

Exposición a fibra de vidrio en la industria de plásticos reforzados



SUMARIO

La fabricación de elementos de poliéster reforzado con fibra de vidrio se encuentra en creciente actividad.

Se ha realizado un estudio sobre niveles de exposición a fibras de vidrio en este sector, caracterizado por procesos casi artesanales de producción.

De los resultados de la aplicación del método de filtro de membrana para la determinación de la concentración de fibras en las muestras personales tomadas se deduce la no existencia de fibras respirables, lo que parece indicar la ausencia de riesgo por inhalación de fibra de vidrio en este tipo de industrias.

F. BERNIER HERRERA

Centro Nal. de Medios de Protección
I.N.S.H.T. (Sevilla)

J. CRESPO POYATOS y
J. GALÁN CORTÉS

Centro de Seguridad e Higiene en
el Trabajo (SEVILLA)

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Las fibras minerales artificiales (FMA), fibras y lanas de vidrio, roca y escoria, cuya fabricación se inicia hace casi un siglo, se empiezan a em-

plear de forma generalizada en los años treinta como alternativa a las fibras minerales naturales (por ejemplo, amianto), más por razones económicas y estratégicas que de protección de la salud de los trabajadores implicados en su manipulación. Todos estos materiales están constituidos básicamente por silicatos, con disposición amorfa en el caso de las FMA, y cristalina en el de las fibras naturales.

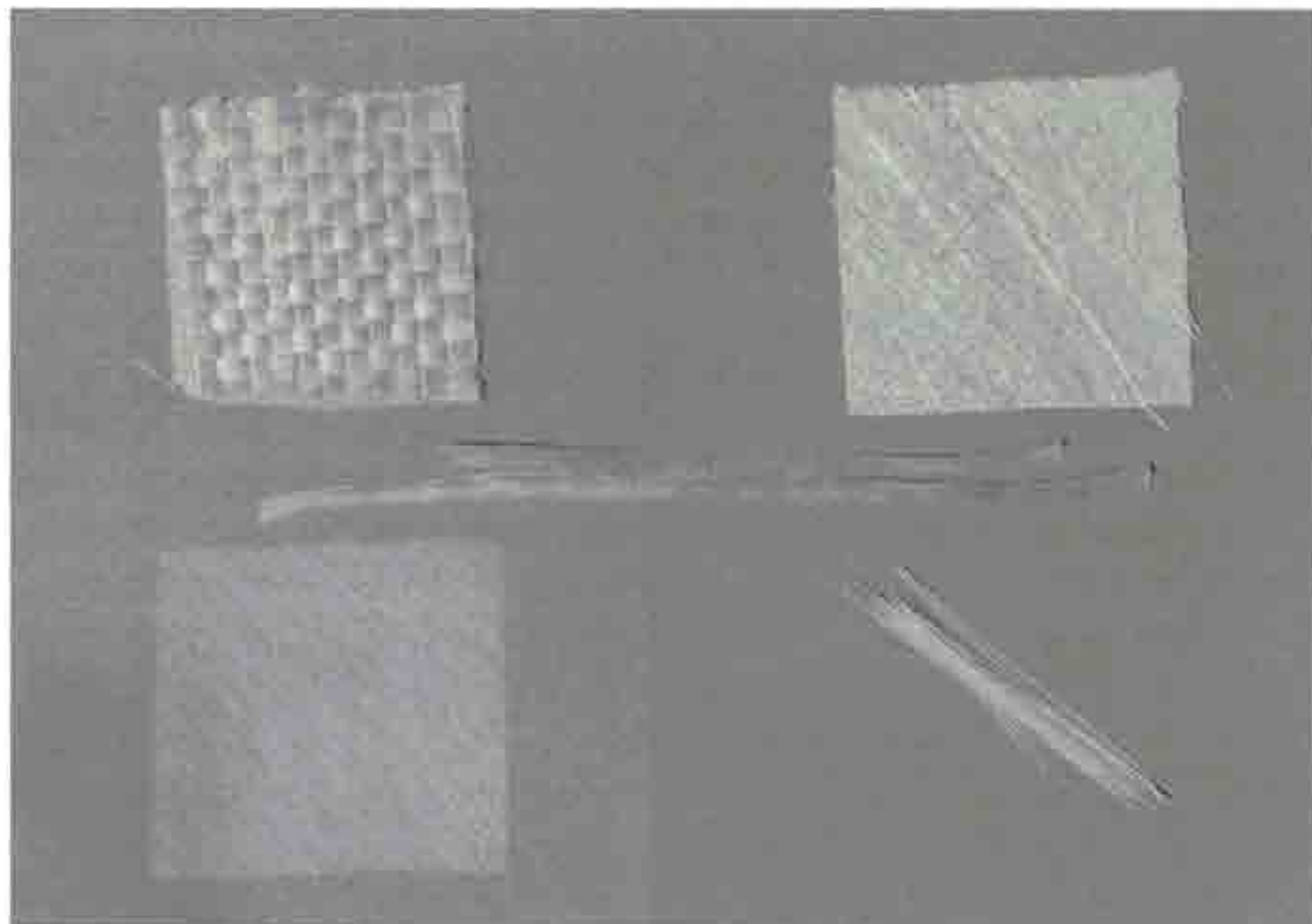
Uno de los sectores de aplicación de las FMA, especialmente, de la fibra de vidrio de filamento continuo, es, sin duda, el de la fabricación de plásticos reforzados, en creciente expansión a partir de la década de los años sesenta. Estos materiales se caracterizan por su ligereza, resistencia química, facilidad de conformación, bajo costo de fabricación y relación resistencia-peso muy alta (incluso superior a la del acero), lo que justifica su extendido uso en aplicaciones diversas, tales como aeronáutica, náutica, automóvil, transporte, muebles, conducciones, sanitarios, artículos deportivos, etc.

