



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 30043 B1** (51) Cl. internationale : **B21B 1/46**
(43) Date de publication : **01.12.2008**

-
- (21) N° Dépôt : **31020**
(22) Date de Dépôt : **11.06.2008**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IT2005/000754 22.12.2005**
(71) Demandeur(s) : **ARVEDI, Giovanni, Via Mercatello, 26 I-26100 Cremona (IT)**
(72) Inventeur(s) : **ARVEDI, Giovanni**
(74) Mandataire : **SABA & CO**

-
- (54) Titre : **PROCEDE ET INSTALLATION ASSOCIEE POUR LA PRODUCTION DE BANDES D'ACIER AVEC SOLUTION DE CONTINUITE**

- (57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé pour la fabrication de bandes d'acier avec solution de continuité, comprenant une étape de coulée en continu pour des brames minces avec un débit massique élevé, une étape de cisaillement et de chauffage ultérieur en four, suivie une étape de laminage dans une pluralité de postes, la température moyenne du produit en entrée de laminoir étant supérieure à la température de surface, qui est égale ou supérieure à 1100 °C, inférieure à celle mesurée dans la zone centrale interne par environ 100 °C. L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre d'un tel procédé, dans laquelle au niveau de l'entrée d'un four (25; 35), éventuellement de type à induction, combiné avec un tunnel de maintien de température (36), un cisaillement (3) est prévu pour la découpe en pièces (24; 34) d'une brame (22; 32) provenant de la coulée en continu (21; 31), la distance entre la sortie de ladite coulée en continu et l'entrée du laminoir de finition (29; 29) étant égale ou inférieure à 100 m.

ABREGE

La présente invention concerne un procédé pour la fabrication de bandes d'acier avec solution de continuité, comprenant une étape de coulée en continu pour des brames minces avec un débit massique élevé, une étape de cisaillement et de chauffage ultérieur en four, suivie une étape de laminage dans une pluralité de postes, la température moyenne du produit en entrée de laminoir étant supérieure à la température de surface, qui est égale ou supérieure à 1100 °C, inférieure à celle mesurée dans la zone centrale interne par environ 100 °C. L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre d'un tel procédé, dans laquelle au niveau de l'entrée d'un four (25; 35), éventuellement de type à induction, combiné avec un tunnel de maintien de température (36), un cisaillement (3) est prévu pour la découpe en pièces (24; 34) d'une brame (22; 32) provenant de la coulée en continu (21; 31), la distance entre la sortie de ladite coulée en continu et l'entrée du laminoir de finition (29; 29) étant égale ou inférieure à 100 m.

"PROCÉDE ET INSTALLATION ASSOCIEE POUR LA PRODUCTION DE
BANDES D'ACIER AVEC SOLUTION DE CONTINUITÉ"

La présente invention concerne un procédé et une installation associée pour la fabrication de bandes d'acier.

5 Dans l'industrie sidérurgique, quoique présent dans tout domaine industriel, il existe un besoin d'utiliser des procédés de fabrication impliquant un investissement et des coûts de production inférieurs. On sait aussi que les procédés de fabrication basés sur les soi-disant technologies des "brames minces" ont connu au cours des dernières années un développement remarquable et un succès quant à
10 la réduction des coûts, en premier lieu sur le plan de l'aspect énergétique. Trois types fondamentaux de procédés de fabrication et d'installations associées, réalisant une telle technologie, peuvent être distingués, notamment un premier type qui ne fournit pas de solution de continuité entre l'étape de coulée en continu et l'étape de laminage, un deuxième type où lesdites deux étapes sont séparées, de ce fait avec
15 une solution de continuité au moyen d'un laminoir Steckel, et finalement un troisième type, de nouveau avec une solution de continuité, comme montré dans la figure 1, qui représente l'art antérieur le plus proche de la présente invention, comme c'est réalisé, par exemple, dans la soi-disant installation CSP de American Company Nucor Steel à Crawfordsville, Indiana (US).

