

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902025269A1

Publication Date

20130822

Applicant

MBDA ITALIA S.P.A.

Title

MATERIALE CERAMICO PER RADOME, RADOME E PROCESSO PER LA
SUA PRODUZIONE

Titolare: MBDA Italia SpA

TITOLO: "Materiale ceramico per radome, radome e processo per la sua produzione"

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un materiale ceramico per radome, un radome e un processo per la sua produzione.

In particolare, la presente invenzione riguarda un
5 materiale ceramico per radome per applicazioni missilistiche e in generale aerospaziali e il relativo processo di produzione.

I materiali utili per tali applicazioni richiedono requisiti particolarmente stringenti in termini di
10 elevata resistenza meccanica, elevata resistenza termica e buone proprietà dielettriche.

In particolare, i materiali utilizzati nelle applicazioni radome devono garantire ottima resistenza meccanica e una bassa costante dielettrica in un ampio
15 intervallo di temperatura.

Essi devono essere in grado di resistere a forze aerodinamiche, ad agenti atmosferici e a shock termici per un lungo periodo di tempo e, al contempo, risultare trasparenti alle onde elettromagnetiche.

E' noto l'uso di materiali ceramici per realizzare radome.

In particolare, è noto l'uso di materiali ceramici a base di Si_3N_4 (nitruro di silicio) per costruire
5 radome, per via delle loro buone proprietà meccaniche sia a temperatura ambiente che a temperature elevate e per via della loro buona resistenza agli shock termici.

Tali materiali, tuttavia, presentano problemi
10 durante la fase di sinterizzazione in quanto il nitruro di silicio, a pressione atmosferica, tende a decomporsi senza prima fondere o sinterizzare.

Per questo motivo, la fase di formatura degli articoli realizzati con tali materiali avviene
15 mediante pressione. Ciò costituisce un limite in quanto la formatura mediante pressione consente esclusivamente l'ottenimento di forme semplici. Pertanto per produrre articoli di forme più complesse è necessario effettuare lavorazioni successive del
20 pezzo.

Queste risultano lunghe, complesse e costose anche per via delle buone caratteristiche meccaniche del materiale. In particolare, l'elevata durezza di tali materiali richiede lavorazioni meccaniche complesse e
25 l'uso di utensili costosi.

In alcune soluzioni della tecnica nota è stato proposto un materiale comprendente nitruro di silicio e alluminosilicato di bario (BAS).

Tali soluzioni note, pur presentando elevata
5 densità e quindi buone proprietà meccaniche, presentano una costante dielettrica elevata e quindi scarse proprietà dielettriche.

Inoltre, il processo di produzione di radome comprendenti tali materiali non è esente dai
10 summenzionati svantaggi.

Inoltre, è bene notare che, la maggior parte dei noti materiali ceramici a base di nitruro di silicio studiati per applicazioni aerospaziali, presentano problemi di industrializzazione, in quanto le loro
15 proprietà sono strettamente legate sia alla loro microstruttura che macrostruttura per cui anche modeste variazioni nella loro composizione e/o nel processo di produzione, modificano sensibilmente le loro proprietà.

20 Lo scopo della presente invenzione è pertanto quello di fornire un materiale ceramico per radome che risulti performante dal punto di vista della resistenza meccanica, della resistenza termica e delle proprietà dielettriche in un ampio intervallo di
25 temperature.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di rendere disponibile un materiale ceramico per radome e un processo di produzione di radome esenti da problemi di sinterizzazione.

5 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di rendere disponibile un processo di produzione di un radome che risulti semplice, dai costi contenuti e che consegua l'ottenimento di un radome provvisto delle summenzionate proprietà
10 meccaniche, termiche e dielettriche.

Questi ed altri obiettivi sono raggiunti mediante un materiale ceramico per radome comprendente:

- circa 80-95% (%wt) di Si_3N_4 ; e
- circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 ;

ed avente una densità non inferiore a 2.5 g/cm^3 e una costante dielettrica non superiore a 6.5.

Preferibilmente i valori della costante dielettrica sono sostanzialmente costanti o subiscono leggere variazioni al variare della temperatura.

I valori della costante dielettrica sono misurati nelle bande X, Ku e Ka.

