


DEMANDE DE BREVET EUROPEEN


 Numéro de dépôt: **90870050.3**


 Int. Cl.⁵: **B22D 11/124**


 Date de dépôt: **05.04.90**


 Priorité: **13.04.89 BE 8900414**


 Date de publication de la demande:
17.10.90 Bulletin 90/42


 Etats contractants désignés:
AT BE DE ES FR GB IT LU NL SE


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


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


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


Procédé et dispositif de refroidissement d'un produit métallique coulé en continu.


 Après une étape de refroidissement intense au moyen d'une couche continue de liquide de refroidissement sous pression formée à sa surface, on applique au produit métallique au moins une étape de refroidissement modéré au moyen d'un liquide de refroidissement assurant un coefficient d'échange de chaleur inférieur ou égal à 50 % du coefficient d'échange de chaleur de l'étape de refroidissement intense. Ce refroidissement modéré est de préférence réalisé dans de l'eau relativement calme à une température comprise entre 25 ° C et 60 ° C.

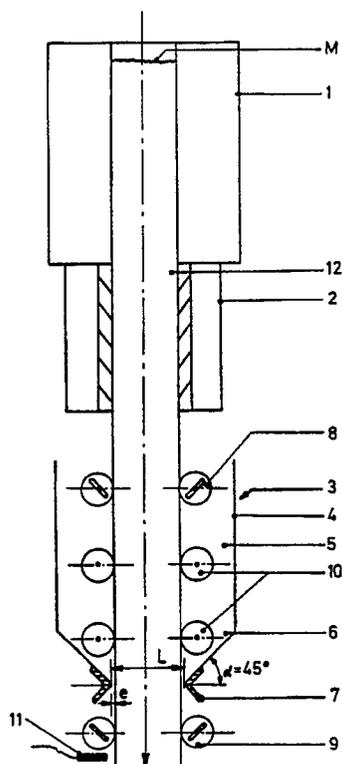


FIG. 1.

EP 0 393 005 A2

Procédé et dispositif de refroidissement d'un produit métallique coulé en continu.

La présente invention concerne un procédé de refroidissement d'un produit métallique coulé en continu, ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

On sait que la coulée continue est un procédé qui consiste à couler un métal fondu, en particulier l'acier, dans un moule refroidi latéralement et ouvert à ses deux extrémités, et à extraire le métal hors de ce moule en un produit ayant la forme d'un lingot continu partiellement solidifié. La solidification de ce lingot est ensuite poursuivie sous l'action d'un refroidissement superficiel, dit refroidissement secondaire, qui est généralement réalisé par projection d'eau sous pression. Un type de dispositif de refroidissement largement utilisé à cet effet comporte également des moyens tels que des rouleaux pour soutenir le lingot incomplètement solidifié et ainsi éviter les percées.

On a déjà proposé, en particulier par le brevet BE-A-904.436, un procédé de refroidissement dans lequel on forme une couche continue d'un liquide de refroidissement sous pression à la surface du lingot à refroidir. En pratique, ce liquide de refroidissement est généralement de l'eau qui se trouve à la température ambiante, c'est-à-dire entre 10 °C et 20 °C. Ce procédé permet d'assurer un refroidissement intense remarquablement homogène ainsi qu'un soutien uniforme du lingot. Il en résulte la formation rapide d'une couche superficielle de métal solidifié ayant une épaisseur régulière, suffisante pour prévenir tout risque de percée ultérieure.

Il est cependant apparu qu'à côté des avantages précités, ce procédé pouvait conduire à la formation de microfissures à l'intérieur du produit coulé, et plus précisément au front de solidification, c'est-à-dire à la surface de séparation entre la couche solidifiée et le métal qui est encore à l'état liquide à l'intérieur du produit. Ce défaut a parfois été constaté dans des produits coulés en continu, en particulier lors de la coulée d'aciers à haute teneur en carbone. De telles microfissures peuvent conduire à des défauts internes préjudiciables à la qualité des produits coulés, ainsi qu'à celle des produits laminés qui en découlent.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé permettant de remédier aux inconvénients qui viennent d'être évoqués, au moyen d'un refroidissement du produit coulé en continu, appartenant au type précité mais qui ne donne pas lieu à la formation de microfissures internes.

