

Reutilización de Cartuchos Químicos de Vapor Orgánico

Introducción

Tradicionalmente, los cartuchos y canisters de gases y vapores se cambiaban a menudo cuando el usuario notaba sabor, olor o irritación por el contaminante. Sin embargo, algunos contaminantes no tienen buenas propiedades de advertencia, y la capacidad de percibir olores varía mucho entre individuos. Por lo tanto, se requieren programas de cambio para cartuchos y canisters de gas/vapor bajo regulaciones locales como US OSHA 29 CFR 1910.134 y CSA Z94.4.

Los programas de cambio a menudo se basan en mediciones o estimaciones de vida útil. Para utilizar mejor la información de vida útil, es necesario entender cómo funcionan los cartuchos químicos. Es especialmente importante cuando los cartuchos de vapores orgánicos se utilizan contra químicos volátiles durante más de un turno de trabajo. Estos químicos pueden desorberse del carbón cuando no están en uso, lo que podría llevar a una ruptura temprana y posible sobreexposición cuando se reutiliza el cartucho.

Filtración de Gases y Vapores

Los cartuchos químicos se utilizan en respiradores para ayudar a eliminar y reducir la exposición de los trabajadores a gases y vapores nocivos en el lugar de trabajo. Los cartuchos químicos se utilizan en respiradores para ayudar a eliminar y reducir la exposición de los trabajadores a gases y vapores nocivos en el lugar de trabajo. Típicamente, este sorbente es carbón activado de cáscaras de coco. El carbón de cáscara de coco se "activa" calentándolo a 800-900°C con calor o vapor, lo que resulta en una estructura interna porosa (similar a un panal). El área de superficie interna del carbón activado promedia 10,000 pies cuadrados por gramo. Esta gran área de superficie hace que el carbón activado sea ideal para la eliminación de vapores orgánicos por adsorción. La adsorción es la adherencia de moléculas de gas o vapor a la superficie del carbón activado. La fuerza atractiva entre el carbón activado y la molécula química es una fuerza física relativamente pequeña y débil. La adsorción funciona mejor para vapores orgánicos con un punto de ebullición superior a 65°C.

Para hacer que los cartuchos sean más efectivos para filtrar gases, los sorbentes pueden impregnarse con reactivos químicos. El carbón activado impregnado elimina moléculas específicas de gas y vapor mediante quimisorción. La quimisorción es la formación de enlaces entre las moléculas del impregnador y el contaminante químico. Estos enlaces son mucho más fuertes que las fuerzas atractivas de la adsorción física. La unión suele ser irreversible.

La Tabla 1 muestra los tipos de cartuchos químicos y el mecanismo utilizado para la eliminación del gas o vapor.

Table 1: Tabla 1. Tipos de Cartuchos Químicos y Mecanismos de Eliminación

Tipo de Cartucho Químico	Mecanismo de Eliminación	Ejemplos de Impregnantes
Vapores Orgánicos	Adsorción	N.A.
Amoníaco/Metilamina	Quimisorción	Cloruro de níquel, Sales de cobalto, sales de cobre, Ácidos
Gases Ácidos	Quimisorción	Sales de carbonato, Sales de fosfato, Hidróxido de potasio, óxido de cobre
Formaldehído	Quimisorción	Óxido de cobre + sulfatos metálicos, Sales de ácidos sulfámicos
Vapor de Mercurio	Quimisorción	Yodo, Azufre
Fluoruro de Hidrógeno	Quimisorción	Sales de carbonato, Sales de fosfato, Hidróxido de potasio, óxido de cobre

Desorción de Vapores Orgánicos

En general, cuanto más volátil es el vapor orgánico, menos fuertemente adsorbido está, o más probable es que sufra desorción. La desorción es el proceso por el cual un material adsorbido se "libera" del carbón activado. Puede ocurrir naturalmente durante períodos de no uso o si un vapor orgánico menos volátil desplaza a un vapor orgánico más volátil.

Un punto de ebullición inferior a 65°C se utiliza como guía para identificar vapores orgánicos volátiles.¹ Sin embargo, el punto de ebullición de 65°C no es una línea clara entre los vapores orgánicos que se desorben y los que no. Los vapores orgánicos con puntos de ebullición más altos aún pueden desorberse; simplemente puede tomar más tiempo para que ocurra.²

Los estudios de laboratorio también han demostrado que un vapor orgánico menos volátil puede desplazar a un vapor orgánico más volátil.³ Esto puede resultar en una concentración de ruptura que excede la concentración en el aire. Aunque este estudio se realizó con exposición concurrente a mezclas de vapores orgánicos, es muy probable que el mismo efecto ocurra con exposiciones secuenciales, por ejemplo, trabajadores que se mueven entre tareas con diferentes exposiciones.

En contraste, la desorción típicamente no debería ser un problema para los cartuchos que dependen de la quimisorción.

Migración de Vapores Orgánicos

La desorción durante los tiempos de almacenamiento o no uso puede resultar en migración química. La migración es el movimiento de un químico previamente adsorbido a través del cartucho químico, incluso sin movimiento de aire. Durante los períodos de no uso, los vapores orgánicos pueden desorberse y redistribuirse desde las áreas de alta concentración a áreas de menor concentración, es decir, la parte posterior del cartucho. Cuando un trabajador reutiliza un respirador de vapor orgánico, puede inhalar el vapor orgánico desorbido cuando se lo pone por primera vez y potencialmente durante algún tiempo después.⁴

Las variables que parecen afectar la migración incluyen²:

- Volatilidad: cuanto más volátiles sean los vapores orgánicos, mayor será la preocupación por la migración. (Para vapores orgánicos no volátiles, los estudios de 3M indican que la migración es mínima.)
- Coadsorción de vapor de agua: el uso en atmósferas con alta humedad relativa (>50%) puede aumentar el efecto de migración.
- Cantidad de material adsorbido en el cartucho en el primer uso.
- Tiempo de almacenamiento.
- Tipo de vapor.

