

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

- ④⑤ Date de publication du fascicule du brevet: **12.09.90** ⑤① Int. Cl.⁵: **B 22 D 11/04, B 22 D 11/128**
⑦① Numéro de dépôt: **86903444.7**
⑦② Date de dépôt: **24.06.86**
⑧④ Numéro de dépôt international:
PCT/FR86/00222
⑦⑦ Numéro de publication internationale:
WO 87/00099 15.01.87 Gazette 87/01

⑤④ **PROCEDE ET MACHINE DE COULEE CONTINUE D'UN PRODUIT METALLIQUE MINCE.**

- | | |
|---|--|
| ③③ Priorité: 25.06.85 FR 8509661 | ⑦③ Titulaire: CLECIM
107 boulevard de la Mission Marchand
F-92400 Courbevoie (FR) |
| ④③ Date de publication de la demande:
05.08.87 Bulletin 87/32 | ⑦⑦ Inventeur: GAY, Pierre 4, rue de l'Onzon
La Tour en Jarez
F-42580 L'Etrat (FR)
Inventeur: VATANT, Robert
10, rue des Charmilles
F-42400 Saint Chamond (FR) |
| ④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
12.09.90 Bulletin 90/37 | ⑦④ Mandataire: Le Brusque, Maurice et al
Cabinet Harlé et Phélip 21, rue de la
Rochefoucauld
F-75009 Paris (FR) |
| ④④ Etats contractants désignés:
AT BE DE FR GB IT LU NL SE | |
| ⑤⑥ Documents cités:
FR-A-1 505 630
FR-A-2 153 152
FR-A-2 155 991
US-A-2 564 723 | |

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention a pour objet un procédé et une machine pour la coulée en continu de produits minces métalliques sous forme de bandes, notamment en acier.

Depuis assez longtemps maintenant, on a proposé divers procédés permettant de couler en continu des produits métalliques mais par comparaison avec la coulée d'alliages non ferreux, la coulée en continu de l'acier est particulièrement difficile. Le procédé utilisé normalement consiste à couler l'acier dans une lingotière en forme de moule sans fond à parois refroidies limitant un espace tubulaire interne dans lequel se forme le produit, ce dernier étant constitué d'un coeur liquide entouré par une enveloppe constituée d'une peau superficielle solidifiée. Ce produit est évacué en continu par un orifice placé à la sortie de la lingotière, celle-ci ayant généralement un axe vertical, et le produit passe ensuite dans un dispositif de refroidissement secondaire dans lequel s'achève la solidification du produit et qui comporte donc des moyens de maintien et des moyens de refroidissement des faces solidifiées du produit, l'ensemble étant placé à l'intérieur d'un châssis qui forme une sorte de corset tubulaire entourant le produit jusqu'à l'achèvement de la solidification.

D'autre part, pour assurer la continuité de la coulée, le métal, apporté à l'état fondu dans une poche de coulée est déversé dans un récipient intermédiaire qui permet d'assurer la continuité de la coulée pendant le remplacement de la poche et qui est lui-même muni d'un trou de coulée dont le débit est réglé de façon classique par une busette et par lequel le métal est déversé à l'intérieur de la lingotière. Généralement, on utilise une busette à immersion comprenant un tube de coulée qui pénètre à l'intérieur de la lingotière et plonge dans le bain pour protéger l'acier liquide de l'oxydation et pour orienter son écoulement dans la lingotière.

Ce procédé est maintenant bien au point pour la coulée en continu de produits de dimensions variées, et en particulier de barres appelées souvent "billettes" ou de plaques appelées "brames". Dans ce cas, l'espace tubulaire interne de la lingotière a une forme rectangulaire limitée par deux parois larges et deux parois étroites correspondant respectivement aux grands et aux petits côtés du produit. Cependant, pour que la coulée s'effectue dans les bonnes conditions et en particulier pour permettre l'introduction de la busette tubulaire dans la lingotière, il faut que cette dernière ait une largeur minimale qui conditionne l'épaisseur de la brame. A ce jour, l'épaisseur minimale de brame coulée industriellement est de l'ordre de 150 mm.

Le problème de la coulée continue de produit mince, c'est-à-dire d'épaisseur assez réduite pour passer directement dans un train de laminage a été étudié depuis longtemps et même depuis le début des études sur la coulée continue. Cependant, les différents procédés proposés jusqu'à

présent reposent généralement sur des techniques nouvelles, par exemple des systèmes à roue ou à bande refroidie et n'ont pas encore débouché sur une utilisation industrielle.

On a également proposé d'utiliser ces machines du type classique adaptées à la coulée de bande mince.

Par exemple, dans le brevet des Etats-Unis 2.564.723, on propose d'utiliser une lingotière dont la partie inférieure a une section rectangulaire aplatie correspondant à celle que l'on désire donner au produit et dont la partie supérieure s'évase en forme de trémie, de façon à ménager une partie centrale élargie permettant l'introduction du tube de coulée.

Une telle disposition résout le problème de l'introduction du tube de coulée mais ne permet pas de couler l'acier en continu de façon industrielle. En effet, depuis l'époque du dépôt du brevet, on a constaté qu'il était nécessaire d'animer la lingotière, pendant la coulée, de mouvements d'oscillation verticale permettant d'éviter l'adhérence de la croûte solidifiée sur les parois de la lingotière. Or, la disposition décrite dans le brevet 2.564.723 ne permet pas de tels mouvements d'oscillation.

Pour résoudre ce problème des oscillations, le brevet français 1.505.630 prévoit également une lingotière en forme de trémie mais dont les parois larges convergentes vers le bas se composent de secteurs d'enveloppe cylindrique permettant un mouvement d'oscillation circulaire. Une telle disposition est difficile à mettre en oeuvre et suppose, comme la précédente, que le produit soit complètement formé à la sortie de la lingotière. Il en résulte un risque de blocage par effet de coin avec des efforts de traction s'exerçant dans une zone particulièrement sensible de l'installation.

L'invention a pour objet un nouveau procédé et une machine permettant de réaliser des produits minces en conservant les avantages des machines classiques, c'est-à-dire, d'une façon générale, la formation de la croûte solidifiée dans une lingotière à parois cylindriques à génératrice parallèle à l'axe de coulée, et le maintien d'un coeur de métal fondu à l'intérieur du produit à la sortie de la lingotière, la solidification complète étant réalisée dans un dispositif de refroidissement secondaire comprenant des moyens de refroidissement et de maintien au moins des grandes faces du produit jusqu'à solidification complète.

Pour permettre l'introduction du tube de coulée dans la lingotière, cette dernière comporte comme dans les dispositions décrites précédemment, une partie centrale élargie se rétrécissant vers les côtés jusqu'à une épaisseur égale à celle du produit mince à couler. Cette section est conservée jusqu'à la sortie de la lingotière, celle-ci ayant des parois larges cylindriques à génératrices parallèles à l'axe de coulée et d'oscillations.

Conformément à l'invention, on donne aux parois larges de la lingotière une forme incurvée de telle sorte que le produit coulé comporte une partie centrale élargie se rétrécissant en forme de

fuseau jusqu'à des bords ayant une épaisseur égale à celle du produit mince à couler et on réalise ensuite un aplatissement progressif de la partie centrale du produit jusqu'à une épaisseur égale à celle des bords dans une cage de réduction placée immédiatement après l'orifice de sortie de la lingotière et comprenant deux surfaces de guidage et de redressement, respectivement, des deux grandes faces du produit, dont le profil est déterminé en fonction de la vitesse de coulée de façon à exercer une pression uniformément répartie sur toute la surface provoquant et contrôlant sur chacune des grandes faces les déplacements symétriques de deux zones de redressement depuis le bord vers l'axe à une vitesse dont les composantes axiale et radiale soient synchronisées avec la vitesse de coulée de façon à réaliser un redressement continu des parois longitudinales du produit jusqu'à solidification complète.

De façon préférentielle, on donne à lingotière un profil interne tel que les grandes faces longitudinales du produit se terminent sur les bords par des parties extrêmes planes parallèles au plan longitudinal de symétrie de la lingotière et coupant perpendiculairement les petites faces du produit et, dans la cage de réduction d'épaisseur, on réalise un redressement de la partie centrale en permettant un élargissement progressif des parties extrêmes planes, celles-ci étant maintenues perpendiculaires aux petites faces.

