APPLICATION DE LA TECHNIQUE DE PRECOATING POUR AMELIORER LA REGENERATION DES FILTRES SOUMIS AUX NANOPARTICULES METALLIQUES

N. Khirouni*[1,2], A. Charvet[2], D. Thomas[2] et D. Bémer[1]

[1]Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), F-54519 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2]Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP), Université de Lorraine, CNRS, F-54000 Nancy, France
*Courriel de l'orateur : nassim.khirouni@inrs.fr

APPLICATION OF THE PRECOATING TECHNIQUE FOR IMPROVING THE REGENERATION OF FILTER MEDIA CHALLENGED WITH METALLIC NANOPARTICLES

RESUME

Cette étude porte sur l'influence d'une précouche de particules microniques sur l'efficacité de décolmatage de médias filtrants plans colmatés par des nanoparticules métalliques. Il ressort de ce travail que la masse, et donc l'épaisseur de précoating doit être suffisante pour protéger la surface du filtre tout en demeurant limitée pour réduire le coût de l'opération (perte de charge, coût de la poudre de précoating). L'application de précoating entraine, pour les différentes poudres testées, une augmentation significative de l'efficacité de décolmatage de 15% sans précoating à 90% avec précoating. Les cycles colmatage/décolmatage ont par ailleurs mis en évidence la stabilité du processus de filtration (décolmatage efficace après chaque cycle) avec précoating.

ABSTRACT

The application of precoating to overcome the regeneration difficulties of fibrous media caused by metallic nanoparticles, emitted from metallurgical activities, was investigated. The precoat layer must be thick enough to prevent the nanoparticles from penetrating to the filter surface and thin enough to limit the operational cost (pressure drop and powder). Results showed a significant improvement of the cleaning efficiency from 15% without precoating to 90 % with precoating, whatever the precoating material. Clogging/unclogging cycles with precoating revealed a stable filtration process.

MOTS-CLÉS : filtration, nanoparticules métalliques, précoating, régénération / **KEYWORDS:** filtration, metallic nanoparticles, precoating, regeneration

1. INTRODUCTION

Le décolmatage par à coup de pression de cartouches filtrantes utilisées pour la filtration de nanoparticules métalliques s'avère inefficace. Une étude récente de Khirouni et al. (2020) réalisée sur filtre plan confirme ce constat avec un décolmatage par plaques limitée à 30% d'efficacité. Ce colmatage irréversible des cartouches reste problématique car l'absence d'une régénération efficiente nécessite leur remplacement fréquent engendrant de fait un coût supplémentaire. La force d'adhésion importante entre le gâteau de filtration de nanoparticules métalliques et la surface du média filtrant est certainement le facteur d'explication. Peukert et Wadenpohl (2001) recommandent dans ce type de situation l'application d'un précoating. Cette technique consiste à protéger la surface du filtre par une couche filtrante de particules microniques, facilement décolmatable. L'amélioration de l'efficacité de collecte par cette couche a été rapportée dans la littérature (Förster et al., 2016). En revanche, on recense peu d'informations sur la granulométrie optimale de la poudre, la masse ou l'épaisseur de cette couche pour optimiser la filtration et le décolmatage tout en minimisant les coûts. Une épaisseur de 1mm est bien recommandée par Schmidt et Pilz (1996), mais sans information sur le gain d'efficacité de décolmatage.

Cette étude vise à combler ces lacunes en évaluant l'efficacité de décolmatage en présence de précoating pour différentes conditions opératoires (quantité de précoating, vitesse de filtration, pression de décolmatage). La finalité de ce travail est de fournir des recommandations sur l'application de cette technique à la filtration industrielle de poussières colmatantes.

