

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 958 073 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

17.07.2002 Bulletin 2002/29

(21) Numéro de dépôt: **97919471.9**

(22) Date de dépôt: **03.04.1997**

(51) Int Cl.7: **B22D 11/04**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR97/00596

(87) Numéro de publication internationale:
WO 97/37795 (16.10.1997 Gazette 1997/44)

(54) **PROCEDE ET INSTALLATION DE COULEE CONTINUE DES METAUX**

VERFAHREN UND ANLAGE STRANGGIESSEN VON METALL

FACILITY AND METHOD FOR THE CONTINUOUS CASTING OF METALS

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(30) Priorité: **05.04.1996 FR 9604303**

(43) Date de publication de la demande:
24.11.1999 Bulletin 1999/47

(73) Titulaires:

- **UGINE-SAVOIE IMPHY**
73400 UGINE (FR)
- **Sogepass**
57360 Amneville (FR)
- **SOLLAC (Société Anonyme)**
92800 Puteaux (FR)
- **ASCOMETAL (Société anonyme)**
F-92800 Puteaux (FR)
- **SOCIETE ANONYME DES FORGES ET ACIERIES
DE DILLING**
D-66748 Dillingen (DE)

(72) Inventeurs:

- **JOLIVET, Jean-Marc**
F-57310 Rurange-les-Thionville (FR)
- **PERRIN, Eric**
F-57000 Metz (FR)
- **SALARIS, Cosimo**
F-57158 Montigny-les-Metz (FR)
- **SPIQUEL, Jacques**
F-57158 Montigny-les-Metz (FR)
- **WEISSELDINGER, Edouard**
F-57120 Rombas (FR)
- **BURTY, Marc**
F-57420 Marieulles (FR)

(74) Mandataire: **Ballot, Paul Denis Jacques**
Cabinet Ballot
9 rue Claude Chappé
57070 Metz (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 035 958 **EP-A- 0 218 855**
EP-A- 0 620 062 **FR-A- 2 000 365**

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

[0001] La présente invention concerne la coulée continue des métaux, notamment de l'acier.

[0002] L'opération de coulée continue consiste schématiquement comme on le sait, à verser un métal en fusion dans une lingotière, essentiellement constituée d'un élément tubulaire sans fond définissant un passage pour le métal coulé, mais dont les parois, en cuivre ou plus généralement en alliage de cuivre, sont énergiquement refroidies par circulation d'eau, et de laquelle on extrait également en continu un produit déjà solidifié extérieurement sur quelques centimètres d'épaisseur. La solidification progresse ensuite vers l'axe du produit et s'achève au cours de la descente de celui-ci en aval de la lingotière dans la zone dite du "refroidissement secondaire" sous l'effet de rampes d'arrosage d'eau. Le produit obtenu, bloom, billette ou brame, est ensuite découpé à longueur, puis laminé avant expédition à la clientèle ou transformation sur place, en barres, fils, profilés, plaques, tôles, etc..

[0003] Les défauts de surface ou sous-cutanés des produits issus de la coulée continue de l'acier sont souvent cause de rebut, car l'opération de laminage les supporte mal, voire les amplifie jusqu'à dégrader de façon intolérable la qualité métallurgique des produits laminés.

[0004] Au cours de la coulée, le métal en fusion, amené dans la lingotière par une busette, forme une pellicule solide lors de son entrée en contact avec les parois refroidies de la lingotière. Cette pellicule est entraînée vers le bas lors de l'extraction du produit, par mouvements saccadés au rythme des oscillations verticales de la lingotière, et simultanément son épaisseur croît du fait de la poursuite de l'extraction de chaleur réalisée par les parois de la lingotière. Il y a donc continuellement création d'une nouvelle pellicule de métal solide au niveau de la surface libre du métal dans la lingotière, cette pellicule se solidifiant sur tout le périmètre de la paroi interne de la lingotière et constituant un anneau solide susceptible de se contracter du fait du refroidissement subi lors de sa descente dans la lingotière.

[0005] La contraction de anneau est d'autant plus importante que l'extraction de chaleur est forte et que le métal coulé a une tendance naturelle à se contracter lors du refroidissement, par exemple par changement de phase solide en fin de solidification, comme c'est le cas notamment pour des nuances d'acier à 0,1% de carbone ou d'acier inoxydable AISI 304.

