



(11) **EP 3 398 696 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**12.05.2021 Bulletin 2021/19**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/74<sup>(2006.01)</sup> C21D 11/00<sup>(2006.01)</sup>**  
**C22F 1/04<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **18159076.1**

(22) Date de dépôt: **10.07.2015**

(54) **PROCÉDÉ ET ÉQUIPEMENT DE REFROIDISSEMENT**

**KÜHLEINRICHTUNG UND -VERFAHREN**

**COOLING FACILITY AND METHOD**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **23.07.2014 FR 1401679**

(43) Date de publication de la demande:  
**07.11.2018 Bulletin 2018/45**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:  
**15753101.3 / 3 171 996**

(73) Titulaire: **Constellium Neuf Brisach 68600 Biesheim (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **DUHOUX, Vincent 38500 COUBLEVIE (FR)**

- **MAGNIN, Bruno 38960 SAINT-AUPRE (FR)**
- **BELLOT, Daniel 38140 Izeaux (FR)**
- **ROCHE, José 68390 Sausheim (FR)**
- **AUCOUTURIER, Pierre 68280 SUNDHOFFEN (FR)**

(74) Mandataire: **Constellium - Propriété Industrielle C-TEC Constellium Technology Center Propriété Industrielle Parc Economique Centr'Alp 725, rue Aristide Bergès CS10027 38341 Voreppe (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 2 656 932 DE-A1- 19 823 790**  
**JP-A- S60 243 226**

**EP 3 398 696 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention concerne le domaine du laminage des plaques ou plateaux en alliages d'aluminium.

**[0002]** Plus précisément, l'invention concerne un procédé de refroidissement particulièrement rapide, homogène et reproductible du plateau entre les opérations d'homogénéisation et de laminage à chaud. Le document DE 198 23 790 A1 divulgue un procédé selon le préambule de la revendication 1.

**[0003]** L'invention concerne également l'installation ou équipement permettant la mise en œuvre dudit procédé.

### Etat de la technique

**[0004]** La transformation des plateaux de laminage en alliage d'aluminium issus de la coulée exige, avant laminage à chaud, un traitement thermique d'homogénéisation métallurgique. Ce traitement thermique est opéré à une température proche du solvus de l'alliage, plus élevée que la température de laminage à chaud. L'écart entre la température d'homogénéisation et la température de laminage à chaud est compris entre 30 et 150°C, selon les alliages. Le plateau doit donc être refroidi entre sa sortie du four d'homogénéisation et son laminage à chaud. Pour des raisons soit de productivité, soit de Structure métallurgique, notamment éviter certains défauts de surface sur la tôle finie, il est très souhaitable de pouvoir réaliser le refroidissement du plateau entre sa sortie du four d'homogénéisation et le laminoir à chaud de manière rapide.

**[0005]** Cette vitesse de refroidissement du plateau souhaitée est comprise entre 150 et 500°C/h.

**[0006]** Compte tenu de la forte épaisseur des plateaux de laminage en alliage d'aluminium, soit entre 250 et 800 mm, le refroidissement à l'air est particulièrement lent : la vitesse de refroidissement à l'air d'un plateau de 600 mm d'épaisseur est comprise entre 40°C/h à l'air calme ou sous convection naturelle, et 100°C/h sous air ventilé ou convection forcée.

**[0007]** Le refroidissement à l'air ne permet donc pas d'atteindre les vitesses de refroidissement souhaitées.

**[0008]** Le refroidissement au moyen d'un liquide ou d'un brouillard (mélange d'air et de liquide) est nettement plus rapide car la valeur du coefficient d'échange, connu de l'homme du métier sous l'appellation HTC (Heat Transfer Coefficient), entre un liquide ou un brouillard et la surface chaude du plateau métallique est nettement supérieure à la valeur de ce même coefficient entre l'air et le plateau.