Estos materiales se caracterizan por su ligereza, resistencia química, facilidad de conformación, bajo costo de fabricación y relación resistencia-peso muy alta.

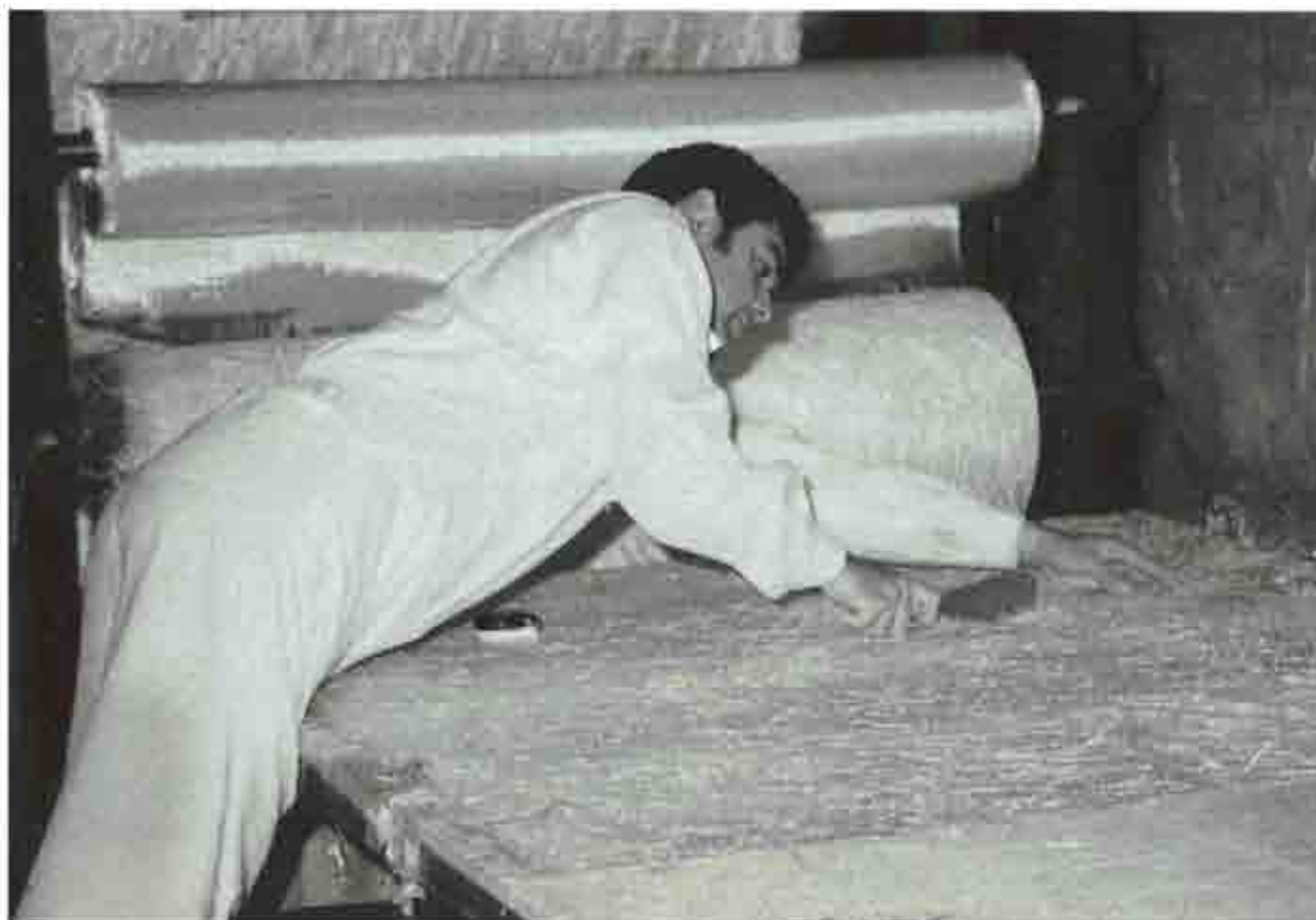
Materias primas. Caracterización

El concepto de plástico reforzado se extiende a un tipo de materiales constituidos básicamente por una resina plástica (polímero), que actúa como aglomerante y elemento de compresión, y un material fibroso, principalmente fibra de vidrio de filamento continuo, que constituye el elemento que confiere resistencia a la tracción. La combinación de ambos componentes aportan al producto final especiales propiedades mecánicas.