Selon une autre caractéristique avantageuse, le profil des surfaces de supportage des grandes faces longitudinales du produit est déterminé en fonction de la vitesse de coulée et des conditions de refroidissement, de telle sorte que chaque zone de redressement se déplace vers l'axe à une vitesse radiale sensiblement constante et coordonnée avec la vitesse de coulée et avec la vitesse d'épaississement de la peau solidifiée de telle sorte que la solidification complète et le redressement des grandes faces du produit soient réalisés sensiblement en même temps à la sortie de ladite cage de réduction.

L'invention couvre également une machine de coulée continue de produits minces pour la mise en oeuvre du procédé, comportant une lingotière ayant à sa partie supérieure, en section transversale, une épaisseur suffisante dans sa partie centrale pour l'introduction du tube de coulée (T) et se retrécissant vers les deux côtés jusqu'à une épaisseur de l'ordre de celle du produit à couler, et un dispositif de refroidissement secondaire comportant des moyens de maintien, avec refroidissement, des grandes faces du produit coulé jusqu'à solidification complète.

Selon l'invention, la forme, en section transversale, de l'espace tubulaire interne (13) de la lingotière (1) est conservée jusqu'à la sortie de celle-ci de telle sorte que le produit sortant par l'orifice inférieur (16) de la lingotière (1) ait une partie (55) plus épaisse que les bords (57) et le dispositif de refroidissement secondaire comprend une cage de réduction d'épaisseur placée immédiatement au-dessous de la lingotière et munie de moyens de maintien définissant deux

surfaces sensiblement continues de guidage des grandes faces du produit et limitant un espace interne de passage du produit ayant sur ses côtés une épaisseur constante égale à celle des côtés de la lingotière et dans sa partie centrale, une épaisseur diminuant progressivement dans le sens de coulée entre un orifice d'entrée de section transversale identique à celle de l'orifice de sortie de la lingotière et un orifice de sortie de section rectangulaire correspondant à celle du produit mince à couler.

De préférence, dans la cage de réduction d'épaisseur, le produit en bande est laissé libre de s'élargir vers les côtés en fonction de l'aplatissement de la partie centrale, de telle sorte que le périmètre, en section transversale à l'axe, reste conservé.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, les deux parois larges de la lingotière et les deux surfaces de guidage définies par les moyens de maintien des grandes faces du produit dans la cage de réduction d'épaisseur, comprennent une partie central incurvée de forme concave vers l'intérieur, prolongée latéralement par deux parties convexes de raccordement tangentiel, d'un côté à la partie centrale concave et de l'autre, à une partie extrême plane parallèle au plan longitudinal de symétrie de la lingotière et coupant perpendiculairement les parois étroites de la lingotière et les petites faces du produit, lesdites parties centrales concaves et de raccordement convexe se redressant progressivement dans la cage de réduction d'épaisseur, de façon à se trouver alignées avec les parties extrêmes planes à la sortie de ladite cage de réduction d'épaisseur.

Selon une autre caractéristique préférentielle, les moyens de maintien du produit dans la cage de réduction d'épaisseur réalisent un supportage continu et sans frottement des grandes faces du produit, par formation le long desdites faces d'un film de fluide de supportage sous une pression au moins égale à la pression ferro-statique dans le produit.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, la cage de réduction d'épaisseur est limitée par deux parois longitudinales constituées chacune d'une pluralité de caissons accolés, d'injection de fluides sous pression, répartis de telle sorte que leurs bords soient alignés suivant deux directions perpendiculaires et forment sur chaque paroi une grille de maintien du produit. De préférence, la grille de supportage est constituée de barres longitudinales et transversales placées dans des directions respectivement parallèles et perpendiculaires à l'axe de coulée, les barres longitudinales en vis-à-vis formant deux à deux, dans la partie centrale, un V ouvert vers le haut qui se referme progressivement en allant vers les côtés, les barres longitudinales extrêmes étant parallèles et écartées d'une distance sensiblement égale à l'épaisseur du produit à former, et les barres transversales d'une même grille formant à l'entrée de la cage un angle obtus qui s'ouvre en allant dans le sens de coulée jusqu'à devenir un angle plat à la sortie de la cage.

Dans un autre mode de réalisation, les moyens de maintien du produit, dans la cage de réduction d'épaisseur, sont constitués, pour chaque grande face, d'au moins une série de rouleaux à axes parallèles dont l'écartement et le diamètre sont déterminés en fonction de l'épaisseur de la peau solidifiée à cet endroit, et de l'effort de déformation du produit. Lesdits rouleaux sont limités par une surface externe de révolution engendrée par une ligne enveloppant, dans le plan passant par l'axe du rouleau et perpendiculaire à l'axe de coulée, la section transversale à donner à l'espace interne de la cage.

Mais l'invention sera mieux comprise par la description suivante de certains modes de réalisation, particulièrement avantageux, donnés à titre d'exemples et représentés sur les dessins annexés.

—la Fig. 1 représente schématiquement, en coupe longitudinale par le plan médian, la partie supérieure d'une installation de coulée continue selon l'invention.

—la Fig. 2 est une vue en coupe transversale à l'axe selon I—I de la Fig. 1, d'un mode de réalisation préférentiel de la lingotière;

—la Fig. 3 est une vue en coupe transversale suivant la ligne II—II de la cage de réduction d'épaisseur, représentée sur la Fig. 1;

—la Fig. 4 est une vue de détail schématique en 1/4 de coupe transversale de la partie extrême du produit et de la cage de réduction d'épaisseur;

—la Fig. 5 est une vue partielle en perspective du produit dans la cage de réduction d'épaisseur, en coupe transversale et longitudinale;

—la Fig. 6 est une vue en coupe longitudinale axiale d'un second mode de réalisation de la cage de réduction d'épaisseur;

—la Fig. 7 est une vue en coupe transversale selon la ligne III—III de la Fig. 6, indiquant de part et d'autre du grand axe, deux variantes de réalisation;

—la Fig. 8 est une vue en coupe longitudinale de la cage de réduction d'épaisseur dans un mode de réalisation à rouleaux;

—la Fig. 9 est une vue en coupe transversale à deux niveaux, selon la ligne IV—IV de la Fig. 8;

—la Fig. 10 représenté en coupe axiale, un autre mode de réalisation de la cage de réduction d'épaisseur;

—la Fig. 11 est une vue de détail représentant une partie de la cage de réduction d'épaisseur en coupe transversale, selon la ligne V—V de la Fig. 10.

Sur la Fig. 1, on a représenté schématiquement la partie supérieure d'une installation de coulée continue représentée en coupe par le plan médian P2 perpendiculaire aux parois longitudinales et passant par l'axe de coulée 10. L'installation comprend une lingotière 1 constituant un moule sans fond débouchant dans un dispositif de refroidissement secondaire comprenant, de façon classique, une première cage 2 placée immédiatement à la sortie de la lingotière 1 et un corset de refroidissement et de guidage 3 dans lequel s'achève la solidification.

La lingotière 1 est constituée, de façon habituelle, de deux parois larges 11 et de deux parois étroites 12 formant respectivement les grands et petits côtés d'un espace tubulaire interne 13 symétrique par rapport aux deux plans médians, longitudinal P1 et transversal P2 et montés à l'intérieur d'un châssis 14, lui-même fixé sur une table 15 qui est reliée à un plancher de coulée 20 par des moyens de guidage et d'oscillation, non représentés bien connus dans la technique et qui permettent d'animer la lingotière de mouvements d'oscillation le long de l'axe de coulée 10.

Comme on le voit sur les coupes transversales, par exemple sur les Fig. 2 et 4, les deux parois larges 11 ont un profil cylindrique à génératrices parallèles à l'axe et incurvé en section transversale de façon à limiter un espace tubulaire interne 13 en forme de fuseau symétrique par rapport à deux plans, respectivement longitudinal P1 et transversal P2 passant par l'axe 10 et comprenant une partie centrale bombée 17 se rétrécissant progressivement, dans le sens transversal à l'axe, vers deux petits côtés 18 limités par les deux parois étroites 12 intercalées, de façon classique, entre les deux parois larges 11, et ayant une faible largeur (1), sensiblement égale à l'épaisseur du produit en bande à former. De préférence comme on le verra, plus en détails par la suite, les parois longitudinales 11 de la lingotière comprennent une partie centrale 17 convexe vers l'intérieur et se raccordant, par deux parties médianes 19, à deux parties latérales planes 18 parallèles au plan longitudinal de symétrie P1.

