

The European UP/VE Resin Association Safe Handling Guide No. 2:

Exposición ocupacional al estireno



Quando se utilizan resinas de poliéster insaturado (PI), los trabajadores están potencialmente expuestos a la evaporación del monómero de estireno. En todos los estados miembros de la UE, los empleadores son responsables del control de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo y de garantizar que se respeten los límites de exposición ocupacional (OEL, Occupational Exposure Limits) establecidos por las autoridades nacionales competentes. La tabla de enfrente (figura 2) ofrece una visión general de los OEL del estireno en toda Europa. Las concentraciones de vapor de estireno se muestran en partes por millón (ppm) como un promedio ponderado en el tiempo (Time-Weighted Average, TWA) de 8 horas, un límite de exposición a corto plazo (Short-Term Exposure Limit, STEL) o un límite máximo (Ceiling, C).

El TWA se mide o estima a lo largo de un periodo de trabajo de 8 horas. El STEL es la exposición máxima permitida a lo largo de un periodo corto, normalmente de 15 minutos. Algunos países tienen un valor máximo que no debe superarse en ningún caso. Siempre que las exposiciones al estireno en el lugar de trabajo puedan superar el OEL relevante, deben adoptarse las medidas de control del riesgo adecuadas.

Además de los OEL nacionales, la normativa REACH de la UE (EC 1907/2006) exige a los registradores de sustancias peligrosas que establezcan un nivel sin efecto derivado (Derived No Effect Level, DNEL) para diferentes poblaciones y vías de exposición. El DNEL es un umbral para los efectos en la salud y se utiliza para establecer las condiciones operativas y las medidas de gestión del riesgo que definen el uso seguro de una sustancia para situaciones de exposición específicas, que se adjunta a las hojas de datos de seguridad ampliadas (eSDS) del proveedor. El DNEL del estireno para una exposición de inhalación del trabajador a largo plazo es de 20 ppm durante un TWA de 8 horas. El DNEL del estireno para una exposición de inhalación del trabajador a corto plazo es de 68 ppm.

Medición y supervisión de los requisitos de emisiones

Una serie de normas europeas establecen los requisitos de medición de las atmósferas en el lugar de trabajo y de la exposición del trabajador a agentes químicos como el estireno.

EN 838 1996 Atmósferas en el lugar de trabajo.

Dispositivos de toma de muestras por difusión para la determinación de gases y vapores. Requisitos y métodos de prueba.

EN 689 1996 Atmósferas en el lugar de trabajo.

Pautas para la evaluación de la exposición por inhalación a agentes químicos para comparación con los valores límite y estrategia de medición.

CEN/TC137

Normas publicadas para la evaluación de la exposición a agentes

La exposición depende de las técnicas de procesamiento

Las diferentes técnicas de aplicación tienen un marcado efecto en la cantidad de estireno que se evapora de la superficie de la resina. La tasa de evaporación del estireno depende de muchos factores, como el tipo de resina, el proceso de aplicación, el equipo de aplicación utilizado, el diseño y la configuración de la herramienta.

A modo de referencia, la siguiente tabla (Fig. 1) y la Fig. 7 (p. 9) indican el porcentaje habitual de pérdida de estireno en las distintas técnicas de procesamiento.

Proceso	% de pérdida de estireno
Aerosol de gelcoat	10-14
Pulverizado, resina que no sea de emisión de estireno baja (non-LSE)	7-10
Gelcoat, cepillo	6-8
Bobinado	5-7
Laminado manual, resina non-LSE	4-6
Pulverizado, resina con emisión de estireno baja (LSE)/con bajo contenido de estireno (LSC)	4-6
Acabado topcoat, aerosol	4-5
Acabado topcoat, cepillo	3-4
Laminado manual, resina LSE/LSC	3-4
Pultrusión	1-3
Cemento de polímero, etc.	1-3
Laminado continuo	1-2
Fabricación de compuestos moldeables en láminas (SMC)/compuestos de moldeo volumétrico o a granel (BMC)	1-2
Procesamiento de SMC/BMC	1-2
Procesos cerrados (Moldeo por transferencia de resina, RTM/Moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, RTM Light/Infusión)	<1

En base a los factores de emisión descritos en la página 1, la utilización de la resina en el proceso y la capacidad de ventilación del taller, pueden

Fig. 2 Una visión general de los OEL del estireno en toda Europa.

País	8-hour TWA (ppm)	15 min STEL (ppm)
Austria	20	80
Bélgica	25	50
Bulgaria	20	50
Croacia	100	250
Chequia	24	90
Dinamarca	-	25*
Estonia	20	50
Finlandia	20	100
Francia	23.3	46.6
Alemania	20	40 (4x15 mins)
Grecia	100	250
Hungría	50	50*
Irlanda	20	40
Italia	10	20
Letonia	2.4	7
Lituania	20	50
Países Bajos	20	20*
Noruega	25	37.5
Polonia	12	47
Portugal	20	40
ALCANCE DNEL	20	68
Rumania	12	35
Eslovaquia	20	50*
Eslovenia	20	80
España	20	40
Suecia	10	20
Suiza	20	40 (4x10 mins)
Reino Unido	100***	250
Estados Unidos (ACGIH)	10	20

* Límite máximo

*** Obligación de reducir lo máximo posible

Evaluación de los niveles de exposición en el lugar de trabajo

Utilice equipos disponibles en el mercado para medir la exposición de los empleados y controlar los niveles de estireno en el aire. Usar dicho equipo permite a los moldeadores de FRP tomar las medidas adecuadas, donde sea necesario, para reducir la exposición y garantizar el cumplimiento de la legislación nacional o local, así como en situaciones de exposición relevantes.

Pueden calcularse las concentraciones de estireno en el lugar de trabajo y la capacidad de ventilación como sigue: suponga una tasa de evaporación de 1 kg de estireno por hora. Para mantenerse por debajo de la concentración de 20 ppm, es necesario contar en el lugar de trabajo con aproximadamente 12.000 m³ de aire para eliminar el estireno. Según los factores de emisión para los diferentes procesos descritos en la fig. 1 y el consumo de resina por hora, puede calcularse la capacidad de ventilación necesaria. Donde sea que se pueda introducir el procesamiento en molde cerrado, será una buena inversión. No solamente pueden reducirse sustancialmente las emisiones de estireno (vea la fig. 1) sino que los productos acabados tendrán una consistencia mejor.

Las técnicas de molde cerrado incluyen moldeo de transferencia de resina (resin transfer moulding, RTM), inyección de resina (molde hembra y macho) o infusión de resina (una película flexible forma el molde macho).

Un ejemplo

Si asumimos que 50 kg de resina LSE se van a procesar mediante laminado manual en una hora, esto significa que la emisión de estireno será de aproximadamente 1,5 kg por hora. Será necesaria una capacidad de ventilación mínima de 18.000 m³ por hora para mantener la concentración de estireno por debajo de 20 ppm. Pero en la práctica, la capacidad de ventilación instalada deberá ser superior porque el vapor de estireno nunca se diluirá homogéneamente en la atmósfera del taller.

Habitualmente, para cualquier operación de laminado manual, el aire del taller debe renovarse entre 10 y 15 veces por hora. Para operaciones de pulverización, esta tasa de renovación del aire será considerablemente superior.

Mantener bajos los niveles de exposición

Existen muchas formas de mantener los niveles de exposición bajos. Algunas se relacionan con la selección adecuada de las materias primas, otras con los procesos y equipos utilizados y otras con el conocimiento y la dedicación del trabajador. Más abajo, ofrecemos, a modo de ejemplo, una serie de recomendaciones para controlar las exposiciones.

