



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **90870241.8**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **B21B 45/02**

(22) Date de dépôt: **18.12.90**

(30) Priorité: **01.02.90 BE 9000122**

**Montoyer, 47**  
**B-1040 Bruxelles(BE)**

(43) Date de publication de la demande:  
**07.08.91 Bulletin 91/32**

(72) Inventeur: **Noville, Jean-François,**  
**Rue Clerbeau, 6**  
**B-4041 Milmort(BE)**

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

(71) Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES**  
**METALLURGIQUES CENTRUM VOOR**  
**RESEARCH IN DE METALLURGIE Association**  
**sans but lucratif**  
**Vereniging zonder winstoogmerk Rue**

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

(54) **Dispositif et procédé pour le refroidissement modulé d'un élément cylindrique en défilement.**

(57) Le dispositif comporte un conduit tubulaire (1) percé d'une pluralité d'orifices, et une enveloppe disposée autour du conduit tubulaire (1) pour former avec celui-ci une chambre annulaire entourant l'élément cylindrique à refroidir. Le volume intérieur de la chambre annulaire est divisé en au moins deux compartiments (Cs; Ci) qui ne communiquent pas entre eux, cette division en compartiments étant réalisée par au moins deux cloisons de séparation

(2,3). Les cloisons de séparation (2,3) divisent la pluralité d'orifices en au moins deux groupes d'orifices, chacun des compartiments (Cs; Ci) comportant un de ces groupes d'orifices et chacun des compartiments (Cs; Ci) est en outre équipé de moyens d'alimentation en agent de refroidissement (As; Ai). Au moins une des cloisons de séparation (2,3) est disposée en hélice sur la surface extérieure du conduit tubulaire (1).

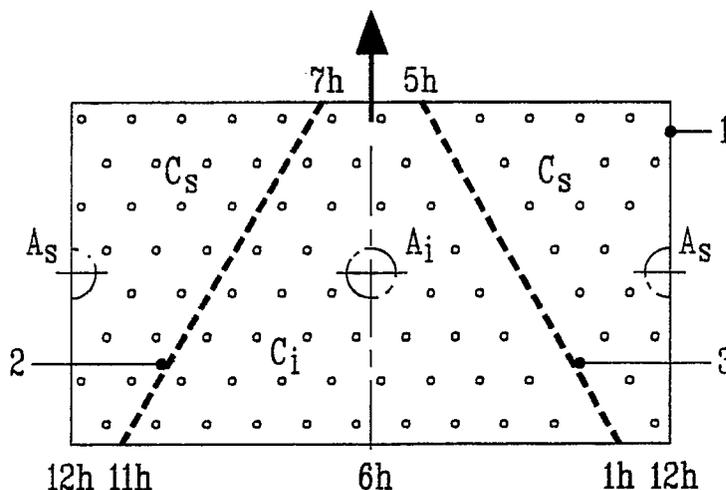


FIG. 2

EP 0 440 009 A2

## DISPOSITIF ET PROCÉDÉ POUR LE REFROIDISSEMENT MODULÉ D'UN ÉLÉMENT CYLINDRIQUE EN DÉFILEMENT

La présente invention concerne le refroidissement d'un élément cylindrique en défilement, tel qu'un tube métallique à la sortie d'un laminoir réducteur.

On connaît déjà, par le document BE-A-08801224, un dispositif de refroidissement d'un élément cylindrique en défilement, qui comporte une enveloppe disposée autour d'un conduit tubulaire perforé, avec lequel elle forme une chambre annulaire entourant l'élément cylindrique à refroidir. Le conduit tubulaire présente des perforations livrant passage au liquide de refroidissement de l'élément cylindrique. Ce dispositif connu assure un refroidissement homogène de l'élément cylindrique qui le traverse.

Dans la pratique industrielle cependant, on constate fréquemment que la distribution de la température de surface n'est pas uniforme le long du périmètre d'une section de l'élément cylindrique.

Une telle distribution non uniforme de la température de surface s'observe notamment dans les tubes sortant horizontalement du laminoir réducteur, sans rotation autour de leur axe longitudinal. Ces tubes peuvent présenter, entre leur génératrice supérieure et leur génératrice inférieure, une différence sensible de température, qui peut par exemple être de l'ordre de 50 °C. Cette différence ne résulte pas d'une variation brusque, mais bien d'une variation continue de la température entre ces deux génératrices.

