Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2065821 C 2003/01/28

(11)(21) 2 065 821

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(22) Date de dépôt/Filing Date: 1992/04/10

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1992/10/16

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/01/28

(30) Priorité/Priority: 1991/04/15 (91 05 419) FR

(51) Cl.Int.^{5}/Int.Cl.^{5} C04B 35/00, C09K 3/14

(72) Inventeurs/Inventors:
DUBOTS, DOMINIQUE, FR;
FAURE, PIERRE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
PEM ABRASIFS-REFRACTAIRES, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PRODUITS ABRASIFS ET/OU REFRACTAIRES A BASE D'OXYNITRURES, FONDUS ET SOLIDIFIES
(54) Title: OXYNITRIDE-BASED MELTED AND SOLIDIFIED ABRASIVE AND/OR REFRACTORY PRODUCTS

(57) Abrégé/Abstract:
Produits abrasifs et/ou réfractaires composés de l'un au moins des composés du groupe des oxynitrures d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes (tels que Al, Mg, alcalino-terreux, Si, Ti, Zr,) et obtenus par fusion et solidification.

<u>PRECIS DE LA DIVULGATION</u>:

Produits abrasifs et/ou réfractaires composés de l'un au moins des composés du groupe des oxynitrures d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes (tels que Al, Mg, alcalino-terreux, Si, Ti, Zr,) et obtenus par fusion et solidification.

PRODUITS ABRASIFS ET/OU REFRACTAIRES A BASE D'OXYNITRURES, FONDUS ET SOLIDIFIES

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne des produits abrasifs et/ou réfractaires fondus et solidifiés à base d'oxynitrures, d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes, ou de leurs mélanges à sec, ou de leurs mélanges avec d'autres produits tels que oxydes, carbures, borures...

ETAT DE LA TECHNIQUE

On connaît des céramiques à base de nitrures, d'oxynitrures, qui peuvent être également utilisées comme réfractaires, mais celles-ci sont obtenues par mélange des poudres constitutives (par exemple oxydes et nitrures), mise en forme et frittage ou frittage-réaction, naturel ou sous pression. Ces procédés sont difficiles à mettre en oeuvre et la réaction entre les poudres du mélange est parfois lente et/ou difficile à initier, ce qui peut conduire à des produits ayant des caractéristiques insuffisantes.

OBJET DE L'INVENTION

Compte tenu de son expérience, la demanderesse a mis au point des produits abrasifs et/ou réfractaires caractérisés en ce qu'ils comprennent au moins un oxynitrure d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes choisis dans le groupe constitué par les éléments Al, Mg, Ca, Sr, Ba, Si, Ti, Zr, ainsi que B quand au moins un autre desdits éléments est déjà présent, et qu'ils sont obtenus par fusion, refroidissement et solidification d'une charge initiale

solide constituée d'au moins un composé desdits métaux ou métalloïdes contenant de l'oxygène et de l'azote, comme les oxydes, les nitrures ou les oxynitrures.

On constate en effet de façon inattendue, que les oxynitrures présentent une stabilité chimique suffisante pour être fondus alors que les nitrures correspondants se décomposent souvent avant de fondre.

Les produits selon l'invention peuvent également contenir, généralement, au moins 5% d'azote et 5% d'oxygène, mais typiquement au moins 50% d'oxynitrure.

Les éléments, métaux ou métalloïdes, capables de rentrer dans la composition desdits composés concernés par l'invention sont Al, Mg, les alcalino-terreux (Ca, Sr, Ba), Si, Ti et également B quand au moins un autre des éléments précédents est déjà présent.

Lesdits composés peuvent être des oxynitrures simples, c'est-à-dire ne comportant qu'un seul des éléments venant d'être cités, ou bien mixtes, quand ils comportent deux ou plusieurs desdits éléments, donnant ainsi des dispersions de plusieurs phases l'une dans l'autre, des alliages, des solutions solides, des combinaisons, etc...

