مطالعه عملکرد مدل‌های الکتریکی و ریا ضیکی ر سوب‌دهنده الکتروستاتیک در پاک‌سازی فزیکی آلودگی هوا

پوهنمل سیدسرور ابتکار[۱۸]

تقریظ دهنده: پوهنوال رجب‌علی خاوری

مجـلهی علمی-تحقیقی حـوزهی علوم طـبیعی پـوهــنتون کــابـل، ۳ (۳) ۱۳۹۹

چکیده

با توجه به مشکلات آلودگی هوا و اهمیت مسایل محیط زیست، کنترل شرایط و نحوهی انتشار ذرات از اهمیت زیادی برخوردار است. مدل‌های الکتریکی و ریا ضیکی رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیک در پاک سازی فزیکی ذرات، یکی از مهم‌ترین مورد در ین مطالعه می‌باشند و در بسیاری از صنایع مرتبط با ذرات منتشر شده مانند صنایع سمنت، صنایع پاک‌سازی ذرات از هوای خشک و مرطوب و صنایع متالورژی، مورد ا ستفادهی گسترده قرار می‌گیرند. در این مقاله باتوجه به مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیک، از قوهی الکترواستاتیکی، قانون کولمب، قانون استوک و قانون اورنفست به‌منظور روش پاک‌سازی فزیکی هوای آلوده استفاده می‌شوند. در ضمن، کارآیی حذف ذرات آلوده توسط رسوب‌دهنده‌های الکتریکی با اســتفاده از دینامیک حــرکت مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این این مورد مدل‌های الکتریکی، جریان ذرات و ســاحهی الکتریکی که به‌منظور خلق ذرات چارج‌دار در ســیســتم الکتریکی رسوب‌دهنده اعمال می‌شود، مورد مطالعه قرار گرفته است.

اصطلاحات کلیدی: رسـوب‌دهنـده‌هـای الکتـروسـتاتیک؛ آلـودگی هـوا؛ پاک‌سـازی فـزیکی؛ مـدل الکتـریکی؛ مـدل ریاضـیکی؛ سیـکلون‌ها؛ الکتـرودهـا

Study Of The Performance Of Electrical And Mathematical Models Of Electrostatic Precipitators In The Physical Cleaning Of Air Pollution

Sr. Teaching Asstt. Sayed Sarwar Ebtekar

Asbstract

Due to the problems of air pollution and the importance of environmental issues, controlling the conditions and how the particles are released is very important. Electrical and mathematical models of electrostatic precipitators in the physical cleaning of particles are one of the most important in this study and are widely used in many industries related to emitted particles such as cement, dry and wet air cleaning and metallurgical industries. Placed. In this paper, according to the electrical model of electrostatic precipitators, electrostatic power, Columbus law, Stoke law and Ornfest law are used for the method of physical purification of polluted air. In addition, the removal efficiency of contaminated particles by electrical sediments is investigated using motion dynamics. In this case, the electrical models, particle flow, and electric field used to create charged particles in the depositor electrical system will be studied.

Keywords*:* Electrostatic precipitators; Air pollution; Physical cleaning; Electrical model; Mathematical model; Cyclones; Electrodes

ارجاع

ابتکار، سید سرور. (۱۳۹۹). مطالعه عملکرد مدل‌های الکتریکی و ریاضیکی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک در پاک‌سازی فزیکی آلودگی هوا. مجلهی علمی-تحقیقی حوزهی علوم طبیعی پوهنتون کابل، شماره ۳ (۳)، صص ۲۲۱-۲۳۴.

---

[۱۸] استاد پوهنځی فزیک، پوهنتون کابل

مقدمه

در شرایط فعلی باوجود تکنالوژی سریع و پیشرفته، رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی، ذراتی هستند که زمینه ساز وضعیت بدتر در محیط زیست می شود. گرچند از نظر ترکیبات، تجارب نشان داده اند که ماهیت کیمیاوی ذرات در یک محیط، بیشتر مسبب بدتر شدن هوا می‌شوند، ولی در امر پاک سازی و تصفیه‌ی ذرات به شکل فزیکی دانشمندان زیادی تأکید دارند که از جمله مدل ترکیبی G-۴۳-۱۰۷ که بیشتر فعالیت و طرز کار آن به حرکت‌های دینامیکی وابسته اند، در اتحاد جماهیر شوروی طراحی و غرض تصفیه‌ی هوای آلوده در محوطه‌ی مرکز مطالعات انرژی نصب گردیده اند. فلهذا؛ در کنار مسأله‌ی کیفیت هوا، محافظت و پاک‌سازی آن، چگونگی استفاده از مدل‌ها و عملکرد الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

طرز تصفیه و پاک‌سازی هوا از نظر فزیکی که ماهیت الکتریکی داشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار ا ست. مثلاً؛ به دلیل مقررات و ا صول ا ستفاده از انرژی حرارتی، خانه و منازل بی شتری از هوای کم‌تر منا سب، برخوردار می شوند و این و ضعیت به طور عموم کیفیت هوای محیط زی ست را بدتر می‌کنند. طوری‌که محیط نامناسب از منظر سلامتی تأثیر مستقیمی بر انسان‌ها دارد (۴).

