

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 907**

51 Int. Cl.:

**C04B 35/638** (2006.01)

**C04B 35/64** (2006.01)

**C04B 35/645** (2006.01)

**C04B 41/00** (2006.01)

**H01Q 1/42** (2006.01)

**C04B 35/584** (2006.01)

**H01Q 1/28** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2012 PCT/IT2012/000052**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2013 WO13124871**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012 E 12720972 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2016 EP 2817273**

54 Título: **Material cerámico para radomo, radomo y proceso para su producción**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.05.2017**

73 Titular/es:

**MBDA ITALIA S.P.A. (100.0%)  
Via Monte Flavio, 45  
00131 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**DI MARTINO, DANIELA;  
DILETTA, SCITI y  
ESPOSITO, LAURA**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 611 907 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Material cerámico para radomo, radomo y proceso para su producción

5 La presente invención se refiere a un material cerámico para radomo, a un radomo y a un proceso para su producción.

En particular, la presente invención se refiere a un material cerámico para radomo para misiles y, en general, para aplicaciones aeroespaciales y el proceso de producción correspondiente.

10 Se divulga un material de cerámica de la técnica anterior en el documento US 4542109.

Los materiales que se usarán para dichas aplicaciones necesitan requisitos particularmente estrictos en términos de alta resistencia mecánica, alta resistencia térmica y buenas propiedades dieléctricas.

15 En particular, los materiales usados en aplicaciones de radomo deben garantizar una resistencia mecánica óptima y una constante dieléctrica baja en un intervalo amplio de temperaturas.

20 Deben ser capaces de resistir frente a las fuerzas aerodinámicas, los agentes atmosféricos y los choques térmicos durante un largo período de tiempo y, al mismo tiempo, deben ser transparentes con respecto a las ondas electromagnéticas.

Se conoce el uso de material cerámico para fabricar radomos.

25 En particular, se conoce el uso de materiales cerámicos basados en  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (nitruro de silicio) para fabricar radomos, debido a sus buenas propiedades mecánicas tanto a temperatura ambiente como a altas temperaturas y debido a su buena resistencia frente a los choques térmicos.

30 Sin embargo, dichos materiales tienen problemas durante la etapa de sinterización porque el nitruro de silicio, a presión atmosférica, tiende a descomponerse si no se fundir o sinteriza en primer lugar.

35 Por esta razón, la etapa de formación de artículos fabricados con dichos materiales se lleva a cabo por prensado. Esto representa un límite porque la formación por medio de prensado permite obtener únicamente formas simples. Por lo tanto, la producción de artículos que tienen formas más complejas requiere realizar operaciones de mecanizado posteriores en la pieza.

40 Estas operaciones son largas, complejas y costosas, incluso debido a las buenas características mecánicas del material. En particular, la alta dureza de dichos materiales requiere operaciones complejas de mecanizado mecánico y el uso de herramientas caras.

En algunas soluciones de la técnica anterior se propuso un material que comprende nitruro de silicio y aluminosilicato de bario (BAS).

45 Dichas soluciones conocidas, aunque tienen alta densidad y, por lo tanto, buenas propiedades mecánicas, tienen una alta constante dieléctrica y, por lo tanto, malas propiedades dieléctricas.

Además, el proceso de producción de radomos que comprende dichos materiales presenta las desventajas mencionadas anteriormente.

50 Además, debe observarse que la mayoría de los materiales cerámicos conocidos basados en nitruro de silicio estudiados para aplicaciones aeroespaciales presentan problemas de aplicación industrial, porque las propiedades de los mismos están relacionadas estrictamente tanto con la microestructura como con la macroestructura de los mismos y, por lo tanto, incluso ligeras variaciones en la composición de los mismos y/o en el proceso de producción, modifican considerablemente las propiedades de los mismos.

55 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un material cerámico para radomo que tenga un alto rendimiento en términos de resistencia mecánica, resistencia térmica y propiedades dieléctricas en un amplio intervalo de temperaturas.

