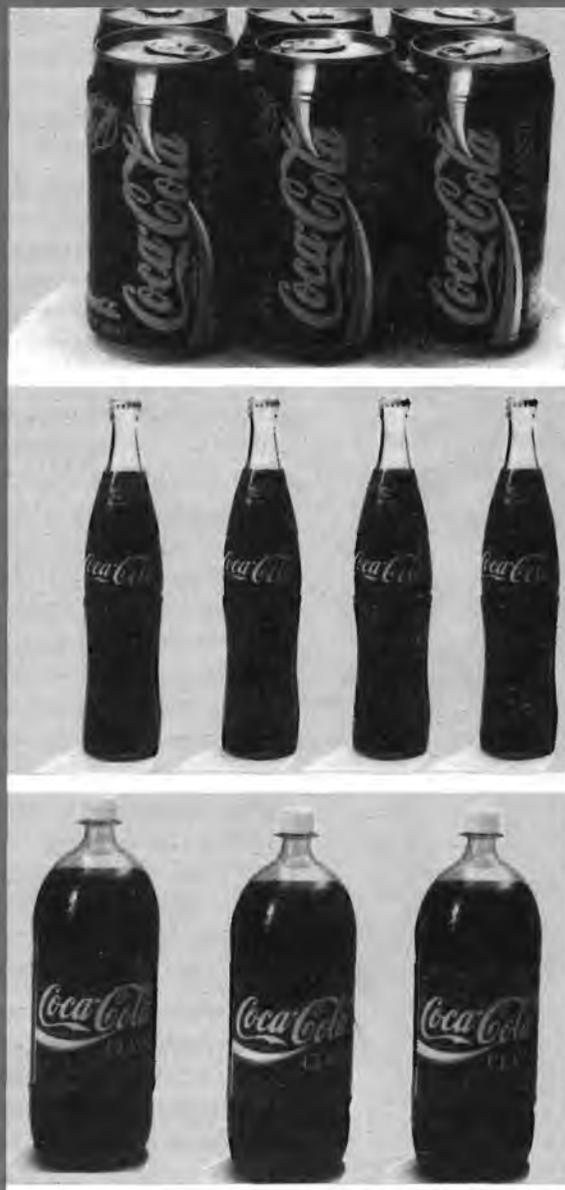


1

INTRODUCCIÓN



Una popular bebida refrescante se envasa en recipientes fabricados con tres tipos de materiales. Los envases de arriba son metálicos; las botellas del centro son de vidrio (cerámica); y las botellas de abajo son de plástico (polímero). (Fotografías reproducidas con la autorización de la compañía Coca-Cola.)

1.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA

Probablemente, la importancia de los materiales en nuestra cultura es mayor que lo que habitualmente se cree. Prácticamente cada segmento de nuestra vida cotidiana está influido en mayor o menor grado por los materiales, como por ejemplo transporte, vivienda, vestimenta, comunicación, recreación y alimentación. Históricamente, el desarrollo y la evolución de las sociedades han estado íntimamente vinculados a la capacidad de sus miembros para producir y conformar los materiales necesarios para satisfacer sus necesidades. En efecto, las primeras civilizaciones se conocen con el nombre del material que alcanzó mayor grado de desarrollo (p.ej., Edad de Piedra, Edad de Bronce).

El hombre primitivo sólo tuvo acceso a un número muy limitado de materiales, que encontró en la naturaleza: piedras, madera, arcilla, cuero y pocos más. Con el transcurso del tiempo, el hombre descubrió técnicas para producir materiales con propiedades superiores a las de los naturales; entre estos nuevos materiales se encontraban la cerámica y algunos metales. Además, se descubrió que las propiedades de un material se podían modificar por tratamiento térmico o por adición de otras sustancias. En este aspecto, la utilización de los materiales era totalmente un proceso de selección; esto es, de un conjunto limitado de materiales se decidía cuál era, en virtud de sus características, el más idóneo para una aplicación particular. Hace relativamente poco tiempo que los científicos llegaron a comprender la relación entre elementos estructurales de los materiales y sus propiedades. Este conocimiento, adquirido en los últimos 50 años aproximadamente, los ha capacitado, en alto grado, para modificar o adaptar las características de los materiales. Se han desarrollado decenas de miles de materiales distintos con características muy especiales para satisfacer las necesidades de nuestra moderna y compleja sociedad; se trata de metales, plásticos, vidrios y fibras.

