

LAS OXICERÁMICAS COMO NUEVAS ALTERNATIVAS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

Tomado de la revista TECHNICA No. 24 de 1990
Dip. Ing (FLL) Klaus Wolf,
Friedrichsfeld, 68 Mannheim, Alemania
Traducción y adaptación para el INFORMADOR TECNICO:
Ing. Mariano Benavides C. - Jefe PROGRAMA ASTIN - SENA

1. INTRODUCCION

Las exigencias mecánicas a que se ven sometidas las partes en funcionamiento de una máquina, como el desgaste, estabilidad a la corrosión y al calor, generalmente sobrepasan los límites que los materiales convencionales pueden ofrecer.

En las últimas décadas las especificaciones de calidad para las construcciones mecánicas, se han hecho cada vez más rigurosas, dando lugar a la elección de nuevos materiales que satisfagan las condiciones de funcionamiento que el mercado exige.

Fue el descubrimiento de nuevas aleaciones cerámicas que aportó en gran medida a las perspectivas de búsqueda de solución a estos problemas.

La obtención de una nueva aleación cerámica es el resultado del estudio de problemas específicos, realizado por el constructor de máquinas y el ceramista (quienes analizando un problema en particular, llegan a obtener la aleación deseada).

Las aleaciones cerámicas provienen de silicatos compuestos a base de óxidos y no óxidos, cuyo proceso de obtención es la pulvimetalurgia.

Una de las últimas aleaciones obtenidas, de uso industrial, está compuesta por:

Oxido de aluminio	(Al_2O_3)	80%
Oxido de zirconio	(ZrO_2)	7%
Carburo de silicio	(SiC)	5%
Nitruro de Silicio	(Si_3N_4)	5%
Otros compuestos		3%

Los precios de los compuestos se hacen muy elevados, partiendo del Al_2O_3 como valor unitario:

$$Al_2O_3 = 1$$

$$ZrO_2 = 5 \text{ (20 veces más caro en el mercado)}$$

$$SiC = 1 \text{ (3 veces más caro en el mercado)}$$

$$Si_3N_4 = 20$$

2. EXISTENCIA DE LAS CERAMICAS EN EL MERCADO

La historia del desarrollo de las cerámicas y su salida al mercado es como sigue:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| a. Oxidos de aluminio | Hace aproximadamente de 60 a 70 años. |
| b. Oxido de Zirconio | 20 a 25 años. |
| c. Carburo de Silicio | 10 a 15 años. |
| d. Nitruro de silicio | 10 a 15 años. |

2.1 APLICACIONES

Cerca del 90% de las cerámicas en la actualidad son utilizadas en la industria electrónica, siendo el óxido de aluminio el de mayor aplicación, por sus propiedades de alta resistencia eléctrica, dureza a la penetración, propiedades para dejarse metalizar y aplicación de depósitos duros. El 10% restante es utilizado en la metalmecánica, la industria química, en las aplicaciones a altas temperaturas, en laboratorios, la medicina, la óptica y en la energía atómica.

2.2. MATERIAS PRIMAS PARA LA OBTENCION DE LAS CERAMICAS

Entre los principales factores que influyen en el precio y la obtención de las materias primas para las cerámicas, se encuentran:

- Disponibilidad de los minerales y otros materiales.
- Lugar donde se consiguen.



Clasificación General De Las Cerámicas

- c. Planta y procesos usados para su obtención.
- d. Preparación de las aleaciones y polvos para la sinterización.

La limpieza y finura del grano como material de base, define el precio de la aleación, así como el sistema o tipo de proceso a utilizar, y la economía del producto terminado.

2.3. PREPARACION, SINTERIZACION Y POSTPROCESAMIENTO

Existen diferentes procedimientos para obtener piezas con base en compuestos cerámicos.

Los factores más importantes a determinar son: La aplicación industrial y los costos de obtención, los cuales inciden en la calidad de las piezas terminadas.

