

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 971 561 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.09.2002 Bulletin 2002/37

(51) Int Cl.7: **H05B 3/14**, H05B 3/64

(21) Numéro de dépôt: **99401460.3**

(22) Date de dépôt: **14.06.1999**

(54) **Résistance électrique chauffante pour four électrique et procédé de fabrication d'une telle résistance**

Elektrischer Heizwiderstand für Electroofen und Herstellungsverfahren

Electrical heating resistance for electric furnace and manufacturing method for such a resistance

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE

(30) Priorité: **06.07.1998 FR 9808634**

(43) Date de publication de la demande:
12.01.2000 Bulletin 2000/02

(73) Titulaire: **ELECTRICITE DE FRANCE**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **Le Boulch, Marianne**
77670 Saint Mammes (FR)
- **Chartier, Thierry**
87220 Feytiat (FR)
- **Laurent, Jean-Marc**
18200 Saint Amand Montrond (FR)
- **Goeuriot, Patrice**
43210 Monistrol sur Loire (FR)
- **Valdivieso, François**
42000 Saint Etienne (FR)

(74) Mandataire: **Moncheny, Michel et al**
c/o Cabinet Lavoix
2 Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 180 928 **WO-A-93/14044**
FR-A- 2 575 458 **FR-A- 2 757 736**
US-A- 4 174 971

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 340 (E-1389), 28 juin 1993 (1993-06-28) & JP 05 047455 A (NIPPON PILLAR PACKING CO LTD), 26 février 1993 (1993-02-26)
- **SOVIET PATENTS ABSTRACTS** Week 9230 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 92-248581 XP002097184 & SU 1 685 752 A (TERN EDUCATION INST), 29 mai 1989 (1989-05-29)
- **JAPANESE PATENTS GAZETTE** Week 8512 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 85-072413 XP002097185 & JP 60 027653 A (HITACHI LTD), 21 juillet 1983 (1983-07-21)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 971 561 B1

Description

[0001] La présente invention est relative à une résistance électrique chauffante pour four électrique, ainsi qu'à un procédé de fabrication d'une telle résistance.

[0002] Les résistances électriques chauffante sont par exemple réalisées par frittage de particules de matière céramique, et en particulier de grains de carbure de silicium.

[0003] Le carbure de silicium, qui est largement utilisé pour la fabrication de tels éléments chauffants permet d'obtenir des résistances relativement robustes et présentant d'excellentes propriétés thermiques.

[0004] Néanmoins, de telles résistances présentent des inconvénients pour une utilisation à haute température et sous atmosphère oxydante, dans la mesure où les particules de carbure de silicium sont susceptibles de s'oxyder relativement rapidement en présence d'oxygène.

[0005] Une telle oxydation s'accompagne d'une modification non négligeable de la valeur de la résistivité, ce qui doit être compensé par une augmentation de leur tension d'alimentation.

[0006] Le document FR-A-2 757 736 décrit une résistance électrique chauffante comprenant un corps résistif en carbure de silicium et comportant une couche en ($Al_2O_3 + SiO_2$) protégeant contre la corrosion.

[0007] L'oxydation rapide des résistances en carbure de silicium actuelles est tout d'abord due à leur porosité importante, ce qui facilite la réaction entre l'oxygène et le carbure de silicium.

[0008] Le vieillissement prématuré de telles résistances est également dû à la nature des éléments ajoutés au carbure de silicium qui engendrent, à température élevée, une phase secondaire de faible viscosité. La diffusion de l'oxygène vers le coeur du matériau peut alors se produire aisément et provoquer l'oxydation de l'élément chauffant.

[0009] Le but de l'invention est de pallier ces inconvénients.

[0010] Elle a donc pour objet une résistance électrique chauffante pour four électrique, comprenant une partie résistive chauffante en matière céramique, caractérisée en ce que la matière céramique comporte un mélange fritté de particules de carbure de silicium, de particules dopantes adaptées pour l'obtention, après frittage; d'une phase électriquement conductrice et de particules minérales.

[0011] On maîtrise ainsi précisément la résistivité de la résistance et l'on diminue considérablement sa porosité.

