

Introducción a los materiales Cerámicos

Integrantes:

Franco Paucar Rodriguez	20181872
Jhordan Sucasaire Gutiérrez	20185503
Greysi Zavala Muñoz	20170005
Giuliano Ascarza Mamani	20190191



Figura 1. Recubrimiento cerámico de una bomba industrial

Cerámicos:

Históricamente, los cerámicos se cuentan entre los materiales más antiguos hechos por el Hombre. Si bien su invención data del Neolítico, el primer pueblo que desarrolló técnicas para elaborar la cerámica fue el chino, pasando el conocimiento a Japón, la India, Medio Oriente, Egipto, Grecia y finalmente Europa. Estas civilizaciones, en contraposición a las culturas prehistóricas que simplemente dejaban secar las piezas de cerámicas al sol o junto a una fogata, fueron desarrollando métodos de cocción en hornos, lo que mejoró las prestaciones del material y sus diversas estéticas.

DEFINICIÓN:

Cerámicos son materiales inorgánicos compuestos por elementos metálicos y no metálicos vinculados químicamente. Pueden ser cristalinos, no cristalinos o una mixtura de ambos. Poseen una alta dureza y resistencia al calentamiento, pero tienden a la fractura frágil. Se caracterizan principalmente por su bajo peso, alta rigidez y baja tenacidad, alta resistencia al calor y al desgaste, poca fricción y buenas propiedades aislantes.



Figura 2. Clasificación de materiales cerámicos

PROPIEDADES:

Las propiedades de los materiales cerámicos cubren un amplio intervalo de necesidades:

1. Propiedades mecánicas:

1.1. Elasticidad:

1.1.1. Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad E es la constante de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación elásticos y puede ser considerado de una manera simple como el esfuerzo requerido para producir una deformación elástica unitaria. La mayoría de los cerámicos están constituidos por muchos cristales en orientaciones al azar. Estos cerámicos policristalinos tienen un módulo elástico uniforme en todas sus direcciones, que es igual al promedio del módulo en las diferentes direcciones cristalográficas (Rocha 2005: 47 - 48).

1.1.2. Medición del módulo elástico: Un método para estimar el módulo elástico está basado en la medición de la frecuencia de resonancia del material, el cálculo de E se da por medio de la ecuación:

$$E = \frac{C M f^2}{\dots}$$

Figura 3. Módulo elástico

Donde E es una constante que depende del tamaño y forma del espécimen y de la relación de Poisson, M es la masa del espécimen y f es la frecuencia del modo de vibración transversal. E también se puede estimar usando los modos de vibración longitudinal y de torsión. pero entonces las ecuaciones serán diferentes (Rocha 2005: 50).

1.2. Resistencia Mecánica: Debe usarse en diferentes términos para expresar: resistencia a la cedencia, resistencia tensil, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, última resistencia, resistencia a la fractura y

resistencia teórica. En las sesiones siguientes se discuten los tipos de resistencia y se trata de proveer al lector un entendimiento de la resistencia de los cerámicos y de los criterios que se deben considerar cuando se selecciona un material cerámico para aplicaciones estructurales (Rocha 2005 : 51).

- 1.2.1. Resistencia teórica: La resistencia teórica puede ser definida como la resistencia tensil requerida para romper los enlaces atómicos y separar la estructura. La ecuación mostrada nos sirve para estimar la resistencia teórica bajo carga tensil, donde σ_{Th} , es la resistencia teórica, E es el módulo de elasticidad, a_0 es el espaciamiento interatómico y γ es la energía superficial de fractura. La resistencia teórica de los cerámicos se encuentra típicamente en el intervalo de 1/10 a 1/5 de su módulo elástico (Rocha 2005: 51).

$$\sigma_{Th} = (E\gamma/a_0)^{1/2}$$

Figura 4. Resistencia teórica bajo carga tensil

- 1.2.2. Efecto del tamaño de defecto: La presencia de defectos tales como grietas, poros o inclusiones en un material cerámico provoca una concentración de esfuerzos en el mismo (Rocha 2005: 52). La concentración de esfuerzos del tipo de una grieta elíptica es un material no dúctil es:

$$\sigma_m / \sigma_a = (2c/\rho)^{1/2}$$

Figura 5. Efecto del tamaño de defecto

Donde: σ_m es el máximo esfuerzo en la punta de la grieta, σ_a es el esfuerzo aplicado, $2c$ es la longitud del eje mayor de la grieta y ρ es el radio de la punta de la grieta (Rocha 2005 : 52).