Por la gran experiencia en el manejo de las cerámicas con base a Oxidos de Aluminio, este compuesto es en el momento, el de mayor utilización con respecto a otros compuestos cerámicos (Véase Tabla No. 1)

2.4 PROPIEDADES

Las aplicaciones de los productos cerámicos en las diferentes áreas industriales, están definidas por las propiedades que ofrecen según el campo de aplicación. En los últimos diez años se ha podido comprobar que los óxidos de aluminio Al_2O_3 mezclados con otros óxidos han arrojado compuestos con propiedades térmicas, químicas, eléctricas y mecánicas, de gran variedad, que hacen difícil su normalización por el momento.

(En la tabla No. 2, se pueden observar las aplicaciones cerámicas en la construcción de bombas hidráulicas.)

PROPIEDADES NECESARIAS Y EXIGENCIAS ESPECIALES APLICACIONES INDUSTRIALES	PROPIEDADES NECESARIAS										PROPIEDADES ESPECIALES		ESTRUCTURA DEL MATERIAL		
	Térmicas			Mecánicas			Electric.		Químicas y ópticas		Calidad de superficie	Resistencia a la adherencia en el metalizado	Pureza	Densidad	Tamaño de grano
	Estabilidad a altas temperaturas	Estabilidad a choques térmicos	Conductividad térmica	Resistencia a la rotura	Resistencia al desgaste	Resistencia a la fluencia	Resistencia eléctrica	Propiedades dieléctricas	Estabilidad a la corrosión	Transparencia					
Bujías en Automotriz		+	++	+			++		+					+	
Guías de hilo para textiles				(+)	++						+		(+)	+	
Guías de alambre en metalmecánica		++		+	++									+	
Herramientas de corte	+	++	+	++	++	+							++	++	
Partes de bombas en la química		+	+	+	++				++		++		(+)	+	
Substratos en la electrónica			++	+			+	++			+	++	(+)	+	
Tubos de montaje en electrónica		+	++	+			++	++				++	(+)	+	
Tubos de lámparas en la óptica	++	+		+			++		++	++		+	++	++	
Partes para hornos industriales	++	++	+			++	++						+	+	
Tubos protectores de termopares			+												
Industria: del vidrio, metalúrgica y química	++	+		+		++	++		++				+	+	
Medicina y cerámica				++	++				++		++		++	++	

Tabla No. 1 - Propiedades necesarias y exigencias especiales de las cerámicas según el campo de aplicación industrial

Símbolos: + = Alta exigencia; ++ = Muy alta exigencia; (+) = Solamente en aplicaciones especiales.

3. LA INGENIERIA DE LA OXICERAMICA EN EJEMPLOS DE APLICACION ACTUAL

Las excelentes y poco usuales propiedades de las oxicerámicas, comparadas con otros materiales, no solo le han abierto un gran campo de aplicación industrial, sino que en el momento es imposible predecir qué otras aplicaciones tendrá.

Algunas de las propiedades son:

- Alta resistencia mecánica, aún a altas temperaturas.
- Excelente estabilidad química, aún en presencia de ácidos y soluciones alcalinas fuertes.
- Alta dureza y resistencia al desgaste.
- Bajo peso específico.
- Alta estabilidad a temperaturas elevadas.
- Alta resistencia eléctrica.

Parte en cerámica Tipo de bomba	Anillos de desliza- miento	Ejes	Casqui- llos de protec- ción	Cojinetes	Discos de arranque	Separa- dores de copa	Pistones	Embolos	Cilindros	Válvulas de bola	Boquillas
Para la industria química											
Agitadores											
Bombeo de agua en automotriz											
Uso doméstico para sustancias alcalinas											
Para montajes de calefacción											
Bombas tubulares											
Bombas magnéticas											
Bombas intercambiadoras											
Para bombeo desde barriles											
Bombas de engranajes											
Bombas dosificadoras											
Bombas de alta presión											
Bombas para reactores											
Bombas para aguas negras											

Tabla No. 2 - Aplicación de las cerámicas en la fabricación de piezas claves usadas en la construcción de bombas.

