

## Los aerogeles

Luis Miguel Requejo Morcillo, OT MAT

Palabras clave: aerogel, material, ligero, aislante

Metas tecnológicas relacionadas: MT 3.2.3, MT 4.3.2

Un aerogel es una sustancia compuesta por dos fases, una sólida y una gaseosa. Se suele decir que este tipo de material es lo más semejante a un coloide (pequeñas partículas en suspensión dentro de un líquido), con la diferencia de que mientras que en un coloide "normal" se tiene una fase líquida y otra sólida, en el aerogel, el componente líquido se ha reemplazado por un gas. Por este motivo, y debido a que es una sustancia sólida a la vista, se le suele conocer como "humo congelado".

El término aerogel no se refiere a una sustancia en particular, sino más bien a la geometría que una sustancia puede tener, del mismo modo que una escultura puede ser de arcilla, mármol, bronce, etc. Los aerogeles se pueden hacer de una amplia variedad de sustancias, incluyendo:

- Sílice.
- Óxidos metálicos.
- Ciertos polímeros orgánicos (tales como formaldehídos, poliácridatos, poliestirenos, poliuretanos, y epoxis) y biológicos (tales como gelatina y la pectina).
- Nanoestructuras de semiconductores.
- Carbono.
- Composites de aerogel, por ejemplo aerogeles reforzados con recubrimientos de polímeros o aerogeles con nanopartículas magnéticas.

La microestructura del aerogel está compuesta por una red de nanoestructuras interconectadas, pareciéndose a una piedra pómez de cristal volcánico, o a una esponja seca muy fina, pero siendo mucho más liviano que éstos. Los poros (de un tamaño en el intervalo de 1 a 100 nanómetros de diámetro y usualmente menor de 20 nm) están abiertos, es decir, el gas no queda atrapado dentro de la estructura. Al tacto, tiene una consistencia similar a la espuma plástica.

### Propiedades

Los aerogeles tienen ciertas propiedades que los hacen únicos.

Lo que más destaca es su bajo peso. Se trata de materiales sólidos que debido a su gran porosidad (normalmente son aire u otro gas en un 95-99% en volumen) presentan unas densidades muy bajas que generalmente van desde 0,0011 hasta aproximadamente 0,5 g cm<sup>-3</sup>, o lo que es lo mismo, alrededor de 15 veces más pesado que el aire.

Para ilustrar estas cifras, decir que con esas densidades, 40 piezas del tamaño de un ladrillo de aerogel pesarían sólo 1kg. Estos materiales tienen una resistencia mecánica muy elevada, ya que pueden soportar varias miles de veces su propio peso. Aunque este dato es muy interesante, es preciso matizar la afirmación anterior.

En general, los aerogeles son bastante frágiles. Los inorgánicos se desmenuzan fácilmente y se rompen al aplicar presión y cuando se doblan o, en el caso de los aerogeles de muy baja densidad, cuando se golpean. Los aerogeles por lo general pueden soportar una carga de hasta 2.000 veces su peso y a veces mayor. Pero como son tan ligeros, no se necesita mucha fuerza para alcanzar una concentración equivalente a la presión de 2.000 veces el peso del material en un punto dado. La cantidad de presión necesaria para aplastar a la mayoría de los aerogeles con los dedos es aproximadamente la que

se necesitaría para aplastar un pedazo de cereal como los que se suelen tomar en el desayuno.

Los aerogeles orgánicos poliméricos son menos frágiles que los inorgánicos y tienen una consistencia que se parece más a la de la típica espuma de color verde que se emplea en las macetas, la cual se puede aplastar y deformar irreversiblemente.

También existen varios ejemplos de aerogeles notablemente resistentes capaces de soportar cargas de decenas de miles de veces su peso. Tales materiales son una clase de polímeros reticulados con aerogeles inorgánicos llamados X-aerogeles. Estos se pueden hacer flexibles como el caucho, además de ser mecánicamente robustos. Existe un tipo de x-aerogel hecho de óxido de vanadio que es muy resistente a la compresión, rivalizando con la de materiales tales como los compuestos de fibra de carbono.

Una de las características más importantes de los aerogeles es su capacidad como aislante térmico, siendo más aislantes que la mejor fibra de vidrio térmica que existe actualmente. El motivo de esta capacidad está fundamentada en que los aerogeles, como se ha mencionado anteriormente, están compuestos básicamente por gases, y éstos son conocidos por poseer una baja conductividad de calor. Gracias a su elevado porcentaje de aire, estos materiales anulan prácticamente la transmisión

