

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 033 191 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
06.09.2000 Bulletin 2000/36

(51) Int Cl.7: **B22D 19/16**, B22D 13/02,
B21B 27/00

(21) Numéro de dépôt: **99400531.2**

(22) Date de dépôt: **04.03.1999**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(71) Demandeur: **Werquin, Jean-Claude**
13090 Aix en Provence (FR)

(72) Inventeur: **Werquin, Jean-Claude**
13090 Aix en Provence (FR)

(74) Mandataire: **Bouget, Lucien**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Cylindre de laminoir composite pour le laminage à chaud ou à froid et son procédé de fabrication**

(57) La présente invention est relative à un cylindre de laminoir bimétallique ou composite en acier rapide à haut Carbone et haut Vanadium, normalement irréalisable par coulée centrifuge conventionnelle lorsque les teneurs en Carbone et en Vanadium dépassent certaines limites. La présente invention rend possible sa réalisation grâce à une modification fondamentale du procédé

de coulée et à un changement des modes d'élaboration du métal d'enveloppe. Elle permet l'utilisation d'éléments à haute densité, très avides d'azote, en supprimant les réactions d'émulsification du flux de protection par le métal d'enveloppe qui rendaient jusqu'alors impossible la liaison parfaite des deux matériaux du cylindre composite qui peuvent alors conserver l'un et l'autre leurs propriétés intrinsèques.

EP 1 033 191 A1

Description

[0001] La présente invention concerne les cylindres de travail bimétalliques ou composites destinés à équiper les laminoirs dégrossisseur et finisseur pour trains à bandes à chaud, les laminoirs à froid, et aussi les laminoirs à produits longs notamment à fils et à barres.

[0002] L'utilisation des aciers rapides à haut carbone comme matériau actif de la couche de travail des cylindres de laminoir est aujourd'hui bien connue et a déjà fait l'objet de brevets dans de nombreux pays.

[0003] Aujourd'hui deux procédés de fabrication sont utilisés pour la production de cylindres composites en acier rapide à haut carbone.

[0004] Le premier procédé, utilisé notamment au Japon, est décrit dans le brevet US n° 3 455 372. Il s'agit de la fusion du matériau actif du cylindre autour d'un axe en acier au carbone légèrement allié. Il s'agit d'un procédé lent et coûteux mais donnant des produits d'excellente qualité.

[0005] Le second procédé, utilisé dans le monde entier est le procédé de coulée centrifuge avec ses variantes horizontale, verticale ou inclinée. Ce procédé est plus économique que le précédent, beaucoup plus productif, mais les produits obtenus ne présentent pas le même niveau de qualité en raison des limitations imposées par le procédé lui-même.

[0006] Pour bien comprendre l'avantage qualitatif du premier procédé dit de revêtement continu par coulée, il faut se référer au brevet US 4 116 684.

[0007] L'enseignement de ce brevet permet d'améliorer la résilience des aciers rapides en combinant l'addition du Titane, du Niobium et /ou du Zirconium avec l'azote.

[0008] On retrouve dans un certain nombre de brevets d'origine japonaise en combinaison avec le procédé de revêtement continu par coulée l'utilisation de ces mêmes éléments auxquels il convient d'ajouter l'Aluminium et le Bore toujours combiné à l'azote. On citera ainsi les brevets JP51 148584, JP50 31506, JP50 31507, JP50 31508. L'introduction de ces éléments spéciaux permet notamment d'améliorer la résistance à la fatigue thermique et à l'usure adhésive.

[0009] D'un autre côté le mécanisme d'amélioration des aciers rapides par inoculation de nitrures, a fait l'objet de nombreuses recherches, notamment universitaires et de publications. On citera ainsi les travaux du département de Métallurgie de l'Université de Leeds (P.R. Beeley) ainsi que ceux de l'Université des Sciences et de la Technologie de Pékin ; Département de Fonderie, (Wang Chao Chang).

[0010] Ces travaux ont montré la précipitation de carbures sphéroïdisés de type MC avant le liquidus grâce aux germes de nitrures de Ti, Zr, Nb, Al, Ta, etc., qui présentent le même réseau cristallin (C. F. C.) que le carbure MC. Cette précipitation prématurée des carbures MC modifie fortement la cristallisation de l'austénite dans les aciers rapides à haut carbone. La structure de

l'acier s'en trouve fortement affinée car le réseau de carbures et la structure dendritique se trouvent complètement éliminés, ce qui en améliore sensiblement la résistance à la fatigue thermique.