Muchos productos que actualmente se ofrecen en el mercado y que tienen incorporadas piezas con base en compuestos cerámicos, no tendrían la misma calidad y apetencia del comprador, si estas partes no fueran construidas en estos materiales, pues deberían ser reparados o desechados en muy corto tiempo.

La tabla No. 3, muestra las propiedades de las diferentes cerámicas comerciales.

4. APLICACIONES DE LAS CERAMICAS ANTE EXIGENCIAS DE ALTAS TEMPERATURAS

La más antigua aplicación de las cerámicas se ha centrado en el campo de las altas temperaturas, por su gran estabilidad química y dimensional, por encima de los puntos críticos que se pueden obtener de otros

Propiedad	Unidad	Oxido de Aluminio Al_2O_3		Oxido de Zirconio Estabilizado Parcialmente ZrO_2		Carburo de Silicio SiC	Nitruro de Silicio Si_3N_4
		F96	F99,7	FZM	FZM/K	SiC 198	HP 79
Densidad	g/cm^3	3, 7-3,8	3, 9-3,95	5,7	6,0 - 6,1	3,1	3,2
Dureza (Knoop 100 g)	N/mm^2	20000	23000	17000	18000	21000	17000
Resistencia a la Compresión	N/mm^2	3000	2500	2000	2200	1200	3000
Resistencia a la Flexión	N/mm^2	300	350	500	800	350	750
Módulo de Elasticidad	$10^5 N/mm^2$	3,5	3,8	2,0	2,0	3,3	3,2
Módulo de Weibull	-	>10	>10	>20	>15	>10	>20
Módulo de Poisson	-	0,22	0,22	0,30	0,30	0,20	0,26
Apertura de la Porosidad	%	0	0	0	0	>1	0
Temperatura Máxima de Funcionamiento	C	1700	1950	900	1200	1400	1400
Coefficiente de Dilatación	$10^{-6} / K$	8,5	8,5	10,0	11,0	4,4	3,2
Calor Específico	J/KgH	900	900	400	400	900	800
Conductividad Térmica	W/mK	25	30	2,5	2,5	90	40
Resistencia Específica	Ωcm	10^{14}	10^{14}	10^{10}	10^{10}	10^{-1}	10^{14}
Color	-	blanco	blanco	amarillo	blanco	negro	negro

Todos los valores son referidos a Temperaturas de 20_ (grados Centígrados)

F96=96% Oxido de Aluminio; F99,7=99,7 Oxido de Aluminio

FZM=Oxido de Zirconio ZrO_2 PSZ; FZM/K=Oxido de Zirconio ZrO_2 TZP

SiC198=Carbono de Silicio 8-12% Si HP79=Nitruro de Silicio prensado a alta temperatura.

Tabla No.3 - Comparación de las propiedades físicas de las diferentes cerámicas tomando como base probetas de laboratorio para otras piezas, son condicionalmente admisibles.