El progreso de muchas tecnologías, que aumentan la confortabilidad de nuestra existencia, va asociado a la disponibilidad de materiales adecuados. El avance en la comprensión de un tipo de material suele ser el precursor del progreso de una tecnología. Por ejemplo, la fabricación de automóviles fue posible por la aparición de un acero idóneo y barato o de algún sustituto comparable. Actualmente los adelantos electrónicos más sofisticados se basan en componentes denominados materiales semiconductores.

1.2 CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

La disciplina *ciencia de los materiales* implica investigar la relación entre la estructura y las propiedades de los materiales. Por el contrario, la *ingeniería de los materiales* se fundamenta en las relaciones propiedades-estructura y diseña o proyecta la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades. En este texto se hace hincapié en las relaciones existentes entre las propiedades de los materiales y sus elementos estructurales.

"Estructura" es un término confuso que necesita alguna explicación. Normalmente la estructura de un material se relaciona con la disposición de sus componentes internos. La estructura subatómica implica a los electrones dentro de los átomos individuales y a las interacciones con su núcleo. A nivel atómico, la estructura se refiere a la organización de átomos o moléculas entre sí. El próximo gran dominio estructural, que contiene grandes grupos de

átomos enlazados entre sí, se denomina "microscópico" y significa que se puede observar utilizando algún tipo de microscopio. Finalmente, los elementos estructurales susceptibles de apreciarse a simple vista se denominan "macroscópicos".

La noción de "propiedad" necesita cierta elaboración. Un material en servicio está expuesto a estímulos externos que provocan algún tipo de respuesta. Por ejemplo, una muestra sometida a esfuerzos experimenta deformación; o un metal pulido refleja la luz. Las propiedades de un material se expresan en términos del tipo y magnitud de la respuesta a un estímulo específico impuesto. Las definiciones de las propiedades suelen ser independientes de la forma y del tamaño del material.

Todas las propiedades importantes de los materiales sólidos se agrupan en seis categorías: mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas. Para cada categoría existe un tipo característico de estímulos capaz de provocar respuestas diferentes! Las propiedades mecánicas relacionan la deformación con la carga o fuerza aplicada; ejemplos de ellas son el módulo elástico y la resistencia. En las propiedades eléctricas, tales como conductividad eléctrica y constante dieléctrica, el estímulo es un campo eléctrico. El comportamiento térmico de los sólidos se representa en función de la capacidad calorífica y de la conductividad térmica. Las propiedades magnéticas se refieren a la respuesta de un material frente a la influencia de un campo magnético. Para las propiedades ópticas, el estímulo es la radiación electromagnética o lumínica; el índice de refracción y la reflectividad son propiedades ópticas representativas. Finalmente, las propiedades químicas indican la reactividad química de un material. En los siguientes capítulos se tratarán las propiedades incluidas en cada una de estas seis clasificaciones.

¿Por qué se estudian los materiales? Muchos científicos técnicos o ingenieros, sean mecánicos, civiles, químicos o eléctricos, en alguna ocasión se encontrarán con un problema de diseño en el cual intervengan materiales. El engranaje de una transmisión, la superestructura de un edificio, el componente de una refinería de petróleo o el "chip" de un circuito integrado son algunos ejemplos. Por descontado, el ingeniero y el científico de materiales son especialistas totalmente involucrados en la investigación y en el diseño de materiales.

A menudo el problema que se presenta es la elección del material más idóneo de entre los muchos miles de materiales disponibles. Existen varios criterios en los cuales se basa normalmente la decisión final. En primer lugar, deben caracterizarse las condiciones en que el material prestará servicio, y se anotarán las propiedades requeridas por el material para dicho servicio. En raras ocasiones un material reúne una combinación ideal de propiedades, por lo que, muchas veces, habrá que reducir una en beneficio de otra. El ejemplo clásico lo constituyen la resistencia y la ductilidad; generalmente, un material con alta resistencia tiene ductilidad limitada. En estas circunstancias habrá que establecer un compromiso razonable entre dos o más propiedades.

La segunda consideración se refiere a la degradación que el material experimenta en servicio. Por ejemplo, las elevadas temperaturas y los ambientes corrosivos disminuyen considerablemente la resistencia mecánica.

Finalmente, la consideración más convincente es probablemente la económica. ¿Cuál es el coste del producto acabado? Un material puede que reúna un conjunto idóneo de propiedades pero resulte caro. De nuevo se es-

tablece un inevitable compromiso. El coste de la pieza acabada también incluye los gastos de los procedimientos de conformación para conseguir la forma final.