20 Par référence à la figure 1, où la machine de coulée en continu est schématiquement représentée par 1, une brame mince 2 produite à la sortie de la machine a une épaisseur de 45 à 110 mm et une vitesse typique de 5m/min. La brame est coupée au moyen de cisailles 3 à une longueur typique de 40 m, de toute façon en fonction de son épaisseur, de sa largeur et du poids de la bobine de bande
25 finale souhaitée. La brame mince, découpée ainsi en pièces 4, entre dans un four à tunnel 5, dont le but est d'homogénéiser la température notamment sur la section transversale, de la surface externe au noyau, puis passe à travers une décalamineuse 8 avant d'entrer dans le laminoir finisseur 9 comportant, dans l'exemple montré, six postes 9.1 - 9.6. Après le laminage, duquel elle sort sur une table de refroidissement
30 à rouleaux 15, la brame se dirige vers la bobineuse finale au moyen d'une ou de deux dérouleuses 16 afin de former la bobine souhaitée.

Il faudrait noter que le four à tunnel 5 est caractérisé, comme c'est connu, par une longueur d'environ 200 m et par un temps de séjour typique de la brame à l'intérieur du four allant de 20 à 40 minutes à une vitesse comme indiqué ci-dessus.
35 Naturellement une vitesse de coulée en continu supérieure à 5 m/min requiert une longueur du four à tunnel supérieure même à 200 m afin de chauffer la brame et d'uniformiser sa température. Par exemple, avec une vitesse de 7 m/min à la sortie de la coulée en continu, le four à tunnel devrait avoir une longueur d'environ 300 m si l'on ne souhaite pas maintenir le temps de séjour de la brame à l'intérieur du four
40 plus de 40 min. En augmentant davantage la vitesse de coulée, toujours pour la même durée de séjour dans le four, ce dernier devrait avoir une longueur même plus grande, ce qui est presque impossible à la fois du point de vue technique et économique.

Toujours par référence à la figure 1, on voit trois brames 4, 4.1 et 4.2 à l'intérieur du four 5, parmi lesquelles la première est toujours connectée à la coulée en continu avant d'être découpée par les cisailles 3, la deuxième est libre à l'intérieur du four, prête à être laminée, et la troisième est déjà tirée par le laminoir finisseur 9 à travers la décalamineuse 8. Les profils virtuels de deux brames additionnelles 4.3 et 4.4 sont représentés par une ligne entrecoupée, qui pourraient trouver place à l'intérieur du four 5 sans devoir arrêter la coulée en continu en cas d'obstructions dans le laminoir ou d'opérations de remplacement des rouleaux, si ces problèmes peuvent être résolus en un temps inférieur à 20 min.

Le profil de température transversal de la brame, immédiatement en amont du premier poste de laminage, est représenté par le détail marqué par le numéro de référence 7. Le diagramme de la figure 1a montre aussi qu'une brame avec une température moyenne de 1000°C à l'entrée du laminoir finisseur requiert une pression ou une "contrainte d'écoulement" K_f sur le matériau égale à 100 N/mm², tandis qu'une température de 800°C, dans le cas de l'acier à faible teneur en carbone, implique une pression K_f d'environ 150 N/mm². Comme on peut le remarquer dans le détail 7, le profil de température de la brame à l'entrée du laminoir finisseur est essentiellement homogène, comme montré par la courbe légèrement convexe le représentant à partir d'un minimum d'environ 990°C aux extrémités, correspondant à la température de surface, jusqu'à un maximum de 1010°C dans la zone centrale, correspondant au noyau de la brame, duquel provient la valeur indiquée auparavant d'environ 1000°C pour la température moyenne.

