



INDUSTRIA CERAMICA MODERNA

INES BERNAL de RAMIREZ



966
S17C
12



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).





CERAMICA

INDUSTRIA CERAMICA MODERNA

INES BERNAL DE RAMIREZ
Química

Profesora
Departamento de Química
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional
de Colombia

Convenio
SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL



Servicio Nacional
de Aprendizaje

REGIONAL
NORTE DE SANTANDER



UNIVERSIDAD NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

Presentación

Frente a las necesidades de información de los sectores económicos para mejorar la calidad y productividad de las empresas, uno de los mayores aciertos del Convenio suscrito por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y la Universidad Nacional de Colombia, ha sido, en un trabajo conjunto e interactivo, difundir nuevas Tecnologías.

Los pequeños y medianos empresarios de la INDUSTRIA CERAMICA del país se ven enfrentados a las permanentes y cambiantes expectativas y necesidades de diferentes segmentos del mercado. El país ha desarrollado con relativo éxito la cerámica comúnmente llamada "roja" que comprende los ladrillos, tejas y alfarería común; la cerámica "fina" que va desde el gres, la cerámica para baños e instalaciones sanitarias a la vista, hasta loza y vajillería fina; los refractarios y la porcelana aislante eléctrica; sin embargo; la riqueza minera de nuestro subsuelo nos permite igualmente desarrollar la cerámica moderna que no utiliza la arcilla como elemento principal de partida sino compuestos de alta pureza de elementos químicos.

Entregar información técnica acerca de los diferentes tipos de industria cerámica, las propiedades de las materias primas, la construcción de los moldes, las pastas, entre otros, es el objetivo de esta serie de cuatro (4) publicaciones que, con base al diagnóstico de la Industria Cerámica adelantado por el SENA en Norte de Santander, decidieron llevar a cabo el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional la Regional del SENA en Norte de Santander la Subdirección de Formación y Desarrollo Social de el SENA .

Quiero hacer una mención de reconocimiento a quienes han puesto su mayor empeño en la realización de este trabajo, a las profesoras Inés Bernal de Ramírez y Lucila Bueno de la Universidad Nacional y a las instructoras Martha Piedad Gómez y Laura Yañes del SENA y Alfredo Durán Subdirector del SENA Norte de Santander.

SERGIO ENTRENA LOPEZ

Director Regional SENA Norte de Santander

Creditos



AUTOR

INES BERNAL DE
RAMIREZ
Departamento de Química
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de
Colombia



EDITOR

CONVENIO
SENA - UNIVERSIDAD
NACIONAL

SONIA CRISTINA PRIETO
Servicio Nacional de
Aprendizaje SENA
División Industria
Dirección General

ILUSTRACIONES

JAIRO PELAEZ RINCON
Químico Universidad
Nacional de Colombia
"EL CARTEL del HUMOR"



IMPRESION

SENA - Sección de
Publicaciones 1991

DIAGRAMACION

ELENA MARIA OSPINA
LUIS EDUARDO LEON
"EL CARTEL del HUMOR"



GERMAN FERNANDEZ
Ingeniero Mecánico
Universidad Nacional
de Colombia
"EL CARTEL del HUMOR"



Derechos Reservados:
SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL
Prohibida su reproducción total o parcial



Contenido

PRESENTACION	5
A MANERA DE INTRODUCCION	10
EN QUE SE DIFERENCIAN LOS MATERIALES CERAMICOS DE LOS DEMAS MATERIALES TECNOLOGICOS	12
¿QUE SON LAS NUEVAS CERAMICAS?	16
¿En que residen las características de las nuevas cerámicas?	
CLASIFICACION DE LAS NUEVAS CERAMICAS	20
CERAMICAS ESTRUCTURALES	20
Propiedades mecánicas - Propiedades térmicas - Materiales compuestos	
CERAMICAS FUNCIONALES	28
ELECTROCERAMICAS	28
Cerámicas dieléctricas - Dieléctricos polares - Materiales ferroeléctricos - Materiales piezoeléctricos - Materiales semiconductores y conductores - Los superconductores - Material aislante o dieléctrico	



**BIOCERAMICAS O CERAMICAS
CON PROPIEDADES BIOLÓGICAS** 36

CERAMICAS CON PROPIEDADES QUÍMICAS 37

**¿CUALES SON LOS CAMPOS DE APLICACION
DE LAS NUEVAS CERAMICAS?** 38

Materiales para motores - Aplicaciones aeroespaciales

**¿ QUE PERSPECTIVAS PRESENTAN
PARA LOS PROXIMOS AÑOS
LAS CERAMICAS FUNCIONALES?** 42

OTROS USOS 44

Aplicaciones magnéticas - Aplicaciones químicas
Aplicaciones de la superconductividad

RESUMEN 47

BIBLIOGRAFIA 48

A manera de introducción

La tecnología moderna invade todos los ámbitos y se deja sentir en todos los niveles de la humanidad. A diario hallamos a nuestro paso nuevos equipos de sonido, calculadoras diminutas y robots que se encargan de muchas acciones que hasta ayer correspondían a personas debidamente capacitadas. Las noticias nos traen imágenes del nuevo transbordador espacial, del avión que no es captado por el radar, del tren rápido que se desliza en el aire sostenido por fuerzas magnéticas y de los nuevos automóviles más económicos en el gasto de combustible y que prácticamente no contaminan. Nos preguntamos, ¿Qué tiene que ver todo esto con la cerámica?

Hasta ahora se entiende como cerámica, las bellas estatuas y vajillas de porcelana, y los ladrillos y tejas que constituyen nuestras construcciones sin verse la relación entre éstas y las maravillas descritas en el principio. En esta cartilla se tratará de establecer cual es esta relación bajo los siguientes títulos:

- ¿Qué son las nuevas cerámicas y por qué nacieron?
- ¿Cómo se clasifican las nuevas cerámicas?
- ¿Cuáles son los campos de acción en el mundo de la industria cerámica actual?





Al leer con atención este material, comprenderá la importancia de la nueva tecnología cerámica y tal vez podrá poner en práctica algunas ideas que lo vinculen a esta revolución tecnológica mundial. Además, como la fabricación de la cerámica es una curiosa mezcla de arte antiguo y ciencia moderna, es necesario que las personas interesadas en ella compartan el significado del lenguaje propio del oficio. Con esta cartilla se pretende ofrecer un puente de unión lingüístico que favorezca las relaciones entre los interesados en el tema y el hombre común.

EN QUE SE DIFERENCIAN LOS MATERIALES CERAMICOS DE LOS DEMAS MATERIALES TECNOLOGICOS

El hombre a través de la historia ha modificado los recursos que le brinda la naturaleza para transformarlos en objetos útiles en tal forma que la selección, modificación y elaboración de los materiales se constituyen en elementos de su cultura en las diferentes regiones del mundo.

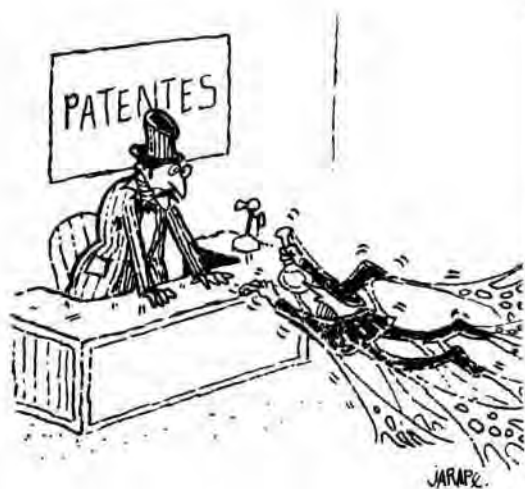
Los primeros artesanos desarrollaron de una manera empírica su conocimiento de los materiales así como las técnicas para elaborarlos; sabían por ejemplo de qué manera había que combinar carbón vegetal con un mineral para fundirlo y así separar la ganga del metal; también desarrollaron el proceso de mezclar dos metales para producir una aleación, mas fácil de trabajar o mas dura después de fraguar que cualquiera de los dos metales por separado y cómo endurecer un metal mediante el temple o la forja, floreciendo durante muchos siglos los metales y las aleaciones como materiales aplicables a numerosos usos a los cuales los materiales cerámicos no podían contribuir debido a su fragilidad.



En la búsqueda de nuevos materiales el hombre ha imitado la naturaleza y así por ejemplo la formación de una lámina al secarse una taza de leche colocada al calor, pudo ser la idea que impulsó la creación de los plásticos o polímeros artificiales vemos así que en 1869 se concedió en los Estados Unidos la primera patente de un material plástico sintético. El más antiguo de los miembros de ésta familia es el celuloide, material derivado de la celulosa, un polímero natural, material que a pesar de ser muy peligroso de manejar tiene muchas propiedades que lo hacen aplicable a numerosos usos.