2. MATERIEL ET METHODES

Les expériences ont été réalisées avec un pilote de projection thermique à l'arc électrique qui permet de reproduire les conditions réelles rencontrées à l'échelle industrielle. Le pistolet est alimenté par des fils de zinc et le métal fondu est projeté sur un cylindre en rotation. Une partie des poussières générées est dirigée vers le système de filtration étudié, qui est composé d'un porte filtre pour filtres plans de 14 cm de diamètre. Un cyclone, avec un diamètre de coupure de 2,5 µm, est placé en amont du porte filtre afin d'éliminer la fraction micronique. La concentration en nombre est de 2.10^8 particules.cm^{-3} avec un diamètre modal équivalent en mobilité électrique de 70 nm. Le précoating a été généré à l'aide d'un générateur à brosse (RBG 1000,

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24795 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

PALAS®). L'air empoussiéré est aspiré à travers le filtre plan par une pompe dont le débit est régulé par une tuyère sonique pour maintenir une vitesse de filtration de 3 $cm.s^{-1}$. L'évolution de la perte de charge durant le colmatage est enregistrée par un capteur de pression différentielle et un système de décolmatage à-coup de pression d'air comprimé est intégré au porte filtre. Le filtre utilisé pour les essais, constitué d'un média ondulé à base de cellulose recouvert d'une couche de nanofibres sur sa surface amont, est classiquement employé industriellement pour la filtration des poussières métallurgiques.
Les poudres de précoating utilisées, à base de $CaCO_3$ ou de SiO_2, sont commercialisées pour cette application. Elles sont appliquées avant la filtration des nanoparticules métalliques, et le décolmatage par jet pulsé est réalisé lorsque l'on atteint une perte de charge maximale (de 500 à 1500 Pa). Le décolmatage est effectué avec une pression d'air comprimé de 4 bar avec un temps d'ouverture de la vanne d'injection de 0,2 s. L'efficacité de régénération par rapport à la masse R_M, est calculée comme suit :

$$R_M = \frac{\text{Masse détachée}}{\text{Masse initiale du gâteau}} \quad (1)$$

3. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 présente les résultats de l'efficacité de décolmatage avec précoating, pour différentes épaisseurs et valeurs de la perte de charge maximale avant décolmatage. Sans précoating, l'efficacité de décolmatage est de l'ordre de 15 %. Les données montrent que l'épaisseur de précoating doit être suffisante afin de protéger la surface du filtre et assurer un décolmatage efficace. La masse nécessaire à appliquer varie avec la poudre utilisée. Ce constat est attribué à des différences de structure de la précouche formée (porosité, masse volumique, taille et forme des particules).
Les résultats mettent en évidence l'effet bénéfique de l'augmentation de la valeur de la perte de charge maximale avant décolmatage, *i.e.* la masse collectée de nanoparticules métalliques. Des résultats similaires ont été rapportés par Zhang et Schmidt (2012) lors de la filtration de particules fines sur un dépôt de particules grossières. Les nanoparticules collectées augmentent les forces de cohésion au sein de la couche de précoating, favorisant ainsi son détachement.

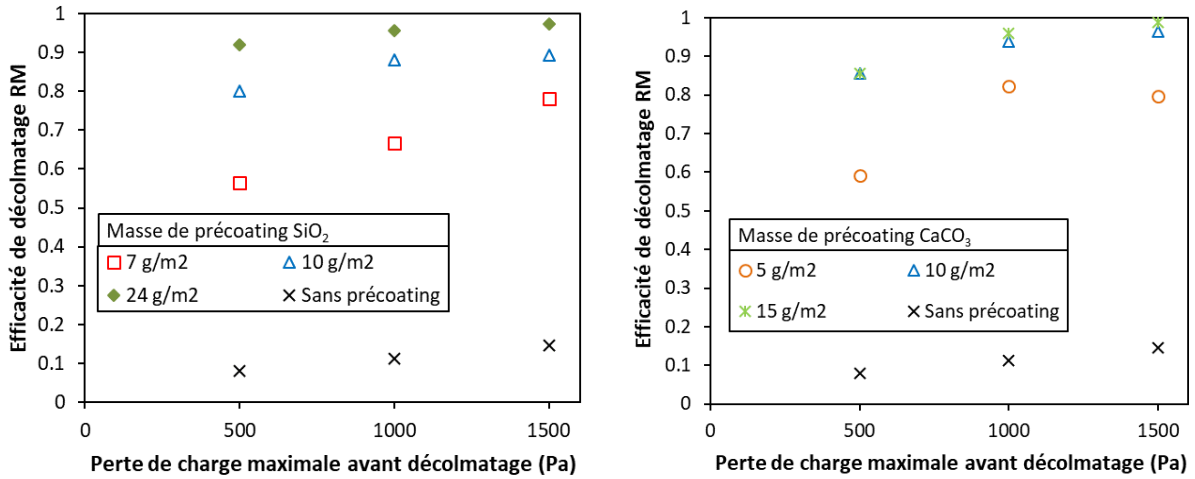

Figure 1 : Variation de l'efficacité de décolmatage avec la masse de précoating et la masse collectée de nanoparticules métalliques.