60 Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un material cerámico para radomo y un proceso para producir radomos que no tenga problemas de sinterización.

65 Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un proceso para producir un radomo que sea simple, de bajo coste y que permita obtener un radomo que tenga las propiedades mecánicas, térmicas y dieléctricas mencionadas anteriormente.

Estos y otros objetivos se consiguen por medio de un material cerámico para radomo que comprende:

- 90-94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; y

- 5 - 6-10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio incluyendo de un 3,2 a un 5,2 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

y tiene una densidad no inferior a  $2,5 \text{ g/cm}^3$  y una constante dieléctrica que no excede de 6,5.

- 10 Preferentemente, los valores de la constante dieléctrica son sustancialmente constantes o están sometidos a ligeras variaciones sobre la variación de la temperatura.

Los valores de la constante dieléctrica se miden en las bandas X, Ku y Ka.

- 15 De acuerdo con los modos de realización preferentes, dicha densidad está comprendida entre  $2,5$  y  $2,9 \text{ g/cm}^3$  y/o dicha constante dieléctrica está comprendida entre 5,7 y 6,4.

De acuerdo con los modos de realización particularmente preferentes, dicha densidad está comprendida entre  $2,65$  y  $2,79 \text{ g/cm}^3$  y/o dicha constante dieléctrica está comprendida entre 5,9 y 6,2.

- 20 De forma ventajosa, de un 15 a un 35 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  es  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ . Esto permite mejorar las propiedades dieléctricas del material.

- 25 Una composición particularmente preferente del material de acuerdo con la presente invención comprende un 90 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , un 5,1 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , un 1,4 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y un 3,5 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

- 30 De acuerdo con un segundo aspecto de la misma, la invención se refiere a un radomo que comprende dicho material, que consigue las mismas ventajas que el material, es decir, una buena resistencia mecánica y térmica, así como buenas propiedades dieléctricas para un intervalo amplio de temperaturas.

Más en general, la invención se refiere a un artículo que comprende dicho material.

- 35 De acuerdo con un tercer aspecto de la misma, la invención se refiere a un proceso para producir un radomo, que comprende las siguientes etapas:

a. formar una mezcla homogénea de aproximadamente un 90 a un 94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  en polvo y de aproximadamente un 6 a un 10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio en polvo, incluyendo de un 3,2 a un 5,2 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

- 40 b. añadir al menos un aglutinante orgánico a la mezcla;

c. atomizar la mezcla;

- 45 d. someter la mezcla a prensado isostático a temperatura ambiente en un molde especial con el fin de formar un producto semiacabado incompleto;

e. mecanizar mecánicamente el producto semiacabado incompleto con el fin de conferirle sustancialmente la forma final;

- 50 f. someter el producto semiacabado incompleto conformado a un ciclo térmico;

g. sinterizar el producto semiacabado incompleto con el fin de obtener el producto acabado.

- 55 Tal proceso es ventajoso con respecto a los procesos conocidos, ya que permite obtener un radomo de alta resistencia mecánica y térmica, así como buenas propiedades dieléctricas en un intervalo amplio de temperaturas.

En particular, la totalidad de las etapas específicas de dicho proceso permite obtener una microestructura específica que confiere las características mencionadas anteriormente al material y, por lo tanto, al radomo.

- 60 Además, el hecho de proporcionar un mecanizado mecánico en un producto semiacabado incompleto, permite obtener una maquinabilidad mejorada, recuperación de materiales, mayor rapidez del proceso de producción y características mecánicas mejoradas del producto acabado.

- 65 Cuando se requieren operaciones de acabado sobre la pieza sinterizada, estas operaciones serían más cortas con respecto a las de la técnica anterior y, por tanto, se ahorra en términos de tiempo y vida de las herramientas.

Además, la totalidad de las etapas de operación y la composición específica del material, permiten superar el problema relacionado con la aplicabilidad industrial porque se han optimizado para la producción industrial y no solamente para prototipos.