Esta información debe utilizarse junto con las condiciones operativas y las medidas de control del riesgo especificadas en cualquier situación de exposición proporcionadas por su proveedor.

Procesamiento más limpio

Una buena limpieza puede tener un impacto importante en el mantenimiento de la exposición al estireno en niveles bajos. También tiene un impacto muy positivo en la seguridad y los costes operativos. Utilice siempre que sea posible resinas LSE y utilice siempre una resina con el mínimo contenido de estireno posible.

Evite abrir cubos y baldes de resina/gelcoat

Los recipientes de resina y gelcoat deben almacenarse en una habitación independiente y bien ventilada.

Evite pulverizar en exceso y abrir los recipientes durante el procesamiento. Cualquier derrame debe eliminarse tan pronto como sea posible.

Mantenga bajas las temperaturas del taller

Una temperatura de taller alta aumentará la evaporación del estireno y, por tanto, las exposiciones y emisiones. Evite abrir los recipientes de residuos y asegúrese de que todos los restos de láminas y el papel y los trapos contaminados con resina se pongan siempre en un recipiente cerrado. Tales recipientes deben moverse al exterior o a una zona bien ventilada cuando termine la operación de laminado.

Aunque la exposición al estireno se produzca fundamentalmente a través de la inhalación, debe evitarse un contacto excesivo de la piel con las resinas, lo que implica llevar siempre unos guantes adecuados y ropa protectora.

Cambie a un procesamiento en molde cerrado siempre que sea posible

Utilice técnicas de aplicación que impliquen una dosificación no atomizada de las resinas, como alimentación con rodillo o el uso de un equipo de pulverización moderno con boquillas de atomización de líquido. La pulverización robotizada es adecuada cuando las cifras de las series son suficientemente grandes.



Las emisiones de estireno pueden reducirse sustancialmente si se cambia a técnicas de molde cerrado como la infusión de resina (1) o la inyección de resina (2).

Métodos para monitorizar la exposición al estireno



Durante la aplicación de resinas de poliéster no saturado (Resinas UP), los trabajadores están expuestos a emisiones de estireno. Los límites legales están explicados más arriba.

En la mayoría de países europeos se han establecido límites para determinar el nivel máximo de exposición ocupacional al estireno. Estos límites legales se especifican en el boletín técnico nº 3 de esta serie. La exposición al estireno puede medirse de diversas formas, desde un simple tubo de ensayo de cambio de color hasta un sistema de monitorización de datos a largo plazo.

Este boletín presentará un panorama general de los distintos métodos disponibles. También explicará cómo elegir el mejor método bajo distintas condiciones.

Requisitos legales para la medición y monitorización del estireno

Existe una serie de normas europeas que fijan los requisitos para la medición atmosférica de lugares de trabajo y la exposición del trabajador a agentes químicos, como el estireno:

EN 838 1996

Atmósferas en el lugar de trabajo. Muestreadores pasivos por difusión para la determinación de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo.

EN 689 1996

Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

CEN/TC137

Normas publicadas. Evaluación de la exposición a productos químicos en el lugar de trabajo.

La mayor parte de la legislación estipula que la responsabilidad de la medición y monitorización de las concentraciones de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo corresponde al empresario. La empresa puede o bien realizar el trabajo necesario ellos mismos, o bien contratar a una agencia externa para realizarles la monitorización.

La relevancia y naturaleza representativa de los datos generados en la monitorización del lugar de trabajo dependerán en gran medida de la calidad de las muestras tomadas. Esto estará influido por numerosos factores, como el proceso utilizado, las condiciones de ventilación, la hora del día, la temperatura, la posición en el ciclo de moldeado a la hora de la medición y la proximidad del dispositivo de medición al operario.

Una evaluación correcta del nivel de exposición real al estireno sólo puede obtenerse, por tanto, si las mediciones se realizan conjuntamente con una observación física del trabajador sometido a monitorización.

Sistemas y parámetros de medición

El modo más sencillo de medir la concentración de estireno en el aire es mediante el uso de tubos de vidrio que contienen un medio que se decolora al ser expuesto al estireno.

El grado de decoloración indica la concentración de estireno. Estos tubos son útiles para comprobaciones puntuales rápidas de los niveles de concentración pero no son un sustituto de métodos de monitorización a largo plazo controlados y precisos.

Si se mide la exposición al estireno para verificar el cumplimiento de los límites legales, como el promedio de 8 horas se debe utilizar un equipo que pueda medir la concentración promedio de estireno a lo largo del día.

Las placas de carbono activo o los tubos de Tenax son métodos apropiados y probados para este tipo de medición.

Sin embargo, las placas de carbono activo por sí solas no proporcionan información acerca de las variaciones en el nivel de exposición provocadas por las condiciones de los procesos en la ventilación del lugar de trabajo y la posición del trabajador durante la realización del trabajo. En estos casos, debe utilizarse un equipo que registre y almacene los datos de concentración de estireno en una memoria interna.

La lectura de los datos y la comprobación de los resultados contrastando con las actividades del trabajador durante la medición nos proporciona información útil acerca de la relación entre las actividades y el nivel de exposición.

En casos donde los operarios utilizan equipamiento de protección personal, como mascarillas respiratorias que filtran el aire, la medición de la concentración de estireno en el aire dará un resultado demasiado elevado en la evaluación de la exposición.

En tales casos la medición debería realizarse preferiblemente mediante monitorización biológica: la medición de productos derivados del estireno en muestras de orina (ácido mandélico y ácido fenilglicoxílico tomadas del trabajador al final del turno de trabajo. La tabla en la P2 resume los métodos más apropiados



Uno de los sistemas más habituales son las placas de carbono activo, fabricados por varias empresas

Métodos e instrumentos de medición

Existen diversos equipos de monitorización y pruebas analíticas en el mercado. La siguiente lista no es exhaustiva y no supone una lista de recomendaciones de los productos o servicios de ninguna empresa frente a otra.

Mediciones puntuales

Las siguientes empresas ofrecen tubos de vidrio con medio decolorante: Kitagawa (www.komyokk.co.jp), Dräger (www.draeger.com)

Comprobación de límites de exposición Legales

Existen varios métodos para medir la concentración media a lo largo de 8 horas. Uno de los sistemas más habituales son las placas de carbono activo, fabricados por varias empresas, entre ellas 3M (www.3M.com)

Otras formas de medir la concentración media a lo largo de 8 horas son mediante la adsorción en tubos de Tenax (www.sgab.com) o mediante el uso de películas que cambian de color (www.piezoptic.com)

Método de monitorización Uso	Tubos Kitagawa ó Draeger	Carbono; Tenax; Placas PiezOptic	PID PAC III Check-it IR	Monitorización biológica
Cálculo rápido	Sí	No	No	No
Comprobación límites TLV	No	Sí	Sí	Sí
Evaluación de día laboral completo	No	Sí	Sí	Sí
Formación permanente del operario	No	No	Sí	No
Información de procesos	No	Sí	Sí	No
Informe de higiene ocupacional	No	Sí	Sí	Sí
En combinación con protección personal	No	No	No	Sí
Precisión	No	Sí (+/- 10%)	Sí	Sí

Equipos de monitorización de estireno con adquisición de datos

Existen varios tipos de equipos portátiles en los que puede almacenarse los datos de las mediciones: La Detección de Fotoionización (PID en sus iniciales en inglés) es un principio de detección con respuesta muy rápida y un rango de medición muy amplio.