A este polímero sintético le siguió en 1907 la baquelita producido en los Estados Unidos por el Dr. Leo Backeland. Veinte años más tarde cuando expiró la patente fundamental se inició en Norteamérica un período de desarrollo muy activo de nuevos materiales plásticos y prácticamente desde esa época hasta la década de los 70, permanecieron estos materiales como los más avanzados, reemplazando a las cerámicas y a los metales en muchas de sus aplicaciones tradicionales.

La diferencia esencial entre los materiales la señalan sus propiedades, es decir sus respuestas ante estímulos externos.



En los últimos 50 años los científicos trataron de relacionar las propiedades externas del material con su estructura interna para tratar de desarrollar el soporte técnico de los procesos de obtención de los materiales.

Gracias al impresionante avance de los métodos de análisis químico y físico se pudieron hacer observaciones muy importantes, por ejemplo, por medio del microscopio óptico se observó que la superficie de fractura de un pedazo de fundición de hierro era de naturaleza cristalina y con ayuda del análisis químico se estableció que variaba mucho según la composición química y el tratamiento que había sido aplicado a las materias primas.

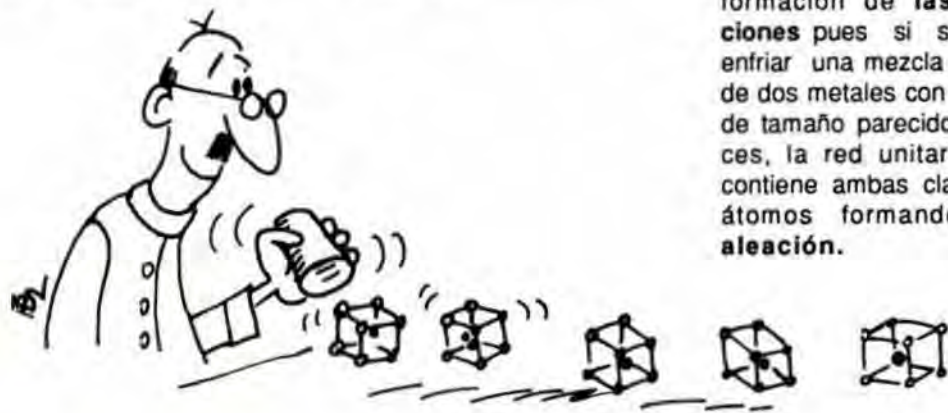
Esta observación constituye la iniciación histórica del camino hacia la comprensión de la naturaleza íntima de los materiales y el nacimiento de la ciencia de los materiales objeto de descubrimiento y desarrollo por parte de químicos, físicos e ingenieros.

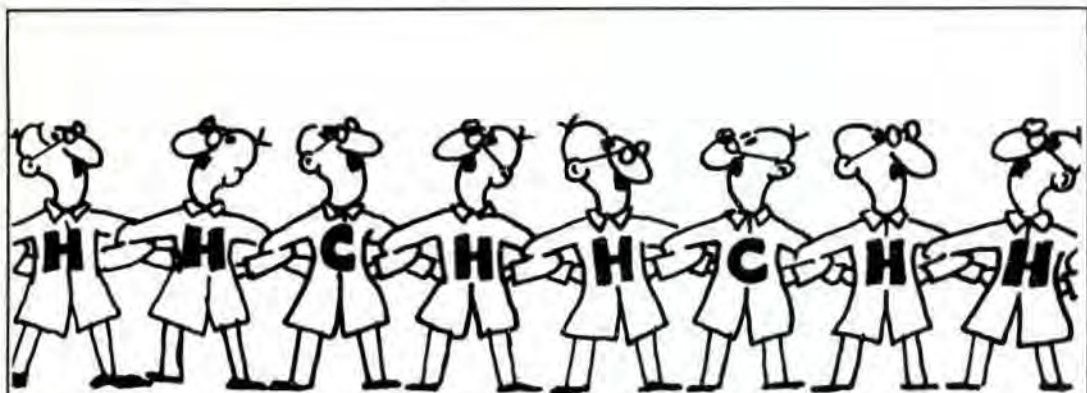
Así se descubrió que los materiales son como edificios con estructura y muy variable que la complejidad estructural permite explicar con éxito el amplio abanico de propiedades que ofrecen. La posterior investigación fundamentada sobre esta premisa ha permitido fijar forma científica la diferencia entre las grandes familias de **materiales** y relacionar estas diferencias con los procesos por los cuales se obtienen y predicen el comportamiento del material a partir del conocimiento de su arquitectura interna.

Los **materiales cerámicos**, por ejemplo son capaces de resistir el calor y ataque químico, sin embargo se rompen muy fácilmente por tensión o por impacto, es decir son frágiles. Estas propiedades pueden atribuirse a que en ellos los átomos constituyentes están fuertemente unidos por los dos tipos de enlace que los químicos llaman iónicos y covalentes y dispuestos en grupos llamados "celdillas unitarias" que se repiten de manera periódica a través del material, constituyendo lo que se llama una "estructura cristalina".

Si no hay periodicidad el material no se considera cristalino.

Los átomos en los **metales** están unidos principalmente formando estructuras reticulares de alta simetría en las cuales electrones externos de los átomos están unidos débilmente y pueden moverse fácilmente entre ellos y explicando así la gran conductividad eléctrica de estos materiales. En la red metálica participan solo una clase de partículas y estas están definidas por su tamaño, lo cual explica la formación de **las aleaciones** pues si se deja enfriar una mezcla líquida de dos metales con átomos de tamaño parecido entonces, la red unitaria final contiene ambas clases de átomos formando una **aleación**.

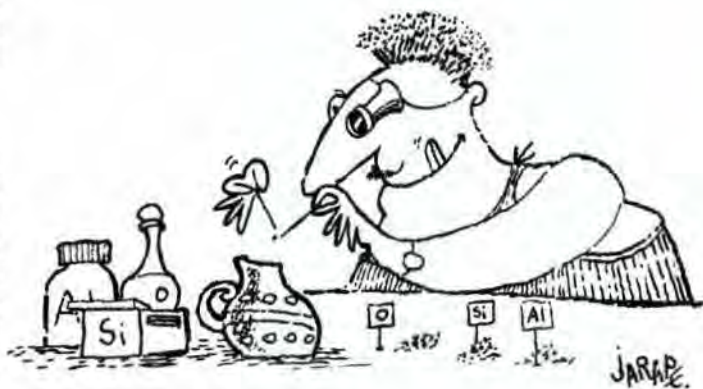




En los plásticos, puesto que son de origen orgánico, los átomos de carbono e hidrógeno forman moléculas que a su vez tienden a formar polímeros o largas cadenas en vez de estructuras cristalinas tridimensionales.

Se explica así como la diferencia fundamental entre materiales reside en su ordenación estructural a nivel atómico y molecular.

Podemos además adelantar, con respecto a la cerámica, que la composición química y la microestructura determinan todas sus propiedades macroscópicas dependientes a su vez del proceso seguido para su obtención.



Resumen

Los materiales cerámicos se diferencian de los demás materiales tecnológicos como los metales y aleaciones y los polímeros, en su ordenación estructural a nivel atómico y molecular la cual depende tanto de las materias primas que los originan como del proceso por el cual se obtiene el material final.

Las Cerámicas del Futuro

¿QUE SON LAS NUEVAS CERAMICAS?



Numerosos investigadores en todo el mundo se dedicaron a estudiar cómo superar las desventajas de la cerámica tradicional para lograr materiales, también baratos, que utilizaran recursos minerales abundantes en la naturaleza y cuyos productos se pudieran ofrecer en otras aplicaciones a nivel industrial.



Inicialmente se trató de optimizar las condiciones del proceso de cocción pues la invención del horno eléctrico a comienzos del presente siglo, permitió alcanzar mayores temperaturas de cocción apareciendo nuevos materiales cerámicos como la alúmina o la magnesia electrofundidas. Además los químicos, los físicos y los ingenieros empezaron a aplicar sus conocimientos para comprender el proceso cerámico, desde el punto de partida de sus materias primas hasta el efecto que tiene el programa de calentamiento y enfriamiento en la cocción.

Estas investigaciones se vieron favorecidas por la inversión estatal en los programas de tecnología espacial de los Estados Unidos y por la crisis energética de la década de los setenta.

