

La nature et l'impact environnemental de la maîtrise de la contamination au niveau du sol

Gerry Prout
Kennet Bioservices Ltd, Swindon, Wiltshire, R-U

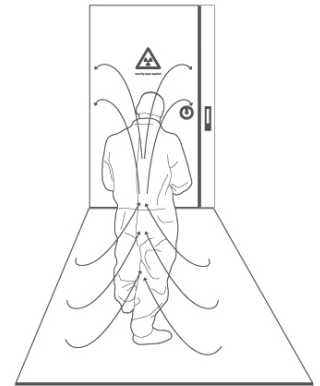
La nature de la contamination par des particules.

Les particules de 10 microns maximum, qui préoccupent particulièrement les opérateurs de salles blanches, sont essentiellement invisibles à l'œil nu, de formes différentes et dérivent de toute une série d'origines. Elles comprennent des cheveux humains de 50 à 150 microns, de la poussière de 1 à 100 microns et des bactéries de 0,5 à 10 microns. En général, les particules supérieures à 40 microns sont visibles à l'œil de l'homme.

Les personnes constituent une source majeure de contamination provenant des processus de régénération corporelle (squames de la peau, huiles, cheveux), du comportement (rythme des gestes, éternuements, toux) et de l'attitude (habitudes au travail, communication). Les activités du personnel accélèrent le taux de génération des particules.

La maîtrise de la contamination par les particules provenant des mouvements du personnel est donc un facteur critique dans les opérations de fabrication entreprises dans des conditions de salle blanche qui affectent les aspects suivants :

- Rendement des produits
- Productivité
- Coûts
- Qualité
- Fiabilité.



Les études sur les pratiques actuelles dans l'industrie des semi-conducteurs suggèrent que la contamination par les particules peut réduire le rendement de près de 20%. Dans d'autres secteurs de l'industrie, tels que la fabrication de produits pharmaceutiques et d'appareils médicaux, le contrôle supplémentaire de particules viables ou biologiquement actives est d'une importance critique pour empêcher la contamination active d'entrer dans les salles blanches ou de provoquer une contamination nosocomiale entre les zones de travail.

La réduction de la contamination par les particules provenant des personnes est donc d'une importance primordiale en ce qui concerne l'exploitation des salles blanches, et s'effectue normalement de manière progressive.

Des grands nombres de particules viables et non viables peuvent être transportées sur les semelles des opérateurs ou les roues des chariots. Il est donc essentiel d'assurer l'élimination systématique des petites particules portées sur les semelles à ce stade.

Selon les bonnes pratiques industrielles, dans un effort visant à maîtriser la contamination sur les semelles, on utilise des tapis pelables adhésifs à jeter, ou de plus en plus et plus efficacement, un revêtement de sol polymérique.

Il est impératif que les revêtements de sol utilisés pour maîtriser la contamination par les semelles et par les roues soient :

Simple : Exigeant une action manifeste minimale du personnel.

Permettant la circulation ininterrompue du trafic.
Faciles à entretenir dans le cadre des programmes de nettoyage existants.
Efficaces : Incontournables et de dimensions suffisantes pour le passage du personnel et des chariots.
Capables d'éliminer et de retenir les particules les plus fines (et les plus nombreuses).
Capables de faire face aux passages importants du personnel au moment des changements d'équipes.

En comparaison avec l'utilisation des tapis adhésifs pelables, l'élimination des particules sur une plus grande surface de contrôle est beaucoup plus efficace et se traduit par une augmentation du rendement des produits. Il est possible d'obtenir des économies importantes sur l'ensemble de la durée de vie des revêtements polymériques par rapport aux tapis pelables.

Dans un univers de plus en plus sensible au besoin de respecter les ressources, les produits polymériques sont économiques et relativement écologiques. Les revêtements de sol polymériques évitent le gaspillage des ressources associé à la fabrication et à l'élimination des tapis adhésifs pelables. À la fin de leur durée de vie, les revêtements de sol polymériques peuvent être facilement recyclés pour en faire des usages moins critiques.

Maîtrise de la contamination par les semelles et par les roues

Il a été démontré que le mécanisme de contrôle des particules par les revêtements de sol polymériques est imputable aux forces électromagnétiques de faible portée agissant sur la surface flexible et optiquement plate du produit, et à leur capacité à retenir toute une variété de tailles de particules.

- Les revêtements de sol polymériques présentent une élimination considérablement supérieure des particules sur toutes les tailles de particules, et particulièrement, les particules fines.
- Les revêtements de sol polymériques sont très efficaces dans le contrôle des particules viables, biologiquement actives, dans des circonstances où les tapis adhésifs pelables sont pratiquement totalement inefficaces.

Il a été démontré qu'au bout d'un an d'usage sévère, la performance des revêtements de sol polymériques était supérieure à celle des tapis pelables neufs et cela en ce qui concerne toutes les tailles de particules, et particulièrement, les très petites tailles.

Au dessus de 25 microns, la performance des revêtements de sol polymérique et des tapis pelables est essentiellement similaire, les deux systèmes enregistrant des réductions de particules de 80 à 95%.

En ce qui concerne les particules de 10 microns maximum, il a été démontré que les revêtements de sol polymériques sont considérablement plus efficaces (de 2 à 5 fois) que les tapis pelables.