Estos equipos pueden encontrarse en Rae Systems (www.raesystems.com) o Ion Science (www.ionscience.com) Existen otros equipos portátiles disponibles en Draeger (www.draeger.com) (Draeger PAC III) o Check-it (www.c-it.nl)

También puede utilizarse análisis de infrarrojos (IR) o cromatografía de gases, especialmente en casos donde debe medirse más de un gas volátil. En la mayoría de los casos este equipo se utiliza exclusivamente para análisis científicos, ya que es demasiado costoso para el uso diario.



Combined Photo-Ionisation Detection (PID) and gas monitoring system.

Ventilación del lugar de trabajo en la industria del poliéster



Al utilizar resinas UP u otros productos estirenados, se produce una evaporación de estireno monómero, especialmente en el caso de procesos en moldes abiertos. Para mantener los niveles de exposición al trabajador por debajo de los valores umbral límites (TLV), es importante que exista una distribución adecuada de la fabricación y un buen mantenimiento de las instalaciones.

Debe elegirse un equipo de aplicación con baja evaporación de estireno durante su uso. Cuando sea posible, utilice siempre una resina de Baja Emisión de Estireno (LSE) o resinas de Bajo Contenido de Estireno (LSC). Una ventilación adecuada y un equipo de protección apropiado son también imprescindibles para minimizar los niveles de exposición.

Este boletín informativo aborda los principios de una adecuada ventilación del lugar de trabajo. También proporciona información acerca de cómo calcular la capacidad de ventilación requerida en un taller donde se trabaja con poliéster.

Principios de ventilación

Al trabajar con resinas de poliéster, la mayor parte del vapor de estireno se genera en las proximidades de la operación de moldeado. Es preferible que el vapor se retire del aire lo más cerca posible de la fuente de emisión.

Esto asegura una ventilación más eficaz del taller y supone que el vapor de estireno puede retirarse en niveles de concentración relativamente altos con bajo volumen de desplazamiento de aire. Si se permite que el vapor de estireno se difunda por el taller, la capacidad de ventilación requerida es mucho mayor.

Por tanto, esto debe tenerse en cuenta en el diseño del sistema de ventilación. No existe, sin embargo, ningún modelo estándar de ventilación para un taller de poliéster, dado que el volumen de resina empleado y la técnica de procesamiento son factores que afectan las necesidades de ventilación. Cualquier fluctuación acusada en el consumo de resina, traerá consigo una fuerte variación de los niveles de emisión. La capacidad de ventilación, por tanto, debe diseñarse para los máximos niveles de emisión previstos.

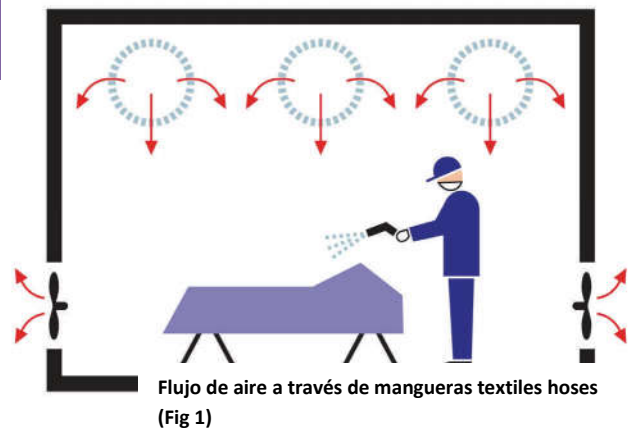
Existen esencialmente tres métodos de ventilación distintos, cada uno de ellos con sus correspondientes ventajas y desventajas.

Ventilación General

En la ventilación general del taller (también conocida como ventilación por dilución), el volumen de aire total del taller se renueva varias veces cada hora.

Este principio de ventilación goza de popularidad ya que es relativamente sencillo y proporciona un alto grado de flexibilidad en el movimiento de materiales y productos dentro del taller. La desventaja es el alto volumen de desplazamiento de aire necesario para mantener la concentración de estireno en los niveles deseados. En periodos de frío, puede provocar gastos de calefacción excesivos.

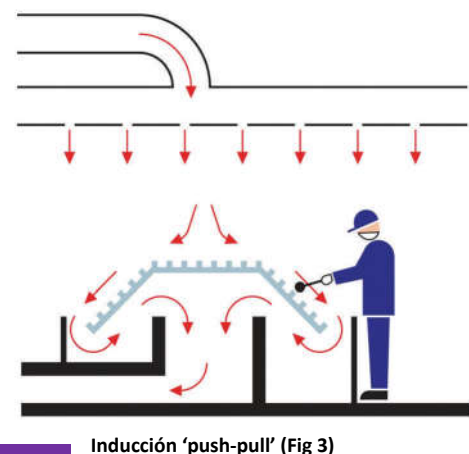
La ventilación general de taller no es siempre suficiente, especialmente en el caso de moldes de gran tamaño como barcos o silos.



Ventilación local

Es un método más eficaz que la ventilación general porque el vapor de estireno se retira mediante campanas de ventilación, instaladas lo más cerca posible del lugar donde se genera el estireno (ver Fig. 2).

La colocación de las campanas puede ser flexible, de modo que mantengan su eficacia, incluso cuando se producen otros productos. Para mantener su eficacia, las campanas deben colocarse tan cerca como sea posible del área de trabajo. Las campanas de ventilación pueden limitar la libertad de movimiento en torno al molde, lo que supone una desventaja importante.



Si las campanas de ventilación se combinan con una serie de flujos de aire que impulsan el aire con estireno directamente hacia la campana de ventilación, se produce un sistema push-pull, capaz de reducir la exposición al estireno de forma muy eficaz.

Para piezas pequeñas, se puede equipar a las mesas de laminado con rejillas abiertas de corriente descendiente en combinación con campanas de extracción semicerradas (ver Fig.3).

Un buen ejemplo de ventilación local es el uso de canales de succión en el suelo del lugar de trabajo, combinados con una fuente de aire limpio colocado encima del molde. De este modo, el operario está trabajando siempre con aire limpio en su zona de trabajo (ver Fig. 4).

La ventilación local es particularmente eficaz en el caso de productos pequeños fabricados en un lugar fijo.

Ventilación zonal

La ventilación zonal combina la ventilación general con la ventilación local. En este caso, parte del taller o compartimento se ventila de tal modo que el estireno se retire antes de diluirse en el aire de todo el taller.

La división del taller en compartimentos sólo es eficaz cuando existe un buen equilibrio entre el suministro de aire limpio al compartimento y la retirada del aire contaminado.

Las cabinas de proyección son un buen ejemplo del uso de ventilación zonal. Una cabina de proyección es un compartimento, más o menos separado del resto del taller. La corriente de aire puede controlarse mejor y se requiere menos aire para retirar el vapor de estireno.

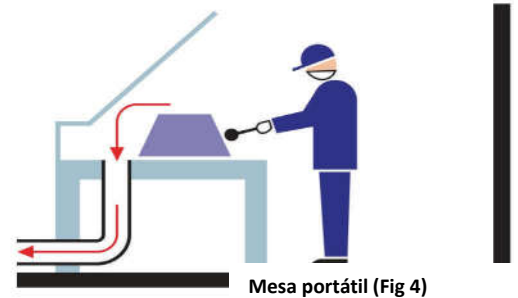
La velocidad del aire en la entrada de una cabina de proyección debe ser de entre 0,3 y 1,0 m/s., lo que aún así puede provocar grandes desplazamientos de aire. Hay varios modos de optimizar el desplazamiento de aire en una cabina de proyección. La fig. 6 muestra cómo puede optimizarse el flujo de aire en una cabina de proyección.