5 Preferentemente, la etapa a de formar una mezcla homogénea comprende las dos siguientes subetapas:

a'. mezclar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  con  $\text{SiO}_2$  con el fin de formar una premezcla;

10 a". mezclar la premezcla con  $\text{MgO}$  y con  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Preferentemente, la etapa a proporciona una etapa de añadir agua a la mezcla con el fin de formar una suspensión.

15 De forma ventajosa, la etapa d de prensado isostático se lleva a cabo a una presión comprendida entre 150 y 180 MPa (1.500 y 1.800 bares).

De acuerdo con los modos de realización preferentes del proceso de la invención, la etapa f de someter el producto semiacabado a un ciclo térmico comprende las siguientes subetapas:

20 f'. elevar la temperatura de  $8\text{ }^\circ\text{C/h}$  hasta alcanzar una temperatura de  $300\text{ }^\circ\text{C}$  a  $390\text{ }^\circ\text{C}$ ;

f". dejar el producto semiacabado a la temperatura durante 3 a 6 horas.

25 Preferentemente, la etapa f de someter el producto semiacabado a un ciclo térmico se lleva a cabo en un horno que proporciona un soporte específico o base y/o un sistema para transportar los gases para asegurar que el aglutinante orgánico sale de la pieza. Esto permite prevenir la rotura del producto semiacabado debido a la presión ejercida por el aglutinante orgánico.

30 Preferentemente, la etapa g de sinterización se lleva a cabo a una temperatura de  $1.500\text{ }^\circ\text{C}$  a  $1.650\text{ }^\circ\text{C}$  y/o con fase líquida en atmósfera inerte, preferentemente en nitrógeno.

El hecho de que dicha temperatura sea baja permite reducir los costes de inversión y de funcionamiento de la planta y, por lo tanto, del proceso de producción.

35 De forma ventajosa, la etapa g de sinterización se lleva a cabo sobre una base hecha del mismo material que el producto semiacabado. Esto permite evitar deformaciones del producto.

40 De acuerdo con algunos modos de realización, la etapa g de sinterización está precedida por una etapa de aplicar un antioxidante sobre la superficie del producto.

Para una mejor comprensión de la invención y para observar las ventajas de la misma, a continuación hay una descripción de algunos modos de realización que sirven de ejemplo y no son limitantes del material cerámico para radomo y el proceso para producir un radomo de la invención, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

45 - la figura 1 muestra esquemáticamente las etapas del proceso para producir un radomo de acuerdo con la presente invención; y

- la figura 2 muestra un ejemplo de un artículo fabricado usando el material de la invención, durante algunas etapas de producción específicas.

50 El material cerámico para radomo de acuerdo con la presente invención es un material basado en nitruro de silicio, que en realidad comprende de aproximadamente un 80 a un 95 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

55 Preferentemente, de aproximadamente un 15 a un 35 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  es  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ . En realidad, se descubrió que un porcentaje controlado específico de dicha fase permite obtener una constante dieléctrica baja y, por lo tanto, mejorar las capacidades dieléctricas del material, es decir, sus capacidades para ser transparente a las ondas electromagnéticas.

60 En particular, el material de la invención es óptimo para radomo, es decir, para estructuras adaptadas para proteger las antenas, por lo tanto, la expresión "buenas propiedades dieléctricas" se usa para indicar la capacidad del material de ser transparente a la energía emitida y recibida por una antena.

65 El material de la invención comprende de un 90 a un 94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; y de un 6 a un 10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio, incluyendo de un 3,2 a un 5 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## ES 2 611 907 T3

Una composición particularmente preferente del material de acuerdo con la presente invención comprende un 90 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , un 5,1 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , un 1,4 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y un 3,5 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

5 Se obtuvieron resultados particularmente deseados usando dicha composición.

De acuerdo con la presente invención, el material cerámico tiene una densidad no inferior a  $2,5 \text{ g/cm}^3$  y, preferentemente, comprendida entre  $2,5$  y  $2,9 \text{ g/cm}^3$ .