Le produit sortant de la lingotière par l'orifice inférieur 16 a dont une partie 55 centrale plus épaisse que les bords 57.

A la sortie de la lingotière, le produit 5 passe immédiatement dans la première partie 2 du dispositif de refroidissement secondaire, ce dernier étant, de façon classique, constituée d'une cage munie de moyens de maintien des grandes faces du produit dont la constitution est adaptée à la faible épaisseur de la peau solidifiée à cet endroit.

Dans le mode de réalisation représenté sur la Fig. 1, les moyens de maintien des deux grandes faces du produit sont constitués par deux parois 4 en forme de grille comprenant des barres longitudinales 41 placées dans des plans parallèles au plan médian et des barres transversales 42 orthogonales à l'axe 10.

Les barres longitudinales 41 placées en vis-à-vis dans un même plan vertical forment deux à deux dans la partie centrale, un V ouvert vers le haut d'un angle A qui se referme progressivement lorsque l'on se rapproche des côtés de telle sorte que les barres longitudinales extrêmes 410 soient parallèles et écartées d'une distance 1 correspondant à l'épaisseur de la bande sortant de la lingotière. De façon correspondante, les barres transversales 42 dont la forme est adaptée à celle du produit, forment, à l'entrée 43 de la cage de maintien 2, une courbe ouverte d'un angle obtus B et dont le rayon de courbure augmente progressivement lorsqu'on descend

dans le sens de coulée, les barres inférieures 420 placées à la sortie de la cage étant pratiquement rectilignes.

De la sorte, les deux parois larges 4 limitent un espace interne 40 de passage du produit ayant sur les côtés 48 une épaisseur constante (1) égale à celle des côtés de la lingotière et, dans sa partie centrale 47, une épaisseur qui diminue progressivement dans le sens de coulée, entre l'orifice d'entrée 48 de la cage de maintien 2, de section identique à celle de l'orifice de sortie 16 de la lingotière et un orifice de sortie 44 placé à la partie inférieure de la cage 2 et ayant une section rectangulaire correspondant à celle du produit mince à former.

De la sorte, le produit 5 formé à l'intérieur de la lingotière et qui, comme on l'a indiqué, a la forme de celle-ci, c'est-à-dire une partie centrale épaisse se rétrécissant progressivement vers le côté dans le sens horizontal, pénètre dans la partie supérieure de la cage de maintien 2 dont les grandes faces déterminent une réduction d'épaisseur de la partie centrale au fur et à mesure de la progression du produit dans le sens de coulée. Cette réduction d'épaisseur est possible du fait que le produit coulé est constitué, à la sortie de la lingotière, d'un noyau liquide 51 entouré par une peau solidifiée 52 et par conséquent, déformable.

Cependant, pour réaliser cet aplatissement progressif du produit dans la cage de réduction d'épaisseur, en évitant les défauts le long des parois longitudinales et notamment des criques pouvant conduire à des déchirures de la peau, il est nécessaire que le supportage des grandes faces du produit au cours de leur progression et de leur redressement n'introduise pas de contraintes significatives sur la peau en cours de solidification, mais soumette celle-ci uniquement à des contraintes uniformément réparties et ayant en chaque point une valeur compatible avec son épaisseur à cet endroit, cette épaisseur devant à la fois donner la résistance nécessaire, tout en conservant une souplesse suffisante pour permettre la déformation, sans altération de la qualité.

Selon la caractéristique essentielle de l'invention, il faut tout d'abord que la grille de maintien des faces longitudinales du produit dans la cage de réduction d'épaisseur, constitue une surface d'appui pratiquement continu et autant que possible, sans frottement. A cet effet, il est intéressant que les surfaces de maintien des deux grandes faces du produit dans la cage de réduction d'épaisseur soient constituées chacune par une pluralité de caissons accolés qui peuvent être délimités par les barres longitudinales 41 et transversales 42, ou bien réalisés de la façon représentée sur les Fig. 6 et 7. Chaque caisson est fermé vers l'extérieur par un fond 61 et sur les côtés par des bords 62, limitant, du côté du produit, un orifice de large ouverture 63 dans lequel débouche un conduit 64 relié à un circuit non représenté d'alimentation en fluide sous pression. La pression du fluide est déterminée en fonction de l'emplacement du caisson, c'est-à-dire de la hauteur d'acier liquide à cet endroit et

de la forme et de l'épaisseur de la paroi solidifiée, de façon à équilibrer la pression ferro-statique à ce niveau, avec un débit de fuite le long des bords 62 permettant de ménager un espace de largeur (3) entre le produit et la grille pour éviter les contacts (Fig. 4).

Les caissons sont disposés suivant des étages successifs 65 (Fig. 6) dont la hauteur est déterminée d'une part, pour ne pas multiplier excessivement le nombre d'étages et d'autre part, pour que la pression ferro-statique sur la hauteur du caisson soit relativement constante.

Comme on l'a représenté sur la partie gauche de la Fig. 7, chaque étage 65 peut comporter un seul caisson s'étendant sur toute la largeur du produit et alimenté, de préférence, par plusieurs buses 66 d'injection de fluide reliées à un canal d'alimentation unique 64. Mais il est également possible, comme on l'a représenté sur la partie droite de la Fig. 7, de répartir dans un même étage, sur toute la largeur du produit, un certain nombre de caissons 60 reliés séparément à une conduite unique 65 d'alimentation en fluide sous pression.

Les bords 62 des caissons sont de préférence alignés suivant des directions longitudinales et transversales, constituant une grille de supportage du produit et c'est pourquoi, il est également possible de limiter les caissons, comme dans le mode de réalisation de la Fig. 3, par des barres longitudinales 41 et transversales 42.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le profil des surfaces de maintien des grandes faces du produit est déterminé en fonction de la vitesse de coulée et des conditions de refroidissement, de façon à assurer un redressement progressif desdites grandes faces, au fur et à mesure de leur épaississement et par conséquent, leur durcissement.

Sur la Fig. 4, on a représenté la partie extrême du produit 5 et de la paroi large 4 de la cage de réduction d'épaisseur. Il est avantageux de donner à la lingotière 1 une section interne en fuseau tel, qu'à la sortie de la lingotière, chaque face longitudinale du produit comprenne une partie centrale 55 convexe vers l'extérieur prolongée par deux parties concaves 56 de raccordement tangentiel, d'un côté à la partie centrale 55 et de l'autre, à une partie extrême plane 57 parallèle au plan longitudinal de symétrie P1 et coupant perpendiculairement et de préférence à angle vif la petite face 54 du produit. Chaque surface 4 de supportage du produit 5 comprend donc, à la partie supérieure de la cage de redressement 2, une partie centrale 47 concave vers l'axe 10, se raccordant par des parties médianes convexes 49 à des parties latérales 48 parallèles au plan longitudinal de symétrie P1.

Ainsi, dès le début de la coulée, on réalise, à l'intérieur même de la lingotière, un produit à chants rectangulaires et l'on reporte de la sorte à une certaine distance du petit côté 54 les efforts de redressement des grandes faces du produit. L'obtention directe d'un produit à chants plans est en soi intéressante car elle permet de réduire les

pertes de métal mais, dans le cadre de l'invention, cette forme particulière permet en plus d'éviter de réaliser, au cours de l'aplatissement, une déformation angulaire de l'extrémité latérale qui serait particulièrement difficile et pourrait être préjudiciable dans cette zone.

D'autre part, en obtenant directement sur les côtés du produit la forme rectangulaire d'épaisseur désirée, on dispose d'un point d'appui à partir duquel le processus de déformation va pouvoir être réalisé progressivement en avançant vers le centre au fur et à mesure de la progression du produit dans la cage de redressement, pour obtenir à la sortie de celle-ci ou peu après, un produit complètement solidifié et ayant la section mince rectangulaire souhaitée.