Cuanto más familiarizados estén los ingenieros o los científicos con las diferentes características y relaciones propiedad-estructura de los materiales, así como con las técnicas de su procesado, mayor será su habilidad y confianza para hacer elecciones sensatas basadas en estos criterios.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales sólidos se clasifican en tres grupos: metales, cerámicas y polímeros. Este esquema se basa en la composición química y en la estructura atómica. Por lo general, la mayoría de los materiales encajan en un grupo u otro, aunque hay materiales intermedios. Además, existen otros dos grupos de importantes materiales técnicos: materiales compuestos (composite) y semiconductores. Los materiales compuestos constan de combinaciones de dos o más materiales diferentes, mientras que los semiconductores se utilizan por sus extraordinarias características eléctricas. A continuación se describen brevemente los tipos de materiales y sus características más representativas. En los capítulos siguientes se estudian con algún detalle los elementos estructurales y las propiedades de cada uno.

1.3.1 Metales

Normalmente los materiales metálicos son combinaciones de elementos metálicos. Tienen gran número de electrones deslocalizados, que no pertenecen a ningún átomo en concreto. La mayoría de las propiedades de los metales se atribuyen a estos electrones. Los metales conducen perfectamente el calor y la electricidad y son opacos a la luz visible; la superficie metálica pulida tiene apariencia lustrosa. Además, los metales son resistentes, aunque deformables, lo que contribuye a su utilización en aplicaciones estructurales.

1.3.2 Cerámicas

Los compuestos químicos constituidos por metales y no metales (óxidos, nitruros y carburos) pertenecen al grupo de las cerámicas, que incluye minerales de arcilla, cemento y vidrio. Por lo general se trata de materiales que son aislantes eléctricos y térmicos y que a elevada temperatura y en ambientes agresivos son más resistentes que los metales y los polímeros. Desde el punto de vista mecánico, las cerámicas son duras y muy frágiles.

1.3.3 Polímeros

Los polímeros comprenden materiales que van desde los familiares plásticos al caucho. Se trata de compuestos orgánicos, basados en el carbono, hidrógeno y otros elementos no metálicos, caracterizados por la gran longitud de las estructuras moleculares. Los polímeros poseen densidades bajas y extraordinaria flexibilidad.

1.3.4 Materiales compuestos

Se han diseñado materiales compuestos formados por más de un tipo de material. La fibra de vidrio, que es vidrio en forma filamentosamente embebido dentro de un material polimérico, es un ejemplo familiar. Los materiales compuestos están diseñados para alcanzar la mejor combinación de las características de cada componente. La fibra de vidrio es mecánicamente resistente debido al vidrio, y flexible debido al polímero. La mayoría de los materiales desarrollados últimamente son materiales compuestos.

1.3.5 Semiconductores

Los semiconductores tienen propiedades eléctricas intermedias entre los conductores y los aislantes eléctricos. Las características eléctricas de los semiconductores son extremadamente sensibles a la presencia de diminutas concentraciones de átomos de impurezas. Estas concentraciones se deben controlar en regiones espaciales muy pequeñas. Los semiconductores posibilitan la fabricación de los circuitos integrados que han revolucionado, en las últimas décadas, las industrias electrónica y de ordenadores.

1.4 NECESIDAD DE MATERIALES MODERNOS

A pesar de los espectaculares progresos en el conocimiento y en el desarrollo de los materiales en los últimos años, el permanente desafío tecnológico requiere materiales cada vez más sofisticados y especializados. Desde la perspectiva de los materiales se pueden comentar algunos extremos.

La energía constituye una preocupación constante. Se reconoce la necesidad de nuevas y económicas fuentes de energía y el uso más racional de las actuales fuentes. Los materiales desempeñan un papel preponderante en esta cuestión. Por ejemplo, se ha demostrado la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica, pero las células solares emplean algunos de los materiales más complejos y caros. La viabilidad tecnológica de esta conversión se aseguraría si se desarrollaran materiales baratos y de alta eficiencia para este proceso.

La energía nuclear tiene futuro, pero la solución a los muchos problemas que quedan por resolver está relacionada con los materiales: desde el combustible a la estructura de los recipientes para controlar los residuos radiactivos.

La calidad medioambiental depende de nuestra habilidad para controlar la contaminación del aire y del agua. Las técnicas de control de la contaminación emplean diversos materiales. Además, los procedimientos de fabricación de los materiales deben producir mínima degradación ambiental, esto es, mínima contaminación y mínima destrucción del paisaje en aquellos lugares de donde se extraen las materias primas.

Los transportes consumen cantidades significativas de energía. La disminución del peso de los vehículos de transporte (automóviles, aviones, trenes, etc.) y el aumento de la temperatura de funcionamiento de los motores mejoran el rendimiento del combustible. Es necesario desarrollar nuevos materiales con elevada resistencia y baja densidad, así como materiales capaces de soportar elevadas temperaturas, para fabricar componentes de motores.