

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25.07.97.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.01.99 Bulletin 99/04.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES SOCIETE ANONYME — FR.

72) Inventeur(s) : PLEIT JANY, PHILIPPE LAURENT et HURBIN VERONIQUE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BREVATOME.

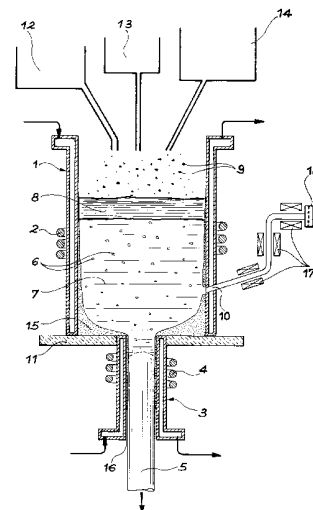
54) ELABORATION ET TIRAGE EN CONTINU, EN CREUSETS FROIDS INDUCTIFS, DE METAUX OU D'ALLIAGES.

57) L'invention concerne l'élaboration et le tirage en continu d'un produit métallique, constitué par au moins un métal, comprenant:

- une étape d'élaboration du métal dans un premier creuset froid (1) chauffé par induction où l'on provoque la réduction d'oxyde ou de sel dudit métal dans un milieu réducteur (8) et où le métal formé décante dans un milieu solvant (7) permettant d'absorber les scories résultant de la réaction de réduction,

- une étape de rassemblement et de fusion du métal décantant, réalisée dans un deuxième creuset froid (3) chauffé par induction et situé sous le premier creuset froid (1), permettant d'obtenir un tirage en continu du produit métallique.

Application notamment à l'obtention d'uranium ou d'un alliage contenant de l'uranium.



A

ELABORATION ET TIRAGE EN CONTINU, EN CREUSETS FROIDS
INDUCTIFS, DE METAUX OU D'ALLIAGES

5 Domaine technique

La présente invention concerne l'élaboration et le tirage en continu, en creusets froids inductifs, de métaux ou d'alliages. Les métaux
10 ou alliages sont élaborés à partir d'oxydes ou de sels métalliques. L'invention concerne en particulier la préparation d'uranium métal à partir d'un oxyde ou d'un sel d'uranium. Elle concerne également la préparation d'un alliage d'uranium et d'un autre métal.

15

Etat de la technique antérieure

De manière classique, l'uranium métal est obtenu après transformation de l'oxyde UO_2 en UF_4 ,
20 suivie d'une étape de réduction du tétrafluorure en uranium métal. Aucun procédé industriel actuel ne permet l'obtention directe de lingot d'uranium métal massif à partir du bioxyde. En effet, l'action sur le bioxyde d'uranium d'un métal réducteur comme Ca ou Mg,
25 malgré sa très forte exothermicité, ne permet pas d'atteindre la fusion de la chaux ou de la magnésie et l'uranium métal est obtenu divisé dans un solide infusible. La scorie peut être dissoute dans un acide, mais le coût du traitement est prohibitif pour une
30 production massive et le métal divisé risque d'être attaqué. Par contre, lors de la réduction de l' UF_4 par ces métaux, la scorie constituée de fluorite ou de sellaïte est relativement fusible. L'uranium est rassemblé in situ sous forme de lingot. Les scories

gènèrent un déchet solide, traité par voie humide avant son stockage définitif en décharge contrôlée.

Actuellement, les contraintes liées à la réduction des déchets implique la mise en oeuvre de procédés avec recyclage, par exemple par électrolyse.