Sur les Fig. 4 et 5, on a représenté schématiquement le processus de redressement. La Fig. 5 montre, en perspective, l'évolution à l'intérieur de la cage de réduction d'épaisseur (non représentée) du produit 5 comprenant un coeur de métal liquide 51 entouré par une peau solidifiée 52 dont l'épaisseur augmente dans le sens de progression du produit, c'est-à-dire dans le sens oz, la figure étant rapportée à un trièdre Oxyz.

Si l'on considère l'évolution d'une grande face 53 du produit, la partie extrême plane 57 qui va de l'angle A jusqu'au point B1 doit avoir une largeur (D) telle que l'effort de redressement de la face 53 ne fasse subir aucun effet au produit solidifié sur le chant A. Selon la caractéristique essentielle de l'invention, on exerce une poussée répartie de façon continue sur les deux parties incurvées 55 et 56, de telle sorte que la largeur d de la partie plane 57 augmente de façon continue au fur et à mesure de l'avancement du produit et de l'épaississement de la peau solidifiée 52. Ainsi, si l'on considère une tranche transversale du produit passant du niveau z1 du point A, au niveau z2, la partie plane 57 s'étend, à ce niveau, sensiblement jusqu'au point c2, qui, au niveau z1, se trouvait en c1. Le plan tangent P à la grande face 53 au point c1 fait un angle U avec l'axe Ox et un angle V avec l'axe Oz et ces deux angles se referment progressivement du point c1 au point c2, au cours de la progression du produit et du redressement de la face 53. Le profil des parois larges 4 de la cage de redressement est déterminé de telle sorte que la vitesse dy/dt de déplacement transversal du point c1 et les vitesses de rotation dU/dt et dV/dt du plan tangent P respectivement dans le sens horizontal et vertical, soient compatibles avec la vitesse coulée dz/dt , du produit et suffisamment faible pour que les élongations qui en résultent entre les points c1 et c2 ne créent pas de défaut dans la peau solidifiée, compte tenu de son épaisseur et de la qualité du métal. Les connaissances actuelles d'un technicien spécialisé en coulée continue, qui reposent sur plusieurs années d'exploitation de machines de coulée, permettent en effet de définir avec une certaine précision, la résistance à la déformation de la peau solidifiée 52. Compte tenu de la faible épaisseur du produit, cette peau conserve, jusqu'à solidification complète, une souplesse suffisante

pour permettre le redressement progressif qui s'effectue au moyen d'une poussée uniformément répartie avec pivotement de la paroi solidifiée autour de la zone de raccordement 58 avec la partie plane 57 qui constitue un point d'appui pour l'effort de redressement, étant donné que la solidification progresse plus vite sur les bords latéraux du coeur liquide 51.

L'effort à développer pour déformer l'enveloppe 52 en cours de solidification est composé de deux valeurs:

—la force nécessaire pour vaincre la pression ferro-statique au droit de l'élément de volume à déplacer et qui dépend de la hauteur de métal à cet endroit;

—la force nécessaire pour déformer les surfaces métalliques qui lient cet élément de volume à son environnement.

Les moyens décrits plus haut permettant l'écoulement d'un film fluide entre le produit coulé et la paroi 4 de la cage, permettent, en supprimant pratiquement le frottement, de réduire au maximum ces efforts et d'éviter une altération de la surface du produit et de la géométrie de la cavité de la cage de réduction 4.

On notera qu'il est préférable que le fluide utilisé ne soit pas un agent refroidissant ou du moins le soit le moins possible, ce qui conduit à choisir l'air ou un gaz neutre de préférence à l'eau.

Par ailleurs, pour ne pas créer de contrainte supplémentaire dans l'enveloppe solidifiée 52, il est préférable que le périmètre du produit en section transversale soit conservé au cours de sa descente et de son aplatissement dans la cage de maintien 2. Celle-ci ne comportera donc, comme on l'a indiqué sur la Fig. 3, que des parois larges 4 de façon à laisser le produit s'élargir légèrement sur les côtés. Du fait de la faible largeur du produit sur ses côtés, cette absence de parois de maintien des petites faces 54 n'a pas d'inconvénient, la peau solidifiée étant suffisamment épaisse à la sortie de la lingotière.

Le profil des faces de supportage 4 étant déterminé de façon que le noyau liquide 51 subsiste pratiquement jusqu'à l'orifice de sortie 44 de la cage de redressement, il n'y a donc pas à craindre de blocage du produit à cet endroit par effet de coin.

Le produit est alors entièrement solidifié, la partie inférieure 3 du dispositif de refroidissement secondaire placée au-dessous de la cage de redressement 2 peut être constituée, de façon tout à fait classique, d'une série de rouleaux 31. Toutes les dispositions classiques peuvent d'ailleurs être utilisées dans cette partie et il faut noter que la mince épaisseur du produit formé 53 permet de le diriger à l'horizontale plus rapidement que dans les installations de coulée de brames relativement épaisses.

La deuxième partie 3 du dispositif de refroidissement secondaire pourra donc être raccourcie, voire dans certains cas, supprimée et, même s'il faut allonger la première cage 2, la hauteur totale de l'installation devrait, finalement être diminuée.

D'une façon générale, comme on l'a indiqué sur les Fig. 2 et 4, la largeur (L) de la partie centrale de l'espace interne 13 est déterminée de façon à permettre l'introduction dans la lingotière du tube de coulée T prolongeant la busette de sortie du récipient intermédiaire. De la sorte, il est possible de réaliser la coulée d'une façon tout à fait classique avec, notamment une régulation du débit d'acier liquide et du niveau de ce dernier à l'intérieur de la lingotière.

Selon un autre perfectionnement représenté sur la Fig. 1, les parois larges 4 de la cage de réduction 2 sont montées chacune sur un châssis de support 21 muni à sa partie supérieure d'oreilles de suspension 45 articulées autour d'axes horizontaux sur un cadre fixe 22 ou directement sur le plancher de coulée 20. En outre, deux vérins identiques 23 placés de part et d'autre de la cage et alimentés et/ou commandés simultanément sont articulés à leurs deux extrémités, respectivement sur les deux châssis 21 de support des parois 4. De la sorte, en alimentant simultanément, dans un sens ou dans l'autre, les vérins à double effet 23, il est possible de commander l'ouverture ou le resserrement des parois de supportage 4. Il est ainsi possible d'ouvrir rapidement la cage de réduction 2 par exemple pour dégager le produit en cas de percée ou d'un blocage pour une raison quelconque.

Les deux châssis 21 de support des parois 4 peuvent être articulés l'un sur l'autre ou bien, comme on l'a représenté sur la figure, être munis à leur partie inférieure de galets 25 qui s'appuient directement sur la bande 53 à la sortie de la cage de maintien 2.

Les éléments de maintien et de déformation constituant la paroi large 4, doivent réaliser un supportage pratiquement continu du produit sur tout le pourtour de ses grandes faces et il est souhaitable, comme on l'a décrit plus haut, de réaliser la paroi 4 sous forme d'une grille. Cependant, dans certains cas et notamment si les qualités du métal donnent à la peau solidifiée une résistance suffisante, il ne serait pas exclu, comme on l'a représenté sur les Fig. 8 et 9, de réaliser le supportage des grandes faces et leur redressement, au moyen de rouleaux 7 d'axes horizontaux ou en tout cas orthogonaux à l'axe 10 de coulée, les entraxes et les diamètres des rouleaux étant déterminés en fonction de l'épaisseur de la peau solidifiée et de la hauteur de métal liquide au niveau correspondant pour assurer le maintien de la paroi sans risque de déchirure.

Comme on le voit sur la Fig. 9, le profil de chaque rouleau doit alors être déterminé de façon à correspondre, à chaque niveau, à la forme du produit et par conséquent, ce dernier ayant de préférence une forme en fuseau, la surface externe de rouleau sera constituée par une surface de révolution engendrée par une ligne enveloppant, dans le plan passant par l'axe du rouleau perpendiculaire à l'axe de coulée 10, la section transversale à donner au produit de façon que l'ensemble des rouleaux définisse une paroi de maintien et de redressement de forme voulue.

C'est pourquoi, comme on l'a représenté sur la Fig. 9, le profil des rouleaux dépendra de leur niveau à l'intérieur de la cage de redressement 2 et il pourra être nécessaire, compte tenu de la largeur du produit, de disposer un appui intermédiaire dans le plan médian du produit de façon que chaque rouleau s'étende seulement sur la moitié de la largeur du produit.