Las resinas más comúnmente empleadas son de tipo termoestable, constituidas por cadenas de poliéster y formadas por reacción de un ácido orgánico dicarboxílico (maleico, fumárico, etc.) con un poliol (etilenglicol, propilenglicol, aceite de castor, etc.). La reacción de polimerización (poliesterificación) consiguiente suele tener lugar en presencia de un catalizador (peróxido) a temperatura ambiente, transformándose la mezcla líquida inicial de aspecto viscoso en un material sólido en unas horas. La presencia de ciertos compuestos orgánicos



Diferentes disposiciones de la fibra en los materiales de refuerzo.



Corte manual de tejidos del material fibroso.

Insaturados polimerizables (estireno, acrilonitrilo, venil-tolueno...) y otros ácidos orgánicos (benzoico, adípico, esteárico...) aumentan la flexibilidad y el grado de entrecruzamiento en la estructura interna del polímero. La incorporación de aditivos especiales permite dotar al material de las características necesarias para ciertas aplicaciones específicas: resistencia al fuego, al calor, a los agentes químicos, a la radiación ultravioleta, etc. Otros aditivos más generales pueden ser cargas (mica, sílice, carbonato cálcico...), pigmentos metálicos, colorantes, y aceleradores o inhibidores de la acción del catalizador (por ejemplo, dimetil-anilina o hidroquinona, respectivamente).

La fibra de vidrio de filamento continuo, utilizada como material de refuerzo, se presenta en la forma de tres materiales, según el ordenamiento de la fibra: disposición unidireccional de haces de fibras (bobinas), disposición bidireccional en entramado (tejidos) y disposición multidireccional (telas no tejidas: velos, fieltros o mantas). Los diámetros de fibra suelen variar entre 10 y 25 µm.

La toxicidad asociada a la inhalación de fibras parece depender de varios factores: biopersistencia o durabilidad, dimensiones (longitud y diámetro) y características físico-químicas.

El tipo de material fibroso a emplear, así como la proporción y disposición del mismo en el plástico, dependerá del grado de refuerzo, cualidades mecánicas y características necesarias del producto final. Es frecuente el uso combinado de distintos materiales de fibra en la elaboración de una misma pieza. Las fibras suelen estar tratadas superficialmente con productos que mejoran su adherencia a la resina.

Proceso productivo

La producción de elementos de plástico reforzado se caracteriza por ser un proceso poco mecanizado o casi artesanal, en el que pueden distinguirse las siguientes fases:

a) Fabricación y preparación del molde

En general, los moldes son abiertos y de una pieza (macho o hembra), aunque también pueden emplearse



Aplicación manual sobre el molde del tejido y resina.

moldes cerrados de dos piezas (macho y hembra, con moldeo por acoplamiento de ambas). Puede utilizarse casi cualquier tipo de material para los moldes, aunque los más comúnmente empleados son chapa metálica, madera, yeso o el propio plástico reforzado. El tratamiento del molde con un desencofrante (ceras, siliconas, etc.) facilitará la posterior separación de la pieza.

b) Elaboración de la pieza de plástico reforzado

Las piezas se preparan aplicando sobre el molde la resina líquida junto con el material de fibra de refuerzo. Transcurrido el tiempo necesario para que se complete, a temperatura ambiente, la polimerización y solidificación de la resina (proceso que se denomina curado, y que suele durar varias horas), se puede separar la pieza del molde.

Los procedimientos de elaboración más usuales son:

- Elaboración manual mediante disposición alternada de resina y ma-

En todos los puestos de trabajo estudiados se ha considerado el mismo grupo de contaminantes (materia particulada, fibras y vapores orgánicos).

terial fibroso (procedimiento más utilizado).

- Elaboración mecanizada mediante rotación del molde (grandes depósitos).

- Elaboración mediante proyección conjunta de fibra de vidrio y resina.

Cuando se utilizan tejidos o fieltros, éstos deben ser cortados previamente a los tamaños deseados.

Tanto en el moldeo por rotación como por proyección, el aporte de la fibra se hace mecánicamente desde unas bobinas de fibras dispuestas en forma de cordón o mecha. En el primer caso, la fibra se impregna de resina mediante inmersión en un baño previo a su disposición sobre el molde; en el segundo caso, la bobina de fibra alimenta una pistola neumática dotada de un mecanismo de corte secuencial desde la que se proyectan, conjuntamente, los fragmentos de fibra y resina.

En todos los casos, la disposición de los componentes sobre el molde va acompañada de presión manual sobre la pieza mediante rodillo o regla, con el fin de mejorar el contacto entre los materiales y favorecer la expulsión de posibles burbujas de aire.

El acabado superficial de la pieza (pintura o resina) se aplica como primera capa sobre el molde.

Las piezas curadas pueden ser sometidas a operaciones mecánicas (corte, lijado, taladrado, etc.) para eliminar material sobrante o permitir su ensamblado con otros elementos.

Aspectos toxicológicos

La fabricación de piezas de plástico reforzado puede representar ciertos riesgos para la salud, debido al contacto con los materiales o por inhalación de los contaminantes generados en el proceso productivo.

Los efectos derivados de la exposición por contacto pueden ser: irritación cutánea y ocular, dermatitis y, en algunos casos, sensibilización de tipo alérgico. Estas afecciones suelen ser de carácter leve, pudiendo darse un efecto sinérgico entre los distintos productos presentes.

Sin lugar a dudas, el riesgo más significativo de intoxicación en el ambiente laboral corresponde a la inhalación de posibles contaminantes

Las concentraciones promedio de vapores orgánicos se mantienen por debajo de los actuales criterios preventivos.

