

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **90870018.0**

(51) Int. Cl.⁵: **B22D 11/124**

(22) Date de dépôt: **05.02.90**

(30) Priorité: **10.02.89 BE 8900138**

(43) Date de publication de la demande:
16.08.90 Bulletin 90/33

(84) Etats contractants désignés:
AT BE DE ES FR GB IT LU NL

(71) Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE Association
sans but lucratif
Vereniging zonder winstoogmerk Rue
Montoyer, 47
B-1040 Bruxelles(BE)**

(72) Inventeur: **Wilmotte, Stéphan
Rue de la Loignerie, 54
B-4930 Chaudfontaine(BE)
Inventeur: Naveau, Paul
Chaussée du Roi Albert, 47
B-4430 Alleur(BE)**

(74) Mandataire: **Lacasse, Lucien Emile et al
CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES Abbaye du Val-Benoît 11,
rue Ernest Solvay
B-4000 Liège(BE)**

(54) **Procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue.**

(57) On coule l'acier dans un moule (1) dont au moins la section de sortie présente une largeur inférieure ou égale à 60 mm, et on extrait de ce moule une brame (2) ayant une épaisseur inférieure à 60 mm et présentant une peau solidifiée. On soumet la brame à un refroidissement secondaire au cours duquel on forme une couche ininterrompue de liquide de refroidissement sous pression (3) sur au moins une partie de la surface de la brame, et on assure l'écoulement du liquide de refroidissement sur la surface de la brame dans le sens de la progression de celle-ci.

La vitesse de coulée est supérieure à 3 m/min, et est de préférence comprise entre 6 m/min et 20 m/min.

On refroidit la brame, pendant le refroidissement secondaire, jusqu'à une température de surface inférieure à 800°C, et de préférence inférieure à 600°C. La brame mince peut être directement laminée à chaud.

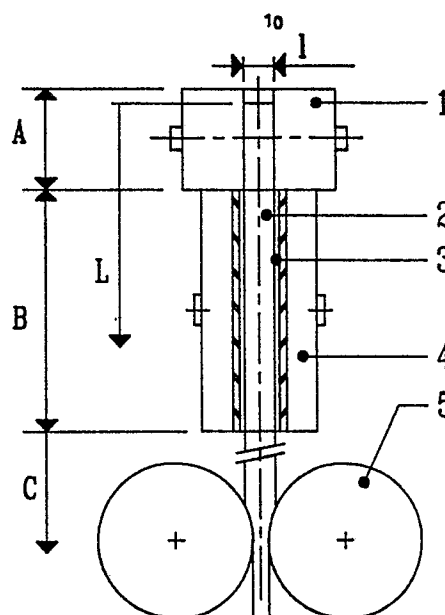


Fig.1

EP 0 382 702 A2

Procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue.

Au sens de la présente invention, une brame mince est un produit parallélépipédique ayant la largeur usuelle d'une brame de coulée continue, mais dont l'épaisseur est inférieure à 100 mm et plus précisément est comprise entre 60 mm et 20 mm.

Actuellement, les brames coulées en continu ont une épaisseur nettement supérieure, qui est généralement de l'ordre de 200 mm. Elles sont destinées à la fabrication de produits plats, tels que des bandes ou des tôles d'épaisseurs diverses. La voie classique de cette fabrication consiste à réduire l'épaisseur de la brame jusqu'à la valeur finale désirée, par une série d'opérations de laminage allant du dégrossissage à la finition. Ces multiples opérations de laminage exigent un réchauffage préalable, des installations puissantes et encombrantes, et sont en définitive très coûteuses.

Dans cette voie classique, une brame mince constitue un produit intermédiaire dont l'obtention nécessite l'exécution de plusieurs des opérations précitées, à savoir au moins les opérations de dégrossissage.

Par ailleurs, la vitesse de coulée des machines de coulée continue actuelles est limitée à environ 3 m/min. On rappelle que la vitesse de coulée est en fait la vitesse avec laquelle la brame est extraite du moule de coulée. Il faut en effet d'une part assurer la formation d'une peau solidifiée d'une épaisseur suffisante à la sortie du moule et d'autre part garantir la solidification complète de la brame avant la découpe et de préférence avant le point de redressement.