In accordo con forme di realizzazione preferite, detta densità è compresa tra 2.5 e 2.9 g/cm³ e/o detta costante dielettrica è compresa tra 5.7 e 6.4.

In accordo con forme di realizzazione particolarmente preferite, detta densità è compresa tra 2.65 e 2.79 g/cm³ e/o detta costante dielettrica è compresa tra 5.9-6.2.

Vantaggiosamente, il 15-35% (wt%) di Si₃N₄ è β-Si₃N₄. Ciò consente di migliorare le proprietà dielettriche del materiale.

Preferibilmente il materiale comprende 90-94% (wt%) di Si₃N₄; e circa 6-10% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 3.2-5.2% (wt%) di SiO₂, 0.7-2% (wt%) di MgO e 2.1-4% (wt%) di Al₂O₃.

Una composizione particolarmente preferita del materiale secondo la presente invenzione comprende 90% (wt%) di Si₃N₄, 5.1% (wt%) di SiO₂, 1.4% (wt%) di MgO e 3.5% (wt%) di Al₂O₃.

In accordo con un suo secondo aspetto, l'invenzione riguarda un radome comprendente tale materiale, il quale consegue i medesimi vantaggi del materiale, ovvero elevata resistenza meccanica e termica e buone proprietà dielettriche per un ampio intervallo di temperatura.

Più in generale, l'invenzione riguarda un articolo comprendente tale materiale.

In accordo con un suo terzo aspetto, l'invenzione riguarda un processo per la produzione di un radome comprendente le seguenti fasi:

- a. formare una miscela omogenea di circa 80-95% (%wt) di Si_3N_4 in polvere e circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio in polvere di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 ;
- b. aggiungere almeno un legante organico alla miscela;
- c. atomizzare la miscela;
- d. sottoporre la miscela a pressatura isostatica a temperatura ambiente in un apposito stampo in modo da formare un semilavorato crudo;
- e. lavorare meccanicamente il semilavorato crudo in modo da conferirgli sostanzialmente la forma finale;
- f. sottoporre il semilavorato crudo formato a ciclo termico;
- g. sinterizzare il semilavorato crudo in modo da ottenere il prodotto finito.

Tale processo risulta vantaggioso rispetto ai

processi noti perché consente di ottenere un radome con elevata resistenza meccanica, termica e buone proprietà dielettriche in un ampio intervallo di temperatura.

In particolare, l'insieme delle specifiche fasi di tale processo consente di ottenere una specifica microstruttura che conferisce al materiale, e quindi al radome, le suddette caratteristiche.

Inoltre, il fatto di prevedere una lavorazione meccanica su un semilavorato crudo, consente di ottenere migliorata lavorabilità, recupero di materiali, maggiore rapidità del processo di produzione e migliorate caratteristiche meccaniche del prodotto finito.

Qualora fossero necessari lavori di finitura sul pezzo sinterizzato, questi risultano meno lunghi rispetto a quelli della tecnica nota con risparmio in termini di tempo e di vita degli utensili.

Inoltre, l'insieme delle fasi operative e della composizione specifica del materiale, consentono di superare il problema dell'industrializzazione in quanto sono state ottimizzate per produzioni industriali e non solo per prototipi.

Preferibilmente, la fase a di formare una miscela omogenea comprende le due seguenti sottofasi:

a'. miscelare Si_3N_4 con SiO_2 in modo da formare una premiscela;

a''. miscelare la premiscela con MgO e con Al_2O_3 .

Preferibilmente, la fase a prevede una fase di aggiunta di acqua alla miscela in modo da formare una barbottina.

Vantaggiosamente, la fase d di pressatura isostatica è attuata ad una pressione compresa tra 1500 e 1800 bar.

In accordo con forme di attuazione preferite del processo dell'invenzione, la fase f di sottoporre il semilavorato a ciclo termico comprende le seguenti sottofasi

f'. innalzare la temperatura di 8°C/h fino a raggiungere una temperatura di 300°C - 390°C ;

f''. lasciare il semilavorato a temperatura per 3-6 ore.