1.2.3. Medición de la resistencia

- **Resistencia tensil:** A los cerámicos normalmente no se les caracteriza por medio del ensayo tensil, debido al alto costo de fabricación de la muestra y al requerimiento de una extremada buena alineación del tren de carga durante el ensayo. Para asegurar que la resistencia a la tensión es adecuada en los cerámicos, se utilizan galgas de deformación mismas que determinan la cantidad de pandeamiento y de esta forma se puede llevar a cabo un análisis para conocer la distribución de esfuerzos en la muestra de ensayo (Rocha 2005 : 54).
- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a la compresión es la resistencia a aplastamiento de un material. Es muy común en los cerámicos, especialmente en aquellos que deben soportar cargas estructurales, tales como los ladrillos refractarios o los ladrillos para la construcción. La resistencia a la compresión de un cerámico es usualmente mucho mayor que su resistencia tensil de manera tal que es benéfico diseñar un componente cerámico con la idea de que éste soporta cargas pesadas en compresión mejor que en tensión (Rocha 2005 : 54).
- **Resistencia a la flexión:** La resistencia de un material cerámico generalmente se caracteriza por medio del ensayo de flexión. Este tipo de muestras es mucho más sencillo y económico de fabricar que las necesarias en un ensayo de tensión (Rocha 2005 : 54).

La resistencia a la flexión se define como el esfuerzo máximo de tensión para que ocurra la fractura en el material y normalmente se le conoce como el módulo de ruptura (MOR) o (MOR) por sus siglas en inglés (modulus of rupture) (Rocha 2005 : 54).

- Medición del módulo de ruptura : El módulo de ruptura (MDR) se puede medir por flexión en tres puntos en una máquina de ensayos universales (Rocha 2005 : 56). En la máquina se mide la carga a la ruptura empleando probetas del tipo mostrado en la Figura . El MDR se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{MDR} = 3 P L / 2 b d^2$$

Donde:

P = Carga de falla

L = Distancia entre puntos

b = Ancho de la barra

d = Espesor de la barra

Figura 6. Ecuación del módulo de ruptura

Para la mayoría de los materiales cerámicos la resistencia aparente disminuirá cuando ésta se mide en flexión (3 o 4 puntos) comparada con la de tensión. Asimismo, en la medida que el espécimen sea mayor la resistencia también disminuirá (Rocha 2005: 56).

- Datos de resistencia para materiales cerámicos: La resistencia de casi todos los cerámicos decrece en la medida que la temperatura aumenta. (Rocha 2005: 57)

Material	MDR (MPa)	Tensión (MPa)
Zafiro (Cristal simple Al_2O_3)	620	---
Al_2O_3 (0 - 2 % porosidad)	350 - 380	200 - 310
Al_2O_3 sinterizada (< 5 % porosidad)	200 - 350	---
Porcelana (90 - 95 % Al_2O_3)	275 - 350	172 - 240
BeO sinterizado (3.5 % porosidad)	172 - 275	90 - 133
MgO sinterizado (< 5 % porosidad)	100	---
ZrO_2 sinterizada, estabilizada (< 5 % porosidad)	138 - 240	138
Mullita sinterizada (< 5 % porosidad)	175	100
Espinela sinterizada (< 5 % porosidad)	83 - 220	---
Si_3N_4 prensado isostáticamente en caliente (< 1 % porosidad)	620 - 965	350 - 580
Si_3N_4 sinterizado (~ 5 % porosidad)	414 - 580	---

Figura 7. Valores típicos de resistencia a temperatura ambiente para diferentes materiales

- Tenacidad a la fractura: En la actualidad se tiene una gran cantidad de datos experimentales para diferentes materiales que se han obtenido a partir del factor crítico de intensidad de esfuerzos KIC. Este factor crítico de intensidad de esfuerzos se da cuando la grieta se propaga en el material hasta su fractura. También se le conoce como tenacidad a la fractura y es considerado como una propiedad básica del material. A mayor tenacidad a la fractura del material más difícil es que la grieta se inicie y se propague en éste (Rocha 2005: 58-60).