[0006] Cette contraction périmétrique tend à provoquer un écartement de la peau solidifiée par rapport à la paroi de la lingotière, et donc une diminution de l'échange thermique du fait que le contact de la dite peau avec les parois froides est dégradé. Ce décollement est généralement inégal selon le périmètre de la peau solidifiée, ce qui est source de défauts de surface dans le produit finalement obtenu.

[0007] Pour éviter ou limiter ces défauts, une techni-

que particulière non encore industrialisée, connue sous le nom de coulée continue en charge verticale, consiste à placer au dessus des parois métalliques refroidies de la lingotière une rehausse en un matériau réfractaire thermiquement isolant, et à maintenir en cours de coulée la surface libre du bain métallique au niveau de la dite rehausse (brevet français n°2000365). Ainsi le métal en fusion ne se solidifie pas au contact de la rehausse, la première peau solidifiée commençant seulement à se former à partir des arêtes supérieures de la paroi métallique refroidie. Et comme ces arêtes sont situées suffisamment en dessous de la zone agitée voisine de la surface libre, la création et la croissance de la peau solide est réalisée en continu toujours au même niveau de la lingotière, dans un environnement calme au plan hydrodynamique, là où la pression ferrostatique exercée par la masse de métal liquide située au dessus contrebalance les velléités de décollement de la première peau solidifiée contre la paroi froide de la lingotière.

[0008] Dans cette dernière technique, un perfectionnement, connu par le document EP-A-O 620 062, consiste à injecter dans la lingotière, au niveau de la dite rehausse et au moins juste à l'interface entre celle-ci et les parois métalliques refroidies, un gaz inerte sous pression. Cette injection de gaz, réalisée par une mince fente annulaire ménagée entre les dites parois et la rehausse, forme des jets perpendiculaires aux parois et dirigés vers le métal liquide, qui cisailent les éventuelles peaux solidifiées qui se seraient formées au contact de la rehausse réfractaire, de manière à assurer un début de solidification effectif précisément au niveau du bord supérieur des parois refroidies.

[0009] Si cette technique permet en principe de réduire l'apparition de certains défauts de surface du produit fini, elle ne permet cependant pas de résoudre les problèmes concernant l'adaptation du procédé de coulée aux différentes familles de nuances d'acier coulables en continu, pour tenir compte des spécificités de chacune quant à leur comportement thermomécanique au moment de la solidification.

[0010] On connaît aussi, par EP 035 958, un procédé et un dispositif de coulée utilisant une coquille qui comporte, au-dessus d'une paroi poreuse au niveau de laquelle le métal commence à se solidifier, une paroi en surplomb, maintenue à température élevée pour éviter la solidification du métal au contact de cette paroi. La paroi poreuse permet d'injecter entre celle-ci et le métal, et sous le surplomb, un gaz à température voisine de celle du métal coulé formant une sorte de coussin chaud empêchant une solidification prématurée du métal. Le refroidissement et la solidification du métal coulé sont assurés directement par pulvérisation d'eau en dessous de la paroi poreuse, sans autre paroi de soutien. Ce dispositif est cependant réservé à la coulée de métaux non ferreux à température de fusion basse, nettement plus basse que celle de l'acier.

[0011] La présente invention a pour but de résoudre ces problèmes et vise particulièrement à permettre,

dans la technique de la coulée continue en charge verticale, un contrôle et une adaptation aisée des conditions d'extraction du flux thermique, notamment dans la zone où débute la solidification.

[0012] Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour objet un procédé de coulée continue des métaux selon lequel on utilise une lingotière comportant des parois métalliques énergiquement refroidies surmontées d'une rehausse en matériau thermiquement isolant, on maintient, au cours de la coulée, la surface libre du métal en fusion contenu dans la lingotière au niveau de la dite rehausse, et on injecte dans la lingotière, sur tout son pourtour, un gaz sous pression, au niveau de la dite rehausse et au moins à l'interface entre celle-ci et les parois refroidies. Selon l'invention, ce procédé est caractérisé en ce que le dit gaz injecté est un gaz ou mélange gazeux ayant une capacité d'expansion thermique ajustable, et en ce qu'on règle la dite capacité d'expansion thermique avant l'injection du gaz dans la lingotière, en fonction de la composition de l'alliage métallique coulé et des conditions de coulée, pour adapter à cette composition et ces conditions la densité du flux thermique extrait du dit alliage métallique dans la zone où il commence à se solidifier à une valeur prédéterminée spécifique de l'alliage coulé,

[0013] Le procédé selon l'invention offre ainsi une possibilité d'adapter aisément selon les besoins la densité de flux thermique extrait du métal coulé au niveau où se forme la peau solidifiée, en particulier en fonction de la composition du dit métal, notamment de la nuance dans le cas de la coulée d'acier.