La primera imagen (6a) demuestra que un tubo de proyección abierto puede provocar mucha turbulencia. Pero si se diseña la cabina de proyección de modo que el flujo de aire se dirija al fondo de la cabina (ver fig. 6, serie b-d), se logra reducir la turbulencia y por tanto se requiere menos aire para extraer el estireno.

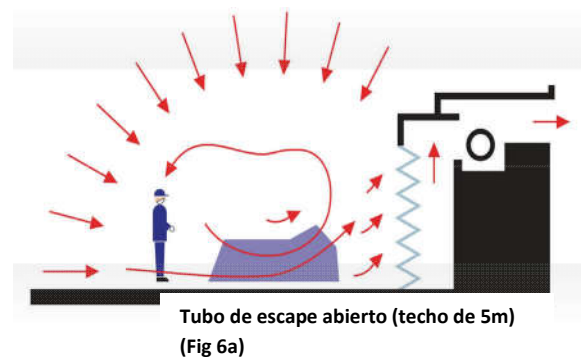
Cálculo de las necesidades de ventilación

El índice de evaporación de estireno en un taller de poliéster depende de muchas variables, tales como el tipo de resina, el proceso de aplicación, el equipo de aplicación empleado, el diseño y configuración de las herramientas, etc.

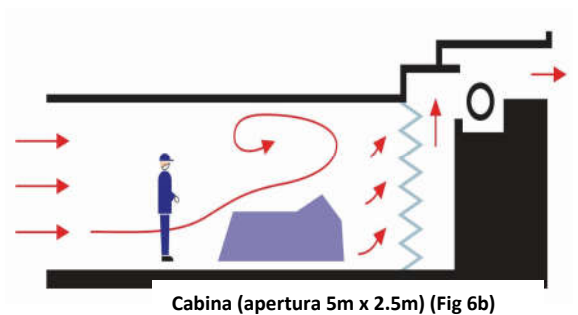
Como guía, la figura 7 indica el porcentaje típico de pérdida de estireno en distintas técnicas de procesamiento, calculado en términos de pérdida de peso de la resina.



Mesa portátil (Fig 4)



Tubo de escape abierto (techo de 5m)
(Fig 6a)



Cabina (apertura 5m x 2.5m) (Fig 6b)

Proceso	Pérdida de estireno (% de peso de resina)
Proyección de gel-coat	10-14 %
Proyección, resina con emisión de estireno estándar	7-10 %
Gel-coat, brocha manual	6-8 %
Enrollamiento	5-7 %
Laminado manual, resina con emisión de estireno estándar	4-6 %
Proyección, resina de baja emisión de estireno o de bajo contenido de estireno	4-6 %
Top-coat, proyección	4-5 %
Top-coat, brocha	3-4 %
Laminado manual, resina de baja emisión de estireno o de bajo contenido de estireno	3-4 %
Pultrusión	1-3 %
Laminado continuo	1-2 %
Fabricación de compuestos de moldeo SMC/BMC	1-2 %
Procesado de compuestos de moldeo SMC/BMC	1-2 %
Procesos molde cerrado (RTM/RTM Ligero/Infusión)	<1%

Fig 7, Pérdida de estireno, por proceso

Optimización de cabinas

A partir de esta tabla, puede calcularse la capacidad de ventilación necesaria. Si un taller tiene dimensiones de 40 x 20 x 5 m, el volumen del taller es 8.000 m³. Si se realiza un laminado por proyección con 150 kg de resina, utilizando una resina LSE/LSC con una evaporación de estireno del 4%, entonces la emisión de estireno por hora es de 6 kg. Asumiendo que la cantidad de estireno se disuelve uniformemente por el ambiente del taller, esto supondría una concentración de estireno de 750 mg/m³.

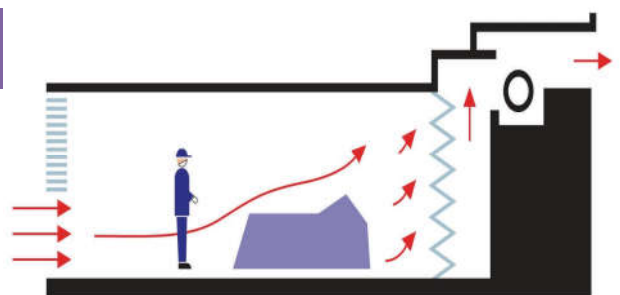
Si se utiliza la ventilación por dilución, podemos calcular la capacidad mínima de ventilación necesaria para mantener el nivel de concentración de estireno por debajo del valor de la concentración máxima admisible (CMA).

La capacidad necesaria de ventilación real puede ser mucho más elevada. Si el mismo taller se utiliza también para operaciones con gel-coat, la emisión de estireno será considerablemente mayor, debiendo por tanto aumentar la capacidad de ventilación. Un diseño cuidadoso y pensado del sistema de ventilación de un taller puede traer consigo importantes ahorros en los costes.

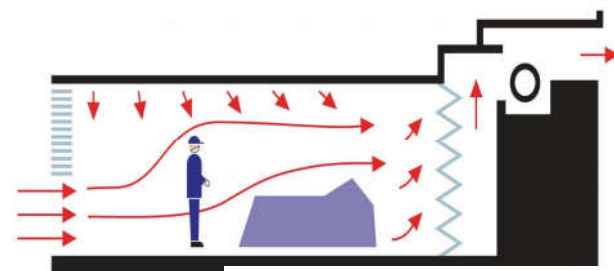
En la práctica, una distribución del espacio de fabricación bien pensada y un sistema de ventilación bien diseñado, optimizado para el flujo y las direcciones de los flujos, supondrá la necesidad de una menor capacidad de ventilación.

Recomendaciones generales

- Una concepción errónea frecuente es que, dado que el vapor de estireno es más pesado que el aire, baja instantáneamente al suelo. Aunque la densidad del vapor de estireno es 3,6 veces mayor que la del aire, una concentración de 500 ppm de estireno en el aire resultará en un aumento de la densidad de tan solo el 0,13%, en comparación con el aire limpio. De modo que cualquier corriente de convección ligera o desplazamiento de aire normales pueden provocar una dispersión del estireno por todo el taller.
- Mantener el taller cerrado. Un sistema de ventilación bien diseñado sólo es eficaz cuando los flujos de aire no se ven afectados por ventanas o puertas abiertas. La apertura de las puertas en verano para reducir la temperatura en el local, provoca con frecuencia mayores niveles de exposición al estireno.
- La inhalación del vapor de estireno debe evitarse, si fuera necesario mediante el uso de protección respiratoria.
- Evitar el contacto de las resinas con la piel y los ojos mediante el uso de ropa protectora como guantes, monos protectores y gafas protectoras.



Cabina (apertura 5m x 1m) (Fig 6c)



Cabina (soporte air jet) (Fig 6d)

- Vertir y mezclar las resinas UP en una habitación independiente, bien ventilada, a fin de reducir la probabilidad de que los vapores de estireno se extiendan a zonas de trabajo adyacentes.
- Seguir las instrucciones del fabricante para mezclar aditivos, aceleradores, cargas y peróxidos. Al ser materiales reactivos, determinados aditivos o una combinación de aditivos pueden provocar reacciones no deseadas.