مدل‌های الکتریکی روسب‌دهنده‌های الکتروستاتیک برای تصفیه‌ی هوا بیشتر در تأسیسات صنعتی از جمله انجنیری کیمیاوی، متالورژی (وابسته به فن استخراج و ذوب فلزات)، کارخانه‌ی تولید برق، تولید سمنت و غیره صنایعی که بیشتر به قوه‌ی الکتروستاتیک و دینامیک حرکت وابسته باشد، استفاده می‌شود (۱).

رسوب‌دهنده‌های الکتریکی، از تور فلزی نازکی با چارج الکتریکی مثبت و دو تیغه‌ای فلزی که به زمین وصل و دارای چارج الکتریکی منفی هستند، تشکیل می شود. ذرات دود و گرد و غبار هنگام عبور از میان تور فلزی دارای چارج مثبت می‌شوند. ذره‌های دود چارجدار شده، توسط تیغه‌های دارای چارج منفی جذب می‌شوند (چون چارج الکتریکی منفی و مثبت یک‌دیگر را جذب می کنند) و روی تیغه‌ها رسوب می‌کنند و به این ترتیب از هوا جدا می‌گردند (۷).

این مقاله تحقیق کتاب‌خانه‌یی بوده و مواد استفاده شده در این مقاله را کتاب‌های معتبر، مجله‌ها و منابع معتبر و مؤثق در چند زبان تشکیل می‌دهد که هریک از وثاقت و اعتبار علمی برخوردار می‌باشد. در این مقاله تاحد ممکن تلاش گردیده تا به تحقیق و مطالعه‌ی عملکرد مدل الکتریکی و ریاضیکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی به‌عنوان یک دستگاهی ایجادکننده‌ی ساحه‌ی الکتریکی و نقش آن در پاک‌سازی فزیکی هوای آلوده، به‌صورت درست پرداخته شود.

با درنظرداشت اصول پیشینهنگاری، شامل ساختن مأخذ در متون به روش Voncouver و درج صفحههای استفاده شده در فهرست منابع مقاله با حفظ اصول و قواعد رعایت گردیده اند و موضوع مقالهی علمی که تحت عنوان (عملکرد مدلهای الکتریکی و ریاضیکی رسوبدهنده الکتروستاتیک در پاکسازی فزیکی آلودگی هوا) تحریر گردیده است، تاحد ممکن کاربردهای واقعی وعینی رسوبدهندههای الکتروستاتیکی که بیشتر نقش الکتریکی و فزیکی دارند، در زندگی روزمره و رویدادهای فزیکی ذرات در محیط زیست، انعکاس داده شده است.

سؤالات تحقیق

۱. عملکرد رسوبدهندههای الکتروستاتیک در پاکسازی هوا روی نوعیت دستگاه چه تأثیر دارند؟

۲. نقش مدل ریاضیکی، بالای کارآیی مدل الکتریکی رسوبدهندههای الکتروستاتیک چیست؟

فرضیههای تحقیق

۱. ممکن مدلهای الکتریکی و میخانیکی رسوبدهنده الکتروستاتیک از هم فرق داشته باشند.

۲. بهنظر میرسد که مدلهای الکتریکی نسبت به مدلهای میخاینکی رسوبدهندههای الکتروستاتیک، از مؤثریت بالای برخوردار اند.

پیشینهی تحقیق

در مورد موضوع "مطالعه عملکرد مدلهای الکتریکی و ریاضیکی رسوبدهندههای الکتروستاتیک در پاکسازی فزیکی آلودگی هوا" در بیرون از کشور مطالعات و تحقیقات زیادی صورت گرفته اند، که از جمله در سال ۲۰۰۱ از روسوبهنده الکتروستاتیک مدل ترکیبی۱۰۷- ۴۳ -G که بیشتر فعالیت و طرزکار آن به حرکتهای دینامیکی و ساحهی الکتریکی وابسته اند، برای پاکسازی ذرات و گرد و غبار در هوای خشک، از طریق ایجاد ساحهی الکتریکی و چارجدار کردن ذرات، توسط پروکت نورمتیف و تیم تخنیکی آن، در شهر وستنیک کشور روسیه استفاده صورت گرفت.

در سال ۱۳۸۹ در موردگاز خروجی کارخانهی سمنت، توسط میترا ریاحی و گیتا معینی، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی کشور ایران طی یک تجربه بهشکل مدل گیری انجام یافت. در سال ۲۰۰۳ Dr. Dustin Poponick و Dr. Andrew Presley در مورد اثربخشی الکتروستاتیک در حذف ذرات نانو با ملاحظهی انتشار ازون در آزمایشگاه انجینری، انستیتوت ملی و تکنالوژی ایالات متحده امریکا تحقیق کردند (۴). در سال ۲۰۰۷ روی اثرگذاری رسوبدهندههای الکتریکی در جمع آوری

ذرات انعطاف‌ناپذیر، توسطه اسکان بایوف بلشویموف در منطقه‌ی امگوسک مسکو، تحقیق تجربی ساحه‌یی صورت گرفت.

