

Como este artículo trata sobre los materiales cerámicos, debemos principiar definiéndolos química y estructuralmente. Los cerámicos son compuestos inorgánicos de metal y no metal. Esta definición incluye las rocas naturales y los minerales, los cuales se excluyen generalmente de la categoría de los cerámicos, pero cuyas propiedades son frecuentemente similares a las de los cerámicos técnicos. Por ejemplo, las gemas naturales y las sintéticas como el diamante y el zafiro, son importantes en varias aplicaciones ópticas. En general, consideramos los cerámicos como aquellos materiales inorgánicos elaborados por el hombre.

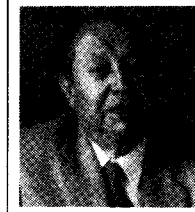
Los vidrios se consideran como una subclase de los cerámicos. La diferencia entre los dos es que los cerámicos tienen una estructura cristalina periódica de alto orden y los vidrios tienen un orden cristalino corto, solamente a nivel de subunidades pero éstas se empaquetan al azar. Un ejemplo de un vidrio natural es la obsidiana (una roca volcánica). Algunos vidrios pueden convertirse en cerámicos por medio de tratamientos térmicos, durante los cuales se nuclean y crecen los cristales dentro del vidrio. Un ejemplo clásico de este tipo de material, conocido como vidrio-cerámico, es el Pyroceram desarrollado por la Corning Incorporated para su utilización en vajillas (Corelle por su nombre comercial).

La mayoría de los cerámicos son compuestos de óxidos, carburos, nitruros o boruros, aunque otros materiales califican también como cerámicos. Por ejemplo, los materiales semiconductores tales como el Arseniuro de Silicio y de Galio tienen muchas propiedades semejantes o similares a los de los cerámicos tradicionales. Las estructuras cristalinas en los cerámicos

pueden ser de muchos tipos. El enlace atómico entre los átomos en los cristales puede variar desde completamente iónico (por ejemplo el Fluoruro de Magnesio utilizado para ventanas de transmisión infrarroja) hasta completamente covalente (por ejemplo el carburo de Silicio utilizado para estructuras de alta temperatura tales como intercambiadores de calor).

Muchos cerámicos que tienen aplicaciones técnicas o de ingeniería se utilizan en forma de material policristalino. Esto es, que consisten de granos individuales, los cuales son realmente cristales simples, unidos entre sí durante el procesamiento a temperaturas elevadas. Las estructuras cristalinas dentro de cada grano son generalmente orientadas de un grano a otro, lo cual conduce a dificultades potenciales en términos de anisotropía en las propiedades elásticas o térmicas. En el lado positivo, este defecto de

orientación puede conducir a una resistencia mejorada a la propagación de grietas a través



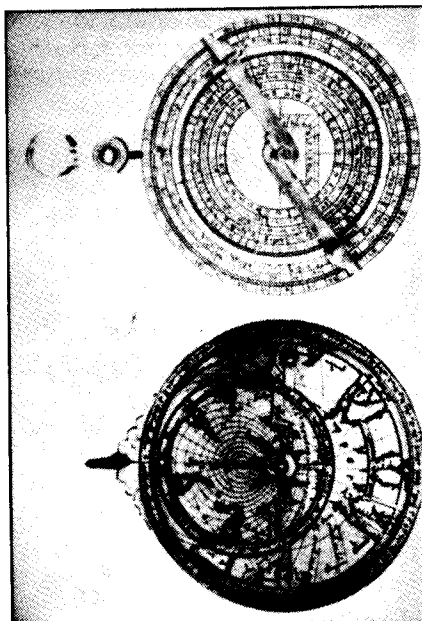
Gustavo Tovar Sánchez  
 Profesor Dpto. de Ingeniería Mecánica.  
 Ingeniero Químico, Universidad Nacional,  
 Especialista en Materiales y Metalurgia,  
 Columbia University, EE.UU. Profesor  
 de Ingeniería Mecánica, Uniandes. Área de  
 especialización Materiales y Metalurgia.

del material. Los límites entre los granos pueden constituir por sí mismos fuentes de localización de impurezas, fuentes de fallas, o en algunos casos medios para lograr propiedades únicas en el material (por ejemplo, capacitores de capa-límite).

Cuando pensamos en los cerámicos tradicionales incluimos los ladrillos y otros productos de arcilla, las porcelanas blancas, los cementos y aún el óxido de aluminio que se utiliza en las bujías de ignición y en los sustratos de las tarjetas electrónicas. Los vidrios tradicionales incluyendo el vidrio común de ventanas, los vidrios ópticos y varios vidrios utilizados como sellos. Mientras que estos vidrios y los materiales cerámicos representan una fracción considerable de la industria cerámica, el interés en los años recientes se ha centrado en los denominados cerámicos avanzados (cerámicos en Ingeniería).