Equipos de protección personal



Como muchos entornos industriales, los operarios, que trabajan en el sector del tratamiento y procesado de resinas de poliéster insaturado (UP) están y se ven expuestos de forma cotidiana a vapores y una serie de riesgos laborales. El uso de equipos de protección personal (PPE) es la última medida a tener en cuenta después de haber considerado y puesto en práctica en los casos en los que ha sido posible, otras medidas relacionadas con los procesos de trabajo como: Empleo de resinas de baja emisión de estireno (LSE), resinas de bajo contenido en estireno (LSC), empleo de técnicas de molde cerrado y controles en el lugar del trabajo como mejoras en la ventilación. Es necesario utilizar con un equipo de protección adecuado para contar con el máximo de seguridad en el trabajo.

Esta guía describe los riesgos para la salud más comunes en el procesado de las resinas (UP) ofrece unas recomendaciones generales para el uso apropiado de los (PPE). Estas recomendaciones, deberían ser usadas junto con la política de seguridad interna de cada empresa así como con la normativa nacional vigente en materia de prevención de riesgos laborales.

Siempre hay que ver las fichas de datos de seguridad de los proveedores para tener información más específica de los productos que se manipulan.

Exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV)

Las resinas de poliéster insaturado son disoluciones de polímeros de poliéster diluidos en monómeros reactivos como el estireno. Es conocido que los polímeros no presentan grandes riesgos para la salud, sin embargo el riesgo más común para la salud cuando utilizamos resinas de (UP) es la exposición al estireno y a otros compuestos orgánicos volátiles (COV'S) El estireno es una sustancia neurotóxica que puede ser absorbida y distribuida por el cuerpo a través de inhalación, ingestión y contacto con la piel. Por lo que se deben utilizar (PPE) cuando las otras medidas colectivas, no son suficientes para controlar la exposición al estireno y otros compuestos orgánicos volátiles.

El mayor riesgo de exposición ocurre en la manipulación de la resina de poliéster con las fibras de vidrio en los procesos de molde abierto. Las concentraciones en el área de trabajo de los vapores de estireno (las cuales se medirán con el empleo de medidores cualificados) pueden llegar a exceder los valores límites permitidos en procesos como aplicación manual y proyección, enrollamiento, y otros.

Otros componentes químicos a menudo presentes en los lugares de trabajo del poliéster reforzado con fibra de vidrio son: acetonas, vinil tolueno, y metilmetacrilato. Cuando la ventilación y las demás prácticas de trabajo son insuficientes, apropiados equipos de respiración deben ser utilizados para reducir la exposición a los COV's por inhalación.

Debemos también evitar la exposición directa, prolongada y repetida de estos compuestos con la piel ya que puede causar irritación, lloros, y mareos.

Exposición a Peróxidos orgánicos

Las resinas de poliéster (UP) pasan de un estado líquido a uno sólido cuando son catalizadas adecuadamente. Los peróxidos orgánicos como el peróxido de metil etil cetona (PMEK) y peróxido de Benzoilo (BPO) son usados para polimerizar las resinas de poliéster (UP).

Los peróxidos orgánicos son compuestos químicos agresivos que pueden tener efectos graves en contacto con los ojos y la piel, por lo que debemos utilizar equipos de protección adecuados para los ojos y el cuerpo.

Exposición al polvo y saturación

En el proceso de lijado, aserrado, triturado y pulido de materiales compuestos con fibra de vidrio y resinas de poliéster se pueden crear finas partículas de polvo que pueden irritar los ojos, la piel incluso inhalarse.

En las aplicaciones de proyección se genera una polución de resina y fibra en adición con los compuestos orgánicos por lo que para estas aplicaciones descritas una correcta ventilación del área de trabajo es necesaria así como la utilización apropiada de los equipos de protección personal.



Tenemos que tener especial atención si el polvo desprendido contiene partículas tóxicas como en el caso de mecanizado de laminados retardantes a la llama o piezas con contenido de pigmentos de base plomo ó antimonio.

Exposición al Ruido

Una exposición continuada e incluso interrumpida al ruido si este supera niveles de 80 dBA puede causar pérdidas irreversibles de audición.

En muchas plantas de procesamiento del poliéster, los laminados se cortan con sierras circulares ó de vaivén así como otro tipo de máquinas como lijadoras ó máquinas de corte y proyección están demostrado que pueden superar los niveles de exposición límites y se puede sufrir problemas de audición sin el uso apropiado de los equipos de protección.

Estudios en animales sugieren que la inhalación de estireno en altas concentraciones especialmente combinados con exposición al ruido elevado, también pueden dañar el sistema auditivo. Por tanto se debería tomar especial precaución cuando se combinan ambos factores.

En la mayoría de los entornos laborales, existen otra serie de riesgos generales que no precisamente tienen que estar asociados a los trabajos de procesamiento del poliéster, como por ejemplo trabajos en altura, trabajos expuestos a sobrecarga, posibles superficies resbaladizas, por lo que se tendrán que tener en cuenta para usar los equipos de protección necesarios aunque estos no estarán descritos en esta guía.

Protección respiratoria

Protección contra los vapores de estireno y otros vapores contaminantes puede ser evitada utilizando equipos de protección respiratoria que hayan sido testados y etiquetados de acuerdo a los estándares Europeos. Los equipos más comunes utilizados en la industria del poliéster son equipos purificadores de aire con cartuchos Tipo A reemplazables para vapores orgánicos. Los cartuchos tipo A contiene carbón activo y son efectivos para vapores de estireno, viniltolueno y metil metacrilato.

Los cartuchos tipo AX deberían ser usados para solventes de bajo punto de ebullición como la acetona. Los cartuchos de carbón activo tiene una vida limitada dependiendo de muchos factores como el tipo de vapor químico, la concentración, el tiempo de uso, la humedad y la temperatura y las condiciones de almacenamiento cuando no se usan. Estos cartuchos deben reemplazarse en intervalos regulares y evitar que se rompan.

Los filtros tipo P son usados para partículas en suspensión tales como polvo de poliéster y fibras de vidrio. Estos deberían ser reemplazados cuando la respiración se vuelve incómoda.

La combinación de filtros para vapores orgánicos y polvo también están disponibles en el mercado.

Hay un amplio rango y variedad de tipos de máscaras para su elección dependiendo de la protección que se necesite.

Una media máscara respiratoria cubre la nariz, la boca y la barbilla.



Respirador de media máscara con cartuchos de vapor orgánico y filtros para partículas



Mono desechable con máscara buconasal y gafas de

Cómo elegir la protección respiratoria adecuada

Todos los tipos y clases de equipos de protección respiratoria (EPR) están categorizados por un Factor de Protección Asignado (FPA). El FPA es una clasificación numérica que indica el nivel de protección que puede ofrecer el EPR. Por ejemplo, el EPR cuyo FPA sea 10 reducirá la exposición del usuario en un factor 10 como mínimo, siempre que se haya comprobado el ajuste y se utilice correctamente. En teoría, el usuario sólo respirará una décima parte o menos de la cantidad de la sustancia presente en el aire. Con los equipos modernos, la eficiencia de la protección suele ser mucho mayor.

Para protegerse de los vapores de estireno, se debe utilizar generalmente un respirador filtrante/aislante con FPA 20 o FPA 40 y para exposiciones breves de <1 hora. Para operaciones de pulverización, laminado manual y demás actividades de alto nivel de exposición, se recomienda una capucha con suministro de aire que ofrezca un FPA 40 o un FPA 200.