Il est évident que parmi la grande variété de produits abrasifs ou réfractaires obtenus selon l'invention, on pourra sélectionner les compositions les plus adaptées à l'usage envisagé compte tenu de leurs propriétés ou combinaisons de propriétés : réfractarité, tenue à la température, à l'abrasion, à la corrosion (par exemple à chaud en présence de métal liquide), inertie chimique, faible mouillabilité, résistivité électrique ou conductivité thermique, frittabilité, compatibilité avec des liants ou résines, etc...

Les produits selon l'invention résultent de la fusion d'une charge solide initiale constituée d'un ou plusieurs des composés du type oxydes, nitrures, oxynitrures, auxquels on peut ajouter des carbures et/ou des borures, d'un ou plusieurs éléments (métaux ou métalloïdes), suivie de leur solidification par refroidissement. En particulier les oxynitrures simples ou mixtes peuvent être fondus et solidifiés tels quels sans mélange préalable avec un autre desdits composés. Parmi ces composés constituant tout ou partie de la charge de départ, on peut noter non limitativement : Al_2O_3, MgO, AlN, Al_3O_3N, Al_3MgO_4, Mg_3N_2, Al_4C_3, B_4C, BN, Si_3N_4, etc...

La composition globale de la charge de départ peut correspondre par

ailleurs à l'obtention de composés définis, comme Al_3O_3N..., mais peut également couvrir des gammes beaucoup plus larges, pour obtenir soit des mélanges de plusieurs phases solides, soit des solutions solides telles que les sialons du type $Si_{6-z}\ Al_zO_zN_{8-z}$, les alons du type $Al_{(8-x)/3}\ O_{4-x}\ N_x$, des spinelles de magnésie et d'alon, etc...

La charge initiale est généralement constituée de poudres ou produits plus ou moins frittés, préalablement obtenus par différents moyens connus. Par exemple, quand ladite charge initiale contient un oxynitrure métallique, ce dernier peut avoir été obtenu par une carbothermie nitrurante de l'oxyde métallique correspondant, ou plus avantageusement par une nitruration directe d'une poudre métallique en présence d'un support réfractaire (non fusible) dont la nature chimique est choisie en fonction de l'oxynitrure souhaité.

Avantageusement, le ou les éléments peuvent avoir été fabriqués in situ par métallothermie grâce à un métal provenant de la décomposition thermique d'un nitrure préalablement formé à basse température.

Un moyen pratique et intéressant d'obtenir des températures suffisamment élevées, généralement supérieures à 2000°C, pour réaliser la fusion de la charge initiale solide, est d'utiliser une fusion électrothermique dans un four à arc.

Un autre moyen d'obtenir la fusion est d'introduire, sous forme solide, au moins un des composants de la charge initiale dans un bain déjà fondu constitué des autres composants de la charge initiale.

La fusion permet d'obtenir des combinaisons chimiques, par réaction entre les différents composés de la charge initiale, qui lors du refroidissement feront apparaître les phases souhaitées.

Avant solidification, les produits fondus peuvent être coulés et on peut leur donner les configurations possibles: blocs, granulés, pièces de forme, produits particulaires, etc... Il est possible aussi de les mettre sous forme de poudre broyée, ou concassée, et tamisée.

Le refroidissement peut être rapide (trempe) de façon à conserver une structure de grains fins dans le produit final, en évitant la présence de phases cristallines de grandes dimensions, et à conserver de bonnes caractéristiques dans le produit final (par exemple résistance au choc thermique). Ainsi la taille des grains est typiquement inférieure à 100 μm.

Les produits fondus et solidifiés selon l'invention peuvent être mélangés, à l'état de poudre ou de particules, avec d'autres composés d'addition (également sous forme de poudre ou de particules). Ces composés d'addition peuvent être tout d'abord des abrasifs ou réfractaires, électrofondus ou non, par exemple des oxydes ou des composés oxydés (notamment des oxydes réfractaires comme Al_2O_3, MgO, les oxydes alcalino-terreux, la dolomie calcinée, les spinelles, SiO_2, ZrO_2, TiO_2 , les oxydes de terres-rares), des carbures (comme ceux de Si, Al, Ca, B...), des borures (comme ceux d'Al, Ti, Zr), des nitrures (comme ceux d'Al, Si, Ti, Zr, B), des oxynitrures (comme les sialons, les alons), des oxycarbures (comme ceux d'Al), mais encore des métaux ou métalloïdes en poudre ou particules (en particulier C, Al, Mg, Ca, Si ou leurs alliages) ne réagissant pas avec les autres composés.