Preferibilmente, la fase f di sottoporre il semilavorato a ciclo termico è attuata in un forno che prevede uno specifico supporto o base e/o un sistema di adduzione dei gas tale da garantire al legante organico di fuoriuscire dal pezzo. In tal modo è possibile evitare rotture del semilavorato per via della pressione esercitata dal legante organico.

Preferibilmente, la fase g di sinterizzazione è attuata ad una temperatura di 1500°C-1650°C e/o con fase liquida in atmosfera inerte, preferibilmente in azoto.

Essendo tale temperatura contenuta, è possibile ridurre i costi di investimento e di esercizio dell'impianto e quindi del processo produttivo.

Vantaggiosamente, la fase g di sinterizzazione è attuata su una base realizzata nello stesso materiale del semilavorato. In tal modo è possibile evitare deformazioni del prodotto.

In accordo con alcune forme di attuazione, la fase g di sinterizzazione è preceduta da una fase di applicazione di anti-ossidante sulla superficie del prodotto.

Per meglio comprendere l'invenzione ed apprezzarne i vantaggi, verrà di seguito fornita una descrizione di alcune forme di realizzazione esemplificative non limitative del materiale ceramico per radome e del processo di produzione di un radome dell'invenzione, facendo riferimento alle figure annesse, in cui:

- la figura 1 mostra schematicamente le fasi del processo di produzione di un radome secondo la presente invenzione; e

- la figura 2 mostra un esempio di articolo realizzato con il materiale dell'invenzione, durante alcune specifiche fasi di produzione.

Il materiale ceramico per radome secondo la presente invenzione è un materiale a base di nitruro di silicio, esso infatti comprende circa l'80-95% (%wt) di Si_3N_4 .

Preferibilmente circa il 15-35% (wt%) di Si_3N_4 è $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$. E' stato infatti trovato che una specifica percentuale controllata di tale fase consente di ottenere una bassa costante dielettrica e quindi di migliorare le capacità dielettriche del materiale, ovvero le sue capacità di risultare trasparente alle onde elettromagnetiche.

In particolare, il materiale dell'invenzione è ottimale per radome, ovvero per strutture atte a proteggere le antenne, per cui quando si parla di buone proprietà dielettriche si intende la capacità del materiale di risultare trasparente all'energia emessa e ricevuta da un'antenna.

Il materiale dell'invenzione comprende inoltre circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 .

Preferibilmente il materiale comprende 90-94% (wt%) di Si_3N_4 ; e 6-10% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 3.2-5% (wt%) di SiO_2 , 0.7-2% (wt%) di MgO e 2.1-4% (wt%) di Al_2O_3 .

Una composizione particolarmente preferita del materiale secondo la presente invenzione comprende 90% (wt%) di Si_3N_4 , 5.1% (wt%) di SiO_2 , 1.4% (wt%) di MgO e 3.5% (wt%) di Al_2O_3 .

Con tale composizione sono stati ottenuti risultati particolarmente desiderati.

Secondo la presente invenzione, il materiale ceramico ha una densità non inferiore a 2.5 g/cm^3 e preferibilmente compresa tra 2.5 e 2.9 g/cm^3 .

Tale caratteristica, insieme alla composizione, è fondamentale per definire le proprietà di resistenza meccanica del materiale e quindi per l'ottenimento di un prodotto idoneo agli usi aerospaziali.

Inoltre, la costante dielettrica del materiale è non superiore a 6.5, in particolare compresa tra 5.7 e 6.4, a temperatura ambiente e a temperature elevate nelle bande X, Ku e Ka.

In accordo con un ulteriore aspetto l'invenzione riguarda un articolo comprendente tale materiale e, in particolare, un radome comprendente tale materiale.

Preferibilmente esso è un radome per applicazioni missilistiche e, in generale aerospaziali, ma potrebbe anche essere applicato in contesti diversi, ad esempio in applicazioni nautiche.

Verrà ora descritto un processo di produzione di un radome secondo la presente invenzione.

Il processo dell'invenzione prevede una prima fase a di formazione di una miscela omogenea di circa 80-95% (wt%) di Si_3N_4 in polvere e circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio in polvere di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 .