Conformément à la présente invention, un procédé de refroidissement d'un produit métallique coulé en continu, dans lequel on soumet ledit produit métallique, après qu'il soit sorti du moule de coulée continue, à une étape de refroidissement

intense au moyen d'une couche continue de liquide de refroidissement sous pression formée à la surface dudit produit, est caractérisé en ce que l'on applique ensuite audit produit métallique au moins une étape de refroidissement modéré au moyen d'un liquide de refroidissement assurant un coefficient d'échange de chaleur inférieur ou égal à 50 % du coefficient d'échange de chaleur de l'étape de refroidissement intense.

Selon une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention, le coefficient d'échange de chaleur de l'étape de refroidissement modéré est compris entre 20 % et 40 % de celui de l'étape de refroidissement intense.

On sait que le flux de chaleur entre une surface chaude et un liquide de refroidissement est égal au produit du coefficient d'échange de chaleur par la différence de température entre ladite surface et le liquide de refroidissement; le coefficient d'échange de chaleur dépend du mode de projection du liquide de refroidissement, en particulier de l'eau, et spécialement de la vitesse d'écoulement et de la température de celui-ci.

Selon une caractéristique particulière du procédé de l'invention, on utilise comme liquide de refroidissement dans ladite étape de refroidissement modéré, de l'eau se trouvant à une température comprise entre 25 °C et 60 °C, et de préférence voisine de 40 °C.

Dans un mode de réalisation intéressant du procédé de l'invention, on recueille au moins une partie du liquide de refroidissement qui s'écoule de l'étape de refroidissement intense dudit produit métallique, on maintient ledit liquide de refroidissement ainsi recueilli en contact avec ledit produit métallique, on provoque l'écoulement de ce liquide de refroidissement le long du produit métallique et on règle la vitesse d'écoulement dudit liquide de refroidissement ainsi que sa durée de contact avec le produit en fonction de la température de la surface du produit après l'étape de refroidissement modéré.

Avantageusement, on mesure la température de surface du produit, après l'étape de refroidissement modéré, on la compare à une valeur prédéterminée de cette température et, selon que la valeur mesurée est supérieure ou inférieure à ladite valeur prédéterminée de cette température, on augmente ou on diminue la vitesse d'écoulement dudit liquide de refroidissement le long du produit métallique.

Le procédé qui vient d'être décrit permet de recueillir le liquide de refroidissement s'écoulant de l'étape de refroidissement intense, de le maintenir en contact avec le produit métallique pendant une

durée suffisante pour provoquer son échauffement jusqu'à une température désirée, tout en le laissant s'écouler avec une vitesse ou un débit réglable en fonction de la variation de la température de sortie du produit métallique.

L'invention porte également sur un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé qui a été décrit plus haut.

Ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte entourant le chemin du produit coulé en continu, en ce que ladite enceinte présente une extrémité d'entrée et une extrémité de sortie présentant chacune une ouverture destinée à livrer passage audit produit métallique, et en ce que l'ouverture prévue dans ladite extrémité de sortie présente une section calibrée, qui peut d'ailleurs être réglable.

Dans une réalisation préférée, ce dispositif est placé en aval d'un dispositif de refroidissement intense, et il comporte des moyens pour recueillir au moins une partie du liquide de refroidissement s'écoulant dudit dispositif de refroidissement intense. De ce fait, aucun apport d'eau supplémentaire n'est nécessaire.

Suivant l'invention, le dispositif peut encore comporter des moyens de mesure de la température, disposés au voisinage de l'ouverture de sortie calibrée précitée, afin de mesurer la température de surface du produit métallique à la sortie du dispositif de refroidissement modéré.

D'autres particularités et avantages de l'invention seront encore révélés par la description qui va suivre, qui est consacrée à une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention au moyen d'un dispositif préféré donné à titre de simple exemple. Cette description fait référence aux dessins annexés, dans lesquels la

Fig. 1 montre schématiquement un dispositif de l'invention disposé en aval d'un dispositif de refroidissement intense, et la

Fig. 2 illustre l'effet du procédé de l'invention sur l'évolution de la température de surface d'un produit coulé en continu.

Dans la représentation schématique de la Fig. 1, on n'a volontairement reproduit que les éléments requis pour une compréhension claire et aisée de l'invention.

Le dispositif illustré dans la Fig. 1 comprend une lingotière de coulée continue 1 sous laquelle est placé un dispositif de refroidissement intense 2. Ce dispositif 2 est ici du type qui est décrit dans le brevet BE-A-904.436 précité, mais il pourrait sans inconvénient être différent, pour autant qu'il assure un refroidissement d'intensité comparable.

En dessous de ce dispositif 2 est monté un dispositif de refroidissement modéré conforme à la présente invention, qui est globalement désigné par le repère 3.

