

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 04254

(54) Procédé de fabrication de pièces métalliques par coulée sous pression dans un moule comportant un noyau non récupérable.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). B 22 D 17/24 // B 22 C 1/18.

(22) Date de dépôt..... 26 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 28-8-1981.

(71) Déposant : NL INDUSTRIES, INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Enno H. Page.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Harlé et Léchopiez,
21, rue de La Rochefoucauld, 75009 Paris.

La présente invention se rapporte au domaine de la coulée sous pression de métaux tels que l'aluminium, le zinc, le magnésium, le cuivre et leurs alliages et elle a pour but de résoudre un problème qui se pose depuis longtemps, à savoir l'absence d'une technique de coulée sous pression industriellement applicable pour produire des pièces coulées comportant des zones contre-dépouillées. Traditionnellement, la coulée sous pression nécessite des moules ou des matrices qui doivent résister aux températures ou pressions élevées auxquelles ils sont soumis. En conséquence, on utilise couramment des métaux ferreux pour fabriquer les moules de coulée sous pression. Comme ces matériaux ne sont pas aisément destructibles, il n'est pas possible de réaliser des parties contre-dépouillées et en relief de forme complexe du fait de l'impossibilité d'enlever la pièce coulée du moule. Dans d'autres procédés courants de coulée, comme ceux qui comportent l'emploi de moules en sable ou de moules demi-permanents, on peut utiliser des noyaux expansibles ou non récupérables du fait que les pressions sont habituellement inférieures à 2,1 kg/cm², par comparaison aux valeurs de plusieurs centaines de kg/cm² qui sont nécessaires pour la coulée sous pression élevée. La coulée sous ces pressions faibles a permis la mise au point et l'utilisation de noyaux fragiles non récupérables, ces noyaux étant employés depuis de nombreuses années avec les deux procédés de coulée précités. Un noyau typique est composé de sable de fonderie mélangé à un liant ou une résine. En faisant intervenir un chauffage, un catalyseur ou une réaction chimique, on lie ensemble les grains de sable pour former un noyau profilé qui peut être utilisé dans le processus de coulée. La chaleur cédée pendant la solidification et le refroidissement des pièces coulées se traduit par un dégagement d'humidité ou bien provoque une désagrégation chimique du liant dans le noyau. Cela permet d'enlever le noyau relativement aisément de la pièce coulée.

Des tentatives faites par le passé pour utiliser la technique des Noyaux en sable pour la coulée sous pression ont fait appel à des noyaux en verre et en sels solubles. Des techniques de ce genre sont décrites en détail dans le brevet
5 GB 1.179.241 . Elles sont considérées comme insatisfaisantes du point de vue du contrôle de processus, de la rentabilité, de la manutention et des caractéristiques corrosives des sels.

Le problème essentiel rencontré lors de la production d'un noyau non récupérable satisfaisant qui est utilisable
10 dans un processus de coulée sous pression élevée consiste dans l'incapacité d'un seul système noyau/liant à remplir simultanément trois conditions essentielles pour un noyau. Ce noyau doit posséder une bonne capacité de démoulage, une bonne résistance à l'érosion et ne pas permettre une pénétration de sa surface
15 par le métal . Une bonne capacité de démoulage est nécessaire pour faciliter l'enlèvement du noyau hors de la pièce moulée. La résistance à l'érosion définit la capacité du noyau à résister à l'érosion produite par l'écoulement rapide du métal pendant la production de la pièce coulée. Non seulement une mauvaise résistance à l'érosion affecte sérieusement les tolérances de la pièce
20 finale, mais le sable enlevé physiquement est noyé dans le métal de la pièce coulée. Une pénétration en surface est causée par la combinaison d'un échauffement et d'une pression élevés qui provoque une désagrégation de la surface du noyau et qui permet une péné-
25 tration du métal entre les grains de sable, ce qui entraîne la présence d'un mélange de sable et de métal sur la surface de la pièce coulée. Cette condition a une influence extrêmement perturbatrice sur l'usinage ultérieur et sur la durée de service de l'outillage . En outre, le sable séparé de la surface de la pièce
30 après sa mise en place peut entraîner un endommagement de parties associées, comme le système de lubrification d'un moteur d'automobile. Les noyaux non récupérables qui ont été réalisés par le passé ont présenté soit une bonne capacité de démoulage, en même temps

