

# La revolución y evolución del relleno térmico

Por Eoin O'Riordan



Eoin O'Riordan es director de Marketing y Tecnología de Chomerics Division Europe, Parker Hannifin Ltd

*El diseño de sistemas modernos se aleja de asegurar la circulación de aire para mantener la refrigeración convectiva para acercarse con diligencia a huecos de aire con relleno entre componentes y el encapsulado o la caja, utilizando materiales de relleno blandos que presentan una alta conductividad térmica.*

La miniaturización y la mayor funcionalidad han dominado el desarrollo de los productos electrónicos modernos y han sido decisivas para satisfacer las necesidades de los clientes en mercados como por ejemplo los de ordenadores personales, equipos electrónicos de consumo, aviación y automoción. Entre los factores clave figura la disminución sucesiva de los procesos CMOS, que no solamente aumenta la densidad funcional sino que también contribuye a una mayor disipación térmica de los dispositivos, tales como procesadores, FPGA y memorias. Además, gracias a los progresos conseguidos en semiconductores de potencia, se obtienen corrientes más altas en componentes más compactos, lo que lleva a una densidad de potencia más alta y una mayor disipación.

Los diseñadores de sistemas tienen que afrontar un reto térmico cada vez más difícil. Las elevadas temperaturas de funcionamiento deterioran la fiabilidad pero una refrigeración eficaz de las placas de circuito impreso multicapa, que llevan componentes apretados en un espacio muy reducido y se alojan en encapsulados compactos, es a menudo imposible si únicamente se utiliza la técnica de convección.

El ventilador siempre ha sido una de las piedras angulares de la ingeniería térmica. No obstante, por la demanda de reducir el tamaño, la potencia y el ruido audible, el diseño de sistemas tiende a un funcionamiento sin ventiladores. El ventilador también suele ser una fuente de averías. Además, en circuitos de alta potencia o con un encapsulado compacto,

la simple circulación de aire se ha considerado a menudo insuficiente para refrigerar adecuadamente los componentes del circuito.

Fijando los componentes directamente en un elemento de disipación térmica, como por ejemplo una parte de la caja o del encapsulado, o en un disipador térmico específico, se obtiene una refrigeración superior a la que se puede conseguir mediante un ventilador. Sin embargo, la presencia de aire en la interfaz entre ambas superficies deteriora la eficiencia térmica, porque el aire tiene una conductividad térmica muy baja, de tan sólo 0,024 W/m-K. Si el disipador térmico se fija o emperna directamente en el cuerpo del componente, existen bolsas de aire microscópicas en la interfaz, ya que ambos son elementos comerciales habituales con superficies que presentan imperfecciones en cuanto a planicidad y suavidad. Las pastas térmicas y, más recientemente, los materiales térmicos de cambio de fase han resultado ser ideales para eliminar este aire intersticial.

## Huecos más grandes por rellenar

Puesto que el diseño de sistemas modernos ha llegado a requerir un método más riguroso para la gestión térmica, se ha registrado una creciente demanda de una variedad más amplia de materiales de interfaz térmica (TIM), que permiten a los ingenieros aprovechar mejor las superficies de disipación de calor. Los TIM diseñados para rellenar huecos de aire más grandes, de entre 1 mm y 5 mm o más, se ofrecen en forma de láminas, almohadillas o troqueles en tamaños y formas personalizados. Estos materiales pueden utilizarse para rellenar los espacios entre los componentes generadores de calor y la caja o la tapa del encapsulado. En el pasado, estos espacios se han dejado sin relleno para permitir la circulación de aire. En los diseños modernos, la

mejor práctica hace hincapié en crear un acoplamiento térmico eficiente entre el componente y la superficie de disipación de calor más próxima.

