



HAL
open science

Performances des médias pour la filtration des nanoparticules métalliques

Nassim Khirouni, Augustin Charvet, Dominique Thomas, Denis Bemer

► **To cite this version:**

Nassim Khirouni, Augustin Charvet, Dominique Thomas, Denis Bemer. Performances des médias pour la filtration des nanoparticules métalliques. CFA 2020 - 33ème Congrès Français sur les Aérosols, ASFERA - Association Française d'études et de recherches sur les aérosols, Jan 2020, Paris, France. 10.25576/ASFERA-CFA2020-19677 . hal-02497442

HAL Id: hal-02497442

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02497442v1>

Submitted on 3 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PERFORMANCES DES MEDIAS POUR LA FILTRATION DES NANOPARTICULES METALLIQUES

N. Khirouni^{*1,2}, A. Charvet², D. Thomas² et D. Bémer¹

¹Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), F-54519 Vandœuvre-lès-Nancy, France

²Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP), Université de Lorraine, CNRS, F-54000 Nancy, France

*Courriel de l'orateur : nassim.khirouni@inrs.fr

PERFORMANCES OF FILTER MEDIA FOR METALLIC NANOPARTICLES FILTRATION

RESUME

La filtration des nanoparticules métalliques par différents médias a été étudiée en travaillant sur filtres plans. Les filtres utilisés sont représentatifs des médias employés pour la filtration des particules ultrafines métalliques générées par certains procédés comme la découpe des métaux (laser, oxycoupage, arc électrique), le soudage à l'arc, la projection thermique. L'évolution de la perte de charge, l'efficacité initiale de filtration et l'efficacité de décolmatage ont été déterminées. L'objectif est de sélectionner le meilleur média pour la filtration des particules ultrafines métalliques. Les médias utilisés possèdent différents traitements surfaciques : membrane polyéthylène ou couche de nanofibres. Les résultats mettent en évidence et confirment le colmatage rapide des filtres et un décolmatage inefficace. La fraction du gâteau de particules éliminée après décolmatage ne dépasse pas 15%.

ABSTRACT

Filtration of metallic nanoparticles by different filter media was investigated using flat filters. The filters used are among the media recommended for the industrial filtration of metallurgical dusts generated by processes such as metal cutting, arc welding and thermal spraying. The pressure drop evolution, the initial collection efficiency and the regeneration efficiency were measured. The aim is to select the best filter for the filtration of metallic ultrafine particles. The media used have different surface treatments: polyethylene membrane or nanofibre layer. Results show a rapid evolution of the pressure drop and an inefficient cleaning of the filter media. The removed cake mass after cleaning does not exceed 15%.

MOTS-CLES: filtration, nanoparticules métalliques, média filtrant, performances / **KEYWORDS:** filtration, metallic nanoparticles, filter media, performances

1. INTRODUCTION

La filtration des nanoparticules métalliques générées par les activités métallurgiques comme la projection thermique, la découpe des métaux ou la sidérurgie reste une opération problématique. Vue leur toxicité, la filtration de ces nanoparticules, généralement par médias fibreux, est d'importance afin de protéger les travailleurs dans les milieux professionnels et pour la protection de l'environnement. Des observations de terrain ont révélé un colmatage rapide des cartouches filtrantes accompagné d'une augmentation significative de la perte de charge. Ces procédés peuvent émettre des concentrations très élevées en particules ultrafines métalliques, comme en projection thermique à l'arc électrique où des concentrations de l'ordre de 10^8 particules.cm⁻³ de particules de diamètre inférieur à 100 nm ont été relevées dans les conduits de captage/ventilation (Bémer et al., 2010). De plus, le décolmatage des filtres soumis aux fumées de métallisation s'avère bien souvent inefficace. En raison de leur taille les nanoparticules métalliques forment un gâteau de filtration qui est extrêmement adhérent et difficile à détacher. La très grande porosité des gâteaux de nanoparticules rend également leur détachement de la surface du filtre difficile par à-coup de pression du fait la faible densité du dépôt (Sievert et Löffler, 1989). Ceci implique que les filtres doivent être remplacés régulièrement ce qui présente un coût certain pour les industriels.

Cette étude s'intéresse à l'évaluation des performances des médias commerciaux destinés à la filtration des poussières métallurgiques en termes d'efficacité de collecte, de perte de charge et d'efficacité de régénération. Le dernier paramètre étant le plus important car il affecte la stabilité du processus de filtration au cours du temps et la durée de vie de l'élément filtrant.