[0011] Il se trouve que ces traitements d'inoculation par des éléments très avides d'azote, utilisés pourtant en quantité assez faible, ne peuvent pas être utilisés avec la coulée centrifuge. En effet le carbure MC riche en vanadium a une densité sensiblement inférieure à celle du métal liquide. Sa précipitation prématurée en phase liquide le soumettrait immédiatement à la force centripète ce qui provoquerait une forte ségrégation par gravité avec des conséquences désastreuses sur l'intégrité de la liaison des deux métaux.

[0012] Le brevet français n° 2 625 226, enseigne également qu'une telle ségrégation par gravité peut se produire dans les alliages à haute teneur en Vanadium, en dessous de la composition eutectique lorsque le Carbone et le Vanadium dépassent certaines limites. On peut expliquer aujourd'hui ces limites par la présence plus ou moins grande de nitrures des éléments mentionnés ci-dessus et présents à l'état d'impuretés résiduelles.

[0013] Pour contourner ces difficultés, on a essayé suivant l'enseignement du brevet cité au paragraphe précédent et avec succès, de diminuer la teneur en carbone de l'acier rapide afin de s'éloigner des teneurs critiques.

[0014] D'un autre côté l'obtention d'une dureté à chaud aussi élevée que possible est nécessaire à l'amélioration de la résistance thermique et de la résistance à l'usure adhésive. La température d'austénitisation de ces pièces lourdes que sont les cylindres de laminoir est relativement limitée, notamment par le cœur en fonte nodulaire, et seul le vanadium peut à la fois former des carbures MC, entrer dans le carbure M₂C en favorisant sa formation au détriment du carbure M₆C plus massif et fragile et entrer en solution dans l'austénite à des températures comprises entre 1050° et 1150°.

[0015] Enfin l'expérience a montré que les cylindres en acier rapide actuellement sur le marché présentent un coefficient de frottement à chaud plus élevé que les cylindres utilisés jusqu'alors. Cela se traduit par une augmentation sensible du couple de laminage et de l'énergie consommée.

[0016] Pour pallier cet inconvénient, il est souhaitable d'augmenter la teneur en Carbone de l'acier rapide ainsi que celle en Molybdène et en Tungstène pour en augmenter la phase carbure dont le coefficient de frottement est excellent. Mais en même temps il faut éviter que ces carbures formés ne soient massifs et donc fragiles. Ces carbures seront donc de préférence du type MC et M₂C et leur dispersion par inoculation est donc encore plus souhaitable. Jusqu'à présent seul le procédé de revêtement continu par coulée permet de réaliser en même temps, au mieux, ces deux actions.

[0017] Ainsi se trouve expliqué, l'avantage qualitatif décisif du premier procédé sur le second.

[0018] On a donc tenté de donner au procédé de cou-

lée centrifuge l'avantage qualitatif du procédé concurrent tout en lui conservant son avantage de compétitivité. Pour cela, il a été nécessaire de mieux comprendre les mécanismes de modification de structures par inoculation d'éléments très avides d'azote. Mais ces mêmes éléments réagissaient aussi sur les flux de protection contre l'oxydation, couramment utilisés en coulée centrifuge, en les émulsionnant et en les emprisonnant en fin de couche utile. La liaison des deux métaux du cylindre est ainsi rendue impossible, sauf à refondre la couche émulsionnée de flux et de métal, mais alors, au risque évident de polluer le métal de coeur par les éléments carburigènes présents en grande quantité.

[0019] Plusieurs tentatives pour résoudre le problème de la ségrégation par gravité, avec l'objectif d'augmenter les teneurs en Carbone et en Vanadium en utilisant les éléments formant des carbures MC ont été réalisées dans le passé.

[0020] On a ainsi essayé de remplacer partiellement le Vanadium par le Niobium qui donne un carbure MC plus lourd mais sans pour autant pouvoir dépasser la teneur critique en Vanadium du brevet FR 2 625 226. En effet le carbure mixte de Vanadium et de Niobium dont la composition dépend des coefficients de partage n'est pas suffisamment riche en Niobium pour en augmenter significativement la densité. Celle ci reste donc en dessous de celle du métal liquide. On se référera cependant, pour mémoire, à la demande européen n° EP 562 114.