En principe, on pourrait augmenter la vitesse de coulée tout en assurant la formation de la peau solidifiée requise, en augmentant de façon appropriée la longueur du moule. Toutefois, on augmente ainsi les efforts de frottement sur la brame et on multiplie les risques de percée par déchirure de la peau solidifiée.

Une augmentation de la vitesse de coulée entraîne également un accroissement de la longueur métallurgique, c'est-à-dire de la longueur du puits liquide. Pour maintenir cette longueur métallurgique dans les limites désirées, il faut donc assurer la solidification complète de la brame en un temps plus court. A cet égard, une augmentation de la longueur arrosée n'a que peu d'effet; d'autre part, un accroissement du débit des gicleurs dans la zone de refroidissement secondaire intensifie les cycles de refroidissement et de réchauffage auxquels la peau de la brame est soumise en alternan-

ce et aggrave le risque de fissuration de la peau solidifiée.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue, qui permet d'une part d'augmenter sensiblement la vitesse de coulée tout en évitant les inconvénients précités et d'autre part de supprimer plusieurs des coûteuses opérations de laminage mentionnées plus haut. Le procédé de l'invention permet également de fabriquer une brame mince pouvant alimenter directement un train de laminage à chaud de bandes d'acier.

Conformément à la présente invention, un procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue, dans lequel on coule l'acier dans un moule où il subit un refroidissement primaire, est caractérisé en ce que l'on coule l'acier dans un moule dont au moins la section de sortie présente une largeur inférieure ou égale à 60 mm, en ce que l'on extrait du moule une brame ayant une épaisseur inférieure à 60 mm et présentant une peau solidifiée, en ce que l'on soumet ensuite la brame à un refroidissement secondaire au cours duquel on forme une couche ininterrompue de liquide de refroidissement sous pression sur au moins une partie de la surface de la brame et en ce que l'on assure l'écoulement du liquide de refroidissement sur la surface de la brame dans le sens de la progression de celle-ci.

Cette couche de liquide de refroidissement permet l'application sur la face extérieure de la peau solidifiée, d'une pression compensant au moins partiellement la pression ferrostatique existant sur la face intérieure et de ce fait réalise un soutien de cette peau. Par réglage des conditions d'injection, on peut ajuster la pression appliquée par la couche de liquide sur le produit entre 0,2 bar et 2 bar.

Egalement selon l'invention, la vitesse de coulée est supérieure à 3 m/min, et de préférence comprise entre 6 m/min et 20 m/min.

Ces valeurs de la vitesse de coulée permettent de former à la sortie du moule une peau solidifiée d'une épaisseur suffisante pour supporter l'application de la couche de liquide, sans risque de percée. Cette épaisseur est, pour fixer les idées, égale au moins à 3 mm.

Selon une variante intéressante du procédé de l'invention, on refroidit la brame mince, pendant le refroidissement secondaire, jusqu'à une température de surface inférieure à 800 °C, et de préférence inférieure à 600 °C.

Toujours selon l'invention, on maintient ladite couche ininterrompue de liquide de refroidissement sous pression pendant une durée telle que l'épais-

seur solidifiée soit au moins égale à 5 mm, et de préférence supérieure à 7 mm pour une brame de 20 mm d'épaisseur et à 10 mm pour une brame de 40 mm d'épaisseur.

Il est en effet apparu qu'un refroidissement secondaire intense et continu de la brame mince dans ces conditions permettait, pour une même vitesse de coulée, de réduire la longueur métallurgique. Inversement, un refroidissement conforme à l'invention permet donc d'augmenter la vitesse de coulée, sans risque de percée, tout en conservant une même longueur métallurgique. En outre, on a constaté qu'à la fin de la longueur métallurgique, c'est-à-dire lorsque la brame est entièrement solidifiée, la température de surface de la brame est comprise sensiblement entre 750 °C et 900 °C. Ce niveau de température est nettement inférieur à celui que l'on rencontre avec un refroidissement traditionnel par gicleurs, où la température est habituellement de l'ordre de 1150 °C à 1250 °C.