[0012] La résistance électrique selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- les particules minérales comportent de l'alumine et de l'oxyde d'yttrium et les particules dopantes com-

portent de l'oxyde de nickel;

- la taille des particules de carbure de silicium est comprise entre 0,5 micron et 20 microns ;
- la résistance comporte en outre au moins une borne de raccordement électrique et de fixation mécanique de la résistance, prolongeant au moins une zone d'extrémité correspondante de la partie résistive chauffante et comprenant un mélange fritté de particules de carbure de silicium, de particules minérales et de particules dopantes adaptées pour l'obtention, après frittage, d'une phase électriquement conductrice;
- la borne de raccordement électrique comporte une concentration en particules dopantes supérieure à celle de la partie chauffante; et
- en variante, la borne de raccordement comporte une section en coupe transversale de dimension supérieure à celle de la partie résistive chauffante.

[0013] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une résistance chauffante en matière céramique pour four électrique, caractérisé en ce que qu'il comporte les étapes de :

- préparation d'un mélange de particules de carbure de silicium, de particules dopantes et de particules minérales,
- ajout d'au moins une matière organique au mélange préparé,
- mise en forme de la résistance par extrusion,
- traitement thermique de la résistance formée en vue de l'élimination de ladite au moins une matière organique, et
- frittage de la résistance formée, les particules dopantes étant adaptées pour l'obtention, après frittage, d'une phase électriquement conductrice.

[0014] Le procédé selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'étape d'ajout de matière organique consiste à ajouter au mélange de particules au moins un élément liant, au moins un élément plastifiant, et au moins un élément lubrifiant ;
- au cours de l'étape de mise en forme de la résistance, on forme au moins une borne de raccordement électrique et de fixation mécanique par augmentation de la section d'au moins une zone d'extrémité correspondante de la résistance ;
- en variante, on forme au moins une borne de raccordement électrique et de fixation mécanique par réduction de la section de la partie médiane de la résistance.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins an-

nexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de profil d'une résistance électrique chauffante suivant l'invention; et
- la figure 2 est un tableau illustrant la composition d'une matière céramique entrant dans la constitution de la résistance de la figure 1.

[0016] Sur la figure 1, on a représenté une résistance électrique chauffante conforme à l'invention, désignée par la référence numérique générale 10.

[0017] La résistance représentée sur cette figure a une forme générale cylindrique, cependant l'invention s'applique également à la fabrication de résistances chauffantes de formes quelconques, notamment à des résistances tubulaires, rectilignes ou coudées.

[0018] La résistance 10 comporte essentiellement un corps chauffant 12 muni d'une ou de deux (comme représenté) zones d'extrémités mutuellement opposées 14 et 16 formant bornes de fixation mécanique et de raccordement électrique.

[0019] Les bornes 14 et 16 présentent une résistance inférieure à celles du corps chauffant 12 et sont soit formées par usinage du corps, soit réalisées par ajout d'un cylindre sur l'une ou sur chaque extrémité du corps 12 et soudage sur celui-ci.

[0020] La résistance 10 est réalisée par frittage d'une matière céramique.

[0021] Plus particulièrement, la partie 12 résistive comporte un mélange fritté de particules de carbure de silicium, de particules dopantes adaptées pour l'obtention d'une phase électriquement conductrice, constituées d'oxyde de nickel, et de particules minérales permettant un frittage en phase liquide des éléments en carbure de silicium, par exemple de l'alumine et de l'oxyde d'yttrium.

[0022] Afin d'améliorer la densité de la résistance, et donc de diminuer sa porosité, les particules de carbure de silicium ont une taille comprise entre 0,1 micron et 20 microns, de préférence égale à 1,5 micron.

[0023] Par exemple, les particules de carbure de silicium constituent deux populations dont les répartitions en taille sont centrées sur 1 µm et 10 µm, respectivement, la répartition en taille des particules d'oxyde de nickel étant centrée sur 0,5 µm.

[0024] Avantagusement, ces particules de carbure de silicium sont constituées de carbure de silicium commercial, par exemple de type FCP, vendu par "NORTON", USA, sous forme de poudre, dont la composition est illustrée sur le tableau représenté sur la figure 2.

[0025] Les bornes 14 et 16 de raccordement électrique et de fixation mécanique de la résistance 10 sont également constituées d'un mélange fritté de particules de carbure de silicium et de particules minérales, identiques aux particules entrant dans la constitution de la partie résistive chauffante 12 et comportent une concentration en particules dopantes conduisant à une pha-

se électrique conductrice supérieure à celle de la partie chauffante.

