

CONTROL DE LA CONDENSACIÓN

Los beneficios a largo plazo del aislamiento flexible de espuma elastomérica AF/Armaflex con un alto factor μ ($\mu \geq 7000$) de resistencia al vapor de agua y supervisado.

Introducción

La eficiencia del aislamiento térmico AF/Armaflex para evitar la condensación y reducir las pérdidas energéticas durante un largo periodo de tiempo depende de la conductividad térmica inicial y del comportamiento práctico de su

efectiva barrera de vapor incorporada.

Uno de los objetivos de esta barrera de vapor es minimizar la penetración de vapor de agua en el aislamiento, con el fin de evitar un aumento significativo de la

conductividad térmica durante los años de funcionamiento de la instalación. En este periodo, el aislamiento ha de evitar la condensación y minimizar el incremento de pérdidas energéticas.

Conceptos Generales

Resumiremos los conceptos básicos más importantes a tener en cuenta y que hemos desarrollado en nuestra Información Técnica nº 11: "La permeabilidad al Vapor de Agua δ_p , la Permeancia W_p y el Factor de Resistencia μ ."

La permeabilidad al vapor de agua δ_p nos mide el comportamiento de un material ante el paso de humedad.

La permeabilidad es la cantidad de vapor de agua que pasa por una muestra de sección y espesor unitario en un tiempo unidad y cuando entre sus paredes se establece una diferencia de presión unitaria.

Las diferentes y complejas unidades usadas en cada país dieron lugar a la definición del factor de resistencia al vapor de agua o factor μ dado por el cociente:

$$\mu = \frac{\delta_{\text{aire}}}{\delta_{\text{material}}}$$

donde:

μ = Factor de resistencia al vapor de agua.

δ_{aire} = Permeabilidad al vapor de agua del aire.

δ_{material} = Permeabilidad al vapor de agua del material

y que al ser una relación entre dos unidades homogéneas, es adimensional.

La presión parcial depende de la temperatura y de la humedad relativa del aire. Si éstos dos valores últimos son conocidos, entonces la presión parcial puede calcularse u obtenerse de tablas. Cuando un aislamiento térmico se usa en el campo del frío, como por ejemplo en aire acondicionado o refrigeración, debido a la diferencia de presión parcial del vapor de

agua en las dos caras del aislamiento hay una continua presión que fuerza el vapor de agua a través del material aislante.

Podemos calcular la diferencia de presión parcial a través del aislamiento, y relacionarlo con la cantidad de humedad absorbida por éste con el paso del tiempo.

El vapor de agua afecta al comportamiento del aislamiento, aumentando la conductividad térmica e incrementando las pérdidas energéticas y el riesgo de condensaciones.

Ejemplo nº 1:

Una tubería 1" I.P.S. aislada con AF/Armaflex referencia M (espesor medio 21.5 mm) bajo las siguientes condiciones:

Temperatura ambiente $\theta_a = 30$ °C

Temperatura interior $\theta_i = 6$ °C

Humedad relativa $\phi = 70\%$

Para el aislamiento AF/Armaflex:

Conductividad térmica a 0 °C = 0.035 W / (m · K)

Coefficiente superficial $h_e = 9 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Factor $\mu \geq 7000$

La presión parcial del vapor de agua en las condiciones ambientales alrededor del aislamiento es de $p_a = 2968 \text{ Pa}$ mientras que en el pequeño espacio entre la tubería y el aislamiento, la temperatura será la interior, es decir, 6 °C y la humedad relativa máxima alcanzará el 100%, dando una presión parcial de vapor de agua de $p_i = 936 \text{ Pa}$. Existe, por tanto una diferencia de presión de 2302 Pa que intenta provocar un continuo flujo de vapor de agua a través del aislamiento.

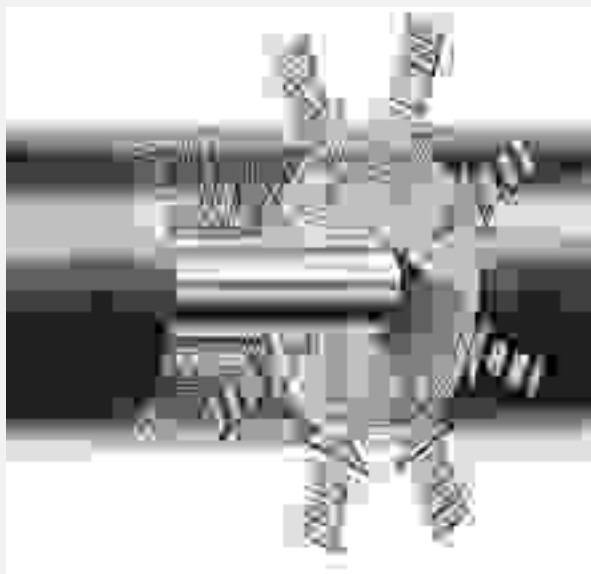
El siguiente paso sería determinar la permeabilidad al vapor de agua δ_p del aislamiento partiendo del factor μ y de la permeabilidad al vapor de agua del aire estanco.