[0014] Les inventeurs ont en effet constaté, lors d'essai de coulée réalisés en injectant un gaz inerte, tel que de l'argon ou de l'hélium, à l'interface entre la rehausse et les parois métalliques refroidies, que la densité de flux extrait était fortement influencée par la capacité d'expansion thermique du gaz. Ainsi, dans le cas de la coulée d'un acier à 0,8 % de carbone dans une lingotière dont les parois refroidies étaient en réalisées en alliage de cuivre non revêtu, et avec une vitesse de coulée de 1,5 m/mn, la densité de flux extrait sur les 40 premiers millimètres à partir du bord supérieur des parois métalliques était d'environ 5 MW/m² lorsque la température de l'argon injecté était d'environ 500°C, et était seulement de 4,2 ou même 3,2 MW/m² lorsque la température de l'argon injecté était d'environ 100°C. Lors d'un autre essai réalisé avec une lingotière dont les parois refroidies étaient revêtues sur leur face supérieure d'une couche de 1,5 mm de nickel, pour la coulée d'un acier à 0,09 % de carbone et avec une vitesse de coulée de 2 m/mn, le flux extrait était de 5,5 MW/m² pour une température d'argon injecté de 500°C, et de seulement 3,5 MW/m² pour une température d'argon de 100°C.

[0015] Ces écarts importants de la valeur du flux extrait ne pouvaient pas s'expliquer par l'influence de la seule température du gaz sur l'acier coulé, lequel est à une température de l'ordre de 1600°C dans la partie supérieure de la lingotière. Une hypothèse formulée par

les inventeurs est que cet écart résulte d'une part de l'effet de brassage de l'acier liquide provoqué par le gaz injecté au voisinage direct de l'arrête supérieure des parois métalliques refroidies, où s'initie la solidification, et d'autre part, et de manière prépondérante, de l'influence des bulles de gaz formées juste à la sortie des orifices d'injection. Concernant cette influence, on peut considérer que les dites bulles ont, juste avant de passer dans l'acier liquide, une dimension à peu près uniforme, déterminée par les dimensions des orifices d'injection, et cela quelle que soit la température du gaz injecté. Lorsque ces bulles arrivent dans l'acier en fusion, leur température passe quasi instantanément à la température de l'acier. Il en résulte une augmentation de volume des bulles par dilatation du gaz dont elles sont formées. L'expansion volumique des bulles est d'autant plus forte que la variation de température est grande. Il en résulte que, une fois portées à la température de l'acier en fusion, les bulles sont d'autant plus grosses que la température du gaz injecté est faible. Or des bulles plus grosses formées juste à la sortie des orifices d'injection, et donc juste au niveau de l'arête supérieure des parois refroidies, vont en quelque sorte empêcher l'acier liquide d'arriver en contact direct avec le bord supérieur de ces parois, et donc réduire de manière importante le flux thermique extrait par ces parois, alors que des bulles plus petites empêcheront moins ce contact direct, ne réduisant donc que peu le flux extrait. On notera que l'importance de l'effet de ces bulles est dû au fait que le flux thermique extrait par les parois refroidies, en cas d'un contact direct du métal coulé sur ces dites parois, décroît très rapidement en fonction de la distance verticale à partir de la dite arête, et que l'effet de barrière thermique des bulles de gaz se produit essentiellement à proximité directe de la dite arête, et donc justement dans la zone où le flux thermique normalement extrait par les parois refroidies est le plus élevé.

[0016] Selon une première variante, pour ajuster la capacité d'expansion thermique du gaz injecté, on règle donc la température du dit gaz.

[0017] Selon une disposition particulière de l'invention, la température du gaz injecté est réglable entre 50 et 600°C, cette plage de réglage permettant de fixer la température du gaz à une valeur prédéterminée telle que la densité de flux thermique extrait soit comprise entre 2,5 et 6 MW/m², fournissant ainsi de larges possibilités d'adaptation en fonction de la composition de l'alliage métallique coulé et des divers autres paramètres de coulée.

[0018] Préférentiellement, la température du gaz est réglée en mélangeant dans un rapport volumétrique déterminé du gaz provenant d'une source chaude à température sensiblement constante, par exemple à 700°C avec du gaz provenant d'une source froide également à température sensiblement constante, par exemple à 20°C. Le débit total de gaz injecté est la somme des débits de gaz issus respectivement des deux sources. Le rapport entre ces débits permet de faire varier la tem-

pérature du gaz injecté, tout en permettant de conserver un débit total sensiblement constant. Pratiquement, en tenant compte des pertes thermiques inévitables, et avec les températures des deux sources mentionnées ci-dessus, on pourra faire varier la température du gaz injecté entre 50 et 600° C.

