

Sistemas aislantes al vacío

Aplicaciones e indicaciones para su puesta en obra

Jan Cremers

Empresas fabricantes:
va-Q-tec AG, Würzburg: www.va-Q-tec.de
lambdasave GmbH, Emden: www.lambdasave.de
Porextherm GmbH, Kempten: www.porextherm.com

Para más información, consulte las páginas:
www.vip-bau.de, www.vip-bau.ch

- 1 Imagen exterior fachada VIP de un hospital en Erlenchbach (ZAE)
- 2 Construcción de un sistema VIP
- 3 Variantes disponibles de sistemas aislantes al vacío
- 4 Sistemas aislantes al vacío, combinaciones y permeabilidad a la luz

Los sistemas aislantes al vacío pertenecen a las grandes innovaciones en el campo de la construcción y son objeto de creciente interés. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de los productos de la construcción, se trata de sistemas de gran complejidad, cuyo empleo puede ir acompañado de un gran número de errores. Eso hace que sea necesario un alto grado de competencia por parte de proyectistas y profesionales de la obra. El transporte de calor dentro de un aislante de tipo convencional consiste en el 20–30% de radiación térmica, 5–10% de conducción de calor por el material estructural y 65–75% de conducción térmica por el volumen de gas encerrado. El principio efectivo de los sistemas aislantes al vacío se basa en la minimización del camino principal de transmisión de calor mediante la evacuación del gas, responsable de la conducción de calor. Para mantener permanentemente la depresión en un sistema aislante al vacío, es necesaria una envolvente estanca al gas que contenga el volumen evacuado, p. ej. de vidrio, chapa metálica, plástico o láminas sintéticas compuestas. El volumen contenido puede estar vacío o lleno de un material que sea completamente poroso y

evacuable. Este sistema debe soportar, según el grado de vacío, una parte importante de la presión atmosférica (equivalente a unos 10,3 t/m², como máximo).

La Figura 4 presenta un esquema de las posibles combinaciones de componentes y las propiedades de permeabilidad (luz) de cada uno de los sistemas de aislamiento.

Material del núcleo

Actualmente, el sector de la construcción muestra un especial interés por los sistemas opacos con núcleos microporosos, generalmente de ácido silícico pirógeno reforzado con fibras de vidrio (Figura 2). Eso se debe a que este grupo de materiales presenta una alta porosidad, combinada con un tamaño de poros tan reducido que los efectos de conducción por gas son fuertemente contenidos. Su conductividad térmica, unos 0,018 W/mK bajo presión atmosférica, se encuentra claramente por debajo del valor de aire en calma, con unos 0,026 W/mK. Además, estas condiciones hacen que la conductividad térmica quede fuertemente reducida con escasa depresión, rozando el mínimo de 0,004 W/mK con unos 10 mbar. Así resultan exigencias de fabricación menores, mayor grado de permeabilidad tolerable de gas para el material de la envolvente y las juntas (de sellado o de soldadura) y, sobre todo, un funcionamiento potencialmente más largo, ya que éste será determinado por el aumento de presión máxima permisible en el sistema.

Material de la envolvente

Actualmente, se emplean dos grupos de materiales que llevan a dos sistemas muy distintos: láminas compuestas sintéticas metalizadas y chapas de acero inoxidable. El primer grupo se denomina Vacuum-Insulation-Panel (VIP), el segundo Vacuum-Insulating-Sandwich (VIS) (Figura 7). Aunque las láminas transparentes de alto grado de impermeabilidad, que sólo contienen polímeros o recubrimientos de óxido metálico, no alcanzan aún el grado de permeabilidad exigido, éstas se encuentran en desarrollo.