Preferibilmente il materiale comprende 90-94% (wt%) di Si_3N_4 ; e 6-10% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 3.2-5% (wt%) di SiO_2 , 0.7-2% (wt%) di MgO e 2.1-4% (wt%) di Al_2O_3 .

Una composizione particolarmente preferita del materiale secondo la presente invenzione comprende 90% (wt%) di Si_3N_4 , 5.1% (wt%) di SiO_2 , 1.4% (wt%) di MgO e 3.5% (wt%) di Al_2O_3 .

Tale fase può essere attuata mescolando tutti i componenti insieme oppure attraverso due sotto fasi successive, ovvero una prima sottofase a' che prevede la miscelazione omogenea di Si_3N_4 con SiO_2 in modo da formare una premiscela; e in seguito una seconda

sottofase a'' che prevede di miscelare la premiscela con MgO e con Al₂O₃.

In entrambi i casi, la miscelazione avviene preferibilmente con aggiunta di acqua, in quanto essa coadiuva la successiva fase di atomizzazione. In alternativa, si potrebbe usare etanolo o altro solvente di tipo noto.

La miscelazione è tale da garantire omogeneità e intimo contatto tra le polveri.

Tale fase è preferibilmente attuata in appositi mulini o miscelatori a rulli.

Segue una fase b di addizione di almeno un legante organico alla miscela.

Tale legante è di tipo noto e può essere ad esempio polietilenglicole.

Esso è atto a coadiuvare la miscelazione favorendo un intimo legame tra le particelle di polvere.

In seguito la miscela viene atomizzata in modo noto, preferibilmente mediante un atomizzatore provvisto di un ciclone, in accordo con una fase c.

Al termine di tale fase, la miscela risulta in forma di dispersione amorfa omogenea e stabile.

Successivamente la miscela è sottoposta a pressatura isostatica a temperatura ambiente in un

apposito stampo (fase d). Tale pressatura è attuata ad una pressione compresa tra 1500 e 1800 bar.

Lo stampo ha una forma compatibile alla forma del prodotto che si desidera ottenere ed è preferibilmente di tipo elastomerico.

Nella specifica applicazione esso ha una forma cilindrica ed è provvisto di un'anima cilindrica ad esso concentrica in modo tale da conferire alla miscela la forma di un cilindro cavo, come mostrato in figura 2.

Una volta inserita la miscela nel cilindro, si introduce l'anima, poi lo stampo è sigillato e si sottopone la miscela a pressione isostatica.

Il prodotto ottenuto è un semilavorato crudo.

A questo punto è attuata una fase e di lavorazione meccanica del semilavorato crudo in modo da conferire al semilavorato la forma desiderata, che coincide sostanzialmente con la forma finale del prodotto, mostrata in figura 2.

Come accennato in precedenza, tale fase essendo attuata su un semilavorato crudo, e quindi su un prodotto più malleabile, consente di ottenere notevoli vantaggi in termini di processo e di caratteristiche del prodotto finito.

Pertanto, al termine della lavorazione

meccanica, il semilavorato, sebbene crudo, possiede sostanzialmente la sua forma finale.

In accordo con una forma di realizzazione preferita, tale forma è conoidale o ad ogiva.

In seguito è attuata una fase f di sottoporre il semilavorato crudo formato a un ciclo termico atto ad eliminare il legante organico.

Esso va ottimizzato a seconda della specifica composizione utilizzata e delle dimensioni del semilavorato ed è preferibilmente attuato in atmosfera.

In accordo con forme di attuazione preferite, il ciclo termico comprende le sottofasi di innalzare gradualmente la temperatura, in particolare la temperatura è innalzata di 8°C/h fino a raggiungere una temperatura di 300°C - 390°C (fase f'), e di lasciare il semilavorato alla temperatura raggiunta per 3 - 6 ore (fase f'').

Preferibilmente la fase f è attuata in un forno che prevede uno specifico supporto o base e/o un sistema di adduzione dei gas tale da garantire al legante organico di fuoriuscire dal pezzo in maniera graduale e uniforme.

In altre parole è possibile che il legante organico evaporato dal materiale rimanga intrappolato

all'interno della cavità dell'articolo causando deformazioni o rotture.

Per evitare ciò, il forno è provvisto di una griglia o di una base provvista di aperture in modo da consentire il passaggio di tale legante attraverso essa.