Le brevet US-A-5 290 337 divulgue un procédé de réduction d'oxyde d'uranium par du magnésium permettant la récupération de l'uranium métal et la régénération du réducteur métallique. A l'instar de ce que préconisaient C. MORANVILLE et J. DUBUISSON dans Le Nouveau Traité de Chimie Minérale, publié sous la direction de P. PASCAL, Tome XV, fascicule 1, 1960, Masson et Cie, page 187 et J.H. BUDDERY dans Metallurgy and Fuels, 1956, vol. 4, pages 24-32, afin d'améliorer la décantation de l'uranium métal, l'oxyde d'uranium (par exemple UO_2) est réduit en présence de sels fondus, par exemple $MgCl_2/MgF_2$ ou $MgCl_2/NdCl_3$. La récupération du métal a lieu dans une nappe d'alliage fondu ZnMg ou CuMg. L' UO_2 est ajouté dans le milieu biphasique, agité et chauffé à $750^\circ C$, constitué de l'alliage fondu (ZnMg) et du mélange de sels fondus ($MgCl_2/NdCl_3$). Une partie du magnésium réduit l' UO_2 en formant U et MgO. MgO réagit ensuite avec le chlorure de néodyme en donnant du chlorure de magnésium et de l'oxyde de néodyme. Quant à l'uranium métal, il est incorporé dans la phase ZnMg. A l'arrêt de l'agitation du milieu réactionnel les phases se séparent. La phase métallique, plus dense, se dépose au fond du creuset. Après refroidissement et solidification, les phases sont séparées mécaniquement. L'uranium métal est ensuite séparé par évaporation de ZnMg. Mg est régénéré par électrolyse du sel.

Ainsi selon US-A-5 290 337, la réduction d' UO_2 par Mg a lieu dans un mélange biphasique sous agitation. Le principe de deux phases distinctes

n'apparaît qu'à l'issue du processus qui ne peut être qu'un système discontinu ("batch process"). Ce procédé présente donc l'inconvénient de ne pas fournir directement et de façon continue l'uranium métal en
5 sortie de creuset. Deux étapes supplémentaires sont nécessaires pour séparer les constituants : une séparation mécanique des phases puis une distillation. De plus, avant électrolyse et régénération de Mg le bain est forcément refondu et il ne peut pas être
10 recyclé ensuite à moins d'introduire une étape de chloruration de l'oxyde de néodyme.

Depuis les années 1960, la fusion et le tirage en continu de lingots ont fait l'objet de nombreuses études, publications et brevets. Le métal
15 est généralement introduit directement dans le creuset de tirage. Son élaboration a lieu dans d'autres structures, par exemple par électrolyse, métallothermie, ou réduction par métalloïde (carbone, soufre).

20 L'article "Economically Producing Reactive Metals by Aerosol Reduction" par J.D. LELAND, paru dans la revue J.O.M., pages 52-55, octobre 1996, divulgue un procédé d'obtention de titane, hafnium, ou zirconium en
25 semi-continu à partir de leurs sels précurseurs (chlorures). Le procédé de réduction par aérosols consiste en une réaction entre deux jets de produits. Le métal réducteur (par exemple Na ou Mg) est sous forme d'aérosol entre 400 et 600°C et le chlorure du
30 métal à réduire est sous forme vapeur. Grâce à l'exothermicité de la réaction, le chlorure formé est vaporisé alors que le métal solide tombe dans un pied de bain métallique liquide. La température du milieu est stabilisée aux environs du point d'ébullition du
35 sel formé, typiquement 1100-1200°C. Le métal est rassemblé et fondu à partir du pied de bain dans un

creuset froid inductif. Ce procédé présente deux
inconvenients principaux qui sont la nécessité d'avoir
une réaction exothermique permettant la vaporisation de
la scorie et du produit de départ n'ayant pas réagi, et
5 la difficulté de maîtrise des débits d'alimentation. En
outre, ce procédé ne serait pas applicable dans le cas
de réactions exothermiques présentant le risque
d'atteindre la température d'inversion thermodynamique
ou dont la température d'ébullition de la scorie est
10 supérieure à cette dernière.

Exposé de l'invention

L'invention remédie aux inconvenients de
15 l'art antérieur cité ci-dessus en proposant une
solution qui permet une élaboration complète, en
continu, à partir du sel ou de l'oxyde métallique
jusqu'au métal préformé.

L'invention a donc pour objet un procédé
20 d'élaboration et de tirage en continu d'un produit
métallique, constitué par au moins un métal,
comprenant :

- une étape d'élaboration du métal dans un
premier creuset froid chauffé par induction où l'on
25 provoque la réduction d'oxyde ou de sel dudit métal
dans un milieu réducteur et où le métal formé décante
dans un milieu solvant permettant d'absorber les
scories résultant de la réaction de réduction,

- une étape de rassemblement et de fusion
30 du métal décantant, réalisée dans un deuxième creuset
froid chauffé par induction et situé sous le premier
creuset froid, permettant d'obtenir un tirage en
continu du produit métallique.