El FPA 40 implicaría un 97,5 % de eficiencia como límite inferior (máscaras con suministro de aire, filtros de partículas con sistema combinado). El FPA 200 implicaría un 99,5 % de eficiencia como límite inferior (capucha con línea de aire de caudal continuo).

Si hay posibilidad de que se genere neblina de aerosoles es necesario utilizar un filtro combinado de partículas y orgánico. Los filtros de partículas deben cumplir la norma EN143. Se recomiendan los tipos P3. Habitualmente los filtros cumplen al menos la norma EN14387:2004.

Por lo general, el uso de máscaras ajustadas solo se recomienda para periodos breves (<1 hora). El calor y el sudor pueden ser incómodos para el operario, que necesitará reajustar la máscara y al hacerlo puede haber exposición directa fortuita.

Las capuchas con suministro de aire ofrecen aire limpio a través de una manguera conectada a una bomba o un compresor situados en una zona no contaminada. Es una práctica recomendada cuando las actividades del operario duran más de 1 hora, por ejemplo, los operadores de una línea de pulverización especializada.

Las capuchas con suministro de aire brindan al operario un nivel alto de protección y comodidad. Por lo general, los proveedores ofrecen modelos de capuchas diseñados para que resulten cómodas: son livianas y flexibles, para usar tanto con filtros como con sistemas de suministro de aire, por tanto son adecuadas para un uso prolongado.

Es necesario comprobar y cambiar los filtros periódicamente, lo que requiere un régimen de higiene riguroso. Los filtros gastados pueden provocar exposiciones accidentales. Si se considera el gasto que supone comprobar y cambiar los filtros periódicamente, es probable que resulte más rentable instalar un sistema de suministro de aire, que además brinda al operario mayor nivel de seguridad y confort.

Los sistemas de caudal continuo (CC) son preferibles a los sistemas con válvula a demanda (VD) porque hay menor probabilidad de que se reseque la piel y provoquen incomodidad. Como es natural, estos sistemas deben instalarse con la cooperación de los operarios que van a utilizarlos, y es fundamental llevar a cabo una capacitación específica para el uso correcto del EPI en cada uno de los escenarios de utilización.

Protección de ojos y cara



Es necesario el mantenimiento de las gafas de protección en todo momento

Las gafas de seguridad con protectores laterales protegen frente a las partículas en suspensión y ofrecen protección ocular frente al polvo y las salpicaduras.

Gafas de protección química y/o con un visor deberían ser usados en situaciones donde hay riesgo potencial de contacto directo de los ojos con estireno y resinas de poliéster, cuando se trabaja con agentes químicos bajo presión y cuando se manipulan peróxidos orgánicos.

La protección también la podemos obtener utilizando las máscaras completas respiratorias descritas previamente.

Los protectores oculares deberían permitir la circulación del aire para evitar que se empañen y disminuya la visión debido a la condensación.

Los operarios que por prescripción médica utilicen gafas, deben ser provistos de protecciones oculares que se ajusten perfectamente por encima de las mismas. Asimismo, los trabajadores que utilicen lentes de contacto, deberán utilizar los equipos de protección adecuados.

Todos los protectores de ojos y faciales, deberán tener un mantenimiento adecuado. Las gafas rotas, rayadas, sucias, reducen la visión y pueden contribuir a tener accidentes.

Puestos de emergencia para Lavado de ojos

Se deberán facilitar instalaciones para facilitar el lavado de los ojos en todas las zonas donde los trabajadores pueden estar expuestos a salpicaduras accidentales de sustancias corrosivas como los peróxidos orgánicos.

Estas puestos, deben estar visiblemente señalados, deben ser chequeados regularmente y localizados en zonas de fácil acceso en caso de emergencia.



Protección de manos

Se deben utilizar guantes adecuados para resistir agentes químicos y deben ser usados para proteger la piel frente al contacto y absorción de los mismos utilizados en la industria del poliéster.

Los guantes de polivinil alcohol(PVA), Viton, son muy recomendados para contacto continuo con las resinas de poliéster. Los guantes de nitrilo, caucho, o cloruro de polivinilo (PVC) pueden ser usados para proteger frente a las salpicaduras o cuando el contacto con las resinas de poliéster no sea continuo, pero no son apropiados para manipular acetona, estireno o metilmetacrilato.

Nunca deben ser usados, guantes de latex natural, porque son muy permeables a los solventes químicos y pueden causar reacciones alérgicas en personas sensibles. Los guantes deben ser inspeccionados cuidadosamente antes de su uso y reemplazados inmediatamente si hay algún signo de rotura, degradación y o porosidad.

Siempre hay que lavarse las manos abundantemente con agua y jabón después de manipular productos químicos. Hay que consultar las fichas de seguridad o contactar con el proveedor de guantes para especial instrucciones para la selección de los guantes protectores más adecuados para su uso. También podemos utilizar cremas de manos protectoras de la piel debajo de los guantes para ofrecer mayor protección si cabe.



Protección del cuerpo

Las prendas de trabajo normales nos deben proteger frente a la contaminación normal, en particular frente al polvo, y las fibras de vidrio. Básicamente se recomienda llevar un mono de trabajo de manga larga que nos cubra todo el cuerpo para protegernos frente a irritaciones de la piel por la fibra de vidrio.

La ropa normal de trabajo, no nos protege frente al contacto directo con solventes químicos y peróxidos orgánicos. La ropa y los zapatos de seguridad, si están contaminados por productos químicos deben ser inmediatamente quitados y lavarse la piel con abundante agua y jabón para evitar riesgos.

Protección Auditiva

La protección auditiva debería estar presente y ser utilizada siempre que los trabajadores estén expuestos a niveles de ruido superiores a 80 dBA.

En la mayoría de los casos, el uso de tapones no es suficiente y el uso de protectores auditivos individuales de silicona o el uso de orejeras, es fundamental cuando el nivel de decibelios es igual o superior a 85 dBA.