qu'une mauvaise résistance à l'érosion et une mauvaise résistance à la pénétration en surface, soit une bonne résistance à l'érosion et une bonne résistance à la pénétration en surface avec une capacité de démoulage extrêmement mauvaise. L'invention a pour but de remédier aux inconvénients mentionnés ci-dessus en utilisant un noyau donnant lieu à l'équilibre nécessaire entre les trois propriétés précitées.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence à la figure unique annexée qui est une vue en coupe d'un moule d'une machine de coulée sous pression et qui met en évidence les zones de la pièce coulée où sont rencontrées les trois difficultés mentionnées ci-dessus.

Un piston 11 est utilisé pour injecter du métal en fusion 12 dont le moule de coulée sous pression est délimité par des éléments en acier 13 et 14 et un noyau en sable 15. Il est à noter que la pièce moulée finale comprend une zone contre-dépouillée. Il se produit une pénétration en surface du métal 12 dans le noyau en sable 15 le long de la zone représentée par un grisé sombre en 16 sur la figure. Il se produit un effet d'érosion dans les zones désignées par 17. La capacité de démoulage définit la possibilité d'enlèvement du noyau 15 après solidification de la pièce moulée, son enlèvement hors de la machine de coulée puis son refroidissement à la température ambiante.

25 L'invention a en conséquence pour but de fournir un noyau jetable qui soit compatible avec les températures et pressions élevées se produisant lors de la coulée sous pression de manière à pouvoir produire économiquement des pièces coulées comportant des zones dépouillées. D'autres objectifs et avantages
30 seront mis en évidence dans la suite de la description de l'invention.

On a découvert qu'on pouvait utiliser des noyaux en sable non récupérables pour produire des pièces coulées sous

pression comportant des zones ^{contre} dépouillées, à condition d'utiliser un agent de liaison contenant du phosphate d'aluminium au bore en quantité comprise entre 3% molaire et 40% molaire, ces valeurs étant basées sur les moles d'aluminium, le rapport molaire

5 entre le phosphore et le nombre total de moles d'aluminium et de bore étant compris entre environ 2:1 et 4:1. Le liant, mélangé à du sable de fonderie et à un agent de durcissement approprié, forme le noyau. Le noyau peut également être pourvu d'un revêtement pour améliorer sa résistance à la pénétration et au lavage.

- 10 L'agent de liaison à base de phosphate d'aluminium au bore décrit ci-dessus a été décrit dans le brevet US 3.930.872. Plus particulièrement, on spécifie dans ce brevet que le liant comprend un phosphate d'aluminium au bore contenant du bore intervenant en
- 15 quantité comprise entre environ 3% molaire et 40% molaire, ces valeurs étant basées sur les moles d'aluminium, le rapport molaire entre le phosphore et le nombre total de moles d'aluminium et de bore étant compris entre environ 2:1 et 4:1, une matière formée d'un métal alcalino-terreux et d'un oxyde, et de l'eau. Cet agent
- 20 s'est avéré avantageux pour améliorer la capacité de démoulage dans le domaine de la coulée sous pression, lorsqu'il intervient en quantités comprises entre environ 0,3 et 3,5% en poids de sable de fonderie. Il est préférable d'utiliser une teneur comprise entre environ 1,0 et 3,5% lorsqu'on emploie un sable de fonderie siliceux d'une finesse correspondant à AFS N°65 ^(0,232 mm en moyenne). La valeur minimale
- 25 est nécessaire pour permettre au noyau de résister suffisamment aux manipulations ultérieures tandis que la limite supérieure ne doit pas être dépassée à cause du problème de soufflage se produisant au cours de la fabrication du noyau et causé par une densité non uniforme en relation avec un écoulement irrégulier du
- 30 sable et une réduction inacceptable de la capacité de démoulage. Lorsqu'on utilise des sables de fonderie assez lourds tels que des sables à base de zircon, il faut employer moins de liant, notamment une quantité comprise entre environ 0,3 et 1,5%. Les

limites supérieures et inférieures sont choisies en faisant intervenir les mêmes raisons que pour les sables siliceux. Il est évident que l'utilisation d'autres sables de fonderie couramment employés et ayant des densités différentes de celles des sables précités rentre également dans le cadre de l'invention. Il est évidemment nécessaire d'utiliser avec ces autres sables des quantités de liant compatibles avec la densité.