[0026] En variante, et comme visible sur la figure 1, il est possible de former les bornes 14 et 16, comme décrit par la suite, en formant ces dernières au cours de la fabrication de la partie chauffante 12, en prévoyant des zones d'extrémités ayant une section en coupe transversale de dimension supérieure à celle de la partie résistive chauffante 12, soit obtenues par usinage de la partie médiane de la résistance de manière à réduire sa section en coupe transversale, soit comme mentionné précédemment, rapportées sur les extrémités du corps 12.

[0027] Pour la fabrication de la résistance illustrée sur la figure 1, la première étape consiste en une étape de préparation des matières premières.

[0028] Pour ce faire, on mélange à du carbure de silicium, par exemple, comme mentionné précédemment, de la poudre NORTON FCP, des additifs constitués de particules de matières minérales, à savoir de l'alumine, Al_2O_3 , et de l'oxyde d'yttrium Y_2O_3 , et des particules dopantes, à savoir de l'oxyde de nickel NiO, conduisant à une phase électrique conductrice.

[0029] Par exemple, ces additifs sont homogénéisés dans les proportions suivantes :

- carbure de silicium : 90 à 99% en poids,
- alumine : 0,45 à 5% en poids,
- oxyde d'yttrium : 0,3 à 3% en poids, et
- oxyde de nickel : 0,25 à 4% en poids, et ce en fonction de la température à laquelle est effectuée une étape ultérieure de traitement thermique en vue du frittage de la résistance, et en fonction des caractéristiques du produit fini désirées, le reste étant constitué d'un solvant approprié pour l'utilisation envisagée.

[0030] Le mélange ainsi formé est ensuite séché par passage dans une étuve à 80°C ou par atomisation, jusqu'à évaporation complète du solvant,

[0031] Au cours de la phase de fabrication suivante, on met en forme la résistance en utilisant une technique d'extrusion.

[0032] Pour ce faire, on utilise des constituants organiques de manière à former une pâte présentant des caractéristiques rhéologiques compatibles avec une déformation lors du passage dans une buse d'une extrudeuse et une bonne tenue mécanique des éléments extrudés avant cuisson.

[0033] Les constituants organiques comportent, préalablement préparés sous forme de gel, par exemple du liant méthylcellulose, un plastifiant, par exemple de l'huile de vaseline ainsi que des lubrifiants, par exemple une amine et de l'acide oléique, et sont incorporés au mélange constitué par le carbure de silicium, les particules minérales et les particules dopantes au cours d'une étape de malaxage, maintenue par exemple pendant une heure.

[0034] Les différents constituants mentionnés précédemment sont introduits dans les proportions suivantes :

- gel de méthylcellulose : 2% en poids de methylcel-
lulose,
- huile de vaseline : 3 à 7% en poids,
- rhodamine : 0,25 à 1% en poids, et
- acide oléique : 0,25 à 1% en poids.

[0035] A la fin de cette étape, on obtient une pâte homogène que l'on laisse reposer jusqu'à atteindre une parfaite homogénéisation.

[0036] La pâte est ensuite extrudée, à l'aide d'une extrudeuse, de manière à former des barreaux cylindriques.

[0037] La phase de fabrication suivante débute par une première étape de traitement thermique visant à l'élimination des constituants organiques.

[0038] Pour ce faire, on place les barreaux sous air ambiant, et l'on effectue une première montée de 20°C à 150°C en utilisant une vitesse de 30°C par heure, puis on maintient un palier d'une heure à cette température. On effectue ensuite une montée en température de 150°C à 300°C, en utilisant également une vitesse de 30°C par heure, puis on maintient cette température de 300°C pendant une heure. Une troisième montée en température est effectuée de manière à porter les barreaux à une température de 450°C, en utilisant une vitesse de 30°C par heure. On maintient les barreaux à cette dernière température pendant une heure, puis on les laisse refroidir à la température ambiante.

[0039] Les barreaux ainsi obtenus sont ensuite introduits dans un autre four pour subir le traitement thermique final de frittage proprement dit.