Variables opérationnelles dans la maîtrise de la contamination

L'efficacité générale de la maîtrise de la contamination dans des situations pratiques dépend de toute évidence d'un certain nombre de variables autres que les propriétés inhérentes de la surface de contrôle, qui ont été examinées dans les paragraphes précédents. Notons entre autres variables :

- *Les procédures de nettoyage ou de remplacement des tapis* : Le nettoyage des revêtements de sol est essentiel pour éliminer la contamination et pour renouveler la surface de contrôle. Cela peut généralement se faire sans coût supplémentaire, dans le cadre des programmes de nettoyage existants. Toutefois, le remplacement des tapis pelables est fréquemment entrepris à intervalles irréguliers « lorsque le tapis a l'air sale », mais comme cela a été mentionné précédemment, la plupart des petites particules importantes est invisible à l'œil nu.
- *Autres variables* : Les recherches effectuées à ce jour, ainsi que les facteurs théoriques liés à la maîtrise des particules développée pendant cette période, suggèrent que le type de souillure provenant des chaussures pourrait être un facteur important, et que les chaussures à semelles

lisses présentent certains avantages, surtout en ce qui concerne l'élimination des petites particules.

Les revêtements de sol polymériques sont essentiellement efficaces avec tous les types de souillure, mais particulièrement efficaces avec des chaussures à semelles lisses.

Les tapis pelables sont considérablement moins efficaces en ce qui concerne tous les types de souillure, et leur performance est extrêmement variable, avec une efficacité maximum en ce qui concerne les chaussures à semelles lisses, et pratiquement totalement inefficaces en ce qui concerne les chaussures à semelles fortement texturées ou rainurées.

Coûts et facteurs environnementaux

Dans une situation d'exploitation industrielle, il faut aussi tenir compte des coûts de revient.

À une époque de plus en plus sensible au besoin de respecter les ressources, l'impact environnemental des produits utilisés entrera aussi en ligne de compte dans les décisions des opérateurs de salles blanches responsables. En ce qui concerne les revêtements de sol décrits, leur utilisation évite les gaspillages des ressources associées à la fabrication et à l'élimination des tapis adhésifs pelables, car arrivés à la fin de leur durée de vie, les revêtements de sol polymériques peuvent être facilement recyclés pour en faire des usages moins critiques.

L'équilibre entre les coûts et l'impact environnement jouant visiblement un rôle important selon les diverses applications industrielles, on peut tirer des conclusions générales de l'étude de cas d'un grand établissement américain, où les revêtements de sol polymériques avec couverture intégrale du sol ont remplacé les tapis pelables en 10 points de contrôle.

Étude de l'équilibre entre les coûts/l'aspect écologique dans une comparaison entre les revêtements de sol polymériques et les tapis pelables. Base de la comparaison : Usine aux États-Unis ayant installé des revêtements de sol polymériques en remplacement de tapis pelables en 10 emplacements sur deux années.

Article	Revêtement de sol polymérique	Tapis pelables
1. Zone de contrôle de la contamination	260 m ²	7,43 m ²
2. Coûts		
Coût du matériel	50 000 dollars	250 000 dollars (environ 600 000 tapis)
Coût de l'entretien	15 000 dollars (propre)	125 000 dollars (remplacement/élimination)
Total des coûts	65 000 dollars	400 000 dollars
3. Matériaux		
Produit	700 kg	18 500 kg
Conditionnement	35 kg	500 kg
Total des coûts des matériaux	735 kg	19 000 kg
4. Énergie consommée pour la fabrication		
4,1 par kilo		
Matériaux	75 MJ	88 MJ
Conversion	75 MJ	100 MJ
Énergie totale consommée par kilo	150 MJ	188 MJ
4,2 Énergie totale consommée	105 000 MJ	3 500 000 MJ

en 2 ans		
5. Émissions de gaz de serre (kgCO ₂)		
Fabrication	3 500 kg	70 000 kg
Élimination (incinération)	1 120 kg	55 000 kg
Total	4 620 kg	125 000 kg
Le calcul de la consommation énergétique et des émissions de gaz de serre est dérivé des écoprofiles 3, 6 et 10 publiés par l'Association des Fabricants de Plastiques Europe, Bruxelles, 1997.		

Résumé et conclusions

Sur deux années, l'utilisation de revêtements de sol polymériques en remplacement de tapis pelables

- Couvre 35 fois la superficie de maîtrise de la contamination.
- Fait économiser plus de 300 000 dollars.
- Utilise 18 tonnes de moins de matières premières.
- Fait économiser plus de 3 millions MJ d'énergie au cours de la fabrication et de l'utilisation.
- Réduit de plus de 120 tonnes d'émissions de gaz de serre.

Remerciements

Je tiens à exprimer tous mes remerciements et ma reconnaissance au regretté Dr Geoffrey Barrett qui a mené les recherches dans la majeure partie des données environnementales et écologiques présentées dans cet exposé. Ses connaissances et son enthousiasme en ce qui concernait le domaine de la maîtrise de la contamination étaient absolument exceptionnels et c'est avec beaucoup de regret que nous ressentons sa disparition.

Je tiens aussi à reconnaître les contributions d'Eva Paraskevaides et de Will Prout qui m'ont apporté leur aide pour vérifier le format correct de cet exposé.

Références

1. Barrett GFC. Les revêtements de sol polymériques démontrent les propriétés de retenue des particules. *CleanRooms*, novembre 1996.
2. Whyte W, Shields T. Cleanroom mats: an investigation of particle removal. *Journal of the Institute of Environmental Sciences* 1996 ; **39**(4): 19–27.
3. Prout G. A comparative study of two floor-cover materials in control of foot- and wheel-borne contamination. *Eur J Parenter Sci* 1997; **2**(4): 109–111.
4. Clibbon C. An evaluation of the effectiveness of polymeric flooring compared with "peel-off" mats to reduce wheel- and foot-borne contamination within cleanroom areas. *Eur J Parenter Sci* 2002; **7**(1): 13–15.
5. Sandle T. A final floor show for bugs. *Cleanroom Technology*, avril 2006.
6. Russell T. How clean is your floor? *Cleanroom Technology*, novembre 2007.