[0021] Le Niobium n'ayant pas réussi à « alourdir » suffisamment les carbures de Vanadium, on a alors essayé d'utiliser d'autres éléments non seulement beaucoup plus lourds mais ayant aussi une très forte énergie libre négative de formation du carbure. Parmi les éléments susceptibles de remplir ce double rôle, tout en étant aussi très avides d'azote, on connaissait les éléments suivants : Le Tantale, l'Hafnium puis le Thorium et l'Uranium.

[0022] Ces quatre éléments ont déjà été essayés dans les aciers rapides, à un moment ou à un autre, mais toujours avec l'objectif d'en améliorer la dureté à chaud. Ils ont été abandonnés surtout en raison de leur extrême difficulté de mise en solution dans l'austénite qui ne pouvait se faire qu'à des températures proche du liquidus de l'alliage.

[0023] Le Tantale et l'Hafnium ont déjà été utilisés en tant qu'éléments générateurs de carbures MC pour la fabrication de cylindres en acier rapide. Les teneurs relevées étaient alors relativement faibles et le procédé utilisé, celui dit « de revêtement continu par coulée ». (Brevets JP 69666/87 & EP A 10309587)

[0024] Parmi ces quatre éléments, seuls les deux premiers présentaient une énergie libre négative suffisante pour former un noyau dur de carbure. Ce carbure de l'élément lourd autour duquel, à l'instar d'une perle d'huître, viendra se déposer le carbure plus riche en vanadium et plus léger.

[0025] Récemment, ces deux éléments, utilisés en

quantité suffisante pour donner à l'ensemble des carbures MC, une densité combinée moyenne égale à celle du liquide, ont été utilisés avec succès en coulée centrifuge.

[0026] Des cylindres de laminoir de petites dimensions ont déjà été réalisés par la méthode de relavage de la couche émulsionnée de métal / laitier mais le taux de rebut trop élevé ne permet pas un développement industriel, notamment pour les cylindres de train à bandes à chaud qui sont de dimensions plus grandes et qui sont aussi plus sensibles à la pollution du coeur par les éléments carburigènes de l'enveloppe.

[0027] Finalement tout le développement de ces nouveaux cylindres restait donc conditionné par la maîtrise totale de la liaison sans relavage et la disparition de la couche interne de métal émulsionné avec le flux.

[0028] Ce flux est habituellement ajouté au métal liquide, soit à l'état solide, sous forme de poudre, pendant la coulée, soit sur la poche de métal où il fond avant d'être coulé.

[0029] Pour résoudre le problème posé, Il a fallu d'abord comprendre le mécanisme d'émulsification du flux protecteur nécessairement utilisé en coulée centrifuge.

[0030] Le premier constat fut d'observer, à l'aide de la microanalyse, la présence en quantité importante d'azote et de l'élément très avide d'azote dans l'émulsion de flux.

[0031] Ces nitrures se forment donc au sein du métal liquide mais sont plus ou moins mouillés par les flux composés notamment d'oxyde de silicium, de calcium et d'aluminium.

[0032] Sont notamment mouillés par les flux, les nitrures de Titane, de Tantale, de Hafnium, de Zirconium et d'aluminium.

[0033] Solubles aussi bien dans le métal que dans le flux, ils sont des agents tensioactifs. A ce titre ils sont donc responsables de l'émulsion laitier - métal liquide formée pendant le brassage intense lors de la mise en place du métal liquide contre la coquille pendant le régime hydrodynamique. Ces nitrures solides augmentent aussi fortement la viscosité du laitier et rendent difficile son élimination par la force centripète lors de la coulée du second métal. Mais l'émulsion elle même, est constituée de gouttes de flux entourées de métal liquide. Celui ci se solidifie, ce qui rend alors impossible la migration centripète du flux. Une couche formée d'un mélange de métal et de flux, très fragile, s'interpose alors à l'interface des deux métaux en fragilisant leur liaison.

