

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 563 535**

②1 N° d'enregistrement national :

**84 06479**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : C 22 C 24/00, 1/02; H 01 M 4/40.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25 avril 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 44 du 31 octobre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Société anonyme dite : SOCIETE NA-  
TIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Françoise Riffault, Claude Pathé, Serge  
Ferrier et Danièle Debattista.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Rinuy, Santarelli.

⑤4 Alliage ternaire riche en lithium à haut point de fusion, un procédé d'élaboration et une application.

⑤7 L'invention concerne un alliage riche en lithium dont le point de fusion est au moins égal à 950 °C. Cet alliage contient de préférence du bore et un autre métal (du magnésium de préférence) à une teneur de l'ordre du pour-cent. L'invention propose en outre un procédé d'élaboration d'un tel alliage à partir de bore amorphe avec mise en solution du bore et de l'autre métal vers 400 °C, germination vers 550 °C et solidification de l'alliage vers 650 °C. Application notamment aux électrodes de générateur électrochimique à électrolyte non aqueux.

FR 2 563 535 - A1

La présente invention concerne un alliage ternaire riche en lithium, de faible masse molaire et à haut point de fusion, ainsi qu'un procédé d'élaboration et une application de ce dernier.

Le lithium est un matériau électrochimiquement très énergé-  
5 tique, et de masse molaire faible. Son bas point de fusion (180° C) limite toutefois ses applications, notamment dans le domaine des générateurs électrochimiques à température de fonctionnement élevée.

En vue d'élever ses températures admissibles de fonctionne-  
ment, il est connu d'allier le lithium avec un autre métal ou métalloïde.

10 Il a ainsi été proposé notamment :

- un alliage binaire lithium-aluminium de "structure  $\beta$ " (point de fusion égal à 720° C) contenant 20 % en masse de lithium, obtenu le plus souvent par voie métallothermique ou électrochimique ;

- un alliage binaire lithium-silicium contenant 50 % en  
15 masse de lithium (point de fusion égal à 650° C), généralement obtenu par métallothermie, et

- un alliage binaire lithium-bore contenant de 70 à 80 % en masse de lithium.

Ce dernier alliage peut notamment être élaboré par métallo-  
20 thermie à partir de lithium et de bore de structure cristallisée, ainsi que le propose le brevet U.S. N° 4.110.111 du 29 août 1978. Il est toutefois fait mention dans ce brevet de l'impossibilité d'obtenir un tel alliage à partir de bore amorphe.

La présente invention vise un alliage de lithium riche en  
25 lithium dont le point de fusion soit supérieur à ceux des alliages précités. Elle vise tout particulièrement un alliage lithium-bore à haut point de fusion, dont l'élaboration puisse se faire à partir de bore à l'état amorphe aussi bien qu'à l'état cristallisé.

L'invention propose ainsi un alliage ternaire riche en li-  
30 thium dont le point de fusion est au moins égal à 950°C environ. Le lithium y est de préférence allié avec du bore ainsi que, de façon avantageuse, avec un autre métal en faible quantité de l'ordre du pour-cent en masse.

Selon une gamme préférée de composition, la teneur en lithium  
35 est sensiblement comprise entre 60 % et 90 % en masse tandis que la teneur en (bore + autre métal) est sensiblement comprise entre 40 % et 10 %

en masse. L'invention préconise tout particulièrement que la teneur en bore soit sensiblement comprise entre 9,5 % et 38 % en masse et que la teneur en l'autre métal soit sensiblement comprise entre 0,5 % et 2 % en masse. Cet autre métal est avantageusement du magnésium ; il peut également s'agir d'un alcalino-terreux tel que du calcium.

Un alliage ternaire du type précité, grâce à l'autre métal à faible teneur, est adapté à être élaboré aussi bien à partir de bore amorphe qu'à partir de bore cristallisé.

L'invention préconise que cet alliage soit élaboré grâce à un cycle thermique (préparation par "métallothermie") comportant principalement les trois étapes suivantes :

- mise en solution du bore et de l'autre métal dans du lithium liquide formant solvant ;
- apparition de germes dans le mélange liquide ; et
- solidification de l'alliage par augmentation de température.