En el caso de AF/Armaflex ésta permeabilidad es de:

$$\delta_{\text{mat}} = \delta_{\text{aire}} / 7000$$

$$\delta_p \leq 0.032 \text{ g} \cdot \text{cm} / (\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{mm de Hg})$$

$$\delta_p \leq 2778 \times 10^{-14} \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 10^{-10} \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$$



Conociendo la diferencia de presión parcial y la permeabilidad del material, podemos determinar la resistencia total del aislamiento a la difusión del vapor de agua usando ecuaciones similares a las usadas en el caso del cálculo de flujo de calor. Para ello tomamos la permeabilidad en lugar de la conductividad y la presión parcial por la temperatura.

Para determinar el contenido medio de humedad hemos de conocer el “coeficiente de humedad para la conductividad térmica”, es decir, cómo la conductividad térmica de un aislamiento cambia con el vapor de agua

que éste absorbe. La conductividad térmica equivalente del agua es de $0.56 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$, muy grande si la comparamos con el valor de 0.035 para AF/Armaflex por lo que una pequeña cantidad de agua inferior al 5%, provoca un aumento considerable de la conductividad.

El Forschungsinstitut Für Wärmeschutz (F.I.W. Institute) ha determinado el “coeficiente de humedad de la conductividad térmica” del 4.3% en el caso de AF/Armaflex.

Debemos tener en cuenta que el valor de 4.3% como coeficiente de humedad es sólo aplicable a AF/Armaflex.

Sin embargo pueden hacerse cálculos comparativos con otras espumas elastoméricas dado que la conductividad térmica aumenta con una proporción similar a la cantidad de vapor de agua absorbida.

Apartir de este valor podemos calcular el aumento de la conductividad térmica con el contenido de humedad del AF/Armaflex como:

$$\lambda_t = \lambda_i + [0,0377 \cdot v_t] \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (1)$$

$$g_1 = \frac{P_1 - P_a}{Z_{p1}} \quad \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{h})$$

$$Z_p = \frac{1}{2 \cdot \dots \cdot 1n (D_a/D_i)} \quad \text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$$

$$v_t = \frac{g^1 \cdot t \cdot 3.5 \cdot 10^6}{\dots \cdot (D_a^2/D_i^2)}$$

Donde,

λ_t es la conductividad térmica del AF/Armaflex después de t años

λ_i es la conductividad térmica inicial

v es el coeficiente de humedad para la conductividad térmica

V_t es la absorción de humedad en volumen después de t años

g es la densidad lineal de flujo de humedad

Z_p es la resistencia al vapor de agua

ρ es la densidad del agua

Usando la ecuación (1) se puede determinar los cambios en la conductividad térmica con el tiempo para AF/Armaflex en determinadas condiciones de la instalación y el ambiente.

Influencia del factor μ en la conductividad con el tiempo

Para una instalación de frío, con un aislamiento de un determinado factor μ estamos en condiciones de calcular el aumento con el paso del tiempo de la conductividad térmica.

Ejemplo nº 2

a) AF/Armaflex $\mu \geq 7000$

Calcular el aumento de la conductividad térmica con el tiempo para distintos aislamientos.

$$Z_p = \frac{1}{2 \cdot 10^{-10} \cdot \ln(0.077/0.034)} = 1946 \cdot 10^6$$

$$g_l = \frac{2302}{1946 \cdot 10^6} = 1.183 \cdot 10^{-6}$$

$$v_t = \frac{1.183 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 3.5 \cdot 10^6}{1000 \cdot (0.077^2 - 0.034^2)} = 2.761$$

$$\lambda_t = 0.035 + (0.0377 - 0.035) \cdot (4.3/100) \cdot 2.761 = 0.039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Tiempo	años	0	5	10
Conductividad Térmica	W/(m·K)	0,035	0,037	0,039
Incremento	%	0	6	11

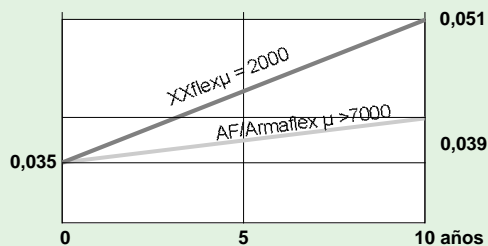
De forma similar podemos calcular el efecto del contenido de humedad con el tiempo para otro aislamiento de espuma elastomérica que tenga un menor factor de resistencia a la difusión del vapor de agua tal como

b) XX - $\mu \geq 2000$

Tiempo	años	0	5	10
Conductividad Térmica	W/(m·K)	0,035	0,043	0,051
Incremento	%	0	23	46

Aumento de λ en función del factor μ

(Valores en W (m·K))



El siguiente paso es calcular el aumento de pérdidas energéticas debido al aumento de la conductividad térmica.

