

PURIFICACIÓN DE AIRE Y GASES CON CARBÓN ACTIVADO GRANULAR

DESCRIPCIÓN GENERAL

El carbón activado es, prácticamente, carbón puro con una enorme porosidad. Tiene la propiedad de atrapar cierto tipo de moléculas en sus paredes, gracias a un fenómeno fisicoquímico denominado “adsorción”. En este fenómeno, el carbón activado es el “adsorbente” y la molécula retenida es el “adsorbato”. Las características que debe tener un adsorbato para ser adsorbido eficazmente en un carbón activado son:

- Caber dentro de los poros del carbón.
- Que el diámetro de la molécula no sea menor al 20% del diámetro de la mayoría de los poros del carbón.
- Tener un peso molecular mayor a 55.
- Ser no-polares o poco polares.

La mayoría de los compuestos orgánicos cumplen con estos requisitos, y es por ello que el carbón activado se utiliza en la purificación de gases o líquidos cuyo contaminante es una molécula orgánica.

2. ALGUNAS APLICACIONES EN LA PURIFICACIÓN DE AIRE Y GASES

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Acondicionamiento de aire | - Deodorización de refrigeradores |
| - Recuperación de solventes | - Purificación de hidrógeno (reteniendo hidrocarburos y cloruros orgánicos) |
| - Control de contaminantes industriales | - Purificación de helio |
| - Cánisters de automóviles | - Purificación de acetileno (reteniendo arsina, fosfina, estibina o bencina) |
| - Respiradores | - Purificación de monóxido de carbono (reteniendo tolueno) |
| - Campanas de cocina | - Purificación de bióxido de carbono (reteniendo benceno o tolueno que provienen del aceite del compresor) |
| - Boquillas de cigarros | |
| - Purificación de aire comprimido (tanques de buceo, hospitales,...) | |

3. TAMAÑO DE LA MOLÉCULA DEL ADSORBATO

Las moléculas de los compuestos que se encuentran en fase gaseosa a condiciones normales de temperatura, generalmente tienen un diámetro de entre 0.5 y 0.8 nm (nanómetros). Un nanómetro es 1×10^{-9} metros. Es decir, un metro tiene 1,000,000,000 de nanómetros.

El rango de tamaño anterior corresponde a moléculas y no a partículas. Una partícula, por pequeña que sea, está conformada por un enorme número de moléculas. Por ejemplo, una partícula muy pequeña, de 37 micras (que pasa por la malla 400 U.S. Std. mesh) mide 37,000 nm.

Por lo tanto, el carbón activado tiene la función de adsorber moléculas y no la de atrapar partículas, independientemente de que, si el aire o gas tratado, arrastra partículas, muchas de ellas quedarán atrapadas entre los gránulos del carbón, bloquearán el acceso a los poros, y evitarán que éste realice su función como adsorbente de vapores y gases.

4. TIPO DE CARBÓN ACTIVADO ADECUADO PARA LA PURIFICACIÓN DE AIRE Y GASES

Con base en el diámetro predominante de sus poros, hay tres tipos de carbón activado:

- *Microporosos*: fabricados a partir de concha de coco. Aprox. el 95% de sus poros son menores a 2 nm.
- *De amplia gama de tamaños de poro (micro, meso y macroporosos)*: fabricados a partir de carbón mineral lignítico o bituminoso.
- *Macroporosos*: fabricados a partir de madera. La mayoría de sus poros son mayores a 50 nm.

De acuerdo con las características que debe cumplir un adsorbato para ser retenido eficazmente (descritas en el inciso 1), y con el tamaño de las moléculas de los gases (inciso 3), los carbones microporosos, fabricados a partir de la concha del coco, son los más adecuados para la purificación de aire y gases.

Los carbones minerales, de amplia gama de tamaños de poro, son los más adecuados para tratar aguas residuales, cuyos contaminantes son de diversos pesos moleculares. Los carbones de madera, se aplican en la decoloración de líquidos como glucosa de maíz, jugo de caña (para producir azúcar) y aceites comestibles.

5. TAMAÑO DE PARTÍCULA

El carbón activado puede fabricarse en tres presentaciones, de acuerdo con su forma:

- Granulares
- Peletizados
- En polvo

En la purificación de aire y gases se utilizan los primeros y los segundos. Los carbones granulares tienen los siguientes rangos de tamaño típicos:

4x10	Para camas de más de 5 cm de espesor.
12x20, 12x30	Para camas de 2 a 5 cm de espesor (Ej: cartuchos de respiradores).
20x50, 50x80	Para camas menores a 2 cm de espesor (Ej: boquillas de cigarrillos).