[0034] Une réflexion particulière sur le rôle du Vanadium fut aussi conduite à l'aide de la thermodynamique. Bien qu'avide d'azote, le Vanadium forme un nitrure dont l'énergie libre négative de formation est relativement faible. Aussi ne se forme-t-il que pendant la solidification. Néanmoins la présence d'éléments formant des nitrures ayant une énergie libre négative de formation très élevée (Zr, Ti, Th, U, Hf, Al, Ta, Nb, B par ordre décroissant) conduit thermodynamiquement à la forma-

tion de solutions solides de nitrures N(V- X) qui se forment elles, dans le métal liquide.

[0035] Enfin l'étude des profils d'Azote en profondeur dans l'enveloppe centrifugée en acier rapide à haut carbone montre les points suivants :

1/ Il y a toujours une ségrégation de l'Azote près de la paroi interne et cette ségrégation devient considérable lorsqu'il y a aussi une ségrégation des carbures MC. (La teneur en Azote peut alors atteindre des valeurs de 0,4 à 0,5% pour des valeurs initiales de 0,03 à 0,05). Cette ségrégation se produit aussi avec des nitrures plus lourds que le métal liquide (HfN, TaN, UN, NbN). Elle est donc entraînée par la migration des carbures qui contiennent ces nitrures, ou/et par les résidus de flux qui contiennent aussi ces nitrures.

2/ La partie centrale de l'enveloppe présente une teneur en Azote inférieure à celle mesurée dans le four de fusion. Il y a donc bien transfert de l'Azote vers la paroi interne et le flux, en absorbant ces nitrures, se comporte objectivement comme un agent déniturant.

3/ Les carbures ségrégés sphéroïdaux de type MC présentent souvent, en leur centre, un point identifié à la microsonde comme un nitrure de l'élément X cité plus haut et qui a servi de germe à sa formation.

[0036] Pour éviter l'absorption de nitrures solides par le flux de protection et son émulsification avec le métal liquide, selon l'invention, on a procédé de la manière suivante :

I - On a attendu la fin du régime hydrodynamique c'est à dire, la mise en place définitive du métal liquide par rapport à son moule tournant. (Soit un certain temps après la fin de la coulée) en s'assurant néanmoins que la température interne se trouve encore au-dessus du liquidus de l'alliage.

II - On a seulement alors introduit le flux préalablement fondu dans un four à arc, à creuset en graphite. L'absence de mélange et de brassage entre métal liquide et flux liquide sans agents tensioactifs supprime totalement la formation d'émulsion et le flux peut être alors facilement éliminé par la force centripète lors de la coulée du métal de coeur. III - On a évité également l'introduction de laitier résiduel provenant cette fois du four de fusion. Ce laitier aurait été automatiquement enrichi en nitrures et émulsionné. Il est retenu en utilisant une poche à quenouille (une poche théière pouvait aussi convenir). Le laitier résiduel du four est rassemblé en surface par un barbotage argon et la poche n'est pas complètement vidée.

[0037] La découverte du mécanisme d'émulsification des flux et la manière de l'éviter a aussi permis de maîtriser et d'améliorer considérablement le rendement des

alliages à nitrures et carbures de haute densité.

[0038] En effet un mauvais rendement de ces éléments d'alliage lors de leur introduction sans précaution dans le bain de métal liquide peut provoquer l'inverse du résultat recherché. En effet, la densité du carbure mixte formé en phase liquide ne dépasse la densité du liquide que si le noyau en carbure lourd est de dimension suffisante. C'est à dire si l'élément d'alliage se trouve en tant que tel en quantité suffisante dans le bain liquide. Dans le cas contraire, L'élément lourd utilisé, favorisera de toute manière la formation du carbure en phase liquide à cause de l'effet de germe de son nitrure. La ségrégation par gravité se produira, ce qui est à l'opposé de l'effet recherché !

[0039] Il convient donc de ne pas utiliser ces éléments d'alliage, particulièrement coûteux comme désoxydants. On utilisera pour cela le cérium qui en diminuant en outre la tension superficielle du métal liquide favorisera la forme sphéroïdale du carbure MC.