Usando las ecuaciones de la norma UNE EN ISO 12241:

Ejemplo nº 3

Cálculo de pérdidas energéticas del caso anterior.

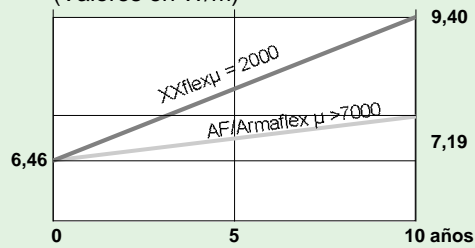
$$q^1 = \frac{(30-6) \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.035} \cdot \ln \frac{0.077}{0.034}}{1} = 6.45 \text{ W/m}$$

Influencia del factor μ en las pérdidas energéticas con el tiempo

Pérdidas energéticas en W/m	$\mu \geq 7.000$	$\mu = 2.000$
Al Comenzar	6.46 W/m	6.46 W/m
después de 5 años	6,82	7.93
después de 10 años	7.19	9.40

Aumento de pérdidas energéticas en función del factor μ

(Valores en W/m)



Un pequeño aumento de la conductividad afecta considerablemente las pérdidas energéticas con el paso del tiempo.

Para el control de la condensación es importante determinar un espesor mínimo de aislamiento. Para determinar dicho espesor es necesario conocer el punto de rocío que lo obtenemos de la temperatura ambiente y la humedad relativa. El espesor calculado ha de asegurar una temperatura superficial por encima de la de rocío. Este espesor depende además de la temperatura interior del fluido, del diámetro de la tubería y de las características del aislamiento tales como su coeficiente de conductividad térmica λ el factor μ y el coeficiente superficial de transmisión de calor h_e .

Para mayor información sobre éste cálculo consulte nuestra información técnica n.º 3 o nuestro CD-Rom sobre aislamiento térmico y cálculos generales.

En el cálculo inicial del espesor necesario para evitar la condensación, la permeabilidad al vapor de agua del aislamiento no se considera. Se asume que el aislamiento está seco cuando se instala.

La importancia de un alto factor μ es que a lo largo del tiempo, el aislamiento resiste a la difusión del vapor de agua y por tanto el efecto adverso que éste fenómeno provoca en la conductividad, lo que repercute en el aumento de pérdidas energéticas.

Si consideramos un aislamiento de células abiertas y recubierto con una barrera de vapor, el vapor de agua penetrará rápidamente en el material por cualquier pequeño agujero de ésta y humedecerá el aislamiento.

Un material aislante de estructura celular cerrada y alto factor μ implica una alta resistencia de la penetración del vapor de agua.

Aunque en determinadas circunstancias el aislamiento deba protegerse contra daños mecánicos o la intemperie, para instalaciones en el campo del frío, una efectiva barrera de vapor es un importante requisito técnico.

AF/Armaflex, fabricado por Armacell Iberia, S.A. es un aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica que posee un alto factor de resistencia al vapor de agua $\mu \geq 7000$ para mantener la eficiencia del aislamiento con el tiempo. Su cuidada fabricación asegura su estructura de células cerradas y una excelente combinación de las propiedades significativas que un aislamiento debe poseer tales como la conductividad térmica λ , el factor μ y la reacción al fuego.



www.armacell.com
info.es@armacell.com



Armacell Iberia, S.A.

SERVICIO DE VENTAS:
BEGUR (ESPAÑA)
Apartado de Correos, 2
Tel. +34 972 61 34 19/20
Fax: +34 972 30 03 83
17200 PALAFRUGELL
(ESPAÑA)

**DELEGACIONES DE VENTAS
ESPAÑA Y PORTUGAL***

Madrid Tel. +34 913 14 77 67
Barcelona Tel. +34 934 25 23 25
Sevilla Tel. +34 954 64 29 73
Bilbao Tel. +34 944 47 43 10
Valencia Tel. +34 963 46 70 12
*Vigo Tel. +34 986 22 08 89

BRASIL

Praça Dom Epaminondas, 52
Pindamonhangaba-SP
CEP 12421-020
Tel.: +55 12 3648 6900
Fax: +55 12 3648 5113
(BRASIL)

PACTO ANDINO

Avda. Principal -
Res. San Rafael, casa 1
Urbanización la Floresta
Tel. & fax: +58 212 2847215
CARACAS 1060
(VENEZUELA)

CONO SUR

Ladines, 2913
Tel. & fax: +54 11 4572 1415
C 1419 EYK BUENOS AIRES
(ARGENTINA)