COMPARACION DE PROPIEDADES Y CAMPOS DE APLICACION DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

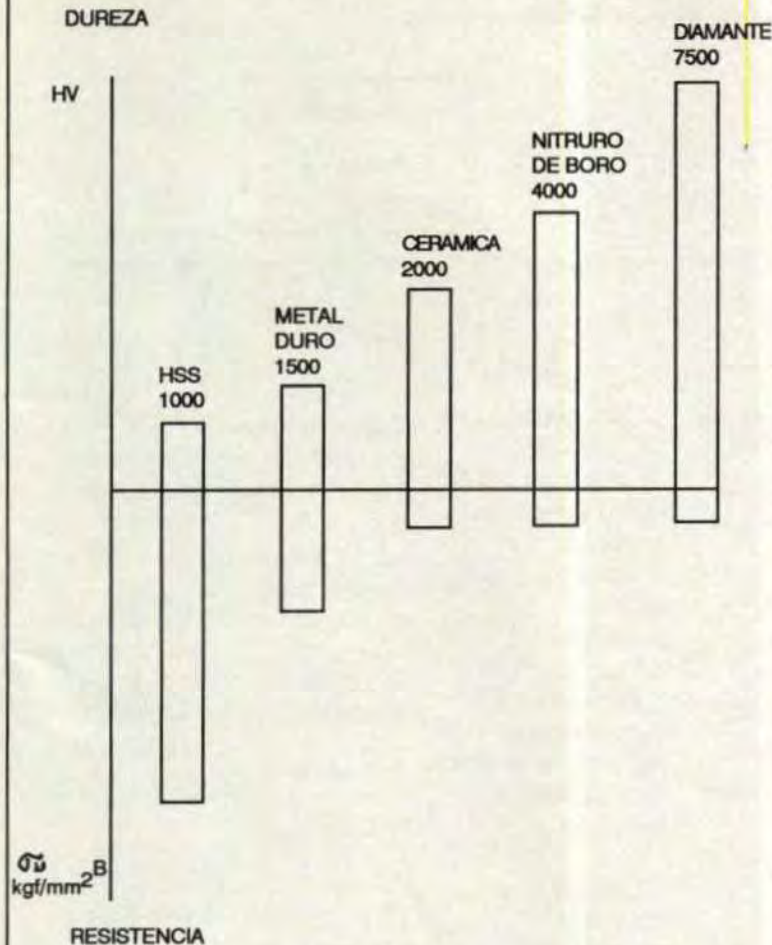


TABLA 4

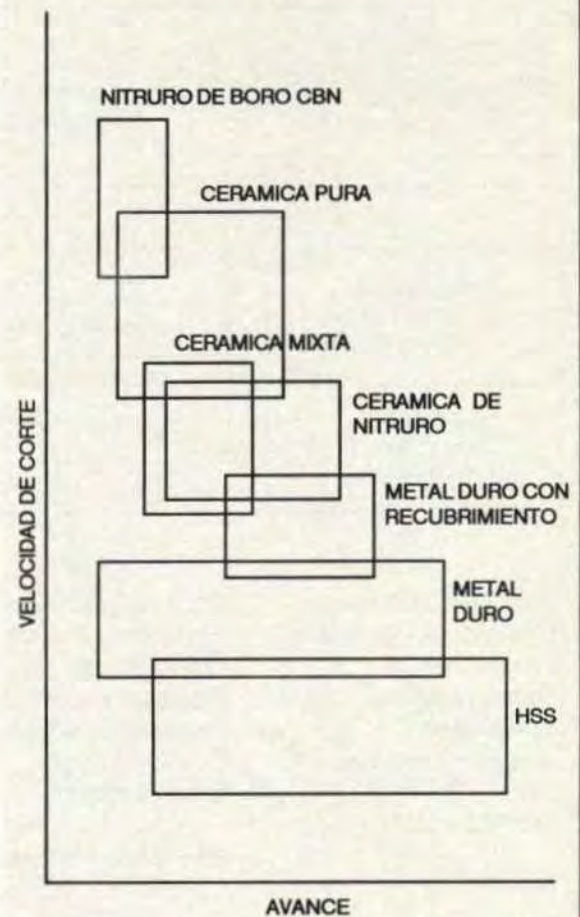


TABLA 5

materiales. Por ejemplo en el uso de cerámicas como herramientas de corte, se puede apreciar la comparación de propiedades, incluso con herramientas de diamante (Véase tablas 4, 5 y 6)