(materia particulada y vapores orgánicos), y a ello nos referimos a continuación.

Materia particulada

La manipulación de los materiales fibrosos —y las operaciones de corte o lijado de los productos fabricados— originan el desprendimiento de materia particulada en el ambiente de trabajo.

De acuerdo con los criterios actualmente admitidos, las partículas con diámetro inferior a $5\ \mu\text{m}$ se consideran respirables (pueden alcanzar los alveolos), y las que tienen una relación longitud/diámetro $\geq 3:1$ se clasifican como fibras.

Las fibras con diámetro $\leq 3\ \mu\text{m}$ pueden ser respirables, y de éstas, las microfibras (diámetro $< 1\ \mu\text{m}$) son las que tienen más posibilidades de alcanzar la región alveolar. El aumento de longitud de la fibra reduce su capacidad de penetración con el sistema respiratorio, pudiendo hacerla no respirable en la práctica.



Aplicación simultánea de fibra de vidrio y resina por proyección.

La exposición a materia particulada no respirable en estas actividades puede dar lugar a irritación del tracto respiratorio superior, piel y mucosas; de carácter reversible, similar a lo observado en inhalación de polvo inerte.

La toxicidad asociada a la inhalación de fibras parece depender de varios factores: biopersistencia o durabilidad, dimensiones (longitud y diámetro) y características físico-químicas.

La biopersistencia o durabilidad de la fibra en el tejido pulmonar depende de la capacidad de disolución o eliminación del organismo. Estos mecanismos de defensa están relacionados con las características físico-químicas de la fibra, las propiedades químicas del medio —especialmente el pH—, la acción de la mucosa ciliar, la presencia de macrófagos y el transporte por los canales linfáticos. Debido a estos mecanismos, la mayoría de las fibras inhaladas no llegan a alcanzar las zonas más profundas del pulmón, siendo eliminadas en horas o días. La biopersistencia parece ser uno de los factores a considerar para explicar la diferente toxicidad observada

entre las fibras minerales artificiales y las naturales (amianto). Así, mientras las fibras de amianto son casi inalterables en medio fisiológico, las minerales pueden encontrarse en un avanzado estado de disolución al cabo de varios meses.

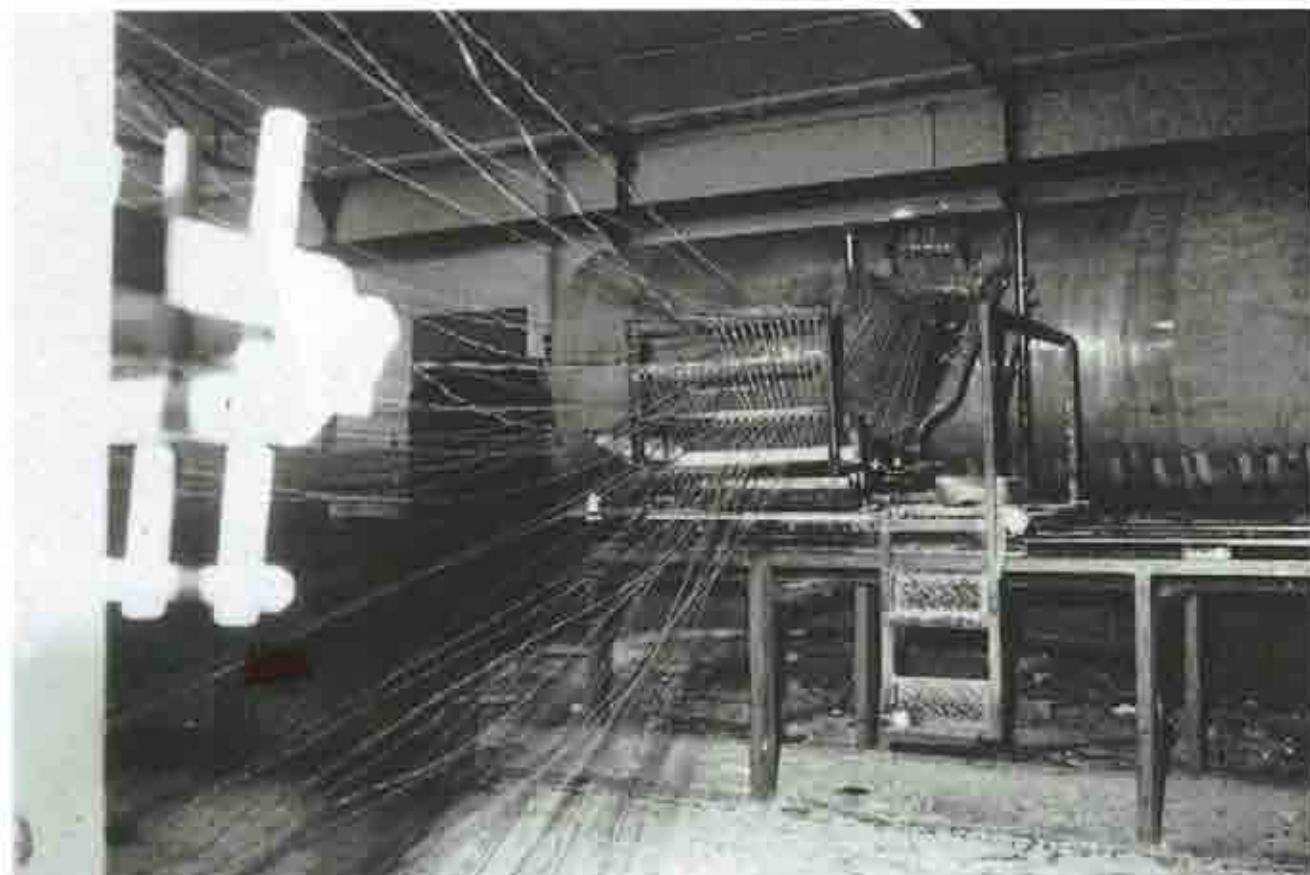
Dentro de los riesgos para la salud atribuibles a las FMA, su posible carácter cancerígeno ha sido motivo de gran controversia en los últimos años. En ensayos con animales de laboratorio sometidos a inyección e implantación de FMA en tráquea, pleura y peritoneo, se ha observado el desarrollo de enfermedades tales como fibrosis pulmonar, cáncer de pulmón y mesotelioma, aunque estos resultados no se han reproducido en los ensayos con exposición a fibras por inhalación, incluso a concentraciones muy superiores a las habituales en ambientes de trabajo.