In alternativa o in aggiunta, il forno può essere provvisto di un idoneo supporto che consente il posizionamento del pezzo con l'apertura e quindi la concavità rivolta verso l'alto.

In alternativa o in aggiunta, si possono prevedere ulteriori sistemi di adduzione dei gas che forzano il moto dei gas nella direzione desiderata.

In accordo con forme di attuazione preferite del processo dell'invenzione, segue una fase h di applicazione di anti-ossidante sulla superficie del prodotto finito.

Tale applicazione è preferibilmente attuata mediante spruzzatura.

Il semilavorato crudo è poi sottoposto alla fase g di sinterizzazione in modo da ottenere il prodotto finito.

Tale fase è preferibilmente attuata ad una temperatura di 1500°C-1650°C e/o con fase liquida in atmosfera inerte, preferibilmente in azoto.

Il ciclo termico di sinterizzazione è ottimizzato in modo da ottenere una specifica microstruttura.

E' stato verificato che la cinetica di sinterizzazione è fortemente influenzata dalla specifica composizione iniziale del materiale, oltre che dalla temperatura.

Preferibilmente, la fase g di sinterizzazione è attuata su un supporto realizzato nello stesso materiale del semilavorato.

ESEMPIO

90% (wt%) di Si_3N_4 , 5.1% (wt%) di SiO_2 , 1.4% (wt%) di MgO e 3.5% (wt%) di Al_2O_3 sono stati miscelati in un mulino a palle insieme ad acqua e polietilenglicole in modo da ottenere una barbottina.

La miscela è stata atomizzata e poi sottoposta a pressatura isostatica a temperatura ambiente in uno stampo cilindrico a pressione di 1500 bar.

Il semilavorato ottenuto è stato lavorato esternamente mediante lavorazione a controllo numerico, in modo da conferirgli una forma ogivale.

In seguito è stato sottoposto a seguente ciclo termico:

- innalzamento della temperatura di 8°C/h fino a raggiungere una temperatura di 300°C-390°C;
- conservazione in temperatura per 3 - 6 ore.

Il prodotto è stato sinterizzato a temperature fino a 1550°C per una durata di circa due ore in modo da ottenere un prodotto finito.

Il prodotto finito è stato sottoposto ai test standard di verifica conseguendo i seguenti risultati:

Modulo di Young	Gpa	220
Coefficiente di Poisson - ν		0.26
Costante dielettrica - ϵ		6
Resistenza alla flessione (@ 21°C)	Mpa	349
Tenacità alla frattura	MPa · m ^{1/2}	3.69
Coefficiente di dilatazione termica λ (@ 25÷1300°C)	10 ⁻⁶ K ⁻¹	3.42
Densità	g/cm ³	2.7

2.7

In cui, per il Modulo di Young e per il Coefficiente di Poisson, le misure sono state eseguite mediante metodo della frequenza di risonanza in flessione su provino con dimensioni 80x10x8 mm secondo le linee guida della norma EN 843-2.

La misura della Resistenza alla Flessione è stata eseguita secondo le linee guida della norma EN 843-1

in flessione a 4 punti su barrette con spigoli smussati (dimensioni 25x2.5x2 mm) utilizzando una macchina universale Zwick Z050 con una velocità della traversa di 0.5 mm/min, distanza dei coltelli superiori di 10 mm e di 20 mm per quelli inferiori. Il test è stato eseguito su 5 provini.

La misura della Tenacità alla frattura è stata eseguita utilizzando il metodo Chevron Notched beam in flessione secondo le linee guida della norma FprEN 14425-3. Il test di flessione è stato eseguito utilizzando una macchina universale Zwick Z050, con velocità della traversa 0.02 mm/min. Il test è stato eseguito su tre provini (dimensioni 25x2.5x2 mm) precedentemente intagliati con una lama di 0.1 mm di spessore.

Per il Coefficiente di dilatazione termica, le prove di dilatazione termica sono state eseguite con un dilatometro Netsch DIL E 402 su provino 25x2.5x2 mm fino a 1450°C in flusso di argon con velocità di riscaldamento 5°C/min.