1

Controles de calidad

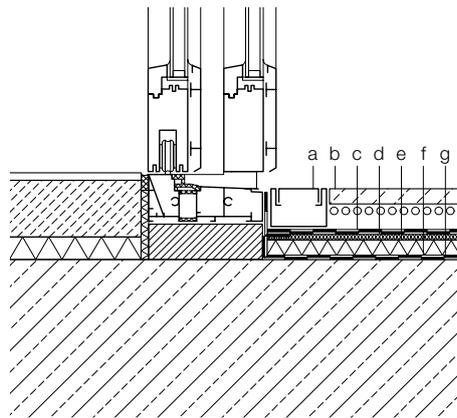
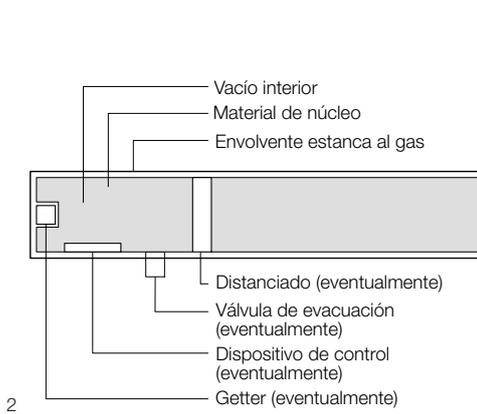
La conductividad térmica de los sistemas aislantes al vacío depende, sobre todo, de la presión gaseosa interior y del contenido de humedad del material del núcleo. Por esa razón, la primera medida física siempre puede servir para el control de calidad, conociendo la presión gaseosa y humedad iniciales del sistema. Al ignorar los efectos internos, como el desprendimiento de gases, un eventual aumento de presión dependerá, en primer término, de la calidad del material envolvente y de la unión de los bordes. Dado que no es posible reconocer un panel no estanco a simple vista, sobre todo tras su puesta en obra y recubrimiento, los procedimientos de medición de la presión interior constituyen la única posibilidad de control de calidad. Lo difícil en el caso de estos sistemas es que los controles han de llevarse a cabo a lo largo de toda la cadena de producción, desde la fabricación, pasando por el transporte y el almacenamiento, hasta la puesta en obra; algo también necesario por cuestiones de garantía. Sin embargo, dada la necesidad de múltiples controles en diferentes lugares, se precisan procedimientos poco complicados y con resultados inmediatos. Se prefieren métodos que no requieran la perforación de la envolvente y para cuya aplicación es suficiente una accesibilidad puntual del panel. En principio, el funcionamiento de los sistemas aislantes al vacío también se puede demostrar mediante termografía tras su puesta en obra. En los sistemas con envolvente de acero inoxidable, además existe la posibilidad de la evacuación posterior de paneles aislados.

Tipificación en grupos de transmisión térmica

Hasta el momento, no hay ningún sistema de aislamiento al vacío homologado. Los fabricantes se suelen limitar a indicar los valores de transmisión térmica válidos para la superficie en el centro del panel, sin puntos constructivos críticos. Sin embargo, estos valores suelen resultar inalcanzables en la práctica. Los coeficientes U alcanzables y, con ello, los valores de transmisión térmica "medios" serán determinados según la geo-



3



Construcción de terraza sin umbral con la aplicación de aislamiento de alto rendimiento

- a Canalón de drenaje con rejilla 50 mm
- b Losas de hormigón sobre gravilla 52 mm
- c Filtro 2 mm, lámina bituminosa de impermeabilización 7 mm
- d Protección 8 mm
- e Aislamiento de alto rendimiento VIP 20 mm
- f Protección 5 mm
- g Barrera de vapor bituminosa 3 mm

metría, la selección de materiales, así como el tipo de bordes y uniones.

Ecología

Los conocimientos actuales permiten las siguientes constataciones: La cantidad de material necesario es más bien escasa, debido al alto grado de eficiencia. Entre los sistemas empleados hasta el momento en la construcción, las placas de ácido silícico (excepto acero inoxidable para sistemas VIS) constituyen una proporción de peso importante y son, al igual que el acero inoxidable como material envolvente, reaprovechables. Tras una ventilación controlada de los sistemas, es posible su fácil despiece. Las piezas obtenidas son independientes y reciclables. Las láminas compuestas utilizadas hasta ahora no son directamente reaprovechables, pero tienen una mínima proporción del peso total y pueden ser parcialmente recicladas.

Indicaciones para su puesta en obra

Sensibilidad

Los paneles con envolvente de láminas presentan una sensibilidad mecánica extrema.

Por ello, resulta desaconsejable el manejo de paneles sin protección en el lugar de la obra. Un alto grado de prefabricación permite el montaje bajo condiciones protegidas y controlables, siendo por tanto recomendable. Además, resulta ventajosa una protección de los paneles mediante capas blandas anexas, que pueden ser paneles de fibra blanda o delgadas láminas de espuma. Es necesario tener en cuenta que los sistemas aislantes al vacío no deben ser perforados, lo que reduce sustancialmente las posibilidades de fijación, junto a la exigencia de un montaje sin tensiones. Los usuarios han de ser conscientes de que tampoco será posible el taladro o la fijación posterior con clavos en la zona de los paneles.