**[0009]** Le liquide choisi seul ou dans le brouillard est par exemple de l'eau et, dans ce cas, idéalement de l'eau désionisée. Ainsi, le coefficient HTC est compris entre 2000 et 20000 W/(m<sup>2</sup>.K) entre de l'eau et le plateau chaud tandis qu'il est compris entre 10 et 30 W/(m<sup>2</sup>.K) entre de l'air et le plateau chaud.

**[0010]** En revanche, le refroidissement au moyen d'un liquide ou brouillard génère habituellement de manière naturelle de forts gradients thermiques dans le plateau :

- Le nombre adimensionnel de Biot illustre l'homogénéité thermique du refroidissement. Il correspond au rapport de la résistance thermique interne d'un corps (transfert de chaleur interne par conduction) à sa résistance thermique de surface (transfert de chaleur par convection et rayonnement).

$$Bi = \frac{HTC \cdot D}{\lambda}$$

HTC étant le coefficient d'échange entre le fluide et le plateau,

D, la dimension caractéristique du système, ici la demi-épaisseur du plateau,

$\lambda$ , la conductivité thermique du métal, par exemple, pour un alliage d'aluminium, 160 W/(m<sup>2</sup>.K).

**[0011]** Si Bi « 1, le système est pratiquement isotherme, le refroidissement est uniforme. Si Bi » 1, le système est thermiquement très hétérogène et le plateau est le siège de forts gradients thermiques.

**[0012]** Pour un plateau d'épaisseur 600 mm, le nombre de Biot vaut :

- Entre 0.02 et 0.06 pour un refroidissement à l'air calme ou ventilé. Le nombre de Biot est faible devant 1, le plateau est refroidi de manière isotherme.
- Entre 4 et 40 pour un refroidissement à l'eau. Le nombre de Biot est fort devant 1, le plateau est refroidi de manière très hétérogène dans son épaisseur.

**[0013]** Cette hétérogénéité se traduit également dans la largeur du plateau, en raison des effets de bords et d'arêtes, naturellement plus refroidies que les grandes faces du plateau.

**[0014]** Elle se traduit aussi dans la longueur du plateau, par effet de coin, naturellement refroidi suivant les trois faces le constituant.

**[0015]** L'hétérogénéité thermique est un handicap majeur du refroidissement à l'aide d'un liquide ou brouillard. Elle pose problème non seulement pour le procédé suivant, c'est à dire le laminage à chaud mais elle est aussi potentiellement néfaste pour la qualité finale du produit, à savoir l'alliage d'aluminium vendu sous forme de bobines ou de tôles à hautes caractéristiques mécaniques.

**[0016]** Les dispositifs connus de l'art antérieur ne cherchent pas à limiter cette hétérogénéité du refroidissement.

**[0017]** Les procédés de refroidissement à l'aide d'un liquide de refroidissement connus de l'art antérieur, notamment pour les tôles fortes, opèrent soit par immersion dans un bac, soit par passage dans un caisson d'asper-

sion mais sans attention particulière portée à la maîtrise de l'équilibre thermique du produit.

**[0018]** Ainsi, ces procédés ne permettent :

- Ni d'obtenir un champ thermique uniforme dans le plateau refroidi
- Ni de garantir la reproductibilité du refroidissement d'un plateau à l'autre.

### Problème posé

**[0019]** L'invention a pour objectif de corriger l'ensemble des défauts majeurs liés aux procédés de refroidissement de plateaux épais de l'art antérieur et d'assurer :

- Un refroidissement rapide, à une vitesse d'au moins 150°C/h, et conséquent, soit de 30 à 150°C de refroidissement à partir d'une température de l'ordre de 450 à 600°C
- Un champ thermique homogène et maîtrisé dans l'ensemble du plateau
- L'assurance d'une parfaite reproductibilité d'un plateau épais à l'autre.

### Objet de l'invention

**[0020]** L'invention a pour objet un procédé de refroidissement d'un plateau de laminage en alliage d'aluminium de dimensions typiques de 250 à 800 mm en épaisseur, 1000 à 2000 mm en largeur et 2000 à 8000 mm en longueur selon la revendication 1.