Le dispositif 3 comprend une enceinte 4, qui entoure le chemin du produit métallique coulé. L'enceinte 4 se compose d'un corps 5 de section essentiellement constante, dont les extrémités supérieure et inférieure présentent des ouvertures destinées à livrer passage au produit coulé. Dans l'exemple représenté ici, l'extrémité supérieure du corps 5 est entièrement ouverte, tandis que son extrémité inférieure est pourvue d'un fond en forme de tronc de pyramide 6 posé sur sa petite base. Cette petite base est ouverte et son arête inférieure est renforcée par un cadre rigide 7 formé par des cornières. Les cornières sont placées avec leurs ailes inclinées à 45° par rapport à un plan horizontal et leur sommet tourné vers le produit métallique coulé. Ces cornières permettent un guidage correct de la tête du mannequin lors de la remontée de ce dernier avant le démarrage d'une opération de coulée. La dimension intérieure L de ce cadre 7 est déterminée de façon qu'il subsiste une fente de largeur e entre la face du produit métallique coulé et l'arête au sommet des cornières constituant le cadre 7. Les dimensions L et e peuvent être adaptées en fonction de la forme et des dimensions du produit métallique coulé, ainsi que du débit du liquide de refroidissement qu'il faut assurer. Le dispositif comporte encore des rouleaux presseurs 8 et 9, respectivement intérieurs et extérieurs à l'enceinte 4, ainsi que des rouleaux de guidage 10 situés à l'intérieur de l'enceinte 4. Les rouleaux presseurs intérieurs 8 permettent de diminuer la vitesse d'écoulement de l'eau le long du produit coulé et contribuent ainsi à réduire l'agitation de cette eau dans l'enceinte 4. L'eau peut dès lors subir un certain échauffement dans cette enceinte 4 et assurer ainsi un refroidissement modéré du produit métallique. Un pyromètre 11 mesure la température de surface du produit métallique coulé.

Le procédé de refroidissement conforme à l'invention sera maintenant décrit en faisant référence au dispositif illustré dans la Fig. 1.

Le métal en fusion, par exemple l'acier, est coulé dans une lingotière de coulée continue 1 où il subit un refroidissement primaire classique. Il en résulte un produit métallique 12 présentant une fine peau solidifiée, qui traverse ensuite un dispositif de refroidissement intense dans lequel l'épaisseur de la peau solidifiée augmente fortement.

Le produit métallique 12 pénètre ensuite dans un dispositif de refroidissement modéré 3, par l'extrémité supérieure ouverte du corps 5. Il est guidé par les rouleaux de guidage 10 de façon à être correctement positionné par rapport à l'arête inférieure du cadre rigide 7.

En fonctionnement, l'enceinte 4 recueille, par son extrémité d'entrée ouverte, au moins une partie de l'eau qui s'écoule du dispositif de refroidisse-

ment intense 2. La section de sortie de l'enceinte 4, déterminée par les dimensions L et e, est nettement inférieure à sa section d'entrée et de ce fait, l'enceinte 4 est remplie d'eau jusqu'à un niveau prédéterminé. L'enceinte 4 peut d'ailleurs être pourvue de moyens, connus en soi et non représentés ici, pour faire varier le niveau de l'eau selon les besoins du procédé. Le produit métallique 12 traverse ainsi une masse d'eau relativement calme, qui s'échauffe à son contact en assurant un refroidissement modéré de ce produit métallique. Ce refroidissement modéré empêche un réchauffement trop rapide de la peau solidifiée sous l'action de la chaleur cédée par le coeur encore liquide du produit. De ce fait, la solidification du métal peut se poursuivre au sein de ce produit sans qu'il y ait apparition de microfissures internes au front de solidification.

Le pyromètre 11 mesure la température de surface du produit métallique 12 à sa sortie du dispositif 3 et il peut commander le refroidissement modéré, par exemple le niveau de l'eau dans l'enceinte 4, en fonction de la température mesurée.

La Fig. 2 illustre un exemple d'application du procédé et du dispositif de la présente invention. Cet exemple porte sur la coulée continue de billettes de section carrée de 220 mm de côté en acier à 0,8 % C. Les diagrammes (a) et (b) montrent, suivant l'axe vertical de gauche, l'évolution de la température de surface (T_s) des billettes, au milieu d'une face, et suivant l'axe vertical de droite, l'évolution de l'épaisseur (d) de la couche superficielle solidifiée, en fonction de la distance (D) mesurée à partir du ménisque (M) dans la lingotière 1 (voir Fig. 1). Dans les deux cas, on a réalisé la même épaisseur solidifiée de 100 mm.