En el programa espacial se empezó a buscar sustitutos de las aleaciones ferrometálicas y de aluminio que presentaban inconvenientes frente a problemas tales como el choque térmico, abrasión por altas velocidades, calentamiento por rozamiento y mucho peso por unidad de volumen, encontrándose que algunos materiales cerámicos podían obviar estos inconvenientes.

Por su parte la crisis energética influyó en la búsqueda de materiales que permitieran aprovechar mejor las escasas reservas de combustible evitando pérdidas de energía o permitiendo alcanzar temperaturas superiores que hicieran más eficientes los procesos de combustión.

De aquí nacieron las nuevas cerámicas con amplias aplicaciones industriales especialmente en los sectores de bienes de equipo, defensa, energía y en el sector de la electrónica que aprovecha algunas propiedades sorprendentes de estos nuevos materiales.

Insistimos entonces con el interrogante:

¿Qué son las nuevas cerámicas?

Las nuevas cerámicas son entonces productos desarrollados en las últimas décadas que no utilizan la arcilla como material principal de partida, sino compuestos de alta pureza de elementos químicos como óxidos, sulfuros y otros de nitrógeno, circonio, etc., con propiedades no metálicas, obtenidos a partir de procedimientos apropiados de los minerales que los contienen naturalmente o sintetizados químicamente.

El proceso de fabricación de las nuevas cerámicas se asemeja bastante al que se sigue en la producción de piezas de alfarería diferenciándose esencialmente en que las materias primas son de alta pureza, de grano extremadamente fino y de estructura conocida. Esto permite obtener una pieza en verde sin defectos, cuyas partículas se empaquetan ordenadamente garantizando así homogeneidad en todo su volumen. El tamaño de la partícula, polvos ultrafinos del orden del 10 a 100 μ .m. permiten acelerar los procesos de reacción y síntesis, disminuyendo la temperatura de sinterización del material y favoreciendo el crecimiento uniforme de los granos de nuevas fases previniendo así defectos en la estructura final.

La estructura de las partículas de partida también es un parámetro que ha mostrado tener importancia ya que influye en el empaquetamiento de las mismas. Se ha establecido que la compactación óptima se alcanza cuando se tienen partículas esféricas de tamaño uniforme.



Las partículas se aglomeran generalmente con aditivos orgánicos hasta formar una masa maleable la cual se somete a altas presiones para lograr una conformación homogénea. En el proceso de cocción se eliminan los aditivos orgánicos y mediante el control de temperatura, presión y atmósfera se obtiene el material con la estructura programada que define el comportamiento y propiedades deseadas.

La pregunta ahora es:

¿En qué residen las características de las nuevas cerámicas?

Como recordamos al principio, el producto cerámico obtenido a partir de la arcilla muestra una estructura más o menos caótica en la que los cristales de los minerales primarios o de los nuevos productos sintetizados en el proceso de cocción, se mantienen unidos por cementación por vidrios formados durante el mismo proceso.



La cerámica obtenida así tiene un alto valor añadido de manera que el costo de su proceso y de las materias primas se compensa.

Los materiales de partida pueden ser productos de desecho de algunos procesos industriales o ser abundantes en la naturaleza y por lo tanto aún no se consideran estratégicos aún cuando con el tiempo podrían llegar a serlo.

En las nuevas cerámicas los polvos iniciales se someten a presión para empaquetarlos estrechamente antes de someterlos al proceso de cocción, o durante el mismo, logrando de esta manera que las partículas solden entre sí sin dejar poros o grietas y generando una microestructura ordenada, libre de defectos y tenaz, es decir, no susceptible a fracturarse como la cerámica común.

C. Pascual Centenera propone que los parámetros que condicionan el desarrollo de los materiales cerámicos avanzados son:

La diversificación de componentes y estructuras.

El control de la microestructura teniendo en cuenta:

Fases

Tamaño de partícula

Borde de grano y superficies

Porosidad

La caracterización exacta de sus propiedades

La determinación de la relación estructura-propiedades



Resumen

La nueva cerámica se diferencia de la tradicional en que para obtenerla es necesario partir de materias primas muy puras, elaboradas por procesos más o menos complejos aplicados sobre los minerales que los contienen, o sintetizados químicamente.

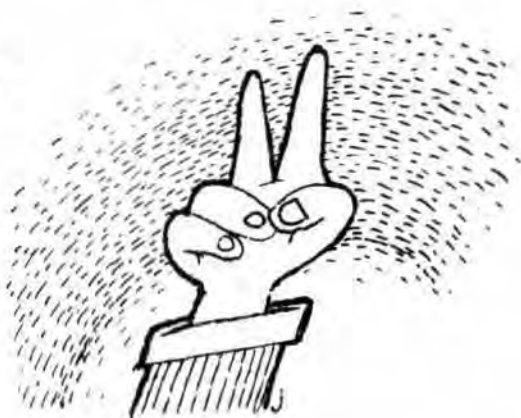
CLASIFICACION DE LAS NUEVAS CERAMICAS

Nos preguntamos ahora:

¿Cómo se clasifican las nuevas cerámicas?

Diferentes autores proponen criterios diversos de clasificación pero el más aceptado es el de su aplicación final. Desde este punto de vista podemos clasificar estos materiales por su uso en dos grandes familias:

**Las cerámicas Estructurales y
Las cerámicas Funcionales.**



De éstas las que más se asemejan a las cerámicas tradicionales son las llamadas **Estructurales**; por sus propiedades mecánicas o térmicas se utilizan para construcción de equipos en donde siempre se habían utilizado metales o aleaciones.

CERAMICAS ESTRUCTURALES

Estos tipos de materiales cerámicos, llamados también **termocerámicas**, poseen alta resistencia a choques mecánicos y térmicos, muy buena resistencia a altas temperaturas y a la corrosión bajo severas condiciones climáticas. Además son menos densas que los modernos aceros de tal forma que su uso en motores de automóviles o de aviones reduce considerablemente el peso del motor lo cual se refleja en economía de combustible.

Ventajas

Escardino y Amorós aseguran que estos materiales aventajan a los metálicos por poseer:

- Mejor resistencia a la temperatura, es decir son más refractarios
- Mayor dureza superficial y por lo tanto mejor resistencia al desgaste por rozamiento.
- Superior resistencia mecánica especialmente a temperaturas elevadas.
- Mejor conductividad térmica y por ello mejores características como aislante térmico.
- Menor densidad por lo cual se pueden elaborar con ellas piezas más livianas.
- Mayor resistencia a la corrosión y al ataque químico.

Desventajas

Y las desventajas frente a los mismos materiales son:

- Fragilidad y escasa resistencia al choque mecánico.
- Menor resistencia al choque térmico.
- Mayor dificultad de obtener determinadas geometrías complejas con la precisión necesaria.



Propiedades térmicas:

Las cerámicas de carburos, nitruros y óxido de magnesio son muy **buenas refractarias** y por eso se requieren ahora en construcción de hornos industriales y maquinaria cerámica que trabaja a altas temperaturas.

Como **aislantes térmicos** se están usando cerámicas basadas en óxido de potasio, titanio, alúmina y zircona especialmente en hornos industriales y en camisas de reactores nucleares, y finalmente existen algunas cerámicas que muestran ser **buenos conductores térmicos**, generadas en óxido de boro, nitruro de aluminio y alúmina. Se están usando como elementos radiadores y en equipos electrónicos donde esta propiedad es usada para diversos fines.

Los carburos, nitruros, boruros y siliciuros de algunos metales de transición presentan **conductividades térmicas y eléctricas** del mismo orden de magnitud que los metales pero son frágiles y su resistencia al

choque térmico, aunque superior a la de otros óxidos, es baja en comparación con éstos.

Muchos de estos materiales duros y de alto punto de fusión **resisten a la corrosión** y pueden sintetizarse en presencia de metales para producir materiales de resistencia muy alta a temperaturas elevadas.



Materiales compuestos

Además en esta familia y por las aplicaciones que tienen, podemos incluir los **materiales compuestos** y definidos por J. Juillard (1988) como "sólidos hechos por dos o más constituyentes, los cuales, cuando se reúnen adquieren propiedades que separadamente no poseen".

Otra definición más descriptiva dice que:

Los compuestos son materiales híbridos creados artificialmente a partir de dos componentes: un elemento aglutinante o matriz propiamente dicha y un elemento reforzante o relleno que le confiere propiedades específicas.