L'origine de cette variation de la température peut être multiple.

Dans le cas particulier des tubes soudés, il peut subsister dans le tube de l'eau résiduelle provenant de l'opération de formage du tube. Cette eau a tendance à perturber le réchauffage du tube, en particulier dans sa partie inférieure, lors du passage de ce tube dans les fours de réchauffage, par exemple au gaz naturel ou à induction, avant son entrée dans le laminoir.

Il se produit également une distribution hétérogène de la température dans certains types de tubes sans soudure, en particulier ceux qui sont formés par perçage et étirage à partir d'une ébauche pleine préchauffée. Le formage du tube perturbe fréquemment le profil de température de celui-ci, et un réchauffage éventuel n'améliore en général pas la situation.

D'autre part, l'élément cylindrique, creux ou plein, est soumis à un refroidissement différentiel, pendant son laminage de réduction, provoqué par le liquide de refroidissement des cylindres du laminoir. Il en résulte que la partie supérieure de l'élé-

ment cylindrique a tendance à être plus froide que sa partie inférieure.

L'état thermique de l'élément cylindrique est particulièrement perturbé dans le cas des tubes soudés, évoqué ci-dessus, car les deux effets précités peuvent s'y cumuler dans des proportions extrêmement variables.

Le dispositif connu par le document BE-A-08801224 précité assure un refroidissement homogène, qui ne remédie guère à ce manque d'uniformité de la température de surface. Il en résulte que les transformations allotropiques ne se produisent pas au même moment dans toute la zone superficielle d'une section de l'élément cylindrique, et que celui-ci est le siège de déformations indésirables au cours de son refroidissement.

La présente invention a pour objet de remédier à cet inconvénient important, en proposant d'une part un dispositif permettant de moduler le refroidissement d'un élément cylindrique, et d'autre part un procédé de régulation de ce refroidissement modulé.

Conformément à la présente invention, un dispositif pour le refroidissement modulé d'un élément cylindrique en défilement, qui comporte un conduit tubulaire percé d'une pluralité d'orifices, à travers lequel défile ledit élément cylindrique à refroidir, et une enveloppe disposée autour dudit conduit tubulaire pour former avec celui-ci une chambre annulaire entourant ledit élément cylindrique à refroidir, ladite chambre annulaire étant fermée à ses extrémités par des parois, est caractérisé en ce que le volume intérieur de ladite chambre annulaire est divisé en au moins deux compartiments qui ne communiquent pas entre eux, en ce que ladite division en compartiments est réalisée par au moins deux cloisons de séparation fixées d'une part à la surface extérieure dudit conduit tubulaire et d'autre part à la surface intérieure d'au moins une paroi délimitant ladite chambre annulaire, en ce que lesdites cloisons divisent ladite pluralité d'orifices en au moins deux groupes d'orifices, chacun desdits compartiments comportant un desdits groupes d'orifices, et en ce que chacun desdits compartiments est équipé de moyens d'alimentation en agent de refroidissement.

L'enveloppe disposée autour du conduit tubulaire précité peut en principe présenter une forme quelconque. Il est cependant préférable qu'elle soit cylindrique, et qu'elle soit en outre coaxiale audit conduit tubulaire. Elle forme ainsi avec ce conduit tubulaire une chambre annulaire de hauteur radiale constante qui favorise un écoulement régulier de l'agent de refroidissement.

Suivant une variante de l'invention, au moins une desdites cloisons de séparation est disposée en hélice sur la surface extérieure dudit conduit tubulaire.

Dans une réalisation particulière, il est prévu deux cloisons de séparation disposées suivant des hélices de sens contraires, de sorte qu'elles forment des compartiments dont la dimension circonférentielle, c'est-à-dire la largeur, varie sur au moins une partie de la longueur axiale dudit conduit tubulaire.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, lesdits moyens d'alimentation d'au moins un desdits compartiments comprennent des moyens de réglage du débit de l'agent de refroidissement.