2. Propiedades térmicas:

- Capacidad calorífica: La capacidad calorífica se define como la energía requerida para elevar la temperatura de un material y se reporta en unidades de cal/mol °C. La capacidad calorífica de un material cerámico se incrementa con la temperatura hasta alrededor de los 1000°C, después

de esta temperatura ocurren incrementos muy pequeños de la capacidad calorífica (Rocha 2005: 33).

- Conductividad térmica: La conductividad térmica (k) es la velocidad con que el flujo de calor pasa a través de un material (Rocha 2005: 33).

Los medios de conducción del calor son los electrones o los fonones, cuando este ocurre por medio de los fonones se llegan a tener vibraciones simples en la red cristalina. La cantidad de calor disipada está una función de los efectos de dispersión y puede disminuir en función de la distancia por las ondas de la red (Rocha 2005: 33).

La conductividad térmica (k) es directamente proporcional a la capacidad calorífica (e), a la cantidad y a la velocidad de los medios de transporte (v) y a el patrón principal (λ) mejor conocido como coeficiente de conductividad térmica y que es una propiedad de cada material. En los cerámicos el medio principal de transporte de calor son los fonones y la radiación (Rocha 2005: 35).

La conductividad térmica es una propiedad importante que sirve para determinar si un material se puede utilizar en cierta aplicación. Bajas conductividades térmicas y alta estabilidad térmica son requeridas en la construcción de hornos utilizados en la producción de muchos materiales indispensables para la vida moderna, tales como el cemento, el acero, el vidrio, el procesamiento de componentes electrónicos, solo por nombrar algunos. Alta conductividad térmica se requiere en los intercambiadores de calor para la conservación de la energía y para el uso de componentes en máquinas y motores que trabajan a altas temperaturas en donde los esfuerzos térmicos deben ser minimizados (Rocha 2005: 35).

- Expansión térmica: La amplitud de las vibraciones atómicas se incrementa en la medida que la temperatura se incrementa. Para estructuras empacadas muy cerradamente tales como los metales y los cerámicos iónicos, la amplitud de movimiento acumulada de cada átomo provoca un relativo nivel de expansión alto de todo el componente (Rocha 2005 : 36).

3. Propiedades ópticas:

- 3.1. Absorción y transparencia: La absorción y la transparencia son dos propiedades ópticas estrechamente relacionadas. Si la radiación electromagnética incidente estimula los electrones para moverlos de su estado basal de energía a un nivel más alto de energía, la radiación es absorbida y el material es opaco para esta longitud de onda particular de radiación (Rocha 2005: 44).

La absorción óptica también puede ocurrir debido a la resonancia. Esto se da cuando la frecuencia de la radiación electromagnética es similar a la frecuencia natural del material. La transparencia óptica es importante en muchas aplicaciones. El vidrio y una gran variedad de cerámicos iónicos son transparentes en el intervalo visible del espectro. Esto es el intervalo entre las longitudes de onda de 0.4 a 0.7 μm (Rocha 2005: 44).

- 3.2. Color: El color resulta de la absorción de una relativa amplia longitud de onda de radiación dentro del intervalo visible del espectro (Rocha 2005 : 44).

Los cerámicos colorantes son ampliamente usados como pigmentos de otros materiales para usarse a altas temperaturas. Estos materiales son especialmente importantes cuando otro tipo de pigmentos se destruyen a elevadas temperaturas (Rocha 2005 : 44-45).

- 3.3. **Láser:** Los materiales cerámicos más importantes para las aplicaciones de láser son la Al_2O_3 dopada con Cr^{3+} (láser de rubí), el $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ dopado con Nd^{3+} (láser YAG o de granate de itrio-aluminio) y el de vidrio dopado con Nd^{3+} .

El componente cerámico de los láseres consiste de una barra cilíndrica con diámetros típicos 0.3 de a 1.5 cm y de 5 a 15 cm de longitud. La barra debe estar bien pulida y libre de defectos, tanto como sea posible para evitar pérdidas debido a la dispersión, asimismo el dopante debe estar uniformemente distribuido en la matriz (Rocha 2005: 45).