مدل الکتریکی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک در پاک‌سازی فزیکی آلودگی هوا

این نوع رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی امکان دست‌یابی به درجه‌ی بالایی از تصفیه فزیکی از جمله ذرات کوچک را دارند، اما اکثر آن‌ها از نظر تخنیکی نیاز به آماده‌سازی اولیه (عمدتاً سردکننده تا درجه‌ی حرارت مطلوب) دارند. برای رسوب‌دهنده‌های الکتروا ستاتیکی که بیشتر وابسته به هدایت الکتریکی گرد و غبار، چسبندگی، پراکندگی و ترکیب کیمیاوی گاز هستند، شرایط بهترسازی کار از طریق تعیین درجه‌ی حرارت، رطوبت، سرعت ذرات، چگونگی طراحی و روش تکان دادن الکترودها، انتخاب می‌شوند.

عملکرد الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک، در مقایسه با سایر دستگاه‌های پاک‌کننده‌ی کوچک، حد اقل مقاومت ها یدورلیکی و قابلیت اتو ماسیون بالایی دارند. ابعاد این نوع رسوب‌دهنده‌ی الکتروستاتیک از نظر ساختار کوچک است و در درجه‌ی حرارت حد اکثری بین ۴۰۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گرید کار می‌کند. از مدل الکتریکی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک نمی‌توان هنگام کار از محیط‌های دارای گاز منفجره استفاده کرد زیرا باعث تخریب سیستم الکترودینامیکی می‌شود، پس بهتر است از نوع رسوب‌دهنده الکتروستاتیکی نوع مرطوب استفاده گردد.

اکثراً از این دستگاه‌ها برای بهبود کارآیی پاک کردن به صورت ترکیبی استفاده می‌شود. به‌طور مثال؛ سیکلون‌ها برای پاک کردن ذرات بزرگ اولیه در مقابل اسکرابرهای مرطوب نصب می‌شوند.

مزیت برتر این رسوب‌دهنده نسبت به بقیه رسوب‌دهنده‌ها این است که سقوط فشار کم‌تری در مسیر جریان هوا ایجاد می‌کند. مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک از شیوه‌های مطرح در زمینه‌ی تصفیه‌ی هوای آلوده می‌باشند و به عنوان بخش اولیه‌ی سیستم تهویه در کارخانه‌ها، صنایع مختلف و شفاخانه‌ها جهت کنترل ذرات جامد یا قطرات مایع با کاهش فشار پایین به‌کار می‌روند (۲).

رسوب‌دهنده های الکتروستاتیک از نوع الکتریکی، معمولاً از سیم های نازکی تحت عنوان الکترودهای تخلیه به شکل یک سیستمی برای پاک سازی ذرات و آلودگی هوا تشکیل شده اند که به‌طور منظم بین صفحات با چارج مخالف یعنی الکترودهای جمع آوری قرار گرفته اند. با اعمال

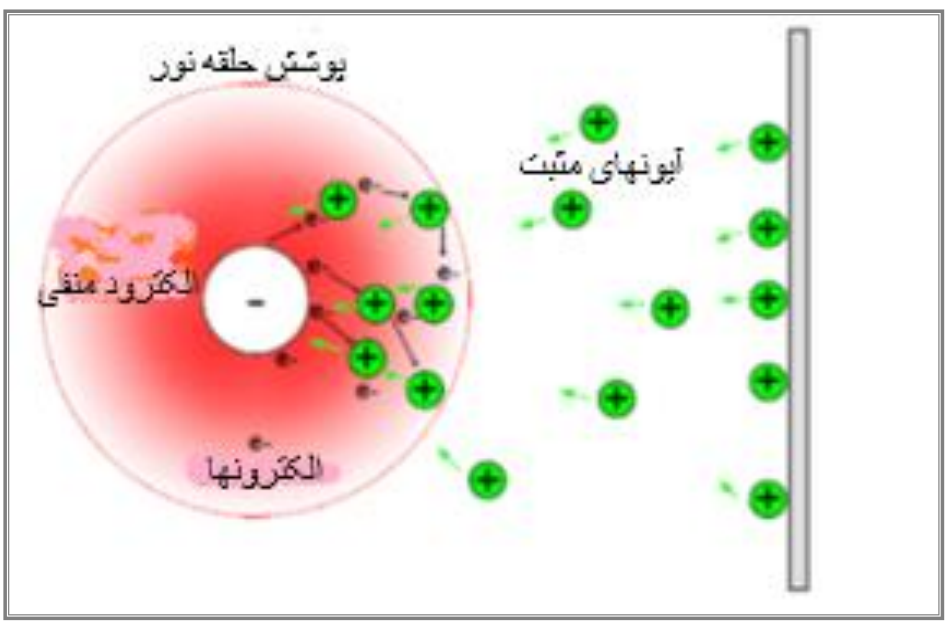
ولتاژ بالا به این الکترودها، ساحهی الکتریکی قوی ایجاد میگردد که موجب چارجدار کردن ذرات و سپس جذب آنها توسط صفحات میشود (۷).

با توجه به تحقیقات وسیع دانشمندان؛ پنج مرحلهی مهم در مورد عملکرد مدل الکتریکی رسوبدهندهی الکتروستاتیک وجود دارد؛

۱. ترشحات ذرات حلقهای؛ ۲. چارج ذرات؛ ۳. انتقال ذرات (از طریق قوههای الکتروستاتیک)؛

۴. تهنشینی ذرات روی الکترودهای جمعکننده؛ ۵. حذف گرد و غبار از الکترودهای جمعکننده.

