

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

**2 504 418**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 08232**

(54) Cylindre de lamoir à forte teneur en chrome et son procédé de fabrication.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). B 21 H 27/02; B 22 D 13/02, 19/16; C 22 C 37/06.

(22) Date de dépôt..... 24 avril 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 43 du 29-10-1982.

(71) Déposant : Société dite : KUBOTA LTD., résidant au Japon.

(72) Invention de : Shiro Nakamura, Yoshihiro Nakagawa et Takashi Hashimoto.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit,  
8, av. Percier, 75008 Paris.

Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome  
et son procédé de fabrication

La présente invention concerne un cylindre de  
5 laminoir à forte teneur en chrome fabriqué par moulage centri-  
fuge et elle a trait, particulièrement, à un cylindre de  
laminoir à forte teneur en chrome présentant des résistances  
élevées à l'usure et à la rugosité de surface ainsi que des  
propriétés de fiabilité en tant que cylindres de lamoins  
10 finisseurs comprenant ceux pour les trains de bandes à chaud,  
les trains de bandes à froid et pour un écrouissage superficiel  
à chaud, la présente invention concernant également un procédé  
pour fabriquer ledit cylindre.

Comme on le sait déjà, pour les cylindres de lamoins  
15 finisseurs utilisés dans le laminage à chaud ou à froid, etc.,  
les caractéristiques suivantes sont nécessaires :

(1) Résistance à l'usure :

Cette propriété est une propriété importante ayant une  
influence sur la propriété de surface et sur la précision  
20 d'épaisseur de feuille du produit laminé.

(2) Propriété de fiabilité ou "indérégabilité" :

Le cylindre de laminoir doit avoir une ténacité ou  
dureté adéquate pour un laminage anormal.

(3) Résistance à la rugosité de surface :

Du fait que la propriété de la surface du cylindre a  
une grande influence sur la qualité du produit laminé, la  
résistance à la rugosité de surface est nécessaire.

Comme matières présentant les trois caractéristiques  
mentionnées ci-dessus, l'Adamite, une matière refroidie d'une  
30 façon non définie, une matière ductile, une matière moulée en  
coquille, l'acier coulé ou bien l'acier forgé et trempé,  
etc., peuvent être envisagés sérieusement et trouvent un large  
usage, mais comme ils présentent des avantages et des inconvenients  
respectifs, on ne peut pas considérer qu'ils conviennent  
35 pour des cylindres finisseurs de trains de bandes, etc.

Ainsi, l'Adamite et une matière refroidie de façon indéfinie, par exemple, dans lesquelles de la cémentite libre est cristallisée totalement en grandes quantités sont incertaines en ce qui concerne leur résistance à la rugosité de surface et à leur ténacité ou dureté. Dans l'acier où du graphite est cristallisé totalement, ce graphite se détache, ce qui se traduit par une rugosité de surface. Comme remède, une dispersion uniforme de carbures durs dans la matière est efficace. A cette fin, il est conseillé de réaliser le cylindre avec une matière dont on améliore la résistance à la rugosité de surface et la résistance à l'usure en augmentant la teneur en Cr. Toutefois, l'obtention d'une dureté élevée avec la même matière entraîne une forte tension résiduelle interne, ce qui entraîne des difficultés dans la fabrication. C'est pourquoi, comme il est bien connu, on utilise un cylindre composite dont la partie formant le corps et la partie formant les tourillons (couche interne) sont formées par des matières différentes. Un tel cylindre composite est formé d'une façon générale par moulage centrifuge.

Lorsque dans le cylindre composite mentionné ci-dessus, on utilise pour réaliser son enveloppe une matière présentant une forte teneur en Cr, et de l'acier pour son noyau ou âme, la ténacité de la matière se trouve notablement diminuée même si un noyau présentant une teneur élevée en Cr résulte de la diffusion de Cr qui se produit depuis la surface intérieure de l'enveloppe jusque dans le noyau. Toutefois, dans la fabrication du noyau en acier, il est nécessaire d'augmenter la masselotte pour empêcher les cavités dues au retrait dans la partie supérieure du châssis de moule, ce qui entraîne une augmentation du prix de revient et, en raison du module d'élasticité élevé, une telle matière est désavantageuse du point de vue des tensions thermiques et des tensions résiduelles.

