

**REDUCEREA EMISIILOR DE CENUȘĂ
PRIN ÎMBUNĂTĂȚIREA CONDIȚIILOR
DE FILTRARE ALE
ELECTROFILTELOR**

Prof. univ. dr. ing. Cristinel Racoceanu
Universitatea „Constantin Brancuși” din
Targu Jiu

Rezumat.

Printre tehnicile de filtrare cel mai adesea utilizate pentru reținerea particulelor existente în gazele rezultate în urma diferitelor activități industriale, un loc important îl ocupă precipitatoarele electrostatice (numite și filtre electrostatice sau electrofiltre). Aceste instalații de filtrare au la baza principiului de funcționare încărcarea cu sarcină electrică a particulelor pentru ca acestea să fie reținute. Sub acțiunea câmpului electric, particulele colectate sunt depuse pe suprafețele unor electrozi de colectare. Din punctul de vedere al masei particulelor colectate, precipitatoarele electrostatice asigură o eficiență de filtrare superioară procentului de 99%. Un alt mare avantaj al acestor filtre îl constituie și faptul că acestea pot trata debite foarte mari de gaze, producând în același timp pierderi de presiune foarte mici în instalațiile de evacuare ale acestora.

Cuvinte cheie: tehnici de filtrare, gaze, precipitatoare electrostatice, pierderi de presiune.

**1.Probleme specifice apărute în
funcționarea electrofiltrelor**

Miscarea particulelor în interiorul unui filtru electrostatic depinde de mai mulți factori, de obicei grupați în două categorii:

1. cei de natură electrică (distribuția câmpului electric, densitatea și repartiția sarcinii ionice spațiale dintre electrozi) – ce determină într-o bună măsură o altă mărime esențială ce intervine în procesul de separare electrostatică și anume, sarcina electrică acumulată de particule în cursul deplasării lor în interiorul precipitatorului.
2. cei care reunesc toate caracteristicile curgerii gazului – factori aerodinamici: diferența

**EMISSION REDUCTION BY ASH
IMPROVE PERFORMANCE
FILTERING OF ELECTROSTATIC
FILTER**

Prof. PhD. Eng. Cristinel Racoceanu
„Constantin Brancusi „University of Targu Jiu

Abstarct

Among filtering techniques most often used for retention of particles in gases resulting from various industrial activities, an important place is taken precipitatoarele electrostatic (also called filters or electrostatic electrofiltre). These facilities are based on filtering the loading operation of electrical load with particles so that they can be retained. Under the electric field, the particles collected are deposited on surfaces of electrodes collection. From the mass of particles collected precipitatoarele ensure efficiency electrostatic filter higher percentage of 99%. Another big advantage of these filters is that they can handle very large flows of gas, while causing loss of pressure in very small installations of their evacuation.

Key words: filtering techniques, gases, electrostatic precipitators, loss of pressure.

**1.Probleme specific operation
occurred in electrostatic filter**

Particle motion within a electrostatic filter depends on several factors, usually grouped into two categories:

1. the kind of power (electric field distribution, density and spatial distribution of pregnancy ion electrodes) - resulting in good measure a critical size which is involved in electrostatic separation process, namely, the task of electrical particles accumulated during their journey the precipitatorului.
2. those who meet all of the gas flow -

de presiune între intrarea și ieșirea electrofiltrului, gradul de turbulența a gazului etc.... Cercetările realizate până în prezent indică faptul că structura de curgere a gazului este specifică fiecărui electrofiltru în parte. Studiul aspectelor aerodinamice necesită o bună cunoaștere a dependențelor existente între structura de curgere a gazului și fenomenele legate de producerea descărcărilor corona (injecția de sarcină ionică, repartiția câmpului electric, etc.). Ciocnirile între moleculele neutre de gaz și ionii accelerați de câmpul electric conduc la apariția așa numitului fenomen de vânt ionic – o mișcare a gazului orientată dinspre planul electrozilor de ionizare către plăcile colectoare.

În prezența curgerii principale a gazului (dată de gradientul de presiune intrare-ieșire), forțele electrice ce se exercită asupra ionilor și particulelor încărcate cu sarcină determină apariția unei curgeri secundare a gazului. Mișcarea rezultantă a gazului în precipitator este, deci, rezultatul interacțiunii dintre curgerea primară și această curgere secundară dată de densitatea de volum a forței electrice.

Această curgere foarte complexă a gazului portor are o influență mare asupra procesului de încărcare cu sarcină electrică a particulelor și, deci, în final, asupra captării particulelor.