**[0021]** On entend par écart thermique l'écart maximum entre températures relevées sur l'ensemble du volume du plateau, ou encore DT<sub>max</sub>.

**[0022]** Avantagusement, le refroidissement est effectué en au moins deux phases :

Une première phase d'aspersion au cours de laquelle le plateau est refroidi dans une enceinte comportant des rampes de buses ou tuyères d'aspersion de liquide ou brouillard de refroidissement sous pression, réparties en parties haute et basse de ladite cellule, de façon à asperger les deux grandes faces, supérieure et inférieure dudit plateau,

**[0023]** Une phase complémentaire d'uniformisation thermique à l'air calme, dans un tunnel aux parois intérieures réfléchissantes, d'une durée de 2 à 30 minutes selon le format du plateau et la valeur du refroidissement.

**[0024]** Typiquement, cette durée est d'environ 30 min pour un refroidissement total de l'ordre de 150°C à partir de sensiblement 500°C, et de quelques minutes pour un refroidissement de l'ordre de 30°C.

**[0025]** Selon une variante de l'invention, les phases d'aspersion et uniformisation thermique sont répétées, dans le cas de plateaux très épais et pour un refroidissement moyen global supérieur à 80°C.

**[0026]** Le plus couramment, le liquide de refroidissement, y compris dans un brouillard, est de l'eau, et de préférence de l'eau désionisée.

**[0027]** Selon un mode de réalisation particulière, la tête et le pied du plateau, soit typiquement les 300 à 600 mm aux extrémités, sont moins refroidis que le reste du plateau, de façon à maintenir une tête et un pied chaud, configuration favorable à l'engagement du plateau lors d'un laminage à chaud réversible.

**[0028]** A cette fin, le refroidissement de la tête et du pied peut être modulé soit par la mise en route ou l'extinction des rampes de buses ou tuyères d'aspersion, soit par la présence d'écrans empêchant ou réduisant l'aspersion par lesdites buses ou tuyères. Par ailleurs, les phases d'aspersion, et pas d'uniformisation thermique, peuvent être répétées, et la tête et le pied du plateau, soit typiquement les 300 à 600 mm aux extrémités, refroidis différemment que le reste du plateau au moins dans une des cellules d'aspersion.

**[0029]** Selon une version conforme à cette dernière option, la première passe d'aspersion est effectuée avec un talon nul, soit un arrosage continu du plateau tel qu'en figure 14, suivie, sans première phase d'uniformisation thermique, d'une seconde passe d'aspersion avec un talon d'un couple de rampes tel qu'en figure 12, permettant ainsi de réduire notablement la durée de la phase finale d'uniformisation nécessaire à l'équilibrage thermique du plateau.

**[0030]** Selon une variante préférée de l'invention, l'uniformité thermique longitudinale du plateau est améliorée par un mouvement relatif du plateau par rapport au système d'aspersion : défilé ou va et vient du plateau face à un système d'aspersion fixe ou inversement, déplacement des buses ou tuyères par rapport au plateau. Typiquement, le plateau défile horizontalement dans la cellule d'aspersion et sa vitesse de défilement est supérieure ou égale à 20 mm/s, soit 1.2 m/min. Préférentiellement encore, l'uniformité thermique transversale du plateau est assurée par modulation de l'aspersion dans la largeur du plateau par allumage/extinction de buses ou tuyères, ou écrantage de ladite aspersion.

**[0031]** L'invention a également pour objet une installation pour mise en œuvre du procédé tel que ci-dessus, comportant une cellule d'aspersion munie de rampes de buses ou tuyères d'aspersion de liquide ou brouillard de refroidissement sous pression disposées en parties haute et basse de ladite cellule, de façon à asperger les deux grandes faces, supérieure et inférieure dudit plateau,

**[0032]** Un tunnel d'uniformisation à l'air calme au sortir de la cellule d'aspersion, dans un tunnel aux parois intérieures et au toit en une matière intérieurement réfléchissante, autorisant une uniformisation thermique du plateau par diffusion de la chaleur dans ledit plateau, le cœur en réchauffant les surfaces.