Puentes térmicos

Todo puente térmico supone una reducción del nivel medio de aislamiento térmico, necesidades energéticas adicionales y el peligro de la formación de condensaciones. Los sistemas de aislamiento al vacío generan puentes térmicos inevitables por su geometría, dado que sus bordes presentan una conductividad térmica mayor que los centros. El alcance del efecto en los puntos

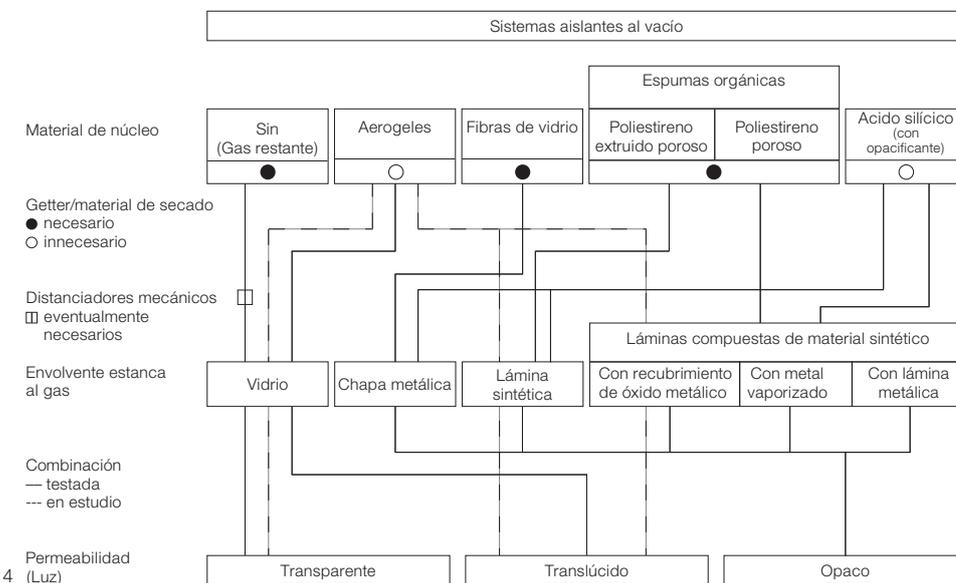
de junta depende del diseño de los bordes, la geometría, las dimensiones y la situación de puesta en obra del caso. El empleo de aislamientos de alto rendimiento lleva a un agravamiento del problema de los puentes térmicos: el grosor de aislamientos considerablemente reducidos, ligado a la minimización de la conductividad térmica en la superficie, hace que los puentes térmicos tengan un mayor efecto que en el caso de aislantes convencionales. Si bien no es posible la formación de condensaciones en el interior de sistemas aislantes al vacío por su absoluta estanquidad al vapor, las juntas representan mayores deficiencias. Por esta razón, es preciso asegurar un correcto comportamiento de difusión en cada punto.

Formatos

El formato preferido son placas rectangulares con cantos de ángulo recto de alta precisión. Aunque son posibles otros formatos, éstos suelen implicar un mayor esfuerzo en la fabricación y también una reducción del tiempo de funcionamiento. La característica fundamental de todos los sistemas aislantes al vacío es la inalterabilidad de los formatos una vez producidos, sin posibles ajustes posteriores. Eso resulta importante para el proyecto respecto a las tolerancias permisibles. Las exigencias de precisión en las dimensiones para la aplicación de sistemas aislantes al vacío son especialmente altas debido a la importancia de los puentes térmicos. Otro aspecto es la limitación de los formatos empleados por razones económicas. Los formatos estándar ofrecen además la ventaja de un rápido suministro, ya que se encuentran disponibles en los almacenes y no deben ser especialmente fabricados.

Cambio / accesibilidad

A diferencia de los aislamientos convencionales, los sistemas aislantes al vacío pueden fallar. Por esa razón, ha de ser posible un fácil repuesto. La construcción debe ser detallada de tal modo que o bien cada panel sea accesible o bien lo sea la subconstrucción del sistema.



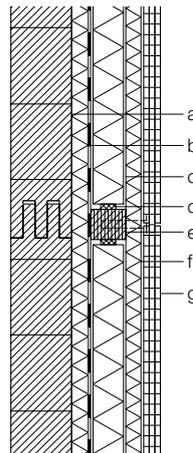


5

Ejemplo de aplicación: paneles para fachadas de montantes y travesaños

Los sistemas de aislamiento al vacío pueden ser fácilmente montados y repuestos en fachadas de montantes y travesaños ya existentes, dado que el grosor del sistema (ancho de galce) se corresponde en gran medida con el de los acristalamientos aislantes compuestos comunes. A diferencia de los sistemas de paneles aislantes convencionales, más gruesos, estos sistemas

también permiten una colocación enrasada con el acristalamiento de la fachada, también desde el lado interior. Con grosores de sistema de unos 32 mm se pueden alcanzar coeficientes U de unos 0,16 W/m²K en el centro de los paneles. Comparando con los acristalamientos aislantes compuestos mejores del momento (coeficiente U del centro de la luna 0,65 W/m²K), esto representa una reducción de casi un 75%. Los paneles desarrollados por ZAE-Bayern para el hospital



6

El autor es arquitecto y profesor asistente en la Universidad Técnica de Múnic, Cátedra de Tecnología de Edificios, Prof. Dr. (Univ. Roma) Thomas Herzog, donde estudia las aplicaciones arquitectónicas de los sistemas de aislamiento al vacío en las envolventes de los edificios, en el marco de un proyecto de doctorado.