Condițiile electrice depind de forma geometrică a electrozilor și de polaritatea potențialului aplicat. Câmpul electric intens din vecinătatea acestor electrozi conduce la apariția descărcărilor corona responsabile de crearea sarcinii spațiale ionice.

Calculul unei sarcini electrice a unei particule necesită cunoașterea intensității câmpului electric, a densității sarcinii libere cât și a altor factori care pot influența traiectoria acestei particule. Există mai multe modele ce permit calculul sarcinii unei particule sferice, dar, deocamdată, măsurările experimentale ce permit calibrarea acestor modele nu sunt foarte precise.

În momentul de față se cunosc doi parametri principali care influențează direct

aerodinamic factors: the pressure difference between entry and exit electrofiltrului degree of gas turbulence, etc. Research to date indicates that the gas flow is specific to each electrofiltru separately. Aerodynamic aspects of the study requires a good knowledge of dependencies between the gas flow and phenomena related to the production of corona discharges (injection of pregnancy ionic, electric field distribution, etc.).. Neutral collisions between gas molecules and ions accelerated by electric field leads to the phenomenon of so-called ionic wind - a movement of the gas directed from the ionization electrode collector plates.

In the main flow of gas (given the gradient pressure input-output), electrical forces that is exerted on the ions and charged particles with pregnancy leads to a secondary gas flow.

Movement resultant gas is precipitated, so the result of flow interaction between the primary and secondary flow given by the volume density of electric power. This very complex flow of gas portal has a large influence on the process of loading the electrical load of particles and So, finally, the capture particles.

Conditions depend on the electric geometric shape of electrodes and polarity potential applied. Intense electric field in the vicinity of the electrodes lead to corona discharges responsible for creating spatial ion pregnancy. The pregnancy electric particles requires a knowledge of electric field intensity, density-free pregnancy and other factors can influence the trajectory of the particles. There are several models that allow calculation of spherical particles of a pregnancy, but for now, experimental measurements that allow the calibration of these models are not very accurate.

Currently known two main

eficacitatea colectării: viteza medie a gazului și intensitatea turbulenței. Turbulența nu este generată doar de diferența de presiune la intrarea și ieșirea din filtru, ci și de fenomenele asociate descărcărilor corona și mișcării particulelor în câmp electric.

Ciocnirile dintre moleculele neutre de gaz și ionii accelerați de câmpul electric determină în absența curgerii axiale a gazului apariția vântului ionic – o mișcare a gazului de la electrozii ionizați către plăcile colectoare. Curgerea rezultantă a gazului va fi, în consecință, rezultatul interacțiunii celor două. Momentan, intensitatea turbulenței este adesea calculată sau măsurată în situațiile particulare care însă oferă informații relativ restrânse valabile în cazul precipitatoarelor industriale.

Având la bază aceste principii cât și observarea directă a funcționării câtorva filtre electrostatice, s-au elaborat mai multe modele de studiu a funcționării precipitatoarelor electrostatice. În trecut, au fost create modele teoretice simple care au fost utilizate mai bine de o jumătate de secol pentru proiectarea și dimensionarea electrofiltrelor. Odată cu dezvoltarea instrumentelor de calcul, au fost elaborate modele mai rafinate, care iau în considerare mai multe fenomene prezente în procesul de filtrare electrostatică.

2. Studiu experimental asupra fenomenelor aerodinamice din electrofiltre

Având ca punct de plecare studiile bibliografice realizate, la LEMD – Grenoble a fost realizată o instalație experimentală care a permis studiul importanței curgerii secundare a gazului asupra funcționării electrofiltrelor. Practic, au fost vizualizate traiectoriile unor particule, utilizate ca *trăsori* în fluxul de gaz. Vizualizarea a fost făcută într-un plan perpendicular direcției curgerii principale. Precipitatorul utilizat conține electrozi de ionizare sub forma unor tije pe care sunt dispuse ace ionizante. Descărcările corona se produc practic numai la vârful acestor ace.

Se observă că între două ace consecutive,

parameters that affect directly the effectiveness of collection: average speed of gas and turbulence intensity. Turbulence is generated not only by the difference in pressure at the entry and exit of the filter, but the phenomena associated with corona discharges and particle movement in electric field. Collisions of neutral gas molecules and ions accelerated by electric field determined in the absence of axial flow gas occurrence ionic wind - a move from gas ionized by electrodes collector plates. Resultant gas flow will consequently result of interaction of the two. Currently, the turbulence intensity is often measured or calculated in particular situations but provides relatively limited information available for industrial filter.

Based on these principles and the direct observation of the functioning of some electrostatic filters have been developed several models for studio operation electrostatic filter. In the past were simple theoretical models that were used more than half a century for designing and dimensioning electrostatic filter. With the development of calculation models have been developed, most sophisticated, taking into account several phenomena present in the electrostatic filter.