L'agent de durcissement doit intervenir en quantité suffisante pour faire durcir le liant et conférer ainsi la
10 résistance nécessaire au noyau pour permettre sa manutention et sa mise en place sans dommage dans la machine de coulée sous pression. Lorsqu'on utilise dans le noyau en sable un agent de durcissement tel que le matériau contenant un métal alcalino-terreux et un oxyde et qui fait l'objet du brevet US 3.930.872
15 mentionné ci-dessus, on doit utiliser une teneur en agent de durcissement comprise entre environ 10 et 20% de liant. Quand on diminue la quantité d'agent de durcissement, tel que celui du brevet américain précité, la durée de service augmente. Cependant, cet avantage est contrebalancé par une réduction de la capacité
20 de démoulage et de la résistance mécanique du noyau. On a envisagé d'utiliser d'autres agents connus de durcissement, tels que de l'ammoniac gazeux, dans le noyau en sable selon l'invention.

Il peut éventuellement exister de l'oxyde de fer, sous la forme de Fe_2O_3 , dans le noyau en sable en vue d'améliorer
25 encore les propriétés de durcissement et de capacité de démoulage cet oxyde pouvant intervenir en quantité comprise entre 1 et 4%. Une quantité de Fe_2O_3 supérieure à 4% se traduit par une perte indésirable de la résistance mécanique du noyau.

Comme cela a été revendiqué dans le brevet US
30 3.930.872, de l'eau est incorporée au noyau en sable, dans le but précisé dans ce brevet et en quantité comprise entre 15 et 50%, ces valeurs étant basées sur le poids total de phosphate d'aluminium au bore et d'eau.

Pour préparer le noyau non récupérable selon l'invention, il suffit de mélanger intimement le liant, l'agent solide de durcissement et éventuellement le Fe_2O_3 au sable de fonderie. Au cas où on utilise un agent de durcissement gazeux à la place d'un agent solide, on mélange le liant et le Fe_2O_3 avec le sable puis on fait passer l'agent de durcissement gazeux au travers du mélange pour amorcer le durcissement du liant.

Après préparation, le noyau peut être pourvu d'un revêtement pour améliorer encore ses propriétés en ce qui concerne la résistance à l'érosion et la résistance à la pénétration en surface. Les matières de revêtement de noyau comprennent généralement un agent de mise en suspension, une matière réfractaire, un agent de liaison et un solvant.

Comme agents de mise en suspension, on utilise habituellement de l'argile ou des dérivés de l'argile. Ces matières doivent intervenir en quantités suffisantes pour remplir la fonction du maintien de la matière réfractaire en suspension. Ces agents peuvent intervenir en quantités comprises entre environ 4 et 30% du poids total de substances solides.

Comme matières réfractaires sous forme de particules pouvant être utilisées dans le revêtement de noyau, on peut citer, sans que cette énumération soit limitative, le graphite, la silice, l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de magnésium, l'oxyde de zirconium et le mica. Ces matières interviennent en quantités généralement comprises entre environ 60 et 95% du poids total de substances solides.

La masse de particules est liée intimement en utilisant des liants tels que des résines thermoplastiques. Des liants utilisables dans la mise en oeuvre de l'invention interviennent d'une façon générale en quantités comprises entre environ 1 et 10% du poids total de substances solides dans la composition de revêtement. Les liants et les agents de mise en suspension doivent être compatibles avec le solvant utilisé, qui

peut être un liquide organique. Le solvant doit intervenir en quantités permettant d'établir la viscosité nécessaire pour contrôler l'épaisseur et l'uniformité du revêtement.

Les revêtements de noyaux pour pièces coulées sous
5 pression sont plus critiques que des revêtements de noyaux intervenant dans d'autres procédés de coulée. Le revêtement de noyau doit posséder la propriété de pouvoir obturer pratiquement complètement les pores existant sur la surface du noyau. Du fait que, dans ce procédé de coulée, le métal en fusion est mis en
10 pression, une porosité existant sur la surface du noyau permet la pénétration du métal en fusion et a pour conséquence que du sable adhère à la surface de la pièce brute de coulée. Un dépôt du revêtement approprié sur le noyau permet d'obtenir un fini superficiel qui empêche toute pénétration du métal en fusion
15 dans le noyau en sable.