C'est pourquoi, pour réduire la masselotte et diminuer le module d'élasticité du noyau, en libérant ainsi les tensions thermiques et les tensions résiduelles, il est souhaitable que

le noyau soit en fonte mais si Cr de l'enveloppe est fondu de nouveau et diffuse dans le noyau, la matière du noyau devient très fragile de sorte que l'intérêt du mélange est perdu. Par ailleurs, quand on utilise une matière à forte teneur en Cr pour l'enveloppe, il se forme une pellicule d'oxyde à point de fusion élevé sur la surface intérieure de l'enveloppe, ce qui donne lieu à une soudabilité inadéquate.

La présente invention a pour objet un cylindre de laminoir à forte teneur en chrome qui présente des qualités extrêmement bonnes en ce qui concerne la résistance à l'usure et à la rugosité de surface et des propriétés de fiabilité grâce à l'élimination des défauts et problèmes concernant les cylindres de laminoirs finisseurs pour laminage à chaud et laminage à froid.

La présente invention a pour objet un cylindre de laminoir à forte teneur en chrome dans lequel, entre, d'une part, la couche extérieure en fonte comprenant 2,0 - 3,2 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 0,08 % P, moins de 0,06 % S, 1,0 - 2,0 % Ni, 10 - 25 % Cr, 0,5 - 1,5 % Mo, moins de 1,0 % Nb et moins de 1,0 % V, le complément étant essentiellement Fe, et, d'autre part, le noyau formé de 3,0 - 3,8 % C, 2,3 - 3,0 % Si, 0,3 - 1,0 % Mn, moins de 0,1 % P, moins de 0,02 % S, moins de 2,0 % Ni, moins de 1,5 % Cr, moins de 1,0 % Mo et 0,02 - 0,1 % Mg, le complément étant essentiellement Fe, on forme une couche intermédiaire en fonte contenant 1,0 - 2,5 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 1,5 % Ni, 5 - 10 % Cr et moins de 1,0 % Mo, le complément étant essentiellement Fe, cette couche se trouvant liée de façon intégrante dans le sens métallurgique du terme à ladite couche extérieure et audit noyau.

La présente invention a également pour objet un procédé pour fabriquer un cylindre de laminoir à forte teneur en Cr, ce procédé comportant une phase de formation de couche intermédiaire à l'aide d'un métal fondu à faible teneur en Cr entre la phase de moulage pour la formation de la couche

extérieure et celle pour la formation du noyau, de manière à empêcher ainsi Cr de diffuser dans le noyau depuis la couche extérieure présentant une forte teneur en Cr et de se mélanger à ce noyau.

5 On va maintenant décrire la présente invention en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue de face d'un cylindre de laminoir selon la présente invention, la couche extérieure et la couche intérieure étant représentées en coupe ; et

10 - la figure 2 est une vue en coupe du cylindre de laminoir de la figure 1 par A-A de cette dernière.

On va décrire ci-après la couche extérieure du cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention. Cette couche extérieure a une dureté de 70 - 80 Hz (dureté Shore). On va indiquer ci-après les éléments constitutifs de cette couche ainsi que leurs proportions.

C est déterminé par la quantité de carbure prévue et par l'établissement de l'équilibre avec Cr dans la plage où des carbures stables du type  $(Fe, Cr)_7C_3$  peuvent être obtenus. Si la teneur en C est plus petite que 2,0, la quantité de carbures formés est faible, ce qui se traduit par une résistance à l'usure réduite, mais si elle dépasse 3,2 %, la quantité de carbures devient trop importante, ce qui entraîne une détérioration de la résistance mécanique. Par conséquent, la teneur en C doit être de 2,0 - 3,2 %.

On utilise Si pour désoxyder le métal fondu. Avec un pourcentage inférieur à 0,5 %, on ne peut pas obtenir cet effet. Si ce pourcentage est supérieur à 1,5 %, il en résulte une détérioration des propriétés mécaniques ou bien la température de modification du fer  $\alpha$  en  $\gamma$  augmente, ce qui entraîne des difficultés dans la transformation en fer  $\gamma$  et, par conséquent, ne permet pas d'atteindre facilement une dureté élevée. Pour cette raison, la teneur en Si doit se situer dans la plage de 0,5 - 1,5 %.

35 La quantité de Mn en tant qu'auxiliaire pour la désoxydation par Si doit être d'au moins 0,5 %. Si elle est

inférieure à 0,5 %, l'effet de désoxydation n'est pas évident, mais si elle est supérieure à 1,5 %, la diminution des propriétés mécaniques, particulièrement la ténacité ou dureté, devient notable. Par conséquent, la teneur en Mn doit être de 0,5 - 5 1,5 %.

En ce qui concerne P, plus la teneur en P de la matière du cylindre en particulier est faible, mieux cela vaut, et, compte tenu de son effet de fragilisation de la matière, sa teneur doit être inférieure 0,08 %.