2. MATERIEL ET METHODES

Les nanoparticules métalliques sont générées par un procédé pilote de projection thermique à l'arc électrique qui permet de reproduire les conditions réelles rencontrées à l'échelle industrielle. Un banc de filtration composé d'un porte-filtre plan de 14 cm de diamètre permet de réaliser les expériences de filtration et de suivre l'évolution de la perte de charge durant le colmatage des différents médias filtrants testés. Un cyclone est placé en amont du filtre afin d'éliminer la fraction micronique des particules générées. Le débit est contrôlé par une tuyère sonique et la vitesse de filtration est fixée à 3 cm.s⁻¹. L'efficacité initiale de

filtration est mesurée dans un autre banc d'essai où des nanoparticules de NaCl électriquement neutres sont générées par un générateur (AGK 2000, PALAS®). La concentration en nombre amont/aval est mesurée par un SMPS (Grimm 5.403®) après dilution (VKL 100, PALAS®).

Le décolmatage est effectué par injection d'air comprimé à 4 bar avec un temps d'ouverture de la vanne d'injection de 0,2 s et 10 pulses. L'efficacité de décolmatage est mesurée par rapport à la perte de charge résiduelle et la masse détachée. L'efficacité de régénération par rapport à la perte de charge, R_P , est calculée comme suit (Hau et Leung, 2016):

$$R_P = \frac{\Delta P_{Max} - \Delta P_{résiduelle}}{\Delta P_{Max} - \Delta P_{initiale}} \quad (1)$$

Avec ΔP_{Max} la perte de charge maximale avant le décolmatage ; $\Delta P_{résiduelle}$ la perte de charge résiduelle et $\Delta P_{initiale}$ la perte de charge du filtre propre.

L'efficacité de régénération par rapport à la masse R_M , est exprimée par la relation suivante :

$$R_M = \frac{\text{Masse détachée}}{\text{Masse initiale du gâteau}} \quad (2)$$

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation des médias

Les évolutions de la perte de charge en fonction de la vitesse de l'air des trois filtres vierges testés sont représentées par la figure 1. Le tableau 1 regroupe les résultats de caractérisation des médias étudiés.

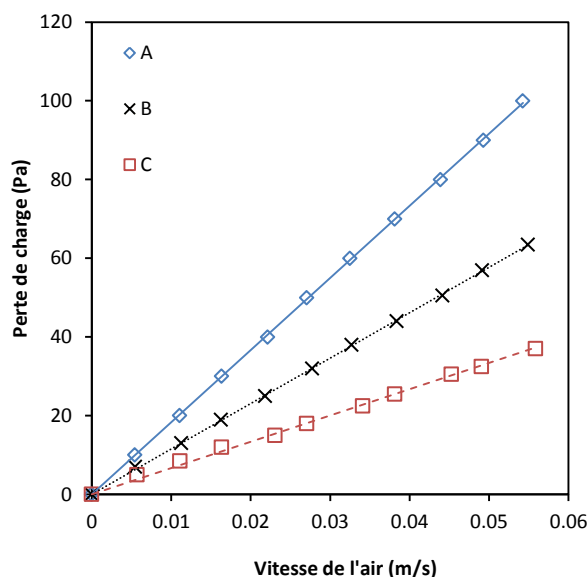


Figure 1. Evolution de la perte de charge des médias propres en fonction de la vitesse de l'air

Tableau1. Caractéristiques des médias étudiés

Média	Grammage (g.m ⁻²)	Epaisseur (mm)	Diamètre de fibre-Davies (µm)	Compacité	Traitement de surface
A	138	0,28	22,7	0.30	Couche de nanofibres
B	119	0,35	20,9	0.21	Couche de nanofibres
C	206	1,19	31,6	0.14	Membrane polyéthylène

3.2. Performances de filtration

La figure 2 présente l'efficacité initiale de filtration et l'évolution de la perte de charge durant le colmatage par les nanoparticules métalliques. Les filtres A et B ont des performances équivalentes en termes d'efficacité de collecte et d'évolution de perte de charge. Le filtre C affiche de meilleures performances que les deux autres filtres. L'évolution de la perte de charge en fonction de la masse déposée est moins importante, ce qui peut être attribué aux caractéristiques du média. En effet, le filtre C possède l'épaisseur et le grammage les plus importants parmi les médias testés. La pente de la courbe du filtre C est différente, ceci peut être interprété par une différence de la structure du gâteau formé.