**[0033]** Selon un mode de réalisation préférentielle :

Les buses de liquide ou brouillard de refroidissement génèrent des sprays ou jets à cône plein dont l'angle est compris entre 45 et 60°

Les axes des buses inférieures sont orientés normalement à la surface inférieure

**[0034]** De préférence, les rampes de buses supérieures sont appariées dans le sens de défilement du plateau. Dans une même paire, les rampes supérieures sont inclinées de telle sorte que :

- Les jets des deux rampes de buses supérieures appariées soient orientés en opposition l'un de l'autre.
- Les jets présentent une bordure normale à la surface supérieure du plateau
- Le recouvrement des deux jets soit compris entre le 1/3 et les 2/3 de la largeur de chaque jet, et préférentiellement sensiblement de la moitié
- L'enveloppe des deux jets ainsi formée constitue un profil en M.

**[0035]** Les paires de rampes de buses supérieures et inférieures sont placées sensiblement en vis-à-vis, de façon à ce que les longueurs d'aspersion supérieures et inférieures soient sensiblement égales et en vis-à-vis.

**[0036]** Du fait de l'appariement des buses supérieures en opposition et du profil en M des jets, la longueur d'aspersion est contrôlée de façon à favoriser l'évacuation latérale du liquide ou brouillard aspergé en face supérieure, en le guidant vers les rives du plateau où il s'évacue sous forme d'une cascade sans toucher les petites faces du plateau autorisant ainsi un refroidissement très homogène en température dans les sens longitudinal et transversal du plateau.

**[0037]** Quant au liquide seul ou contenu dans le brouillard de refroidissement, il peut être récupéré, typiquement dans un conteneur situé sous l'installation, recyclé et thermiquement contrôlé.

**[0038]** Selon un mode de mise en œuvre perfectionnée, l'ensemble de l'installation, cellule d'aspersion et tunnel d'uniformisation, est piloté par un modèle thermique codé sur automate, le modèle thermique déterminant les réglages de l'installation en fonction de la température estimée par mesure thermique en début de cellule d'aspersion et en fonction de la température cible de sortie, en général la température de début de laminage à chaud.

**[0039]** Selon un mode de réalisation avantageux, la mise en œuvre de l'installation, comporte les étapes suivantes :

- Centrage du plateau, à l'entrée de l'installation
- Mesure de la température de surface supérieure du plateau
- Calcul par l'automate, à l'aide du modèle thermique, des réglages de la cellule d'aspersion en fonction de la température cible d'entrée et de la température cible de sortie, c'est à dire du refroidissement cible du plateau, incluant la détermination du nombre de rampes activées, du nombre de buses ouvertes en rives, de la vitesse de défilement du plateau dans la cellule d'aspersion, des démarrages et arrêts des rampes d'aspersion, et du temps de maintien dans le tunnel d'uniformisation
- Défilement du plateau dans la cellule d'aspersion,

arrosage supérieur et inférieur suivant les calculs de l'automate

- Transfert du plateau de la cellule d'aspersion vers le tunnel d'uniformisation
- 5 - Maintien du plateau dans le tunnel d'uniformisation pendant une durée déterminée par l'automate.

### Description des figures

#### 10 [0040]

La figure 1 représente un schéma de principe du procédé selon l'invention en une passe. Le plateau est défourné du four d'homogénéisation 1 à sa température d'homogénéisation. Il est transféré vers la machine de refroidissement, centré latéralement puis sa température de surface est mesurée (2) par thermocouple de surface, par contact ou à l'aide d'un pyromètre infrarouge mais qui sera moins précis. Le modèle thermique détermine le réglage de la cellule d'aspersion 3 (nombre de couples de rampes activées et vitesse de défilement du plateau). Puis le plateau est traité dans la cellule d'aspersion. A sa sortie, il est sec et transféré (4) vers un tunnel d'uniformisation 5 pour une durée déterminée par modèle thermique ou selon l'amplitude du refroidissement subi. A l'issue, il est transféré vers le laminoir à chaud 6.

La figure 2 représente un schéma de principe du procédé selon l'invention en deux passes ou plus. Lorsque l'amplitude cible de refroidissement est supérieure à 100°C, un seul passage dans la machine de refroidissement peut être insuffisant. Dans ce cas, le plateau est refroidi une première fois dans la première cellule d'aspersion 3. Puis, avec ou sans passage dans le tunnel d'uniformisation intermédiaire 5, le plateau est transféré dans la seconde machine de refroidissement composée des éléments 6, 7 et 8, où il subit un cycle complet : cellule d'aspersion puis obligatoirement tunnel d'uniformisation 8. La durée de la dernière phase d'uniformisation dépend de la diffusivité thermique du matériau, donc de l'alliage, de l'amplitude cible de refroidissement, et de la sévérité de l'uniformité thermique cible avant laminage à chaud 9.

Le refroidissement multi passes peut également être réalisé avec une seule machine, par passages successifs.

La figure 3 est un plan schématique de la machine d'aspersion, vue de profil, le plateau défilant de gauche à droite. Elle illustre la disposition des jets de liquide ou brouillard aspergé sur le plateau, vue de profil, en face supérieure et en face inférieure. Les rampes d'arrosage supérieures et inférieures sont appariées et en vis à vis par paire, pour garantir une bonne uniformité de refroidissement dans l'épaisseur du plateau. Les rampes supérieures appariées sont orientées en opposition, ce qui garantit une éva-

cuation du liquide ou brouillard aspergé transversalement au plateau. Les axes des buses inférieures sont orientés normalement à la surface inférieure du plateau, le liquide s'écoule par gravité. Des rampes d'air comprimé (1 à 4) encadrent les extrémités de la cellule d'aspersion pour éviter tout ruissellement résiduel de liquide sur le plateau en dehors de ladite cellule.

La figure 4 illustre l'impact des jets de liquide ou brouillard supérieurs, en vue de dessus du plateau. On note la concentration du débit surfacique de liquide ou brouillard à l'intersection des jets en opposition. Ce schéma d'arrosage est favorable à l'évacuation du liquide le long de cette ligne transverse à fort débit surfacique.

La figure 5 représente la cinétique thermique d'un plateau de 600 mm, calculée dans le cas d'un refroidissement moyen de 40°C, en une passe dans la machine d'aspersion, pour un alliage du type AA3104 selon les désignations définies par l'« Aluminum Association » dans les « Registration Record Sériés » qu'elle publie régulièrement. Y figurent les évolutions des températures minimum T<sub>min</sub>, maximum T<sub>max</sub> et moyenne T<sub>moy</sub> dans le plateau, ainsi que de l'écart maximum de température dans tout le volume du plateau, au cours du temps (DT<sub>max</sub>).

La figure 6 représente la cinétique thermique d'un plateau de 600 mm, calculée dans le cas d'un refroidissement moyen de 130°C, en deux passes dans la machine d'aspersion, pour un alliage du type AA6016 selon les désignations définies par l'« Aluminum Association » dans les « Registration Record Sériés » qu'elle publie régulièrement. Y figurent de la même façon les évolutions des températures minimum T<sub>min</sub>, maximum T<sub>max</sub> et moyenne T<sub>moy</sub> dans le plateau, ainsi que de l'écart maximum de température dans tout le volume du plateau, au cours du temps (DT<sub>max</sub>).

Les figures 7 à 9 illustrent trois modes ou stratégies d'arrosage en sens travers de la machine d'aspersion, avec représentation de la position des buses sur les rampes d'aspersion, la machine d'aspersion étant vue de face dans tous les cas :

- Figure 7 : Profil thermique uniforme dans la largeur du plateau
- Figure 8 : Profil thermique à rives froides, créé par un surplus d'arrosage sur les rives du plateau
- Figure 9 : Profil thermique à rives chaudes, créé par un déficit d'arrosage sur les rives du plateau.