Le chauffage par induction du premier creuset et du deuxième creuset peut se faire à des fréquences différentes.

Le milieu réducteur peut comprendre une
5 matière choisie parmi un métal, un mélange de métaux, un métalloïde, un mélange de métalloïdes. Le milieu solvant peut être un bain de sels fondus.

Selon un mode préféré de mise en oeuvre le milieu réducteur constitue une nappe de matière en
10 fusion surnageant le milieu solvant constitué par un bain d'au moins un sel fondu. Dans ce cas, l'oxyde ou le sel dudit métal à élaborer est introduit dans le premier creuset froid au-dessus de la nappe si cet
oxyde ou ce sel est à l'état solide ou à l'état
15 liquide. L'oxyde ou le sel dudit métal à élaborer est introduit dans le premier creuset froid sous la nappe si cet oxyde ou ce sel est à l'état gazeux.

Dans le cas où le produit métallique à élaborer est un alliage d'au moins deux métaux, le
20 premier creuset froid peut être alimenté par un mélange d'oxyde(s) ou de sel(s) de ces deux métaux. En variante, l'un de ces métaux est introduit dans le premier creuset froid directement sous sa forme métallique, l'autre de ces métaux étant introduit sous
25 forme d'oxyde ou de sel.

Avantageusement, le procédé comprend en outre une étape de régénération du milieu réducteur par électrolyse de la scorie présente dans le milieu solvant. Le soutirage du milieu solvant est réalisé en
30 continu.

L'invention a aussi pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus, caractérisé en ce qu'il est constitué :

- d'un premier creuset à parois froides
35 équipé de moyens de chauffage par induction et de

moyens d'introduction dans le milieu réducteur d'oxyde ou de sel dudit métal à élaborer.

- d'un deuxième creuset à parois froides équipé de moyens de chauffage par induction, situé sous le premier creuset, la partie supérieure du deuxième creuset communiquant avec la partie inférieure du premier creuset, la partie inférieure du deuxième creuset étant pourvue de moyens permettant d'évacuer en continu le produit métallique.

De préférence, le premier creuset possède une section plus importante que le deuxième creuset. Dans ce cas, la jonction entre les deux creusets peut se faire par une plaque de matériau réfractaire, par exemple une plaque de céramique.

De préférence, les moyens de chauffage par induction sont disposés sur le premier et le deuxième creuset de façon qu'il se forme, sous l'influence des parois froides des creusets, un cône de décantation constitué de milieu solvant solide.

Avantageusement, le premier creuset est équipé de moyens de soutirage de milieu solvant, fonctionnant en continu. Il est aussi équipé de moyens d'alimentation en milieu réducteur, fonctionnant en continu. Il est encore équipé de moyens d'alimentation en oxyde ou en sel dudit métal à élaborer, fonctionnant en continu.

Le procédé selon la présente invention s'applique particulièrement bien à l'obtention d'uranium métal.

Si le composé d'uranium que l'on réduit est l'oxyde UO_2 ou l'oxyde U_3O_8 , le milieu réducteur peut être constitué de lithium, le milieu solvant peut comprendre au moins l'un des sels suivants : $LiCl$, KCl , $BaCl_2$, LiF , CaF_2 , et BaF_2 . Si le composé d'uranium que l'on réduit est UF_4 , le milieu réducteur peut être