[0019] Selon une disposition particulière, permettant notamment de réduire le plus possible les pertes thermiques, le mélange de gaz est effectué dans une chambre de mélange située dans les parois de la lingotière et/ou dans la rehausse, la température du gaz injecté étant ajustée en réglant les débits des gaz provenant respectivement des sources chaudes et froides et introduits dans la dite chambre.

[0020] Selon une autre variante, le gaz injecté est un mélange d'au moins deux gaz constitutifs du mélange, par exemple de l'argon et de l'hélium, dont on ajuste la capacité d'expansion thermique en réglant les proportions relatives des dits gaz constitutifs. Dans cette variante, on utilise le fait que les gaz constitutifs du mélange ont des propriétés physiques différentes, en particulier des densités différentes, pour ajuster, en fonction de leurs proportions relatives, la densité du mélange. De manière similaire à l'effet, décrit précédemment, de l'influence de l'écart de température entre le gaz injecté et celle de l'acier sur l'expansion volumique des bulles lors de leur arrivée au contact de l'acier en fusion, des propriétés physiques différentes des gaz injectés, telles que diffusivité thermique et surtout masse volumique, influencent, pour un même écart entre la température du gaz injecté et celle de l'acier en fusion, l'expansion des bulles des dits gaz. Dans le cas d'un mélange d'argon et d'hélium, on notera que la masse volumique de l'hélium est environ dix fois plus faible que celle de l'argon. Il s'ensuit que lorsque des bulles de ces deux gaz sont soumises à une même élévation de température, leur expansion volumique est très différente. On comprend alors que l'effet de l'expansion des bulles d'un mélange de ces gaz, injecté à température sensiblement homogène, varie en fonction de leur proportion dans le mélange, et qu'il suffit donc de régler cette proportion pour ajuster l'intensité du flux thermique extrait de l'acier coulé par les parois refroidies de la lingotière.

[0021] L'invention a aussi pour objet une installation de coulée continue des métaux comportant une lingotière dont les parois sont formées par des parois métalliques refroidies surmontées par une rehausse en matériau thermiquement isolant, et des orifices d'injection débouchant dans la lingotière pour injecter dans la lingotière un gaz sous pression sous forme de jets répartis sur le pourtour de la lingotière au niveau de la rehausse et au moins à l'interface entre la dite rehausse et la paroi métallique, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de fourniture du dit gaz, reliés aux dits orifices, permettant d'ajuster la capacité d'expansion thermique du gaz injecté.

[0022] Les dits moyens de fourniture de gaz peuvent comporter des moyens de réglage de la température du

gaz injecté, ou des moyens de réglage de la proportion relative d'au moins deux gaz constitutifs d'un mélange gazeux formant le gaz injecté.

[0023] Préférentiellement, en vue de pouvoir régler aisément la température du gaz injecté ou la proportion des gaz constituant le mélange injecté, l'installation de coulée comporte deux sources de gaz reliées à une chambre de mélange, elle même reliée aux dits orifices, et des moyens de réglage des débits de gaz provenant respectivement des dites sources et introduits dans la chambre de mélange.

[0024] Selon une disposition, la chambre de mélange est située à l'extérieur de lingotière et reliée à un canal de répartition aménagé dans la paroi de la lingotière.

[0025] Selon une autre disposition, la chambre de mélange est située dans la paroi de la lingotière. Dans ce cas, particulièrement adapté au cas du réglage de la température du gaz injecté, la chambre de mélange peut notamment être constituée par une première chambre de répartition aménagée dans la rehausse et reliée à la source de gaz chauds et une deuxième chambre de répartition aménagée dans les parois métalliques et reliée à la source froide.

[0026] Pour faciliter la réalisation, la chambre de mélange ou le canal de répartition peuvent aussi être aménagés entièrement dans les parois métalliques refroidies. Dans ce cas, afin de réduire au minimum le refroidissement du gaz lors de son passage dans la dite chambre de mélange ou dans le dit canal, les parois de ces derniers peuvent être revêtues d'un matériau thermiquement isolant.

[0027] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va être faite à titre d'exemple de deux variantes de réalisation d'une installation de coulée continue en charge verticale d'acier, conformes à l'invention.