L'invention propose, pour l'élaboration d'un alliage ternaire du type précité, un procédé métallurgique selon lequel, sous atmosphère inerte :

- on maintient sous agitation un mélange (lithium-bore amorphe-autre métal) dans les proportions précitées, à une température sensiblement comprise entre 350° C et 450° C jusqu'à la mise en solution complète du bore dans le lithium préalablement amené à l'état liquide ;
- on augmente la température de ce mélange jusqu'à une valeur sensiblement comprise entre 500° C et 570° C à laquelle le mélange est maintenu sous agitation, en vue de faire apparaître des germes dans le mélange liquide ; et
- on augmente la température du mélange d'environ une centaine de degrés, jusqu'à une température sensiblement comprise entre 600° C et 700° C, en sorte de solidifier l'alliage, puis on revient à la température ambiante.

Ces étapes sont avantageusement précédées par un chauffage progressif du mélange après liquéfaction du lithium.

A titre d'exemple, un mélange (lithium-bore-magnésium) à des teneurs en masse de 70 %, 29 % et 1 % respectivement, est placé dans un creuset étanche en acier inoxydable sous atmosphère inerte d'argon puis subit le cycle thermique suivant :

- chauffage progressif jusqu'à 400° C environ pour amener le lithium à l'état liquide ;

- maintien avec agitation à une température de 400° C environ, pendant 5 à 8 heures environ, jusqu'à mettre en solution le bore (et l'autre métal) dans le lithium ;

- chauffage et maintien avec agitation à 550° C pendant 3 à 5 heures environ ;

- chauffage puis maintien à une température d'environ 650° C pendant 2 à 3 heures pour faire précipiter l'alliage métallique, puis

- retour à la température ambiante.

On obtient ainsi un alliage de lithium, malléable, dont le point de fusion est de 980° C, donc supérieur à 950° C environ. Son potentiel d'oxydation par rapport au couple  $\text{Li}(\text{liq.})/\text{Li}^+$  est de 50 mV à 450° C.

De par son caractère métallique, un alliage selon l'invention est tout-à-fait adapté à être utilisé comme électrode de générateur électrochimique à température de fonctionnement élevée, notamment comme anode dans des piles thermiques. Il est à noter que de par sa forte proportion en lithium, un alliage selon l'invention a un potentiel de décharge voisin de celui du lithium pur.

L'invention préconise tout particulièrement l'utilisation d'un alliage du type précité comme électrode de générateur électrochimique à électrolyte non aqueux.

Il va de soi que l'exemple qui précède n'a été donné qu'à titre illustratif et que de nombreuses variantes peuvent être proposées par l'homme de l'art sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Alliage ternaire riche en lithium, à haut point de fusion, caractérisé par un point de fusion au moins égal à 950° C environ.

2. Alliage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient du bore et un autre métal à une teneur de l'ordre du pour-cent.

3. Alliage selon la revendication 2, caractérisé en ce que sa teneur en lithium est sensiblement comprise entre 60 % et 90 % en masse, tandis que sa teneur en (bore + autre métal) est sensiblement comprise entre 40 % et 10 % en masse.

4. Alliage selon la revendication 3, caractérisé en ce que sa teneur en bore est sensiblement comprise entre 9,5 et 38 % en masse et que sa teneur en autre métal est sensiblement comprise entre 0,5 % et 2 % en masse.

5. Alliage selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que c'est un alliage lithium-bore-magnésium.

6. Alliage selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que l'autre métal est un alcalino-terreux, du calcium de préférence.

7. Procédé d'élaboration d'un alliage métallique riche en lithium à haut point de fusion, caractérisé en ce que, sous atmosphère inerte, on maintient sous agitation un mélange ternaire contenant 60 % à 90 % de lithium en masse, du bore amorphe et un autre métal à une teneur de l'ordre du pour-cent, à une température sensiblement comprise entre 350° C et 450° C jusqu'à mise en solution du bore dans le lithium, préalablement amené à l'état liquide ; on augmente la température du mélange jusqu'à une valeur sensiblement comprise entre 500° C et 570° C à laquelle le mélange est maintenu sous agitation jusqu'à l'apparition de germes ; et on augmente la température jusqu'à une température sensiblement comprise entre 600° C et 700° C en sorte de solidifier l'alliage puis on revient à la température ambiante.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le mélange est maintenu à 400° C pendant 5 à 8 heures, à 550° C pendant 3 à 5 heures et à 650° C pendant 2 à 3 heures.

9. Application d'un alliage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comme électrode de générateur électrochimique à électrolyte non aqueux.