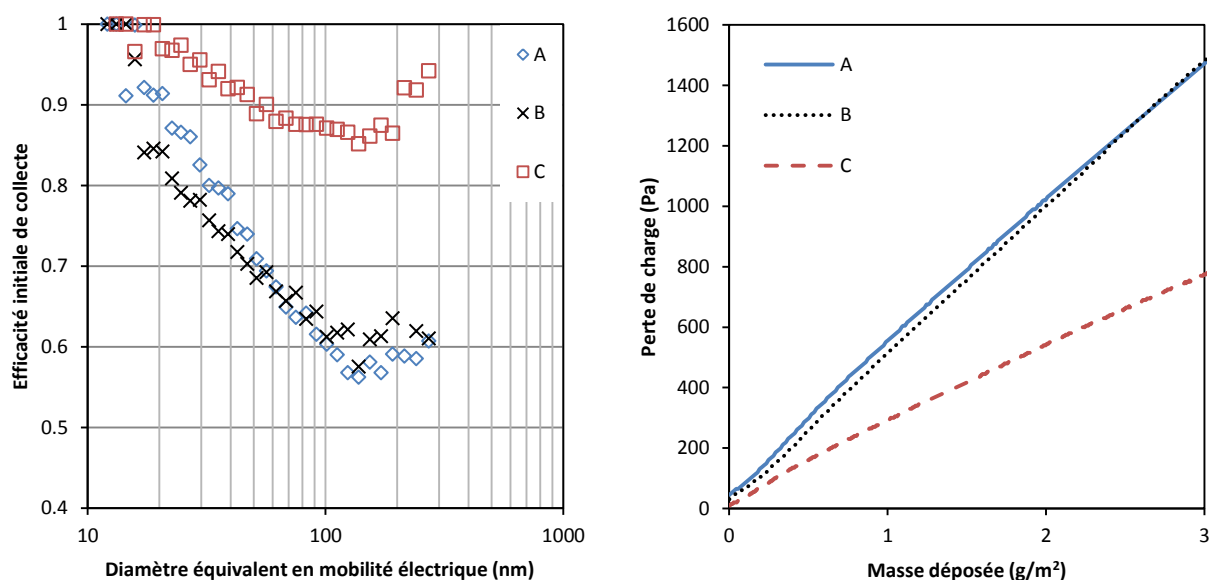


Figure 2. Efficacité initiale de collecte des différents médias et évolution de la perte de charge durant le colmatage par les nanoparticules métalliques à une vitesse de filtration de 3 cm.s^{-1}

Le tableau 2 regroupe les résultats de l'efficacité de décolmatage. L'efficacité mesurée par rapport à la perte de charge résiduelle est très importante par rapport à celle obtenue avec la masse. Ceci est dû au fait que lorsque des plaques du gâteau se détachent l'air passe de façon préférentielle à travers ces zones réduisant de fait la perte de charge. Ainsi, le critère R_P n'est peut-être pas le critère pertinent pour évaluer l'efficacité de décolmatage. Parmi les trois médias testés, le filtre B semble avoir la meilleure efficacité de décolmatage. Cependant, la masse décolmatée ne dépasse pas les 15% ce qui indique que la force d'adhésion du gâteau est très importante.

Tableau 2. Efficacité de décolmatage des différents médias

Média	R_P (%)	R_M (%)
A	89,2	6,9
B	92,9	14,2
C	76,6	5,6

4. CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude ont confirmé les difficultés liées à la régénération des filtres colmatés par des nanoparticules métalliques. Une évolution rapide de la perte de charge avec un décolmatage inefficace ont été mis en évidence. Dans une deuxième étape des cycles colmatage/décolmatage vont être réalisés afin de sélectionner le média le plus performant. Les traitements de surface employés sur les médias étudiés ne semblent pas avoir un effet significatif sur l'efficacité de décolmatage. Face à cette problématique d'autres techniques peuvent être considérées comme l'utilisation du pré-coating. Cette méthode consiste à protéger la surface des filtres par une couche de particules microniques facilement décolmatable.

5. RÉFÉRENCE

- Bémer, D., Régner, R., Subra, I., Sutter, B., Lecler, M. T., & Morele, Y. (2010). Ultrafine particles emitted by flame and electric arc guns for thermal spraying of metals. *Annals of Occupational Hygiene*, 54(6), 607–614. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meq052>
- Sievert, J., & Löffler, F. (1989). Fabric cleaning in pulse-jet filters. *Chemical Engineering and Processing*, 26(2), 179–183. [https://doi.org/10.1016/0255-2701\(89\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0255-2701(89)90010-X)
- Hau, C. W. Y., & Leung, W. W. F. (2016). Experimental investigation of backpulse and backblow cleaning of nanofiber filter loaded with nano-aerosols. *Separation and Purification Technology*, 163, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.02.041>