزمایش حالت خشک و تر سیکلون

فصل ۲

مروری بر مطالعات انجام شده

۱-۲- ذرات

۱-۱-۲- اصول آئروسول (Aerosol):

کلمه آئروسول به مجموعه ذرات جامد یا مایع معلق در یک محیط گازی اطلاق می شود که قادر به مشاهده و اندازه گیری باشند (Baron and Willeke (1992). ذرات تولید شده بصورت مصنوعی یا طبیعی که در محیط های صنعتی و یا طبیعی یا در فرایندهای جریان گاز در صنایع وجود دارند، ممکن است که دارای اختلاف زیادی در اندازه، شکل، چگالی و ترکیب شیمیایی باشند. اختلاف ذرات میکروسکوپی در مقایسه با اشکال ایده آل نظیر کره (ذرات آب یا روغن) یا استوانه (الیاف شیشه) مورد بررسی قرار می گیرد. ذرات بطور کلی ممکن است که دارای اشکال پیچیده ای باشند، مانند ذرات کریستالی که برخی از آنها با قاعده و برخی سطوح شکسته دارند، الیاف آزیست که غالباً بصورت دسته و با ریشه های کوچکتر و یا به شکل انبوه کرک مانند می باشند و ذرات کربن سیاه که معمولاً به شکل شبکه توسعه یافته از ذرات بسیار کوچک شبه کره هستند. اگر تمام این ذرات دارای قطر مشابه باشند با این حال، جرم، سطح و دیگر خصوصیات آنها با یکدیگر تفاوت اساسی دارد.

برای مشخص کردن اندازه قطرات کروی، یک پارامتر مانند قطر کافی است. برای الیاف دو پارامتر ممکن است که کافی باشد. واضح است که برای ذرات پیچیده تر، مجبور به انتخاب خصوصیتی از ذرات هستیم که برای ما مهم بوده و به کمک آن بتوانیم یک اندازه گیری با معنی را انجام دهیم. بطور کلی ذرات را می توان توسط خصوصیات زیر توصیف نمود:

۱- خصوصیت اندازه که بوسیله میکروسکوپ قابل مشاهده است.