2. Experimental Study on the aerodynamic phenomena electrostatic filter

Given that starting point bibliographic studies conducted at LEMD - Grenoble was a pilot study which allowed the importance of secondary gas flow on the operation electrostatic filter. Basically, were viewed pathways of particles used as tracers in the flow of gas. Viewing was made in a perpendicular direction of main flow. Electrostatic filter contains electrodes used for ionization in the form of rods which are arranged ionizing needles. Downloads corona occur practically only the tip of these needles.

situate la aceeași înălțime pe tijă, există o zonă mai luminoasă, deci, mult mai bogată în particule (*Figura 1*). Focalizând o cameră video pe acea zonă (*Figura 2*), se observă existența a doi turbioni, reprezentați schematic în *Figura 3*.

Se observă cum particulele sunt accelerate puternic în regiunea situată exact lângă electrozii injectori și sunt expulzate pe placa colectoare. La distanță medie între ace, fluxul de particule, mult mai iregular, este dirijat spre centrul precipitatorului.

De asemenea, s-a observat că, deplasând planul de observație, structura curgerii gazoase rămâne practic neschimbată. Această observație importantă a condus la concluzia că, într-o primă aproximare, structura curgerii fluide poate fi considerată ca fiind independentă de coordonata x .

Există, deci, o mișcare marcantă a gazului sub forma de rulouri convective. Viteza gazului în planul de observație, în celulele convective este foarte importantă, având același ordin de mărime ca și viteza medie a fluxului principal și este mult superioară vitezei proprii a particulelor: $\vec{w}_E = K_p \cdot \vec{E}$.

Valoarea potențialului electric aplicat electrozilor ionizanți are o influență importantă asupra intensității mișcării.

Astfel, o creștere a potențialului electric are drept consecință intensificarea mișcării în celulele convective. Aceste observații arată că, mișcările gazului la o scară de ordinul d (semidistanța între plăcile colectoare) predomină în interiorul precipitatorului. Reținem deci observația foarte importantă a existenței celor doi turbioni în planul de observație considerat și a invarianței curgerii gazului în direcția Ox .

It notes that between two consecutive needle, situated at the same height on the rod, there is a brighter area, so much more rich in particles (Figure 1). Notice a camera on that area (Figure 2) it notes the existence of two swirl, represented schematically in Figure 3. Observed how the particles are accelerated strongly in the region situated just next injector electrodes and expelled the collector plate. Average distance between the needles, the flow of particles, much iregular is directed towards the center electrostatic filter.

It was also noted that moving the observation plane, the gas flow remains practically unchanged. This important observation has led to the conclusion that, in a first approximation, the fluid flow can be regarded as independent coordinate x .

There is therefore a figure moving gas in the form of convection rolls. Gas velocity in the observation of the convection cells is very important, having the same order as the average speed and flow is the main and upper particle velocity own. The value of electric potential applied to ionizing electrodes are an important influence on the intensity of movement.

Thus, an increase of electric potential has the effect of intensifying the movement in convection cells. These observations indicate that the movement of gas on a scale of order d (halfway between collector plates) predominates in the electrostatic filter. Mind so very important to note the existence of two in the swirl of observation considered invariants and gas flow in the direction Ox

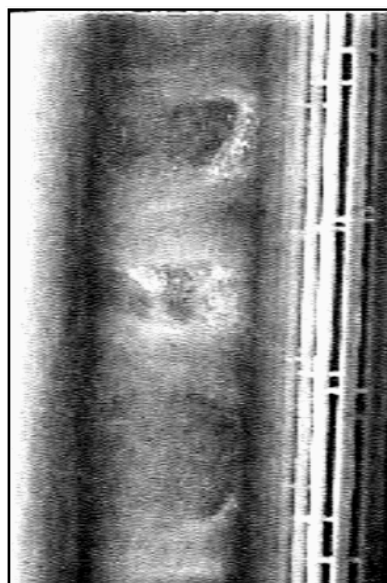
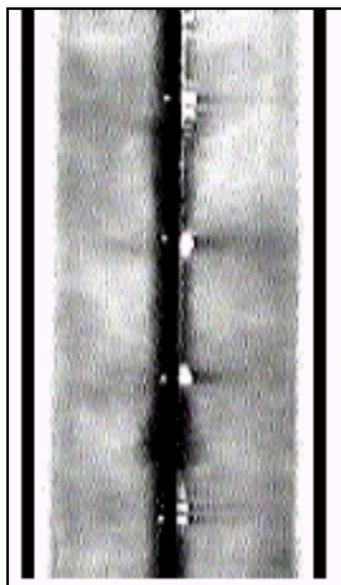


Figura 1.- Structura curgerii gazului în planul Ozy (electrozii de ionizare se găsesc în zona centrală) / The gas flow in the Ozy (ionization electrodes are found in the central area)

Figura 2. – Turbioanele dezvoltate între doi electrozi corona alăturați aflați pe aceeași tijă. / Turbioanele dezvoltate între doi electrozi corona alăturați aflați pe aceeași tijă.