- 3.4. **Índice de refracción:** El índice de refracción (n) es definido como la relación de la velocidad de la luz en vacío y la velocidad de la luz en el material (Rocha 2005: 46).

$$\eta = v_{\text{vacío}} / v_{\text{material}}$$

Figura 8. Índice de refracción

El índice de refracción de un material varía de acuerdo con la longitud de onda de la radiación incidente. Esto se conoce como dispersión y normalmente resulta en un decremento de n cuando la longitud de onda aumenta. Por lo tanto, cuando comparamos el índice de refracción de varios materiales, habrá que asegurar que la longitud de onda fue constante o que las curvas de dispersión se encuentren disponibles para realizar las correcciones necesarias (Rocha 2005: 46).

4. **Propiedades Dieléctricas:** Una propiedad importante es la resistencia dieléctrica, conceptualizada como la capacidad de los materiales de resistir un campo eléctrico sin que se rompan. Otra propiedad importante se refiere a la polarización que ocurre cuando el material es colocado dentro de un campo eléctrico. Cuando la carga negativa cambia en la medida que se acerca hacia el electrodo y la carga positivos cambia al acercarse al positivo. La

polarización total resultante de efectos electrónicos, iónicos es conocido como constante dieléctrica (K) esta constante variará de acuerdo con los componentes que se presenten (Rocha 2005:44-46).

5. **Propiedades magnéticas:** Los materiales cerámicos que tienen propiedades magnéticas son llamados también como ferritas. Su división depende de la estructura cristalina. Las ferritas cúbicas pueden tener ya sea la estructura de la espinela o la estructura de granate, las ferritas hexagonales tienen estructuras de plumas o similares y las ferritas orto rómicas tienen la estructura del perovskita. Las ferritas hexagonales son frecuentemente usadas para la construcción de imanes permanentes, debido a su elevada magnetización. tamaño compacto y bajo costo. Estas ferritas también son empleadas en los motores de 105 cepillos dentales, cuchillos eléctricos. La tecnología de los cerámicos magnéticos está muy bien desarrollada en la actualidad. De manera tal que las propiedades magnéticas de un material pueden ser controladas sobre un amplio intervalo a través del control de su composición en el proceso de fabricación (Rocha 2005: 45).
6. **Propiedades químicas:** La estructura de los minerales de la arcilla se divide en 2, las cuales son las siguientes: Tetraédricas y Octaédricas
 - 6.1. **Tetraédrica:** Formada por una especie de tetraedros unidos por las bases. En el centro de cada uno de estos se encuentra un átomo de silicio y en las esquinas (vértices) se encuentra oxígenos y oxidrilos (Hernández y Camazano 1981: 14).
 - 6.2. **Octaédrica:** En las que los átomos se unen formando octaedros. En su centro se encuentra un átomo de aluminio, hierro o magnesio, y en las esquinas (vértices) se encuentran los oxígenos y oxidrilos. En marcos generales según el número de capas que forman los silicatos laminares (estructura de los minerales de la arcilla) se clasifican en 1/1 cuando está formado por la unión de una capa tetraédrica y otra octaédrica, 2/1 cuando está conformado por 2 tetraédricas y una

octaédrica . Como ejemplo del primero (1/1) podemos mencionar a los minerales del grupo caolín y del segundo grupo (2/1) a las micas (Hernández y Camazano 1981: 15).

7. Densidad: Existen 2 tipos de densidad:

7.1. Densidad Real: También conocida como “densidad de la fracción sólida”, se define como la masa de material por unidad de volumen de la parte sólida, es decir, el material:

$$\rho_s = M_s / V_s$$

Figura 9. Densidad real

7.2. Densidad Aparente: También conocida como “densidad de la roca seca”. Se define como la masa del material por unidad de volumen total, el cual incluye tanto el volumen del material como el de todos los poros existentes:

$$\rho_d = M_s / V_t$$

Figura 10. Densidad aparente

8. Porosidad: Existen 3 tipos de porosidad, todos ellos son observables en la cerámica:

8.1. Porosidad Cerrada: Se denomina porosidad cerrada a aquellos espacios vacíos dentro de un material los cuales no se encuentran interconectados con el resto de estos.