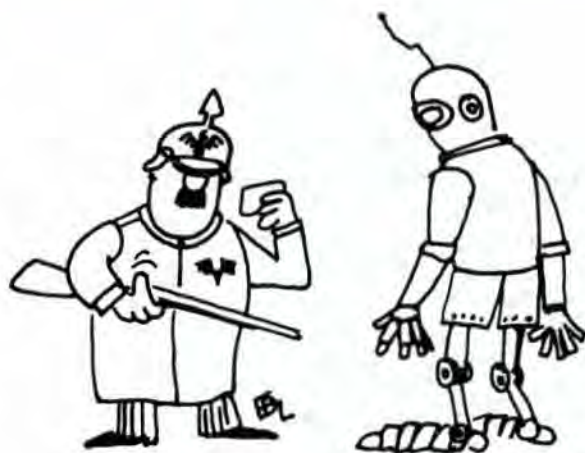


El material compuesto más conocido, aún cuando no es un "cerámico compuesto" es la fibra de vidrio el cual tiene como material de matriz un polímero orgánico y los materiales reforzantes son partículas o filamentos de vidrio.

Los compuestos cerámicos combinan las características de dos materiales cerámicos para determinada función. En la fórmula de un compuesto se nombra primero la fibra y luego la matriz. Uno que está en uso actualmente es el de alúmina circonia con el cual se fabrican herramientas de corte.

Los miembros más antiguos de esta familia son las cerámicas metálicas que se desarrollaron con el objetivo de obtener un material que combinara la buena resistencia mecánica y a la corrosión que presentan los óxidos metálicos, con la excelente ductilidad y resistencia al choque térmico de los metales.

De ahí nació la idea de producir refractarios cerámicos cementados con metal los cuales recibieron el nombre de "CERMETS"



El desarrollo de estos productos se inició en Alemania durante la segunda guerra mundial donde se investigaban nuevos materiales que sustituyeran las aleaciones metálicas que escaseaban como las de níquel, cobalto y cromo para aplicarlas a las turbinas de gas donde el material debe presentar gran resistencia mecánica y alta resistencia a la corrosión a elevadas temperaturas.



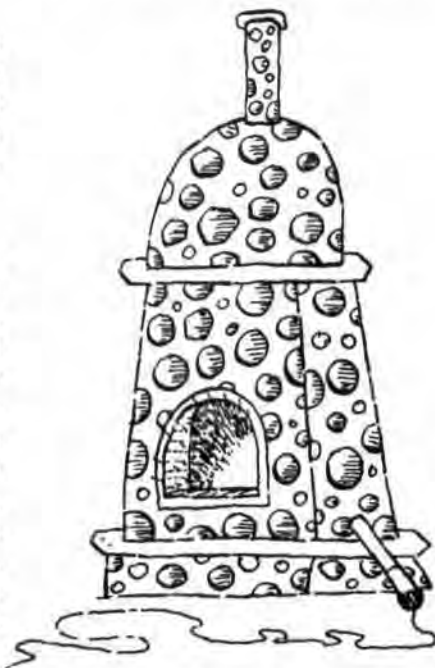
La investigación posterior se ha encaminado hacia el desarrollo de nuevos materiales refractarios con propiedades mecánicas y químicas a altas temperaturas.

La investigación sobre los materiales obtenidos se continúa orientando hacia la consecución de otros materiales con mayor ductilidad y resistencia al choque mecánico por modificación de su estructura, desembocando en la producción de diferentes materiales que están contribuyendo a la revolución tecnológica actual.

En esta familia de nuevas cerámicas encontramos algunas compuestas de fibrillas en la matriz las cuales evitan que las posibles fracturas se propaguen por impacto aprovechando los poros presentes en el objeto. Como el ejemplo de estos materiales compuestos, que ya están en uso, podemos citar las herramientas de corte de fibra de circonia reforzada con óxido de aluminio, las cerámicas de carbón que muestran baja densidad y alta refractariedad, y las de silica y alúmina.

También se han generado cerámicas refractarias de gran rendimiento, capaces de soportar temperaturas muy elevadas en el funcionamiento de motores, reduciendo las pérdidas mecánicas y tolerando fluctuaciones cíclicas de temperaturas extremas.

Finalmente, el desarrollo de la producción de fibras cerámicas ha permitido la obtención de una gama de tejidos en forma de telas, cintas, guantes, etc., cuyo contenido de material aglutinante orgánico se ha logrado reducir por tratamiento térmico pudiéndose aplicar en numerosos usos; actualmente se emplean como recubrimiento aislante de calor en vehículos, barcos, hornos para metal y vidrio, turbinas para gases, elaboración de productos químicos, maquinaria agrícola y aparatos domésticos. Por no contener productos orgánicos se clasifican como "no combustibles".



Algunos productos Británicos han mostrado su capacidad de trabajo hasta temperaturas de 1090°C, con lo cual pueden reemplazar con ventajas las telas de fibra de vidrio que son inadecuadas para trabajos a altas temperaturas, por eso, encuentran aplicación en barreras para fuego como las necesarias en cortinas para hornos industriales o en los vestidos para soldadura y para bomberos.



La producción de los nuevos materiales cerámicos estructurales ha revolucionado la ingeniería pues hasta hace poco tiempo muchas máquinas ideadas por el ingenio humano no habían podido realizarse puesto que los materiales con que se contaba entonces no respondían a las especificaciones requeridas.

Con estos nuevos desarrollos el ingeniero fija las especificaciones y el equipo de científicos de materiales químicos, físicos, e ingenieros programan el proceso para obtener el material encargado.

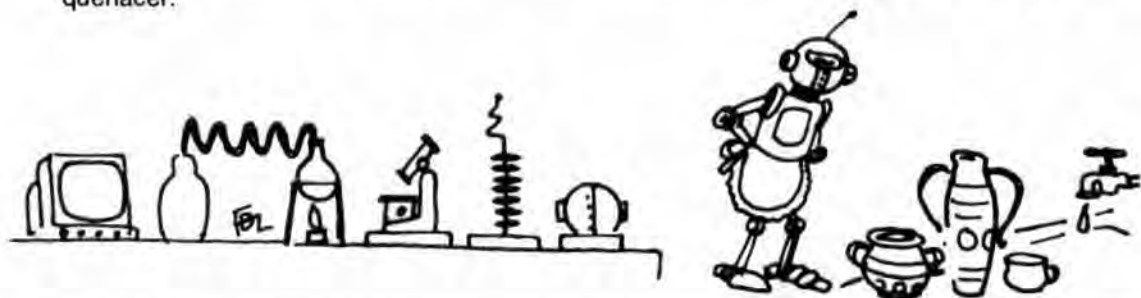
Ya no es extraño encontrar cerámica en las corazas del transbordador espacial, en algunas piezas de motor de automóviles y de aviones que presentan menor densidad reduciendo notablemente el peso del motor lo cual se refleja en economía de combustible.



CERAMICAS FUNCIONALES

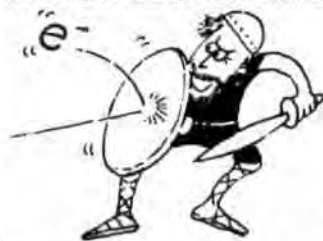
La otra gran división de las cerámicas técnicas la constituyen las llamadas cerámicas funcionales.

Estas son aquellas que por sus propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, biológicas o químicas pueden cumplir con éxito las más variadas funciones en distintos campos del quehacer.

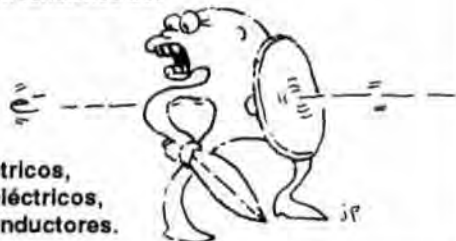


ELECTROCERAMICAS

En esta familia se han desarrollado materiales que cumplen funciones de:



aislantes o dieléctricos,
ferroeléctricos, piezoelectricos,
conductores y superconductores.



Examinaremos aspectos de algunos de ellos.



Material aislante o dieléctrico

Un material es **dieléctrico** cuando no conduce la electricidad. Cuando se aplica un campo eléctrico a él, se causa una separación de alguna extensión de las partículas positivas y negativas de las cuales está constituido el material, y se impide el transporte de la corriente eléctrica.

Un buen aislante eléctrico debe poseer las siguientes propiedades: **excelentes características eléctricas, poca absorción de humedad, ser anti-inflamable, resistir a la deformación y a la alta temperatura, poseer resistencia mecánica, gran tenacidad y buena resistencia química.**



Desde hace muchos años se conoce la propiedad que tiene la porcelana común de aislar la corriente eléctrica; además cumple con éxito las demás condiciones ya que por su composición los cuerpos cerámicos no son combustibles, ni se oxidan, ni desprenden gases a altas temperaturas; además generalmente se usan a temperaturas inferiores a su punto de reblandecimiento y por lo tanto no sufre deformación.