Le misure di costante dielettrica sono state eseguite con metodo in guida d'onda riempita di dielettrico.

Le misure di densità sono state eseguite su campioni sinterizzati, per via geometrica, con il

metodo di Archimede secondo la normativa ASTM C373.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti mostrano che la particolare composizione utilizzata e la combinazione delle specifiche fasi del processo consentono di ottenere un materiale con buone caratteristiche meccaniche, buona resistenza termica e buone caratteristiche dielettriche.

Nell'ambito della descrizione che precede e nelle successive rivendicazioni, tutte le grandezze numeriche indicanti quantità, parametri, percentuali, e così via sono da intendersi precedute in ogni circostanza dal termine "circa" se non diversamente indicato. Inoltre, tutti gli intervalli di grandezze numeriche includono tutte le possibili combinazioni dei valori numerici massimi e minimi e tutti i possibili intervalli intermedi, oltre a quelli indicati specificamente nel testo.

Il tecnico del settore, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, potrà apportare ulteriori modifiche e varianti, tutte peraltro contenute nell'ambito di protezione della presente invenzione, al materiale ceramico, al radome e al

processo di produzione dello stesso secondo la
presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Materiale ceramico per radome comprendente:
 - circa 80-95% (%wt) di Si_3N_4 ; e
 - circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 ; ed avente una densità non inferiore a 2.5 g/cm^3 e una costante dielettrica non superiore a 6.5.
2. Materiale ceramico secondo la rivendicazione 1, in cui detta densità è compresa tra 2.5 e 2.9 g/cm^3 e/o detta costante dielettrica è compresa tra 5.7 e 6.4.
3. Materiale ceramico secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il 15-35% (wt%) di Si_3N_4 è $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$.
4. Materiale ceramico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente
 - 90-94% (wt%) di Si_3N_4 ; e
 - 6-10% (wt%) di alluminosilicati di magnesio di cui 3.2-5% (wt%) di SiO_2 , 0.7-2% (wt%) di MgO e 2.1-4% (wt%) di Al_2O_3 .
5. Radome comprendente un materiale ceramico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.
6. Processo per la produzione di un radome

comprendente le seguenti fasi:

- a. formare una miscela omogenea di circa 80-95% (%wt) di Si_3N_4 in polvere e circa 5-15% (wt%) di alluminosilicati di magnesio in polvere di cui 2.5-12.5% (wt%) di SiO_2 , 0.5-3% (wt%) di MgO e 2-6% (wt%) di Al_2O_3 ;
- b. addizionare almeno un legante organico alla miscela;
- c. atomizzare la miscela;
- d. sottoporre la miscela a pressatura isostatica a temperatura ambiente in un apposito stampo in modo da formare un semilavorato crudo;
- e. lavorare meccanicamente il semilavorato crudo in modo da conferirgli sostanzialmente la forma finale;
- f. sottoporre il semilavorato crudo formato a ciclo termico;
- g. sinterizzare il semilavorato crudo in modo da ottenere il prodotto finito.

7. Processo per la produzione di un radome secondo la rivendicazione 6, in cui la fase a di formare una miscela omogenea comprende le due seguenti sottofasi:

- a'. miscelare Si_3N_4 con SiO_2 in modo da formare

una premiscela;

a'''. miscelare la premiscela con MgO e con Al_2O_3 .

8. Processo per la produzione di un radome secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui la fase f di sottoporre il semilavorato a ciclo termico comprende le seguenti sottofasi:

f'. innalzare la temperatura di 8°C/h fino a raggiungere una temperatura di 300°C - 390°C ;

f'''. lasciare il semilavorato a temperatura per 3-6 ore.

9. Processo per la produzione di un radome secondo una delle rivendicazioni 6-8, in cui la fase f di sottoporre il semilavorato a ciclo termico è attuata in un forno che prevede uno specifico supporto e/o un sistema di adduzione dei gas tale da garantire al legante organico di fuoriuscire dal pezzo.

10. Processo per la produzione di un radome secondo una delle rivendicazioni 6-9, in cui la fase g di sinterizzazione è attuata su un supporto realizzato nello stesso materiale del semilavorato.