8.2. Porosidad Abierta: Se denomina porosidad abierta a todos aquellos espacios vacíos que se encuentran interconectados entre ellos y por tanto son fácilmente medibles a través de diferentes procesos, por ejemplo, el

de la “pesada hidrostática”, tomando una muestra, pesarla, y posteriormente saturarla con agua y comparar los pesos. Este tipo de porosidad es el más importante puesto que influye en la capacidad de la cerámica para mantener fluidos (lo que influye en otras propiedades).

$$n_o = (V_a / V_t) \times 100$$

Figura 11. Porosidad Abierta

8.3. Porosidad Total: Se denomina porosidad total al volumen total de vacíos por unidad de volumen. En un caso ideal, todas las porosidades son abiertas, sin embargo, normalmente la diferencia es mínima.

$$n = (V_v / V_t) \times 100$$

Figura 12. Porosidad Total

TÉCNICAS:

Existen diversas técnicas de uso de los materiales cerámicos en diversos ámbitos de la vida cotidiana como utensilios de cocina, en el arte, etc.

Los cerámicos han sido fabricados durante siglos. Los primeros artículos cerámicos estaban hechos a base de materias primas naturales. Las civilizaciones antiguas encontraron que las arcillas minerales adquirirían cierta plasticidad cuando se les agregaba agua con lo cual podían ser moldeadas en diferentes formas (Rocha 2005: 63).

Esta forma podía ser secada al sol y endurecida al fuego. La palabra "cerámico" viene de la palabra griega "keramos" una traducción burda sería “material quemado”. Ya que un material cerámico debe ser expuesto a una fuente de calor

para que desarrolle al máximo sus diferentes propiedades. Muchas de las materias primas utilizadas por las civilizaciones antiguas continúan usándose en la actualidad y constituyen una parte importante de la industria de los cerámicos. A estos productos se les conoce como "cerámicos tradicionales". Los cerámicos tradicionales están hechos a base de silicatos, con ellos se fabrican principalmente: vidrios, arcillas, cementos, refractarios, tabiques, loza, azulejos, pisos, etc. Estos presentan muchas impurezas y son muy porosos, por lo mismo sus propiedades en general son muy pobres (Rocha 2005: 63).

Durante los pasados 50 años los científicos y los ingenieros han adquirido un mejor entendimiento de los materiales cerámicos, en cuanto a su procesamiento y su comportamiento y han encontrado que pueden modificar la naturaleza de algunos minerales para obtener nuevas composiciones y materiales con propiedades únicas: cerámicos modernos. Presentan, normalmente, un buen control de su composición y estructura y han sido fabricados para cumplir con un número de aplicaciones muy grande (Rocha 2005: 63).

El tamaño y la distribución de tamaños de partícula es importante en el procesamiento de los materiales cerámicos modernos o avanzados como también se les conoce, dependiendo de la técnica de consolidación o de formado empleada para su fabricación. En la mayoría de las ocasiones, el objetivo de la etapa de consolidación es alcanzar el máximo empaquetamiento de partículas y una uniformidad en el mismo, de manera que se tenga un mínimo encogimiento y disminución de porosidad que resultan de la densificación. Un tamaño único de partículas no produce un buen empaquetamiento. El mayor empaquetamiento que se alcanza al manejar partículas de un solo tamaño resulta en un 30% de espacios abiertos entre las mismas (Rocha 2005: 64).

APLICACIONES:

Su uso inicial fue, fundamentalmente, como recipiente para alimentos; más adelante se utilizó para hacer figuras supuestamente de carácter mágico, religioso o funerario. También se empleó como material de construcción en forma de ladrillo, teja, baldosa o azulejo, tanto para paramentos como para pavimentos. La técnica del vidriado le proporcionó gran atractivo, se utilizó también para la escultura. Actualmente también se emplea como aislante eléctrico y térmico en hornos, motores y en blindaje. La cerámica también se suele utilizar en la fabricación de cuchillos. La hoja de un cuchillo de cerámica quedará definida por mucho más tiempo que el de un cuchillo de acero, aunque es más frágil. Además, también existen diversas aplicaciones de la cerámica que son útiles en la ayuda de la sociedad en diversos ámbitos de la vida, tales como:

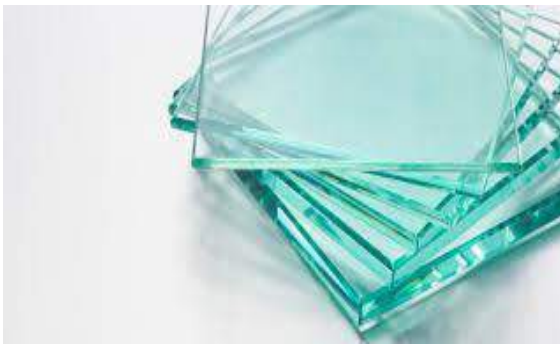
- 1. Aeroespacial:** cuadros de transbordador espacial, las barreras térmicas, ventanas de vidrio de alta temperatura, las pilas de combustible
- 2. Utilización de los consumidores:** artículos de vidrio, ventanas, cerámica, Corning Ware™, imanes, vajillas, cerámicas, lentes, aparatos electrónicos, transductores de microondas
- 3. Automoción:** los convertidores catalíticos, los filtros de cerámica, los sensores de airbag, los rotores de cerámica, válvulas, bujías, sensores de presión, termistores, sensores de vibración, sensores de oxígeno, parabrisas de vidrio de seguridad, de los segmentos
- 4. Medicina (Biomédica):** sustitución de la articulación ortopédicos, prótesis, restauraciones dentales, implantes óseos
- 5. Militar:** componentes estructurales de tierra, aire y los vehículos de guerra, misiles.

6. Envases Computadoras: aislantes, resistencias, los superconductores, condensadores, componentes ferroeléctricos, microelectrónica.

Vidrios:



<https://www.definicionabc.com/wp-content/uploads/2015/05/Cristal.jpg>



<https://www.google.com/search?q=definicion+de+vidrio+en+quimica&sxsrf=ACYBGNTclpku-IpLrlymXa-bQGAP31PVIQ:1572022909250&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ah>

DEFINICIÓN:

Vidrio es un material inorgánico, frágil, duro, transparente y amorfo, es decir, que no presenta una estructura regular o bien determinada. Al mismo se lo obtiene a partir de la fusión de la arena silíceo con carbonato de sodio y caliza y luego se lo moldea a elevadas temperaturas para obtener su apariencia final. El uso más frecuente y extendido que se le da al vidrio es la fabricación de ventanas, puertas, botellas, entre otros productos.

PROPIEDADES:

El vidrio consiste en un objeto inorgánico cuyas elementales propiedades son su transparencia, dureza y fragilidad.

1. Propiedades Mecánicas:

- **Torsión:** La resistencia a la torsión de un artefacto puede ser determinada mediante la capacidad para impedir la ejecución de fuerza que motive un giro en el espacio transversal.
- **Compresión:** El vidrio tiene una fuerza ante la compresión muy alta, dicha fortaleza promedio a la compresión es de unos 1150 MPa; esto quiere decir que, para romper un cubo de vidrio de 1 centímetro por lado, se necesita una carga de alrededor de 10 toneladas.
- **Flexión:** La flexión del vidrio es distinta para cada elemento de este. Un vidrio que se somete a la flexión posee en una de las caras señales de compresión, y en otra se ve rasgos de tensión.

2. Propiedades Químicas:

- **Densidad:** Esta propiedad del vidrio depende de la clase de material integrado en su elaboración. Pero en términos generales, la densidad del vidrio es de unos 2500 kg/m³. Esto le brinda al vidrio plano un peso de 2,5 kg/m² (esto indica cada milímetro por espesor).
- **Viscosidad:** Consiste en la resistencia que posee un líquido al fluir. Este es un material sólido, pero igual se hace referencia a la viscosidad. Pero los vidrios son considerados líquidos muy enfriados. Es por este motivo que se debe tener presente dicha cualidad química.
- **Corrosión:** El vidrio es muy fuerte ante la corrosión. Es debido a esto que se usa mucho en diversas clases de pruebas químicas. Sin embargo, esto

no significa que el vidrio no pueda destruirse. Hay cuatro sustancias con las que se puede destruir el vidrio. Estas son el agua a temperatura alta, ácido fosfórico de elevada concentración, concentraciones alcalinas a temperaturas altas y ácido hidrofúorídrico.