D'autres particularités et avantages du dispositif de l'invention sont présentés dans la description qui va suivre, consacrée à un exemple de réalisation de ce dispositif et illustrée par les dessins annexés, dans lesquels la

Fig. 1 montre un exemple de distribution de la température à la surface d'un tube sortant d'un laminoir réducteur; la

Fig. 2 représente, dans une vue développée, un conduit tubulaire pourvu de deux cloisons de séparation hélicoïdales; et la

Fig. 3 illustre un système de régulation du refroidissement d'un tube au moyen d'un dispositif comprenant un conduit tubulaire du type illustré dans la Fig. 2.

Ces différentes figures ne constituent bien entendu que des représentations schématiques, sans échelle particulière, dans lesquelles des éléments identiques ou équivalents sont toujours désignés par les mêmes repères numériques.

Dans le présent exemple, on envisage le cas d'un tube d'acier soudé, sortant d'un laminoir réducteur sans tourner autour de son axe longitudinal.

Pour la facilité de la description, la section droite du tube est assimilée à un cadran d'horloge, de sorte que les génératrices supérieure et inférieure se trouvent respectivement dans les positions correspondant à 12 h et 6 h.

De façon connue, le tube est formé par cintrage d'une bande d'acier et soudage en une ébauche tubulaire; cette ébauche est ensuite échauffée, généralement par induction, puis elle passe au laminoir réducteur pour recevoir son diamètre final.

Comme on l'a indiqué plus haut, une partie de l'eau de refroidissement utilisée pendant le formage du tube est emprisonnée à l'intérieur de celui-ci. Cette eau se vaporise lors du réchauffage ultérieur, ce qui compromet l'homogénéité de la température du tube avant son entrée dans le laminoir réducteur. Dans ce dernier, le tube subit encore un

refroidissement irrégulier dû à l'eau de refroidissement des cylindres. Il en résulte qu'à la sortie du laminoir réducteur, le tube présente une distribution de température qui n'est pas uniforme.

La Figure 1 montre un exemple d'une telle distribution de température suivant le périmètre d'une section droite du tube; pour simplifier, on a choisi une distribution symétrique par rapport au plan de symétrie vertical du tube. Dans cette Figure 1, le tube est considéré comme fendu le long de sa génératrice supérieure (12 h) et le périmètre de la section a été développé suivant l'axe horizontal.

La courbe (a) représente la distribution de la température  $T_e$  de la surface du tube le long du périmètre d'une section du tube à la sortie du laminoir réducteur, c'est-à-dire à l'entrée du dispositif de refroidissement. Dans le présent exemple, cette distribution accuse une différence de température  $\Delta T_e = 50^\circ \text{C}$  entre la génératrice supérieure (12 h) et la génératrice inférieure (6 h) du tube, la variation de la température étant continue entre ces deux génératrices.

Le refroidissement appliqué au tube dans le dispositif de l'invention vise à uniformiser la distribution de la température de surface du tube à la sortie de ce dispositif. La courbe (a) montre que ce refroidissement doit être modulé, c'est-à-dire doit être plus énergique dans la partie supérieure du tube (12 h) que dans sa partie inférieure (6 h).

La courbe (b) indique une distribution typique du débit  $Q$  du liquide de refroidissement selon le périmètre de la section du tube, pour assurer le refroidissement modulé désiré.

Ce refroidissement peut être réglé de telle sorte que le tube sortant du dispositif de refroidissement présente une distribution de température  $T_s$  uniforme, illustrée ici par la ligne horizontale (c).

La Figure 2 représente un conduit tubulaire d'un dispositif conforme à l'invention, apte à assurer un refroidissement modulé du type illustré dans la Figure 1. Le sens de défilement du produit est indiqué par une flèche. On considère ici un conduit tubulaire 1 pourvu de deux cloisons de séparation 2,3 fixées sur la surface extérieure du conduit 1. Pour la clarté du dessin, on a considéré ici encore que le conduit 1 était fendu suivant sa génératrice supérieure (12 h) et on l'a développé pour le représenter en plan. La face visible dans la Figure 2 est la surface intérieure du conduit tubulaire, et les traits interrompus 2, 3 indiquent la position des cloisons 2,3 fixées sur la surface extérieure du conduit, comme on l'a expliqué plus haut. Le conduit tubulaire 1 est percé d'une pluralité d'orifices, qui sont répartis en deux groupes selon leur position par rapport aux cloisons de séparation 2,3. A titre indicatif, on a également représenté schématiquement la position des orifices d'alimentation