[0040] En raison de l'utilisation des particules minérales, il est possible de réaliser le frittage des éléments de carbure de silicium en phase liquide, grâce à la formation d'une phase constituée de $Al_5Y_3O_{12}$ (YAG, Yttrium-Aluminium-Garnet). Ainsi, cette phase liquide imprègne tous les grains de carbure de silicium, ce qui permet de diminuer considérablement la porosité et d'accroître la résistance à l'oxydation.

[0041] On notera par ailleurs qu'une deuxième phase, conductrice, constituée de Ni_3Si_2 est formée, en raison de la présence d'oxyde de nickel, ce qui confère à la partie chauffante une valeur de résistivité adéquat, sur une large gamme de températures.

[0042] Le frittage se fait d'une part, sous vide, par montée de la température de 20°C à 900°C, en utilisant une vitesse de 300°C par heure, puis, sous argon, à une pression de un bar, en faisant monter la température de 900°C à 2 000°C, en utilisant une vitesse de 300°C par heure, en maintenant un palier de deux heures à 2 000°C, et, enfin, en laissant la résistance se refroidir jusqu'à la température ambiante. Un autre gaz neutre, par exemple l'azote, peut également être utilisé.

[0043] Comme mentionné précédemment, et comme

visible sur la figure 1, la partie chauffante 12 est prolongée, sur l'une de ses extrémités au moins, par une borne 14 et 16, de connexion électrique et de fixation mécanique soit rapportée par ajout d'un cylindre sur l'extrémité des barreaux, soudé à la partie résistive chauffante 12, soit usinée après extrusion, soit formée simultanément au cours d'une même étape d'extrusion, en prévoyant des zones d'extrémités correspondantes ayant une section en coupe transversale de dimension supérieure à celles de la partie chauffante 12.

[0044] Bien entendu, dans le cas où les bornes de raccordement 14 et 16 sont rapportées, il est possible de former la ou les parties rapportées en utilisant une concentration en particules dopantes conduisant à une phase électriquement conductrice supérieure à celle de la partie résistive chauffante 12.

Revendications

1. Résistance électrique chauffante pour four électrique, comprenant une partie (12) résistive chauffante en matière céramique, **caractérisée en ce que** la matière céramique comporte un mélange fritté de particules de carbure de silicium, de particules dopantes adaptées pour l'obtention, après frittage, d'une phase électriquement conductrice et de particules minérales.
2. Résistance chauffante selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les particules minérales comportent de l'alumine et de l'oxyde d'yttrium et **en ce que** les particules dopantes comportent de l'oxyde de nickel.
3. Résistance chauffante selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** la taille des particules de carbure de silicium est comprise entre 0,1 micron et 20 microns.
4. Résistance chauffante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'elle** comporte en outre au moins une borne (14,16) de raccordement électrique et de fixation mécanique de la résistance (10), prolongeant au moins une zone d'extrémité correspondante de la partie (12) résistive chauffante et comprenant un mélange fritté de particules de carbure de silicium, de particules minérales et de particules dopantes adaptées pour l'obtention, après frittage, d'une phase électriquement conductrice.
5. Résistance chauffante selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la borne (14,16) de raccordement électrique comporte une concentration en particules dopantes supérieure à celle de la partie chauffante.

6. Résistance chauffante selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la borne (14,16) de raccordement comporte une section en coupe transversale de dimension supérieure à celle de la partie (12) résistive chauffante. 5
7. Procédé de fabrication d'une résistance chauffante en matière céramique pour four électrique, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes de : 10
- préparation d'un mélange de particules de carbure de silicium, de particules dopantes et de particules minérales,
 - ajout d'au moins une matière organique au mélange préparé,
 - mise en forme de la résistance par extrusion,
 - traitement thermique de la résistance formée en vue de l'élimination de ladite au moins une matière organique, et
 - frittage de la résistance formée, 20
- lesdites particules dopantes étant adaptées pour l'obtention, après frittage, d'une phase électriquement conductrice. 25
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la taille des particules de carbure de silicium est comprise entre 0,1 micron et 20 microns.
9. Procédé selon l'une des revendications 7 et 8, **caractérisé en ce que** les particules minérales comportent de l'alumine et de l'oxyde d'yttrium et les particules dopantes comportent de l'oxyde de nickel. 30
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** l'étape d'ajout de matière organique consiste à ajouter au mélange de particules au moins un élément liant, au moins un élément plastifiant et au moins un élément lubrifiant. 40
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, **caractérisé en ce qu'**au cours de l'étape de mise en forme de la résistance, l'on forme au moins une borne de raccordement électrique de fixation mécanique par augmentation de la section d'au moins une zone d'extrémité correspondante de la résistance. 45
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, **caractérisé en ce qu'**au cours de l'étape de mise en forme de la résistance, l'on forme au moins une borne de raccordement électrique et de fixation mécanique par réduction de la section de la partie médiane de la résistance. 50