[0028] On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une première variante, montrant la partie supérieure de la lingotière en coupe longitudinale partielle,
- la figure 2 illustre une deuxième variante de réalisation.

[0029] Les parois 1 de la lingotière représentée figure 1 sont constituées de parois métalliques 2, en cuivre ou alliage de cuivre, surmontées d'une rehausse 3 en matériau réfractaire thermiquement isolant. Les parois métalliques 2 sont énergiquement refroidies par une circulation interne d'eau dans des canaux 4, représentés schématiquement sur la figure. La rehausse 3 est constituée d'une partie supérieure 5, d'une hauteur de 200 mm par exemple, en un matériau très isolant et d'une partie inférieure 6 en un matériau réfractaire éventuellement moins isolant mais présentant une meilleure résistance mécanique, par exemple le matériau connu

sous la désignation SiAlON, et ayant par exemple une épaisseur de 20 mm.

[0030] Les parois 1 de la lingotière définissent un passage pour le produit coulé, dans lequel l'acier en fusion 7 est classiquement amené par une busette 8 comportant des ouïes 9 situées à hauteur de la dite rehausse 3.

[0031] La lingotière comporte par ailleurs des orifices d'injection de gaz, débouchant à la surface intérieure des parois 1, à l'interface entre la rehausse 3 et la paroi métallique 2, constitués préférentiellement par une fente continue sur le pourtour de la lingotière, assurant ainsi une injection régulière de gaz sur tout ce pourtour.

[0032] Cette fente étroite 10 a une hauteur de quelques dixièmes de millimètres, par exemple 0,2 mm, déterminée par une entretoise 11 insérée entre la partie inférieure 6 de la rehausse et la paroi métallique 2, du côté extérieur des parois. La fente 10 débouche à la surface intérieure des parois de la lingotière, sur tout le pourtour de celle-ci.

[0033] Un canal de répartition 12 est aménagé dans la paroi métallique 2, sous forme d'une rainure réalisée sur la face supérieure de la dite paroi métallique et communiquant avec la fente 10 sur tout le pourtour de la lingotière.

[0034] L'installation de coulée comporte par ailleurs une source chaude 13 de gaz inerte, par exemple de l'argon, chauffé à une température d'environ 700°C par des moyens de chauffage connus en soi, et une source froide 14 du même gaz, maintenu à la température ambiante, par exemple 20°C. Ces deux sources de gaz sont reliées par des conduits pourvus de vannes de réglage 15, 16 à une chambre de mélange 17 elle même reliée au canal de répartition 12.

[0035] Lors d'une coulée, le gaz sous pression provenant de la chambre de mélange 17 se répartit dans le canal 12 et est injecté dans la lingotière par la fente 10. La température du gaz ainsi injectée peut être réglée au moyens des vannes 15 et 16 en agissant sur le rapport des débits de gaz provenant respectivement de chaque source.

[0036] Le canal de répartition 12 pourrait également être réalisé dans la rehausse réfractaire 3, ce qui présente l'avantage de limiter les pertes thermiques du gaz du fait de la température élevée, de l'ordre de 800°C, de la dite rehausse. Il est cependant plus aisé de réaliser l'usinage du canal de répartition dans la paroi métallique 2, et dans ce cas, pour limiter le refroidissement du gaz au contact du métal de la paroi, dont la température est seulement de l'ordre de 100°C, les parois du dit canal pourront être revêtues d'un matériau isolant, tel que du zircone ou du nitrure de bore.

[0037] Dans la variante de réalisation représentée figure 2, en plus de la rainure 12 réalisée dans la paroi métallique 2, une seconde rainure 22 est réalisée dans la partie inférieure 6 de la rehausse, en face de la rainure 12 et en communication également avec la fente 10. La source chaude 13 de gaz est reliée via la vanne 15 directement à cette rainure 22, et la source froide 14 est

reliée via la vanne 16 à la rainure 12. Le volume défini par ces deux rainures constitue à la fois une chambre de répartition et une chambre de mélange située entièrement dans la paroi 1 de la lingotière.

[0038] L'invention n'est pas limitée aux variantes décrites ci-dessus uniquement à titre d'exemple, et en particulier la température du gaz injecté pourra être réglée par d'autres moyens que le mélange de gaz chauds et froids indiqué ci dessus.