10 En ce qui concerne S, il est souhaitable que cette teneur soit faible étant donné que, comme P, il a pour effet de fragiliser la matière du cylindre. Sa teneur doit de préférence être inférieure à 0,06 %.

Ni est présent en vue d'un ajustement positif de la 15 dureté ou pour améliorer les propriétés à la trempe. Avec une teneur en Ni inférieure à 1,0 %, aucun effet n'est obtenu mais si la teneur en Ni est supérieure à 2 %, l'austénite résiduelle augmente, ce qui rend difficile l'augmentation de la dureté. En particulier, pour atteindre la plage de dureté de 70 - 80 HS, 20 la teneur en Ni doit être de l'ordre de 1,0 - 2,0 %.

Cr a pour rôle d'améliorer la ténacité et la résistance à l'usure. Si sa teneur est inférieure à 10 %, une grande quantité de carbures du type  $M_3C$  se cristallise totalement. Il en résulte que la ténacité diminue et que l'on ne peut pas obtenir 25 un affinage et une uniformisation. Si la teneur en Cr est supérieure à 25 %, la quantité de carbures du type  $M_{23}C_6$  augmente. Ces carbures, qui ont une faible dureté par rapport aux carbures  $M_7C_3$ , ne donnent pas une résistance à l'usure adéquate. Par conséquent, la teneur en Cr doit être de 10 - 25 %.

30 Mo a pour effet non seulement d'augmenter la résistance à la trempe et au revenu mais aussi de favoriser la résistance au ramollissement par suite du revenu tout en augmentant la dureté des carbures en s'incorporant à ceux-ci. On ne peut pas obtenir cet effet si sa teneur est inférieure à 0,5 %, mais si 35 sa teneur est supérieure à 1,5 %, il en résulte une dureté trop

élevée, supérieure à 80 HS. Par conséquent, la teneur en Mo doit être de 0,5 - 1,5 %.

Nb, du fait qu'il a pour effet d'affiner la structure de la pièce coulée, est un élément constitutif qu'il est souhaitable d'ajouter, mais le cylindre selon la présente invention peut être réalisé sans son addition. La teneur en Nb favorise un durcissement par précipitation en améliorant ainsi la résistance à l'usure. Spécialement dans la plage de dureté de 70 - 80 HS, cet effet apparaît à des teneurs en Nb inférieures à 0,1 %. Si la teneur en Nb est supérieure à 1,0 %, cet effet atteint la saturation et il en résulte également une élévation du prix de revient. Par conséquent, la teneur en Nb doit être inférieure à 1,0 %.

V est présent pour les mêmes raisons que Nb. Son addition est souhaitable, mais on peut réaliser le cylindre de la présente invention sans son addition. Pour obtenir une plage de dureté de 70 - 80 HS, une teneur en V inférieure à 1,0 % est suffisante. Si cette teneur est supérieure à 1,0 %, la quantité de carbures de V augmente en diminuant ainsi proportionnellement la quantité de carbures de Cr, ce qui se traduit par contre par une diminution de la résistance à l'usure. Par conséquent, la teneur en V doit être inférieure à 1,0 %.

Les descriptions ci-dessus des éléments constitutifs respectifs sont données à propos de la plage de dureté de 70 - 80 HS. Ces limitations peuvent être déterminées par les raisons ci-après. D'une façon générale, la résistance à l'usure du cylindre de laminoir finisseur pendant les opérations de laminage à chaud et à froid est intimement fonction de la dureté. Ainsi, à des duretés inférieures à 70 HS, la résistance aux rugosités de surface et la résistance à l'usure diminuent brusquement tandis que les propriétés de fiabilité et les propriétés d'anti-fissuration ont tendance à diminuer rapidement au fur et à mesure que la dureté augmente et dépasse les limites de 80 HS par suite du chauffage local du cylindre dans des conditions anormales de laminage. Par conséquent, pour

assurer une résistance élevée à la rugosité de surface, une résistance élevée à l'usure, de bonnes propriétés de fiabilité et d'anti-fissuration, la plage de dureté de 70 - 80 Hs est préférable pour des cylindres de laminoir à forte teneur en chrome.

On va décrire ci-après les éléments constitutifs de la matière du noyau du cylindre de laminoir à forte teneur en chrome de la présente invention ainsi que leurs proportions.