Patentansprüche

1. Elektrischer Heizwiderstand für Elektroöfen, umfassend einen Heizwiderstandsteil (12) aus Keramikmaterial, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Keramikmaterial eine gesinterte Mischung von Siliciumcarbid-Teilchen, von dotierenden Teilchen, die dafür ausgelegt sind, dass nach der Sinterung eine elektrisch leitende Phase erhalten wird, und von mineralischen Teilchen umfasst. 5
2. Heizwiderstand nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mineralischen Teilchen Aluminiumoxid oder Yttriumoxid umfassen und dass die dotierenden Teilchen Nickeloxid umfassen.
3. Heizwiderstand nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Siliciumcarbid-Teilchen zwischen 0,1 Mikron und 20 Mikron beträgt. 10
4. Heizwiderstand nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** er außerdem mindestens eine Klemme (14, 16) für den elektrischen Anschluss und die mechanische Befestigung des Widerstands (10) aufweist, die mindestens einen entsprechenden Endbereich des Heizwiderstandsteils (12) verlängert und eine gesinterte Mischung von Siliciumcarbid-Teilchen, von mineralischen Teilchen und von dotierenden Teilchen, die dafür ausgelegt sind, dass nach der Sinterung eine elektrisch leitende Phase erhalten wird, umfasst. 15
5. Heizwiderstand nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klemme (14,16) für den elektrischen Anschluss eine Konzentration an dotierenden Teilchen aufweist, die höher als die des Heizteils ist. 20
6. Heizwiderstand nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlussklemme (14, 16) einen Querschnitt aufweist, der größer als der des Heizwiderstandsteils (12) ist. 25
7. Verfahren zur Herstellung eines Heizwiderstands aus Keramikmaterial für einen Elektroöfen, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte umfasst: 30
 - Herstellung einer Mischung von Siliciumcarbid-Teilchen, von dotierenden Teilchen und von mineralischen Teilchen,
 - Versetzen der hergestellten Mischung mit mindestens einer organischen Substanz,
 - Formung des Widerstands durch Extrusion,
 - Wärmebehandlung des geformten Widerstands zur Entfernung des oder der organi- 35

schen Substanzen und

- Sintern des geformten Widerstands,

wobei die dotierenden Teilchen dafür ausgelegt sind, dass nach dem Sintern eine elektrisch leitende Phase erhalten wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Siliciumcarbid-Teilchen zwischen 0,1 Mikron und 20 Mikron beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mineralischen Teilchen Aluminiumoxid und Yttriumoxid umfassen und die dotierenden Teilchen Nickeloxid umfassen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Versetzens mit organischer Substanz darin besteht, dass der Mischung von Teilchen mindestens ein Bindemittel, mindestens ein Weichmacher und mindestens ein Gleitmittel zugesetzt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** man während des Schritts der Formung des Widerstands mindestens eine Klemme zum elektrischen Anschluss und zur mechanischen Befestigung durch Vergrößerung des Querschnitts mindestens eines entsprechenden Endbereichs des Widerstands formt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** man während des Schritts der Formung des Widerstands mindestens eine Klemme zum elektrischen Anschluss und zur mechanischen Befestigung durch Verkleinerung des Querschnitts des Mittelteils des Widerstands formt.

Claims

1. Electrical heating resistance for an electric furnace comprising a resistive heating portion (12) made of ceramic material, **characterised in that** the ceramic material comprises a sintered mixture of particles of silicon carbide, of doping particles which are adapted in order to obtain, after sintering, an electrically conductive phase and mineral particles.
2. Heating resistance according to claim 1, **characterised in that** the mineral particles comprise alumina and yttrium oxide and **in that** the doping particles comprise nickel oxide.
3. Heating resistance according to one of the claims 1 and 2, **characterised in that** the size of the particles of silicon carbide is between 0.1 micron and 20

microns.