Los cerámicos avanzados son materiales que se han desarrollado por sus propiedades mecánicas, eléctricas, ópticas y magnéticas particulares. Durante los años pasados, los materiales cerámicos se han utilizado incrementalmente en componentes estructurales y funcionales. Porque estos materiales se han constituido en un factor tan importante en las nuevas

FOTO 3



aplicaciones ?. Existen varios factores motivantes para la utilización de vidrios y cerámicos avanzados en varias áreas nuevas. Su excelente resistencia química y a la corrosión en varios ambientes y en un amplio intervalo de temperaturas, su transparencia óptica en un amplio intervalo de longitudes de ondas desde el ultravioleta al infrarrojo, su alta dureza y resistencia al desgaste y sus características eléctricas únicas, los hacen materiales atractivos para un amplísimo intervalo de aplicaciones. Como ejemplo incluímos en la categoría de los cerámicos avanzados los siguientes:

- 1) El Carburo y el Nitruro de Silicio utilizados por su resistencia mecánica y su resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas.
- 2) El material compuesto de Carburo de Boro con un metal, utilizado para discos y ruedas abrasivas en el mecanizado.
- 3) Los compuestos reforzados con fibras o con filamentos muy finos (Whiskers), los cuales exhiben una "falla decorosa" en lugar de una falla catastrófica, por lo cual se utiliza en varias estructuras.
- 4) Los óxidos complejos que tienen propiedades dieléctricas o piezo- eléctricas únicas (por ejemplo el plomo titanato de zirconio y el Niobato de plomo y magnesio) que se utiliza en los capacitores modernos de capa múltiple y en los transductores.
- 5) Los cerámicos superconductores descubiertos recientemente, los cuales desarrollan resistencia cero a temperaturas bien por encima de las de cualquier otro material conocido.
- 6) Los vidrios avanzados incluyen

las fibras de Silice de alta resistencia, las cuales se están convirtiendo en la fuente principal de transmisión electrónica de datos (fibras ópticas), los vidrios constituídos



por compuestos sin óxido, los cuales transmiten bien la radiación en el infrarrojo y los vidrios que actúan como huéspedes para los lasers.

- 7) Los cerámicos se están incorporando en las máquinas de combustión interna. Los principales beneficios que se pueden lograr de la utilización de los cerámicos en esta aplicación, son mayores temperaturas de operación y menor peso del motor, todo lo cual se traduce en una mayor eficiencia. Además, debido a su excelente resistencia al desgaste, los componentes cerámicos no requieren una lubricación tan extensa. La Nissan Motor Company, el fabricante japonés de automóviles introdujo recientemente un vehículo con un motor de turbina-alimentadora, hecha de Nitruro de Silicio. La compañía Cummins Engine Co., ha estado ensayando un motor Diesel para camión con tapas cerámicas para los pistones y con balineras y camisas para los pistones también de cerámicos, los

cuales posibilitan que el motor funcione sin sistema de enfriamiento. Varias compañías americanas están desarrollando motores de turbina de gas de materiales cerámicos para automóviles y la Rolls-Royce Ltd., está experimentando con motores similares para helicópteros.

B) Los cerámicos que cambian sus propiedades eléctricas cuando se les expone a ciertos agentes químicos, tienen muchas aplicaciones potenciales. Las moléculas líquidas o gaseosas al interactuar con un cerámico de este tipo en forma de pelets porosos,

podría cambiar la resistencia eléctrica de cerámico de este tipo en forma fácilmente medible. El sensor basado en este principio es de diseño simple y requiere de un par de contactos eléctricos. La carencia de reactividad y la resistencia a la corrosión de los cerámicos, hace que estos materiales se desempeñen mucho mejor en ambientes químicos agresivos que los sensores convencionales.

Uno de estos dispositivos es un sensor de humedad, el cual tiene muchas aplicaciones en sistemas de aire acondicionado, en secadores y en equipos de respiración. Otros sensores cerámicos se han desarrollado para detectar la presencia de Metano, el principio constituyente del gas natural. Estos sensores podrían mejorar la seguridad en el hogar, en donde el gas natural se usa para calefacción y para la cocción.