constitué par un métal choisi parmi Ca, Mg, Li, K, Na ou par un mélange Ca-Mg, le milieu solvant peut comprendre au moins l'un des sels suivants : MgF_2 , $MgCl_2$, LiCl, KCl, $BaCl_2$, LiF, KF, $CaCl_2$, CaF_2 , NaF, NaCl et BaF_2 . Si le composé d'uranium que l'on réduit est un fluorure double d'uranium et d'un élément alcalin ou alcalino-terreux, le milieu réducteur peut être un métal choisi parmi Ca, Mg, Li, Na ou K, ou un mélange d'au moins deux de ces métaux réducteurs, le milieu solvant peut comprendre au moins l'un des sels suivants : MgF_2 , $MgCl_2$, LiCl, KCl, NaCl, NaF, $BaCl_2$, LiF, KF, CaF_2 , $CaCl_2$ et BaF_2 . Si le composé d'uranium que l'on réduit est Cs_2UCl_6 , le milieu réducteur peut être un métal choisi parmi Ca, Mg ou Li ou un mélange d'au moins deux de ces métaux réducteurs, le milieu solvant peut comprendre au moins l'un des sels suivants : LiCl, KCl, CsCl, $BaCl_2$, LiF, CaF_2 , BaF_2 , MgF_2 et $MgCl_2$.

20 Brève description du dessin

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée de la figure annexée qui est une vue en coupe longitudinale d'un dispositif comportant deux creusets à parois froides utilisé pour la mise en oeuvre du procédé selon la présente invention.

30

Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

L'élaboration et le tirage de métaux ou d'alliages selon l'invention ont lieu dans deux

creusets froids inductifs de tailles différentes (hauteur, diamètre, géométrie). L'originalité réside dans le fait que les deux creusets sont superposés et qu'il y a parfaite continuité entre les deux étapes du
5 procédé.

L'élaboration du métal a lieu par réduction d'un oxyde ou d'un sel de ce métal dans le creuset supérieur. L'agent réducteur peut être par exemple un métal ou un mélange de métaux plus réducteurs que celui
10 à produire, ou un métalloïde : carbone ou soufre. Un milieu solvant assure la décantation du métal formé, par exemple un sel fondu ou un métal liquide non miscible avec le réducteur et le métal formé. Le rassemblement et le tirage du lingot sont assurés par
15 le creuset froid inductif inférieur dont le diamètre ou la section est déterminé en fonction de la mise en forme recherchée : fil, barres, etc.

Le procédé selon l'invention s'applique en particulier pour l'obtention de métal par réduction
20 métallothermique et séparation en bain de sels fondus. Le sel ou l'oxyde est réduit dans une nappe de métal réducteur (corps pur ou mélange) en fusion surnageant un bain de sels fondus. Le réducteur est choisi pour sa capacité de réduction, sa densité et l'absence
25 d'alliage avec le métal à produire. Ce dernier traverse donc la couche de métal réducteur puis décante dans le bain de sels fondus. Le sel fondu est déterminé en fonction de plusieurs critères dont sa capacité de solubilisation de la scorie, sa densité, sa stabilité
30 par rapport aux différents métaux en présence, et ses températures de fusion et d'ébullition. La scorie étant solubilisée par le sel, le métal est obtenu pur en bas du creuset réactionnel et est fondu puis tiré dans le

creuset inductif inférieur à partir d'un pied de bain liquide.

Une variante du procédé consiste à réduire un mélange de sels ou d'oxydes de métaux différents et à tirer directement un alliage de ces métaux. L'un des métaux peut être aussi avantageusement introduit sous forme solide (poudre métallique).

Par rapport à l'art antérieur, la séparation physique des zones de réduction et de fusion par une zone tampon de sel fondu (plus dense que le métal réducteur et moins dense que le métal à récupérer), permet d'envisager des réactions pour lesquelles la température d'inversion thermodynamique serait atteinte en système "batch" du fait de l'exothermicité ou de la fusion du métal produit. Le bain de sel intermédiaire permet d'imposer un gradient thermique au système tel que la température est plus élevée en bas du premier creuset. D'autre part, la mise en oeuvre de la réaction en creuset froid inductif assure l'évacuation éventuelle du surcroît de calories générées par la réaction dans la couche de métal réducteur. L'exothermicité de la réaction envisagée est donc maîtrisable. Il est aussi important de noter que dans ce procédé il n'est pas indispensable qu'elle soit élevée.