4. Heating resistance according to any of the claims 1 to 3, **characterised in that** it comprises moreover at least one terminal (14, 16) for electrical connection and mechanical mounting of the resistance (10) which extends at least one corresponding end zone of the resistive heating portion (12) and comprises a sintered mixture of particles of silicon carbide, of mineral particles and of doping particles which are adapted in order to obtain, after sintering, an electrically conductive phase.
5. Heating resistance according to claim 4, **characterised in that** the terminal (14, 16) for electrical connection comprises a concentration of doping particles which is greater than that of the heating portion.
6. Heating resistance according to claim 4, **characterised in that** the connection terminal (14, 16) comprises a section which, in transverse section, has a dimension which is greater than that of the resistive heating portion (12).
7. Method of fabricating a heating resistance in ceramic material for an electric furnace, **characterised in that** it comprises the steps:
 - preparation of a mixture of particles of silicon carbide, of doping particles and of mineral particles,
 - addition of at least one organic material to the prepared mixture,
 - shaping of the resistance by extrusion,
 - thermal treatment of the shaped resistance so as to eliminate said at least one organic material, and
 - sintering of the shaped resistance,
 said doping particles being adapted in order to obtain, after sintering, an electrically conductive phase.
8. Method according to claim 7, **characterised in that** the size of the silicon carbide particles is between 0.1 micron and 20 microns.
9. Method according to one of the claims 7 and 8, **characterised in that** the mineral particles comprise alumina and yttrium oxide and the doping particles comprise nickel oxide.
10. Method according to any of the claims 6 to 9, **characterised in that** the step of addition of the organic

material comprises adding to the mixture of particles at least one bonding element, at least one plasticiser element and at least one lubricating element.

11. Method according to any of the claims 6 to 10, **characterised in that**, in the course of the step of shaping the resistance, there is formed at least one terminal for electrical connection and mechanical mounting by means of increasing the section of at least one corresponding end zone of the resistance. 5 10
12. Method according to any of the claims 6 to 10, **characterised in that**, in the course of the step of shaping the resistance, there is formed at least one terminal for electrical connection and mechanical mounting by means of reducing the section of the median portion of the resistance. 15

20

25

30

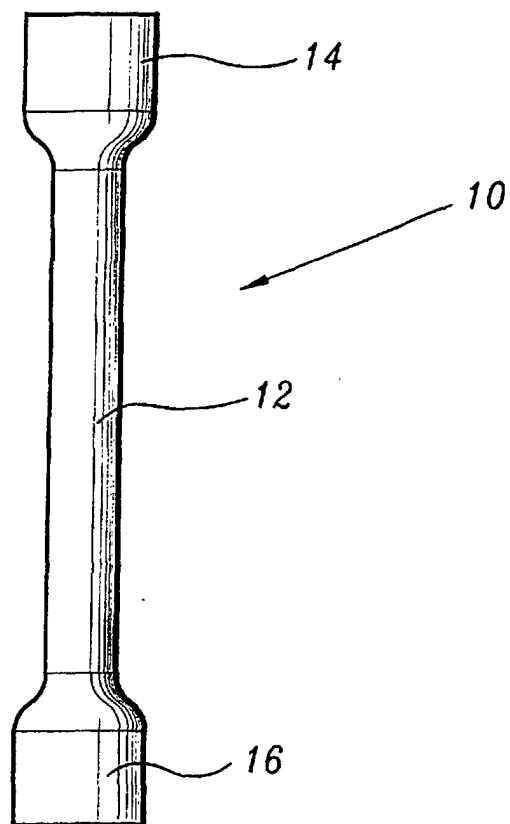
35

40

45

50

55

**FIG. 1**

SiO ₂ libre 0.8%	Fe(ppm) 100	Cr(ppm) 10
Si libre 0.03%	Al(ppm) 600	Ca(ppm) 40
C libre 0.25%	Ni(ppm) 10	Ti(ppm) 100
SiC 98,8%	V(ppm) 120	Mg(ppm) <100
	Na(ppm) 200	

FIG. 2