CLAIMS

1. Ceramic material for radome comprising:
 - about 80-95% (%wt) of Si_3N_4 ; and
 - about 5-15% (wt%) of magnesium aluminosilicates including 2.5-12.5% (wt%) of SiO_2 , 0.5-3% (wt%) of MgO and 2-6% (wt%) of Al_2O_3 ;and having a density not lower than 2.5 g/cm^3 and a dielectric constant not exceeding 6.5.
2. Ceramic material according to claim 1, wherein said density is comprised between 2.5 and 2.9 g/cm^3 and/or said dielectric constant is comprised between 5.7 and 6.4.
3. Ceramic material according to claim 1 or 2, wherein 15-35% (wt%) of Si_3N_4 is $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$.
4. Ceramic material according to any one of the preceding claims, comprising
 - 90-94% (wt%) of Si_3N_4 ; and
 - 6-10% (wt%) of magnesium aluminosilicates including 3.2-5% (wt%) of SiO_2 , 0.7-2% (wt%) of MgO and 2.1-4% (wt%) of Al_2O_3 .
5. Radome comprising a ceramic material according to any one of the preceding claims.
6. Process for producing a radome comprising the following steps:

- a. forming a homogeneous mixture of about 80-95% (%wt) of Si_3N_4 powder and about 5-15% (wt%) of magnesium aluminosilicates powder including 2.5-12.5% (wt%) of SiO_2 , 0.5-3% (wt%) of MgO and 2-6% (wt%) of Al_2O_3 ;
 - b. adding at least one organic binder to the mixture;
 - c. atomising the mixture;
 - d. subjecting the mixture to isostatic pressing at ambient temperature in a special mould so as to form a green semi-finished product;
 - e. mechanically machining the green semi-finished product so as to substantially confer it the final shape;
 - f. subjecting the shaped green semi-finished product to a thermal cycle;
 - g. sintering the green semi-finished product so as to obtain the finished product.
7. Process for producing a radome according to claim 6, wherein the step a of forming a homogeneous mixture comprises the following two sub-steps:
- a'. mixing Si_3N_4 with SiO_2 so as to form a pre-

mixture;

a'''. mixing the pre-mixture with MgO and with Al_2O_3 .