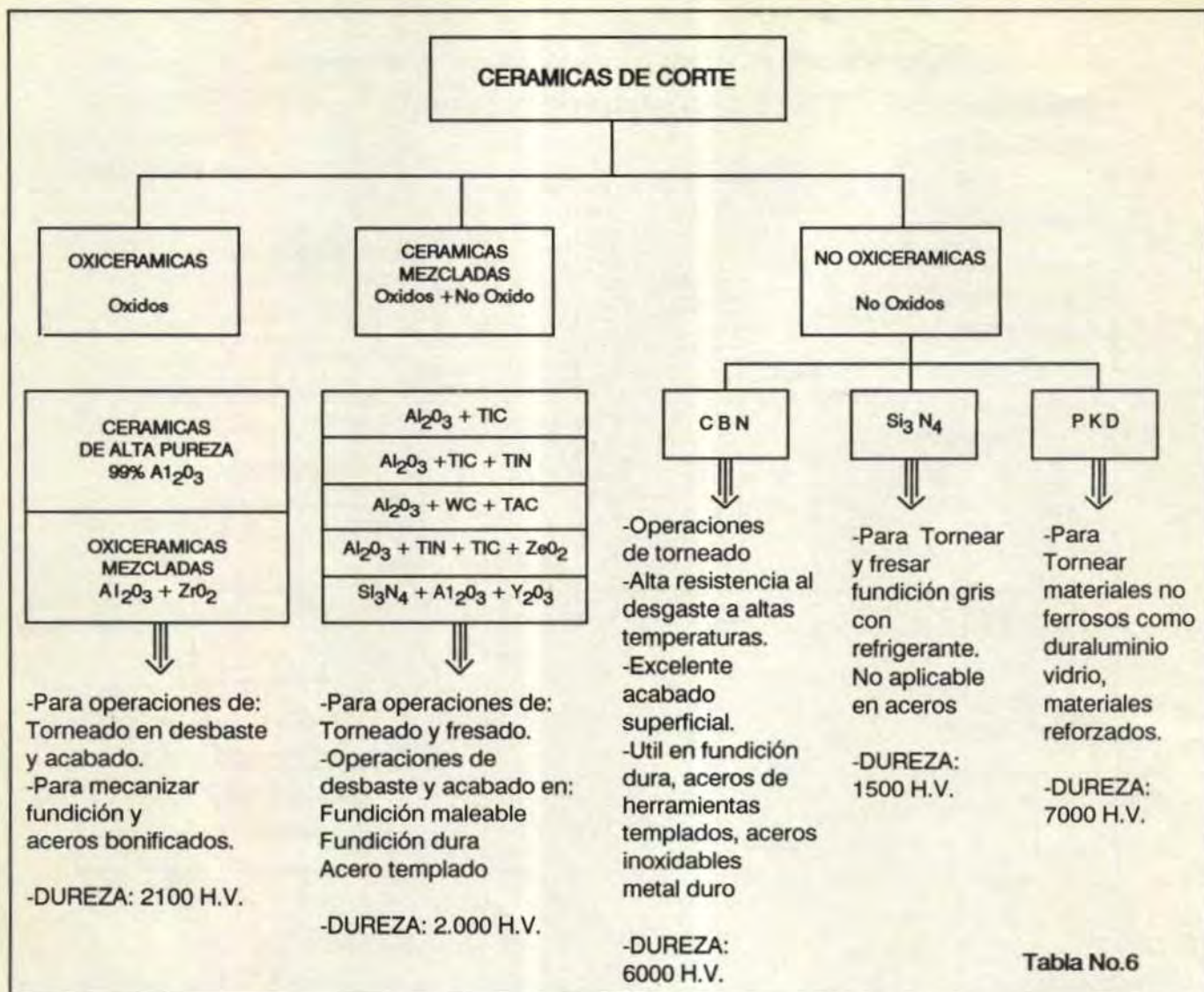
Propiedades como la conductividad térmica, aislamiento eléctrico y buen comportamiento a los choques térmicos, hacen de las cerámicas un excelente material para el uso de crisoles y hornos industriales de alta temperatura. Los compuestos a base de Al_2O_3 , MgO y ZrO_2 , en forma pura, cumplen con las más rigurosas exigencias de alta temperatura.