Recomendaciones para el Programa de Cambio

Se han publicado varias recomendaciones sobre la posible reutilización de cartuchos de vapor orgánico. El estándar ANSI Z88.2 recomienda cambiar los cartuchos diariamente a menos que los estudios de desorción sugieran lo contrario.⁵ OSHA establece en su directiva de cumplimiento que los cartuchos expuestos a vapores orgánicos con puntos de ebullición inferiores a 65°C deben cambiarse después de cada turno de trabajo, a menos que el empleador tenga datos objetivos (estudios de desorción) que indiquen

lo contrario.⁶ Wood y Snyder utilizan un modelo matemático para predecir la migración y la posible reutilización de cartuchos de vapor orgánico.⁷

Una solución más práctica para la reutilización de cartuchos de vapor orgánico puede ser un "reloj en marcha". En otras palabras, la vida útil estimada comienza cuando el cartucho se usa por primera vez y continúa ya sea que el cartucho esté siendo usado o almacenado. Por ejemplo, si la vida útil estimada es de 40 horas, entonces el cartucho de vapor orgánico puede usarse durante 8 horas, almacenarse 16 horas y usarse durante 8 horas (tiempo total 30 horas) antes de ser desechado. El programa efectivo de cambio de cartuchos sería cada 2 días, excepto cuando se use antes de un fin de semana, feriado, etc.

Software de Vida Útil 3M™

El Software de Vida Útil 3M™ utiliza un método anterior desarrollado por Wood para determinar la vida útil de los cartuchos de vapor orgánico mediante el modelado de la capacidad de adsorción y la tasa de adsorción de vapores orgánicos de líquidos orgánicos.⁸ La estimación de la vida útil es el tiempo continuo que durarían los cartuchos hasta que se alcance un punto de ruptura. En otras palabras, una estimación de vida útil de 16 horas significa que duraría 16 horas de uso continuo. No significa necesariamente que durará dos turnos de 8 horas cuando se almacene durante la noche.

Para vapores orgánicos con un punto de ebullición inferior a 65°C, se recomienda que el cartucho de vapor orgánico nunca se use por más de un turno, incluso si la vida útil estimada es mayor de 8 horas y el cartucho se usa solo por un corto tiempo durante el turno.

Conclusión

Los vapores orgánicos pueden desorberse y migrar a través de los cartuchos durante el almacenamiento, o si son desplazados por otros vapores orgánicos menos volátiles. Esto es principalmente una preocupación para los vapores orgánicos volátiles. Los cartuchos de vapor orgánico no deben usarse por más de un turno sin considerar la volatilidad de los vapores orgánicos, la vida útil estimada, los patrones de uso/no uso del cartucho y los datos de desorción (si están disponibles).

Referencias

1. Balieu, E. Respirator Filters in protection Against Low-Boiling Compounds. J. International Soc. For Respiratory Protection 1:125-138. 1983.
2. Wood, G. and R. Kissane. Reusability of Organic Vapor Air-Purifying Cartridges. Los Alamos National Laboratory. 1998.
3. Wood, G. and R. Kissane. Reusability of Organic Vapor Air-Purifying Cartridges. Los Alamos National Laboratory. 1998.
4. Moyer, E. S. Review of Influential Factors Affecting the Performance of Organic Vapor Air-Purifying Respirator Cartridges. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44(1):46-51. 1983.
5. American National Standards Institute. American National Standard for Respiratory Protection (ANSI Z88.2-1992). New York: American National Standards Institute, Inc., 1992.
6. US DOL/OSHA. Inspection Procedures for the Respiratory Protection Standard (CPL 2.120). Washington, D. C.: US Department of Labor/Occupational Safety and Health Administration, September 18, 1998.
7. Wood, G. O. and J. L. Snyder, Estimating Reusability of Organic Air-Purifying Respirator Cartridges. J. Occ. Env. Hyg.. 8(10):609-617. 2011.
8. Wood, G. O. Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 55(1):11-15. 1994.



Personal Safety Division

3M Center, Building 235-2W-70
St. Paul, MN 55144-1000

3M PSD products are
occupational use only.

3M Canada

P.O. Box 5757
London, Ontario
N6A 4T1

In United States of America

Technical Service: 1-800-243-4630

Customer Service: 1-800-328-1667

3M.com/workersafety

In Canada

Technical Service: 1-800-267-4414

Customer Service: 1-800-364-3577

3M.ca/Safety

3M is a trademark of 3M. Used under
license in Canada. © 2025, 3M.
All rights reserved. Please recycle.



Division des produits de protection individuelle

3M Center, Building 235-2W-70
St. Paul, MN 55144-1000

Les produits de la Division des
produits de protection individuelle
de 3M sont destinés à un usage en
milieu de travail seulement.

3M Canada

C.P. 5757
London (Ontario)
N6A 4T1

Aux États-Unis

Service technique : 1 800 328-6146

Service à la clientèle : 1 800 328-1667

3M.com/workersafety

Au Canada

Service technique : 1 800 267-4414

Service à la clientèle : 1 800 364-3577

3M.ca/Securite

3M est une marque de commerce
de 3M, utilisée sous licence au
Canada. © 2025, 3M. Tous droits
réservés. Veuillez recycler.



Personal Safety Division

Avenida Santa Fe 190,
Santa Fe, Ciudad de México,
México, 01210

Los productos de 3M PSD
son solo para uso
ocupacional.

3M es una marca comercial de 3M. Usado
bajo licencia en Canadá. © 2025, 3M.
Todos los derechos reservados. Por favor,
recicle..