La pénétration de Cr depuis la couche extérieure dans la matière du noyau se trouve très réduite par suite de la couche intermédiaire par rapport à ce qui se passe dans un cylindre ne comportant pas de couche intermédiaire, mais il est impossible d'empêcher complètement la pénétration de Cr. Par suite de la diffusion de Cr à partir de la couche extérieure, la teneur en Cr de la matière du noyau s'élève à environ 0,5 - 1,0 %. Les compositions chimiques de la matière du noyau et leurs proportions doivent être choisies en tenant compte dans les calculs de cette augmentation de la teneur en Cr.

C est présent pour communiquer de la ténacité et de la résistance mécanique. Avec une teneur en C inférieure à 3,0 %, le refroidissement de la matière se poursuit, ce qui entraîne une réduction notable de la ténacité du noyau. Si la teneur en C est inférieure à 3,8 %, la graphitisation devient excessive. Non seulement la résistance mécanique du noyau devient alors insuffisante mais la partie formant les tourbillons tend à présenter une dureté plus faible et devient susceptible d'une rugosité de surface pendant qu'elle est en service. Par conséquent, la teneur en C doit être de 3,0 - 3,8 %.

Si la teneur en Si devient inférieure à 2,3 %, la graphitisation ne se poursuit pas parfaitement ; la cémentite précipite considérablement et si la teneur en Si est supérieure à 3,0 %, la graphitisation se trouve favorisée, ce qui provoque une diminution de la résistance mécanique. Par conséquent, la teneur en Si doit être de 2,3 - 3,0 %.

Mn élimine les effets nuisibles de S en se combinant avec S pour former MnS. Si sa teneur est inférieure à 0,3 %, aucun effet n'en résulte. Par contre, des teneurs supérieures à 1,0 % entraînent une détérioration de la matière plutôt que d'empêcher les effets nuisibles de S. Par conséquent, la teneur en Mn doit être de 0,3 - 1,0 %.

P, du fait qu'il a pour effet d'augmenter la fluidité du métal en fusion, mais de rendre la matière fragile, doit, d'une façon souhaitable, être présent en quantités plus faibles.

10 La teneur en P doit être inférieure à 0,1 %.

Du fait que S, comme P, fragilise la matière, plus sa teneur est faible mieux cela vaut. La matière du noyau, du fait qu'elle est en fonte malléable, se combine avec Mg pour former MgS, ce qui réduit S. Toutefois, pour que le graphite soit globulaire, il faut que la teneur en S soit faible. Par conséquent, la teneur en S doit être inférieure à 0,02 %.

Ni est présent pour stabiliser le graphite. Sa teneur supérieure à 2,0 % n'a pas d'effet notable. La teneur en Ni doit être inférieure à 2,0 %.

20 Du fait que la couche extérieure a une teneur en chrome élevée, certaines pénétrations de Cr dans la matière du noyau est inévitable, même si la couche intermédiaire est présente. Plus la teneur de la matière en Cr est faible, mieux cela vaut, mais dans la mesure où la précipitation du graphite est concernée il est préférable pour établir l'équilibre de Cr avec Si que sa teneur soit inférieure à 1,5 %. Cette teneur, si elle est supérieure à 1,5 %, entraîne une augmentation de la cémentite dans la matière et, de ce fait, une réduction de la ténacité. Par conséquent, la teneur en Cr doit être inférieure à 1,5 %.

Mo est un élément souhaitable parce qu'il gêne la cristallisation du graphite. Mais une teneur trop élevée de cet élément se traduit par une dureté trop élevée. Par conséquent, la teneur en Mo doit être inférieure à 1,0 %.

35 Mg est un élément nécessaire pour la formation

globulaire du graphite. Mais si sa teneur est inférieure à 0,02 %, la formation globulaire devient inadéquate ; il en résulte que la matière du noyau ne peut pas devenir tenace et ductile. Il n'est pas souhaitable que Mg ait une teneur supérieure à 0,1 % en raison de son effet de refroidissement et parce qu'il se trouve emprisonné dans le produit sous la forme d'impureté. Par conséquent, la teneur en Mg doit être de 0,02 - 0,1 %.

Cr, Ni et Mo contenus dans la matière du noyau sont habituellement présents dans cette matière de façon inévitable quand on ne les a pas ajoutés positivement. La présente invention peut être réalisée sans addition de ces éléments constitutifs.

On va décrire ci-après les éléments constitutifs de la couche intermédiaire du cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention ainsi que leurs proportions.

Cette couche intermédiaire est utilisée pour empêcher que le chrome de la couche extérieure à forte teneur en chrome diffuse dans la matière du noyau et réduise ainsi la ténacité de cette matière.