10 Dicha característica, junto con la composición, es fundamental para definir las propiedades de resistencia mecánica del material y, por lo tanto, para obtener un producto adecuado para aplicaciones aeroespaciales.

Además, la constante dieléctrica del material no excede de 6,5, en particular está comprendida entre 5,7 y 6,4, a temperatura ambiente y a altas temperaturas en las bandas X, Ku y Ka.

15 De acuerdo con un aspecto adicional, la invención se refiere a un artículo que comprende dicho material y, en particular, a un radomo que comprende dicho material. Preferentemente es un radomo para aplicaciones de misiles y, en general, aplicaciones aeroespaciales, pero también se podría aplicar en diferentes contextos, por ejemplo, en aplicaciones náuticas.

20 A continuación hay una descripción de un proceso para producir un radomo de acuerdo con la presente invención.

25 El proceso de la invención proporciona una primera etapa a de formar una mezcla homogénea de un 90 a un 94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; y de un 6 a un 10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio, incluyendo de un 3,2 a un 5,2 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Una composición particularmente preferente del material según la presente invención comprende un 90 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , un 5,1 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , un 1,4 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y un 3,5 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

30 Dicha etapa se puede llevar a cabo mezclando todos los componentes juntos o a través de dos subetapas posteriores, es decir, una primera subetapa a', que proporciona la mezcla homogénea de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  con  $\text{SiO}_2$  con el fin de formar una premezcla; y luego una segunda subetapa a'' que proporciona la mezcla de la premezcla con  $\text{MgO}$  y con  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

35 En ambos casos, la mezcla se produce preferentemente con adición de agua, porque ayuda en la etapa de atomización posterior. De forma alternativa, se podría usar etanol o cualquier otro disolvente de tipo conocido.

La mezcla es tal que garantiza la homogeneidad y el contacto íntimo entre los polvos.

40 Dicha etapa se lleva a cabo preferentemente en molinos especiales o mezcladores de rodillos.

Sigue una etapa b de añadir al menos un aglutinante orgánico a la mezcla.

45 Dicho aglutinante es de tipo conocido y puede ser, por ejemplo, polietilenglicol.

Está adaptado para ayudar a la mezcla facilitando una unión íntima entre las partículas de polvo.

50 Posteriormente, la mezcla se atomiza de una manera conocida, preferentemente por medio de un atomizador provisto de un ciclón, de acuerdo con una etapa c.

Al final de dicha etapa, la mezcla está en una forma de dispersión amorfa homogénea y estable.

55 Posteriormente, la mezcla se somete a prensado isostático a temperatura ambiente en un molde especial (etapa d). Dicho prensado se lleva a cabo a una presión comprendida entre 150 y 180 MPa (1.500 y 1.800 bares).

El molde tiene una forma compatible con la forma del producto que se pretende obtener y preferentemente es del tipo elastomérico.

60 En la aplicación específica tiene forma cilíndrica y está provisto de un núcleo cilíndrico concéntrico al mismo con el fin de conferir la forma cilíndrica hueca a la mezcla, como se muestra en la figura 2.

Después de haber introducido la mezcla en el cilindro, se introduce el núcleo, luego se cierra el molde herméticamente y la mezcla se somete a presión isostática.

65 El producto obtenido es un producto semiacabado incompleto.

En este punto, se lleva a cabo una etapa e de mecanizado mecánico del producto semiacabado incompleto con el fin de conferir la forma deseada al producto semiacabado, que coincide sustancialmente con la forma final del producto, que se muestra en la figura 2.

5 Como se menciona previamente, dicha etapa - que se lleva a cabo sobre un producto semiacabado incompleto y, por lo tanto, sobre un producto más maleable - permite obtener ventajas considerables en términos del proceso y las características del producto acabado.

10 Por lo tanto, al final del mecanizado mecánico, el producto semiacabado, aunque incompleto, tiene sustancialmente su forma final.