La figure annexée est une vue en coupe longitudinale des creusets froids utilisés pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, par exemple de réduction d'un oxyde par un métal réducteur. Elle comprend un premier creuset froid 1 de forme cylindrique surmontant un deuxième creuset froid 3 de forme également cylindrique mais de diamètre inférieur. Les creusets 1 et 3 sont assemblés par une plaque de

céramique 11 sur laquelle est posée le creuset 1. Un orifice dans la plaque 11 permet la mise en place du deuxième creuset froid 3. La proximité des systèmes de refroidissement des deux creusets froids permet la formation d'un autocône de décantation 15 constitué par du sel solide. Une bobine d'induction haute fréquence 2 est disposée autour du premier creuset 1 et une bobine moyenne fréquence 4 est disposée autour du deuxième creuset 3. Selon l'invention le premier creuset 1 est rempli de sels fondus 7 sur lesquels surnage une nappe de métal réducteur 8. Le composé métallique à traiter 12 est introduit sous forme solide (par exemple en poudre 9) ou liquide sur la nappe de métal réducteur 8. Les particules solides de métal produites 6 décantent dans le bain de sels liquides 7 et sont rassemblées dans le deuxième creuset 3 puis fondues et tirées sous forme d'un lingot 5. Le lingot est évacué par l'orifice 16 en continu. Le bain de sels 7 solubilise la scorie (ou sous-produit) et est évacué par l'orifice 10 réalisé dans le creuset 1. La hauteur de l'orifice de soutirage doit être calculée pour éviter d'entraîner le métal désiré. Les forces électromagnétiques de pression qui s'exercent sur le métal qui décante permettent d'éviter ce phénomène. Cependant, un filtre 18 peut être rajouté sur la conduite de soutirage pour retenir le métal à élaborer dans le premier creuset. Pour éviter de figer la matière dans les conduites d'évacuation du bain vers l'électrolyseur (non représenté), celles-ci sont équipées de systèmes de chauffage inductif ou résistif 17. Après l'électrolyse du bain et de la scorie (non représentée) le métal réducteur 14 d'une part et le sel 13 constitutif du bain d'autre part sont réintroduits dans le réacteur 1.

Dans le cas où le métal désiré est l'uranium, le procédé tel que décrit permet d'obtenir ce métal à partir notamment d'oxydes (UO_2 , UO_3 , ou U_3O_8) ou de fluorure (UF_4 , fluorure double). Le métal réducteur est Ca, Mg, ou Li seul ou en mélange pour les oxydes et Na, Li, K, Ca ou Mg seul ou en mélange pour le fluorure. Pour l' UF_4 ou un fluorure double d'uranium, la possibilité d'alimentation en phase liquide sera un point très avantageux par rapport à l'art antérieur. La réaction de réduction aura alors lieu dans un système monophasique, liquide-liquide.

Le choix du métal réducteur résulte, outre des impératifs de réactivité avec le composé à réduire, de sa densité en phase liquide par rapport au bain de sels fondus, et des considérations suivantes. La température de fusion du milieu réducteur doit être aussi basse que possible pour permettre une circulation en phase liquide entre l'électrolyseur et le réacteur, et aussi éloignée que possible de la température d'inversion thermodynamique (par exemple en dessous de $850^\circ C$ Li réduit UO_2 , au delà U réduit Li_2O). La température d'ébullition du métal réducteur sera suffisamment élevée pour laisser un choix de sels compatibles important. Pour les sels, les points importants sont : la température de fusion, leur absence de réactivité avec l'ensemble des métaux en présence dans le domaine de température considéré, et leur capacité à intégrer (solubilité ou mélange) une forte proportion de scories. Ce dernier point a une influence déterminante sur le dimensionnement de l'unité d'électrolyse associée dans la mesure où industriellement, il est préférable d'éviter de se situer dans un système proche de la limite

diffusionnelle du composé à électrolyser. La température d'ébullition du bain de sels sera impérativement supérieure à la température de fusion du métal réducteur et du métal produit à la pression de
5 fonctionnement envisagée.

Compte tenu de l'ensemble de ces considérations techniques, dans le cas de la réduction du bioxyde d'uranium, l'utilisation de Li comme métal réducteur est intéressante. Pour le bain de sels,
10 divers mélanges peuvent convenir, à base de LiCl, KCl, BaCl₂, BaF₂, LiF ou CaF₂. Les mélanges retenus, binaires ou ternaires au maximum, ont des températures de fusion inférieures à 500°C ce qui permet d'avoir une température d'interface Li - sels de l'ordre de 600°C.