Un relleno, como por ejemplo una pasta térmica o un material de cambio de fase, incluye un ligante o soporte cargado con partículas térmicamente conductivas. Éstas pueden ser partículas cerámicas o de un óxido de metal, tales como óxido de aluminio, óxido de magnesio, óxido de zinc, nitruro de boro o nitruro de aluminio. Factores como la conductividad del material con partículas y la relación entre partículas y ligante determinan la conductividad térmica general del TIM. Generalmente, al aumentar el relleno o elegir un material de relleno con conductividad térmica más alta, se incrementa la conductividad térmica del TIM. Se ofrecen rellenos con muchos niveles de rendimiento térmico diferentes, y la conductividad térmica oscila entre valores inferiores a 1 W/m-K y aproximadamente 6 W/m-K.

Los progresos conseguidos en materiales ligantes basados en polímeros han sido decisivos en el desarrollo de rellenos capaces de solucionar toda la gama de retos de gestión térmica que tienen que afrontar los ingenieros hoy en día. Los elastómeros de silicona se benefician de un bajo módulo de elasticidad y pueden formularse de modo que funcionen a temperaturas comprendidas entre -50 °C y +200 °C. Los materiales con bajo módulo de elasticidad se pueden adaptar a los contornos de las superficies de acoplamiento sin exponer los componentes y uniones de soldadura a altas fuerzas. Por eso el bajo módulo de elasticidad y la alta conductividad térmica resultan ser cualidades ideales para un TIM de relleno. Puesto que la conductividad suele ser determinada por el contenido del material de relleno, se alcanza tradicionalmente una conductividad más alta junto con un incremento en el módulo de elasticidad.

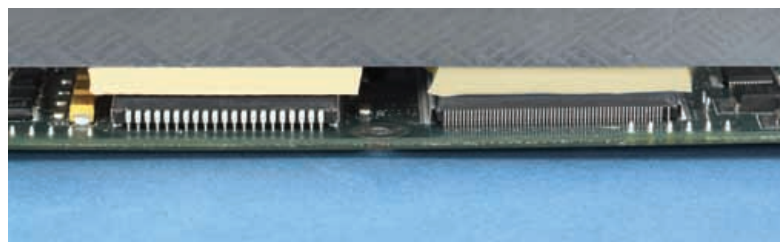
## Materiales de relleno en forma de láminas y almohadillas

Las últimas fórmulas de relleno ofrecen numerosas opciones que permiten a los diseñadores de sistemas priorizar la conformabilidad o la conductividad térmica, o una combinación óptima entre ambas propiedades.

Chomerics HCS10, por ejemplo (figura 1), cuya conductividad térmica es de 1W/m-K, presenta la conformabilidad más alta entre los materiales de relleno disponibles en forma de láminas o almohadillas y se comprime un 73% bajo una presión de 50 psi. Otros materiales de este tipo ofrecen una combinación diferente de conductividad y módulo de elasticidad, así como fórmulas que pueden moldearse para crear y conservar formas complejas, además de amortiguar vibraciones y proporcionar un alto rendimiento térmico.



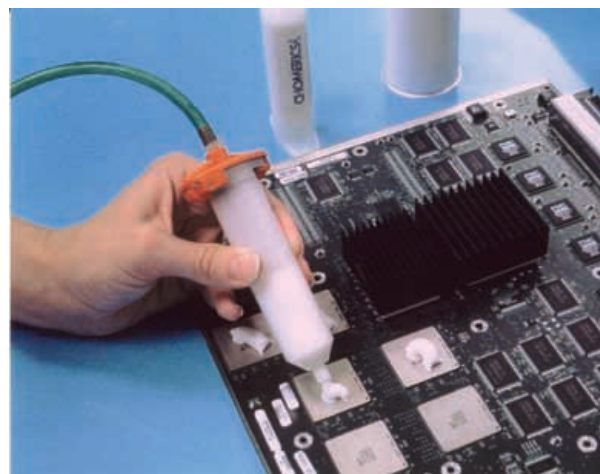
La baja fuerza de flexión, junto con las propiedades amortiguadoras de vibraciones de algunos tipos, hace que estos materiales sean aptos para aplicaciones tales como módulos de potencia, equipos de telecomunicaciones, sistemas de iluminación LED, módulos de memoria y dispositivos portátiles. Concretamente, las aplicaciones en las que es imposible predecir los tamaños de los huecos de aire tienden a aprovechar las ventajas aportadas por los materiales de relleno con bajo módulo, que ejercen una baja fuerza sobre los componentes cuando se comprimen.