A todo esto se añade que conserva sus propiedades dieléctricas a temperaturas muy altas. Finalmente como se produce con materias primas abundantes en la naturaleza su producción es relativamente barata. En la actualidad se encuentran materiales aislantes para bajo voltaje y para alto voltaje.

Las nuevas **cerámicas aislantes** son generadas a partir de alúmina, carburos, óxido de berilio y óxido de magnesio y se están usando ampliamente en sustratos de circuitos de instalaciones eléctricas y de resistores.

Para **bajo voltaje**, es decir, aquellas usadas en porta lámparas, interruptores y aislantes domésticos, se usa generalmente una porcelana triaxial ordinaria. La pasta se formula a partir de arcilla, sílice y feldespato, pero puede contener fundentes secundarios en pequeña cantidad como cal o magnesia. Los no triaxiales contienen otros componentes como talco, pirofilita o alúmina. El material es algo poroso y barato.



Para **alto voltaje** se han desarrollado formulaciones de baja porosidad, incluso vidriadas superficialmente de las cuales las más conocidas son las de tipo magnésico, las de titanio, las de aluminio y las de circón.

Dieléctricos polares

En estos materiales cuando se aplica un campo eléctrico se afecta en alguna forma la distribución de las cargas positivas y negativas inherentes a su estructura cristalina, es decir, se produce una polarización. Esto se debe a que la estructura cristalina presenta un eje único a lo largo del cual se puede generar un momento dipolar eléctrico.



Estos cristales muestran fenómenos de piroelectricidad y piezoelectricidad.

La **piroelectricidad** es la liberación de una carga eléctrica cuando se cambia la temperatura y la **piezoelectricidad** es la liberación de electricidad por aplicación de una fuerza.



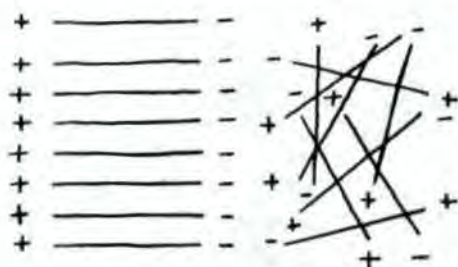
Materiales ferroeléctricos

Se consideran materiales **ferroeléctricos** aquellos que sufren una inversión en la dirección de polarización cuando se les aplica un campo eléctrico suficientemente grande. Los ferroeléctricos son un subconjunto del conjunto de los piroeléctricos, es decir que todos los ferroeléctricos son piroeléctricos aunque no todos los piroeléctricos son ferroeléctricos.



Según Bowen, las cerámicas ferroeléctricas poseen una distribución desigual de cargas en sus celdillas unitarias por lo cual los granos cristalinos se polarizan, es decir, una parte del grano se carga positivamente mientras que la otra lo hace negativamente.

La cerámica no muestra polarización neta puesto que los granos están orientados al azar anulando las cargas entre sí. Sin embargo, por aplicación de un campo eléctrico externo durante el procesamiento los granos pueden reorientarse de forma que las direcciones de las polarizaciones se fortalezcan y confieran al material una distribución de carga macroscópicamente detectable. La cerámica permanece no conductora incluso cuando está polarizada.



Esta propiedad es la que se explota en la fabricación de condensadores que acumulan carga eléctrica y por ésta razón los condensadores se fabrican principalmente con cerámicas. Las más conocidas son las de titanatos de bario y estroncio y de titanato o circonato de plomo.

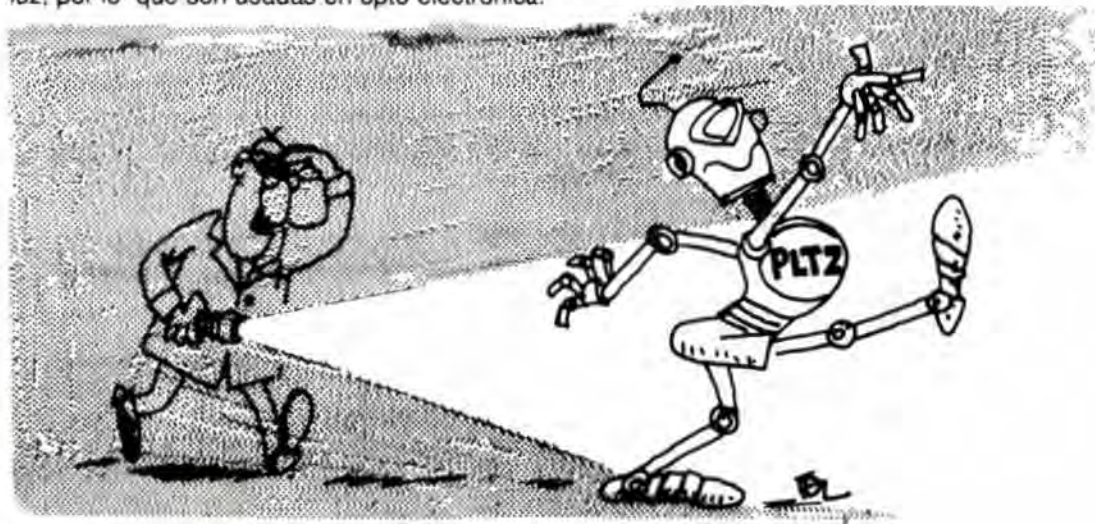
Materiales piezoeléctricos

Son materiales que sufren deformación mecánica al ser sometidos a un campo eléctrico.

Bowen atribuye este fenómeno a que la distribución de cargas de un cristal de una cerámica ferroeléctrica no es simétrica con respecto al centro del cristal lo que produce un cambio de polaridad por deformación de este. A su vez, cuando la cerámica piezoeléctrica se deforma mecánicamente, genera una considerable carga eléctrica.



Otros tipos de cerámicas ferroeléctricas tales como las llamadas PLZT (por las iniciales de plomo, lantano, circonio y titanato) pueden reaccionar por efectos de excitación con fotones de luz, por lo que son usadas en opto-electrónica.



Materiales semiconductores y conductores

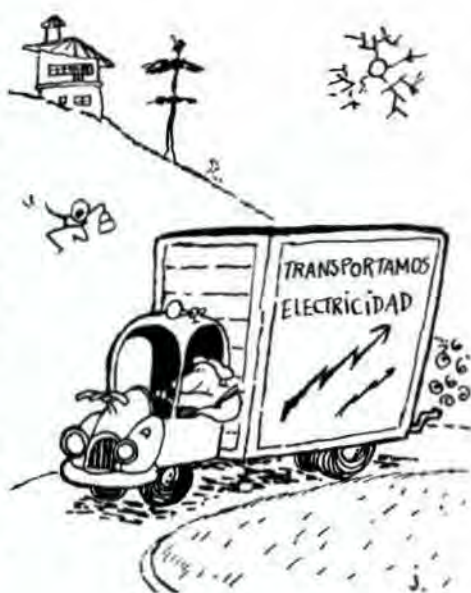
Las propiedades eléctricas tales como la conductividad y su recíproca, la resistividad, definen las respuestas al estímulo de un campo eléctrico.

Como ya hemos dicho las estructuras caóticas de las cerámicas tradicionales les confieren una gran resistividad y por eso se usan generalmente como aislantes de la corriente eléctrica. Sin embargo, el conocimiento de que las estructuras ordenadas de tipo cristalino permiten que los electrones, debidamente excitados, viajen a través de la red, se ha combinado con los nuevos métodos de procesamiento que permiten obtener productos cerámicos con alta perfección estructural, para producir cerámicas semiconductoras.

Son comunes las formuladas con base en titanato de bario, carburo de silicio, mezclas de óxidos de bismuto y cinc y óxido de vanadio que encuentran alta aplicación como termistores y varistores o resistores variables.

Los óxidos de cobalto y vanadio actúan como semiconductores a bajas temperaturas pero el de vanadio sufre una ligera modificación en su estructura alrededor de los 330 °K que le convierten en conductor.

EL óxido de renio presenta propiedad de conductor semejante a los metales, independientemente de la temperatura de uso.



Algunos como el óxido de cinc son semiconductores si se incluyen ciertas impurezas en su estructura cristalina, proceso que recibe el nombre de "dopado". Incluido este material en una matriz cerámica aislante se puede obtener un producto que a bajo voltaje muestra baja conductividad y a alto voltaje es altamente conductor; el mismo recibe el nombre de varistor o resistor variable.