en liquide de refroidissement dans les compartiments créés dans la chambre annulaire par les cloisons de séparation; ces orifices supérieur et inférieur d'alimentation, respectivement  $A_s$  et  $A_i$ , sont en fait prévus dans l'enveloppe entourant le conduit tubulaire 1, qui n'est pas représentée ici. Dans le cas du conduit tubulaire 1 illustré dans la Figure 2, les deux cloisons de séparation 2,3 sont disposées de façon à former, dans le sens de défilement de l'élément cylindrique à refroidir, un compartiment supérieur  $C_s$  divergent et un compartiment inférieur  $C_i$  convergent.

Dans la vue développée de la Figure 2, les cloisons de séparation 2,3 apparaissent rectilignes; elles prennent cependant une allure hélicoïdale lorsque le conduit est ramené à sa forme tubulaire.

Le réglage du débit du liquide de refroidissement dans chaque compartiment peut être assuré par tout moyen approprié, par exemple en faisant varier le débit d'alimentation proprement dit de ce liquide, et/ou en modifiant le nombre d'orifices de passage situés dans ces compartiments.

Les orifices de passage peuvent être distribués de toute façon connue en soi dans le conduit tubulaire 1, par exemple en quinconce, suivant des lignes hélicoïdales ou en couronnes planes. Ils peuvent en outre, individuellement ou en nombre quelconque, être pourvus de moyens de fermeture permettant de contribuer à la modulation du débit du liquide de refroidissement.

La modulation du refroidissement d'un élément cylindrique au moyen d'un dispositif comportant une telle chambre annulaire à compartiments peut être commandée de manière automatique, par exemple au moyen du système de régulation illustré dans la Fig. 3.

Le dispositif de refroidissement conforme à l'invention est installé à la sortie d'un laminoir réducteur à chaud, dans lequel le tube d'acier a été amené à son diamètre extérieur final. La Figure 3 montre schématiquement le dispositif de refroidissement 4, avec le conduit tubulaire 1 et les cloisons de séparation 2,3 indiqués par des traits interrompus, le laminoir réducteur 5 et le tube d'acier 6 à refroidir. Le tube 6 se déplace de droite à gauche, comme l'indique la flèche. Le dispositif de refroidissement 4 est alimenté en liquide de refroidissement à partir d'une source 7, via des conduites 8 et 9.

Le tube 6 sortant du laminoir réducteur 5 présente une distribution de température du type de la courbe (a) de la Figure 1, éventuellement avec des fluctuations irrégulières dans le temps. L'objectif est de réaliser une distribution de température du type (c), aussi uniforme et aussi stable que possible, à la sortie du dispositif de refroidissement 4.

A cet effet, on mesure la vitesse  $V$  du tube 6 à la sortie du laminoir réducteur 5, qui est en fait la

vitesse avec laquelle le tube 6 traverse le dispositif de refroidissement 4. On mesure également la température de surface du tube 6 à l'entrée du dispositif 4, notamment à sa génératrice supérieure ( $T_{es}$ ) et à sa génératrice inférieure ( $T_{ei}$ ). Ces valeurs permettent de déterminer la distribution de la température à la surface du tube, c'est-à-dire de l'élément cylindrique à refroidir, à l'entrée du dispositif de refroidissement.

Ces paramètres, combinés aux caractéristiques géométriques du tube, permettent de déterminer les débits de liquide de refroidissement  $Q_s$  et  $Q_i$  requis respectivement dans les compartiments supérieur et inférieur du dispositif 4. Ces débits sont réglés au moyen des vannes VMs et VMi.

On mesure encore la température de surface du tube 6 à la sortie du dispositif 4, notamment à la génératrice supérieure ( $T_{ss}$ ) et à la génératrice inférieure ( $T_{si}$ ). On détermine ainsi la distribution de la température à la surface du tube, c'est-à-dire de l'élément cylindrique, à la sortie du dispositif de refroidissement. On compare cette distribution de sortie avec une distribution désirée de la température et on fait varier au moins un des débits  $Q_s$ ,  $Q_i$  pour annuler les écarts constatés entre ces deux distributions de température.