[0040] Mais surtout, on améliorera le rendement de l'élément d'alliage en l'introduisant après désoxydation et peu de temps avant la piquée pour vider le four d'élaboration. En effet les nitrures formés vont se coller sur les parois du four en réfractaire siliceux ou alumineux par le mécanisme déjà décrit. L'azote de l'air est de nouveau absorbé par le métal liquide puis transformé en nitrure etc... Suivant la concentration de l'alliage très avide d'azote introduit, la perte à 1500°C varie entre 0.3% à 1% par heure de maintien pour des teneurs en Azote de 400 à 700 ppm.

[0041] De manière plus précise, l'invention est relative à un cylindre de laminoir à chaud ou à froid comprenant un coeur en fonte et une zone externe ou enveloppe, en acier rapide, caractérisé en ce que la zone externe contient 2,3 à 3,5% en poids de carbone, de 6 à 8% en poids de vanadium et de 3 à 9% en poids de Molybdène et ne présente pas de ségrégation par gravité en raison de l'utilisation d'éléments d'alliage formant des nitrures lourds.

[0042] L'élément métallique formant des nitrures peut être l'un au moins des éléments suivants : tantale, hafnium, zirconium, niobium.

[0043] L'invention est également relative à un procédé de fabrication d'un cylindre de laminoir dans lequel on élabore dans un four de fusion et on coule un métal liquide constitué par un acier rapide pour constituer l'enveloppe du cylindre, caractérisé en ce qu'on désoxyde le métal liquide puis on introduit dans le métal liquide désoxydé, au moins un élément d'alliage formant un nitrure lourd et qu'après avoir coulé le métal liquide, on verse un flux à l'état liquide sur le métal liquide de manière différée par rapport à la fin de la coulée du métal liquide.

[0044] De préférence, on met en oeuvre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- on introduit l'élément d'alliage à nitrure lourd dans le métal liquide, aussitôt après la désoxydation au

cérium et on maintient ensuite le métal liquide dans le four, le moins longtemps possible, avant la piquée ;

- l'enveloppe du cylindre est coulée par centrifugation ;
- le flux est fondu séparément du métal liquide ;
- le métal liquide est coulé dans une coquille rotative et le flux liquide est introduit dans la coquille entre le moment où le métal liquide est devenu immobile par rapport à la coquille en rotation et le moment où la température d'une paroi interne de la coquille n'a pas encore atteint le liquidus du métal liquide ;
- le métal liquide est coulé à l'aide d'une poche permettant de retenir du laitier résiduel émulsionné provenant du four de fusion ;
- le cœur du cylindre est en fonte modulaire ;
- l'acier rapide de l'enveloppe du cylindre renferme en poids 2,5 à 3,5% de carbone, de 6 à 8% en poids de vanadium, de 3 à 9% de molybdène, un élément formant un nitrure lourd, du silicium, du manganèse, de l'azote, éventuellement du chrome, du nickel, du tungstène, du cobalt, le solde de la composition étant constitué par du fer, à l'exception d'impuretés inévitables.

[0045] Nous décrivons ci-après la présente invention par des exemples d'application. Les caractéristiques communes de ces exemples sont les suivantes:

[0046] Les alliages du type en acier rapide pour constituer l'enveloppe des cylindres de laminoir composites ont été coulés dans une installation de coulée centrifuge horizontale en introduisant un flux contenant notamment de la silice, de la chaux, de la magnésie et de l'alumine et ayant un point de fusion de 1090° C.. Ce flux pouvait être introduit en poudre solide pendant la coulée ou bien versé liquide après la coulée à partir d'un petit creuset en graphite. Dans ce cas, le laitier était introduit 20 secondes après la fin de coulée. L'épaisseur de toutes ces enveloppes était d'environ 50 mm.C

Exemple d'application n°1. (exemple comparatif)

[0047] La composition de l'alliage coulé n°1 est la suivante :

C 1,81 % en poids
Si 0,49 % en poids
Mn 0,65 % en poids
Ni 0,80 % en poids
Cr 6,02 % en poids
Mo 3,56 % en poids
V 5,89 % en poids
W 1,06 % en poids
Ta 0,95 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer. Le flux introduit est solide.

[0048] L'alliage 1 ne ségrège pas de façon naturelle. Une ajoute de 1,1% tantale a été faite 15 minutes avant la piquée pour la vidange du four et après désoxydation au cérium. La teneur en Azote mesurée avant l'ajoute était de 350 ppm. L'enveloppe centrifugée ne présente aucune ségrégation interne, La structure ne présente aucun réseau de carbures, ni aucune dendrite visible. En revanche, le flux présent à l'interface est émulsionné avec le métal.