En caso de ser un carbón pelet:

3 ó 4 mm de diámetro	Para camas de más de 5 cm de espesor.
Menos de 3 mm	Para camas de 2 a 5 mm de espesor.

6. DETECCIÓN DEL PUNTO DE RUPTURA

El punto de ruptura es aquel en el que la concentración del contaminante en el aire o gas que sale de la cama de carbón activado, supera el valor máximo aceptable o permitido. La detección puede hacerse con un analizador o mediante el olfato. Este último es capaz de detectar olores provocados por moléculas presentes en muy bajas concentraciones.

Por ejemplo, el olfato detecta:

- 0.47 g/l de anhídrido sulfuroso (g = microgramos)
- 1.10 g/l de metil mercaptano
- 21 g/l de metil amina
- 1.0 g/l de indol
- 1.20 g/l de escatol

7. CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL CARBÓN

Cuando una sustancia es adsorbible (poco polar, peso molecular mayor a 55, diámetro molecular menor al diámetro predominante de poro, pero no menor al 20% del poro), el carbón retiene entre un 20 y un 90% (en relación a su peso) de la misma.

8. CONDICIONES QUE DISMINUYEN LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN

- Alta temperatura
- Alta humedad relativa del aire
- Humedad en el carbón

9. TIPOS DE CAMA DE CARBÓN

Existen camas planas y anulares.

10. ESPESOR DE CAMA DE CARBÓN

Menos de 2 cm Boquillas de cigarrillos.

2 a 5 cm. Bajas concentraciones de contaminantes (menores a 1 ppmv) o aplicaciones discontinuas y en los que el tiempo de vida del adsorbedor no requiere ser largo, ya que el carbón puede sustituirse con facilidad. El primer caso corresponde al acondicionamiento de aire. El segundo corresponde a respiradores.

30 a 90 cm. Altas concentraciones de contaminantes o purificación continua. El primer caso corresponde a plantas de tratamiento de agua o casetas de pintura. El segundo a la recuperación de solventes.

11. OTROS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL ADSORBEDOR

- Velocidad superficial del aire o del gas: debe estar entre 10 y 30 m/min.
- TCCV (tiempo de contacto en cama vacía): resulta de dividir el volumen de la cama de carbón (litros) entre el flujo volumétrico del aire o gas (litros/min). Se recomienda:
 - 0.1 seg. Bajas concentraciones (menores a 1 ppmv) o tiempos cortos de utilización del equipo (Ej: respiradores) o uso intermitente del adsorbedor (campanas de cocina).
 - 2 a 7 seg. Los demás casos.
- 6 a 30 cambios de aire por hora (para mantener un lugar bien deodorizado)

12. CARBONES PROCESADOS PARA RETENER POR QUIMISORCIÓN, COMPUESTOS NO ADSORBIBLES EN UN CARBÓN ACTIVADO ESTÁNDAR

En el caso de la purificación de gases, existe la posibilidad de someter al carbón a un tratamiento que le permita retener moléculas que no cumplan con las características (a), (b) y (c), como es el caso de los ácidos minerales (clorhídrico, sulfúrico, nítrico, fosfórico, etc.), amoníaco, aminas de bajo peso molecular, formaldehído, alcohol isopropílico, mercurio, etc. El tratamiento consiste en ligar un reactivo a la superficie del carbón, que reaccione con la molécula que desea retenerse. Es decir, el carbón activado aporta el área superficial, y la retención se realiza por adsorción química o "quimisorción".

Los principales carbones tratados se destinan a las siguientes aplicaciones:

- A) *Vapores ácidos* (de cualquier ácido, ya sea mineral u orgánico)
- B) *Amoniaco y aminas de bajo peso molecular* (las aminas de mayor peso molecular superior a 55 g/gmol son adsorbidas por un carbón activado estándar)
- C) *Moléculas de peso molecular menor a 55, pero que son fácilmente oxidables*. Por ejemplo:
 - Aldehidos (como el formaldehído, que se utiliza en un gran número de procesos)
 - Alquenos (como el etileno, que se desprende de las frutas cuando se están madurando)
 - Alcoholes (como el alcohol isopropílico que tiene aplicaciones diversas)
- D) *Vapores de mercurio*