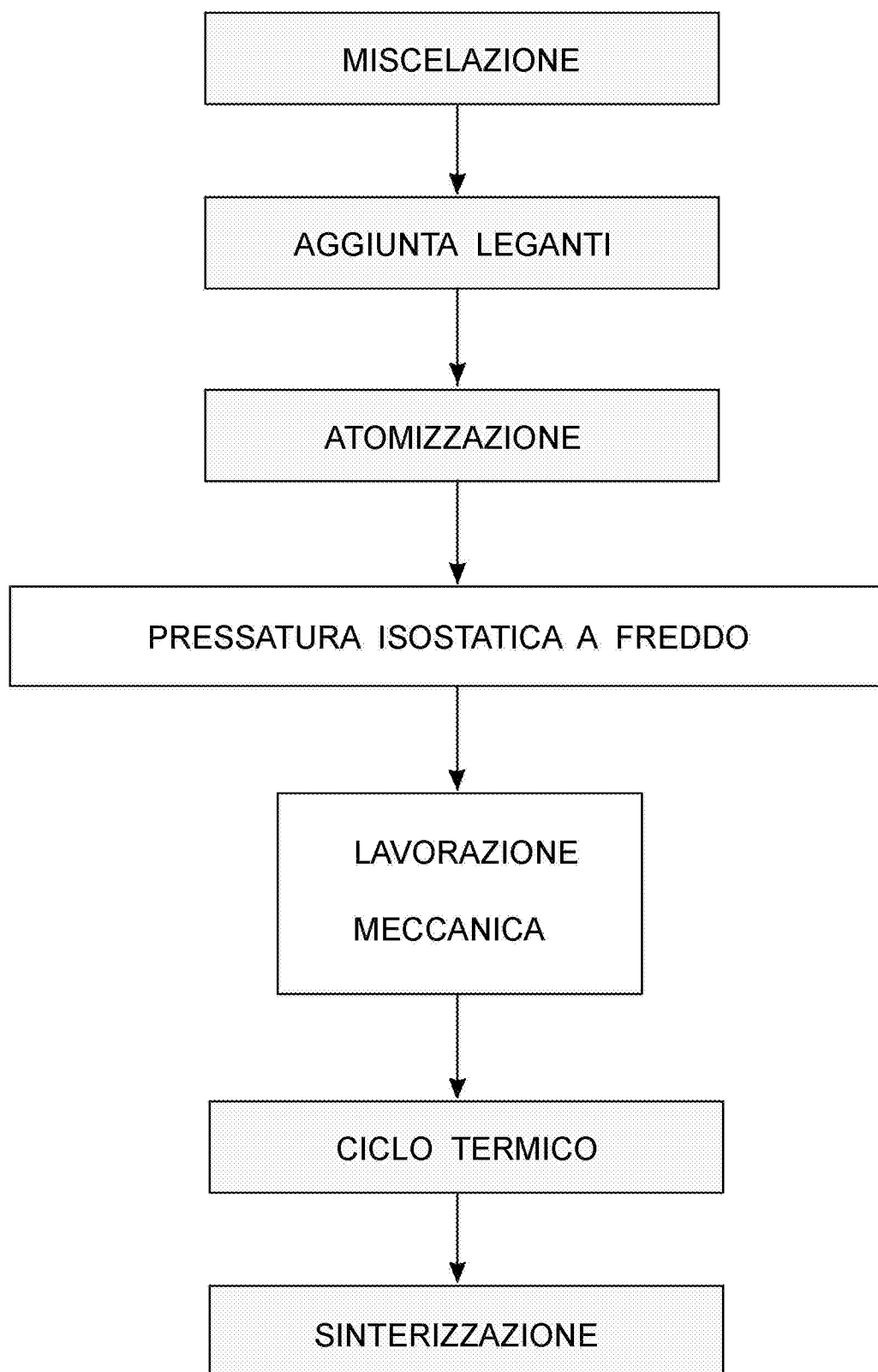
8. Process for producing a radome according to claim 6 or 7, wherein the step f of subjecting the semi-finished product to a thermal cycle comprises the following sub-steps:

f'. raising the temperature of 8°C/hr up to reaching a temperature of 300°C - 390°C ;

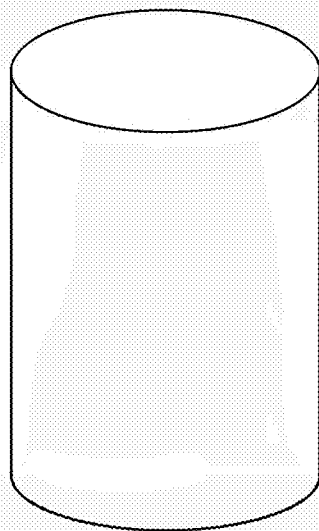
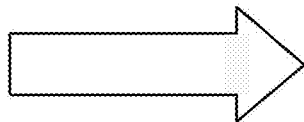
f'''. leaving the semi-finished product at temperature for 3-6 hours.

9. Process for producing a radome according to one of claims 6-8, wherein the step f of subjecting the semi-finished product to a thermal cycle is actuated in a furnace which comprises a specific support and/or a system for conveying gases such to ensure the organic binder to exit from the piece.

10. Process for producing a radome according to one of claims 6-9, wherein the step g of sintering is carried out on a support made of the same material as the semi-finished product.

**FIG. 1**

PRESSATURA
ISOSTATICA
A FREDDO



LAVORAZIONE
MECCANICA

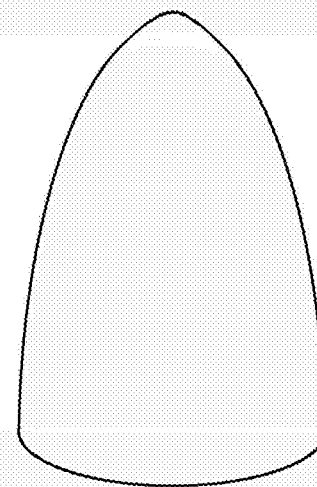
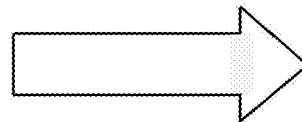


FIG. 2