Des cycles colmatage/décolmatage ont été réalisés en utilisant la poudre à base de SiO_2 avec une masse surfacique de 24 $g.m^{-2}$. La perte de charge maximale avant décolmatage a été fixée à 1500 Pa. Les résultats, donnés par la figure 2, montrent bien que sans précoating la valeur de la perte de charge résiduelle (*i.e.* la perte de charge après le décolmatage) est proche de 1500 Pa soulignant l'inefficacité du décolmatage après chaque cycle. Avec précoating, le processus de filtration est stable avec des valeurs de perte de charge résiduelle nettement plus basses.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24795 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

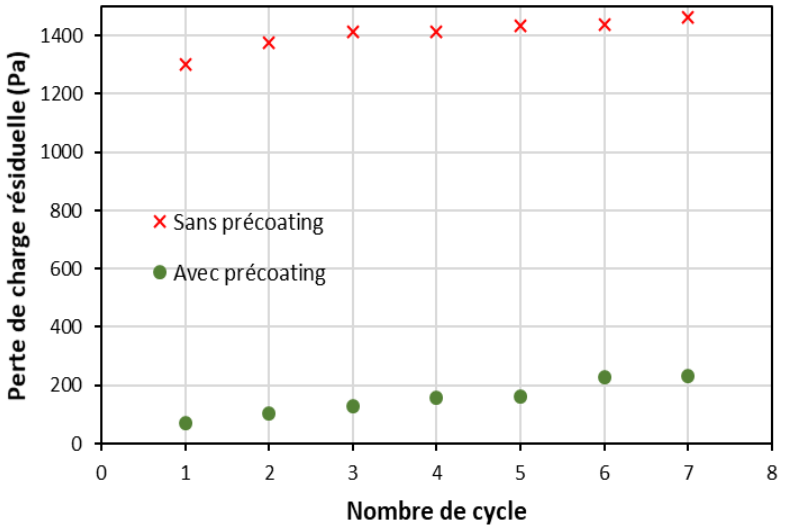

Figure 2 : Variation de la perte de charge résiduelle durant les cycles colmatage/décolmatage avec et sans précoating.

4. CONCLUSIONS

Cette étude a montré que le précoating représente une solution viable pour surmonter les difficultés de régénération des filtres colmatés par les nanoparticules métalliques. Une amélioration de l'efficacité de décolmatage de 15 % sans précoating à 90% avec précoating a été enregistrée. Les perspectives concernent notamment l'optimisation de l'épaisseur de la couche de précoating appliquée pour les différentes poudres. L'application de précoating a permis d'assurer un processus de filtration stable sur un média plan. La prochaine étape concernera la validation de cette technique sur une cartouche plissée.

5. RÉFÉRENCE

Förster, H., Thajudeen, T., Funk, C., Peukert, W., 2016. Separation of nanoparticles: Filtration and scavenging from waste incineration plants. Waste Manag. 52, 346–352. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.050

Khirouni, N., Charvet, A., Thomas, D., Bémer, D., 2020. Regeneration of dust filters challenged with metallic nanoparticles: Influence of atmospheric aging. Process Saf. Environ. Prot. 138, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.02.040

Peukert, W., Wadenpohl, C., 2001. Industrial separation of fine particles with difficult dust properties. Powder Technol. 118, 136–148. https://doi.org/10.1016/S0032-5910(01)00304-7

Schmidt, E., Pilz, T., 1996. Raw gas conditioning and other additional techniques for improving surface filter performance. Filtr. Sep. 33, 409–415. https://doi.org/10.1016/S0015-1882(97)84301-7

Zhang, Q., Schmidt, E., 2012. Effects of Post-Coating By Generating a Thin Secondary Particle Layer. 11th World Filtr. Congr.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24795
Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs