



Optimización de la composición química de un material respecto a la generación de gases tóxicos y opacidad de humos durante su degradación térmica en función de los requerimientos establecidos en la norma AFNOR NF 16-101

Rodríguez, Carlos Roberto⁽¹⁾; Garro Justina⁽¹⁾; Goldman, Rafael.⁽²⁾

⁽¹⁾INTI-Ingeniería Ambiental

⁽²⁾Mentvil Argentina

Introducción

Dentro de las principales causas de muertes en un incendio se encuentran:

- 1) La exposición a los gases tóxicos generada por la degradación térmica de los materiales,
- 2) La exposición a niveles de oxígeno muy por debajo del necesario para sostener la vida,
- 3) La incapacidad física o mental para lograr el escape.

Estos ítems pertenecen a investigaciones dentro del campo de la toxicología de los gases producidos por la combustión de materiales.

La composición de los gases tóxicos relacionados con un siniestro dependen:

- a) de los materiales involucrados. Para el caso estudiado se trata de un producto polimérico
 - a.1) Su composición química, estructura molecular y formulación polimérica.
 - a.2) La inclusión de una variedad de aditivos: plastificantes, estabilizantes, retardantes de llama, agentes ligantes, cargas; y
- b) de las condiciones térmicas de degradación (escenario de incendio). La temperatura alcanzada, disponibilidad de oxígeno y ventilación del lugar.

Se conoce como Potencial Tóxico de los gases y partículas generados en un incendio; a la expresión cuantitativa que relaciona la concentración de los contaminantes y el tiempo de exposición con un grado particular de respuesta fisiológica adversa (efecto sobre el hombre). Corrientemente en incendios se adopta la muerte ó la incapacidad de escape.

En siniestros desarrollados en espacios confinados (interiores de aeronaves, vagones de tren, barcos) con escenario de fuego probable

tipo "preflashover" y vías de escape condicionadas a cada hecho en particular, el potencial tóxico de los materiales que integran el sector toma una relevancia importante en la evaluación del riesgo de incendio asociado a cada caso.

En este contexto se han desarrollado normas que califican y comparan materiales mediante un ensayo de degradación térmica de una matriz representativa expuesta a determinadas condiciones por medio de dispositivos predeterminados.

El análisis químico de los gases y humos generados asociado al empleo de modelos matemáticos conocidos como de "aditividad", que tratan de valorar ponderadamente la exposición a la simultaneidad de los principales gases originados en la combustión del material y su toxicidad individual; son utilizados para calcular el índice de toxicidad del material.

Otra forma que emplean algunas normas es una comparación directa de las concentraciones de gases de combustión determinadas con máximos admisibles para cada contaminante. Podemos citar como ensayos característicos a los contemplados en las normas: AFNOR NF 16-101, IEC 20-37/7, BSS 7239.

En la actualidad estas herramientas están en vigencia y se aplican principalmente en países europeos para los escenarios antes mencionados.

INTI – Ingeniería Ambiental a puesto a punto, en una primera etapa, la Norma francesa AFNOR NF 16-101 de aplicación específica para los materiales no metálicos que pueden formar parte de un ferrocarril.

Metodología

El desarrollo consistió en variar el tipo y la cantidad de aditivos que forman parte de un material a base de espuma de poliuretanos utilizado comercialmente como aislante acústico, con el fin de lograr su mejor calificación respecto

al cálculo del índice de humo dentro de las clases F0 a F5 de acuerdo a lo establecido por la Norma AFNOR NF 16-101.

La fabricación de las distintas matrices de estudio estuvo a cargo de la firma Mentvil Argentina, con reconocida trayectoria en el rubro. Los cambios en la composición entre ensayos fueron analizados y acordados conjuntamente con la empresa.

Los equipos y ensayos involucrados en este estudio se indican en las *tablas N° 1 y 2*

Tabla N° 1

NORMA DE REFERENCIA	DISPOSITIVO PARA ENSAYO DE LA MUESTRA	CONTAMINANTE A CUANTIFICAR
AFNOR NF X 10- 702	Cámara de humo	Material particulado
AFNOR NF X 70- 100	Horno de Tubo	Monóxido de carbono
		Dióxido de carbono
		Dióxido de azufre
		Oxidos de nitrógeno
		Cianuro de hidrógeno
		Cloruro de hidrógeno
		Bromuro de hidrógeno
Fluoruro de hidrógeno		

Tabla N° 2

TÉCNICA DE	
COLECCIÓN DEL CONTAMINANTE	CUANTIFICACIÓN DEL CONTAMINANTE
Retención en cámara	Densidad óptica de humos
Analizador de gases de combustión Testo 360	Sensor electroquímico
	Espectrofotometría Infrarroja no dispersiva
	Sensor electroquímico
	Sensor electroquímico
Burbujeo en solución alcalina	Colorimetría según Standard Method 18ª edición
Burbujeo en agua destilada	Potenciometría de ión selectivo utilizando electrodos de membrana selectivas a cada anión
Burbujeo en agua destilada	

El horno de tubo, mediante un sistema de calefacción eléctrica, permite la obtención de temperaturas estables con control digital de hasta 1.000 °C dentro de un tubo de cuarzo de 1 metro de longitud y 4 centímetros de diámetro interior alojado en el mismo.

En su centro se coloca una navecilla de porcelana con la muestra a ser ensayada. La longitud de la zona isotérmica dentro del tubo, la temperatura del ensayo y la velocidad de circulación de aire por el mismo durante la

combustión de la muestra son variables críticas de ensayo.

Tanto la navecilla como el material son previamente acondicionados. La masa de muestra es, en la mayoría de los casos de 1 gramo, y su tamaño no debe superar el de la navecilla.

La mezcla aire-gases de combustión es arrastrada por una bomba de aspiración con dispositivo para ajustes de caudal. Un rotámetro, previo a ésta, controla la estabilidad del flujo. El volumen total circulado queda indicado en un contador integrador.

Los gases aspirados pasan primero por una caja calefaccionada a más de 110 °C que contiene un ciclón y un filtro para retener el material particulado producto de la combustión, no permitiendo que este interfiera en la cuantificación de los gases.

El resto de los contaminantes estudiados se colectan por burbujeo en soluciones absorbentes por medio de frascos lavadores ó en bolsas especiales para estos fines.

Las técnicas de análisis para efectuar las valoraciones son las indicados en la *tabla N° 2*.

Con los resultados de las determinaciones analíticas y de acuerdo a lo propuesto por la norma se calcula:

- El índice convencional de toxicidad, CIT, mediante el modelo de aditividad,
- El parámetro VOS4 promedio, asociado a cuantificaciones de la densidad óptica de humos a distintos tiempos, de acuerdo a la Norma AFNOR NF X 10-702, y
- El índice de humo SI

Por medio de este último se califica al material entre las categorías F0 a F5 de acuerdo a una tabla de referencia en función del valor obtenido de SI.

Resultados

Las espumas de poliuretano para poder ser comercializadas deben cumplir obligatoriamente ensayos de retardo de llama. Dentro de este campo la norma más exigente es la BS 5852 Crib 5 exigida en Inglaterra. Localmente la norma referente es la California 117.

Variando y/o reemplazando en el material base los contenidos de Cloro, Bromo, Fósforo, melamina y represores de humo que como agentes aditivos lo integran, con el fin de dotarlo de elementos que le permitan transitar satisfactoriamente los ensayos de fuego relacionados con el retardo de llama, y con el agregado de cobre para disminuir la generación de óxidos de nitrógeno; se llegó progresivamente a una formulación que optimizó su comportamiento en relación a la generación de gases tóxicos, de acuerdo a su calificación respecto al índice de humo definido en la Norma AFNOR 16-101.

El contenido de aditivos en las matrices ensayadas responde a indicado en la *tabla N° 3*.

Tabla N° 3

Matriz	Aditivos					
	Cl	Br	P	Melamina	Cu	Sup humos
1		x	x	X		
2		x	x	X	x	
3	x		x		x	
4	x		x		x	x
5⁽¹⁾		x	x		x	x

Referencias tabla N° 3

Sup. humos: supresores de humo

⁽¹⁾ En período de ensayo – finalización prevista septiembre de 2007

Los resultados obtenidos en relación a la calificación del material de acuerdo a la Norma AFNOR 16-101 , BS5852 Crib5 y California 117 se indican en la *tabla N° 4*.

Tabla N° 4

Matriz	CIT	SI	F	ERLL
1	57,81	47,39	3	BS , CAL
2	44,44	37,11	2	BS , CAL
3	39,93	42,22	3	CAL
4	21,97	23,43	2	CAL
5	--	--	--	BS , CAL

Referencias tabla N° 4

- Norma AFNOR 16-101

CIT : índice convencional de toxicidad

SI : índice de humo SI

F: clasificación final del material

SI	F
≤ 5	F0
≤ 20	F1
≤ 40	F2
≤ 80	F3
≤120	F4
> 120	F5

- Normas de retardo de llama

ERLL: ensayos de retardo de llama

BS: Norma BS5852 Crib5

CAL: Norma California 117

Conclusiones

Como se desprende de lo indicado en las tablas N° 3 y 4, el progreso del material respecto a la generación de gases tóxicos asociado a la disminución del parámetro CIT, debido principalmente a la eliminación de melamina como fuente de nitrógeno y el agregado de óxido de cobre como supresor de cianuro de hidrógeno, va acompañado con el cumplimiento de la Norma BS5852 Crib5 de retardo de llama vinculado principalmente a la incorporación de supresores de humo.

Del estudio resulta el desarrollo de un nuevo producto con capacidades comerciales equivalente al original, pero de menor riesgo para las personas ante la generación de gases tóxicos en un escenario de incendio desarrollado en espacios confinados (interiores de aeronaves, vagones de tren, barcos) y vías de escape condicionadas.

Para mayor información contactarse con:

Carlos Rodriguez – crrodrig@inti.gov.ar