El voltaje límite se puede regular variando la microestructura, es decir, el tamaño del grano y la anchura de las capas aislantes entre granos.



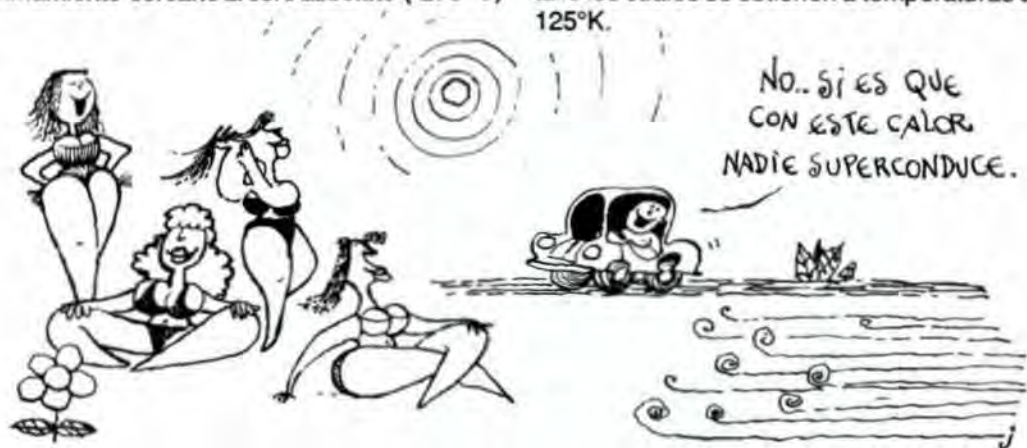
Existen otros conductores de tipo iónico como los formulados con base en óxido de circonio o beta alúmina que constituyen el corazón de los electrolitos sólidos ampliamente usados en baterías y en sensores.



Los superconductores

La superconductividad, es decir, la propiedad que tienen algunas sustancias de conducir la energía eléctrica prácticamente sin resistencia, fue conocida desde 1911, pero fue sólo hasta 1950 cuando los científicos mostraron que la teoría de la superconductividad debe tener en cuenta las propiedades térmicas de los materiales que la exhiben. Hasta el año de 1987 se obtenía superconductividad en determinadas sustancias sometidas a enfriamiento cercano al cero absoluto (-273°C)

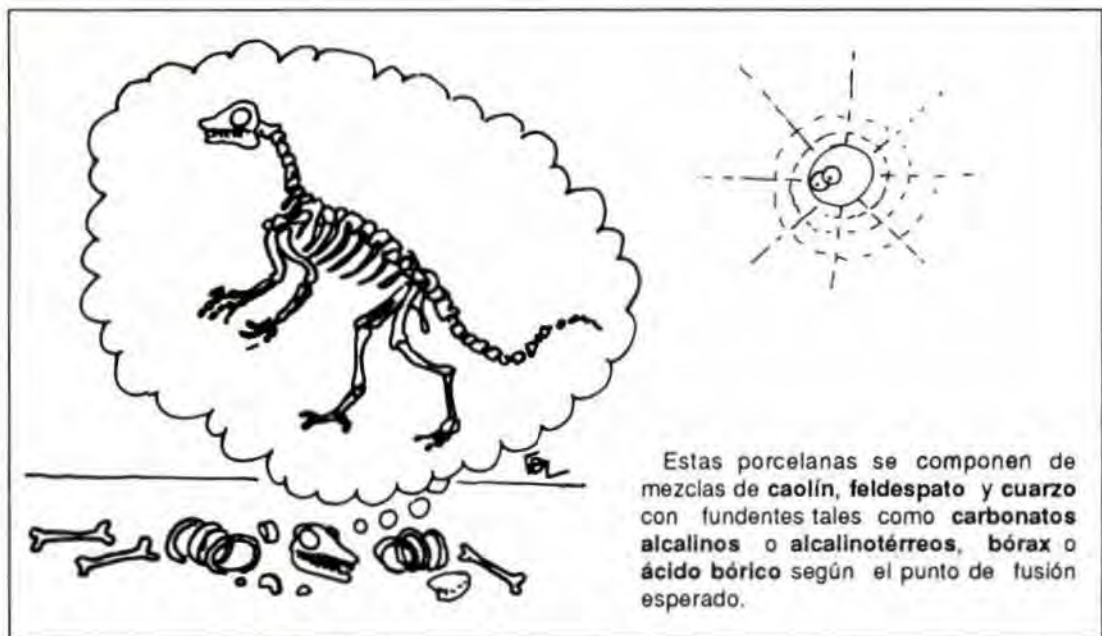
por acción del Helio líquido. En 1987 el científico Paul Chu de la Universidad de Houston, anunció que una cerámica de óxido de itriobario y cobre mostraba superconductividad a 94°K (-179°C) temperatura que fácilmente se alcanza utilizando nitrógeno líquido. La investigación de esos años se dirigía a obtener materiales superconductores a temperaturas cada vez más altas lo cual se ha logrado con cerámicas de óxido de cobre con bismuto o talio los cuales se obtienen a temperaturas de 125°K .



Estos materiales tienen además la propiedad de que aunque un campo magnético puede penetrarlos a temperaturas superiores a su punto de transición, a temperaturas inferiores rechazan ese campo magnético. Este efecto conocido como el efecto "Meissner" encuentra numerosas aplicaciones prácticas. En general los superconductores son los elementos fundamentales en la producción de numerosos objetos con propiedades eléctricas y magnéticas como el famoso "Tren anágneo" del Japón y las computadoras tan útiles en nuestro medio.

BIOCERAMICAS O CERAMICAS CON PROPIEDADES BIOLÓGICAS.

La más antigua de éstas es la porcelana dental. Se tienen noticias de su existencia desde principios de este siglo, cuando se inició su aplicación para restauraciones dentales que daban buenos resultados tanto por su resistencia como por sus condiciones estéticas



Estas porcelanas se componen de mezclas de **caolín**, **feldespato** y **cuarzo** con fundentes tales como **carbonatos alcalinos** o **alcalinotérreos**, **bórax** o **ácido bórico** según el punto de fusión esperado.

En la actualidad se desarrollan materiales con base en **alúmina** y **apatitas** para construcción de prótesis y huesos artificiales.

CERAMICAS CON PROPIEDADES QUIMICAS.

En la actualidad se están desarrollando materiales cerámicos que por reaccionar ante la humedad o la presencia de gases se están constituyendo en elementos sensores de estos factores atmosféricos.

También algunas cerámicas por sus capacidades de adsorción se están aplicando a la industria como adsorbentes y como soportes de catalizadores en múltiples procesos y en reactores de alta temperatura, encuentran aplicación las cerámicas de circonia y alúmina por sus propiedades de resistencia a la corrosión.

Resumen

Los nuevos productos cerámicos llamados cerámicas técnicas pueden dividirse en dos grandes familias: **Las cerámicas Funcionales** y **las Estructurales**.

Las cerámicas funcionales son las que cumplen una determinada función basándose en sus propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, biológicas o químicas.

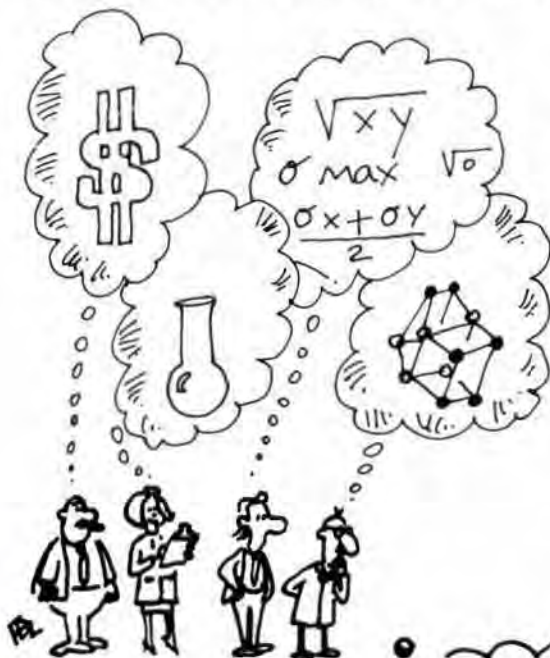
Las cerámicas estructurales son aquellas que exhiben propiedades mecánicas o térmicas que las hacen útiles para construcción o funcionamiento de equipo.





¿Y CUALES SON LOS CAMPOS DE APLICACION DE LAS NUEVAS CERAMICAS?