De acuerdo con un modo de realización preferente, dicha forma es conoidal u ojival.

15 Posteriormente, se lleva a cabo una etapa f de someter el producto semiacabado incompleto conformado a un ciclo térmico adaptado para eliminar el aglutinante orgánico.

Se debe optimizar de acuerdo con la composición específica usada y las dimensiones del producto semiacabado y se pone en funcionamiento preferentemente a presión atmosférica.

20 De acuerdo con modos de realización preferentes, el ciclo térmico comprende las subetapas de elevar gradualmente la temperatura, en particular, la temperatura se eleva de 8 °C/h hasta alcanzar una temperatura de 300 °C a 390 °C (etapa f'), y se deja el producto semiacabado a la temperatura alcanzada durante 3 a 6 horas (etapa f'').

25 Preferentemente, la etapa f se lleva a cabo en un horno que proporciona un soporte específico o base y/o un sistema para transportar los gases para garantizar que el aglutinante orgánico salga de la pieza de forma gradual y uniforme.

30 En otras palabras, el aglutinante orgánico evaporado del material puede permanecer atrapado dentro de la cavidad del artículo provocando deformaciones o rotura.

Para prevenir esto, el horno está provisto de una rejilla o una base provista de aberturas para permitir el paso de dicho aglutinante a través de las mismas.

35 De forma alternativa o adicionalmente, el horno puede estar provisto de un soporte adecuado que permite el colocar la pieza con la abertura y, por lo tanto, la concavidad, mirando hacia arriba.

De forma alternativa o adicionalmente, se pueden proporcionar sistemas adicionales de transporte de gases que impulsan los gases en movimiento en la dirección deseada.

40 De acuerdo con modos de realización preferentes del proceso de la invención, sigue una etapa h de aplicar un antioxidante sobre la superficie del producto acabado.

Dicha aplicación se hace preferentemente por pulverización.

45 El producto semiacabado incompleto se somete entonces a la etapa g de sinterización con el fin de obtener el producto acabado.

Dicha etapa se lleva a cabo preferentemente a una temperatura de 1.500 °C a 1.650 °C y/o con la fase líquida en atmósfera inerte, preferentemente en nitrógeno.

50 El ciclo térmico de sinterización está optimizado con el fin de obtener una microestructura específica.

Se observó que la cinética de sinterización está fuertemente afectada por la composición inicial específica del material, además de la temperatura.

55 Preferentemente, la etapa g de sinterización se lleva a cabo sobre un soporte hecho del mismo material que el producto semiacabado.

### 60 Ejemplo

Se mezclaron un 90 % (% en peso) de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, un 5,1 % (% en peso) de SiO<sub>2</sub>, un 1,4 % (% en peso) de MgO y un 3,5 % (% en peso) de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en un molino de cuchillas junto con agua y polietilenglicol con el fin de obtener una suspensión.

65 La mezcla se atomizó y luego se sometió a prensado isostático a temperatura ambiente en un molde cilíndrico a una presión de 150 MPa (1.500 bares).

## ES 2 611 907 T3

El producto semiacabado así obtenido se mecanizó externamente por medio de mecanizado de control numérico, con el fin de conferirle una forma ojival.

5 Posteriormente, se sometió al siguiente ciclo térmico:

- elevar la temperatura de 8 °C/h hasta alcanzar una temperatura de 300 °C a 390 °C;

- mantener en esa temperatura durante 3 a 6 horas.

10 El producto se sinterizó a una temperatura de hasta 1.550 °C durante un tiempo de aproximadamente dos horas con el fin de obtener un producto acabado.