15 Le procédé selon la présente invention peut être mis en oeuvre pour obtenir d'autres métaux que l'uranium, seuls ou en mélange à partir de leurs oxydes ou sels. Ces métaux sont notamment Sc, Y, La, Ga, Tl, La, les terres rares (Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), Be, Ti, Zr, Hf, Si, Ge, V, Nb,
20 Ta, Cr, Fe, Pu, ... La liste n'est pas exhaustive et l'ensemble des éléments de la classification peut faire l'objet d'une application dans le cadre de l'invention.

De même, d'autres agents réducteurs que les
25 alcalins ou alcalino-terreux sont utilisables. Il s'agit soit de métaux plus réducteurs que celui à produire, soit des métalloïdes tels que le carbone ou le soufre.

L'alimentation du composé à traiter est
30 possible à partir de solides ou de liquides au-dessus de la nappe métallique, ou de gaz en dessous de cette nappe.

Dans le cas d'élaboration de matériaux par des métalloïdes, le mélange de sels fondus peut jouer le rôle de solvant de la réaction. Le métalloïde est dispersé dans le bain qui se comporte alors comme un
5 lit fluidisé.

Le procédé s'applique aussi pour l'élaboration et le rassemblement par fusion de matériaux autres que des métaux ou corps purs à partir de leurs oxydes ou sels. Par exemple récupération
10 d'éponges de carbures de bore à partir d'oxyde de bore et de carbone.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'élaboration et de tirage en continu d'un produit métallique, constitué par au moins un métal, comprenant :

- une étape d'élaboration du métal dans un premier creuset froid (1) chauffé par induction où l'on provoque la réduction d'oxyde ou de sel dudit métal dans un milieu réducteur (8) et où le métal formé décante dans un milieu solvant (7) permettant d'absorber les scories résultant de la réaction de réduction,

- une étape de rassemblement et de fusion du métal décantant, réalisée dans un deuxième creuset froid (3) chauffé par induction et situé sous le premier creuset froid (1), permettant d'obtenir un tirage en continu du produit métallique (5) .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le chauffage par induction du premier creuset (1) et du deuxième creuset(3) se fait à des fréquences différentes.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le milieu réducteur (8) comprend une matière choisie parmi un métal, un mélange de métaux, un métalloïde, un mélange de métalloïdes.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le milieu solvant (7) est un bain de sels fondus.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le milieu réducteur (8) constitue une nappe de matière en fusion surnageant le milieu solvant (7) constitué par un bain d'au moins un sel fondu.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'oxyde ou le sel dudit métal à

élaborer est introduit dans le premier creuset froid (1) au-dessus de la nappe (8) si cet oxyde ou ce sel est à l'état solide ou à l'état liquide.

5 7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'oxyde ou le sel dudit métal à élaborer est introduit dans le premier creuset froid (1) sous la nappe (8) si cet oxyde ou ce sel est à l'état gazeux.

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, dans le cas où le produit métallique à élaborer est un alliage d'au moins deux métaux, le premier creuset froid (1) est alimenté par un mélange d'oxyde(s) ou de sel(s) de ces deux métaux.

15 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, dans le cas où le produit métallique à élaborer est un alliage d'au moins deux métaux, l'un de ces métaux est introduit dans le premier creuset froid (1) directement
20 sous sa forme métallique, l'autre de ces métaux étant introduit sous forme d'oxyde ou de sel.

25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de régénération du milieu réducteur par électrolyse du milieu solvant.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, pour procéder à l'étape de régénération du milieu réducteur, on soutire le milieu solvant en continu.

30 12. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est constitué :

- d'un premier creuset à parois froides (1) équipé de moyens de chauffage par induction (2) et de

moyens d'introduction dans le milieu réducteur (8) d'oxyde ou de sel dudit métal à élaborer,

- d'un deuxième creuset à parois froides (3) équipé de moyens de chauffage par induction (4),
5 situé sous le premier creuset (1), la partie supérieure du deuxième creuset (3) communiquant avec la partie inférieure du premier creuset (1) , la partie inférieure du deuxième creuset (3) étant pourvue de moyens permettant d'évacuer en continu le produit
10 métallique.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que le premier creuset (1) possède une section plus importante que le deuxième creuset (3).

