

CONTROLO DA CONDENSAÇÃO

Os benefícios a longo prazo do isolamento flexível de espuma elastomérica AF/Armaflex com um alto factor m ($\mu \geq 7000$) de resistência ao vapor de água e supervisionado.

12

Introdução.

A eficiência do isolamento térmico AF/Armaflex, para evitar a condensação e reduzir as perdas de energia, durante um largo período de tempo, depende da condutibilidade térmica inicial e do comportamento prático da sua

eficiente barreira de vapor, incorporada.

Um dos objectivos desta barreira de vapor, é minimizar a penetração do vapor de água no isolamento, com o fim de evitar um aumento

significativo da condutibilidade térmica durante os anos de funcionamento da instalação. Neste período, o isolamento deve evitar a condensação e minimizar o incremento das perdas energéticas.

Conceitos Gerais.

Resumiremos os conceitos básicos mais importantes a ter em conta que desenvolvemos na nossa Informação Técnica n.º 11 "A permeabilidade ao Vapor de Água δ_p , a Permeância Wp e o Factor de Resistência μ ".

A permeabilidade ao vapor de água δ_p , mede-nos o comportamento de um material à passagem da humidade.

A permeabilidade é a quantidade de vapor de água que passa por uma amostra, de secção e espessura unitária, numa unidade de tempo e quando entre as suas paredes se estabelece uma diferença de pressão unitária.

As diferentes e complexas unidades usadas em cada país deram lugar à definição do factor de resistência ao vapor de água, o factor m, dado pelo quociente:

$$\mu = \frac{\delta_{ar}}{\delta_{material}}$$

onde:

μ = Factor de resistência ao vapor de água.

δ_{ar} = Permeabilidade ao vapor de água do ar.

$\delta_{material}$ = Permeabilidade ao vapor de água do material.

que, ao ser uma relação entre duas unidades homogéneas, é adimensional.

A pressão parcial depende da temperatura e da humidade relativa do ar. Se estes dois últimos valores são conhecidos, então a pressão parcial pode-se calcular ou obter-se de tabelas.

Quando um isolamento térmico se usa na área do frio, como por exemplo no ar condicionado ou refrigeração, devido à diferença de pressão parcial do vapor de água

nas duas faces do isolamento há uma pressão contínua que força o vapor de água através do material isolante.

Podemos calcular a diferença de pressão parcial através do isolamento, e relacioná-la com a quantidade de humidade absorvida por este com o passar do tempo.

O vapor de água afecta o comportamento do isolamento aumentando a condutibilidade térmica e incrementando as perdas de energia e o risco de condensações.

Exemplo n.º1:

Uma tubagem de 1" I.P.S., isolada com AF/Armaflex, referenciada por M, (espessura média 21.5 mm) debaixo das seguintes condições:
Temperatura ambiente $\theta_a = 30$ °C
Temperatura interior $\theta_i = 6$ °C
Humidade relativa $\phi = 70\%$

Para o isolamento AF/Armaflex:

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

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

Factor $\mu \geq 7000$

A pressão parcial do vapor de água nas condições ambientais ao redor do isolamento é de $p_a = 2968 \text{ Pa}$ enquanto que no pequeno espaço entre a tubagem e o isolamento, a temperatura será a interior, isto é, 6 °C e a humidade relativa máxima alcançará os 100 %, dando uma pressão parcial de vapor de água de $p_i = 936 \text{ Pa}$. Existe, portanto, uma diferença de pressão de 2302 Pa , que tenta provocar um contínuo fluxo de vapor de água através do isolamento.

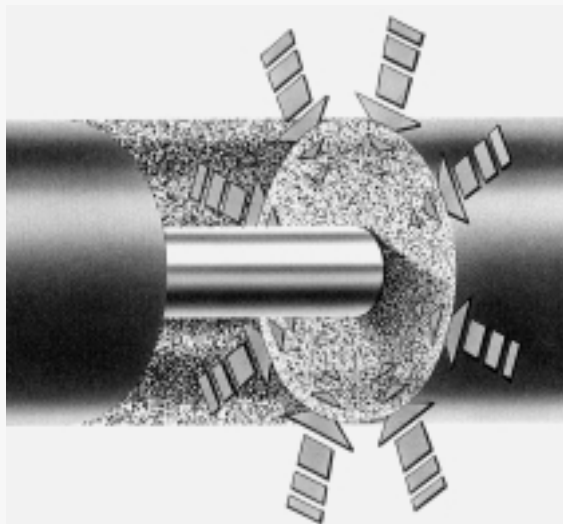
O passo seguinte seria determinar a permeabilidade ao vapor de água (δ_p) do isolamento, partindo do factor m e a permeabilidade ao vapor de água do ar parado.