Se han realizado numerosos estudios epidemiológicos entre trabajadores expuestos a FMA. En los mismos se ha observado un ligero aumento de cáncer de pulmón respecto a los índices de población no expuesta, si bien la validez de los resultados descritos ha sido puesta en entredicho

por varios autores, argumentando, entre otras razones, la no consideración de factores de riesgo concurrentes (exposición anterior o simultánea a amianto u otros contaminantes químicos supuestamente cancerígenos, así como hábitos de fumar) niveles de exposición a FMA y frecuencia asociada de patologías suficientemente dispares como para justificar una relación causa-efecto, o la representatividad de la muestra. Aunque la información existente respecto a las condiciones higiénicas en la manipulación del FMA se limita a las últimas décadas y puede ser incompleta, sobre todo respecto al periodo inicial de uso de estos materiales, los datos disponibles sugieren que la exposición a las mismas no parece que esté relacionada con un aumento significativo de riesgo de muerte por cáncer de pulmón u otras enfermedades menos graves.

Vapores orgánicos:

La fracción volátil de los componentes orgánicos presentes en las resinas y pinturas, así como el empleo



Aplicación simultánea mecanizada de fibra de vidrio y resina sobre molde rotatorio.

de disolventes (principalmente acetona), originan contaminación por vapores orgánicos, con el consiguiente riesgo de intoxicación por inhalación.

Entre los productos más volátiles, que son los que, en principio, presentarán una mayor incidencia en este sentido, destacan el estireno y la acetona. Los efectos tóxicos debidos al estireno pueden traducirse en una acción depresiva sobre el sistema nervioso central y periférico (cefaleas, astenia, somnolencia, pérdida de memoria, dificultad de coordinación), trastornos digestivos (náuseas, pérdida de apetito), irritación de las vías respiratorias (aumento de la frecuencia de bronquitis crónicas) y afectación de la capacidad visual para la distinción de colores. Los estudios epidemiológicos realizados sobre el posible riesgo de cáncer (linfático, hematopoyético o del apa-

rato respiratorio) derivado de la exposición a este producto parecen descartar la existencia de una relación causa-efecto en este sentido, resaltándose, para los casos diagnosticados, la posible incidencia de la exposición simultánea o anterior a productos como benceno o butadieno, sospechosos de ser cancerígenos.

Los síntomas descritos para intoxicaciones por inhalación con acetona son: salivación, confusión mental, tos, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, dolor de garganta y pérdida del conocimiento.

OBJETIVOS

Estudios realizados sobre exposición laboral a FMA, en actividades relacionadas con la manipulación de

lanas de vidrio y roca (plantas de producción, aislamiento de viviendas y aislamiento de conductos), han puesto de manifiesto la existencia de concentraciones significativas de fibras en aire (0,01-0,37 f/ml para lana de roca, y 0,01-0,45 f/ml para lana de vidrio). Cuando se utilizan FMA de filamento continuo (plantas de producción o manufactura de plásticos reforzados) parece ser que no se desprenden fibras respirables o, en caso, contrario, sus concentraciones ambientales son muy bajas (los valores encontrados para plantas de producción varían entre 0,10-0,02 f/ml; no disponemos de datos para manufactura de plásticos reforzados).

La escasa o nula generación de fibras respirables, en operaciones con FMA de filamento continuo, está de acuerdo con la asignación, para este

Operación (n.º empresas muestreadas)	(a)	Mat. Part.	Vapores orgánicos (b)			Fibras
			Acet.	Tol.	Estr.	
Corte de tejidos de fibra de vidrio (3)	N.º m.	(4)	(4)			(7)
	C. máx.	1,7	41	1	109	(c)
	C. mín.	0,1	-	-	3	N. D.
	C. med.	0,8	14	0	66	
Pintura a pistola sobre moldes (1)	N.º m.	(1)	(1)			(1)
	C. máx.	8,1	114	-	93	
	C. mín.	8,1	114	-	93	N. D.
	C. med.	8,1	114	-	93	
Fabricación mecanizada de grandes depósitos con rotación del molde (1)	N.º m.	(2)	(2)			(3)
	C. máx.	1,9	204	2	157	
	C. mín.	1,1	34	-	155	N. D.
	C. med.	1,5	122	1	156	
Reforzado de tubos de plástico (1)	N.º m.	(2)	(2)			(4)
	C. máx.	1,4	25	1	19	
	C. mín.	0,6	-	1	1	N. D.
	C. med.	1,0	13	1	10	
Proyección de fibra de vidrio y resina sobre moldes (1)	N.º m.	(2)	(4)			(4)
	C. máx.	2,6	-	-	266	
	C. mín.	1,2	-	-	-	N. D.
	C. med.	1,9	-	-	182	
Corte y desbarbado en piezas de plástico reforzado (3)	N.º m.	(8)	(6)			(10)
	C. máx.	52,3	62	1,4	54	
	C. mín.	2,2	-	-	3	N. D.
	C. med.	7,9	31	0	29	
Fabricación manual estándar de recipientes diversos (8)	N.º m.	(21)	(26)			(26)
	C. máx.	2,8	150	5	562	
	C. mín.	0,1	-	-	5	N. D.
	C. med.	1,0	31	2	165	

a N.º m. = n.º de muestras tomadas para cada tipo de contaminante, entre paréntesis. C. máx. = concentración máxima, C. mín. = concentración mínima.

C. med. = concentración media ponderada respecto al tiempo de muestreo.

b Acet. = acetona, Tol. = tolueno, Estr. = estireno.

c N. D. = no detectadas.



Tratamiento por abrasión de la superficie de contacto previo al ensamblado de piezas.

tipo de materiales, de una fragmentación sin dirección preferente, originando partículas no clasificables como fibras, en tanto que en el caso de las fibras naturales (amianto) la fragmentación ocurre mayoritariamente en sentido longitudinal, produciéndose nuevas fibras de menor diámetro. En otras palabras, mientras la fragmentación del amianto multiplica el

número de fibras, en el caso de las FMA esto sería algo excepcional.

Al no haberse encontrado antecedentes sobre niveles de exposición a fibra de vidrio en la industria de los plásticos reforzados, el presente estudio pretende obtener datos reales de este sector, en el ámbito de la provincia de Sevilla, llevando a cabo un estudio comparativo de los

La biopersistencia parece ser uno de los factores a considerar para explicar la diferente toxicidad observada entre las fibras minerales artificiales y las naturales (amianto).

Contaminantes	RAMINP	ACGIH
Materia particulada (polvo inerte)	16,6 (aprox.)	10
Fibra de vidrio (polvo)	—	10
Acetona	2.400	1.780
Tolueno	750	188
Estireno (*)	425	213

(*) Propuesta de modificación del TLV-TWA a 85 mg/m³, Valor TLV-STEL (Threshold Limit Value -Short- Term Exposure Limit): 426 mg/m³, concentración ponderada para un periodo de quince minutos, que no debe superarse durante la jornada, aunque no se sobrepase el valor TLV-TWA. Las exposiciones a concentraciones entre el TLV-TWA y el TLV-STEL no deben prolongarse más de quince minutos, y no deben ocurrir más de cuatro veces al día.

resultados que se obtengan mediante los dos métodos aplicables a la evaluación de la exposición a materia particulada conteniendo este tipo de fibras (gravimetría o microscopía).

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra de estudio

En el sector industrial de los plásticos reforzados, en la provincia de Sevilla, se han contabilizado 28 empresas, con una población laboral expuesta en torno a 200 trabajadores, de las que se ha seleccionado una muestra de 8 en base a los siguientes criterios: diversidad en los sistemas de fabricación (procesos, materias primas, condiciones de trabajo), variedad del producto terminado y distribución geográfica.

Los sistemas de fabricación contemplados en este estudio se han descrito anteriormente en el apartado dedicado al «Proceso productivo».

En cuanto a productos terminados en estas empresas, pueden citarse: recipientes de diversa capacidad (cis-

En ensayos con animales de laboratorio sometidos a inyección e implantación de FMA en tráquea, pleura y peritoneo, se ha observado el desarrollo de enfermedades tales como fibrosis pulmonar, cáncer de pulmón y mesotelioma, aunque estos resultados no se han reproducido en los ensayos con exposición a fibras por inhalación.

ternas para camiones de gran tonelaje, fermentadores de aceituna, cisternas de tipo medio para agricultura, depósitos domésticos sanitarios (bañeras, bañeras de hidromasaje, lavabos y platos de ducha), remolques para automóviles, tuberías especialmente reforzadas para la industria química y carcasas para aire acondicionado de autobuses.

Las empresas de la muestra se distribuyen geográficamente entre el área metropolitana de Sevilla y la zona limítrofe con las provincias de Córdoba y Málaga.

La dimensión de las empresas, según el número de operarios expuestos, osciló de 4 a 10, con la excepción de una de ellas, con 28 operarios.

Operaciones contaminantes

La mayoría de las operaciones realizadas en este tipo de industria presentan un notable potencial de contaminación del ambiente de trabajo, dada la naturaleza de las materias primas y lo rudimentario de los procesos de fabricación, que suelen condicio-



Muestra de productos terminados.

nar una gran proximidad del trabajador al foco emisor. El presente estudio se ciente a los riesgos higiénicos derivados de la exposición por inhalación de contaminantes químicos.

