



IRSST

Institut de recherche en
santé et en sécurité
du travail du Québec

Profil-recherche 104

Analyse morphologique des poussières respirables dans l'environnement de travail des fondeurs

Responsables : Marcel Baril, Université Laval et Guy Perrault, Direction des laboratoires, IRSST	Groupe de travailleurs concerné : Les fondeurs Facteur de risque : Les maladies des voies respiratoires
---	--

L'origine et le contexte

De nombreux cas de maladies des voies respiratoires sont diagnostiqués chaque année chez les travailleurs exposés aux poussières produites dans les usines de transformation primaire des métaux, dont les fonderies sont un exemple. Or, le problème de l'exposition aux poussières aéroportées est multidimensionnel. En effet, il faut considérer simultanément la nature chimique des poussières, leur grosseur (granulométrie), leur forme (morphologie) et la microlocalisation (localisation à la surface des particules ou à l'intérieur de l'échantillon) des composés potentiellement dangereux. Seule une synthèse de ces paramètres permet d'évaluer la toxicité et les risques réels d'exposition.

Les objectifs

Déterminer les caractéristiques physico-chimiques, morphologiques et granulométriques des poussières respirables dans l'environnement des fondeurs.

Vérifier s'il existe des corrélations entre la dimension et la composition des poussières, notamment celles des absorbants en surface des particules, et leurs zones d'action sur les voies respiratoires des travailleurs.

La démarche

Trois fonderies de fonte, une de cuivre et une d'aluminium ont été visitées. Un échantillonnage des poussières respirables a été effectué aux endroits stratégiques dans chacune d'elles afin de recueillir les différents types de particules susceptibles d'être émises par le procédé industriel. Deux collecteurs permettant une séparation granulométrique des poussières (selon leur dimension) furent utilisés pour l'échantillonnage: le premier, le collecteur LAVAL, reçoit les particules sur trois types de supports, chacun étant associé à une technique d'analyse. Ainsi les amas d'aérosols recueillis sur les supports en aluminium sont analysés avec un appareil de spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS) à l'argon; les plaquettes en silicium microlithographiées permettent l'analyse individuelle des particules à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB) couplé avec un analyseur de rayons X par dispersion d'énergie

(EDAX) et un SIMS-Ga+; et le troisième support, une grille recouverte de Formvar, permet une analyse avec un microsonde laser (LAMMA). Le deuxième collecteur est une version du collecteur LAVAL adapté pour recueillir des surfaces plus grandes d'échantillons pouvant être analysées par une analyse chimique par spectroscopie des électrons (ESCA). La combinaison de ces différentes techniques d'analyse permet de connaître les caractéristiques chimiques et la morphologie des particules en fonction de leur taille. De plus, le bombardement ionique de la technique SIMS décape progressivement la surface des poussières, permettant ainsi d'obtenir de l'information sur le cœur des particules.

Les résultats

Dans toutes les fonderies visitées, la composition chimique des particules varie en fonction de la granulométrie. Pour celles qui suivent un cycle journalier (moulage le matin, coulage en après-midi et démoulage en soirée, par exemple), la composition change également en cours de journée. La matière première utilisée (fonte, aluminium ou cuivre; matériaux neufs ou réchappés) influence également les éléments détectés lors des analyses chimiques.

Fonderies de fonte : Pour les trois fonderies de fonte, des signaux de manganèse, de cuivre, de zinc et de plomb, de même que de cobalt (traces) et d'arsenic, augmentent sur les particules fines. Les signaux de plomb sont particulièrement importants dans une des fonderies qui n'utilise comme matière première que des matériaux réchappés. Dans les deux autres, le manganèse domine chez les particules fines et ce, à des concentrations du même ordre de grandeur que la norme pour les fumées de manganèse. Le calcium, le fluor, le baryum et le zirconium (là où l'on en fait usage) sont associés aux particules plus grosses, tandis que le fer et le silicium n'ont pas d'affectation particulière.

Le fluor, le sodium et le zinc semblent concentrés à la surface des particules alors que le fer, le calcium, le manganèse et le magnésium s'intensifient à l'intérieur des échantillons.

La morphologie des particules fines est fort semblable dans les trois usines, et rappelle celle des flocons de

neige. L'étude morphologique dans les fonderies de fonte révèle également de grosses sphères constituées exclusivement de fer et de grosses particules solides (sans forme précise) contenant du calcium et du fer.

Fonderie de cuivre : Dans la fonderie de cuivre, le plomb et le baryum dominant dans les particules fines qui adoptent un aspect feuilleté. On y trouve également du brome, du soufre, du cuivre, du zinc, de l'étain, de l'indium, de l'azote, du sélénium et du cadmium. Certaines grosses particules, riches en baryum et en soufre, sont plutôt rondes, tandis que d'autres, sans forme distincte, sont riches en métaux, fer, cuivre et zinc. L'azote se trouve principalement à la surface des particules et disparaît après le décapage de la surface alors que le zinc et le cuivre, qui forment le cœur, deviennent plus intenses.

Fonderie d'aluminium: Dans la fonderie d'aluminium, les particules sont essentiellement constituées du complexe de fluorure de sodium, lequel est abondamment vaporisé sur les moules pour aider à décoller les pièces coulées. On y trouve également du calcium, du magnésium et du silicium associés aux grosses particules, et du soufre, du chlore et du zinc sur les particules fines.

L'étude morphologique a permis d'observer que les grosses particules, riches en magnésium, se présentent sous forme de brindilles ou sans forme précise, tandis que les particules fines apparaissent surtout sous une forme floconneuse riche en chlore.

Le fluor est concentré à la surface des particules alors que le magnésium y est appauvri.

Les principales conclusions

L'étude démontre que la composition chimique des particules recueillies varie selon leur granulométrie. En particulier, le plomb, le manganèse, le cuivre, le zinc, de même que de façon tentative, le cobalt et l'arsenic, sont associés aux particules fines dans les fonderies de fonte. Cette accumulation de substances de toxicité reconnue, telles le plomb, le manganèse, le cobalt et l'arsenic sur les poussières fines, est d'autant plus inquiétante que ce sont les particules de faible diamètre aérodynamique (dans le cas présent, ce diamètre est d'environ 1 mm) qui pénètrent le plus profondément dans le système respiratoire.

Dans la fonderie de cuivre, les chercheurs ont trouvé du plomb, du cuivre, du zinc, mais également du cadmium, du sélénium, de l'indium, du strontium, du soufre et du brome dans les particules fines. Tout comme dans les usines de fonte, le potentiel toxique augmente dans la fraction respirable des poussières ambiantes.

Dans la fonderie d'aluminium, les travailleurs sont surtout exposés à des complexes du fluorure de sodium. Dans les usines fonctionnant selon un cycle journalier, les chercheurs ont mis en évidence des changements dans le contenu des particules lors des opérations de moulage, de coulage et de démoulage. Des variations tant dans la composition chimique que dans la grosseur des particules ont été observées en fonction de la forme des particules individuelles. Les chercheurs ont également tiré des renseignements sur la composition immédiate de la surface des particules par rapport à la composition du cœur.

Les prolongements de la recherche

Les autorités de chaque usine bénéficient d'un rapport leur permettant d'apporter des correctifs susceptibles d'améliorer l'environnement de travail de leur entreprise.

Les renseignements tirés de cette étude permettront aux professionnels en santé du travail de donner des priorités à leur programme de prévention, et aux chercheurs de proposer des moyens efficaces de réduire les causes des maladies pulmonaires et des voies respiratoires chez les fondeurs.