یک اصل اساسی کارکرد رسوبدهندههای الکتروستاتیک اینست است که ذرات معلق گرد و غبار از رسوبدهنده عبور میکنند و مطابق شکل (۱)، توسط الکترود چارج می شود که در یک سطح بالا کار میکند و سپس ذرات چارجدار به سمت زمین حرکت میکنند.



شکل ۱: پروسهی عبور و چارج شدن ذرات مجزا و معلق در مدل الکتریکی رسوبدهنده الکتروستاتیک (۹).

یک ساحهی الکتریکی با تفاوت پوتانشیل الکتریکی زیاد بین دیسچارج و الکترودهای جمعآوری شده ایجاد میشود. حلقههای ذرات، یک پدیدهای دیسچارج است که آیونایزشن مالیکولهای گاز را با برخورد الکترون در مناطق ساحه الکتریکی بالا تولید میکند. پس از آن، ذرات چارجدار در اثر قوههای کولمب خارج شده و بر روی الکترودهای جمع شدهی زمین مستقر میشوند.

قوه‌ی کولمب که بر ذرات گرد و غبار معلق در ساحه‌ی الکتریکی تأثیر می‌گذارد در زیر چنین ارائه می‌شود:

$$F = qE \approx k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (۱)$$

در این معادله که به‌نام قانون کولمب یاد می‌شود، F قوه‌ی کولمب (N)، q چارج ذره (C) و E شدت ساحه‌ی الکتریکی (V/m) است (۵).

نقش قانون اورنفست در پاک‌سازی آلودگی هوا: این قانون در رابطه به عملکرد مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌ی الکتروستاتیک، که پارامترهای میزان غلظت، مقدار ذرات که به کتود و انود تبدیل می شود و هم‌چنان جسامت و بزرگی ذرات و سرعت انتشار و حرکت ذرات نقش اساسی را دارا هستند، برای ذرات سنگی و متراکم داریم:

$$\gamma = \sum i\,\gamma_i = \sum i\frac{n_i(Ze)_i^2\lambda_i}{2m_i u_i} \qquad (۲)$$

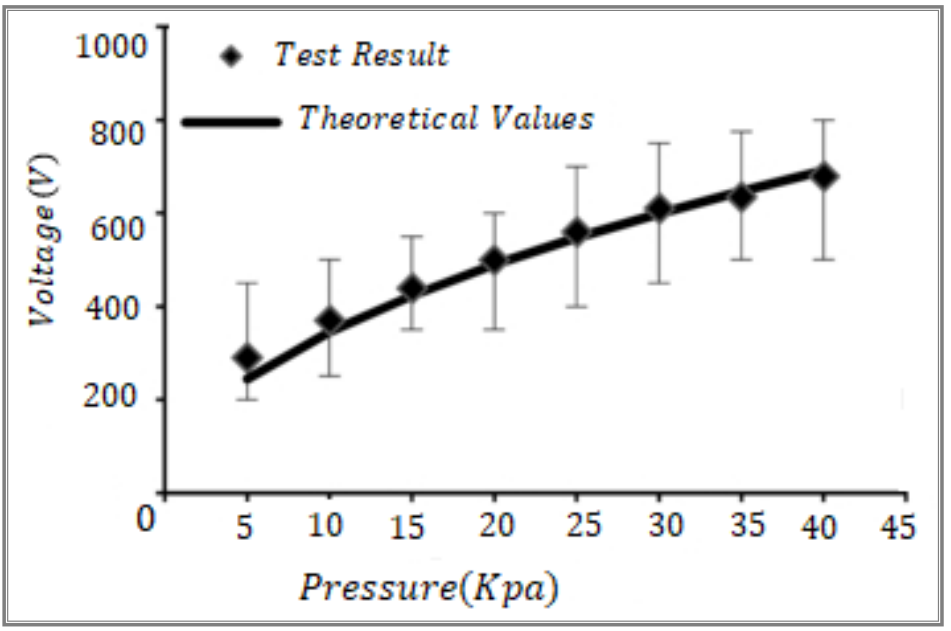
این‌جا n_i - غلظت؛ $(ze)_i$ - مقدار چارج؛ λ_i - فاصله متوسط الکترون‌های آزاد؛ m_i - کتله؛ و u_i - سرعت متوسط حرکت‌های نا منظم است.

قانون ترکیبی استوک در پاک سازی ذرات هوای آلوده: قانون استوک در رسوبات ذرات بیان‌گر این مطلب است که رسوبات ذرات مجزا و غیرمتراکم را می‌توان توسط قوانین کلاسیک رسوبات مورد بررسی قرار داد. در این‌صورت با مساوی قرار دادن قوه‌ی ثقل و قوه‌ی اصطکاک برای ذرات کروی، سرعت ذره‌ی نهایی از قانو نیوتن می‌توان چنین حاصل نمود:

$$V_C = \frac{g(\rho_S - \rho)d^2}{18\mu} \approx \sqrt{\left(\frac{4g(\rho_S - \rho_W)d_p}{3C_D\rho_W}\right)} \qquad (۳)$$

این‌جا V_C - سرعت نهایی ذره و d_p - قطر ذره، ρ_S - کثافت کتله‌وی ذرات، ρ_W - وزن مخصوصه ذرات است.

مطابق به شکل (۲)، می‌توان از رابطه بین ولتاژ تطبیق شده در سیستم و تراکم ذرات مورد رسوب، برای عملکرد مدل الکتریکی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک برای پاک‌سازی آلودگی هوا استفاده نمود.



شکل ۲: گرافیک خطی وابستگی ولتاژ تطبیق شده در سیستم به تراکم و فشار ذرات(۱۱).

از شکل(۲) چنین به‌نظر می‌رسد که ولتاژ مورد استفاده در دستگاه وابسته به تراکم و فشردگی ذرات هوا در حد چند کیلو پاسکال بوده و یک رابطه‌ی خطی مستقیم بین هردو پارامتر برقرار می‌باشد.

یکی از مشکلات اساسی آلودگی هوا، صنایع وجود ذرات معلق است که از دودکش کارخانه‌های صنعتی خارج شده و وارد هوا می شود. این مسأله در بسیاری از صنایع وجود دارد. سازمان صحی جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا قوانین مربوط به انتشار ذرات معلق را وضع کرده اند، لذا صنایع برای مقابله با این مشکل با وسایل مختلف کنترل عکس‌العمل نشان داده اند. برای آشنایی با کار الکتریکی رسوب‌دهنده های الکتروستاتیکی باید چگونگی عملکرد قوانین فزیکی را مورد بررسی قرار داد.

تیوری رسوب: اصولاً هر ذره به‌طور طبیعی، چارج مثبت و یا منفی داشته و یاهم می‌توان به آن چارج مثبت یا منفی علاوه کرد. چنان‌چه به تمام ذرات در یک جریان گازی چارج منفی داده شود و در مسیر حرکت، جریان گازی یک صفحه متصل به زمین که چارج مثبت دارد، قرار بگیرد در این صورت ذرات دارای چارج منفی به سمت صفحه‌ی دارای چارج مثبت حرکت کرده و گرفتار خواهند شد.

چارج‌دار کردن ذرات: در هر مدل الکتریکی از الکترودهای استفاده می‌شوند که می‌توانند چارج‌های ساکن را هدایت یا منتقل کنند. یک جریان منفی مستقیم با ولتاژ بالا که دارای تناوب می‌باشد، به الکترود تخلیه متصل می‌شود تا یک ساحه‌ی الکتریکی منفی را به وجود آورد. این ساحه به سه ناحیه تقسیم می‌شود:

۱. قوی‌ترین ساحه که در مجاورت الکترود دیسچارج می‌باشد؛
۲. ساحه‌ی بین الکترودهای دیسچارج که به‌نام ناحیه بین الکترود یاد می‌شود؛
۳. ضعیف‌ترین ساحه که نزدیک به الکترود رسوب‌دهنده است.

تخلیه ذرات یا دیسچارج (تولید الکترون آزاد): چندین حادثه خیلی سریع در ناحیه‌ی کوچکی در اطراف الکترود تخلیه رخ می‌دهد. ولتاژ اعمال شده افزایش داده می‌شود تا یک تخلیه را ایجاد نماید که می‌تواند مثل یک نور آبی درخشان در اطراف الکترود مشاهده شود. الکترون‌های آزاد به وجود آمده از ساحه‌ی الکتریکی منفی که آن‌ها را دفع می‌کند، سریعاً می‌گریزند و الکترون‌ها از الکترود تخلیه دور می‌شوند، این تعجیل گرفتن موجب می‌شود که الکترون‌های آزاد به مالیکول‌های گاز برخورد کنند و الکترون‌های داخل مالیکول را از بین ببرند.

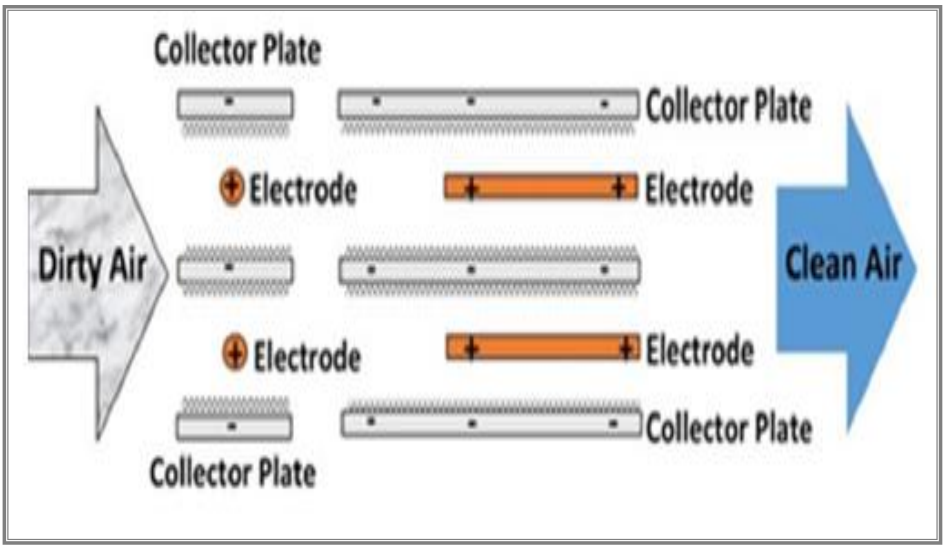
به علت نابودی یک الکترون، مالیکول‌های گاز دارای چارج مثبت می‌شوند. پس از این مرحله مالیکول‌های گاز آیونایز شده و الکترون‌های آزاد آیون‌های مثبت را به وجود می‌آورند.

جمع‌آوری ذره: وقتی یک ذره‌ی چارج‌دار به الکترود جمع‌آوری‌کننده متصل به زمین رسید، چارج روی ذره فقط تا حدودی تخلیه می‌شود. چارج به آهستگی به صفحه جمع‌آوری‌کننده نفوذ می‌کنند. بخشی از چارج باقی می‌مانند و بر قوه‌های چسبندگی و پیوستگی بین مالیکولی که موجب نگهداشتن ذره بر روی صفحه می‌شوند تأثیر می‌گذارند.

حذف ذره: گرد و غباری که در یک ضخامت معین بر الکترود جمع‌آوری‌کننده تجمع می‌یابند، به وسیله‌ی الکترودهای روی صفحه حذف می‌شوند (۱۱).

طبقه‌بندی مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک: رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک را می‌توان با توجه به مدل و مراحل کار آن در دو نوع (یک مرحله‌ی و دو مرحله‌ی) طبقه‌بندی کرد: مدل الکتریکی یک مرحله‌ای، به‌صورت هم‌زمان ذرات را چارج و جمع می‌کنند اما مدل الکتریکی دو مرحله‌ای، ذرات را در مقاطع مختلف زمانی چارج و جمع می‌کنند. همان‌طور که در شکل (۳) نشان‌داده شده است. وقتی ذرات چارج می‌شوند، در مرحله‌ی اول آن‌ها در امتداد چارج حرکت

می‌کنند و در مرحله‌ی دوم جمع می‌شوند که در آن الکترودهای جمع‌کننده و دفع‌کننده وجود دارد. مقاومت ساحه‌ی الکتریکی بین دفع و جمع کردن الکترودها به دلیل سطح وسیع‌تری از الکترودهای دفع‌کننده‌ی بیشتر از الکترودهای جمع‌کننده رسوبات الکتروستاتیکی یك مرحله‌یی است (۱۰).



شکل ۳: نمونه‌ی از رسوب‌دهنده‌ی الکتروستاتیک دو مرحله‌یی(۵).

رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک نیز بر اساس طرح هندسی و تخنیکی آن‌ها به عنوان انواع لوله‌های سیم، ورق سیم و کانال‌های سیم طبقه‌بندی می شوند. به دلیل ساختار ساده و مقاومت کم در برابر جریان هوا، رسوبات الکتروستاتیک نوع صفحه‌ی متداول‌ترین آن‌ها برای کاربردهای است که میزان حجم جریان هوای آن‌ها زیاد است.

مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک از نوع لوله‌های سیم شامل الکترودهای استوانه‌ی و الکترودهای حلقه‌یی در مرکز هستند. از آن‌جا که ساختار هندسی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک نوع لوله‌های سیم به اندازه‌ی رسوب‌دهنده‌ی نوع صفحه‌ی سیم انعطاف‌پذیر نیست، بنابراین، گسترده نیز نیستند. مدل الکتریکی رسوب‌دهنده‌ها را می‌توان در نوع خشک و مرطوب نیز دسته‌بندی کرد. نوع خشک دارای تولید و مؤثریت جمع‌آوری ذرات بالا برای دامنه‌های قطر ذرات ۱-۱۰ میکرومتر هستند، با این وجود نوع مرطوب برای جمع‌آوری ذرات کوچک‌تر از میکرومتر بسیار کار آمدتر از انواع خشک هستند. علاوه بر این، نباید از مدل‌های الکتریکی رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک نوع خشک برای جمع‌آوری گرد و غبار منفجره استفاده شود (٦).

مدل‌های ریاضیکی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک در پاک‌سازی فزیکی آلودگی هوا

چندین مدل ریاضی برای تخمین کارآیی و جمع‌آوری رسوبات الکتروستاتیک مانند معادله‌ی Deutsch-Anderson وجود دارد. مدل Deutsch-Anderson در ابتدای قرن بیستم توسعه یافت و هنوزهم استفاده از آن بسیارخوب است. با توجه به این مدل، می‌توان با کمک دو معادله‌ی ارائه شده در زیر (معادله ۲ و ۳)، کارآیی و سودمندی رسوبات الکتروستاتیک را تعریف کرد (۴).