Además de los diferentes métodos de fabricación, ya indicados anteriormente, se han considerado algunas operaciones previas, como el corte manual de tejidos y matas de fibra, y la aplicación de pintura a pistola sobre molde. Igualmente se han tenido en cuenta, entre las operaciones posteriores, el corte y desbarbado de los productos fabricados.

En todos los puestos de trabajo estudiados se ha considerado el mismo grupo de contaminantes (materia particulada, fibras y vapores orgánicos), tanto si se generan en el propio puesto o en otros adyacentes.

Toma de muestras

Las muestras tomadas fueron siempre de tipo personal. Los métodos de muestreo y los elementos de captación de los distintos contaminantes son los indicados a continuación.

La toma de muestras de materia particulada, para polvo total, se ha realizado aspirando un volumen de aire del orden de 100 l a través de un filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 37 mm de diámetro y 5 µm de tamaño de poro, sustentado sobre un soporte de celulosa, y alojados ambos en un portafiltro de doble cuerpo. El aire es impulsado mediante una bomba, calibrada a un caudal de 1,5 l/min. Se tomaron un total de 40 muestras.

En el muestreo de fibras se aspiraron volúmenes de aire entre 15 y 100 l, a través de un filtro reticulado de membrana de ésteres de celulosa de 1,2 µm de tamaño de poro y 25 mm de diámetro, colocado sobre un soporte de celulosa. En el portafiltros, de tres cuerpos y 25 mm de diámetro, se sustituyó, durante la toma de muestras, el tercer cuerpo por un protector cilíndrico.

La bomba conectada al equipo se calibró para un caudal de 1 l/min. El número total de muestras tomadas fue de 55.

Los vapores orgánicos fueron captados mediante tubo de 6 x 70 mm, con carga de carbón activo en dos fases de 100 y 50 mg. La bomba de aspiración se calibró a 0,2 l/min. El volumen de aire muestreado fue del or-

den de 12 l. Se tomaron un total de 45 muestras.

Técnicas analíticas

Análisis del material fibroso

Los análisis de las materias primas utilizadas como material fibroso de refuerzo han sido realizados mediante la técnica de microscopía óptica, con objetivo de dispersión y luz polarizada, que permite obtener una buena información acerca de las características físicas de las fibras (cristalinidad, índice de refracción, geometría, dimensiones, etc.).

Análisis de la materia particulada

a) *Método gravimétrico.* La concentración de materia particulada en el aire se ha determinado mediante la técnica gravimétrica de doble pesada a partir de las muestras tomadas en filtros de membrana fabricados con PVC.

b) *Método microscópico.* Paralelamente a las anteriores, se han tomado muestras de aire para la determinación de la concentración ambiental de fibras mediante el método de contraste por microscopía óptica de contraste de fases (método propuesto por la Organización Mundial de la Salud).

Mientras la fragmentación del amianto multiplica el número de fibras, en el caso de la FMA esto sería algo excepcional.

Análisis de vapores orgánicos

La técnica analítica utilizada para la determinación de vapores orgánicos fue la de cromatografía de gases, con desorción previa de la muestra mediante sulfuro de carbono.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los materiales de refuerzo

Del análisis microscópico de los diferentes materiales fibrosos utilizados en el reforzamiento de los plásticos se desprende que el tipo de fibra empleado en las distintas operaciones corresponde a fibras cilíndricas de gran longitud, ópticamente isotrópicas, con un índice de refracción de 1,55 y diámetros (muy uniformes) que oscilan entre 10 y 15 µm.

Análisis de las muestras personales

Al realizar los análisis de las muestras personales tomadas de materia particulada y vapores orgánicos se encontraron los resultados que se indican en el cuadro siguiente, clasificados según las distintas operaciones estudiadas.

Valores de referencia

En el cuadro siguiente se indican, para los contaminantes analizados, los valores admitidos como criterio preventivo por la normativa vigente (Decreto 2.414/61, Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, RAMINP) y por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) para 1996, expresados como concentraciones en aire mg/m³.

Los valores establecidos en el RAMINP se refieren a concentraciones máximas permitidas en el ambiente de trabajo, y los indicados para la ACGIH, a concentraciones ponderadas en el tiempo, para una jornada laboral de ocho horas diarias y cuarenta semanales (Threshold Limit Value-Time Weighted Average, TLV-TWA).

Discusión de los resultados

Uno de los objetivos del presente trabajo era el de comparar los resultados obtenidos, en la determinación

de la materia particulada, con la aplicación de los dos métodos con que la normativa internacional cuenta para tal fin: método gravimétrico y método microscópico.

Del análisis de las muestras tomadas se deduce que, si bien la técnica gravimétrica indica valores apreciables de polvo en aire, lo que podría hacer pensar que, dada la naturaleza fibrosa de los materiales de partida, existiría una estimable exposición a fibras, el examen microscópico es concluyente: en el polvo desprendido en las diferentes operaciones industriales no existen fibras. Esto parece pensar que, o bien en los procesos no se generan partículas con las características correspondientes a las fibras, como consecuencia de la fragmentación no preferente en estos materiales (apartado dedicado a «Objetivos»), o, si se producen, sus características físicas propician un rápido proceso de sedimentación y no llegan a ser captadas.