No caso do AF/Armaflex, esta permeabilidade é de:

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

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

$$\delta_p \leq 2778 \times 10^{-14} \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 110^{-10} \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$$



Conhecendo a diferença de pressão parcial e a permeabilidade do material, podemos determinar a resistência total do isolamento à difusão do vapor de água, usando equações similares às usadas no caso do cálculo do fluxo de calor. Para isso, tomamos a permeabilidade na vez da condutibilidade e a pressão parcial na vez da temperatura.

Para determinar o conteúdo médio da humidade, temos de conhecer o “coeficiente de humidade para a condutibilidade térmica”, isto é, como a condutibilidade térmica de um isolamento altera com o vapor de água

que este absorve. A condutibilidade térmica equivalente da água é de 0.56 W / (m · K) muito grande, se a compararmos com o valor de 0.035 para o AF/Armaflex, pelo que, uma pequena quantidade de água, inferior a 5%, provoca um aumento considerável da condutibilidade.

O Förschungsinstitut Für Wärmeschutz (F. I. W. Institute), determinou o “coeficiente de humidade da condutibilidade térmica” de 4.3%, no caso do AF/Armaflex.

Devemos ter em conta que o valor de 4.3% como coeficiente de humidade, só é aplicável ao AF/Armaflex.

Entretanto, podem fazer-se os cálculos comparativos com outras espumas elastoméricas, dado que a condutibilidade térmica aumenta numa proporção semelhante à quantidade de vapor de água absorvido.

A partir deste valor podemos calcular o aumento da condutibilidade térmica com o conteúdo de humidade do AF/Armaflex como:

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

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

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

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

Donde,

λ_t é a condutibilidade térmica do AF/Armaflex depois de t anos

λ_i é a condutibilidade térmica inicial

v é o coeficiente de humidade para a condutibilidade térmica

V_t é a absorção da humidade, em volume, depois de t anos

g é a densidade linear do fluxo de humidade

Z_p é a resistência ao vapor de água

ρ é a densidade da água

Usando a equação (1) pode-se determinar as alterações na condutibilidade térmica, com o tempo, para o AF/Armaflex, em determinadas condições da instalação e do ambiente.

Influência do factor μ na condutibilidade, com o passar do tempo.

Para uma instalação de frio, com um isolamento de um determinado factor μ , estamos em condições de calcular o aumento da condutibilidade térmica, ao longo do tempo.

Exemplo n.º 2

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

Calcular o aumento da condutibilidade térmica, ao longo do tempo, para diferentes isolamentos.

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

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

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

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

Tempo	anos	0	5	10
Condutibilidade Térmica	W/(m·K)	0,035	0,037	0,039
Aumento	%	0	6	11

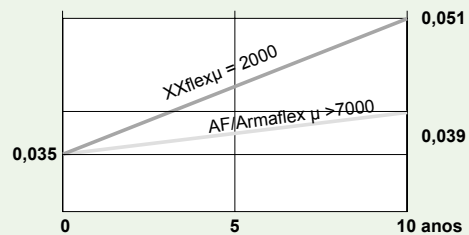
De forma semelhante, podemos calcular o efeito do conteúdo de humidade, ao longo do tempo, para outro isolamento de espuma elastomérica que tenha um menor factor de resistência à difusão do vapor de água, tal como.

b) XX - $\mu \geq 2000$

Tempo	años	0	5	10
Condutibilidade Térmica	W/(m·K)	0,035	0,043	0,051
Aumento	%	0	23	46

Aumento de λ em função do factor μ

(Valores em W / (m·K))



O passo seguinte é calcular o aumento de perdas energéticas devido ao aumento da condutibilidade térmica.