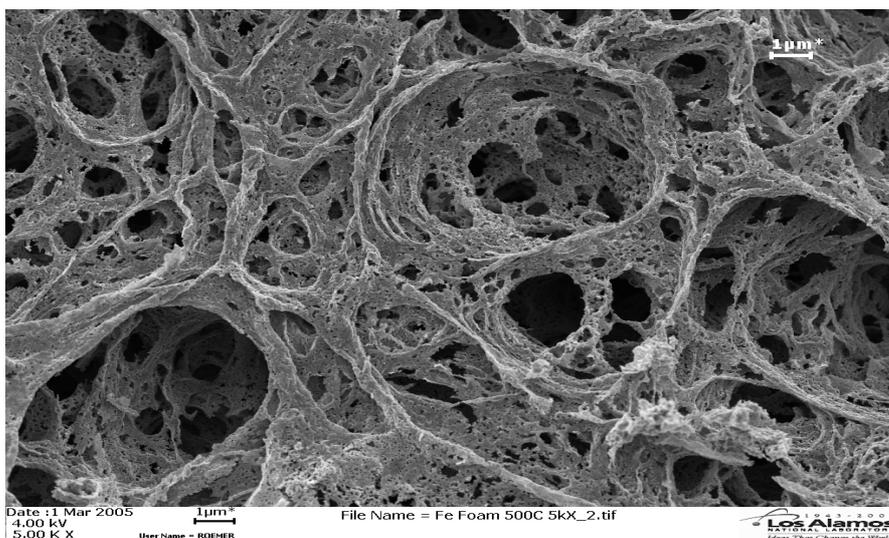


Fig. 1. Imagen obtenida por microscopía electrónica de la estructura de un aerogel metálico. (Fuente: Dr. Bryce Tappan, Los Alamos National Laboratory).



Fig. 2. El aerogel impide que la mano sea quemada por la llama (Fuente: eetd.ibl.gov).

de calor por conducción (vía sólidos), convección (vía fluidos) y radiación (por luz, por ejemplo).

Un hecho muy interesante de estos materiales es que el proceso de producción<sup>1</sup> es adaptable, de modo que muchas de las propiedades de un aerogel se pueden ajustar. Propiedades como la transparencia, el color, la resistencia mecánica y la susceptibilidad al agua dependerán principalmente de la composición del aerogel. Otras como la densidad y la conductividad térmica dependen además del gel precursor usado para hacer el aerogel. Así, por ejemplo, los aerogeles inorgánicos son excelentes aislantes térmicos y eléctricos, mientras que la mayoría de los aerogeles de carbono son buenos aislantes térmicos y conductores eléctricos.

### Aplicaciones

Desde el punto de vista civil y militar, estos materiales tienen una serie de aplicaciones muy interesantes, como las que se citan a continuación, en las que destaca su empleo por su gran capacidad aislante.

Actualmente existen aerogeles en el mercado que se emplean como aislantes térmicos para edificios, tuberías, tanques calentadores de agua y otros dispositivos. Estos aislantes son más delgados y eficaces que el resto de aislantes empleados en la actualidad. En este mismo sentido, se podrían emplear en la fabricación



Fig. 3. Aerogel flexible desarrollado en la NASA. (Fuente: www.rdmag.com).

de frigoríficos y congeladores con paredes más delgadas, permitiendo aumentar la capacidad de almacenamiento.

Otra aplicación que se está barajando es el empleo de los aerogeles flexibles en la fabricación de ropa para proteger de las condiciones de frío extremo y de las inclemencias del tiempo. Se trataría del desarrollo de un nuevo género de ropa súper aislante, con menos volumen que las tradicionales prendas térmicas. Tiendas de campaña y sacos de dormir tendrían las mismas ventajas. Sin embargo, parece poco probable que estos aerogeles flexibles fueran adecuados para las prendas de vestir utilizadas en la extinción de incendios, ya que requieren de protección más allá de los 350°C, que es la temperatura límite de empleo de los actuales.

La NASA ha trabajado bastante en el desarrollo de este tipo de materiales y está investigando el uso de aerogeles para fabricar un escudo térmico como sistema de reentrada de las naves espaciales que regresan a la Tierra desde la Estación Espacial Internacional (ISS), y tal vez en otras misiones<sup>2</sup>.

Ya se están comenzando a realizar experimentos muy interesantes aprovechando su poco peso para la construcción de estructuras y plataformas aéreas. Su alta capacidad como aislante térmico podría permitir que las estructuras aéreas pudieran flotar sobre la superficie terrestre, al causar diferencias de temperatura considerables entre el interior y el exterior de las mismas (el aerogel translúcido no permite la fuga de calor pero sí la entrada de radiación solar, tal como lo hace un cristal). Por ello, globos o dirigibles que se

construyesen con aerogel translúcido podrían ser elevados a miles de metros de altura y gracias a esta diferencia de temperaturas (unos 80°C a 8.000 metros) flotarían indefinidamente mientras les diese el sol.

Actualmente no se cree que pueda ser utilizado en blindajes, pero ya se está estudiando su uso como parachoques de automóviles, ya que amortigua la intensidad de los golpes en un 89%.

### Conclusiones

Este tipo de materiales son de interés para defensa, ya que presentan características muy útiles, por ejemplo para la fabricación de plataformas ligeras o en textiles. Estas prestaciones aparecen recogidas en la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) en las Metas Tecnológicas 3.2.3 "Reducir el peso de las plataformas mediante el uso de materiales más ligeros sin pérdida de prestaciones" y 4.3.1 "Aumentar la efectividad del personal desplegado en operaciones en entornos asimétricos a través de aspectos relacionados con la ergonomía y los factores humanos".

Además, tienen la gran ventaja de que mediante el ajuste de parámetros de procesado y de nuevas composiciones, se pueden hacer materiales muy versátiles en cuanto al ajuste de propiedades y capacidades.

<sup>1</sup> El aerogel se crea mezclando compuestos químicos que reaccionan para formar un gel húmedo, similar a un postre de gelatina. El gel se seca posteriormente en un autoclave, a unas determinadas condiciones de presión y calor.

<sup>2</sup> Las naves necesitan un escudo térmico para evitar que se quemen debido al calentamiento por fricción de la atmósfera terrestre.