Les produits fondus et solidifiés selon l'invention ou leurs mélanges avec des composés d'addition venant d'être décrits peuvent être concassés et/ou réduits en poudre par broyage. Les poudres obtenues peuvent servir à faire toutes sortes de pièces de forme, notamment frittées, confectionnées par tous procédés connus, par exemple pressage, coulage, extrusion, en présence de liants, plastifiant, suivi d'un frittage naturel ou sous pression, HIP (Hot Isostatic Pressing)...

A titre d'illustration on peut citer quelques types de produits abrasifs ou réfractaires selon l'invention, donc obtenus après fusion et solidification.

On peut ainsi préparer :

- des oxynitrures simples, obtenus par exemple après fusion d'une charge d'oxynitrure pulvérulente plus ou moins frittée préalablement obtenue selon les procédés cités plus haut, ou d'une charge de nitrure et d'oxyde du même élément, ou encore d'une charge d'oxynitrure enrichie en nitrure et/ou en oxyde toujours du même métal.

- des oxynitrures mixtes, obtenus par exemple après fusion d'une charge

d'oxynitrures d'éléments différents, ou de nitrures et d'oxydes d'éléments différents, ou de nitrure et d'oxynitrures d'éléments différents, ou d'oxynitrures et d'oxydes d'éléments différents, ou d'oxynitrures mixtes enrichis en nitrures et/ou oxydes...

- des oxycarbonitrures, obtenus par exemple après fusion d'une charge d'oxynitrure et de carbure avec addition éventuelle de nitrure, d'oxyde voire d'oxycarbure. Comme précédemment on peut n'être en présence que d'un seul élément (oxycarbonitrure simple) ou de plusieurs éléments (oxycarbonitrure mixte).

EXEMPLES

Exemple 1

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxynitrure simple Al_3O_3N enrichi en Al_2O_3, selon l'invention.

On introduit dans un four triphasé à arc une charge initiale constituée du mélange de poudres suivant :

80% (poids) d'alumine provenant d'un procédé Bayer

20% (poids) d'oxynitrure Al_3O_3N fritté.

La charge est fondue à 2100°C et coulée dans une lingotière en acier remplie de boulets également en acier pour obtenir un effet de trempe énergique.

Le produit solidifié est séparé des boulets par criblage suivi d'un tri magnétique puis est conditionné de façon habituelle (broyage, criblage) pour obtenir les coupes granulométriques désirées.

L'analyse par diffractométrie aux rayons X du produit obtenu permet d'identifier une phase AlON dispersée dans une matrice qui est une solution solide d'AlON dans le corindon.

L'examen d'une section polie révèle une texture compacte très fine.

L'opération de broyage mise en oeuvre lors du conditionnement confirme les qualités abrasives exceptionnelles du produit.

Compte tenu de sa composition , ses qualités réfractaires et abrasives sont au moins celles décrites par les céramistes pour les produits frittés analogues, de plus sa tenue à la corrosion est fortement améliorée.

Exemple 2

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxynitrure simple AlON selon l'invention.

Dans le four de l'exemple 1 on introduit une charge constituée de 100% d'AlON fritté; comme précédemment le produit est fondu vers 2200°C sans que l'on note de trace de décomposition; il s'écoule très facilement lors du basculement du four.

Le produit trempé est conditionné de la même façon que celui de l'exemple 1. Ses caractéristiques abrasives et réfractaires sont très semblables à celles du produit décrit dans l'exemple 1.

Exemple 3

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxynitrure mixte du type MgAlON, selon l'invention.