$$W_e = \frac{q.E}{3\pi\mu d_p} \qquad (۴)$$

$$\eta = 3 - e^{-W_e(\frac{A}{Q})} \qquad (۵)$$

در معادله‌ی (۴) و (۵)، سرعت انتقال یا رسوب ذراتی هستند که به سمت الکترودهای جمع‌کننده حرکت می‌کنند. با توجه به معادله‌ی (۴)، سرعت انتقال ذرات به قطر ذرات (d_p)، قوه ساحه‌ی الکتریکی (E)، وسکویزیته یا چسپندگی گاز (η) و میزان چارج ذرات (q) بستگی دارد چون سرعت معمول انتقال ذرات مؤثر برای کاربردهای مختلف صنعتی با توجه به ماهیت محیط مادی از هم فرق دارند. کارآیی جمع‌آوری گرد و غبار براساس مدل Deutsch-Andison در افاده $E.q$ معادله‌ی (۴)، ارائه شده است. در این معادله، η ضریب سودمندی و کارآیی مجموعی را نشان می‌دهد، A سطح جمع‌آوری براساس (m^2)، و همین‌طور Q برابر است با سرعت جریان گاز حجمی (مترمکعب در ثانیه). این مدل برای شرایط ایده‌آل ارائه شده است و بسیاری از پارامترهای مختلف عملکرد و تغییرات اندازه‌ی ذرات را نادیده می‌گیرد. در نتیجه، محققان مدل‌های جدیدی را برای پیش‌بینی کارآیی که برای ذرات با اندازه‌ی کوچک نیز قابل استفاده است، تولید کردند.

مدل Mats-Onfeld تغییری در مدل Deutsch-Andison است که کارآیی و سودمندی به‌دست آمده را در مواردی که ذرات اندازه‌ی یک‌سانی ندارند، با دقت بیشتری محاسبه می‌کند (۵).

$$\eta = 3 - e^{-W_e(\frac{A}{Q})^k} \qquad (٦)$$

در معادله‌ی (٦)، k یک ثابت است که به توزیع اندازه‌ی ذرات بستگی دارد و می‌تواند به صورت لابراتواری به‌دست آید. همان‌طور که در معادله‌ی (٦) مشاهده می‌شود، اگر ثابت k برابر با ۱ باشد، معادله (٦) با معادله (۵) یک‌سان است. مدل Theodore مدل مهم دیگری برای برآورد کارآیی

جمع آوری رسوبات الکترو ستاتیک است. در این مدل، به جای روش یک معادله، نتیجهی کارآیی مجموعی با استفاده از تخنیک استاتیکی برآورد میشود. مدل تیودور نشان میدهد که کارآیی مجموعی رسوبات استاتیکی به اندازهی ذرات حساس است (۸).

ضریب سودمندی رسوبات الکتروستاتیک به پارامترهای مختلفی از جمله تولید چارج، سرعت جریان هوا، مکانیزم و دستگاههای جمع آوری، هندسهی الکترود و خصوصیات ذرات بستگی دارد (۳).

یافتههای تحقیق

براساس یافتههای کیفی این تحقیق میتوان گفت که بررسی و مطالعهی تجربی رسوبدهندههای الکتروستاتیک براساس مدل الکتریکی بسیار پیچیده و دشوار است اما استفاده از مدلهای ریاضیکی و محاسباتی تا حدی میتواند در مدلهای الکتریکی کمک کند، بنابراین، مدلسازی یکی از پروسههای بسیار ساده است که درین مورد دینامیک مایعات، ابزاری خوب و رایج برای تخمین عددی عملکرد مدل الکتریکی رسوبدهندههای الکتروستاتیک است.

گرچند مطالعات متعدد تأثیرات پارامترهای طراحی شده بر کارآیی و سودمندی را تجزیه و تحلیل میکند، اما درین مطالعه، اثرات مختلف، سرعت داخلی ذره، قطر ذره، کثافت ذره و وزن مخصوصه ذره مورد بررسی قرار گرفت، باتوجه به نتایج این مقاله دریافت گردید که در صورت افزایش قطر ذرات و ولتاژ اعمال شده بر روی ذرات چارجدار، مقدار تولید و سودمندی سیستم الکتریکی نیز افزایش مییابد.

از طرفی، دانسته شد که مواردی چون؛ ترشحات ذرات، چارج ذرات، انتقال ذرات، رسوب ذرات و حذف گرد و غبار، یک اصل اساسی است.

سیستم الکتریکی رسوبدهندههای الکتروستاتیک که براساس اصول ترمودینامیک و انجینری میخانیک شکل گرفته است، متأثر از قوانین کولمب، استوک و اورنفست است.

نتیجهگیری

از آنجایکه عملکرد انواع رسوبدهنده الکترو ستاتیک در پاک سازی هوای آلوده متفاوت است و نظر به شرایط متفاوت عمل میکند، مدل الکتریکی به لحاظ داشتن پارامترهای مشخص و روش واضح محاسباتی و همچنان به دلیل کاهش فشار کمتر در حین کار و مؤثریت جمع آوری ذرات میتواند، یکی از بهترین و سهلترین مدلهای رسوبدهنده الکترو ستاتیک برای پاک سازی هوای

آلوده باشند. آن‌ها به‌طور گسترده در تأسیسات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا آن‌ها می‌توانند در درجه‌ی حرارت بالا کار کنند. با این‌حال، برای دست‌یابی به بهترین عملکرد، مهم است که رسوبات الکترو ستاتیک به‌طور منا سب طراحی شود. برخی از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در جمع‌آوری و چارج‌دار کردن ذرات، طراحی هندسی، خصوصیات ذرات (مقاومت، قطر)، شرایط محیطی (درجه‌ی حرارت، رطوبت نسبی، غلظت و غیره) است.