Exemple d'application n°2. (exemple comparatif)

[0049] La composition de l'alliage n° 2 est la suivante:

C 2,05 % en poids
Si 0,61 % en poids
Mn 0,72 % en poids
Ni 0,71 % en poids
Cr 5,84 % en poids
Mo 3,79 % en poids
V 6,81 % en poids
W 2,13 % en poids
Nb 2,15 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer.

Pas de flux introduit

[0050] L'alliage 2 est un alliage ségrégeant naturellement en raison de sa haute teneur en Vanadium. Malgré une forte ajoute de Niobium, 15 minutes environ avant piquée et après désoxydation au Cérium, l'enveloppe centrifugée présente une zone ségrégée de 7 mm, une structure dendritique et un réseau de carbures assez prononcé.

Exemple d'application n°3. (selon l'invention)

[0051] La composition de l'alliage n° 3 est la suivante:

C 2,33 % en poids
Si 0,72 % en poids
Mn 0,67 % en poids
Ni 0,60 % en poids
Cr 5,28 % en poids
Mo 6,86 % en poids
V 6,59 % en poids
W 0,95 % en poids
Hf 1,45 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer.

[0052] Le flux introduit est liquide L'alliage 3 est un alliage ségrégeant naturellement en raison des hautes teneurs en carbone et en vanadium. Avec une ajoute de 1,6% de Hafnium, 15 minutes avant piquée et après désoxydation au Cérium, l'enveloppe centrifugée ne pré-

sente ni zone ségrégée, ni laitier émulsionné, ni réseau de carbures.

Exemple d'application n°4. (exemple comparatif)

[0053] La composition de l'alliage n° 4 est la suivante:

C 2,07 % en poids
Si 0,78 % en poids
Mn 0,79 % en poids
Ni 0,85 % en poids
Cr 5,03 % en poids
Mo 4,93 % en poids
V 5,55 % en poids
W 1,57 % en poids
Ta 0,63 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer.

Le flux introduit est solide

[0054] L'alliage 4 n'est pas un alliage ségrégeant naturellement. Avec une ajoute de 0,60% de Tantale, environ 15 minutes avant piquée et après désoxydation au Cérium, l'enveloppe centrifugée présente une ségrégation de 5 mm avec du flux légèrement émulsionné. Le réseau de carbures est nettement visible.

Exemple d'application n°5. (selon l'invention)

[0055] La composition de l'alliage n° 5 est la suivante:

C 2,66 % en poids
Si 0,42 % en poids
Mn 0,85 % en poids
Ni 0,61 % en poids
Cr 7,03 % en poids
Mo 5,57 % en poids
V 6,93 % en poids
W 5,62 % en poids
Ta 1,45 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer.

Le flux introduit est liquide

[0056] L'alliage 5 est un alliage fortement ségrégeant naturellement. Avec une ajoute de 1,5% de Tantale, après désoxydation au Cérium et environ 15 minutes avant piquée, l'enveloppe centrifugée ne présente aucune ségrégation, aucune structure dendritique. Quelques carbures de type M₆C subsistent légèrement aux joints d'un réseau que l'on devine à peine. Il n'y a pas de flux émulsionné.

Exemples de référence A & B. (exemples comparatifs)
La composition de l'alliage A est la suivante:

[0057]

C 1,73 % en poids
Si 0,79 % en poids
Mn 0,58 % en poids
Ni 0,74 % en poids
Cr 7,09 % en poids
Mo 1,45 % en poids
V 5,88 % en poids
W 1,61 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer. Le flux introduit est solide

[0058] La composition de l'alliage B est la suivante:

C 2,10 % en poids
Si 0,89 % en poids
Mn 0,54 % en poids
Ni 0,84 % en poids
Cr 5,45 % en poids
Mo 1,89 % en poids
V 6,12 % en poids
W 1,53 % en poids

le reste de l'alliage à l'exception d'azote et d'impuretés inévitables étant constitué par du fer.