C est présent dans le but de communiquer la ténacité et la résistance mécanique à la couche intermédiaire. Si Cr de la couche extérieure est dissout par le métal fondu intermédiaire et s'il est complètement mélangé de façon uniforme avec le métal fondu intermédiaire, sa teneur est de 5 - 10 % au total. Si la teneur en C est inférieure à 1,0 %, la température de coulée ou moulage de la couche intermédiaire prend une valeur élevée. La couche extérieure tend alors à fondre, ce qui provoque une augmentation supplémentaire de Cr %. Il en résulte que la couche intermédiaire perd toute signification en tant que moyen pour empêcher la diffusion de Cr dans la matière du noyau.

Si la teneur en C dépasse 2,5 %, la quantité de carbures augmente ; la couche intermédiaire elle-même perd

- 10 -

alors sa ténacité ce qui lui fait perdre son importance. Par conséquent, la teneur en C doit être de 1,0 - 2,5 %.

En ce qui concerne la coulée de la couche intermédiaire, plus la teneur en Cr est faible mieux cela vaut. En 5 ce qui concerne la composition chimique dans la poche de coulée avant que le métal en fusion soit coulé pour former la couche intermédiaire, la teneur en Cr doit être inférieure à 1,0 %, proportion que l'on peut régler facilement dans la pratique industrielle. La somme totale de la quantité de Cr du métal fondu de la poche avant que ce métal soit coulé et de la quantité de Cr provenant de la couche extérieure lorsque l'on forme la couche intermédiaire par coulée s'élève à 5 - 10 %. Ce Cr pénètre dans la matière du noyau, ce qui entraîne une augmentation de la teneur en Cr de cette matière.

15 Pour fixer la quantité de Cr de la matière du noyau à une valeur inférieure à 1,5 %, il est nécessaire de régler la quantité de Cr dans la couche intermédiaire pour qu'elle soit de l'ordre de 5 - 10 % en choisissant des conditions de coulée appropriées. Par conséquent, la teneur en Cr doit être de 5 - 10 %.

20 Si a pour effet de désoxyder le métal en fusion. Sa teneur inférieure à 0,5 % ne donne pas cet effet. Au moins 0,5 % est nécessaire. Mais si sa teneur dépasse 1,5 %, la couche intermédiaire devient fragile, ce qui se traduit par une détérioration de ses propriétés mécaniques. La teneur en 25 Si doit être de 0,5 - 1,5 %.

Mn a un effet similaire à celui de Si et, par ailleurs, il élimine les effets nuisibles de S en formant MnS avec ce dernier. Sa teneur de 0,5 % est nécessaire. S'il est présent en un pourcentage dépassant 1,5 %, son effet est saturé et une 30 détérioration se produit dans ses propriétés mécaniques. Par conséquent, la teneur en Mn doit être de 0,5 - 1,5 %.

Ni est présent pour communiquer des propriétés appropriées à la trempe ainsi qu'une meilleure ténacité. Sa 35 teneur augmente jusqu'au dessus de 0,3 % par suite de sa

diffusion à partir de l'enveloppe ou couche extérieure sans son addition positive. Sa teneur atteignant 1,5 % donne cet effet sans soulever de problèmes. Si sa teneur dépasse 1,5 %, la trempe est favorisée au point de donner une matrice trop dure, résultat qui n'est pas souhaitable du point de vue de la ténacité et des tensions résiduelles.

Mo a une action similaire à celle de Ni. Sa teneur supérieure à 1,0 % rend la couche intermédiaire trop dure. Sa teneur doit être inférieure à 1,0 %.

P, S et Ti appellent les commentaires ci-après : P élève la fluidité du métal en fusion, mais entraîne une réduction de la ténacité de la matière du cylindre. La teneur en P doit être inférieure à 0,1 %.

S comme P fragilise la matière du cylindre. Sa teneur réellement inoffensive doit être inférieure à 0,1 %.

Ni et Mo de la couche intermédiaire sont des éléments qu'il est souhaitable d'ajouter, mais la présente invention peut être mise en oeuvre sans leur addition.

L'addition de Ti est souhaitable pour une désoxydation du métal en fusion. Si sa teneur est inférieure à 0,01 %, il n'a aucun effet de désoxydation. Sa teneur supérieure à 0,1 % place le métal en fusion dans un état suroxydé et entraîne une réduction de fluidité du métal en fusion. Par conséquent, la teneur en Ti doit être de 0,01 - 0,1 %. Al et Zr qui sont normalement utilisés comme agents désoxydants à la place de Ti, peuvent être utilisés en une quantité de l'ordre de 0,01 - 0,1 %. Ti, Al et Zr donnent des résultats optimaux dans la plage de 0,03 - 0,05 %.