En el campo de la metalización se han encontrado aplicaciones muy interesantes como es el MoMn, sobre la base cerámica en películas muy delgadas como NiFe, que permiten la aplicación de soldadura.

Los compuestos cerámicos con adición de metales y carburos metálicos no solo han encontrado una excelente aplicación como herramientas de corte, se usan con igual éxito en la microelectrónica para la fabricación de semiconductores y superconductores, en la obtención de tiristores, transistores, así como aislantes eléctricos. En el momento tienen una gran aplicación en la producción de chips.

5. LOS COMPUESTOS CERAMICOS COMO HERRAMIENTAS PARA RECTIFICAR MATERIALES DUROS

Los compuestos cerámicos con adición de óxido de cromo, dan lugar a los llamados rubíes sinterizados, con grandes propiedades de conservación de los cantos



vivos en los granos abrasivos y permiten rectificar materiales como el vidrio, metales duros y aceros templados.

Estos compuestos conformados de cristales de corindón, los cuales a través de la sinterización se unen firmemente, pero por su característica aglutinante, los granos se desprenden fácilmente, produciendo frecuentes cambios de filo. Estos compuestos cerámicos no pueden ser utilizados para cualquier tipo de material, pero sí responden muy bien en aquellos materiales que no se han podido rectificar por medio de otros elementos abrasivos.

6. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Hasta el momento las aplicaciones cerámicas en la industria automotriz habían sido manejadas con cierto

recelo, no sólo por los costos de entrada al mercado, sino por la intercambiabilidad de las partes.

Una gran aplicación se encontró en las bujías de encendido, actualmente los industriales del automóvil, experimentan con otras partes como; válvulas, asientos de válvulas, bujes de los cilindros, parte frontal de los pistones, ruedas dentadas. Se encontró una especial aplicación en la fabricación de turbinas y reactores atómicos.

Con todas las propiedades y ventajas que estos materiales presentan, su precio constituye uno de los principales obstáculos para su uso, debido a los altos costos de las materias primas y los procesos de obtención.

Las nuevas investigaciones no solo van orientadas a la obtención de nuevos compuestos, sino también a la reducción de los costos de fabricación.

APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS CERAMICAS, RELACIONANDO EL CAMPO GENERAL CON LOS PRODUCTOS Y EL GRUPO AL QUE PERTENECEN

Nº	Campo Industrial	Grupo General	Grupo de productos
1	Térmicas y resistencia al calor	Construcciones resistentes al calor	Medios de combustión, Masas, tubos de protección, intercambiadores de calor
		Aislantes cerámicos	Masas (aislantes del fuego) hilos y fibras aislantes
2	Química	Cerámica químico-técnica	Productos para procesos químicos, filtros
		Cerámica activa	Sensores y catalizadores
3	Ingeniería cerámica en la metalmecánica	Diseño y construcción de máquinas	Revestimiento contra el calor y fuego. Protección contra el desgaste. Matrices a presión Boquillas de trefilado. Guías de alambre. Rodillos para laminar papel. Empaques de disco, anillos, válvulas y boquillas.
		Herramientas de corte	Placas intercambiables
		Herramientas de rectificar	Abrasivos y muelas para rectificar
4	Energía atómica		Combustibles atómicos, material absorbente
5	Eléctrico	Cerámicas pasivas	Aislantes, bujías, carcasas, substratos, soportes para conductores de calor y electricidad.
		Cerámicas activas	Condensadores, varistores, resistencias dependientes de la temperatura, transductores, conductores térmicos, electrodos, electrolitos sólidos
6	Electromagnetismo	Imanes no permanentes	Núcleos para el bobinado Acumuladores
		Imanes permanentes	Imanes para motores, parlantes
7	Óptica	Cerámicas activas	Material para láser Traductores ópticos
		Cerámicas pasivas	Cubiertos de lámparas, ventanas ópticas sensores
8	Biología	Implantación	Implantes
		Odontología	Dientes y postizos