Le flux introduit est solide

[0059] Les deux alliages A & B n'ont reçu aucune ajoute de Tantale, de Hafnium ou de Niobium. Ils ont néanmoins été coulés comme les alliages précédents. L'alliage A ne présente aucune ségrégation, l'alliage B présente une ségrégation de 3 mm. Les deux structures montrent des dendrites et un réseau de carbures bien que les teneurs en Molybdène et en Tungstène soient peu élevées. Les deux enveloppes centrifugées ne présentent pas de flux émulsionné.

[0060] Les cylindres de laminoir suivant l'invention dont la zone externe en acier rapide doit comporter pour des raisons données plus haut de 2,3 à 4,5% en poids de carbone, de 6 à 8% de vanadium et de 3 à 9% de molybdène et au moins un élément de l'alliage formant un nitrure lourd ne comportent pas, dans leur zone externe, de ségrégations par gravité due à l'élément formant un nitrure lourd.

[0061] En cela, les cylindres de l'invention se distinguent des cylindres selon l'art antérieur décrits plus haut.

[0062] L'élément formant un nitrure lourd peut être choisi en dehors des éléments indiqués plus haut à titre préférentiel.

Revendications

1. Cylindre de laminoir composite pour le laminage à chaud ou à froid, comprenant un coeur en fonte et une zone externe ou enveloppe en acier rapide caractérisé en ce que la zone externe contient 2,3 à 3,5% en poids de carbone, de 6 à 8% en poids de vanadium et de 3 à 9% en poids de Molybdène et ne présente pas de ségrégation par gravité en raison de l'utilisation d'éléments d'alliage formant des nitrures lourds. 5
2. Cylindre de laminoir suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il renferme au moins l'un des éléments suivants formant des nitrures lourds : tantale, hafnium, zirconium, niobium. 10 15
3. Procédé de fabrication d'un cylindre de laminoir dans lequel on élabore dans un four de fusion et on coule un métal liquide constitué par un acier rapide pour constituer l'enveloppe du cylindre, caractérisé en ce qu'on désoxyde le métal liquide puisqu'on introduit dans le métal liquide désoxydé, au moins un élément d'alliage formant un nitrure lourd et qu'après avoir coulé le métal liquide, on verse un flux à l'état liquide sur le métal liquide de manière différée par rapport à la fin de la coulée du métal liquide. 20 25
4. Procédé de fabrication selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on introduit l'élément d'alliage à nitrure lourd dans le métal liquide, aussitôt après la désoxydation au cérium et qu'on maintient ensuite le métal liquide dans le four, le moins longtemps possible, avant la piquée. 30 35
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que l'enveloppe du cylindre est coulée par centrifugation. 40
6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le flux est fondu séparément du métal liquide. 45
7. Procédé selon la revendication 5 dans lequel le métal liquide est coulé dans une coquille rotative, caractérisé en ce que le flux liquide est introduit dans la coquille entre le moment où le métal liquide est devenu immobile par rapport à la coquille en rotation et le moment où la température d'une paroi interne de la coquille n'a pas encore atteint la température de liquide du métal liquide. 50
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que le métal liquide est coulé à l'aide d'une poche permettant de retenir du laitier résiduel émulsionné provenant du four de fusion. 55
9. Cylindre de laminoir suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le coeur du cylindre est en fonte Modulaire.
10. Cylindre de laminoir suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'acier rapide de l'enveloppe renferme, en poids, 2,5 à 3,5% de carbone, de 6 à 8% en poids de vanadium, de 3 à 9% de molybdène, au élément formant un nitrure lourd, du silicium, du manganèse, de l'azote, éventuellement du chrome, du nickel, du tungstène, du cobalt, le solde de la composition étant constitué par du fer, à l'exception d'impuretés inévitables.