La figure 10 présente deux modes ou stratégies de largeur d'arrosage d'un même plateau en alliage d'aluminium de 600 mm d'épaisseur et de 1700 mm de largeur, à gauche un profil thermique dans le sens travers à rives froides avec 11 buses en action, à

droite un profil thermique à rives chaudes avec 9 buses en action.

La figure 11 est la conséquence sur le profil thermique (température en °C en fonction de la position dans le sens travers, à partir de l'axe du plateau, en m) de ces deux modes d'aspersion.

Les Figures 12 à 14 illustrent trois exemples de modes ou stratégies de déclenchement de l'arrosage.

En effet, le profil thermique dans le sens long du plateau est maîtrisé par : L'absence ou le très faible ruissellement dans le sens long du plateau, grâce au montage des rampes supérieures en opposition, Le déclenchement et l'arrêt de l'arrosage de chaque couple de rampes à une position précise du plateau : c'est la notion de talon d'arrosage. La figure 12 correspond à une gestion du profil thermique dans le sens long à extrémités chaudes, la figure 13 à extrémités tièdes et la figure 14 à extrémités froides (avec un ruissellement en 1).

La Figure 15 illustre les profils thermiques longitudinaux (température en °C en fonction de la position dans la longueur L du plateau en m) pour les trois stratégies de gestion thermique des extrémités du plateau précitées. Dans cet exemple, le plateau est en alliage du type AA6016, d'épaisseur 600 mm, son refroidissement moyen est de 100°C en deux passes, et le temps en caisson d'uniformisation thermique est de 10 min.

Les Figures 16 à 18 illustrent le champ thermique, en visualisation 3D, du même exemple, en entrée de laminage à chaud, pour les trois stratégies de gestion thermique des extrémités du plateau précitées, la figure 16 à extrémités chaudes, la figure 17 à extrémités tièdes et la figure 18 à extrémités froides.

**[0041]** On voit que la stratégie de déclenchement de l'arrosage permet clairement de maîtriser le profil thermique longitudinal du plateau.

**[0042]** La Figure 19 illustre le champ thermique d'un plateau en alliage du type AA6016, de 600 mm d'épaisseur, refroidi d'environ 50°C en une passe dans la machine d'aspersion réglée avec un talon d'arrosage d'une seule rampe aux extrémités du plateau, conformément à la figure 13. Ce réglage conduit à un champ thermique très uniforme avec des extrémités légèrement plus chaudes, ce qui est favorable au laminage.

#### Description de l'invention

**[0043]** L'invention consiste essentiellement dans un procédé de refroidissement à l'aide d'un liquide ou brouillard de refroidissement d'une plaque ou d'un plateau de laminage d'alliage d'aluminium, de 30 à 150°C en quelques minutes, c'est-à-dire à une vitesse de refroidissement moyenne comprise entre 150 et 500°C/heure.

**[0044]** Il est constitué principalement de deux phases :

Une première phase d'aspersion du plateau à l'aide d'un liquide ou brouillard de refroidissement, typiquement au défilé

Une deuxième phase d'uniformisation thermique du plateau.

**[0045]** Pendant la première phase d'aspersion, le plateau est refroidi dans une enceinte comportant des buses ou tuyères d'aspersion de liquide ou brouillard refroidissant sous pression, typiquement de l'eau et de préférence désionisée.

**[0046]** Les buses ou tuyères sont réparties en parties haute et basse de ladite cellule, de façon à asperger les deux grandes faces, supérieure et inférieure, du plateau. L'option d'un procédé au défilé permet de limiter les risques de points chauds liés aux contacts entre le plateau et son support, en général constitué de rouleaux cylindriques ou coniques.

**[0047]** Le refroidissement moyen du plateau ( $\Delta T_{\text{moy}}$  plateau) est contrôlé par la durée d'aspersion vue par chaque section du plateau.

**[0048]** Durant cette phase, le plateau est thermiquement très hétérogène dans son épaisseur, du fait d'une valeur du nombre de Biot élevée.