Le cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention présente la structure décrite en détail ci-dessus. On va décrire ci-après le procédé de fabrication de ce cylindre de laminoir à forte teneur en chrome à propos d'un mode de réalisation représenté sur les figures 1 et 2.

En premier lieu, après que le métal en fusion destiné

à former la couche extérieure 1 a été coulé dans le moule métallique qui est garni sur sa surface intérieure d'un produit réfractaire et qui est entraîné en rotation sur une machine de coulée centrifuge, la couche intermédiaire 2 est moulée dans 5 ce moule avant que la surface intérieure de la couche extérieure 1 se soit solidifiée. Ensuite, après que ces deux parties, c'est-à-dire la couche extérieure 1 et la couche intermédiaire 2 aient complètement durci, le moule est disposé debout et, par son sommet, on y coule le métal en fusion destiné à former 10 la fonte malléable du noyau 3, grâce à quoi la couche extérieure 1, la couche intermédiaire 2 et le noyau 3 se combinent complètement, dans le sens métallurgique du terme, de manière à former un cylindre d'une seule pièce.

Dans une variante, avant que la couche extérieure 1 15 et la couche intermédiaire 2 aient toutes deux complètement durci, on peut mouler le noyau 3 à l'aide d'un procédé approprié en utilisant une machine à mouler centrifuge, l'axe de rotation du moule étant maintenu horizontal ou incliné tandis qu'une partie de la surface intérieure reste à l'état non 20 solidifié.

On va décrire ci-après un mode de réalisation du cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention.

#### Mode de réalisation

25 On a fabriqué trois sortes de cylindres de laminoir à forte teneur en chrome ayant un diamètre de corps cylindrique de 680 mm, une longueur de corps cylindrique de 1800 mm et une longueur totale de 3800 mm en utilisant un alliage des exemples 1, 2 et 3 comme indiqué dans le tableau ci-après.

30 (1) Un métal fondu à forte teneur en chrome pour former la couche extérieure d'une épaisseur de 80 mm (2400 kg) a été coulé dans un moule rotatif sur une machine à mouler centrifuge à 1400°C.

(2) Dix huit minutes après le début du moulage de la 35 couche extérieure, un métal en fusion destiné à former la

couche intermédiaire d'une épaisseur de 35 mm (1000 kg) a été coulé dans le moule rotatif à 1470°C.

(3) Trente trois minutes après le début du moulage de la couche extérieure, la couche extérieure et la couche 5 intermédiaire n'étaient pas complètement sodifiées.

(4) Ensuite, le moule a été disposé debout et, à travers son sommet, le métal en fusion destiné à former la fonte malléable du noyau y a été coulé à 1380°C puis, après que le moule a été complètement rempli, la fonte a été pourvue 10 d'un évent et a été recouverte par un isolant.

(5) Après avoir été complètement refroidi, le cylindre a été extrait du moule puis soumis à un usinage pour donner le produit final.

Les résultats d'un essai aux ultra-sons et d'un examen 15 de cassure effectués sur le corps du cylindre ont montré que l'épaisseur de la couche extérieure était de 60 mm, après le moulage de la couche intermédiaire, que la couche intermédiaire avait une épaisseur de 30 - 35 mm et que sa teneur en Cr était de 6,0 - 8,0 %.

20 On a constaté que la couche extérieure, la couche intermédiaire et le noyau ne formaient qu'une seule pièce et il s'est avéré qu'ils présentaient une continuité structurale.

Les compositions chimiques des exemples 1, 2 et 3 des métaux en fusion avant d'être coulés pour former la couche 25 extérieure, la couche intermédiaire et le noyau sont indiquées dans le tableau ci-après.

Il est à signaler qu'une faible quantité de Nb et de V pénètre dans la couche intermédiaire en provenance de la couche extérieure au stade du moulage.