Las láminas de relleno de conductividad térmica más alta suelen tener un módulo de elasticidad más alto. Chomerics 976 es un ejemplo de un relleno que no sólo presenta una alta conductividad térmica de 6,5 W/m-K sino que también ejerce bajas fuerzas sobre los componentes en la compresión (figura 2). Se flexiona un 45% a una presión de 50 psi, por lo que es más blando que los materiales con una conductividad térmica comparable. Entre la gran variedad de opciones abiertas a ingenieros se encuentra un montaje más rápido gracias a los rellenos con un adhesivo pre aplicado y sensible a la presión. Además, la baja desgasificación y las fórmulas libres de silicona están disponibles para aplicaciones sensibles a la silicona, tales como equipos aeroespaciales, dispositivos de electrónica óptica y unidades de disco duro.

## Rellenos que adoptan su forma en el lugar de su aplicación (form-in-place)

Como alternativa a los rellenos con materiales de elastómero de silicona, los compuestos form-in-place pueden utilizarse donde la distancia entre la superficie del componente y la superficie fría adyacente es variable. Las aplicaciones típicas incluyen fijar varios componentes, tales como un conjunto de MOSFET de potencia, en un disipador térmico común, por ejemplo en convertidores de potencia, controladores de motor o unidades de control electrónico. El ligante puede ser un material de silicona vulcanizante a temperatura ambiente de dos componentes. Más recientemente, se han desarrollado geles térmicos de un solo componente que pueden aplicarse directamente sin mezclarlos y que están precurados, lo que elimina el ciclo de curado normalmente necesario al usar materiales de dos componentes. Se necesita poca fuerza de compresión



o ninguna durante el montaje, lo que minimiza la fuerza mecánica ejercida sobre los componentes. Chomerics T630 Therm-A-Gap™, cuya conductividad térmica es de 0,7 W/m-K, es un ejemplo de un relleno que ofrece la comodidad y fácil uso de un material form-in-place precurado de un solo componente (figura 3).

Varios geles térmicos están disponibles, tanto para aplicaciones de relleno como para la sustitución directa de pastas térmicas. Su estructura molecular entrecruzada proporciona un TIM que ofrece las ventajas de bajo módulo de las pastas térmicas tradicionales y, al mismo tiempo, elimina los problemas de escape y secado.

## A modo de advertencia

Los rellenos aportan una solución cómoda y de alto rendimiento para los ingenieros que intentan optimizar la gestión térmica. Sin embargo, presentan una conductividad térmica muy superior a la del aire, pero considerablemente inferior a la de metales. La conductividad térmica de aluminio, por ejemplo, es de 250 W/m-K, en comparación con los 1 a 6 W/m-K de la mayoría de los materiales de relleno. Por lo tanto, la mejor práctica de diseño consiste en asegurar que los componentes se posicionen cerca de las superficies de disipación de calor para minimizar el espesor de los TIM, necesario para un acoplamiento térmico eficaz.


Es cierto que el rendimiento aumenta con cada nueva generación de materiales, pero los rellenos dan sus mejores resultados cuando se utilizan para optimizar un diseño que ya es térmicamente eficiente. 

Figura 3: Chomerics T630 Therm-A-Gap™, cuya conductividad térmica es de 0,7 W/m-K, ofrece la comodidad de un material form-in-place precurado de un solo componente.

Figura 1: Chomerics HCS10

Figura 2: Chomerics 976 es un ejemplo de un relleno que no sólo presenta una alta conductividad térmica sino que también ejerce bajas fuerzas sobre los componentes en la compresión.