- 5 Casa adosada en Múnic
Arquitecto: Florian Lichtblau
- 6 Construcción de fachada con aislamiento al vacío
- a Pared de madera maciza de pino 80 mm
b Tablero de fibras blandas 22 mm
c Aislamiento al vacío 40 mm
d Cinta compresible continua
e Rastreles de madera laminada 40/45 mm
f Tablero de fibras blandas 20 mm
g Tablero tricapa 22 mm
- 7 Comparación de sistemas aislantes al vacío (VIP y VIS)

	VIP	VIS
Material de envolvente	Lámina metalizada (Capa de aluminio 1 µm)	Chapa de acero inoxidable con 0,6–4 mm
Material de núcleo	Acido silícico pirógeno	Acido silícico pirógeno
Bordes	Sellado de lámina	Lámina de acero inoxidable soldada 0,20–0,27 mm
Proceso de evacuación	Fabricación en cámara de vacío	Por válvula de evacuación
Grosor [mm]	10–50 (típico 20)	10–40
Conductividad (Centro del panel) [mW/(mK)]	4,2	5,3
... con presión interior [mbar]	< 5	1
Efecto de puente térmico en borde	Escaso	Alto
Conductividad en estado ventilado [mW/(mK)]	20	20
Capacidad térmica específica [kJ/(kgK)]	0,8 (Placa de núcleo)	0,8 (Placa de núcleo)
Peso [kg/m ³]	160–180	160–180 (+ material de envolvente)
Temperatura (a largo plazo) [° C]	–30 hasta 80	–200 hasta > 1000
Humedad (a largo plazo) [% humedad relativa del aire]	0 hasta 60 (hasta 40° C)	Según aleación
Temperatura máxima admisible (a corto plazo <15 min) [° C]	80–120 (dependiendo de la lámina)	> 1000
Resistencia a la presión	150–160 kPa (con 10% compresión)	> 7,5 t/m ²
Resistencia a la flexión	Ninguna	Alta, dependiendo de grosor de chapa
Tiempo de funionamiento indicado [años]	k.A.	3–50 años, > 100 años, con evacuación <i>in situ</i>
Sensibilidad mecánica	Muy alta	Escasa
Reparable	No	Sí, siempre que sea accesible
Clase de reacción al fuego según DIN 4102-6	Max. B2	A1
Homologación constructiva	en preparación	en preparación
Dimensiones máximas largo x ancho [mm]	2200 × 1000 (dependiendo del espacio al vacío), Estándar 1000 × 500/600	8000 × 3000 (dependiendo de tamaño de chapa)
Tolerancia de fabricación o ancho/grosor [mm]	–5 hasta +2 / ±1	± 2

7

en Erlenbach son un ejemplo de tales variantes (Figura 1). Con esta forma de aplicación, el coeficiente U de la fachada completa depende en gran medida del tamaño del panel y, con ello, de la relación de los bordes (panel y construcción de montantes y travesaños) respecto a la superficie total. Como otras soluciones tipo sándwich, se conseguirá una protección mecánica amplia del sistema de aislamiento al vacío, que facilita su manejo durante toda la cadena de producción hasta el montaje, dado que los paneles se pueden producir en fábrica, quedando así protegidos desde el primer momento. Sin embargo, el control de la calidad de los sistemas VIP entre las capas protectoras con los métodos actuales resulta mucho más difícil tras su montaje. Las técnicas actuales sólo permiten un control con imagen de radiación térmica tras el montaje. Dado que se pueden excluir daños (ventilación) de los paneles VIP durante el transporte y montaje, se compensa una importante desventaja del sistema. Otra ventaja radica en la reducción de peso y espacio necesario de estos paneles, frente a los paneles aislantes convencionales. Eso no sólo es importante para el resultado de la construcción, sino también a la hora del transporte y el montaje.

Economía

No cabe esperar una sustitución total de materiales aislantes convencionales por sistemas de aislamiento al vacío. Sin embargo, los nuevos sistemas de alto rendimiento encontrarán su lugar en campos en los que su ventaja principal, máximo efecto aislante con mínimo grosor, justifique funcional, constructiva, económica y estéticamente una mayor inversión. Tal será normalmente el caso de lugares puntuales de un edificio y, en menor medida, de envolventes enteras (p. ej. zonas con superficies útiles extremadamente caras). Junto a las construcciones de nueva planta, cada vez cobran mayor protagonismo las medidas de rehabilitación, en las que es difícil alcanzar un nivel de aislamiento suficiente con materiales convencionales.