**[0049]** L'homogénéité de refroidissement dans la largeur du plateau est maîtrisée par :

a) Le contrôle de la largeur d'arrosage dans le sens travers du plateau, par le nombre de buses activées ou l'utilisation d'écrans

b) Une méthode d'aspersion favorisant l'évacuation latérale de l'eau aspergée en face supérieure. En effet, le liquide de refroidissement est guidé vers les rives du plateau et s'évacue sous forme d'une cascade sans toucher les petites faces dudit plateau. Le refroidissement du plateau est de ce fait très homogène. Cette méthode consiste en fait à apparier deux rampes de buses, placées en opposition, comme le montrent notamment les figures 3 et 4.

**[0050]** L'homogénéité de refroidissement dans la longueur du plateau est maîtrisée par :

c) Le contrôle du début et de la fin de l'aspersion par déclenchement des rampes d'aspersion à la position souhaitée sur le plateau ou, à nouveau, par l'utilisation d'écrans. Ainsi la tête et le pied du plateau peuvent ne pas être aspergés. On obtient alors un plateau avec une tête et un pied chaud, ce qui est favorable à son engagement lors du laminage réversible à chaud

d) La forte réduction du ruissellement dans le sens long du plateau. Ce très faible ruissellement est obtenu grâce à la caractéristique b) ci-dessus de l'invention, favorisant l'évacuation latérale du liquide de refroidissement aspergé en face supérieure du plateau.

**[0051]** La phase d'aspersion est donc conçue pour limiter les hétérogénéités thermiques dans les trois directions du plateau. L'invention permet tout particulièrement de maîtriser les profils thermiques dans le sens travers et dans le sens long du plateau, ce qui est très appréciable puisque des éventuels gradients thermiques le long de ces deux grandes dimensions seraient difficiles à résorber dans un court délai.

**[0052]** Suit la phase d'uniformisation thermique du plateau :

Après aspersion, le plateau est maintenu quelques minutes dans une configuration de faible échange de chaleur avec son environnement. Ces conditions thermiques permettent l'uniformisation thermique du plateau, en quelques minutes pour les refroidissements de moins de 30°C et en environ 30 minutes maximum pour des refroidissements de 150°C. Cette phase est essentielle à l'atteinte des spécifications d'uniformité thermique demandées. Elle permet d'atteindre un écart thermique  $DT_{\text{max}}$  de moins de 40°C sur un plateau de grandes dimensions.

**[0053]** L'invention peut également être adaptée à des valeurs absolues de refroidissements élevées. Ainsi, lorsque le refroidissement moyen du plateau souhaité est supérieur à typiquement 80°C, il est possible de cycler plusieurs fois l'ensemble des phases «aspersion» et «uniformisation», en réduisant à chaque cycle d'«aspersion-uniformisation» la température moyenne d'un plateau très épais.

**[0054]** Le procédé ainsi décrit assure un refroidissement rapide et maîtrisé d'une plaque épaisse, notamment un plateau de laminage, en alliage d'aluminium. Il est par ailleurs robuste et évite les risques connus de sur-refroidissements locaux.

**[0055]** La machine, ou installation de refroidissement, elle-même est constituée d'au moins une cellule d'aspersion, typiquement horizontale au défilé, d'une part et, d'autre part, d'au moins un tunnel d'uniformisation thermique.

**[0056]** La cellule d'aspersion permet la mise en œuvre de la phase 1 du procédé décrit plus haut.

**[0057]** Les étapes de traitement du plateau dans cette machine ou installation sont les suivantes :

- 1) Centrage du plateau, à l'entrée de la machine
- 2) Mesure de la température de surface supérieure du plateau
- 3) Calcul par l'automate, à l'aide du modèle thermique, des réglages de la cellule d'aspersion en fonction de la température d'entrée et de la température cible de sortie, c'est à dire du refroidissement cible du plateau, incluant la détermination du nombre de rampes de buses activées, du nombre de buses ouvertes en rives, de la vitesse de défilement du plateau dans la cellule d'aspersion, des démarrages et arrêts des rampes d'aspersion, du temps de maintien dans le tunnel d'uniformisation
- 4) Défilement du plateau dans la cellule d'aspersion, arrosage supérieur et inférieur suivant les calculs de

l'automate.