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la jonction entre les deux creusets (1, 3) se fait par une plaque (11) en matériau réfractaire.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que les moyens de chauffage par induction (2, 4) sont disposés sur le premier (1) et le deuxième (3) creuset de façon qu'il se forme, sous l'influence des parois froides des creusets, un cône de décantation (15) constitué de
20 milieu solvant solide.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que le premier creuset (1) est équipé de moyens de soutirage de milieu solvant, fonctionnant en continu.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, caractérisé en ce que le premier creuset (1) est équipé de moyens d'alimentation en milieu réducteur, fonctionnant en continu.

18. Dispositif selon l'une quelconque des
35 revendications 12 à 17, caractérisé en ce que le

premier creuset (1) est équipé de moyens d'alimentation en oxyde ou en sel dudit métal à élaborer, fonctionnant en continu.

19. Application du procédé selon la
5 revendication 5 à l'obtention d'uranium métal ou d'un alliage d'uranium.

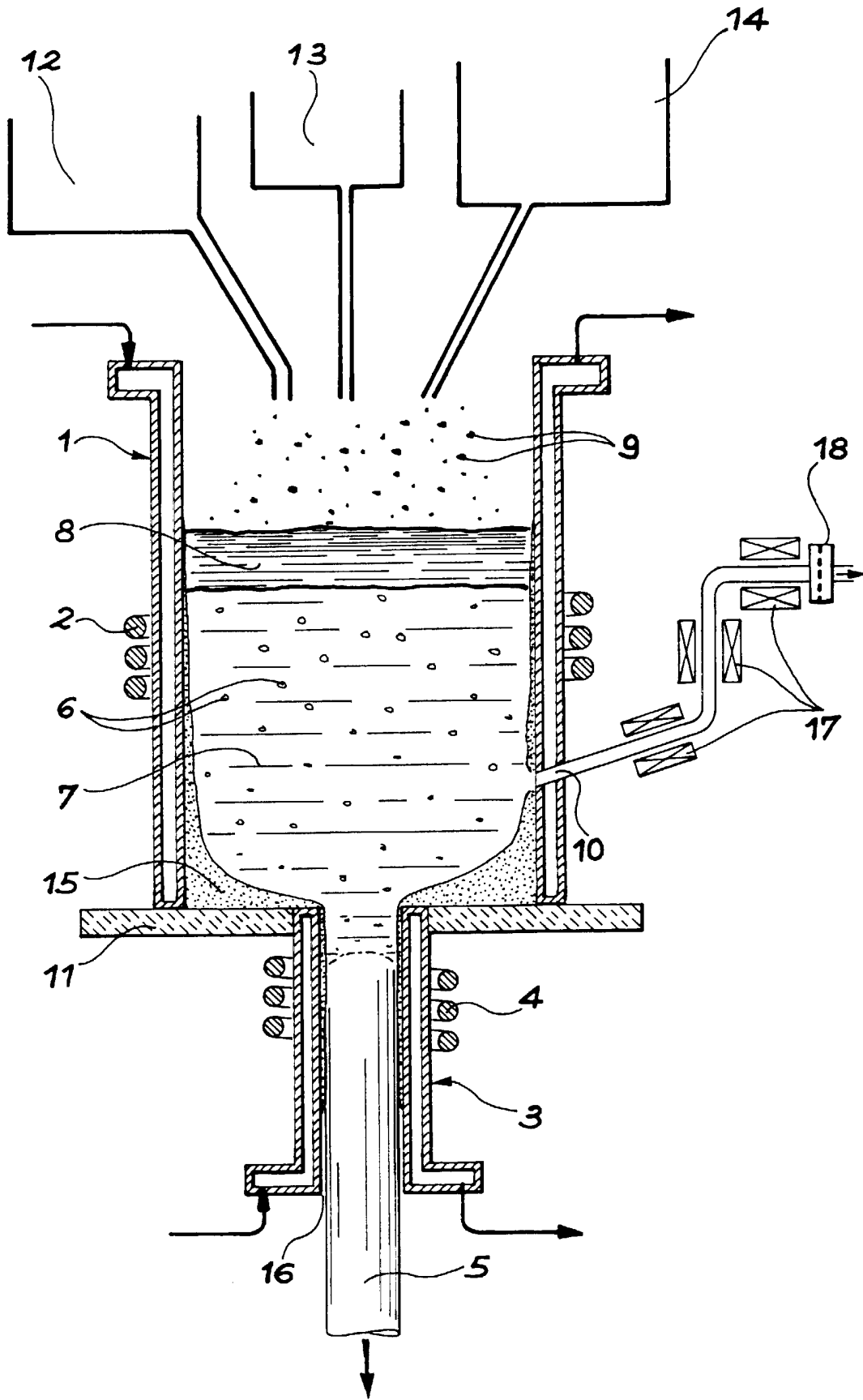
20. Application selon la revendication 19, caractérisée en ce que le composé d'uranium que l'on réduit est l'oxyde UO_2 ou l'oxyde U_3O_8 , le milieu réducteur est constitué de lithium, le milieu solvant
10 comprend au moins l'un des sels suivants : $LiCl$, KCl , $BaCl_2$, LiF , CaF_2 , et BaF_2 .