En ninguno de los centros estudiados se disponía de sistema de aspiración localizada de aire; no obstante, la emisión de materia particulada no parece alcanzar niveles preocupantes, a no ser en operaciones de corte y desbarbado de piezas ya polimerizadas, en las que se pueden observar altas concentraciones de polvo de carácter puntual.

Las concentraciones promedio de vapores orgánicos se mantienen por debajo de los actuales criterios preventivos, si bien la adopción de la modificación prevista para el estireno por la ACGIH supondrá, para la mayoría de las operaciones evaluadas, pasar a la situación contraria. En cualquier caso, se ha podido observar que, tanto en el procedimiento más usual de fabricación (disposición manual alternada de capas de material de refuerzo y resina) como en el moldeo por proyección, se alcanzan ocasionalmente concentraciones importantes de estireno que pueden superar incluso el valor TLV-STEL.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente:

a) Las operaciones implicadas en la fabricación de plásticos reforzados no originan desprendimiento de fibras respirables de vidrio al ambiente de trabajo, por lo que el riesgo presumible de exposición por inhalación a es-

Las operaciones implicadas en la fabricación de plásticos reforzados no originan desprendimiento de fibras respirables de vidrio al ambiente de trabajo.

te contaminante resulta ser irrelevante en este sector industrial.

b) Los niveles de contaminación por materia particulada se mantienen en valores discretos, salvo cuando se realizan operaciones de corte y desbarbado en el producto final, que pueden dar lugar a exposiciones puntuales muy agresivas, por lo que sería recomendable la adopción de las medidas preventivas (captación del contaminante en origen o protección personal) que se consideren más adecuadas en cada caso.

c) La manipulación de la resina puede dar lugar a exposiciones de duración variable a altas concentraciones de estireno, que requerirían la utilización de algún sistema de protección, aunque los niveles de exposición previsibles para el cómputo de la jornada puedan considerarse aceptables con respecto a los actuales valores de referencia. La posible reducción de los valores TLV para esta sustancia podría significar la conveniencia de modificar las condiciones de trabajo hasta ahora habituales.

BIBLIOGRAFÍA

1. MCGARRY, F. J.: «Laminated and reinforced plastics». *Encyclopedia of Chemical Technology*. Ed. John Wiley and Sons, 3.ª edición, 13, 1968-978, 1981.
2. LIM, J. et al.: «Fiber glass reinforced plastics. Associated occupational health problems». *Arch. Environ. Health*, 20, 540-544, 1970.

3. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT): *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 2, 1.047-1.052, 1989.
4. BROWN, R. C. et al.: «Classification of MMMF». *Ann. Occup. Hyg.*, 39 (2), 135-140, 1995.
5. BIGNON, J. et al.: «Assessment of the toxicity of man-made fibres». *Ann. Occup. Hyg.*, 39 (1), 89-106, 1995.
6. ANTONSSON, A. and RUNMARK, S.: «Airborne fibrous glass and dust originating from worked reinforced plastics». *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 48 (8), 684-687, 1987.
7. ASOCIACIÓN DE EMPRESAS FABRICANTES DE LANAS MINERALES AISLANTES (AFEL-MA): «Lanas minerales y salud». *Salud y Trabajo*, 105, 38-45, 1994.
8. DEMENT, J. M.: «Environmental aspects of fibrous glass production and utilization». *Environmental Research* (New York, USA), 9 (3), 295-312, 1995.
9. PLATO, N. et al.: «Characterization of current exposure to man-made vitreous fibres (MMVF) in the prefabricated house industry in Sweden». *Ann. Occup. Hyg.*, 39 (2), 167-179, 1995.
10. JACOB, T. R. et al.: «Airborne glass fiber concentrations during manufacturing operation involving glass wool insulation». *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 54 (6), 320-326, 1993.
11. SHIELDS, P. G. et al.: «Confined space hazards: combined exposure to styrene, fiberglass and silica». *J. Occup. Environ. Med.*, 37 (2), 185-188, 1995.
12. GROSS, P.: «Man-Made vitreous fibers: and overview of studies on their biologic effects». *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 47 (11), 712-723, 1986.
13. MARQUELLO, D. y cols.: «Exposición laboral a estireno en la fabricación de plásticos reforzados con fibra de vidrio». *Salud y Trabajo*, 109, 19-24, 1995.
14. CHIA, S. E. et al.: «Impairment of color vision among workers exposed to low concentrations of styrene». *Am. J. Ind. Med.*, 26 (4), 481-488, 1994.
15. COGGON, D.: «Epidemiological studies of styrene-exposed populations». *Critical Reviews in Toxicology*, 24, (Suppl.), S107-S115, 1994.
16. WONG, O. et al.: «An update cohort mortality study of workers exposed to styrene in the reinforced plastics and composites industry». *Occup. Environ. Med.*, 51 (6), 386-396, 1994.
17. WONG, O. et al.: «A cohort mortality study and a case-control study of workers potentially exposed to styrene in the reinforced plastics and composites industry». *British J. Ind. Med.*, 47 (11), 753-762, 1990.
18. COGGON, D. et al.: «Mortality of workers exposed to styrene in the manufacture of glass-reinforced plastics». *Scand. J. Work, Environ. Health*, 13 (2), 94-99, 1987.
19. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*, 1995-1996.