در این مطالعه، اصول اساسی کار، عملکرد مدل الکتریکی و ریاضیکی رسوب‌دهنده‌ی الکتروستاتیک، محاسبه‌ی مقدار کارآیی مجموعی، طبقه‌بندی از منظر روش کار و ساختار بررسی گردید که برخی از نکات اصلی مطالعه در این مقاله را می‌توان چنین خلاصه کرد:

- انتخاب مناسب‌ترین مدل رسوب‌دهنده الکتروستاتیک باتوجه به‌کاربرد، درجه‌ی حرارت و عملکرد، خصوصیات فزیکی و کیماوی ذره (مقاومت، میزان انفجار، قطر و غیره) بسیار مهم است؛
- تبادل کار بین مدل‌های مختلف الکتریکی و میخانیکی و مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده از هر دو که هنوز مشکلات محدودی در این مورد وجود دارد؛
- افزایش ولتاژ اعمال شده، نتایج مجموعی را به طرز چشم‌گیری افزایش می‌دهد، اما در عین حال باعث افزایش مصرف انرژی و تولید ازون نیز می‌شود؛
- کاهش فاصله بین الکترودها، افزایش طول رسوب‌دهنده، کاهش سرعت داخلی ذرات، تغییر هندسی الکترود حلقه از نوع سیم و برخی از روش‌های افزایش کارآیی و سودمندی مدل الکتریکی رسوبات الکتروستاتیک است که بسیاری از محققان با مطالعات تجربی یا عددی خود تأیید کردند و
- عملکرد مدل‌های الکتریکی فیلتر الکتروستاتیکی برای تصفیه‌ی فزیکی هوا نسبت به دیگر مدل ها دارای مراحل مؤثر و متفاوت از جمله جمع‌آوری ذره، چارج‌دار کردن ذره، آزاد کردن الکترون‌ها و در نهایت حذف ذره هستند.

سر انجام، از تکنالوژی رسوب‌دهنده الکتروستاتیک از نوع الکتریکی برای تصفیه‌ی فزیکی هوا می‌توان نسبت به سایر تکنالوژی‌های رسوب‌دهنده برای بهبود عملکرد، از طریق مزیت سنتز سیستم‌های مختلف استفاده کرد.

پیشنهادها

برای این‌که بتوانیم مطالعات وسیع‌تری در رابطه با انواع مدل رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی از قبیل الکتریکی، میخانیکی، کیمیاوی و حرارتی داشته باشیم، پیشنهادهای ذیل را لازم می‌دانم:

- در اختیار گذاشتن امکانات مقدماتی برای تهیهی مواد و عناصر روسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیک؛
- ایجاد شرایط مناسب برای انجام تحقیقات عملی در مورد استفاده از مدل های الکتریکی و میخانیکی در محیط های مرطوب و کم ارتفاع کابل و
- زمینه سازی برای مدلینگ، ساخت و ا ستفاده از مدل الکتریکی نوع توری یا جالی، که نسبت به مدل‌های دیگر در هرنوع محیط های داخلی و خارجی دارای مؤثریت برتر و کارآیی بیشتر و در ضمن کم‌هزینه می‌باشد.

منابع

(1) جواد م. ش. رسوب‌دهنده الکترستاتیک برای انجنیری محیط زیست و انرژی. تهران: انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی. ۱۳۹۰؛ نوبت چاپ (۲). ص ۵.

(۲) علی اصغر ح و گیتام. تعیین توزیع اندازه‌ی ذرات از دود موتورهای دیزلی و طراحی رسوب‌دهنده‌ی الکتروستاتیک برای حذف این‌گونه ذرات. تهران: انتشارات دانشکده فنی دانشگاه تهران: ۱۳۸۷؛ جلد (۲). ص ۳۰.

(3) محمد رضاع. تکنالوژی رسوب‌دهنده ذرات سیمان. تهران: انتشارات سیمان اکباتان. ۱۳۸۹؛ ص ۱۱ .

(4) Englert N. Fine particles and human health a review of epidemiological studies. Toxicology Letters. 2004; pp. 18-19-235.

(5) Fournier S. The removal of airborne dust from swine housing by electrostatic precipitation. M.Sc. Thesis. University of Alberta. 1992; pp. 25-31.

(6) АПСТ. 061312.200-ИЭ Типовая инструкция по эксплуатации о электрофильтра. Москва. 2005 г; №(2) Ст. 11-22.

(7) Проект нормативов АЭ. предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов Аксукской теплоэлектростанции. Павлодар. 2012 г; № (3). Ст. 3-112.

(8) Рудинка Р. проект Аксукской электрической станции Реконструкция газочистки Электрофильтр. Москва. 1999 г; № (5). Ст 5-8-9-12.

(9) Русанова АВ. М /Под общ. ред..: электростатические осадки. 1993; № (1). Ст. 312.

(10) Тимонин АС. Инженерно-экологический справочник. Т.1. Калуга. Издательство Н. Бочкаревой. 2003 г; Ст 312-917.

(11) Юшин ВВ и др. М Техника и технология защиты воздушной среды. Учебное пособие для вузов. 2005 г; Ст 391.