En fait, conformément à l'art antérieur relatif à ce type de technologie, il est reconnu que le produit à la sortie de la coulée en continu 2, ayant un profil de température comme montré dans le diagramme du détail 6, relativement à la section transversale de la brame à l'entrée du four 5, c'est-à-dire avec une température de surface d'environ 1100°C et d'environ 1250°C au noyau (c'est-à-dire le sommet du diagramme), devrait subir un procédé d'homogénéisation complète de la température. La tendance a toujours été d'homogénéiser une telle température autant que possible, spécialement à travers la section transversale de la brame, avant l'entrée dans le laminoir finisseur. En fait, on a toujours pensé qu'en rendant la température uniforme entre la surface et le noyau du produit, l'avantage d'un allongement homogène des fibres pourrait être obtenu, afin d'afficher la même résistance aux contraintes en ayant essentiellement la même température. Sur la base d'un tel préjudice technique constant, on a toujours tenté d'avoir une différence de température inférieure à 20°C entre la surface et le noyau du produit, comme indiqué ci-dessus par référence au détail 7, afin d'avoir un allongement homogène des fibres, considéré jusqu'à maintenant nécessaire pour la réalisation d'une bonne qualité du produit final.

D'autre part, comme vu ci-dessus, la caractéristique d'uniformité de la température des brames ne permet pas de construire des installations aux vitesses élevées de coulée, qui seraient théoriquement possibles à réaliser (jusqu'à des valeurs de 12 m/min en raison du développement de la présente technologie), et de

ce fait avec des productivités très élevées, en raison de la longueur inadmissible que le four devrait avoir.

5 D'autre part, il serait souhaitable d'avoir des fours de longueur réduite entre la coulée en continu et le laminoir afin d'économiser de l'espace et réduire les investissements, occasionnant une température moyenne supérieure du produit, impliquant une puissance totale inférieure des postes pour la même épaisseur de bande, comme souligné dans le diagramme de la figure 1a déjà mentionné.

10 Surmontant aussi un préjudice répandu de l'art antérieur, on a trouvé qu'avec une température au milieu de la section transversale de la brame supérieure de 100 - 200°C par rapport à la température de surface, maintenue à environ 1100°C, une pression de laminage inférieure K_f est requise afin d'obtenir la même épaisseur finale de la bande, car la température de laminage moyenne est augmentée, sans aggraver la qualité du produit.

15 On a trouvé aussi que les conditions de température ne portent pas préjudice à la qualité du produit de laminage final, lorsque les conditions suivantes sont satisfaites : le produit coulé affiche une valeur de "débit massique" suffisamment élevée (c'est-à-dire la quantité d'acier s'écoulant en unité de temps à la sortie de la coulée en continu), avec une vitesse de sortie > 5 m/min après avoir subi un procédé de réduction du noyau liquide ou une "réduction douce", en particulier
20 conformément aux enseignements du EP 0603330 au nom du même demandeur, afin de garantir la soi-disant caractéristique de "central sanity" (bon état au cœur) de la brame coulée et d'avoir une température supérieure au noyau et de ce fait une température moyenne supérieure à l'étape de laminage.

25 Par conséquent, un objectif de la présente invention consiste à fournir un procédé pour la fabrication de bandes en acier avec solution de continuité permettant une réduction maximale possible avec une résistance minimale à la séparation et requérant de ce fait une puissance totale réduite des postes de laminage avec une économie conséquente d'énergie pour une épaisseur donnée de bande à la sortie du laminoir.

30 Un autre objectif de la présente invention consiste à fournir un procédé du type susmentionné qui est capable de réaliser, avec une longueur limitée de four, des productivités très élevées comme conséquence d'une vitesse élevée de coulée.

35 Ces objectifs ainsi que d'autres sont mis en œuvre par un procédé ayant les caractéristiques mentionnées dans la revendication 1 et par une installation dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 3, tandis que d'autres avantages et caractéristiques de la présente invention deviendront évidents à partir de la description détaillée suivante d'un mode de réalisation préféré de celle-ci, donnée à titre d'exemple non restrictif par référence aux figures annexées parmi lesquelles :

40 La figure 1 montre schématiquement une installation pour la fabrication de bandes d'acier à partir d'une coulée en continu, avec solution de continuité, conformément à l'art antérieur comme décrit déjà ci-dessus ;

La figure 1a est un diagramme montrant la tendance de la pression de laminage requise en fonction de la température moyenne du matériau à laminier ;

La figure 2 montre une vue schématique d'une installation conformément à la présente invention, semblable à celle de la figure 1 ; et

5 La figure 3 montre une vue schématique d'une variante d'une installation conformément à la présente invention, comportant un four à induction.