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 0531

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE
A,D	US 3 455 372 A (H. YAMAMOTO) 15 juillet 1969 (1969-07-15) * revendication 1; figures 1-3 *	1	B22D19/16 B22D13/02 B21B27/00
A,D	US 4 116 684 A (N. UCHIDA ET AL.) 26 septembre 1978 (1978-09-26) * revendications 1-5 *	1	
A,D	FR 2 625 226 A (CHAVANNE-KETIN ET AL.) 30 juin 1989 (1989-06-30) * revendications 1-4 *	1	
A,D	EP 0 562 114 B (KAWASAKI STEEL CORPORATION) 4 novembre 1998 (1998-11-04) * revendications 1,2 *	1	
A	EP 0 309 587 B (HITACHI METALS, LTD.) 28 juillet 1993 (1993-07-28) * revendications 1-5 *	1	
D	& EP 0 309 587 A		
A	EP 0 430 241 B (HITACHI METALS, LTD.) 10 janvier 1996 (1996-01-10) * revendication 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES B22D B21B
A	EP 0 560 210 B (HITACHI METALS, LTD.) 18 décembre 1996 (1996-12-18) * revendication 1 *	1	
A	EP 0 698 670 A (KAWASAKI STEEL CORPORATION) 28 février 1996 (1996-02-28) * revendication 1 *	1	
A	WO 95 24513 A (THE DAVY ROLL COMPANY LIMITED) 14 septembre 1995 (1995-09-14) * revendication 1 *	1	
		-/--	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 2 août 1999	Examineur Sutor, W
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (F04.002)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 0531

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE
E	FR 2 767 725 A (JEAN CLAUDE WERQUIN) 5 mars 1999 (1999-03-05) * revendications 1-10 * -----	1,3,9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 2 août 1999	Examineur Sutor, W
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 0531

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-08-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3455372 A	15-07-1969	DE 1583729 A	15-10-1970
		GB 1212689 A	18-11-1970
		SE 327058 B	10-08-1970
US 4116684 A	26-09-1978	JP 1089490 C	23-03-1982
		JP 52111411 A	19-09-1977
		JP 56015706 B	11-04-1981
		CA 1071904 A	19-02-1980
		GB 1552895 A	19-09-1979
FR 2625226 A	30-06-1989	AU 2908989 A	19-07-1989
		EP 0322315 A	28-06-1989
		WO 8905867 A	29-06-1989
		JP 2502738 T	30-08-1990
		US 5536230 A	16-07-1996
EP 562114 B	29-09-1993	JP 2832254 B	09-12-1998
		JP 5070884 A	23-03-1993
		JP 2715199 B	18-02-1998
		JP 4365836 A	17-12-1992
		DE 69227504 D	10-12-1998
		DE 69227504 T	08-04-1999
		EP 0562114 A	29-09-1993
		KR 9605598 B	26-04-1996
		US 5316596 A	31-05-1994
		CN 1070433 A, B	31-03-1993
		EP 0559899 A	15-09-1993
		ES 2124728 T	16-02-1999
		WO 9305192 A	18-03-1993
		WO 9305193 A	18-03-1993
EP 309587 B	05-04-1989	DE 3882636 A	02-09-1993
		DE 3882636 T	04-11-1993
		EP 0309587 A	05-04-1989
		WO 8807594 A	06-10-1988
		JP 7009052 B	01-02-1995
		KR 9309983 B	13-10-1993
		US 4958422 A	25-09-1990
EP 430241 B	05-06-1991	JP 2258949 A	19-10-1990
		JP 2778765 B	23-07-1998
		DE 69024762 D	22-02-1996
		DE 69024762 T	15-05-1996
		EP 0430241 A	05-06-1991
		KR 9407278 B	12-08-1994

EPO FORM P0450

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 0531

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-08-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 560210 B	15-09-1993	CN 1082950 A	02-03-1994
		DE 69306615 D	30-01-1997
		EP 0560210 A	15-09-1993
		JP 2778896 B	23-07-1998
		JP 6025794 A	01-02-1994
		KR 9604412 B	03-04-1996
		US 5355932 A	18-10-1994
		US 5484372 A	16-01-1996
EP 698670 A	28-02-1996	JP 2841276 B	24-12-1998
		JP 8073977 A	19-03-1996
		BR 9503008 A	25-06-1996
		CN 1133758 A	23-10-1996
		DE 69504613 D	15-10-1998
		DE 69504613 T	28-01-1999
		ES 2121265 T	16-11-1996
		US 5674171 A	07-10-1997
		US 5839495 A	24-11-1998
		AU 691060 B	07-05-1998
		AU 4075695 A	22-08-1996
		CA 2166258 A	15-08-1996
WO 9524513 A	14-09-1995	AU 1858095 A	25-09-1995
FR 2767725 A	05-03-1999	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82