[0039] Dans le cas où on utilise un mélange d'argon et d'hélium dont on ajuste les proportions, on pourra utiliser par exemple une installation telle que celle représentée figure 1, en remplaçant respectivement les sources chaude 13 et froide 14 par des sources d'argon et d'hélium, les vannes de réglage 15 et 16 permettant alors de régler les débits respectifs de ces deux gaz qui se mélangent dans la chambre 17.

20 Revendications

1. Procédé de coulée continue des métaux selon lequel on utilise une lingotière comportant des parois métalliques (2) énergiquement refroidies surmontées d'une rehausse (3) en matériau thermiquement isolant, on maintient, au cours de la coulée, la surface libre du métal en fusion (7) contenu dans la lingotière au niveau de la dite rehausse, et on injecte dans la lingotière, sur tout son pourtour, un gaz sous pression, au niveau de la dite rehausse et au moins à l'interface entre celle-ci et les parois refroidies, **caractérisé en ce que** le dit gaz injecté est un gaz ou mélange gazeux ayant une capacité d'expansion thermique ajustable, et **en ce qu'on** règle la dite capacité d'expansion thermique avant l'injection du gaz dans la lingotière, en fonction de la composition de l'alliage métallique coulé et des conditions de coulée, pour adapter à cette composition et ces conditions la densité du flux thermique extrait du dit alliage métallique dans la zone où il commence à se solidifier à une valeur prédéterminée spécifique de l'alliage coulé.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la capacité d'expansion thermique du gaz est déterminée de manière que la densité de flux thermique extrait soit comprise entre 2,5 et 6 MW/m².
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, pour ajuster la capacité d'expansion thermique du gaz injecté, on règle la température du dit gaz.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la température du gaz injecté est réglable entre 50 et 600°.

5. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le gaz est un gaz inerte, tel que de l'argon.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gaz injecté est un mélange d'au moins deux gaz constitutifs du mélange, dont on ajuste la capacité d'expansion thermique en réglant les proportions relatives des dits gaz constitutifs.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le gaz injecté est un mélange d'argon et d'hélium.
8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la capacité d'expansion thermique du gaz injecté est réglée en mélangeant dans un rapport volumétrique déterminé des gaz provenant de deux sources (13, 14).
9. Procédé selon la revendication 8 en combinaison avec la revendication 3, **caractérisé en ce que** le mélange de gaz est effectué dans une chambre de mélange (12, 22) située dans les parois (1) de la lingotière et/ou dans la rehausse (3), la température du gaz injecté étant ajustée en réglant les débits des gaz provenant respectivement d'une source chaude (13) à température sensiblement constante et d'une source froide (14) également à température sensiblement constante.
10. Installation de coulée continue des métaux comportant une lingotière dont les parois (1) sont formées par des parois métalliques refroidies (2) surmontées par une rehausse (3) en matériau thermiquement isolant et des orifices d'injection (10) débouchant dans la lingotière pour injecter dans la lingotière un gaz sous pression sous forme de jets répartis sur le pourtour de la lingotière au niveau de la rehausse et au moins à l'interface entre la dite rehausse et la paroi métallique, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des moyens (13 à 17) de fourniture du dit gaz, reliés aux dits orifices, et des moyens de réglage de la capacité d'expansion thermique du gaz injecté dans la lingotière.
11. Installation selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** les dits moyens de réglage comportent des moyens de réglage de la température du gaz injecté.
12. Installation selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** les dits moyens de réglage comportent des moyens de réglage de la proportion relative d'au moins deux gaz constitutifs d'un mélange gazeux formant le gaz injecté.
13. Installation selon la revendication 10, **caractérisée**

en ce que les dits moyens de fourniture de gaz comportent deux sources (13 et 14) de gaz reliées à une chambre de mélange (17; 12,22), elle même reliée aux dits orifices, et des moyens (15,16) de réglage des débits de gaz provenant respectivement des dites sources et introduits dans la chambre de mélange.

14. Installation selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** la chambre de mélange (17) est située à l'extérieur de lingotière et reliée à un canal de répartition (12) aménagé dans la paroi (1) de la lingotière.
15. Installation selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** la chambre de mélange (12,22) est située dans la paroi (1) de la lingotière.
16. Installation selon la revendication 15 en combinaison avec la revendication 11, **caractérisée en ce que** la chambre de mélange est constituée par une première chambre de répartition (22) aménagée dans la rehausse (3) et reliée à une source (13) de gaz chaud et une deuxième chambre de répartition (12) aménagée dans les parois métalliques (2) et reliée à une source froide (14).
17. Installation selon la revendication 15, **caractérisée en ce que** les parois de la dite chambre de mélange (12) sont revêtues d'un matériau thermiquement isolant.