La investigación sobre los materiales obtenidos que se orientó hacia la consecución de otros materiales con mayor ductilidad y resistencia al choque mecánico por modificación de su estructura, ha desembocado en la producción de diferentes materiales que están contribuyendo a la revolución tecnológica actual; la industria aeroespacial y los motores de combustión en automóviles y aviones son ejemplos de aparatos que han sido beneficiados de los avances de la nueva cerámica en los últimos 30 años y es de prever que la cerámica se tendrá en gran estima en las tecnologías del siglo XXI y que prácticamente se está iniciando una nueva era, la era de los materiales cerámicos por pedido y de los compuestos.



Wood (1988) afirma que los avances en la investigación tecnológica para producir nuevos materiales por diseño han invertido la forma de actuar de los ingenieros. Antes se diseñaba y producía con los materiales que se contaba, ajustando el producto al material y fijando las especificaciones de garantía para su uso, con lo cual muchos inventos quedaron sólo en el papel ya que no se contaba con los materiales apropiados para realizarlos.

En la actualidad la investigación se dirige a diseñar el material que debe cumplir las especificaciones y ya se han logrado materiales que poco a poco se están introduciendo en diferentes tecnologías.

Materiales para motores

Según Colin Leach (1987) las cerámicas refractarias de gran rendimiento, capaces de soportar las duras condiciones del medio, brindan a los proyectistas de motores la posibilidad de aumentar el rendimiento al permitir temperaturas de funcionamiento más elevadas y reducir las pérdidas térmicas, mecánicas e inerciales.

También es posible incrementar la eficacia de la combustión mediante la utilización de mecanismos de sobrealimentación acoplados a sensores cerámicos en contacto con los gases de escape. Los convertidores catalíticos empleados para la regulación de estos gases consisten, por lo general, en un sustrato cerámico alveolar de gran superficie sobre el cual se aplica el catalizador.

Los elementos de cerámica de un motor de automóvil tendrán que funcionar en un ambiente hostil, sometidos a la acción de fluidos corrosivos. En el curso de su vida habrán de ser capaces de tolerar, sin falta, gradientes y fluctuaciones cíclicas de temperaturas extremas junto con los termoefuerzos que eso conlleva.

Además las propiedades de resistencia al desgaste del material cerámico deberán ser aceptables para la aplicación propuesta y en esto son muy importantes los desarrollos que permiten disminuir su fragilidad.



El uso de estos materiales se justifica cuando representan reducciones del costo con mayor rendimiento frente al combustible. Se está logrando este propósito al poderse utilizar temperaturas más elevadas, gracias al revestimiento refractario de la cámara de combustión y a la menor fricción que ocurre al emplearse superficies de contacto cerámico. Además estas piezas presentan las siguientes ventajas: resistencia al desgaste, termoaislamiento, buenas propiedades eléctricas e inercia química.

Aplicaciones aeroespaciales

(Wood, 1988)

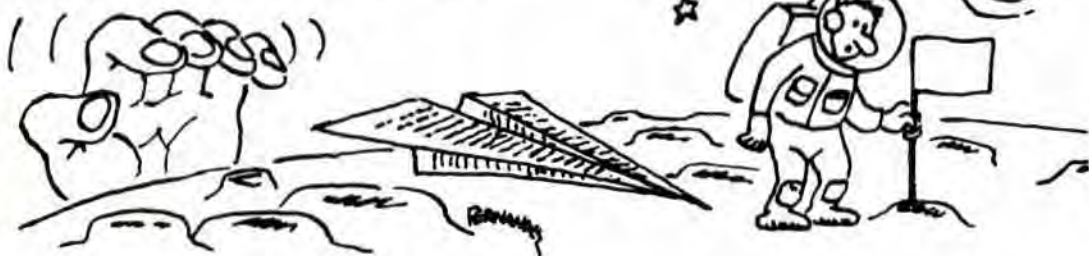
Según Wood, la investigación en este campo se ha dirigido a obtener compuestos que puedan operar a temperaturas superiores a 1200°C. Por algunos años se emplearon compuestos con base en resinas que contenían fibras inorgánicas, ahora se están empleando matrices metálicas, cerámicas de vidrio y aún carbón.

Para envolturas se está desarrollando un compuesto de aluminio y carburo de silicio con el cual se puede, mediante aspersión, crear una capa líquida sobre el sustrato la cual actúa como una piel protectora.

Para discos de turbinas y materiales para aletas donde los requerimientos son más exigentes se están investigando cerámicas de titanio, de Carbón y algunas de Ti-Al y Ti_3Al . (Proceso Osprey).

También para componentes de turbina se están produciendo compuestos de carburo de silicio reforzando con alúmina conteniendo un 40% de fibras, las cuales muestran buena resistencia a la fractura y a la dureza.

Así mismo tienen aplicaciones en la industria aeroespacial los compuestos carbón que muestran una baja densidad y alta refractariedad.

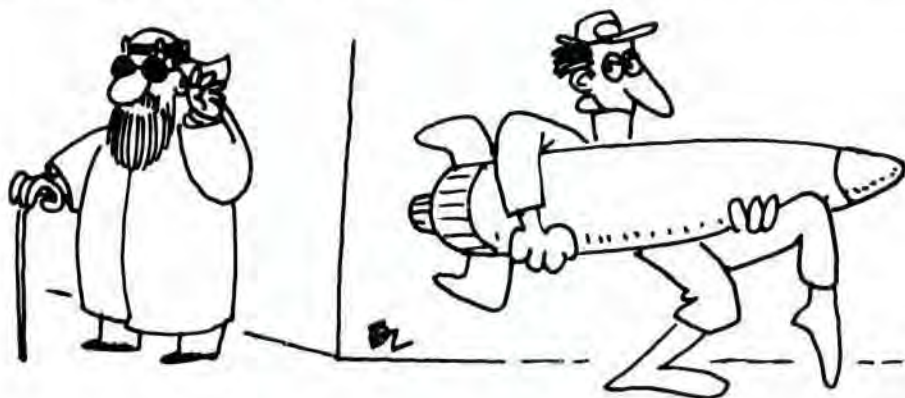


Sin embargo, es difícil presentar logros palpables en esta industria por el carácter restringido de la información.



La investigación en cerámica estructural y compuestos, también está dirigida a obtener materiales menos frágiles, más livianos, más económicos que puedan reemplazar con éxito los metales y los plásticos. Por ejemplo numerosos productos de consumo son candidatos para estos materiales como, todo el menaje de cocina, cuerpos de máquinas de fotografía y cortadores de césped.

La pasada guerra del Golfo Pérsico permitió conocer la existencia de aviones de guerra de corazas cerámicas que impiden la acción del radar.



En el área de compuestos se están utilizando los procesos de obtención de fibras de diferente naturaleza para reforzar matrices cerámicas; uno de los mayores problemas es el presentado por las interfases fibra-matriz, así como los procesos de moldeo y obtención del producto final. Como hemos visto, el trabajo se está realizando y permite prever que la nueva era de la cerámica está comenzando y prestará grandes servicios a la humanidad en el siglo venidero.

¿QUE PERSPECTIVAS PRESENTAN PARA LOS PROXIMOS AÑOS LAS CERAMICAS FUNCIONALES?



La cerámica funcional está prácticamente incorporada a numerosos sistemas desde principios de la década de los 80 por lo que su mercado, ya asegurado, se expande constantemente.

El conocimiento profundo de los materiales ayudado en la actualidad con poderosas herramientas analíticas que permite relacionar las propiedades del material con su estructura interna, es el motor que impulsa la obtención de los materiales cada vez más específicos en sus funciones hasta el punto que no pasará mucho tiempo para que el diseño de materiales por pedido y a la medida sea práctica común de los ingenieros de materiales.



En cuanto a materiales de cerámica funcional existen grupos interdisciplinarios de investigación en universidades estatales de los Estados Unidos como las de Carolina del Norte, California y Pensilvania donde están tras la creación de nuevos materiales semiconductores electrónicos de alta eficiencia, o para aplicaciones ópticas para usos diversos así como nuevos y revolucionarios piezoeléctricos, algunos de los cuales están en vías de utilizarse por ejemplo en sistemas de computación.

El Japón es en la actualidad el mayor productor y consumidor de cerámica técnica, lo cual se explica por el amplio mercado de los productos japoneses tanto electrónicos como automotores. La investigación llevada a cabo en diferentes centros tanto en ese país como en los Estados Unidos agrupa especialistas químicos, físicos e ingenieros de las más diversas disciplinas para desarrollar conjuntamente las nuevas tecnologías.