Par référence à la figure 2, un exemple d'installation mettant en œuvre le procédé conformément à la présente invention est schématiquement montré, commençant par une brame mince 22 à la sortie d'une zone de coulée en continu schématiquement représentée en entier par 21 et comprenant, comme c'est connu, un moule ainsi qu'un moyen possible pouvant réaliser une réduction du noyau liquide ou une "réduction douce". La brame mince 22 sort de la coulée en continu 21 avec les mêmes valeurs d'épaisseur et de vitesse déjà indiquées pour la brame 2 de l'installation de la figure 1 relative à l'art antérieur, c'est-à-dire avec une épaisseur comprise entre 45 et 110 mm, par exemple 60 mm, une vitesse égale à 5 m/min et une largeur égale à 1600 mm, ce qui signifie avec un "débit massique" élevé comme défini ci-dessus. Le profil de température dans la zone en amont du four 25 (ici non illustré) est toujours celui montré dans le détail 6 de la figure 1, avec une température de surface d'environ 1100°C et d'environ 1250°C au noyau (sommet du diagramme).

La brame est toujours découpée en pièces, typiquement ayant une longueur de 40 m, au moyen de cisailles 3, d'après le poids de la bobine finale souhaitée, et entre dans un four à tunnel traditionnel 25 (chauffé au gaz), mais ayant une longueur limitée, visant à maintenir la brame mince 24 à la même température en la chauffant. De là, elle passe à travers la décalamineuse 8, dans un laminoir finisseur 29 duquel elle ressort après son laminage, sur une table à rouleaux 15 afin d'être enroulée au moyen d'une ou de deux enrouleuses 16, comme déjà vu dans la figure 1.

A la différence de l'installation de la figure 1, le four à tunnel 25 affiche ici une longueur qui doit être autant que possible réduite et de toute façon 100 m au maximum, afin que le temps de séjour de la brame mince à l'intérieur dudit four soit aussi court que possible. Ceci vise à maintenir un profil avec une tendance "triangulaire" à la sortie, comme indiqué par le détail 27, caractérisé par une température de surface d'environ 1100°C, une température dans le noyau de la brame d'environ 1200°C et une température moyenne d'environ 1150°C. La tendance résultante est de ce fait essentiellement moins homogène que le profil montré dans le détail 7 de la figure 1, pour la même vitesse d'alimentation.

A l'intérieur du four 25, deux brames 24 et 24.2 sont représentées, la première est toujours connectée à la coulée en continu avant d'être découpée par les cisailles 3 et la deuxième est déjà tirée par le laminoir finisseur 29 à travers la décalamineuse 8 et, de ce fait, est toujours à l'étape de laminage. La ligne entrecoupée 24.1, intermédiaire entre les deux brames, représente l'espace disponible pour une autre brame, servant comme "poumon" en cas d'obstruction du

laminoir, si l'épaisseur de la brame à la sortie et le poids de la bobine souhaitée permettent d'avoir des brames de longueur < 30 m, vu les limites susmentionnées de la longueur totale du four. Chaque brame, après la découpe par les cisailles 3, est accélérée et transférée vers la partie centrale du four jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse d'entrée du laminoir finisseur, égale à environ 15 - 20 m/min, afin de réduire le temps de séjour dans le four autant que possible, qui pourra être même inférieur à 10 minutes au lieu des 20 - 40 minutes prévues pour une installation conforme à l'art antérieur montrée dans la figure 1.

Comme énoncé auparavant, il faudrait noter que de toute façon la distance entre la sortie de la coulée en continu 21 et le laminoir finisseur 29 ne dépassera pas 100 m environ, avec l'avantage conséquent d'avoir une installation plus compacte requérant un espace réduit aussi avec des vitesses élevées à la sortie de la coulée en continu. De cette façon, la température moyenne du produit sera supérieure à la température de surface, d'au moins 100°C au noyau par rapport à la surface externe. A partir du diagramme de la figure 1a, il est clair qu'une valeur Kf d'environ 70 N/mm² correspond à une température moyenne de 1150°C, au lieu de 100 N/mm² ayant lieu avec la température moyenne de 1000°C résultant de l'installation de la figure 1.