El producto acabado se sometió a pruebas de verificación estándar consiguiendo los siguientes resultados:

15	Módulo de Young	GPa	220
	Coefficiente de Poisson - $\nu$		0,26
	Constante dieléctrica - $\epsilon$		6
	Resistencia a la flexión (a 21 °C)	MPa	349
	Dureza a fracturas	MPa·m <sup>1/2</sup>	3,69
	Coefficiente de dilatación térmica $\lambda$ (a 25 ÷ 1.300 °C)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	3,42
	Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2,7

En los que, para el módulo de Young y el coeficiente de Poisson, las medidas se llevaron a cabo a través del método de frecuencia de resonancia de flexión sobre piezas de prueba de 80 x 10 x 8 mm de acuerdo con las directrices de la norma EN 843-2.

20 La medición de la resistencia a la flexión se llevó a cabo de acuerdo con las directrices de la norma EN 843-1 flexionando en 4 puntos sobre barras con bordes biselados (que miden 25 x 2,5 x 2 mm) usando una máquina universal Zwick Z050 con una velocidad del haz de 0,5 mm/min, una distancia de 10 mm para las cuchillas superiores y 20 mm para las inferiores. La prueba se llevó a cabo sobre 5 muestras.

25 La medición de la dureza a fracturas se llevó a cabo usando el método de haz con muesca de Chevron en flexión de acuerdo con las directrices de la norma FprEN 14425-3. La prueba de flexión se llevó a cabo usando una máquina universal Zwick Z050, con una velocidad del haz de 0,02 mm/min. La prueba se llevó a cabo sobre tres piezas de prueba (que miden 25 x 2,5 x 2 mm) con muescas realizadas previamente usando una cuchilla que tiene un grosor de 0,1 mm.

30 En cuanto al coeficiente de dilatación térmica, las pruebas de dilatación térmica se llevaron a cabo usando un dilatómetro Netsch DIL E 402 sobre una pieza de prueba de 25 x 2,5 x 2 mm hasta 1.450 °C en un flujo de argón con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min.

35 Las mediciones de la constante dieléctrica se llevaron a cabo con un método de guía de ondas rellena con dieléctrico.

40 Las mediciones de densidad se llevaron a cabo sobre muestras sinterizadas, geométricamente, usando el método de Arquímedes de acuerdo con la norma ASTM C373.

### Conclusiones

45 Los resultados obtenidos muestran que la composición particular usada y la combinación de las etapas específicas del proceso permiten obtener un material con buenas características mecánicas, buena resistencia térmica y buenas características dieléctricas.