La industria electrónica ha conducido la revolución de la miniaturización en el mundo, gracias en buena parte, al desarrollo de la gran familia de las cerámicas funcionales; el conjunto de componentes como preamplificadores, ecualizadores, sintonizadores, materiales de conexión de chips, capacitadores, etc. brindan la posibilidad de múltiples aparatos portátiles que en muchos casos llevan incorporada su propia fuente de energía, también cerámica.



En cuanto a la biocerámica, en la actualidad se ha ampliado su utilización a la producción de huesos artificiales dando como resultado materiales que pueden ser implantados directamente sin producir rechazo por parte de los tejidos del paciente, lográndose en algunos casos, materiales tan semejantes a los tejidos óseos que asimilan los tejidos fisiológicos que los rodean. Otros materiales que se están utilizando actualmente son la implantación de cerámica de alúmina y el llamado biovidrio de hidroxapatito.

OTROS USOS:

Aplicaciones magnéticas

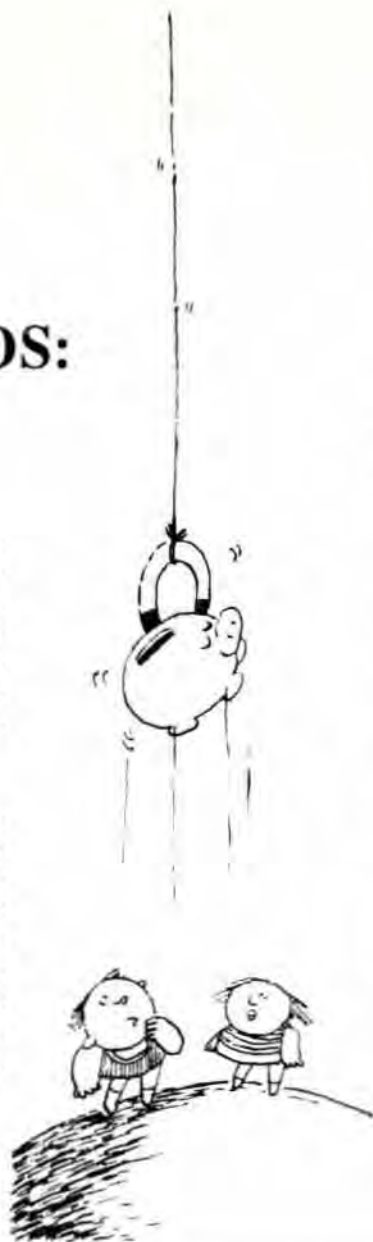
En esta década se ha desarrollado la tecnología de solidificación rápida y laminación por rodillos, que ha permitido la obtención de materiales magnéticos permanentes basados en Fe-Nd-B.

Los magnetos pueden hacerse mezclando el polvo obtenido, con resinas epoxicas para poderlos moldear y darles la forma deseada. Con este material se puede producir imanes muy pequeños cuyas limitaciones son la temperatura de uso, y poca resistencia a la corrosión.

Aplicaciones químicas

Desde hace aproximadamente 20 años se ha perfeccionado la pila de sodio-azufre que funciona a 300 °C y se basa en la rápida conductividad iónica de electrolitos cerámicos de B/B-Al₂O₃. Otras fuentes conocidas se basan en sales de litio.

Como soportes de catalizadores se utilizan materiales cerámicos de cordierita y vidrio, fabricados en forma alveolar con una gran superficie específica de adsorción especialmente de gases, utilizados ya en la industria automotriz.



Finalmente son conocidos los detectores cerámicos para supervisar la eficacia del proceso de combustión y la emanación de gases de escape mediante la medición del índice de oxígeno.

Aplicaciones de la superconductividad

Los superconductores se han usado ya desde hace varios años en los equipos llamados escanógrafos (exploradores de cuerpos), así como en los equipos de resonancia nuclear magnética para investigación.

Sin embargo los superconductores usados en ellos necesitaban temperaturas de 24 °K o menores las cuales requerían helio o hidrógeno líquidos, materiales escasos y costosos.

Pero al obtener superconductores a mayores temperaturas, por ejemplo a más de 77 °K, temperatura de ebullición del nitrógeno, los superconductores resultan más baratos. Así, ahora se están investigando para construir magnetos más poderosos como los utilizados ya en el tren "maglev" del Japón que como su nombre lo indica se desplaza sin rozamiento sobre los rieles debido a la fuerza magnética que lo mantiene levitando sobre ellos.



Además, en aplicaciones más sencillas ya se está empleando la superconductividad para detectar diminutos cambios en campos magnéticos y corrientes eléctricas, con amplias aplicaciones en detectores de cambios físicos como temperatura y humedad y en las memorias de los computadores dándoles una capacidad de almacenamiento mucho mayor que la que existía hace poco tiempo. La ventaja de que no presentan resistencia, minimiza la generación de calor y el consumo de potencia en comparación con los computadores tradicionales. También prometen alta eficiencia en la conducción de energía eléctrica.

El mayor problema que se presenta en el uso de los materiales cerámicos superconductores, deriva de sus propiedades mecánicas pues existe el problema de cómo producir alambres flexibles o láminas delgadas con este tipo de materiales.



Otro problema por resolver, es como hacer contactos eléctricos adecuados entre los óxidos cerámicos y los alambres metálicos convencionales. Además, como conductores de electricidad los materiales cerámicos muestran aún bajas capacidades en comparación con los metales tradicionales como el cobre.



Se espera que en un futuro cercano la investigación en el campo de las cerámicas superconductoras logre avances significativos aun cuando las predicciones indican que nunca podrán fabricarse materiales que exhiban estas propiedades a la temperatura ambiente, ni aún a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273\text{ }^{\circ}\text{K}$).



RESUMEN

Las nuevas cerámicas de alta tecnología están invadiendo prácticamente todo el ámbito humano con propiedades y usos muy diferentes a los tradicionalmente aceptados para los materiales cerámicos y día a día vemos que la cerámica nos llega como constituyente de muchas partes de los vehículos automotores y de diversos equipos mecánicos y electrónicos.

Los principales desarrollos se están efectuando entre Los Estados Unidos y Japón; y en años recientes la Comunidad Económica Europea decidió unir esfuerzos para desarrollar sus propios materiales en un intento de independizar su desarrollo de las otras potencias y, basándose en la independencia técnica y científica, promover la defensa económica del continente europeo.

Es el momento de que reflexionemos seriamente sobre las posibilidades de investigación y desarrollo que tiene nuestro país en este campo y de que fijemos prioridades conjuntamente para que los esfuerzos no se pierdan por dispersión. Tal vez el ejemplo de la Comunidad Económica Europea nos sirva para volver los ojos hacia el resto de Latinoamérica y proponer planes conjuntos para conocer nuestros recursos y necesidades.

El conocimiento de nuestra naturaleza minera y la importancia que tienen nuevos elementos como el titanio, el bario, el berilio, el magnesio y el aluminio, para no nombrar sino algunos, nos permitirá una mayor capacidad de negociación con los países que carecen de recursos pero que por su adelantada tecnología ya los están requiriendo a gran escala.



Bibliografía

1. BOWEN, Kent. 1986.
"Nuevas Cerámicas".
Investigación y Ciencia 123.
2. CENTENERA, Pascual. 1986.
"Materias Primas de Síntesis
de Productos Cerámicos Especiales".
Cursos sobre Materias Primas
para Cerámica y Vidrio. Madrid.
3. COLIN, Leah. 1987
"Materiales Cerámicos para
el Automóvil Futuro". Técnica
Cerámica 157: 460 - 464 (Octubre).
4. ESCARDINO, Benloch, A y AMOROS,
Alvaro. 1987. Los Nuevos Materiales
Cerámicos. Técnica Cerámica
154: 266 - 276.



5. FREEMANTLE, Michael. 1989
"Superconductors".
Impact of Science on Society
39 (154): 133 - 142.
6. JUILLARD, Jacqueline. 1988.
"Advanced Ceramics". Impact of
Science on Society 38(149): 25-37.
7. WOOD, J.V. 1988.
"Materials by Desing".
Impact of Science on Society
38 - 1 (149): 5 - 13.

Si lee con atención este material, comprenderá la importancia de la nueva tecnología cerámica y tal vez podrá poner en práctica algunas ideas que lo vinculen a esta revolución tecnológica mundial. Además, como la fabricación de la cerámica es una curiosa mezcla de arte antiguo y ciencia moderna, es necesario que las personas interesadas en ella compartan el significado del lenguaje propio del oficio. Con esta cartilla se pretende ofrecer un puente de unión lingüístico que favorezca las relaciones entre los interesados en el tema.