Dans le four de l'exemple 1 on introduit une charge constituée de :

50% (poids) de magnésie d'eau de mer (Dead Sea Periclase)

50% (poids) d'AlON fritté.

La charge est fondue vers 2500°C. La coulée du contenu du four est effectuée rapidement pour éviter tout risque de figeage.

Après conditionnement du produit trempé, solidifié, refroidi, l'identification des phases révèle un produit biphasé à texture compacte et fine constituée :

- d'un spinelle d'AlON (structure proche du spinelle classique $MgO-Al_2O_3$)
- de périclase dont le décalage des raies de diffractométrie indique une solution solide.

Ce produit s'avère posséder une inertie chimique exceptionnelle et inattendue dans les sels fondus de lithium et de bore et un comportement réfractaire tout aussi exceptionnel et inattendu.

Ce produit peut aussi être utilisé comme agent isolant électrique dans la fabrication des résistances électriques chauffantes blindées car il possède à la fois une bonne conductibilité thermique et une résistivité électrique très élevée. Pour cette application, il présente un avantage décisif sur la magnésie utilisée habituellement, car il conserve ses

propriétés électriques à des températures pour lesquelles la magnésie perd ses propriétés d'isolant électrique (1300°C).

Exemple 4

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxynitrure mixte contenant du bore selon l'invention.

Dans le four de l'exemple 1 on introduit une charge constituée du mélange suivant :

45% (poids) d'alumine provenant d'un procédé Bayer

45% (poids) d'AlON

10% (poids) d'anhydride borique : B_2O_3.

On effectue la fusion et la coulée dans les conditions décrites dans l'exemple 1.

Au cours des opérations de conditionnement, notamment le broyage, on constate que le produit est un abrasif exceptionnel.

Le produit obtenu a une texture très fine et un examen de diffractométrie de rayons X montre qu'il est constitué d'une suspension de nitrure de bore hexagonal dans une matrice d'aluminalon du type de celle de l'Exemple 1.

En plus de ses propriétés abrasives, ce produit est un excellent réfractaire particulièrement adapté aux applications suivantes : réfractaires de coulée continue de l'acier et réfractaires destinés à contenir des alliages fondus d'aluminium.

Exemple 5

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxynitrure mixte du type MgCaAlON, selon l'invention.

Dans le four de l'exemple 1, on introduit la charge constituée du mélange suivant :

80% (poids) de dolomie (MgO-CaO)

20% (poids) d'AlON.

On effectue l'électrofusion et la coulée avec trempe comme précédemment.

On obtient un produit à structure fine et l'analyse par diffractométrie de rayons X ne permet pas d'identifier facilement les phases du fait de la présence de composés non encore répertoriés dans les tables.

Lors d'un essai de réactivité à l'eau, il apparaît de façon inattendue et particulièrement intéressante que le produit ne présente aucune réaction bien que contenant des composés du calcium.

Ainsi, ce produit est un réfractaire qui peut se subsistuer aux dolomies avec l'avantage d'être inerte à l'humidité.

Exemple 6

Cet exemple illustre l'obtention d'un oxycarbonitrure du type AlCON, selon l'invention.

Dans le four de l'exemple 1 on introduit une charge constituée du mélange suivant :

50% (poids) d'alumine Bayer
40% (poids) d'AlON, auquel on ajoute
20% (poids) de carbure d'aluminium Al_4C_3

On effectue l'électrofusion et la coulée avec trempe comme précédemment. Après conditionnement, l'analyse chimique du produit (compact à structure fine) donne les teneurs suivantes :

8% (poids) de carbone
15% (poids) d'azote.

Comme dans l'exemple 5 l'identification de toutes les phases n'est pas possible du fait de la présence de composés non encore répertoriés. L'opération de broyage fait apparaître là encore un comportement abrasif, de ce produit, remarquable.

Exemple 7

Cet exemple illustre tout d'abord l'obtention préalable d'un oxynitrure mixte fritté du type MgBON, puis l'obtention d'un produit réfractaire par fusion et solidification, selon l'invention.