La régulation du procédé de refroidissement est de préférence placée sous la commande d'un processeur 10. Dans la Figure 3, le processeur 10 est représenté en deux parties, dans le simple but de préserver la clarté du dessin.

Il va de soi que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit et illustré. Diverses modifications peuvent y être apportées par un homme de métier sans sortir du cadre de l'invention. En particulier, on pourrait, dans ce cadre, réaliser la chambre annulaire en assemblant plusieurs caissons distincts ayant des configurations appropriées.

## Revendications

1. Dispositif pour le refroidissement modulé d'un élément cylindrique (6) en défilement, qui comporte un conduit tubulaire (1) percé d'une pluralité d'orifices, à travers lequel défile ledit élément cylindrique à refroidir, et une enveloppe disposée autour dudit conduit tubulaire (1) pour former avec celui-ci une chambre annulaire entourant ledit élément cylindrique à refroidir, ladite chambre annulaire étant fermée à ses extrémités par des parois, caractérisé en ce que le volume intérieur de ladite chambre annulaire est divisé en au moins deux compartiments ( $C_s$ ;  $C_i$ ) qui ne communiquent pas entre eux, en ce que ladite division en compartiments est réalisée par au moins deux cloisons de séparation (2,3) fixées d'une part à la

- surface extérieure dudit conduit tubulaire (1) et d'autre part à la surface intérieure d'au moins une paroi délimitant ladite chambre annulaire, en ce que lesdites cloisons de séparation (2,3) divisent ladite pluralité d'orifices en au moins deux groupes d'orifices, chacun desdits compartiments (Cs; Ci) comportant un desdits groupes d'orifices, et en ce que chacun desdits compartiments (Cs; Ci) est équipé de moyens d'alimentation en agent de refroidissement (As; Ai). 5 10
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ladite enveloppe est cylindrique et coaxiale audit conduit tubulaire (1). 15
3. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'au moins une desdites cloisons de séparation (2,3) est disposée en hélice sur la surface extérieure dudit conduit tubulaire (1). 20
4. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il est prévu deux cloisons de séparation (2,3) dans ladite chambre annulaire et en ce que lesdites deux cloisons de séparation (2,3) sont disposées suivant des hélices de sens contraires. 25
5. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation d'au moins un desdits compartiments (Cs; Ci) comprennent des moyens (VMs; VMi) de réglage du débit de l'agent de refroidissement. 30 35
6. Procédé pour le refroidissement modulé d'un élément cylindrique en défilement dans un dispositif de refroidissement (4) suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on mesure la température de surface dudit élément cylindrique (6) à l'entrée dudit dispositif de refroidissement (4) et on détermine la distribution de la température à la surface dudit élément cylindrique à l'entrée dudit dispositif (4), en ce que l'on calcule le débit (Qs; Qi) de l'agent de refroidissement requis dans les compartiments respectifs (Cs; Ci) dudit dispositif (4), en ce que l'on applique audit élément cylindrique (6) à refroidir lesdits débits (Qs; Qi) de l'agent de refroidissement, en ce que l'on mesure la température de surface dudit élément cylindrique (6) à la sortie dudit dispositif de refroidissement (4) et on détermine la distribution de la température à la surface dudit élément cylindrique (6) à la sortie dudit dispositif (4), en ce que l'on compare cette distribution de sortie avec une distribu- 40 45 50 55
- tion désirée de la température, et en ce que l'on fait varier au moins un desdits débits (Qs; Qi) de l'agent de refroidissement pour annuler les écarts constatés entre ces deux distributions de la température.