Une composition typique de revêtement de noyau contient, sur la base du poids total en substances solides, de 4 à 30% d'un agent de mise en suspension à base de bentonite traité
20 par ^{une} amine, de 1 à 10% d'un agent de liaison à base de résine thermoplastique et de 60 à 95% d'une substance réfractaire telle que de la silice ou un matériau semblable. Les constituants précités, sous forme pulvérulente, sont mélangés avec une quantité suffisante d'un liquide organique formant véhicule pour produire la viscosité nécessaire qui donne au revêtement, après séchage, l'é-
25 paisseur désirée et qui scelle les pores existant sur la surface du noyau.

Un autre revêtement de noyau qui s'est avéré satisfaisant pour être utilisé en combinaison avec le système de liaison conforme à l'invention est celui décrit dans le brevet US
30 4.096.293. Plus particulièrement, une matière de revêtement ayant une viscosité suffisante pour sceller pratiquement tous les pores de la surface du noyau et convenant pour obtenir un revêtement

- d'une épaisseur et uniformité permettant d'établir une bonne résistance au lavage et à la pénétration en surface pendant l'opération de coulée sous pression, se compose d'environ 5 à 90% d'un solvant liquide organique, de 0,1 à 2% d'un agent de mise en suspension de 5 à 80% de particules d'aluminate de calcium ayant une granulométrie moyenne de 20 à 25 microns, et dont aucune n'a des dimensions supérieures à 70 microns, et une résine dure qui est le produit de réaction d'acide fumarique, de colophane et de pentaérythritol, ladite résine intervenant avec un rapport pondéral compris entre environ 0,5 et 5 parties pour 100 parties de composition, tous les pourcentages étant exprimés en poids de la composition. On peut éventuellement ajouter un agent de mouillage en quantité comprise entre environ 0,01 et 2%.
- 15 Après la fabrication du noyau dans une boîte appropriée et après son enlèvement, on dispose d'un noyau suffisamment résistant pour être manipulé. On dépose ensuite un revêtement sur le noyau par étalement à la brosse, par immersion, par pulvérisation ou par un procédé équivalent. Une fois que le revêtement est sec, on place le noyau dans une matrice installée dans une machine de coulée sous pression. La partie en acier de la matrice forme la partie de profilage de pièce métallique qui n'est pas constituée par le noyau. On place le noyau dans cette matrice et on le fixe à l'aide de broches, d'empreintes ou d'autres méthodes bien connues des spécialistes. La matrice est ensuite fermée de façon à emprisonner le noyau dans une position fixe et on injecte alors du métal en fusion dans la matrice .

- 25
- 30 Pendant le processus de solidification du métal dans la matrice, de la chaleur est cédée par la pièce moulée. Une partie de cette chaleur pénètre dans le noyau et augmente sa température. Cet échauffement assure la désagrégation du liant et élimine l'humidité résultante. Une fois que le métal fondu s'est solidifié dans la matrice, la machine est ouverte et la

pièce moulée produite ainsi que le noyau jetable sont enlevés. Lors d'un refroidissement à la température ambiante, le noyau peut être enlevé mécaniquement.

- On a donné dans la suite des exemples destinés à illustrer différentes applications de l'invention.

EXEMPLE 1

- On a moulé sous pression un alliage d'aluminium ou profilé indiqué sur la figure jointe, en utilisant un noyau contenant du sable de fonderie à base d'oxyde de zirconium (finesse AFS N°120,) (0,127 mm en moyenne), du liant intervenant en pourcentage correspondant à 1,25% en poids de sable et un durcisseur alcalino-terreux tel que décrit ci-dessus et intervenant à raison de 20% du poids de liant. On a ensuite revêtu le noyau de deux couches de la composition de revêtement définie ci-dessus. On a enregistré qu'on obtenait une bonne résistance au secouage lors d'une séparation mécanique du noyau par rapport à la pièce moulée avec refroidissement à la température ambiante. Le noyau a présenté une bonne résistance à la pénétration en surface et une bonne résistance à l'érosion.