Une caractéristique supplémentaire consiste à laminier la brame mince en une bande à chaud, soit alors que le coeur est encore à l'état pâteux, soit immédiatement après que la brame soit entièrement solidifiée, ledit laminage étant de préférence effectué en continu.

On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre du procédé de l'invention, en faisant référence aux dessins annexés, dans lesquels la

Figure 1 illustre le principe du procédé au moyen d'un dispositif de mise en oeuvre; et la

Figure 2 montre l'évolution de l'épaisseur solidifiée et de la température de surface de la brame mince, refroidie d'une part suivant une méthode classique et d'autre part suivant le procédé de l'invention.

La Figure 1 illustre le principe du procédé de l'invention au moyen d'un dispositif de mise en oeuvre, représenté de manière très schématique.

Un acier est coulé dans une lingotière 1 de coulée continue de brames. Cette lingotière 1 est classiquement en cuivre et refroidie à l'eau. Elle peut également se présenter sous la forme de 2 roues ou de 2 bandes, refroidies à l'eau entre lesquelles s'écoule l'acier. La lingotière présente à sa sortie une largeur 1 = 40 mm. L'acier subit dans la lingotière 1 un refroidissement primaire (zone A) qui provoque la solidification d'une mince pellicule superficielle, puis il quitte la lingotière 1 sous la forme d'une brame mince 2, de 40 mm d'épaisseur, avec une fine pellicule solide d'une épaisseur au moins égale à 3 mm. La brame 2 pénètre alors dans la zone de refroidissement secondaire B où elle est soumise à un refroidissement intense et continu au moyen d'une couche ininterrompue 3 de liquide de refroidissement sous pression. Cette couche 3 est ici formée au moyen d'un dispositif 4 connu en soi, qui ne fait pas partie

de la présente invention et qu'il n'est pas nécessaire de décrire en détail. On précise toutefois que ce dispositif ne touche la brame en aucun point et qu'il ne suscite dès lors aucun effort de frottement.

La zone de refroidissement secondaire B est symbolisée ici par un seul dispositif 4; il va de soi que cette zone B pourrait, selon les besoins, comporter plusieurs dispositifs 4 distincts, éventuellement séparés par des rouleaux de support.

A la sortie de la zone de refroidissement secondaire B, la brame 2 présente une peau solidifiée plus épaisse et le refroidissement par le liquide sous pression cesse. La brame se déplace ensuite dans l'air tout en poursuivant sa solidification (zone C).

La brame 2 peut alors être transmise, de préférence directement, à une cage de laminage à chaud symbolisée par les cylindres 5.

On peut également laisser le liquide de refroidissement de la zone B s'écouler librement sur la brame dans la zone C, et même jus qu'aux cylindres de laminoir 5. Ce ruissellement ne modifie pas sensiblement la fin de la solidification de la brame 2. En revanche, le liquide peut utilement contribuer à réduire la charge thermique des cylindres de laminoir 5, car cette charge thermique est relativement élevée en raison de la faible vitesse de rotation des cylindres 5.

La Figure 2 illustre l'évolution de la température de surface de la brame (T_s - axe vertical gauche) et de l'épaisseur de la peau solidifiée (e - axe vertical droit) en fonction de la distance à partir du ménisque (L - axe horizontal).

La figure compare les deux cas suivants :

1) Coulée continue d'une brame de 40 mm d'épaisseur dans une lingotière 1 longue de 1 m (zone A), refroidissement secondaire classique par gicleurs et rouleaux de support sur une longueur de 3,4 m (zone B) puis refroidissement dans l'air jusqu'à solidification complète (zone C); la vitesse de coulée était de 6 m/min. Les courbes correspondantes sont les courbes a, b en trait plein.

2) Coulée continue d'une brame de 40 mm d'épaisseur dans une lingotière 1 longue de 1 m (zone A), refroidissement secondaire intense et continu sur une longueur de 3,4 m immédiatement à la sortie de la lingotière 1 (zone B), puis refroidissement dans l'air jusqu'à solidification sensiblement complète (zone C); la vitesse de coulée était de 12 m/min. Les courbes correspondantes sont les courbes c, d en trait interrompu.