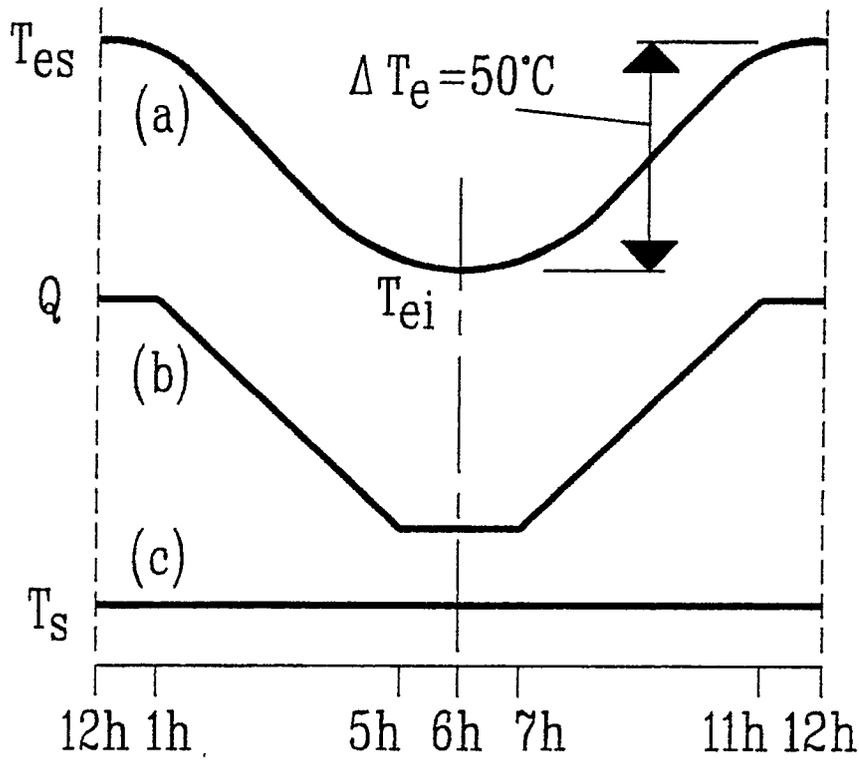


FIG.1

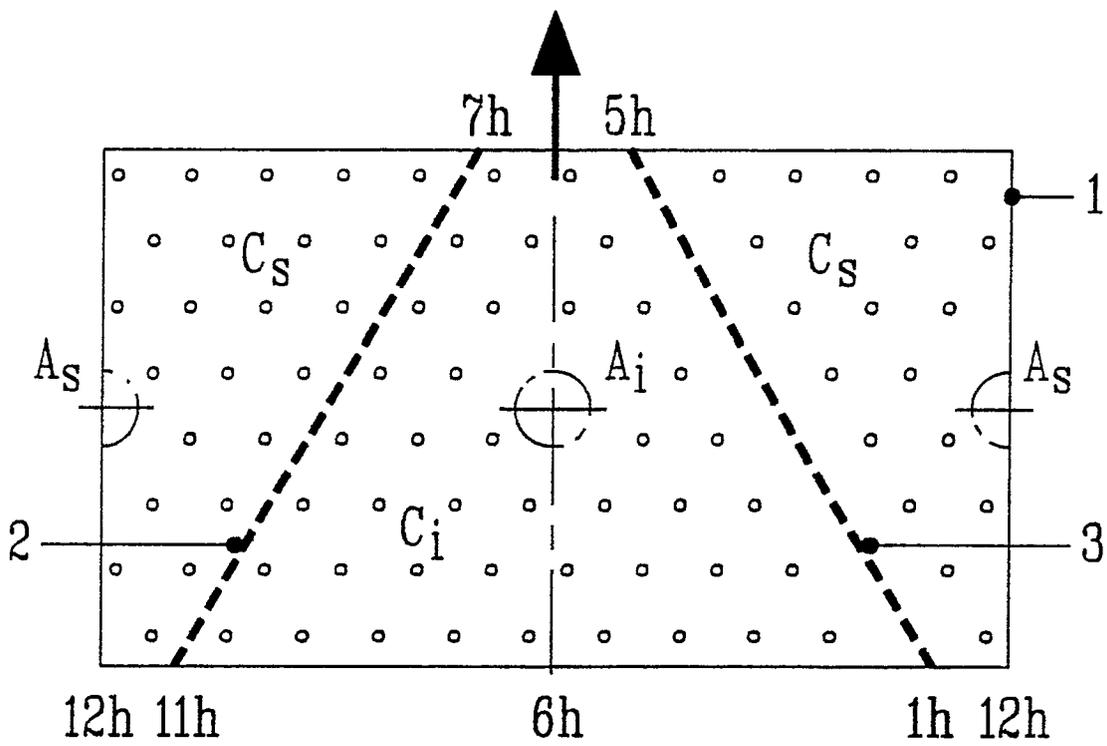


FIG.2