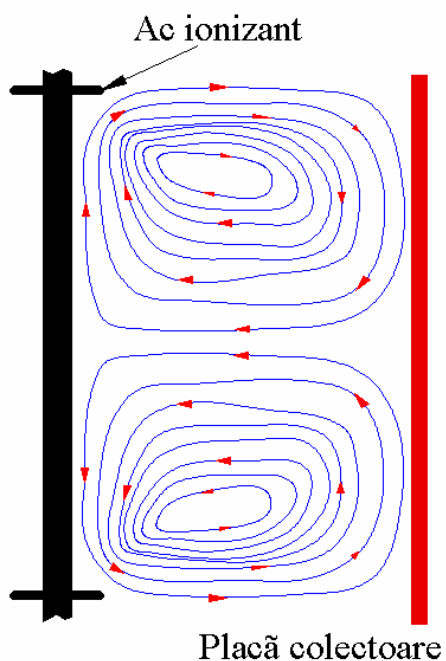


Figura 3. – Reprezentare schematică a turbionilor. / Figure 3. - Schematic representation of the swirl.

3. Influența repartiției gazelor de ardere prin electrofiltru

Studiile experimentale asupra funcționării electrofiltrelor au permis punerea în evidență a influenței vitezei gazului asupra performanțelor de filtrare. Astfel, o repartiție neuniformă a curenților de gaz poate duce la viteze locale mari și astfel la zone cu eficacitate redusă. După *Bump* [3], nimic nu poate reduce performanțele unui filtru mai mult decât repartiția neuniformă a gazului. Ori, majoritatea instalațiilor industriale prezintă obstacole în amonte de filtru, favorizând astfel o distribuție aerodinamică neuniformă. Pentru a reduce această problemă, se folosesc grilaje de ghidare puse la intrarea în electrofiltru cu scopul de a redresa curenții de gaz [4].

Pe lângă creșterile foarte mari ale vitezei locale a gazului care pot să apară în anumite puncte, o repartiție neuniformă a gazului poate duce la o slăbire a performanțelor filtrului astfel:

1. o repartiție neuniformă a concentrației de particule, ce duce la o aglomerare locală a impurităților în zonele în care viteza gazului este mare și, implicit, rezultă o scădere a performanțelor de filtrare [4];

2. creșterea riscului de reantrenare a particulelor datorită forțelor locale de smulgere [4]. După *Bump* [3], în anii 60-70, o treime din particulele tratate au fost reantrenate în filtre datorită repartiției neuniforme a gazului.

4.. Efectul produs de reantrenarea particulelor

Reantrenarea particulelor colectate este de obicei asimilată fenomenului de erodare [9]. În cazul electrofiltrelor, se pot distinge cinci efecte importante:

1. interacțiunea directă dintre fluxul de gaz și stratul de particule depus pe electrozi;
2. antrenarea particulelor, datorită curgerii gazului, în momentul în care acestea sunt înlăturate de pe suprafața electrozilor de depunere și cad datorită gravitației în

3. Influence distribution of the combustion gases through electrical filter

Experimental studies on the functioning electrofiltrelor allowed the evidence of the influence of gas velocity on performance filtering. Thus, an uneven distribution of the gas stream can lead to high speed local area and thus effectively reduced. After *Bump* [3], nothing can reduce the performance of a filter more than the uneven distribution of gas. Times, most present obstacles to industrial plants upstream of the filter, thus favoring an uneven distribution line. To reduce this problem, use guiding gratings made entry into electrostatic filter to recover gas currents [4].

In addition to increases in high speed local gas that may occur in certain points, an uneven distribution of gas may lead to a weakening of filter performance: 1. an uneven distribution of particle concentration, which leads to congestion of the impurities in local areas where gas velocity is high and, therefore, resulting a decrease in performance filter [4] 2. increased risk of reantrenare particle forces due to local avulsion [4]. After *Bump* [3], in 60-70 years, one third of the particles were treated reantrenate in filters due to uneven distribution of gas.