Claims

1. Process for the continuous casting of metals, in which a mould having vigorously cooled metal walls (2) which are surmounted by a feed head (3) made of thermally insulating material is used, the free surface of the molten metal (7) contained in the mould is maintained level with the said feed head during casting and a pressurized gas is injected into the mould, all around its perimeter, level with the said feed head and at least at the interface between the latter and the cooled walls, **characterized in that** the said injected gas is a gas or gas mixture having an adjustable thermal expansion capability and **in that** the said thermal expansion capability is set before the gas is injected into the mould, according to the composition of the cast metal alloy and the casting conditions, in order to tailor, to this composition and these conditions, the density of the heat flux extracted from the said metal alloy in the region where its starts to solidify, with a predetermined value specific to the alloy cast.
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the thermal expansion capability of the gas is

determined so that the extracted heat flux density is between 2.5 and 6 MW/m².

3. Process according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that**, in order to adjust the thermal expansion capability of the injected gas, the temperature of the said gas is set. 5
4. Process according to Claim 3, **characterized in that** the temperature of the injected gas can be set between 50 and 600°C. 10
5. Process according to Claim 3, **characterized in that** the gas is an inert gas, such as argon. 15
6. Process according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the injected gas is a mixture of at least two constituent gases of the mixture, the thermal expansion capability of which is adjusted by setting the relative proportions of the said constituent gases. 20
7. Process according to Claim 6, **characterized in that** the injected gas is a mixture of argon and helium. 25
8. Process according to Claim 1, **characterized in that** the thermal expansion capability of the injected gas is set by mixing gases coming from two sources (13, 14) in a defined volumetric ratio. 30
9. Process according to Claim 8 in combination with Claim 3, **characterized in that** the gases are mixed in a mixing chamber (12, 22) placed in the walls (1) of the mould and/or in the feed head (3), the temperature of the injected gas being adjusted by setting the flow rates of the gases coming from a hot source (13) at an approximately constant temperature and from a cold source (14) also at a substantially constant temperature, respectively. 35
10. Plant for the continuous casting of metals, comprising a mould whose walls (1) are formed by cooled metal walls (2) which are surmounted by a feed head (3) made of thermally insulating material and, opening into the mould, injection orifices (10) for injecting a pressurized gas into the mould, the gas being in the form of jets distributed around the perimeter of the mould level with the feed head and at least at the interface between the said feed head and the metal wall, **characterized in that** it includes means (13 to 17) for delivering the said gas, the said means being connected to the said orifices, and means for setting the thermal expansion capability of the gas injected into the mould. 40 45 50 55
11. Plant according to Claim 10, **characterized in that** the said setting means comprise means for setting

the temperature of the gas injected.

12. Plant according to Claim 11, **characterized in that** the said setting means comprise means for setting the relative proportions of at least two constituent gases of a gas mixture forming the gas injected.
13. Plant according to Claim 10, **characterized in that** the said gas delivery means comprise two gas sources (13 and 14) connected to a mixing chamber (17; 12, 22), which is itself connected to the said orifices, and means (15, 16) for setting the flow rates of the gases coming from the respective said sources and fed into the mixing chamber.
14. Plant according to Claim 13, **characterized in that** the mixing chamber (17) is placed outside the mould and is connected to a distribution channel (12) made in the wall (1) of the mould.
15. Plant according to Claim 13, **characterized in that** the mixing chamber (12, 22) is placed in the wall (1) of the mould.
16. Plant according to Claim 15 in combination with Claim 11, **characterized in that** the mixing chamber consists of a first distribution chamber (22), which is made in the feed head (3) and is connected to a source (13) of hot gas, and a second distribution chamber (12), which is made in the metal walls (2) and is connected to a cold source (14).
17. Plant according to Claim 15, **characterized in that** the walls of the said mixing chamber (12) are coated with a thermally insulating material.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Strangguß von Metallen, gemäß dem man eine Kokille verwendet, die stark gekühlte Metallwände (2) aufweist, über denen sich ein aufgebauter Einguß (3) aus einem wärmedämmenden Material erhebt, man während des Gießens die freie Oberfläche des in der Kokille enthaltenen schmelzflüssigen Metalls (7) auf der Höhe dieses aufgebauten Eingusses hält und man in die Kokille auf ihrem gesamten Umfang in Höhe dieses aufgebauten Eingusses und wenigstens an der Grenzfläche zwischen diesem und den gekühlten Wänden ein Druckgas einbläst, **dadurch gekennzeichnet, daß** das eingeblasene Gas ein Gas oder Gasgemisch mit einem einstellbaren Wärmeausdehnungsvermögen ist und daß man dieses Wärmeausdehnungsvermögen vor dem Einblasen des Gases in die Kokille entsprechend der Zusammensetzung der gegossenen Metall-Legierung und den Gießbedingungen auf einen vorbestimmten, für die