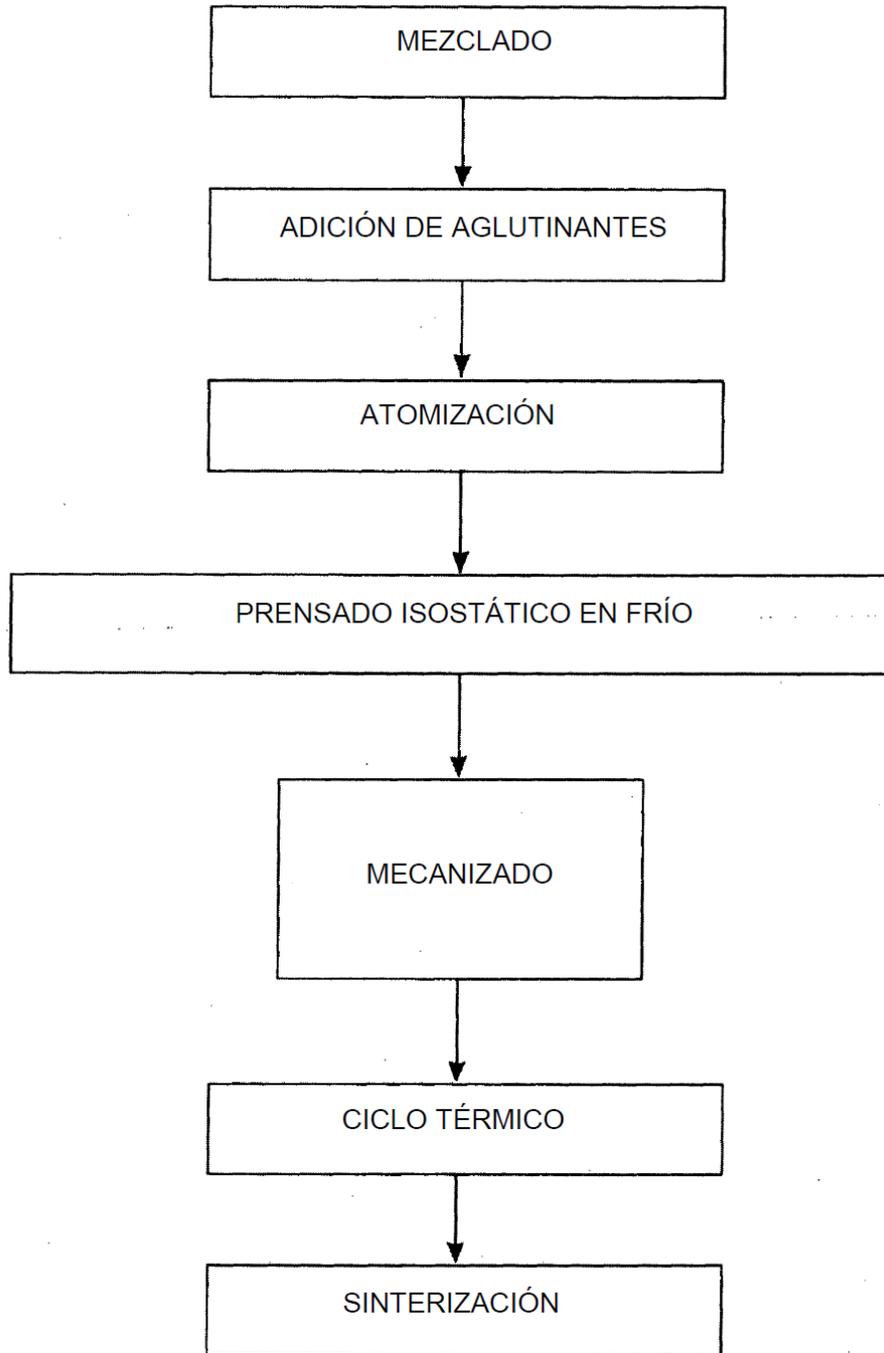
50 En la descripción anterior y en las reivindicaciones posteriores, todas las cantidades numéricas que indican cantidades, parámetros, porcentajes y así sucesivamente, se considerarán precedidas bajo cualquier circunstancia por el término "aproximadamente" a menos que se indique de otro modo. Además, todos los intervalos de cantidades numéricas incluyen todas las combinaciones posibles de los valores numéricos máximos y mínimos y todos los posibles intervalos intermedios, además de las indicadas específicamente en el texto.

El material cerámico, el radomo y el proceso de producción de acuerdo con la presente invención estarán sometidos