3. **Propiedades Térmicas:** El vidrio, material cerámico no cristalino, puede alcanzar una temperatura o calor determinado y también este posee una conductividad de tipo térmica (**Calor específico** y **Conductividad térmica**). O sea que puede conducir tanto frío como calor. El vidrio no posee un punto de ablandamiento específico. Debido a esta propiedad, el vidrio puede pasar de ser sólido a plástico con aspecto pastoso. Pero, se pueden ver cualidades de variación tras los 600 grados Celsius.
4. **Propiedades Físicas:**
 - **Tonalidad:** El tono surge por los materiales que se agregan al momento de la unión. Por ejemplo, un tono rojo azulado se logra por el uso de óxido de cobalto; un amarillo se obtiene por emplear óxido férrico y un tono azul se consigue por el uso de óxido ferroso.
 - **Textura:** La textura puede cambiar el brillo de este material. Esto dependerá del procedimiento de fundido que se haya utilizado.
 - **Maleabilidad:** La textura puede cambiar el brillo de este material. Esto dependerá del procedimiento de fundido que se haya utilizado.
5. **Propiedades Ópticas:** Dichas cualidades se refieren a que una cantidad de la luz es refractada, otra puede ser absorbida y otra transmitida. Las características ópticas de este material prácticamente no varían tras el paso de muchos años.

Materiales Refractarios:

DEFINICIÓN:

Se conoce como material refractario a aquellos materiales cuyas propiedades permiten que pueda soportar temperaturas muy elevadas, sin embargo, estos deben de soportar una temperatura en específica sin sufrir ningún tipo de deterioro en sus condiciones internas, como por ejemplo la corrosión. Esta condición permite que los materiales refractarios sean utilizados en todos los hornos de fabricación, ya sea en las refinerías, Industria química, metalúrgica, industrias de vidrio y cerámica. El material refractario conocido por excelencia es la Cerámica. Estos materiales están formados por partículas diminutas de óxido, las cuales están unidas a otro material de características refractarias, pero más fino.



<https://www.arqhys.com/arquitectura/fotos/arquitectura/Materiales-refractarios1.jpg>

CLASIFICACIÓN:

1. **Materiales refractarios ácidos:** Su principal componente es el SiO y los más comunes son los ladrillos de sílice y arcilla; son resistentes a la erosión causada por los ácidos, poseen alta refractariedad bajo carga, baja resistencia al choque térmico y son atacados fácilmente por sustancias alcalinas.
2. **Materiales refractarios neutros:** Su principal componente es el Al₂O₃, óxido de cromo o carbón. El ladrillo Corundum™ es un ejemplo de esta familia, es de alta calidad, posee excelente resistencia al choque térmico y a la corrosión. Se emplean principalmente como respaldo en hornos de alta temperatura, procesos químicos y petroquímicos.
3. **Materiales refractarios básicos:** Sus principales componentes son el óxido de magnesio y óxido de calcio; el ladrillo más común es el de magnesita, el cual tiene buena resistencia a la compresión y alta refractariedad. Se usa principalmente en hornos abiertos, convertidores alimentados por oxígeno, hornos eléctricos y otros equipos operados a altas temperaturas.
4. **Materiales refractarios especiales:** Los refractarios especiales son utilizados cuando no hay una disponibilidad de oxígeno con facilidad, ejemplos de estos son el carbono y el grafito.

PROPIEDADES:

1. Alta refractariedad.
2. Estabilidad volumétrica a las temperaturas de operación.
3. Estabilidad química (frente a gases, vapores y escorias).
4. Resistencia al choque térmico.
5. Alta resistencia mecánica en caliente.
6. Alta densidad.
7. Baja conductividad térmica

8. Alta resistencia a la abrasión.
9. Baja conductividad eléctrica a altas temperaturas dado que algunas de las propiedades que debe cumplir el refractario ideal son contrapuestas.

TÉCNICAS:

1. **Materia prima:** Una vez recibida se efectúa todos los ensayos a los efectos para verificar su calidad. Luego se la almacena en lugar adecuado, según las características.
2. **Trituración y molienda:** En esta etapa se busca la reducción del tamaño de los granos y obtener un conjunto de granos que posean la distribución métrica necesaria para su tratamiento. Además del tamaño final del grano, es importante la dureza de la materia prima para elegir el equipo conveniente. Otra característica importante es la humedad de la materia prima.
3. **Clasificación:** Se procede a separarlas en función de los distintos diámetros obtenidos. Esta operación se realiza haciendo pasar el material a través de zarandas o tamices, con aberturas de distintas medidas, reteniéndose en cada una los granos que tienen mayor tamaño que los orificios de este tamiz. Esta parte del producto es devuelta al molino para su posterior trituración o molienda.
4. **Mezcla y homogeneización:** Posteriormente se procede al dosaje de los componentes, que después de su oportuno mezclado, formarán al pastón destinado al prensado. La dosificación se realiza según peso o volumen. El primero es mucho más preciso, siempre y cuando la humedad esté perfectamente controlada.
5. **Preparación del pastón:** Después del dosaje, los componentes son mezclados y se le agrega el agua necesaria para efectuar el prensado.
6. **Moldeado:** Una vez obtenida la mezcla ya homogeneizada, se la somete al moldeado, según alguno de los tres procedimientos siguientes:

- 6.1. Prensado: Mecánica, hidráulica, fricción
- 6.2. Extrusión: Permite una mayor densificación del producto final. Se hace pasar la pasta a través de una sección determinada y luego se corta.
- 6.3. Moldeado a mano: Se utiliza este procedimiento si la pieza es muy grande (más de 100 mm. De lado), o si la pieza es muy complicada.
7. Secado: Mediante secado al aire, lo cual requiere fundamentalmente un espacio resguardado de cambios climáticos.
8. Cocción: Proceso por el cual se tratan las materias primas precalcinadas, a los efectos de lograr que se produzcan ciertas reacciones químicas y que se formen los compuestos necesarios para el consolidamiento de las partículas y el posterior uso de la pieza. Hay que tener en cuenta que durante el procedimiento hay una reducción dimensional del ladrillo.

APLICACIONES:

Los materiales refractarios son de una importancia vital para muchísimos procesos industriales, sin los cuales una gran parte de la industria quedaría paralizada.

1. Industria siderúrgica integral: Hornos altos, hornos eléctricos, vagones torpedo, etc.
2. Industria del acero: Hornos eléctricos, hornos de tratamiento térmico y de afino, hornos de laminación de empuje y de vigas galopantes, etc.
3. Industria del vidrio: Hornos de fusión de vidrio hueco y plano, baños de estaño, hornos de temple, etc.
4. Industria metalúrgica: Hornos de fusión de cobre, hornos de aluminio, etc.

5. Industria del cemento: Hornos rotativos, cabezales de horno, enfriadores de satélites, etc.
6. Tratamiento de residuos: Hornos de incineración de parrillas, rodillos y lecho fluidificado para residuos sólidos urbanos, etc.
7. Industria cerámica: Hornos túnel, de cámara, vagonetas, hornos de bizcochado, etc.

Referencias bibliográficas

Fuentes Textuales:

HERNÁNDEZ, Vicente y CAMAZANO, Sánchez
1981 *Los materiales Arcillosos. Composición, propiedades y aplicaciones*.
Salamanca: Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Oeste. Consulta:
24 de septiembre de 2019.

<https://digital.csic.es/handle/10261/23534>

RODRÍGUEZ, Javier
2010 “Propiedades físicas: densidad y porosidad”. Material del curso de
Petrología y Geoquímica. Oviedo: Universidad de Oviedo. Consulta: 26 de
septiembre de 2019.

http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/4887/mod_resource/content/1/T3b-DensidadPorosidad.pdf

ROCHA, Enrique
2005 *Introducción a los materiales cerámicos*. Azcapotzalco: Universidad
Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Consulta: 23 de septiembre de
2019.

<http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/4570>

Fuentes de Imágenes:

Figura 1:

ELECTROHIDRÁULICA ANOIA

“Recubrimiento cerámico de una bomba industrial”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

http://www.ehanoia.com/recubrimientos-ceramicos_es.php

Figura 2.

INFORMES OSCAR PÉREZ JURADO

“Clasificación de materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

<http://infmk2013aoscarperezj.blogspot.com/2015/02/>

Figura 3.

Módulo elástico

“Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f

Figura 4.

Resistencia teórica bajo carga tensil

“Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f

Figura 5.

Efecto del tamaño de defecto

“ Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f

Figura 6.

Ecuación del módulo de ruptura

“ Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f

Figura 7.

Valores típicos de resistencia a temperatura ambiente para diferentes materiales

“ Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f

Figura 8.

Índice de refracción

“ Introducción a los materiales cerámicos”. Consulta: 28 de septiembre de 2019.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiApMuv1cDIAhWDv1kKHbXrCP8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzaloamati.azc.uam.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F11191%2F4570%2FIntroduccion_a_los_materiales_ceramicos_ALTO_Azcapotzalco.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1490ZSzFq8hrOXkdZNOI7f