Dans un premier cas, correspondant au diagramme (a), on a coulé les billettes dans une installation de type connu, comportant une lingotière 1 et un dispositif de refroidissement intense 2. Ces deux dispositifs sont symbolisés sur la Fig. 2 par des rectangles 1 et 2 différemment hachurés. On voit qu'après la sortie de la lingotière 1, la température de surface des billettes diminue très rapidement dans le dispositif 2, pour remonter instantanément dès la sortie de celui-ci puis parvenir rapidement à un maximum à partir duquel elle décroît lentement.

Dans le second cas, qui correspond au diagramme (b), on a ajouté un dispositif de refroidissement modéré 3, conforme à l'invention, à la suite du dispositif de refroidissement intense 2. Le diagramme (b) montre clairement que la remontée de la température de surface des billettes est fortement ralentie dans le dispositif de refroidissement 3 par rapport à ce qu'elle était dans le premier cas à la sortie du dispositif 2. Par la suite, la tempé-

ture remonte également plus lentement jusqu'à sa valeur maximale, qui est la température d'égalisation, avant de diminuer lentement. Cette remontée plus lente de la température des billettes permet une solidification plus progressive du métal et permet d'éviter la formation de microfissures au front de solidification. L'évolution de l'épaisseur solidifiée est également plus favorable dans ce cas.

Revendications

1. Procédé de refroidissement d'un produit métallique coulé en continu, dans lequel on soumet ledit produit métallique, après qu'il soit sorti du moule de coulée continue, à une étape de refroidissement intense au moyen d'une couche continue de liquide de refroidissement sous pression formée à la surface dudit produit métallique, caractérisé en ce que l'on applique ensuite audit produit métallique au moins une étape de refroidissement modéré au moyen d'un liquide de refroidissement assurant un coefficient d'échange de chaleur inférieur ou égal à 50 % du coefficient d'échange de chaleur de l'étape de refroidissement intense.

2. Procédé de refroidissement suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le coefficient d'échange de chaleur de l'étape de refroidissement modéré est compris entre 20 % et 40 % de celui de l'étape de refroidissement intense.

3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on utilise comme liquide de refroidissement dans ladite étape de refroidissement modéré, de l'eau se trouvant à une température comprise entre 25 ° C et 60 ° C.

4. Procédé de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on recueille au moins une partie du liquide de refroidissement qui s'écoule de l'étape de refroidissement intense dudit produit métallique, en ce que l'on maintient ledit liquide de refroidissement ainsi recueilli en contact avec ledit produit métallique, en ce que l'on provoque l'écoulement de ce liquide de refroidissement le long du produit métallique et en ce que l'on règle la vitesse d'écoulement dudit liquide de refroidissement ainsi que sa durée de contact avec le produit en fonction de la température de la surface du produit métallique après l'étape de refroidissement modéré.

5. Procédé de refroidissement suivant la revendication 4, caractérisé en ce que l'on mesure la température de surface dudit produit métallique après l'étape de refroidissement modéré, en ce qu'on la compare à une valeur prédéterminée de cette température et en ce que, selon que la valeur mesurée est supérieure ou inférieure à ladite valeur prédéterminée de cette température, on augmente ou on diminue la vitesse d'écoulement dudit liquide

de refroidissement le long du produit métallique.

6. Dispositif de refroidissement d'un produit métallique continu, caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte (4) entourant le chemin du produit métallique (12) coulé en continu, en ce que ladite 5
enceinte (4) présente une extrémité d'entrée et une extrémité de sortie comportant chacune une ouverture destinée à livrer passage audit produit métallique, et en ce que l'ouverture prévue dans ladite 10
extrémité de sortie présente une section calibrée.

7. Dispositif de refroidissement suivant la revendication 6, caractérisé en ce que ladite section calibrée est réglable.

8. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce 15
que ledit dispositif (3) est placé en aval d'un dispositif de refroidissement intense (2) et en ce qu'il comporte des moyens pour recueillir au moins une partie du liquide de refroidissement qui s'écoule 20
dudit dispositif de refroidissement intense.

9. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 6 à 8, caractérisé en ce 25
qu'il comporte des moyens (11) de mesure de la température de surface dudit produit métallique, disposés en aval de ladite ouverture de sortie calibrée.