On devrait observer qu'en utilisant la température supérieure susmentionnée du "débit massique", des réductions supérieures peuvent être réalisées, en particulier dans les premiers postes de laminage, permettant l'obtention d'épaisseurs plus fines avec le même nombre ou un nombre inférieur de postes par comparaison à l'art antérieur. Dans la figure 2, par exemple, les postes de laminoir 29 sont représentés au nombre de cinq contre les six du laminoir 9 de la figure 1.

La figure 3 montre un autre mode de réalisation de la présente invention, où le four à tunnel 25, typiquement chauffé au gaz, est essentiellement remplacé par un four à induction 35. Dans l'art antérieur (voir par exemple EP 0415987 au nom du même demandeur), des fours à induction sont utilisés afin de chauffer une brame mince, laminée auparavant jusqu'à une épaisseur d'environ 15 mm dans un laminoir dégrossisseur, et de la préparer pour l'étape ultérieure de laminage finisseur. Etant donné que le noyau de la brame est de toute façon plus chaud que la surface, la fréquence de fonctionnement du four est en général choisie suffisamment élevée afin que la profondeur de pénétration de l'énergie thermique, inversement proportionnelle à la fréquence, chauffe principalement la couche superficielle caractérisée par une température inférieure.

Au contraire, conformément à la présente invention, le four à induction 35 de la figure 3 est utilisé avec une fréquence de fonctionnement suffisamment basse afin que l'action de chauffage, réalisée d'une façon presque homogène sur toute la section transversale de la brame jusqu'au noyau, maintienne essentiellement la même tendance comme à l'entrée du four jusqu'à la fin, une telle tendance étant illustrée dans le diagramme du détail 6 dans la figure 1. Ainsi si à l'entrée du four 35, la brame 34, à découper avec des cisailles 3 de la brame 32 provenant de la coulée en continu 31, a une température de surface de 1100°C et de 1250°C au noyau, à la sortie dudit four elle pourra avoir aussi une température de surface de

1150°C ou plus et d'environ 1250°C au noyau, non seulement maintenant une différence de température perceptible entre l'intérieur et l'extérieur, mais élevant aussi la température moyenne de la brame au cours du laminage, avec tous les avantages démontrés auparavant par référence à la figure 1a.

5 Avant d'entrer dans le four à induction 35, la brame mince 32 provenant de la coulée en continu 31 passe de toute façon, après les cisailles 3, dans un tunnel de maintien de la température et éventuellement de chauffage 36, qui vise à limiter les pertes thermiques.

10 Il faudrait noter que le four à induction 35, à la différence de ce qui est montré dans la figure 3, pourrait également être placé avant ledit tunnel 36, de façon à augmenter la température de la brame alors qu'elle est toujours connectée à la coulée en continu, dans le but de limiter le dimensionnement électrique. Après le découpage avec les cisailles 3, la pièce 34 découpée de la brame est accélérée, comme mentionné déjà pour la brame 24 par référence à la figure 2, afin d'atteindre
15 la vitesse d'entrée du laminoir 39, égale à environ 15 - 20 m/min. Le tunnel 36 comportant les tables à rouleaux entre la coulée en continu et le laminoir, en amont et/ou en aval du four 35, est formé de panneaux isolants, qui sont éventuellement munis de brûleurs à gaz et/ou de résistances afin de réduire davantage les pertes thermiques. En résumé, étant donné la longueur inférieure d'un four à induction par
20 comparaison à un four traditionnel, on peut dire que dans ce cas aussi, étant donné que le tunnel 36, a une longueur réduite par rapport au four 25 de la figure 2, la distance totale entre la sortie de la coulée en continu et l'entrée du laminoir de nouveau ne dépasse pas 100 m.

25 Des systèmes de refroidissement ou éventuellement des systèmes de chauffage intermédiaires, non illustrés dans la figure, peuvent être aménagés parmi les postes du laminoir finisseur 29 ou 39, par insertion entre un poste et un autre poste en fonction de la vitesse de laminage et du type d'acier à laminier.