4 .. The effect produced by particles training again

Training again particles collected is usually treated as the phenomenon of erosion [9]. If electrofiltrelor, can distinguish five major effects:

1. direct interaction between the flow of gas and the layer of particles deposited on the electrodes 2. training particles due to gas flow, when they are removed from the surface electrodes of filing and fall due to gravity tanks located at the bottom of electrostatic filter. The operation of

buncărele situate în partea inferioară a electrofiltrului. Operația de înlăturare a acestor particule se face în vederea evitării "colmatajului" (încărcării peste limită) plăcilor colectoare și, de asemenea, pentru a limita fenomenul de contra-emisie ;

3. măturarea particulelor din coșul de depuneri din cauza unei distribuții neadecvate a curgerii;
4. străpungerea electrică între electrozi, ce poate provoca o „detașare” a unei părți din depunere;
5. contra-emisia, care alterează depunerea și o fragilizează.

5. Concluzii

Creșterea performanțelor de filtrare pot fi îmbunătățite prin aplicarea următoarelor măsuri:

1. Mărirea distanței dintre electrozii de emisie și cei de depunere de la 300 mm la 400 mm;
2. Mărirea tensiunii de alimentare de la 78 kV la 110 kV;
3. Folosirea unor electrozi de emisie de tip nou, mai performanți;
4. Automatizarea completă a procesului de separare a particulelor de praf în electrofiltru.

Bibliografie

1. Racoceanu, C. *Studiul de audit al centralelor termoelectrice*, Editura Sitech, Craiova, 2006.
2. Racoceanu, C., Căpățînă C. *Emisiile de noxe ale centralelor termoelectrice*, Editura Matrix Rom, București, 2004.
3. Bump, R.L., *Electrostatic Precipitators in Industry*. Chem. Eng., Janvier, 129-136, 2008.
4. Tochon P., *Etude numérique et expérimentale d'electrofiltres industriels*, Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier – Grenoble 1, 1997.
5. Griesco, G. & Fortune, o. 2006 Flow

removing these particles is to avoid "loading with dust (charging over limit) collector plates, and also to limit the phenomenon of counter-emission

3. sweep particles of recycle deposits due to inadequate distribution of flow
4. passage electricity between electrodes, which can cause a "deployment" part of the submission
5. counter-emission, which alter the deposition and fragile.

5. Conclusions

Increased filtration performance can be improved by applying the following measures:

1. Increasing the distance between electrodes and to the filing from 300 mm to 400 mm
2. Increasing the supply voltage from 78 kV to 110 kV
3. Using electrodes transmitting a new, performance,
4. Complete automation of the separation of dust particles in electrostatic filter

Bibliography

1. Racoceanu, C. *The audit thermo power*, Sitech Publishing House, Craiova, 2006.
2. Racoceanu, C., C. Căpățînă *emissions of noxious thermo plants*, Editura Matrix Rom, Bucharest, 2004.
3. Bump, R.L., *Electrostatic Precipitators in Industry*. Chem. Eng., Janvier, 129-136, 2008.
4. Tochon P., *Etude numérique et expérimentale d'electrofiltres industriels*, Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier – Grenoble 1, 1997.
5. Griesco, G. & Fortune, 2006 *Flow modelling – key to more effective*

modelling – key to more effective precipitation. Research Cottrell Technical Bulletin TB202, Utility Gas Cleaning Division Brook Bound (New Jersey), 1-12.

6. Oglesby S. & Nichols G.B., *Electrostatic precipitation*, Marcel Dekker Inc., 2007.

7. Riehle, C., Basic theoretical operation of ESPs. *Electrostatic precipitation*, Chapman & Hall, London, 2006.

8. Dupuy J., Effect de couronne et champs ionisés. *Revue Générale d'Electricité*, 67,2, pp. 85-104, 1988.

9. Medlin, A.J. Electrohydrodynamic Modelling of Fine Particule Collection in Electrostatic Precipitators. Ph. D., University of New South Wales, 1998.

precipitation. Research Cottrell Technical Bulletin TB202, Utility Gas Cleaning Division Brook Bound (New Jersey), 1-12.

6. Oglesby S. & Nichols G.B., *Electrostatic precipitation*, Marcel Dekker Inc., 2007.

7. Riehle, C., Basic theoretical operation of ESPs. *Electrostatic precipitation*, Chapman & Hall, London, 2006.

8. Dupuy J., Effect de couronne et champs ionisés. *Revue Générale d'Electricité*, 67,2, pp. 85-104, 1998.

9. Medlin, A.J. *Electrohydrodynamic Modelling of Fine Particule Collection in Electrostatic Precipitators*. Ph. D., University of New South Wales, 1998.