30

35

40

45

50

55

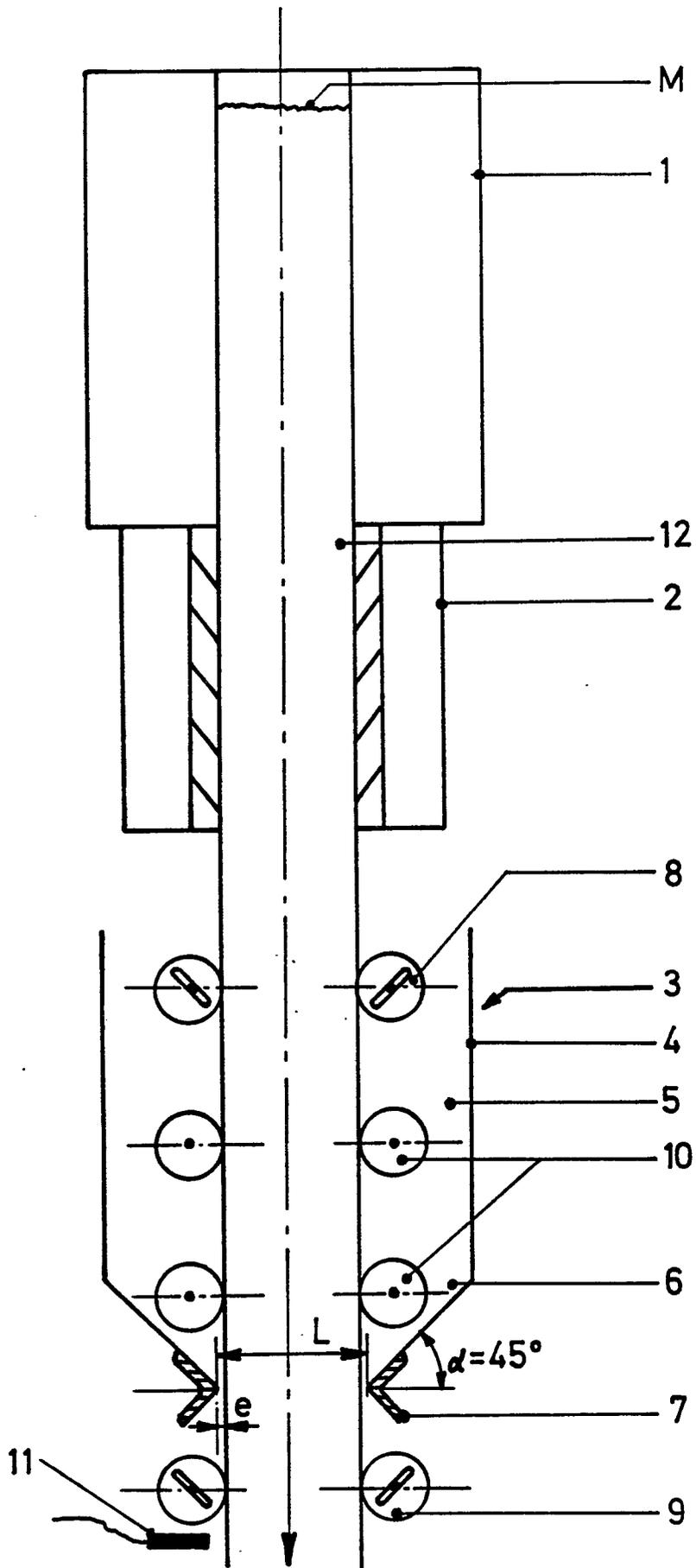


FIG. 1.