30 Finalement, la présente invention peut également être utilisée afin de mettre en œuvre les procédés et les installations associées avec deux lignes de coulée alimentant le même laminoir 29 ou 39.

35

40

REVENDICATIONS

1. Un procédé pour la fabrication de bandes d'acier comprenant une
5 étape de coulée en continu de brames minces, ayant une épaisseur comprise entre 45
et 80 mm et un "débit massique" élevé, c'est-à-dire la quantité d'acier passant par
unité de temps à la sortie de la coulée en continu, avec solution de continuité ; une
étape de cisaillement et un chauffage ultérieur étant fournis, suivis d'une étape de
10 laminage dans une pluralité de postes, caractérisé par le fait que ledit chauffage est
obtenu, au moins partiellement, par un chauffage à induction avec une fréquence de
fonctionnement suffisamment basse afin de porter l'action de chauffage au noyau de
la brame et de maintenir essentiellement la même différence de température entre
l'intérieur et l'extérieur de la brame en entrant l'étape de laminage, où la
15 température moyenne du produit dans sa section transversale est supérieure à la
température de surface, qui est égale ou supérieure à environ 1100°C, et que la
température dans la zone centrale interne ou "noyau" de la brame est d'au moins
100°C plus élevée que la température de surface.

2. Un procédé conformément à la revendication 1, où au moins un
refroidissement et/ou un chauffage intermédiaire est fourni parmi les postes de
20 laminage.

3. Une installation pour la production de bandes en acier à partir de
brames minces ayant une épaisseur comprise entre 45 et 80 mm provenant d'une
coulée en continu (21 ; 31), comprenant au moins un four de chauffage (25 ; 35, 36)
en amont d'un laminoir finisseur à postes multiples (29 ; 39), dans lequel entre ledit
25 produit de coulée avec solution de continuité, après un découpage en brames (24 ;
34) au moyen de cisailles (3) ; une décalamineuse (8) étant aménagée entre des
fours (25 ; 35, 36) et un laminoir (29 ; 39), qui se caractérise par le fait qu'au moins
un four est un four à induction (35) dont la fréquence de fonctionnement est choisie
suffisamment basse afin de porter l'action de chauffage au noyau de la brame et de
30 maintenir essentiellement la même différence de température entre l'intérieur et
l'extérieur à l'extrémité dudit four à l'entrée du premier poste de laminage dudit
laminoir finisseur (29 ; 39), où la température moyenne de la brame est supérieure à
la température de surface et dans la zone centrale interne ou "noyau" elle est d'au
moins 100°C plus élevée que la température de surface, qui est égale ou supérieure à
35 1100°C, la distance entre la sortie de la coulée en continu (21, 31) et l'entrée au
laminoir (29 ; 39) ne dépassant pas 100 m.

4. Une installation conformément à la revendication 3, où en plus dudit
four à induction (35) un deuxième four (25) du type à tunnel est aménagé, chauffé
au gaz.

5. Une installation conformément à la revendication 3, où uniquement
40 un four (35) du type à induction est fourni.

5 6. Une installation conformément aux revendications 3 ou 4 où un tunnel de maintien de la température (36) est fourni en combinaison avec ledit four à induction (35), en amont et/ou en aval de celui-ci, ayant une telle longueur à maintenir la distance totale entre la coulée en continu et le laminoir finisseur inférieure ou égale à 100 m, convenant à limiter les pertes thermiques.

7. Une installation conformément à la revendication 6, où ledit tunnel (36) est formé de tables à rouleaux munies de panneaux isolants,

10 8. Une installation conformément aux revendications 6 ou 7, où ledit tunnel (36) est muni de brûleurs à gaz et/ou de résistances électriques,

9. Une installation conformément aux revendications 6 ou 7, où ledit four à induction (35) est placé immédiatement en amont de la décalamineuse (8).

10. Une installation conformément aux revendications 6 ou 7, où ledit four à induction (35) est placé immédiatement en aval des cisailles (3).

15 11. Une installation conformément à la revendication 3, caractérisée par le fait qu'elle comprend un dispositif intermédiaire de refroidissement et/ou de chauffage parmi les postes de laminage (29 ; 39).