Dans un mode de réalisation encore plus perfectionné représenté sur les Fig. 10 et 11, les organes de maintien des grandes faces du produit sont constitués, sur chaque face, d'une série de barres 8 s'étendant sur toute la hauteur de la cage de maintien 2 et légèrement écartées les unes des autres. Chaque barre a, sur sa face tournée vers le produit, un profil déterminé en fonction de sa distance par rapport au plan médian passant par l'axe de coulée 10 de façon à passer, comme précédemment, d'un orifice d'entrée 43 de section identique à celle de l'orifice de sortie 16 de la lingotière à un orifice de sortie 44 de section rectangulaire correspondant à celle du produit à former.

Les barres sont animées individuellement de mouvements à pas de pèlerin suivant deux directions longitudinale et transversale qui leur permettent, lorsqu'elles sont au contact du produit, de se déplacer avec celui-ci dans le sens de coulée, puis de s'en écarter pour revenir en position supérieure et enfin se rapprocher au contact du produit. A cet effet, chaque barre 8 est associée à une paire de cames montées respectivement sur deux arbres de rotation 82 et placées à deux niveaux, respectivement supérieur et inférieur de la cage de maintien 2. L'une des deux cames, par exemple la came supérieure 80, s'engage dans un logement 83 ménagé à la partie supérieure de la barre 8 et comprenant une face verticale 84 et deux faces horizontales 85, respectivement supérieure et inférieure.

Des ressorts 24, fixés sur les barres 8 et sur le châssis 22 de la cage 2 tendant à écarter les barres 8 en les maintenant appliquées contre les cames 80, 81. En outre, l'une des faces horizontales 85 est munie d'un patin 25 appliqué par un ressort contre la came correspondante 80. Celle-ci a de préférence un profil circulaire de façon à s'appuyer, à tout moment, simultanément sur les trois faces et est excentrée par rapport à son arbre 82 pour déterminer un mouvement périodique comprenant un déplacement horizontal de la barre vers l'intérieur jusqu'au contact avec le produit, un mouvement descendant à la vitesse du produit en restant au contact de celui-ci, un déplacement horizontal d'écartement et un mouvement ascendant qui ramène la barre en position haute écartée du produit.

Sur la Fig. 11, qui est une vue de détail en coupe suivant la ligne V—V de la Fig. 10, et sur laquelle on a représenté uniquement quelques barres 8, on voit que, au même instant, certaines barres 8 sont au contact du produit alors que les barres alternées 86 en sont écartées. De la sorte, si la largeur et l'espacement des barres 8 sont déterminés correctement, on peut réaliser le maintien

des grandes faces du produit en s'arrangeant pour que celles-ci s'appuient à tout instant sur des barres 8 en nombre suffisant.

Bien entendu, les modes de réalisation qui viennent d'être décrits pourraient être encore modifiés ou perfectionnés. En particulier on pourrait employer dans la cage de réduction d'épaisseur d'autres moyens de maintien des grandes faces du produit permettant de réaliser un aplatissement progressif du produit avec supportage continu de ses grandes faces sur toute leur largeur.

Revendications

1. Procédé de coulée en continu de produits métalliques minces dans lequel le métal fondu est coulé dans une lingotière sans fond (1) comportant deux parois larges (11) et deux parois étroites (12) refroidies, pour former un produit (5) plat constitué d'un coeur liquide (51) entouré d'une peau solidifiée (52), qui est évacué par un orifice (16) de sortie de la lingotière (1) et passe ensuite dans un dispositif (2, 3) de refroidissement secondaire muni de moyens (4) de refroidissement et de maintien au moins des grandes faces du produit jusqu'à solidification complète, caractérisé par le fait que l'on donne aux parois larges (11) de la lingotière une forme incurvée de telle sorte que le produit coulé comporte une partie centrale élargie (55) se rétrécissant en forme de fuseau jusqu'à des bords ayant une épaisseur égale à celle du produit mince à couler et que l'on réalise ensuite un aplatissement progressif de la partie centrale (55) du produit (5) jusqu'à une épaisseur égale à celle des bords dans une cage de réduction (2) placée immédiatement après l'orifice de sortie de la lingotière (1) et comprenant deux surfaces de guidage et de redressement, respectivement, des deux grandes faces du produit, dont le profil est déterminé en fonction de la vitesse de coulée de façon à exercer une pression uniformément répartie sur toute la surface provoquant et contrôlant sur chacune des grandes faces les déplacements symétriques de deux zones de redressement depuis le bord vers l'axe à une vitesse dont les composantes axiale et radiale soient synchronisées avec la vitesse de coulée de façon à réaliser un redressement continu des parois longitudinale du produit jusqu'à solidification complète.

2. Procédé de coulée de produits minces selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on donne à la lingotière un profil interne tel que les grandes faces longitudinales du produit (5) se terminent sur les bords par des parties extrêmes planes (57) parallèles au plan longitudinal de symétrie P1 de la lingotière (1) et coupant perpendiculairement les petites faces (54) du produit et que, dans la cage de réduction d'épaisseur, on réalise un redressement de la partie centrale (55) en permettant un élargissement progressif des parties extrêmes planes (57), celles-ci étant maintenue perpendiculairement aux petites faces (54).

3. Procédé de coulée selon l'une des revendica-

tions 1 et 2, caractérisé par le fait que le profil des surfaces de supportage des grandes faces du produit est déterminé en fonction de la vitesse de coulée et des conditions de refroidissement de telle sorte que chaque zone de redressement se déplace vers l'axe à une vitesse radiale sensiblement constante et coordonnée avec la vitesse de coulée et avec la vitesse d'épaississement de la peau solidifiée de telle sorte que la solidification complète et le redressement des deux grandes faces du produit (5) se trouvent réalisées sensiblement en même temps à la sortie de ladite cage (2) de réduction.

4. Machine de coulée continue de produits métalliques minces pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3, ladite machine comprenant, le long d'un axe de coulée, une lingotière en forme de moule sans fond (1) comportant deux parois larges (11) et deux parois étroites (12) limitant un espace tubulaire interne (13) ayant, à sa partie supérieure, en section transversale, une épaisseur suffisante, dans sa partie centrale pour l'introduction d'un tube de coulée (55) et se rétrécissant vers les deux côtés jusqu'à une épaisseur de l'ordre de celle du produit (5) à couler, et un dispositif de refroidissement secondaire (2, 3) comportant des moyens (4) de maintien avec refroidissement des grandes faces (51) du produit coulé (5) jusqu'à solidification complète, caractérisée par le fait que la forme, en section transversale, de l'escape tubulaire interne (13) de la lingotière (1) est conservée jusqu'à la sortie de celle-ci de telle sorte que le produit sortant par l'orifice inférieure (16) de la lingotière (1) ait une partie (55) plus épaisse que les bords (57) et que le dispositif de refroidissement secondaire comprend une cage (2) de réduction d'épaisseur placée immédiatement au-dessous de l'orifice (16) de sortie de la lingotière (1) et munie de moyens (4) de maintien définissant deux surfaces sensiblement continues de guidage des grandes faces du produit (5) limitant un espace interne (40) de passage du produit ayant, sur ses côtés (48) une épaisseur constant (1) égale à celle des côtés (12) de la lingotière et, dans sa partie centrale (47), une épaisseur (L) diminuant progressivement, dans le sens de coulée, entre un orifice d'entrée (43) de section transversale identique à celle de l'orifice de sortie (16) de la lingotière (1) et un orifice de sortie (44) de section rectangulaire correspondant à celle du produit mince (53) à former.

5. Machine de coulée de produits minces selon la revendication 4, caractérisée par le fait que, dans la cage (2) de réduction d'épaisseur, le produit (5) est laissé libre de s'élargir vers les côtés en fonction de l'aplatissement de sa partie centrale, le périmètre du produit, en section transversale à l'axe, restant conservé.

6. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisée par le fait que les deux parois larges de la lingotière (1) et les deux surfaces de guidage définies par les moyens (4) de maintien des grandes faces du produit (5) dans la cage (2) de réduction d'épaisseur com-

prennent une partie centrale incurvée (17, 47) de forme concave vers l'intérieur, prolongée latéralement par deux parties convexes (19, 49) de raccordement tangentiel, d'un côté à la partie centrale concave (17, 47) et de l'autre à une partie extrême plane (18, 48), parallèle au plan longitudinal de symétrie P1 de la lingotière et coupant, perpendiculairement, les parois étroites (12) de la lingotière (1) et les petites faces (54) du produit (5), lesdites parties centrales concaves (47) et de raccordement convexes (49) se redressant progressivement dans la cage de réduction d'épaisseur (2) de façon à se trouver alignées avec les parties extrêmes planes (48) à la sortie de ladite cage de réduction (2).

7. Machine de coulée continue selon la revendication 6, caractérisée par le fait que la largeur transversale (d) des parties extrêmes planes (18, 48) des parois larges de la lingotière (1) et des surfaces de guidage à l'entrée de la cage (2) de réduction d'épaisseur sont déterminées en fonction du rapport entre les épaisseurs (L et 1) du produit dans la partie centrale de la lingotière et sur les côtés, des conditions de refroidissement, de la vitesse de coulée et de la vitesse de réduction d'épaisseur de la partie centrale de façon que les contraintes dues au redressement des grandes faces du produit soient en chaque point compatibles avec la résistance de la peau solidifiée (52) et ne génèrent pas de défauts.

8. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les moyens (4) de maintien du produit dans la cage (2) de réduction d'épaisseur réalisent un supportage uniforme et continu sans frottement des faces longitudinales du produit par formation le long desdites faces d'un film de fluide de supportage sous une pression au moins égale à la pression ferro-statique dans le produit.

9. Machine de coulée continue selon la revendication 8, caractérisée en ce que le fluide de supportage est mauvais conducteur de la chaleur.

10. Machine de coulée de produits minces selon la revendication 8, caractérisée par le fait que la cage (2) de réduction d'épaisseur est limitée par deux parois longitudinales constituées chacune d'une pluralité de caissons (6) s'ouvrant du côté de l'espace interne (40) et dans lesquels est injecté le fluide de supportage avec un débit de fuite pour le maintien du produit décollé des bords (62) du caisson (6).

11. Machine de coulée de produits minces selon la revendication 10, caractérisée par le fait que les caissons (6) d'injection de fluide sont répartis de telle sorte que leurs bords (62) soient alignés suivant deux directions perpendiculaires et forment sur chaque paroi une grille de maintien du produit.

12. Machine de coulée de produits minces selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que la cage (2) de réduction d'épaisseur est limitée par deux parois larges (4) en forme de grille de maintien du produit comprenant des barres longitudinales (41) et transversales (42) placées dans des plans respectivement

parallèles et perpendiculaires à l'axe de coulée (10), les barres longitudinales (41) en vis-à-vis formant deux à deux, dans la partie centrale (47), un V ouvert vers le haut qui se referme progressivement en allant vers les côtés (48), les barres longitudinales extrêmes (410) étant parallèles et écartées d'une distance (1) sensiblement égale à l'épaisseur du produit à former, et les barres transversales (42) d'une même grille formant à l'entrée (43) de la cage un angle obtus (B) qui s'ouvre en allant dans le sens de coulée jusqu'à devenir un angle plat à la sortie de la cage (2).

13. Machine de coulée selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée par le fait que les moyens de maintien du produit dans la cage de réduction d'épaisseur sont constitués, pour chaque grande face, d'au moins une série de rouleaux de petit diamètre (73) dont les axes sont parallèles et placés dans des plans espacés perpendiculaires à l'axe de coulée, lesdits rouleaux (73) étant limités par une surface externe de révolution engendrée par une ligne enveloppant, dans le plan passant par l'axe du rouleau et perpendiculaire à l'axe de coulée, la section transversale à donner à l'espace interne (40) de la cage.

14. Machine de coulée de produits minces selon la revendication 1, caractérisée par le fait que les moyens de maintien du produit dans la cage de réduction d'épaisseur (2) sont constitués sur chaque grande face (52) du produit par une pluralité de barres longitudinales (8) s'étendant sur toute la hauteur de la cage (2) et légèrement écartées les unes des autres, chaque barre (8) ayant, sur sa face tournée vers le produit (5), un profil déterminé en fonction de sa distance par rapport au plan médian longitudinal P1 de telle sorte que l'ensemble des barres (8) enveloppe un espace interne (40) ayant, à l'entrée (43) de la cage (2), une section transversale en fuseau qui s'aplatit progressivement jusqu'à une section de sortie (44) rectangulaire.

15. Machine de coulée de produits minces selon la revendication 14, caractérisée par le fait que les barres de maintien (8) sont reliées individuellement à un mécanisme de déplacement à pas de pèlerin déterminant successivement un déplacement longitudinal de la barre (8) correspondante, dans le sens de coulée, à la vitesse du produit, un déplacement transversal d'écartement de la barre (8) du produit (5), un déplacement longitudinal en sens inverse et un déplacement transversal de rapprochement de la barre (8) jusqu'au contact avec le produit (5) les mouvements respectifs des barres (8) étant décalés l'une par rapport à l'autre de telle sorte qu'à tout instant le produit (5) soit supporté par un nombre suffisant de barres (8), compte tenu de la résistance de la croûte solidifiée (52).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggiessen von dünnen Erzeugnissen aus Metall, bei welchem das flüssige Metall in eine aus zwei gekühlten breiten Wänden (11) und zwei gekühlten schmalen Wän-

den (12) bestehende bodenlose Kokille (1) gegossen wird, zur Bildung von Flachzeug (5) mit einem von einer erstarrten Haut (52) umgebenen flüssigen Kern (51), das durch eine Austrittsöffnung (16) der Kokille (1) abgezogen wird und dann eine sekundäre Kühlungs- und Haltemittel (4) mindestens der grossen Erzeugnisoberflächen bis zur vollständigen Erstarrung durchläuft, dadurch gekennzeichnet, dass die breiten Kokillenwände (11) bogenförmig so gestaltet werden, dass das gegossene Erzeugnis ein erweitertes Mittelteil (55) aufweist, das sich spindelförmig bis zu den Kanten verjüngt, mit einer Stärke, die derjenigen des zu glessenden dünnen Erzeugnisses entspricht, und dass dann eine allmähliche Abflachung des Mittelteils (55) vom Erzeugnis (5) erfolgt bis zu einer Stärke, die derjenigen der Kanten in einem unmittelbar hinter der Austrittsöffnung der Kokille (1) angeordneten Reduziergerüst (2) entspricht, und mit zwei Führungs- und Richtflächen jeweils der beiden grossen Erzeugnisoberflächen, wobei deren Profil in Abhängigkeit von der Glessgeschwindigkeit so bestimmt wird, dass die gesamte Oberfläche mit einem gleichmässig verteilten Druck belastet wird, der jeweils auf den breiten Seitenflächen die symmetrischen Bewegungen der beiden Richtzonen von der Kante aus bis hin zur Achse mit einer Geschwindigkeit bewirkt und kontrolliert, deren Axial- und Radialkomponenten mit der Glessgeschwindigkeit derart synchronisiert sind, dass ein kontinuierliches Richten der Erzeugnis Längswänden bis zur vollständigen Erstarrung erzielt wird.

2. Glessverfahren für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Innenprofil der Kokille so gestaltet wird, dass die grossen Längsseiten des Erzeugnisses (5) an den Kanten mit flachen Endteilen (57) abschliessen, die parallel zur Symmetrie-Längsebene P1 der Kokille (1) verlaufen und die schmalen Seiten (54) der Erzeugnisse senkrecht schneiden, und dass das Mittelteil (55) in dem Dickenreduziergerüst gerichtet wird, wobei eine allmähliche Erweiterung der flachen Endteilen (57) ermöglicht wird und diese senkrecht zu den Schmalseiten (54) gehalten werden.

3. Glessverfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Oberflächenprofil zur Abstützung der grossen Erzeugnisse in Abhängigkeit von der Glessgeschwindigkeit und den Kühlungsbedingungen so bestimmt wird, dass sich jede Richtzone mit einer im wesentlichen konstanten und mit der Glessgeschwindigkeit und der Verdickungsgeschwindigkeit der erstarrten Haut abgestimmten Radialgeschwindigkeit so zur Achse hin bewegt, dass die vollständige Erstarrung und das Richten der beiden grossen Seitenflächen von dem Erzeugnis (5) im wesentlichen gleichzeitig am Austritt aus diesem Reduziergerüst (2) erfolgen.