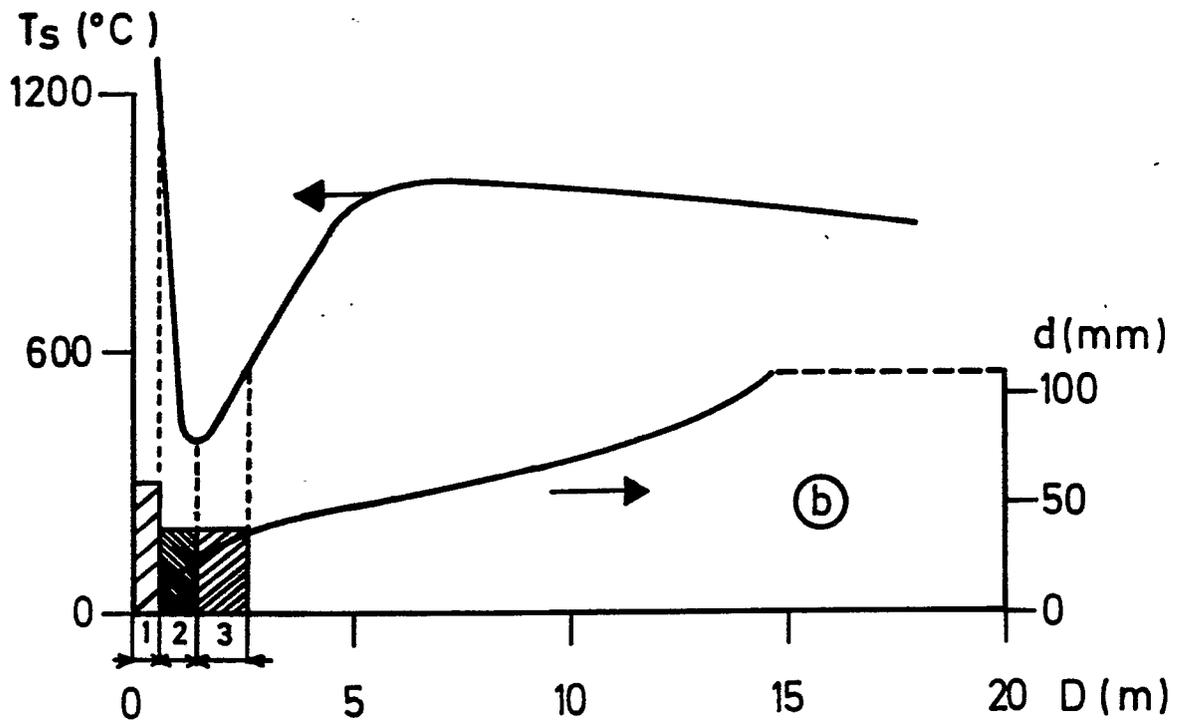
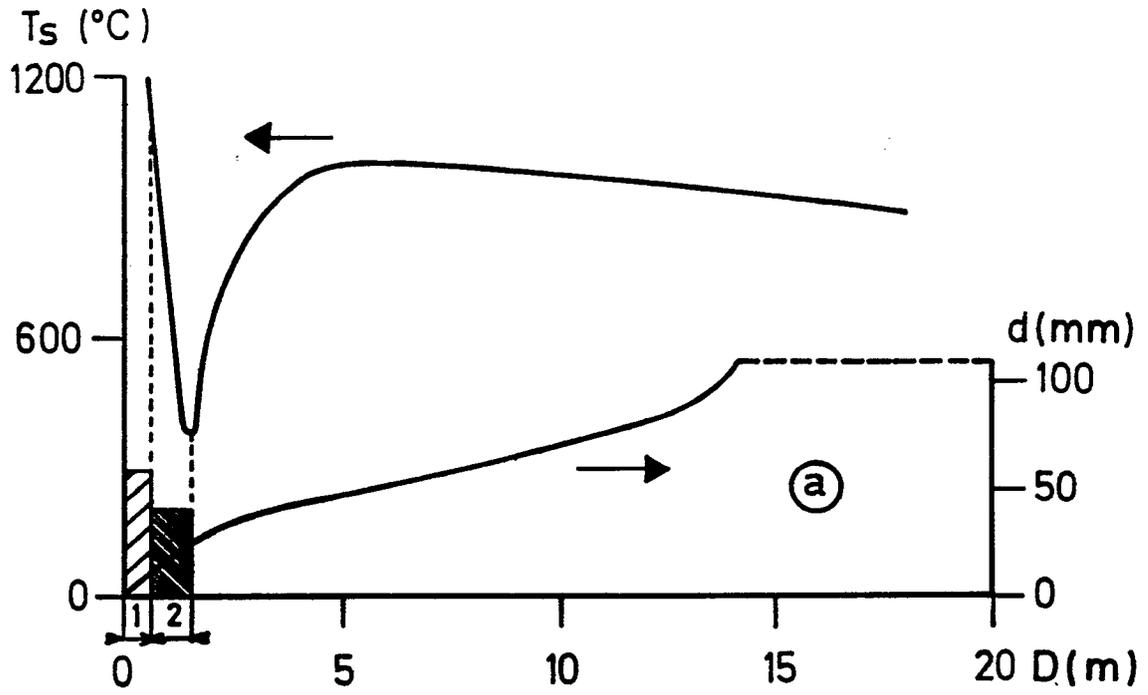


FIG.2.