Les courbes (b) et (d) montrent que la longueur métallurgique est la même dans les deux cas.

Par ailleurs, en ce qui concerne la température de surface de la brame, la Figure 2 montre que le refroidissement secondaire classique a peu d'effet sur la température atteinte à la sortie de la lingotière (courbe a); la température de surface au point

de solidification totale est de l'ordre de 1200 °C. Cette valeur très élevée, de même que la faible valeur de la vitesse, sont des éléments défavorables pour un laminage direct. Par contre, un refroidissement suivant l'invention provoque une diminution rapide de cette température de surface, suivie d'un réchauffement dans la zone C jusqu'à une température d'environ 850 °C (courbe c), ce qui, combiné à une vitesse de coulée élevée, est un élément favorable pour un laminage direct de la brame.

Le procédé de l'invention permet donc de fabriquer des brames minces en acier par coulée continue à une vitesse nettement supérieure à la vitesse habituelle, et de fournir ces brames dans des conditions de température et de structure favorables au laminage direct. Les brames ainsi fabriquées sont moins sujettes à la ségrégation. En outre, leur fabrication par le procédé de l'invention permet d'éviter de nombreuses opérations de laminage, notamment de dégrossissage, ainsi que le réchauffage qui les précède.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une brame mince en acier par coulée continue, dans lequel on coule l'acier dans un moule où il subit un refroidissement primaire, caractérisé en ce que l'on coule l'acier dans un moule dont au moins la section de sortie présente une largeur inférieure ou égale à 60 mm, en ce que l'on extrait du moule une brame ayant une épaisseur inférieure à 60 mm et présentant une peau solidifiée, en ce que l'on soumet ensuite la brame à un refroidissement secondaire au cours duquel on forme une couche ininterrompue de liquide de refroidissement sous pression sur au moins une partie de la surface de la brame, et en ce que l'on assure l'écoulement du liquide de refroidissement sur la surface de la brame dans le sens de la progression de celle-ci.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse de coulée est supérieure à 3 m/min.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la vitesse de coulée est comprise entre 6 m/min et 20 m/min.

4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on refroidit la brame, pendant le refroidissement secondaire, jusqu'à une température de surface inférieure à 800 °C.

5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé en ce que l'on refroidit la brame, pendant le refroidissement secondaire, jusqu'à une température de surface inférieure à 600 °C.

6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendi-

cations 1 à 5, caractérisé en ce que l'on maintient ladite couche ininterrompue de liquide de refroidissement sous pression pendant une durée telle que l'épaisseur de la peau solidifiée soit au moins égale à 5 mm.

7. Procédé d'utilisation d'une brame mince fabriquée conformément à l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on lamine directement ladite brame mince en une bande à chaud.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que ledit laminage est effectué en continu.