20

25

30

35

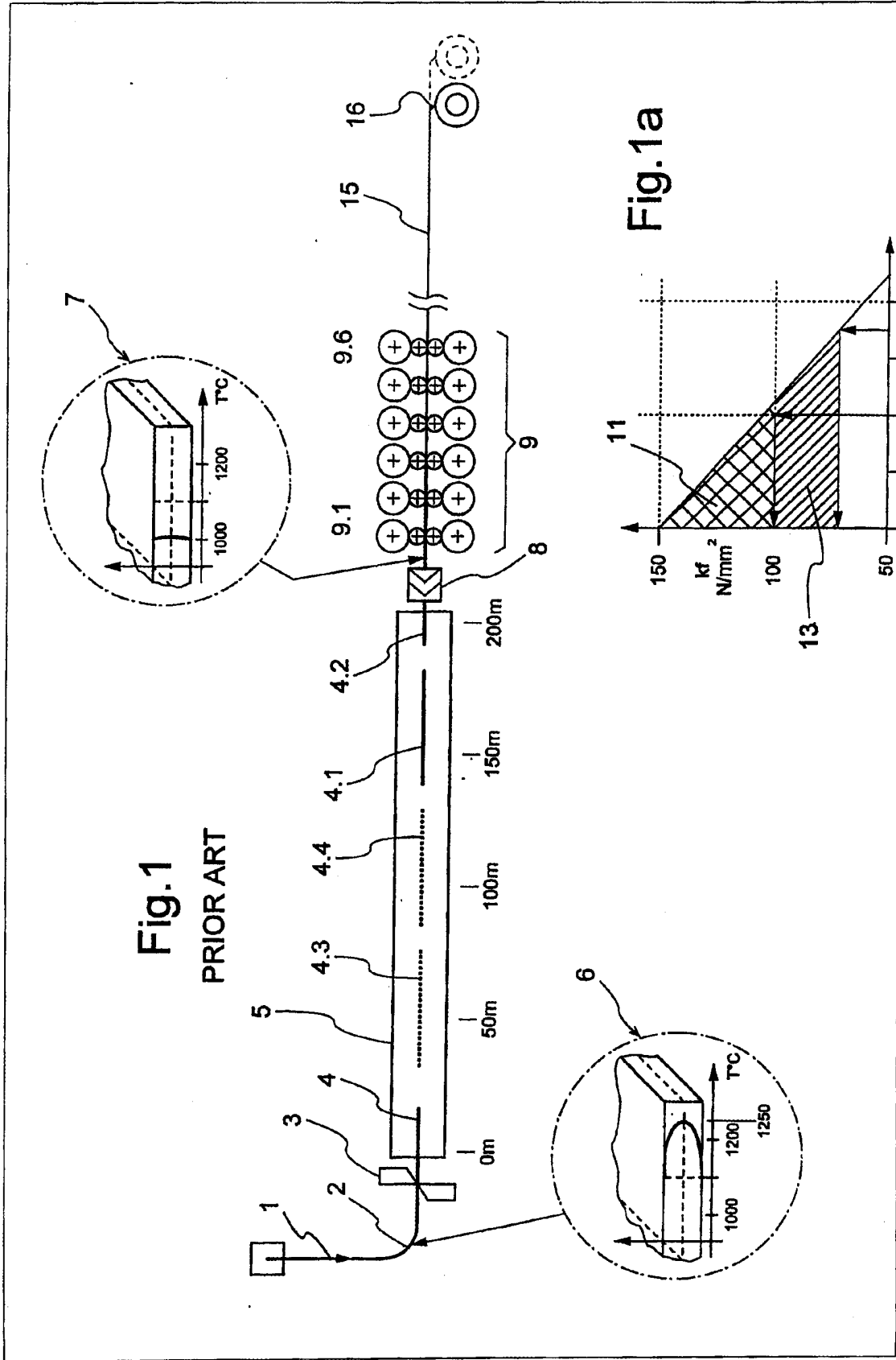


Fig.3