Usando as equações da norma UNE EN ISO 12241:

Exemplo n.º 3

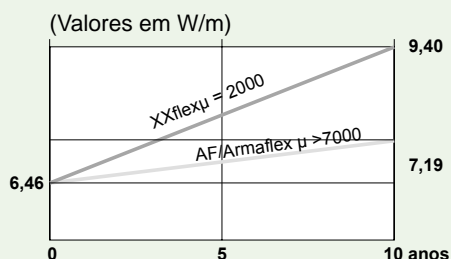
Cálculo das perdas de energia do caso anterior.

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

Influência do factor μ nas perdas energéticas, ao longo do tempo.

Perdas energéticas em W/m	$\mu \geq 7.000$	$\mu = 2.000$
No início	6.46 W/m	6.46 W/m
Após 5 anos	6,82	7.93
Após 10 anos	7.19	9.40

Aumento das perdas energéticas em função do factor μ



12

Um pequeno aumento da condutibilidade, afecta, consideravelmente, as perdas de energia, ao longo do tempo.

Para o controlo da condensação é importante determinar uma espessura mínima de isolamento. Para determinar a referida espessura, é necessário conhecer o ponto de orvalho, o qual se obtém da temperatura ambiente, e a humidade relativa. A espessura calculada, deve assegurar uma temperatura superficial acima da do orvalho. Esta espessura depende, também, da temperatura interior do fluido, do diâmetro da tubagem e das características do isolamento, tais como, o seu coeficiente de condutibilidade térmica λ , o factor μ e o coeficiente superficial de transmissão do calor h_e .

Para mais informação sobre este cálculo, consulte a nossa Informação Técnica n.º 3, ou o nosso CD-Rom sobre isolamento térmico e cálculos gerais.

Neste cálculo inicial da espessura necessária para evitar a condensação, a permeabilidade ao vapor de água do isolamento não se considera. Assume-se que o isolamento está seco quando se instala.

A importância de um alto factor μ , é que, ao longo do tempo, o isolamento resiste à difusão do vapor de água e, portanto, o efeito adverso que este fenómeno provoca na condutibilidade, o que se repercute no aumento de perdas de energia.

Se considerarmos um isolamento de células abertas e revestido com uma barreira de vapor, o vapor de água penetrará, rapidamente, no material, por qualquer pequeno furo deste e humedecerá o isolamento.

Um material isolante de estrutura celular fechada e alto factor μ , implica uma alta resistência da penetração do vapor de água.

Ainda que em determinadas circunstâncias, o isolamento deva proteger-se contra danos mecânicos ou contra a intempérie. Para instalações na área do frio, uma eficiente barreira de vapor é um importante requisito técnico.

O AF/Armaflex, fabricado pela Armacell Iberia, S.L., é um isolamento térmico flexível de espuma elastomérica, que possui um alto factor de resistência ao vapor de água ($\mu \geq 7000$) para manter a eficiência do isolamento com o passar do tempo. Uma cuidada fabricação assegura a sua estrutura de células fechadas e uma excelente combinação das propriedades significativas que um isolamento deve possuir, tais como a condutibilidade térmica λ , o factor μ e a reacção ao fogo.



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



MIEMBRO DE



Armacell Iberia, S.L.

SERVIÇO DE VENDAS:

BEGUR (ESPAÑA)
Apartado 2
Tel.: +34 972 61 34 19/20
Fax: +34 972 30 03 83
17200 PALAFRUGELL
(ESPAÑA)

DELEGAÇÕES DE VENDAS ESPAÑA E PORTUGAL*

Madrid Tel.: +34 914 56 11 50
Barcelona Tel.: +34 934 25 23 25
Sevilha Tel.: +34 954 64 29 73
Bilbau Tel.: +34 944 47 43 10
Valencia Tel.: +34 963 46 70 12
*Vigo Tel.: +34 986 22 09 89

BRASIL

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

PACTO ANDINO

1895 Silverbell Terrace. Weston
Florida 33327
Tel.: +1 954 217 09 50
Fax: +1 954 217 94 55
Móvil: +1 954 27 026 79
EE.UU.

CONE SUL

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