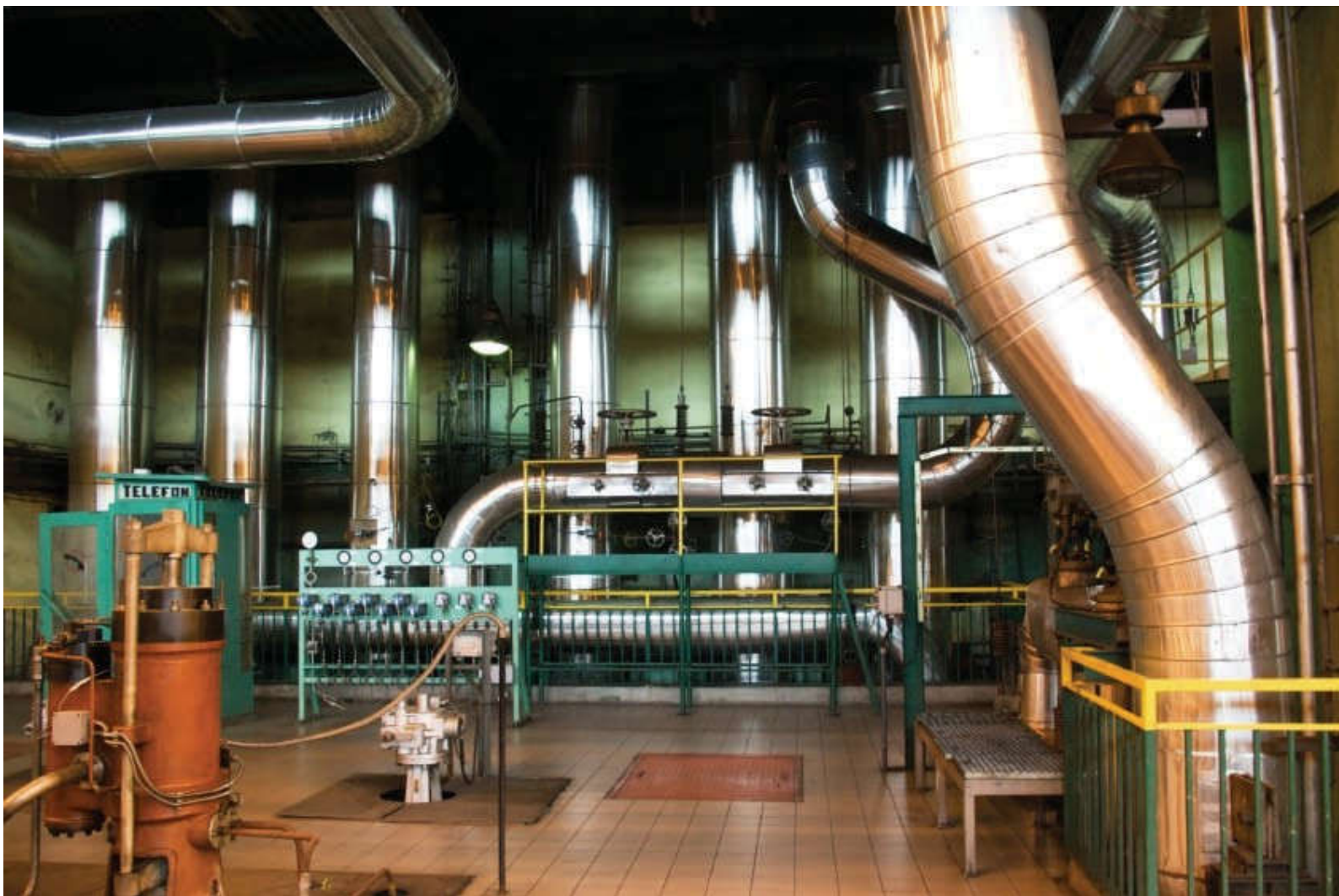
También hay protectores auditivos ligeros que ofrecen al mismo tiempo confort y una gran atenuación de los niveles de ruido comprendida entre los 25-30 dB.



Tabla 1: Tipos de EPR recomendados para actividades asociadas al uso de resinas de poliéster insaturado

Actividad y duración	EPR recomendado	Diagrama
Posibilidad de exposiciones breves intermitentes / accidentales (desecho de residuos, mantenimiento de equipos, limpieza). <15 minutos	Respiradores de media máscara reutilizables con filtro para gas/vapor (BS EN 140 y BS EN 14387; BS EN 405; BS EN 1827) Tipo de filtro A1 Vapores orgánicos (BP> 65oC) FPA 10	
Operaciones breves, baja energía (inmersión, vertido, cepillado) <1 hora	Máscara completa Respiradores con filtro gas/vapor (máscara BS EN 136 y filtro BS EN 14387) Tipo de filtro A1 Vapores orgánicos (BP> 65oC) FPA 20	
Operaciones breves, alto nivel de energía (pulverización, cepillado) <1 hora	Respiradores con suministro de aire, con máscaras (BS EN 12942) Tipo de filtro A1 Vapores orgánicos (BP> 65oC) Filtros para partículas (P3), aerosoles EN143 FPA 20-FPA 40	
Aplicaciones especializadas, baja energía (cepillado, rodado) > 1 hora > 4 horas	Respiradores con suministro de aire y capuchas/cascos (BS EN 12941) Tipo de filtro A1 Vapores orgánicos (BP> 65oC) FPA 20-FPA 40	
Operaciones de pulverización especializadas > 1 hora >4 horas	Aparato respirador con suministro de aire de caudal constante y capuchas/cascos (BS EN 14594) FPA 200	

Técnicas para la reducción del estireno



Existe una serie de técnicas de reducción para que disminuya la Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) que se vierten en el medioambiente. Algunas de estas técnicas son más aplicables que otras para el tratamiento del aire que contiene bajos niveles de vapores orgánicos. Esto sucede a menudo cuando se fabrican componentes de resina de poliéster insaturado reforzada con fibra, mediante técnicas de molde abierto.

Este informe técnico describe varios procesos que pueden utilizarse para disminuir la contaminación del aire en las instalaciones de proceso de la resina poliéster.

Técnicas para reducir la contaminación ambiental

La más eficaz de las técnicas de reducción es prevenir la emisión de VOC en el lugar de trabajo y en consecuencia en la atmósfera. El uso de resinas de baja emisión y bajo contenido de estireno será útil a este respecto en el caso de moldes abiertos. Reducen el nivel de VOC emitido, en comparación con otras resinas convencionales.

Sin embargo las técnicas de moldes cerrados, como el moldeo bajo vacío, el Moldeo por Transferencia de Resina (RTM), el RTM ligero (mediante una herramienta económica de peso ligero) y moldeo mediante prensas frías y calientes, resultan incluso más eficaces.

Tipos de técnicas de reducción

Existen una serie de técnicas de reducción para controlar la emisión de estireno.

Métodos de recuperación

La recuperación solo resulta viable si hay una gran cantidad de disolvente que puede recuperarse y venderse, o se le puede dar algún uso al disolvente en el lugar donde se recupera.

En la industria del poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP) el aire del ambiente contiene solo bajas concentraciones de VOC y esto aumenta los costes de capital y funcionamiento de los procesos de recuperación de disolventes; por tanto, desde el punto de vista económico los sistemas de recuperación están poco justificados en este sector industrial.

Recuperación de disolventes

- Recuperación por adsorción, por cambios de presión o térmica (mediante zeolitas, adsorbentes poliméricos o carbón activado)
- Condensación (criogénica)
- Absorción de aceites

Destrucción de disolventes

- Oxidación in situ mediante oxidantes térmicos o catalíticos (o bien regenerativos o recuperativos)
- Biofiltración o biodepuración
- Adsorción por medios sólidos (carbón activo)
- Absorción por medios líquidos
- Sistemas de concentración seguidos de oxidación

Las técnicas de reducción en las que se elimina el vapor de estireno mediante incineración o procesos biológicos resultan más apropiadas para la industria del tratamiento del poliéster.

Se emplean los siguientes procesos cuya eficacia ha quedado demostrada:

Incineración

La incineración a altas temperaturas o la incineración catalítica (a temperaturas más bajas) tiene una eficacia de alrededor de 99% con reciclaje de energía. Para que resulte viable desde el punto de vista económico el proceso deberá usar únicamente el combustible contaminante y no necesitará combustible adicional (excepto en el arranque o durante paradas breves).

Oxidantes térmicos directos

Los oxidantes térmicos regenerativos ofrecen una buena eficacia de destrucción (96-98%) con un 90% de recuperación de calor mediante capas de cerámica o grava. Pueden funcionar de forma autotérmica, sin usar disolvente extra, a aproximadamente 1g/m³ de recuperación de disolvente. En concentraciones de entrada por debajo de este nivel se necesitan fuentes adicionales de energía y gas/electricidad para mantener el oxidante a la temperatura requerida. Estos oxidantes funcionan bien entre 1-5g/m³ y a altas velocidades de flujo de aire y su funcionamiento es relativamente fácil con costes bajos de capital.