Dans un premier temps, on introduit dans un four à chambre une charge constituée du mélange particulaire suivant :

30% (poids) d'anhydride borique B_2O_3
30% (poids) de MgO
40% (poids) de grenaille de Mg.

On chauffe alors le four sous atmosphère nitrurante (azote) pour opérer une nitruration exothermique à environ 1700°C et obtenir une masse frittée constituée de périclase et de nitrure de bore hexagonal. Cette masse frittée peut s'analyser comme résultant de la nitruration de Mg,

suivie de la décomposition du nitrure de magnésium (Mg_3N_2 --> $3Mg + N_2$), puis de la réduction de B_2O_3 ($3Mg + B_2O_3$ --> $3MgO + 2B$) et de la nitruration du bore ($2B + N_2$ --> $2BN$); on voit donc qu'un métalloïde (B) est formé in situ par réduction métallothermique de son oxyde (B_2O_3) par le magnésium provenant de la décomposition thermique à haute température de Mg_3N_2 formé à plus basse température.

Dans un deuxième temps, on introduit ladite masse frittée dans le four de l'exemple 1. On effectue la fusion vers 2800°C, puis coule rapidement, compte tenu de la température élevée utilisée.
Après solidification et conditionnement, l'analyse du produit par diffraction de rayons X, montre la présence :
- de périclase (MgO) avec des raies de diffraction légèrement décalées,
- de nitrure de bore hexagonal (BN) dispersé dans la matrice de périclase.

Ce produit peut avoir les applications suivantes :
- l'une réfractaire qui concerne les mêmes domaines d'emploi que les magnésies électrofondues (avec l'avantage de présenter une inertie aux métaux liquides encore améliorée et une non mouillabilité conférée par le nitrure de bore).
- l'autre concerne les domaines d'application où la magnésie est utilisée comme composé possédant une bonne conductivité thermique et une forte résistivité électrique. Là encore, la présence de nitrure de bore hexagonal bon conducteur de la chaleur et très bon isolant électrique à haute température se traduit par des performances exceptionnelles du produit selon l'invention.

Exemple 8

Cet exemple illustre l'obtention, selon l'invention, d'un oxynitrure mixte du type AlTiON enrichi en Al_2O_3 à partir du corindon brun ($Al_2O_3 + TiO_2$).

Pour cela, dans le four de l'Exemple 1, on dispose d'une masse fondue de corindon brun (obtenue par fusion réductrice de bauxite), on coule cette masse et, dans le jet de coulée, on introduit une poudre broyée de AlON.
Après solidification et conditionnement on obtient un produit

réfractaire ayant des propriétés abrasives inattendues.
L'analyse par diffractométrie de rayons X révèle la présence d'une solution solide, de nitrure et d'oxynitrures de Ti.
Ainsi, les qualités abrasives supérieures de ce produit, vérifiées par une usure anormale des broyeurs, résultent :

- de la présence des nitrure et oxynitrure de Ti qui améliorent la tribologie de l'abrasif;
- de la structure fine pluriphasée du produit qui améliore ses caractéristiques mécaniques;
- de la mise en solution solide d'AlON dans la structure du corindon qui modifie favorablement les caractéristiques mécaniques de la matrice.

Les exemples décrits ne sont pas limitatifs et il est possible de préparer d'autres produits selon l'invention en utilisant d'autres mélanges initiaux :

- dans le cas des oxynitrures simples, on peut par exemple partir de mélanges AlN + Al_2O_3 (ou AlON)
- dans le cas des oxynitrures mixtes, on peut par exemple partir de mélanges

AlN + MgO
AlN + dolomie
AlN + B_2O_3
AlN + TiO_2

ces mélanges pouvant être enrichis avec Al_2O_3 et/ou MgO, CaO ou d'autres oxydes, carbures ou nitrures.