4. Vorrichtung zum Stranggiessen von dünnen Erzeugnissen aus Metall zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, Vorrichtung, die entlang einer Giessachse eine

bodenlose als Glessform ausgebildete Kokille (1) mit zwei breiten Wänden (11) und zwei schmalen Wänden (12) aufweist, die einen rohrförmigen Innenraum (13) mit einer ausreichenden Dicke an dessen Oberteil zur Einführung eines Giessrohres (T) in dessen Mittelteil abgrenzen und sich zu den beiden Seiten hin bis zu einer Dicke verjüngen, die derjenigen des zu glessenden Erzeugnisses (5) entspricht, sowie eine sekundäre Kühlungs- und Haltemittel (4) zur Kühlung der grossen Oberflächen (51) des Glessserzeugnisses (5) bis zur vollständigen Erstarrung, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsbildung des rohrförmigen Inneraumes (13) der Kokille (1) bis zum Austritt aus derselben so erhalten bleibt, dass das durch die untere Oeffnung (16) der Kokille (1) austretende Erzeugnis ein dickeres Teil (55) als die Kanten (57) aufweist, und dass die sekundäre Kühlungs- und Haltemittel (4) unter der Austrittsöffnung (16) aus der Kokille (1) angeordnetes Dickenreduziergerüst (2) mit Haltemittel (4) umfasst, die zwei im wesentlichen kontinuierliche Führungsseiten der grossen Oberflächen des Erzeugnisses (5) bestimmen, die einen Innenraum (40) für den Erzeugnisdurchgang abgrenzen, der an den Seiten (48) eine konstante, derjenigen der Kokillenseiten (12) entsprechende Dicke aufweist, sowie in seinem Mittelteil (47) eine Dicke (L), die zwischen einer Eintrittsöffnung (43) mit einem demjenigen der Austrittsöffnung (16) der Kokille (1) identischen Querschnitt und einer Austrittsöffnung (44) mit einem rechteckigen demjenigen des zu bildenden dünnen Erzeugnisses (53) entsprechenden Querschnitt sich allmählich in der Giessrichtung verringert.

5. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Erzeugnis (5) in dem Dickenreduziergerüst (2) in Abhängigkeit der Abflachung seines Mittelteils sich frei zu den Seiten erweitern kann, wobei der Erzeugnisumfang im Querschnitt quer zur Achse unverändert bleibt.

6. Stranggiessvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden breiten Wände der Kokille (1) und die beiden durch die Haltemittel (4) der grossen Oberflächen von dem Erzeugnis (5) in dem Dickenreduziergerüst (2) bestimmten Führungsflächen ein nach innen gebogenes hohlförmiges Mittelteil (17, 47) mit zwei sich seitlich verlängernde konvexe Teile (19, 49), die sich auf einer Seite an das konkave Mittelteil (17, 47) und auf der parallel zur Symmetrie-Längsebene P1 der Kokille verlaufenden anderen Seite an ein flaches Endteil (18, 48) tangential anschliessen, das die schmalen Wände (12) der Kokille (1) und die kleinen Seiten (54) des Erzeugnisses (5) senkrecht schneidet, wobei das konkave Mittelteil (47) und die sich anschliessenden konvexen (49) Teile in dem Dickenreduziergerüst (2) sich allmählich so aufrichten, dass sie mit den flachen Endteilen (48) am Austritt aus dem Reduziergerüst (2) fluchten.

7. Stranggiessvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Querbreite (d)

der flachen Endteile (18, 48) der breiten Wände der Kokille (i) und der Führungsflächen am Eintritt in das Dickenreduziergerüst (2) in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen den Erzeugnisdicken (L und l) in dem Kokillenmittelteil und an den Seiten, den Kühlungsbedingungen, der Giessgeschwindigkeit und der Dickenabnahmegeschwindigkeit des Mittelteils so bestimmt werden, dass die durch das Aufrichten der grossen Erzeugnisoberflächen hervorgerufenen Spannungen in jedem Punkt mit der Festigkeit der erstarrten Haut (52) vereinbar sind und keine Fehler erzeugen.

8. Stranggiessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltemittel (4) für das Erzeugnis in dem Dickenreduziergerüst (2) eine reibungslose, gleichmässige und kontinuierliche Abstützung der langen Produktflächen durch einen entlang dieser Flächen gebildeten Flüssigkeitsfilm mit einem Druck erzeugen, der mindestens dem ferrostatischen Druck im Erzeugnis entspricht.

9. Stranggiessvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Stützmedium schiecht wärmeleitend ist.

10. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Dickenreduziergerüst (2) durch zwei Längswände begrenzt ist, die jeweils aus mehreren zum Innenraum (40) hin sich öffnenden Kammern (6) gebildet sind, in welche das Stützmedium mit einer Leckrate eingespritzt wird, um die Abhebung des Erzeugnisses von den Kanten (62) der Kammer zu gewährleisten.

11. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammern (6) für das Einspritzmedium derart verteilt sind, dass deren Kanten (62) gemäss zwei senkrechten Richtungen fluchten und an jeder Wand ein Halterost für das Erzeugnis bilden.

12. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dickenreduziergerüst (2) aus zwei als Halterost für das Erzeugnis ausgebildeten breiten Wänden mit jeweils in parallelen und senkrechten Ebenen zur Giessachse (10) angeordneten Längs- (41) und Querstäben (42) besteht, wobei die gegenüberliegenden Längsstäbe (41) paarweise ein nach oben geöffnetes V in dem Mittelteil (47) bilden, das sich zu den Seiten (48) hin allmählich verschliesst, und wobei die äussersten Längsstäbe (410) parallel und im Abstand (1) angeordnet sind, der im wesentlichen der Dicke des zu bildenden Erzeugnisses entspricht, und die Querstäbe (42) von ein und demselben Rost am Eintritt (43) in das Gerüst einen zur Giessrichtung sich öffnenden stumpfen Winkel (B) bilden, der schliesslich am Austritt aus dem Gerüst (2) in einen ebenen Winkel übergeht.

13. Giessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltemittel für das Erzeugnis in dem Dickenreduziergerüst aus mindestens einem Satz Rollen (73) mit kleinem Durchmesser für jede grosse Oberfläche bestehen, deren Achsen parallel und in voneinander im Abstand liegenden zur Giessachse

senkrechten Ebenen angeordnet sind, wobei die Rollen (73) durch eine äussere von einer Linie generierten Umlaufläche begrenzt sind, welche den dem Gerüstinnenraum (40) zu gebenden Querschnitt in der durch die Rollennachse verlaufende, zur Giessachse senkrechten Ebene umhüllt.

14. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltemittel für das Erzeugnis in dem Dickenreduziergerüst (2) an jeder grossen Erzeugnisoberfläche (52) aus mehreren Längsstäben (8) bestehen, die über die ganze Höhe des Gerüsts (2) verlaufen und etwas voneinander im Abstand liegen, wobei jeder Stab (8) auf der zum Erzeugnis (5) hin gerichteten Fläche ein in Abhängigkeit von seinem Abstand zur mittleren Längsebene P1 bestimmter Profil aufweist, so dass sämtliche Stäbe (8) einen Innenraum (40) umgeben, der am Eintritt (43) in das Gerüst (4) einen spindelförmigen Querschnitt aufweist, der sich allmählich zu einem rechteckigen Austrittsquerschnitt (44) abflacht.

15. Giessvorrichtung für dünne Erzeugnisse nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Haltestäbe (8) jeweils mit einem Pilgertrieb verbunden sind, der nacheinander eine Längsbewegung der entsprechenden Stäbe (8) in der Giessrichtung bei der Erzeugnisgeschwindigkeit, eine Querbewegung bei Entfernung der Stäbe (8) von dem Erzeugnis (5), eine Längsbewegung in umgekehrter Richtung und eine Querbewegung bei Annäherung der Stäbe (8) bis zur Anlage an das Erzeugnis (5) bewirkt, wobei die jeweiligen Bewegungen der Stäbe (8) gegeneinander so versetzt sind, dass das Erzeugnis (5) unter Berücksichtigung der Festigkeit der erstarrten Haut (52) durch eine ausreichende Anzahl Stäbe (8) ständig abgestützt ist.