- 14 -

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Mg
e x e m p 1 e l	Avant moulage												
	Couche extérieure	2,75	0,69	1,10	0,032	0,020	1,55	14,20	1,30	-	-	-	-
	Couche intermédiaire	1,63	0,68	0,98	0,030	0,021	0,43	0,09	0,06	-	-	0,042	-
1	Noyau	3,49	2,63	0,35	0,033	0,009	0,44	0,12	0,05	-	-	-	0,072
	Cylindre												
	Couche extérieure	2,75	0,69	1,10	0,032	0,020	1,55	14,20	1,30	-	-	-	-
1	Couche intermédiaire	1,90	0,68	1,01	0,031	0,021	0,76	5,32	0,30	-	-	0,030	-
	Noyau	3,42	2,61	0,39	0,033	0,010	0,57	0,87	0,06	-	-	-	0,069
	Couche extérieure	2,81	0,75	0,89	0,040	0,030	1,25	18,62	0,86	0,35	0,20	-	-
e x e m p 1 e l	Avant moulage												
	Couche intermédiaire	1,75	0,76	0,92	0,027	0,030	0,52	0,12	0,30	-	-	0,07	-
	Noyau	3,42	2,85	0,65	0,065	0,010	0,65	0,29	0,15	-	-	-	0,06
2	Cylindre												
	Couche extérieure	2,81	0,75	0,89	0,040	0,030	1,25	18,62	0,86	0,35	0,20	-	-
	Couche intermédiaire	2,08	0,76	0,91	0,032	0,030	0,85	6,8	0,42	0,08	0,03	0,058	-
e x e m p 1 e l	Noyau	3,35	2,68	0,72	0,060	0,010	0,67	0,95	0,17	-	-	-	0,058
	Couche extérieure	2,92	0,89	0,99	0,028	0,042	1,09	19,55	0,56	0,16	0,10	-	-
	Couche intermédiaire	2,23	0,92	0,95	0,021	0,044	0,06	0,35	0,25	-	-	0,066	-
3	Noyau	3,56	2,93	0,46	0,066	0,002	0,06	0,09	0,03	-	-	-	0,055
	Cylindre												
	Couche extérieure	2,92	0,89	0,99	0,028	0,042	1,09	19,55	0,56	0,16	0,10	-	-
3	Couche intermédiaire	2,41	0,90	0,97	0,025	0,043	0,32	7,21	0,35	0,03	0,02	0,055	-
	Noyau	3,49	2,76	0,55	0,070	0,009	0,09	0,59	0,09	-	-	-	0,051

- 15 -

On va illustrer ci-après un résultat de fonctionnement obtenu avec le cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention.

Un cylindre ayant la même composition que celle  
5 indiquée dans le mode de réalisation décrit ci-dessus a été utilisé comme cylindre de laminoir pour des trains de bandes à chaud.

Les résultats ont révélé une résistance à l'usure excellente dans le laminage de matières Hi-C qui sont extrêmement résistantes à la déformation.  
10

Laminage avec des cylindres classiques,  
consommation pendant un cycle : 0,21 mm

15 Laminage avec des cylindres classiques,  
quantité moyenne d'abrasion de la surface consommée du cylindre pendant un cycle : 0,35 mm

Laminage avec le cylindre de la présente invention, consommation pendant un cycle :

20 exemple 1 0,16 mm  
exemple 2 0,14 mm  
exemple 3 0,15 mm

25 Laminage avec le cylindre de la présente invention, vitesse moyenne d'abrasion de surface consommée du cylindre pendant un cycle :

30 exemple 1 0,26 mm  
exemple 2 0,23 mm  
exemple 3 0,24 mm

En ce qui concerne la rugosité de surface, aucune rugosité de surface n'a entraîné un remplacement anormal du cylindre. L'opération de laminage est effectuée jusqu'à ce que le cylindre a été réduit à son diamètre final (l'épaisseur de la surface consommée : 40 mm) sans aucun problème avec un  
35

résultat satisfaisant.

Le cylindre de laminoir à forte teneur en chrome selon la présente invention et son procédé de fabrication ne sont pas limités au mode de réalisation décrit ci-dessus en 5 référence aux dessins annexés, et il est entendu que des variantes et des modifications peuvent y être apportées dans le cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome caractérisé par le fait qu'il comprend une couche intermédiaire en fonte comprenant, en poids, 1,0 - 2,5 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 5 0,5 - 1,5 % Mn et 5 - 10 % Cr, le complément étant essentiellement Fe, cette couche étant disposée entre, d'une part, une couche extérieure en fonte comprenant 2,0 - 3,2 % C, 0,5 - 10 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 0,08 % P, moins de 0,06 % S, 1,0 - 2,0 % Ni, 10 - 25 % Cr et 0,5 - 1,5 % Mo, le complément étant essentiellement Fe, et, d'autre part, un noyau comprenant 3,0 - 3,8 % C, 2,3 - 3,0 % Si, 0,3 - 1,0 % Mn, moins de 0,1 % P, moins de 0,02 % S et 0,02 - 0,1 % Mg, le complément étant essentiellement Fe, ladite couche intermédiaire étant unie au sens métallurgique du terme à ladite couche extérieure et audit noyau en ne formant avec ceux-ci qu'une seule pièce.

2. Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome caractérisé par le fait qu'il comprend une couche intermédiaire en fonte comprenant, en poids, 1,0 - 2,5 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 1,5 % Ni, 5 - 10 % Cr et moins de 20 1,0 % Mo, le complément étant essentiellement Fe, cette couche étant disposée entre, d'une part, une couche extérieure en fonte comprenant 2,0 - 3,2 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 0,08 % P, moins de 0,06 % S, 1,0 - 2,0 % Ni, 10 - 25 % Cr, 0,5 - 1,5 % Mo, moins de 1,0 % Nb et moins de 1,0 % V, le complément étant essentiellement Fe, et, d'autre part, un noyau comprenant 3,0 - 3,8 % C, 2,3 - 3,0 % Si, 0,3 - 1,0 % Mn, moins de 0,1 % P, moins de 0,02 % S, moins de 2,0 % Ni, moins de 25 1,5 % Cr, moins de 1,0 % Mo et 0,02 - 0,1 % Mg, le complément étant essentiellement Fe, ladite couche intermédiaire étant unie au sens métallurgique du terme à ladite couche extérieure et audit noyau et ne formant qu'une seule pièce avec ceux-ci.

3. Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la dureté de la couche extérieure est 70 - 80 Hs.

4. Cylindre de laminoir en forte teneur en chrome

suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la couche intermédiaire contient 0,01 - 0,1 % Ti.

5. Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la couche intermédiaire contient 0,01 - 0,1 % Al.

6. Cylindre de laminoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la couche intermédiaire contient 0,01 - 0,1 % Zr.

7. Procédé pour fabriquer un cylindre de laminoir à forte teneur en chrome, dans lequel on forme le cylindre de laminoir en coulant des métaux fondus dans un moule rotatif d'une machine à mouler centrifuge, caractérisé par le fait qu'il comprend :

15 une phase au cours de laquelle la couche extérieure est formée par coulage dans le moule d'un métal en fusion contenant, en poids, 2,0 - 3,2 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 0,08 % P, moins de 0,06 % S, 1,0 - 2,0 % Ni, 10 - 25 % Cr, 0,5 - 1,5 % Mo, moins de 1,0 % Nb et moins de 1,0 % V, le complément étant Fe ;

20 une phase au cours de laquelle, avant que la surface intérieure de la couche extérieure se soit solidifiée, on forme la couche intermédiaire en coulant un métal en fusion comprenant 1,0 - 2,5 % C, 0,5 - 1,5 % Si, 0,5 - 1,5 % Mn, moins de 1,5 % Ni, moins de 1,0 % Cr et moins de 1,0 % Mo, le complément étant Fe ; et

25 une phase au cours de laquelle, après que la couche extérieure et la couche intermédiaire se soient complètement durcies, on coule dans le moule, de manière à former ainsi le noyau, un métal en fusion comprenant 3,0 - 3,8 % C, 2,3 - 3,0 % Si, 0,3 - 1,0 % Mn, moins de 0,1 % P, moins de 0,02 % S, moins de 2,0 % Ni, moins de 1,5 % Cr, moins de 1,0 % Mo et 0,02 - 0,1 % Mg, le complément étant Fe.

30 8. Procédé pour fabriquer un cylindre de laminoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que la phase pour former la couche intermédiaire

est réalisée avec un métal en fusion contenant 0,01 - 0,1 % Ti.

9. Procédé pour fabriquer un cylindre de lamoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que la phase pour former la couche intermédiaire 5 est réalisée avec un métal en fusion contenant 0,01 - 0,1 % Al.

10. Procédé pour fabriquer un cylindre de lamoir à forte teneur en chrome suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que la phase pour former la couche intermédiaire est réalisée avec un métal en fusion contenant 0,01 - 0,1 % Zn.

2504418

1/1

FIG.1

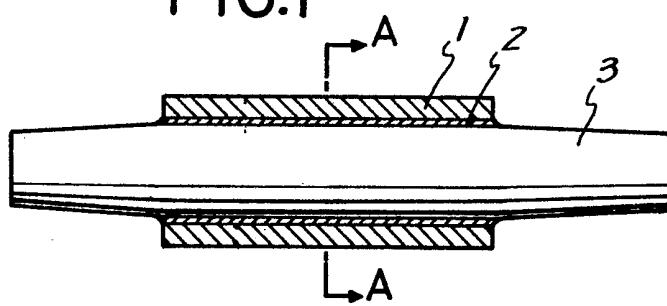


FIG.2