- 9) En el área de los cerámicos piezoeléctricos vale la pena mencionar el desarrollo de un

cabezote de impresión de tinta de alta velocidad y de alta precisión. El cabezote consiste de cientos de pozos diminutos de tinta contruídos en un material piezoeléctrico. Al aplicar un voltaje selectivo a los pozos de tinta, se puede hacer que estos se contraigan subitamente, liberando a chorros la tinta sobre el papel, en modelos correspondientes a los caracteres deseados. Se requieren menores espacios y menores voltajes que los necesarios para otros cabezotes de impresión, además de mejorar los detalles de la impresión.

- 10) Los motores de corriente directa también se pueden construir de material piezoeléctrico, para convertir la dilatación del cerámico en movimiento de traslación o rotacional cuando este se expone a un cambio eléctrico. Estos motores son compactos, de peso ligero y sencillos porque no requieren alambrado para el embobinado. Pueden pararse y arrancar sin resbalamiento y suministran un torque alto a bajas velocidades, lo cual permite mover kilogramos de carga lentamente y en forma precisa.

Por ejemplo, el motor desarrollado por la Shinsei Electric Industrial Company Ltd., del Japón, es un motor de corriente directa y de accionamiento lineal. La masa que se va a mover se coloca en un riel fijo de cerámico piezo-eléctrico. La aplicación de un voltaje de alta frecuencia al riel produce ondulaciones en su superficie, las cuales pueden mover la masa hacia adelante o hacia atrás en el riel. Se pueden considerar muchas aplicaciones para este motor en máquinas y para productos de consumo.

Pero cuáles son las barreras técnicas que limitan una más amplia utilización de los cerámicos avanzados?. Uno de los obstáculos más severos para la utilización de los cerámicos y de los vidrios en

aplicaciones estructurales (o en cualquier aplicación en la cual se involucren esfuerzos altos) es su resistencia relativamente baja al crecimiento de grietas pequeñas. Esta resistencia intrínsecamente pequeña a la fractura es una consecuencia del hecho de que a la temperatura ambiente no hay procesos de deformación dúctil.(fluencia) que puede mitigar los grandes esfuerzos generados en la raíz de las grietas. Esta fragilidad intrínseca significa que las grietas que producen fallas son generalmente del tamaño de unas pocas micras, por debajo del límite de detección de los procesos de evaluación NO DESTRUCTIVA.

Un segundo problema es la dificultad en el procesamiento de estos materiales en su condición de "libres de grietas". Los defectos que producen fallas pueden resultar de la presencia de poros ó de inclusiones en el cuerpo del material ó con mayor frecuencia, de las pequeñas grietas generadas en la superficie durante el proceso de conformación por mecanizado y durante las operaciones de terminado.

Otros problemas asociados con el procesamiento y la utilización de los cerámicos y los vidrios avanzados es su sensibilidad a pequeñas cantidades de impurezas, las altas temperaturas

requeridas para su procesamiento hasta densidad completa, la dificultad para producir materiales idénticos, su deformación lenta es decir el creep a altas temperaturas, el alto costo relativo de las materias primas y el costo del mecanizado de estos materiales duros hasta su forma final.

Las propiedades físicas de los materiales cerámicos pueden variarse o mejorarse introduciendo cambios diminutos en su composición y en la orientación de los granos, combinando varios cerámicos diferentes en un material compuesto y eliminando o creando intencionalmente vacíos. Los ceramistas están adquiriendo el control fino y necesario de la composición y de la microestructura cristalizando por ejemplo los vidrios, utilizando polvos extremadamente finos y de alta pureza química y empacando cuidadosamente estos polvos en forma muy cerrada.

Debemos observar que los elementos que constituyen los materiales cerámicos son los más abundantes en la corteza terrestre. Existe por lo tanto la posibilidad de que las materias primas permanezcan a precios razonables y más baratos que los materiales sustitutos para algunas aplicaciones de alta temperatura,



los cuales son generalmente aleaciones metálicas especiales que contienen elementos costosos y relativamente escasos, tales como el Cobalto, el Tugnsteno, el Columbio y el Cromo.

Aunque los cerámicos son susceptibles a la presencia de imperfecciones diminutas durante su procesamiento y que esto dificulta la elaboración y la conformación de componentes

cerámicos de alta calidad y a bajo costo, el valor potencial de los cerámicos se puede aumentar con el incremento en la pureza y en la homogeneidad de sus constituyentes, lo cual los hace muy valiosos para continuar explorando nuevas formas para alcanzar la perfección en su procesamiento. Sin embargo, obtener la perfección en el laboratorio no es suficiente. Los procesos satisfactorios de

laboratorio deben convertirse en procesos a escala industrial pero sin renunciar al control perfecto de la composición y de la microestructura. La investigación de técnicas para el procesamiento de los cerámicos que puedan adaptarse a escala industrial constituye uno de los grandes desafíos de la ingeniería para el resto de este siglo.