Ainsi, les compositions des produits selon l'invention sont très variées, les structures sont également très diverses. On trouve par exemple des solutions solides, des composés définis bien cristallisés (tels que AlN, Al_3O_3N, BN (hexagonal)...), dispersés dans des matrices plus ou moins complexes (telles que MgO, Al_2O_3, leurs mélanges, des oxynitrures...), des solutions solides, etc...

Il est remarquable de noter que l'invention permet de disposer d'abrasifs ou réfractaires comportant des espèces chimiques qu'il serait

difficile d'obtenir autrement; il en est ainsi par exemple des phases cristallisées finement dispersées de BN hexagonal (ou de TiN) dans des matrices d'oxynitrure ou d'oxycarbonitrure qui apparaissent sans qu'il ait été nécessaire de préparer préalablement BN (ou TiN) en tant que tels; lesdites phases de BN apportent des avantages notables notamment aux produits réfractaires en diminuant leur mouillabilité par les métaux liquides et en améliorant de ce fait leur tenue à l'abrasion, au colmatage ou à l'encrassement (par exemple quand ils sont utilisés comme buses de coulée de métaux liquides tels que les aciers, Al ...).

Il est également remarquable de noter qu'on peut obtenir des produits selon l'invention comportant des phases chimiques qui n'apparaissent que lors de la solidification.

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme il suit:

1. Produit abrasif et/ou réfractaire, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un oxynitrure d'un ou plusieurs métaux ou métalloïdes choisis dans le groupe constitué par les éléments Al, Mg, Ca, Sr, Ba, Si, Ti, Zr, ainsi que B quand au moins un autre desdits éléments est déjà présent, et qu'il est obtenu par fusion, refroidissement et solidification d'une charge initiale solide constituée d'au moins un composé desdits métaux ou métalloïdes contenant de l'oxygène, de l'azote ou les deux.

2. Produit selon la revendication 1, caractérisé en ce que les composés des métaux ou métalloïdes sont choisis dans le groupe constitué par les oxydes, les nitrures et les oxynitrures.

3. Produit selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on ajoute à la charge initiale des carbures et/ou des borures desdits métaux ou métalloïdes.

4. Produit selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la fusion est effectuée dans un four à arc.

5. Produit selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la fusion est obtenue par introduction desdits composés solides dans une charge desdits composés déjà fondus.

6. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le refroidissement est un refroidissement rapide ou une trempe.

7. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les produits fondus sont coulés avant refroidissement et solidification pour donner des pièces de forme, des blocs, ou des produits particulaires.

8. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit produit abrasif ou réfractaire est sous forme de poudre broyée, ou concassée et tamisée.

9. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est mélangé à l'état de poudre ou de particules à d'autres composés d'addition.

10. Produit selon la revendication 9, caractérisés en ce que les composés d'addition sont des oxydes, des composés oxydés, des carbures, des borures ou des produits tels que définis dans les revendications 1 à 8, également à l'état de poudre ou particulaire.

11. Produit selon la revendication 10, caractérisé en ce que les composés d'addition sont choisi parmi le MgO, l'Al_2O_3, les oxydes alcalino-terreux, SiO_2, ZrO_2, TiO_2 et les oxydes de terres rares.

12. Produit selon la revendication 10, caractérisé en ce que les composés d'addition sont des métaux ou métalloïdes en poudre.

13. Produit selon la revendication 12, caractérisé en ce que les composés d'addition sont des métaux ou métalloïdes en poudre choisis dans le groupe constitué par C, Al, Mg, Ca et Si.

14. Produit selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que ladite poudre est mise en forme et frittée.

15. Produit selon la revendication 2, caractérisé en ce que les composés dudit groupe contenus dans la charge initiale sont obtenus par nitruration directe d'une poudre d'un ou plusieurs éléments (métal ou métalloïde) en présence d'un support particulaire réfractaire.

16. Produit selon la revendication 15, caractérisé en ce que le ou les éléments sont fabriqués *in situ* par métallothermie grâce à un métal provenant de la décomposition thermique d'un nitrure préalablement formé à base température.

17. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et 11 à 13, caractérisé en ce qu'il a une structure dont la taille de grain est inférieure à 100 μm.