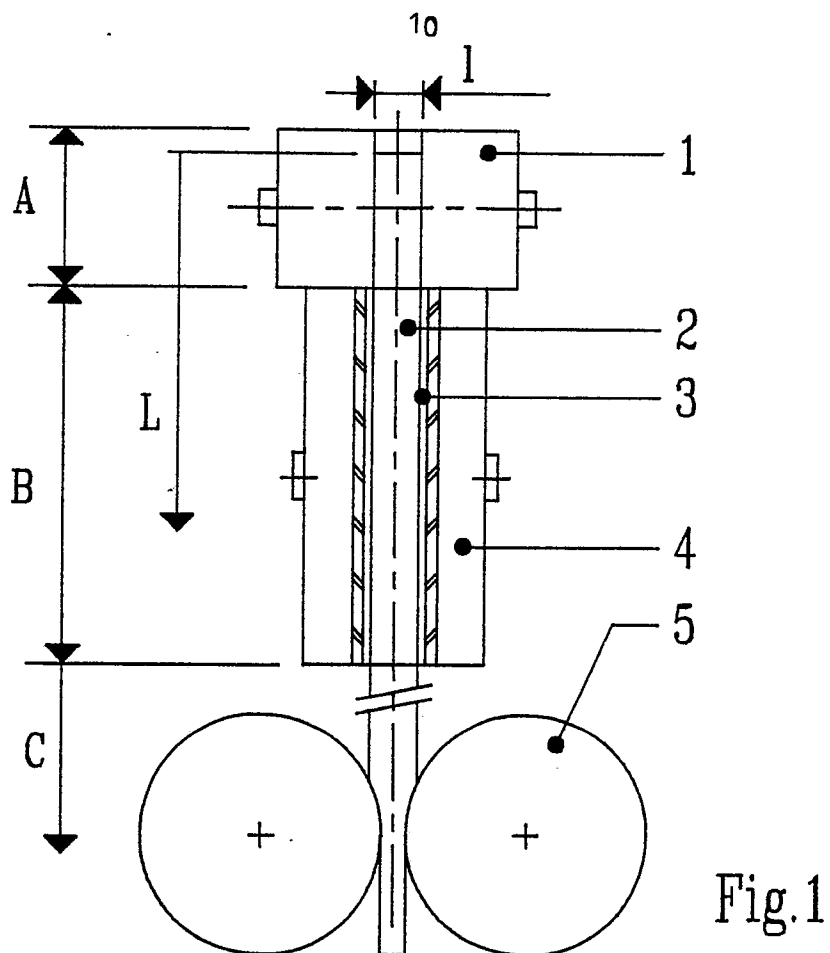


Fig.1

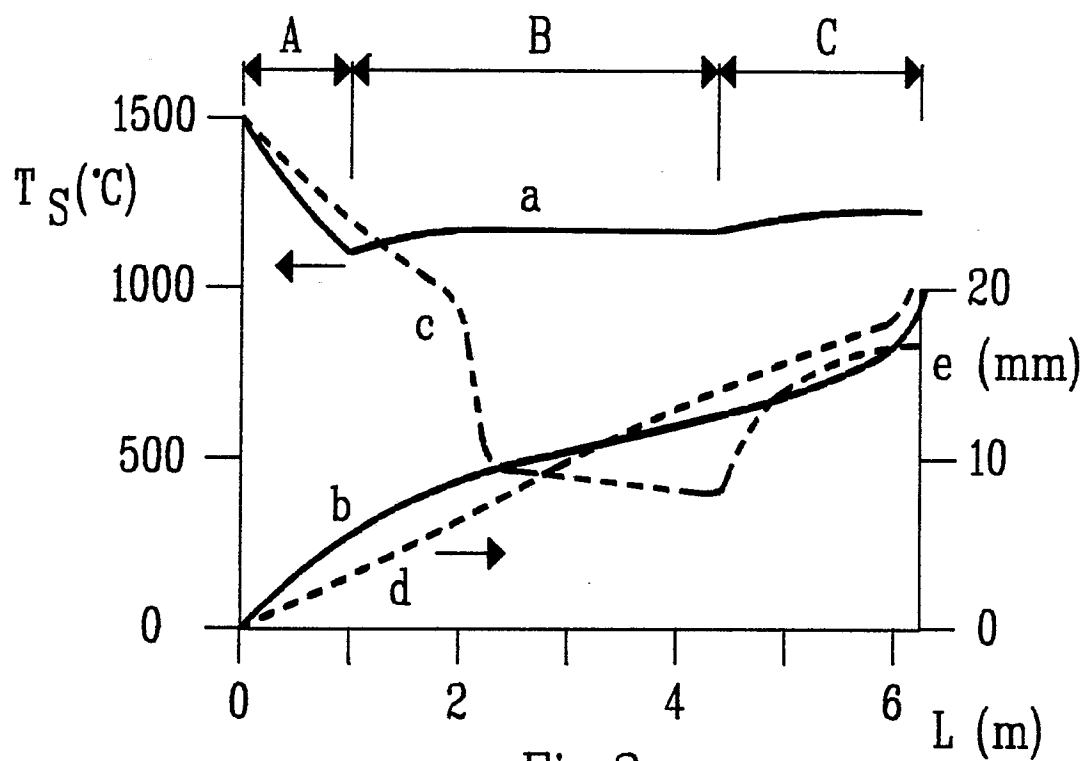


Fig.2