Claims

1. Process for the continuous casting of thin metal products, in which the molten metal is poured into an open-ended mould (1) having two wide walls (11) and two narrow walls (12) which are cooled, to form a flat product (5) which consists of a liquid core (51) surrounded by a solidified skin (52) and which is discharged through an exit orifice (16) of the mould (1) and subsequently passes into a secondary cooling device (2, 3) equipped with means (4) of cooling and retaining at least the large faces of the product until complete solidification, characterized in that the wide walls (11) of the mould are given a curved shape, so that the cast product has a widened central part (55) narrowing in the form of a spindle to edges which have a thickness equal to that of the thin product to be cast, and in that the central part (55) of the product (5) is subsequently flattened progressively to a thickness equal to that of the edges in a reducing stand (2) located immediately after the exit orifice of the mould (1) and comprising two surfaces for respectively guiding and straightening the two

large faces of the product, the profile of which is determined as a function of the casting speed, so as to exert a pressure uniformly distributed over the entire surface, causing and controlling, on each of the large faces, the symmetrical movements of two straightening zones from the edge towards the axis at a speed in which the axial and radial components are synchronized with the casting speed so that continuous straightening of the longitudinal walls of the product is carried out until complete solidification.

2. Process for the casting of thin products according to Claim 1, characterized in that the mould is given an inner profile such that the large longitudinal faces of the product (5) terminate at the edges in plane end parts (57) parallel to the longitudinal plane of symmetry P1 of the mould (1) and intersecting the small faces (54) of the product perpendicularly, and in that, in the thickness-reducing stand, the central part (55) is straightened, a progressive widening of the plane end parts (57) being allowed, said end parts being maintained perpendicular to the small faces (54).

3. Casting process according to one of Claims 1 and 2, characterized in that the profile of the surfaces supporting the large faces of the product is determined as a function of the casting speed and the cooling conditions so that each straightening zone moves towards the axis at a radial speed which is substantially constant and coordinated with the casting speed and with the thickening speed of the solidified skin so that the complete solidification and the straightening of the two large faces of the product (5) are carried out substantially at the same time, at the exit of the said reducing stand (2).

4. Machine for the continuous casting of thin metal products for implementing the process according to one of Claims 1, 2, 3, the said machine comprising, along a casting axis, an open-ended mould (1) having two wide walls (11) and two narrow walls (12) limiting an inner tubular space (13) which, in its upper part, in cross-section, has sufficient thickness in its central part for introducing a casting tube (T) and which narrows towards the two sides to a thickness of the order of that of the product (5) to be cast, and a secondary cooling device (2, 3) having means (4) of retaining, with cooling, the large faces (51) of the cast product (5) until complete solidification, characterized in that the shape, in cross-section, of the inner tubular space (13) of the mould (1) is kept until the latter leaves such that the product leaving via the lower orifice (16) of the mould (1) has a part (55) which is thicker than the edges (57), and in that the secondary cooling device comprises a thickness-reducing stand (2) located immediately underneath the exit orifice (16) of the mould (1) and equipped with retaining means (4) defining two substantially continuous guide surfaces for the large faces of the product (5), limiting an inner space (40) for the passage of the product, having on its sides (48) a constant thickness (1) equal to that of the sides (12) of the mould and, in its central part (47), a thickness (L) decreasing progressively

in the casting direction between an inlet orifice (43) of a cross-section identical to that of the exit orifice (16) of the mould (1) and an exit orifice (44) of rectangular cross-section corresponding to that of the thin product (53) to be formed.

5. Machine for the casting of thin products according to Claim 4, characterized in that, in the thickness-reducing stand (2), the product (5) is left free to widen towards the sides as a function of the flattening of its central part, the perimeter of the product in cross-section relative to the axis remaining preserved.

6. Continuous-casting machine according to one of Claims 4 and 5, characterized in that the two wide walls of the mould (1) and the two guide surfaces defined by the means (4) of retaining the large faces of the product (5) in the thickness-reducing stand (2) comprise a curved central part (17, 47) of inwardly concave form, extended laterally by means of two convex parts (19, 49) connecting tangentially, on one side, to the concave central part (17, 47) and, on the other side, to a plane end part (18, 48) parallel to the longitudinal plane of symmetry P1 of the mould and intersecting, perpendicularly, the narrow walls (12) of the mould (1) and the small faces (54) of the product (5), the said concave central parts (47) and the said convex connecting parts (49) being straightened progressively in the thickness-reducing stand (2), so as to be aligned with the plane end parts (48) at the exit of the said reducing stand (2).

7. Continuous-casting machine according to Claim 6, characterized in that the transverse width (d) of the plane end parts (18, 48) of the wide walls of the mould (1) and of the guide surfaces at the inlet of the thickness-reducing stand (2) are determined as a function of the ratio between the thicknesses (L and 1) of the product in the central part of the mould and on the sides, the cooling conditions, the casting speed and speed of reduction in thickness of the central part, so that the stresses attributable to the straightening of the large faces of the product are at each point compatible with the strength of the solidified skin (52) and do not generate defects.

8. Continuous-casting machine according to one of Claims 1 and 2, characterized in that the means (4) of retaining the product in the thickness-reducing stand (2) ensure a uniform and continuous frictionless support of the longitudinal faces of the product by forming, along the said faces, a supporting fluid film at a pressure at least equal to the ferrostatic pressure in the product.

9. Continuous-casting machine according to Claim 8, characterized in that the supporting fluid is a poor conductor of heat.

10. Machine for the casting of thin products according to Claim 8, characterized in that the thickness-reducing stand (2) is limited by two longitudinal walls, each consisting of a plurality of caissons (6) which open onto the inner space (40) and into which the supporting fluid is injected, with a leakage flow for keeping the product separated from the edges (62) of the caisson (6).

11. Machine for the casting of thin products

according to Claim 10, characterized in that the fluid injection caissons (6) are distributed in such a way that their edges (62) are aligned in two perpendicular directions and on each wall form a grid for retaining the product.

12. Machine for the casting of thin products according to one of the preceding claims, characterized in that the thickness-reducing stand (2) is limited by two grid-shaped wide walls (4) for retaining the product, comprising longitudinal bars (41) and transverse bars (42) arranged in planes respectively parallel and perpendicular to the casting axis (10), the longitudinal bars (41) opposite one another forming two by two, in the central part (47), a V open at the top, which closes progressively towards the sides (48), the end longitudinal bars (410) being parallel and at a distance (1) from one another substantially equal to the thickness of the product to be formed, and the transverse bars (42) of one and the same grid forming, at the inlet (43) of the stand, an obtuse angle (B) which opens in the casting direction until it becomes a plane angle at the exit of the stand (2).

13. Casting machine according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the means of retaining the product in the thickness-reducing stand consist, for each large face, of at least one series of rolls of small diameter (73), the axes of which are parallel and arranged in planes spaced from one another and perpendicular to the casting axis, the said rolls (73) being limited by an outer surface of revolution generated by a line which, in the plane passing through the axis of the roll and perpen-

dicular to the casting axis, envelopes the cross-section to be given to the inner space (40) of the stand.

14. Machine for the casting of thin products according to Claim 1, characterized in that the means of retaining the product in the thickness-reducing stand (2) consist, on each large face (52) of the product, of a plurality of longitudinal bars (8) extending over the entire height of the stand (2) and set slightly apart from one another, each bar (8), on its face turned towards the product (5), having a profile determined as a function of its distance from the longitudinal mid-plane P1, so that the bars (8) as a whole surround an inner space (40) having, at the inlet (43) of the stand (2), a spindle-shaped cross-section which flattens progressively to a rectangular cross-section at the exit (44).

15. Machine for the casting of thin products according to Claim 14, characterized in that the retaining bars (8) are connected individually to a pilgrim-step shift mechanism which successively determines a longitudinal shift of the corresponding bar (8) in the casting direction at the speed of the product, a transverse shift of the bar (8) moving it apart from the product (5), a longitudinal shift in the opposite direction and a transverse shift of the bar (8) bringing it in contact with the product (5), the respective movements of the bars (8) being offset relative to one another, in such a way that the product (5) is at all times supported by a sufficient number of bars (8), taking into account the strength of the solidified shell (52).

35

40

45

50

55

60

65

13