21. Application selon la revendication 19, caractérisée en ce que le composé d'uranium que l'on réduit est UF_4 , le milieu réducteur est constitué par
15 un métal choisi parmi Ca , Mg , Li , K , Na ou par un mélange $Ca-Mg$, le milieu solvant comprend au moins l'un des sels suivants : MgF_2 , $MgCl_2$, $LiCl$, KCl , $BaCl_2$, LiF , KF , CaF_2 , $CaCl_2$, NaF , $NaCl$ et BaF_2 .

22. Application selon la revendication 19, caractérisée en ce que le composé d'uranium que l'on réduit est un fluorure double d'uranium et d'un élément
20 alcalin ou alcalino-terreux, le milieu réducteur est un métal choisi parmi Ca , Mg , Li , Na ou K ou un mélange d'au moins deux de ces métaux réducteurs, le milieu
25 solvant comprend au moins l'un des sels suivants : MgF_2 , $MgCl_2$, $LiCl$, KCl , $NaCl$, NaF , $BaCl_2$, LiF , KF , CaF_2 , $CaCl_2$ et BaF_2 .

23. Application selon la revendication 19, caractérisée en ce que le composé d'uranium que l'on réduit est Cs_2UCl_6 , le milieu réducteur est un métal
30 choisi parmi Ca , Mg ou Li ou un mélange d'au moins deux de ces métaux réducteurs, le milieu solvant comprend au moins l'un des sels suivants : $LiCl$, KCl , $CsCl$, $BaCl_2$,
35 LiF , CaF_2 , BaF_2 , MgF_2 et $MgCl_2$.

1/1



INSTITUT NATIONAL

de la

PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 550477
FR 9709500

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US 3 721 549 A (GALLAY J. ET AL.) 20 mars 1973 * le document en entier *	1-23
Y	FR 2 002 771 A (HALOMET AG) 31 octobre 1969 * page 6, ligne 6 - ligne 25; revendications 1,3,5; figure 1; exemple 1 *	1,7-9, 12,13, 15-18
Y,D	JOHN D. LELAND: "Economically producing reactive metals by aerosol reduction" JOM, JOURNAL OF METALS, vol. 48, no. 10, octobre 1996, WARRENDALE, USA, pages 52-55, XP002061287 * page 54, colonne 3 - page 55, colonne 1; figure 2 *	1-8, 12-15, 17-19
Y	EP 0 521 608 A (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC) 7 janvier 1993 * revendications 1-5,9,10; figures 1,2 *	3-6,10, 11,19-23
X	FR 2 688 516 A (LEYBOLD DURFERRIT GMBH) 17 septembre 1993 * page 7 - page 8; figure 1 *	12,13,15
Y	GB 2 279 543 A (LEXBOLD DURFERRIT GMBH) 4 janvier 1995 * figures 1,2 *	1,2
X	FR 2 708 725 A (IMPHY S.A.) 10 février 1995 * revendications 1,3,8; figures 1,2 *	12-14
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
2 avril 1998		Bombeke, M
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P/AC13)

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)

C22B
F27B
B22D
H05B