gegossene Legierung spezifischen Wert einstellt, um die Dichte des von der Metall-Legierung abgeführten Wärmeffusses in der Zone, wo sie zu erstarren beginnt, an diese Zusammensetzung und diese Bedingungen anzupassen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wärmeausdehnungsvermögen des Gases so festgelegt wird, daß die Dichte des abgeführten Wärmeffusses zwischen 2,5 und 6 MW/m² beträgt. 10
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** man, um das Wärmeausdehnungsvermögen des eingeblasenen Gases einzustellen, die Temperatur dieses Gases regelt. 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur des eingeblasenen Gases zwischen 50 und 600°C regelbar ist. 20
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gas ein Inertgas wie Argon ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das eingeblasene Gas ein Gemisch aus mindestens zwei das Gemisch bildenden Gasen ist, dessen Wärmeausdehnungsvermögen durch Regelung der relativen Mengenverhältnisse dieser bestandteilbildenden Gase eingestellt wird. 25 30
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das eingeblasene Gas ein Gemisch aus Argon und Helium ist. 35
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wärmeausdehnungsvermögen des eingeblasenen Gases geregelt wird, indem aus zwei Quellen (13, 14) stammende Gase in einem bestimmten Volumenverhältnis gemischt werden. 40
9. Verfahren nach Anspruch 8 in Kombination mit Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Mischen von Gas in einer Mischkammer (12, 22) durchgeführt wird, die sich in den Wänden (1) der Kokille und/oder in dem aufgebauten Einguß (3) befindet, wobei die Temperatur des eingeblasenen Gases durch Regelung der Liefermengen der Gase eingestellt wird, welche jeweils aus einer heißen Quelle (13) mit einer im wesentlichen konstanten Temperatur und aus einer kalten Quelle (14) mit einer ebenfalls im wesentlichen konstanten Temperatur stammen. 45 50
10. Anlage zum Strangguß von Metallen, die eine Kokille, deren Wände (1) von gekühlten Metallwänden (2) gebildet werden, über denen sich ein aufgebau-

ter Einguß (3) aus einem wärmedämmenden Material erhebt, und in die Kokille mündende Einblasöffnungen (10) aufweist, um in die Kokille ein Druckgas in Form von Strömen einzublasen, die in Höhe des aufgebauten Eingusses und wenigstens an der Grenzfläche zwischen diesem aufgebauten Einguß und der Metallwand auf dem Umfang der Kokille verteilt sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie mit den Öffnungen verbundene Mittel (13 bis 17) zur Lieferung dieses Gases und Mittel zur Regelung des Wärmeausdehnungsvermögens des in die Kokille eingeblasenen Gases umfaßt.

11. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mittel zur Regelung der Temperatur des eingeblasenen Gases umfassen.
12. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mittel zur Regelung des relativen Mengenverhältnisses wenigstens zweier bestandteilbildender Gase eines das eingeblasene Gas bildenden Gasgemisches umfassen.
13. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gasliefermittel zwei Gasquellen (13 und 14), die mit einer Mischkammer (17; 12, 22) verbunden sind, die ihrerseits mit den Öffnungen verbunden ist, und Mittel (15, 16) zur Regelung der Liefermengen der jeweils aus diesen Quellen stammenden und in die Mischkammer eingeleiteten Gase umfassen.
14. Anlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Mischkammer (17) außerhalb der Kokille befindet und mit einem Verteilerkanal (12) verbunden ist, der in der Wand (1) der Kokille vorgesehen ist.
15. Anlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Mischkammer (12, 22) in der Wand (1) der Kokille befindet.
16. Anlage nach Anspruch 15 in Kombination mit Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mischkammer von einer ersten Verteilerkammer (22), die in dem aufgebauten Einguß (3) vorgesehen und mit einer Quelle (13) für heißes Gas verbunden ist, und von einer zweiten Verteilerkammer (12), die in den Metallwänden (2) vorgesehen und mit einer kalten Quelle (14) verbunden ist, gebildet wird.
17. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wände der Mischkammer (12) mit einem wärmedämmenden Material verkleidet sind.