-por un experto en la técnica con el objetivo de satisfacer las necesidades contingentes y específicas- a otras modificaciones y variantes, todas ellas comprendidas dentro del alcance de protección de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Material cerámico para radomo que comprende:
- 5 - 90-94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; y
- 6-10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio, incluyendo de un 3,2 a un 5,2 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- 10 y que tiene una densidad no inferior a  $2,5 \text{ g/cm}^3$  y una constante dieléctrica que no excede de 6,5.
2. Material cerámico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha densidad está comprendida entre 2,5 y  $2,9 \text{ g/cm}^3$  y/o dicha constante dieléctrica está comprendida entre 5,7 y 6,4.
- 15 3. Material cerámico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que de un 15 a un 35 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  es  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ .
4. Material cerámico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un 90 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , un 5,1 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , un 1,4 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y un 3,5 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- 20 5. Radomo que comprende un material cerámico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 25 6. Proceso para producir un radomo que comprende las siguientes etapas:
- a. formar una mezcla homogénea de un 90 a un 94 % (% en peso) de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  en polvo y de un 6 a un 10 % (% en peso) de aluminosilicatos de magnesio en polvo, incluyendo de un 3,2 a un 5,2 % (% en peso) de  $\text{SiO}_2$ , de un 0,7 a un 2 % (% en peso) de  $\text{MgO}$  y de un 2,1 a un 4 % (% en peso) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- 30 b. añadir al menos un aglutinante orgánico a la mezcla;
- c. atomizar la mezcla;
- 35 d. someter la mezcla a prensado isostático a temperatura ambiente en un molde especial con el fin de formar un producto semiacabado incompleto;
- e. mecanizar mecánicamente el producto semiacabado incompleto con el fin de conferirle sustancialmente la forma final;
- 40 f. someter el producto semiacabado incompleto conformado a un ciclo térmico;
- g. sinterizar el producto semiacabado incompleto con el fin de obtener el producto acabado.
- 45 7. Proceso para producir un radomo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la etapa a de formar una mezcla homogénea comprende las dos siguientes subetapas:
- a'. mezclar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  con  $\text{SiO}_2$  con el fin de formar una premezcla;
- 50 a". mezclar la premezcla con  $\text{MgO}$  y con  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
8. Proceso para producir un radomo de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que la etapa f de someter el producto semiacabado a un ciclo térmico comprende las siguientes subetapas:
- 55 f'. elevar la temperatura de  $8 \text{ }^\circ\text{C/h}$  hasta alcanzar una temperatura de  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $390 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- f". dejar el producto semiacabado a esa temperatura durante 3 a 6 horas.
- 60 9. Proceso para producir un radomo de acuerdo con una de las reivindicaciones 6-8, en el que la etapa f de someter el producto semiacabado a un ciclo térmico se pone en funcionamiento en un horno que comprende un soporte específico y/o un sistema para transportar los gases para asegurar que el aglutinante orgánico sale de la pieza.
10. Proceso para producir un radomo de acuerdo con una de las reivindicaciones 6-9, en el que la etapa g de sinterización se lleva a cabo sobre un soporte hecho del mismo material que el producto semiacabado.



**FIG. 1**

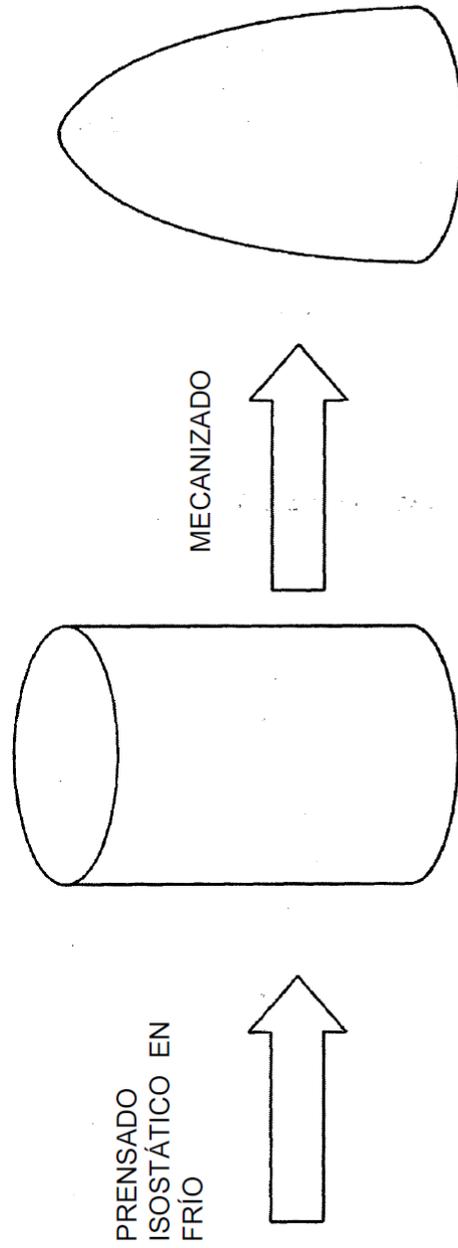


FIG. 2