Los oxidantes térmicos usan intercambiadores de calor en lugar de una capa de grava o cerámica para recuperar el calor, lo que limita la recuperación del calor entorno a un 70%. Por tanto se necesita más disolvente en la corriente de entrada (2-3g/m³) para obtener la destrucción autotérmica que con los oxidantes regenerativos.

Oxidantes catalíticos directos

Los oxidantes catalíticos tienen la ventaja de temperaturas de funcionamiento más bajas y mayor eficacia de destrucción que los oxidantes térmicos y, por tanto, los costes de explotación son más bajos. No obstante, los costes del catalizador suelen resultar caros. Se pueden emplear sistemas minicatalíticos donde las velocidades de flujo de aire son bajas o las emisiones son intermitentes.

Sistemas de biofiltración

La biofiltración consiste en la oxidación bacteriana de la materia orgánica y resulta en la conversión de la materia orgánica, como en la incineración, en gases basados en carbón y vapor de agua. Los biofiltros resultan eficaces para eliminar bajas concentraciones de disolvente pero sus desventajas son el tiempo que se tarda en destruir los VOC, la eficacia de la destrucción y el control del proceso.

Algunos disolventes son destruidos fácilmente por los microorganismos que hay en los filtros, pero las moléculas más grandes, como el estireno, precisan tiempos de estancia más largos para que se produzca la destrucción, lo que requiere sistemas más grandes con áreas más grandes. Las eficacias varían entre 60-70% para biofiltros de tiempos de permanencia prolongados y 80-90% en el caso de biodepuradores con efecto amortiguador.

Las concentraciones de extracción están limitadas a 1g/m³ en el caso de biodepuradores y 0.35g/m³ en el de los biofiltros. Las condiciones de entrada, especialmente la temperatura (20 y 40 °C), requieren un minucioso cuidado para garantizar una óptima eficacia de destrucción y para reducir los costes. El control de la humedad resulta también esencial para la supervivencia y el metabolismo de los microorganismos.

Los cambios en la concentración de entrada del disolvente afectan al metabolismo de los microorganismos y resultan con bajas eficacias a concentraciones de disolventes más altas a la entrada.

Sistema de oxidación bacteriana de
Bioway Zerochem



Adsorción y absorción en capas intermedias

Estas dos técnicas son similares a excepción de los medios y ambas tienen desventajas parecidas. La adsorción normalmente se produce en un filtro de carbón mientras que la absorción es en un líquido. Cuando se saturan de disolvente se quitan los medios y se mandan fuera para su regeneración y eliminación.

Estas técnicas no se usan en sistemas de emisiones continuos o semicontinuos sino en áreas que se purgan de forma intermitente. Los gastos de explotación resultan altos.

Sistemas de concentración

Los sistemas de concentración probablemente sean la mejor técnica para la reducción de bajas emisiones de VOC de los niveles de emisión típicos de la industria de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Hay dos tipos de sistemas de concentración, ruedas giratorias, y capa fluidificada. Ambos eliminan los disolventes de la entrada de aire absorbiéndolos en ceolitas o absorbentes poliméricos y desorbiéndolos en una corriente de aire caliente que es una fracción del nivel del flujo de aire original.

La corriente de aire concentrado contiene disolventes entre 2 y 8 g/m³, que pueden ser destruidos con un oxidante catalítico sin combustible extra, reduciendo así los costes tanto de capital como de explotación. La elección de un sistema de concentración específico depende de la proporción de concentración requerida teniendo en cuenta que el objetivo es conseguir la mayor proporción posible para de este modo reducir tanto el coste de capital (disminuyendo el tamaño de la unidad) como el coste de explotación (garantizando que el sistema sea siempre autotérmico). El exceso de calor generado puede usarse para recalentar el aire de sustitución. La tabla siguiente les ofrece una visión general de las condiciones del proceso y los costes de inversión aproximados de algunos de los sistemas mencionados más arriba

Bibliografía

Evaluación del control de las emisiones de estireno de las industrias de compuestos FRP y construcción de barcos.

(<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/clean-air-act-standards-and-guidelines-foam-fiber-plastic-and>) Tecnología de Control de Emisiones, una guía para fabricantes de materiales compuestos. Edición Ray.

Contactos para la reducción de VOC

- Chematur Limited (Polyad)
- CSO Technic Limited (Therminodour)
- Air Protekt
- Forbes Environmental Technologies
- Bioway

Las empresas enumeradas en la sección de reducción pueden visitarse en las siguientes páginas web

Chematur Limited (Polyad) <http://www.chematur.se/>

CSO Technic Limited (Therminodour) <http://www.csotech.com/>

Air Protekt <http://www.airprotekt.co.uk/>

Forbes Environmental Technologies <http://www.forbes-group.co.uk/index.htm>

Bioway <http://www.bioway.nl/>



Sistema de oxidación catalítico de Air Protekt

Técnica	Capacidad	Concentración entrante	Concentración saliente	Inversión (€/1000Nm ³ /h)	Ventajas	Desventajas
Adsorción en carbon activo	100-100.000 m ³ /h	10-10.000 mgr/m ³	5-100 mgr/m ³	5.000 – 10.000	- Técnica simple y efectiva	El absorbente saturado es residuo químico
Biofiltración	50 – 200 m ³ /m ² .h	50 – 500 mgr/m ³	> 10 mgr/m ³	5.000 – 20.000	- Construcción simple - Proceso biológico	- Instalación de gran volumen - Sensible a la toxicidad - Inflexible en el cambio de concentraciones
Oxidante catalítico	1000 – 30.000 m ³ /h	> 1.000 – 2.000 mgr/m ³	< 20 – 50 mgr/m ³	10.000 – 40.000	- Alto rendimiento - Instalación relativamente compacta	- Uso de combustible adicional cuando no funciona autotérmicamente
Oxidante térmico	1000 – 30.000 m ³ /h	> 1.000 – 2.000 mgr/m ³	< 20 – 50 mgr/m ³	5.000 – 40.000	- Alto rendimiento - Instalación relativamente compacta - Posible la recuperación de calor	- Uso de combustible adicional cuando no funciona de forma autotérmica - Emisión de CO ₂ y NO _x
Adsorción regenerativa	N.A.	500 – 5000 mgr/m ³	100 – 250 mgr/m ³	N.A.	- No produce residuos químicos	- Instalación compleja - Uso de nitrógeno líquido
Criocondensación	0 – 1000 m ³ /h	200 – 1.000 gr/m ³	1 – 5 gr/m ³	500.000	- Técnica compacta - Recuperación de VOC	- No apto para corrientes de aire húmedo



The European UP/VE Resin Association
(a Cefic Sector Group)
Avenue E. van Nieuwenhuysse 4,
1160 Brussels, Belgium
T +32 2 676 72 62
F +32 2 676 74 47
www.upresins.org



European Composites Industry Association (EuCIA)
Diamant Building
Bd A. Reyerslaan 80
1030 Brussels, Belgium
T. +32 2 706 89 06
www.eucia.eu

Esta publicación está diseñada exclusivamente como guía y, aunque la información que contiene se ofrece de buena fe y está basada en la mejor información actualmente disponible, el usuario asume la responsabilidad de cualquier riesgo derivado de su uso. La información contenida en este documento se ofrece de buena fe y, aunque es precisa y cierta, según los conocimientos de los autores, no se ofrece ninguna representación ni garantía de que dicha información sea completa y no se asume responsabilidad alguna frente a cualquier daño que resulte del uso de la información contenida en la publicación..

Actualizado por última vez en mayo de 2021