EXEMPLE 2-

- On a moulé sous pression un alliage d'aluminium sous la forme d'une pièce de pompe comportant une partie en forme de serpent et on a utilisé un noyau contenant du sable siliceux de fonderie (finesse AFS n°65 (0,232 mm en moyenne), du liant conforme à l'invention à raison de 2,5 % en poids de sable , et un durcisseur alcalino-terreux tel que précédemment décrit et intervenant à raison de 20% du poids de liant. On a revêtu le noyau de deux couches de la composition de revêtement précédemment définie. On a obtenu une bonne capacité d'extraction lors d'une séparation mécanique du noyau par rapport à la pièce moulée après refroidissement à la température ambiante. Le noyau a présenté une bonne résistance à la pénétration en surface et une bonne résistance à l'érosion.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce moulée sous
pression, comportant une zone/dépouillée, à partir de métal en fusion,
dans lequel on injecte du métal en fusion dans un moule comportant
une surface de moulage qui comporte au moins un noyau en sable
5 non récupérable et forme une zone/dépouillée de ladite pièce
moulée, on laisse le métal fondu injecté se solidifier le long de
la surface de moulage pour former une pièce moulée sous pression,
on enlève la pièce moulée du moule et sépare cette pièce du noyau,
caractérisé en ce que ledit noyau contient essentiellement
10 de 0,3 à 3,5%, basés sur le poids de sable de fonderie, d'un liant
se composant essentiellement d'un phosphate d'aluminium au bore
contenant du bore en quantité comprise entre environ 3 et 40%
molaire, ces valeurs étant basées sur les moles d'aluminium, le
rapport molaire entre le phosphore et le nombre total de moles
15 d'aluminium et de bore étant compris entre environ 2:1 et 4:1, une
quantité d'agent de durcissement approprié pour réagir avec le
phosphate d'aluminium et pour faire durcir le liant à un degré
tel que le noyau puisse être manipulé sans dommage, et de l'eau
en quantité comprise entre 15 et 50% en poids, basée sur le poids
20 total du phosphate d'aluminium au bore et de l'eau, le complément
étant constitué essentiellement de sable de fonderie.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce
que le sable de fonderie est constitué par du sable siliceux et
en ce que ledit liant intervient en quantité comprise entre
25 environ 1,0 et 3,5%.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en
ce que ledit sable de fonderie contient du sable à l'oxyde de zir-
conium et en ce que ledit liant intervient en quantité comprise
entre environ 0,3 et 1,5%.

30 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,
caractérisé en ce que ledit agent de durcissement de noyau en

sable se compose essentiellement d'une matière alcalino-terreuse contenant un métal alcalino-terreux et un oxyde en quantité comprise entre 10 et 20% du poids de liant.

1, une quelconque

5 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le noyau contient du Fe_2O_3 intervenant en quantité comprise entre 1 et 4% du poids de sable de fonderie.

10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit noyau est revêtu d'une matière de revêtement ayant une viscosité suffisante pour sceller pratiquement tous les pores superficiels du noyau et en ce que ladite matière de revêtement se compose essentiellement de 4 à 30% d'un agent de mise en suspension, de 60 à 95% d'une matière réfractaire sous forme de particules, de 1 à 10% d'un agent de liaison et d'une quantité appropriée d'un véhicule destiné à réagir avec l'agent de suspension et l'agent de liaison pour 15 établir une viscosité appropriée pour obtenir une épaisseur et une unité de revêtement permettant d'établir une bonne résistance au lavage et à la pénétration en cours de coulée sous pression.

20 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit noyau est revêtu d'une matière ayant une viscosité suffisante pour sceller pratiquement tous les pores de la surface dudit noyau et convenant pour établir une épaisseur et une uniformité de revêtement permettant d'obtenir une bonne résistance au lavage et à la pénétration en cours de 25 coulée, ladite composition contenant essentiellement de 5 à 90% d'un solvant liquide organique, de 0,1 à 2% d'un agent de mise en suspension, de 5 à 80% de particules d'aluminate de calcium ayant une granulométrie moyenne comprise entre 20 et 25 microns et qui n'ont aucune dimension supérieure à environ 70 microns, 30 et une résine dure qui est le produit de réaction d'acide fumari- que, de colophane et de pentaérythritol, ladite résine intervenant avec un rapport pondéral compris entre environ 0,5 et 5 parties pour 100 parties de composition, tous les pourcentages étant exprimés en fonction du poids de la composition.