**[0058]** La cellule d'aspersion est constituée de rampes munies de buses ou tuyères de distribution sous pression du liquide ou brouillard de refroidissement.

**[0059]** Dans le cas où ce dernier est de l'eau, celle-ci est idéalement desionisée ou du moins très propre et très peu minéralisée, afin d'éviter l'encrassement des buses et pour assurer la stabilité du transfert de chaleur entre l'eau et le plateau. La machine d'aspersion peut avantageusement, pour des raisons d'économie notamment, fonctionner en cycle fermé, avec par exemple un bassin récupérateur placé sous la machine d'aspersion.

**[0060]** Les buses de liquide ou brouillard de refroidissement choisies génèrent des sprays ou jets à cône plein, dont l'angle est compris entre 45 et 60° (dans l'exemple : buses à cône plein à 60° d'angle, de marque LECHLER). Les axes des buses des rampes inférieures sont orientés normalement à la surface inférieure. Les rampes supérieures sont appariées. Dans une même paire de rampes supérieures, les rampes sont inclinées de telle sorte que :

- Les jets des deux rampes soient orientés en opposition l'un de l'autre
- Les jets présentent une bordure normale à la surface supérieure du plateau
- Le recouvrement des deux jets soit compris entre le 1/3 et les 2/3 de la largeur du jet, et préférentiellement sensiblement de la moitié
- L'enveloppe des deux jets ainsi formée constitue donc un profil en M
- Les paires de rampes de buses supérieures et inférieures sont placées sensiblement en vis-à-vis, de façon à ce que les longueurs d'aspersion supérieures et inférieures soient sensiblement égales et en vis-à-vis.

**[0061]** Dans le cas d'un traitement au défilé, la vitesse de défilement du plateau est supérieure ou égale à 20 mm/s, soit 1.2 m/min.

**[0062]** Au sortir de la cellule d'aspersion, le plateau est transféré, par exemple à l'aide de chariots automatiques, dans un ou plusieurs tunnel(s) d'uniformisation. L'objectif du tunnel est de réduire au maximum les transferts thermiques entre le plateau et l'air, ce qui est favorable à une meilleure uniformisation thermique du plateau. Cette uniformisation thermique a lieu par diffusion de la chaleur dans le plateau, le cœur réchauffant les surfaces du plateau.

**[0063]** Le tunnel d'uniformisation est constitué de parois verticales et d'un toit dans une matière idéalement réfléchive côté intérieur du tunnel.

**[0064]** Il évite les courants d'air autour du plateau, assurant l'absence de transfert de chaleur par convection forcée. Par ailleurs, il réduit les transferts de chaleur par convection naturelle et limite les transferts radiatifs si les parois sont réfléchives.

**[0065]** Enfin, la machine ou installation de refroidisse-

ment composée de la cellule d'aspersion et du tunnel d'uniformisation, est pilotée par un modèle thermique codé sur l'automate de la machine. Le modèle thermique détermine les réglages de la machine en fonction de la température en début de cellule d'aspersion, ou température d'entrée, et en fonction de la température cible de sortie, en général la température de laminage.

## Exemples

**[0066] Exemple 1 :** Refroidissement uniforme de 40°C d'un plateau en alliage du type AA3104.

**[0067]** La figure 5 illustre le refroidissement de 40°C d'un plateau en alliage du type AA3104 selon les désignations définies par l'« Aluminum Association » dans les « Registration Record Sériés » qu'elle publie régulièrement. L'épaisseur du plateau est de 600 mm, sa largeur de 1850 mm et sa longueur de 4100 mm. Le plateau sort du four d'homogénéisation à 600°C.

**[0068]** Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à une passe, décrit en figure 1.

**[0069]** Le plateau est transféré vers la machine de refroidissement en 180 s. Ce temps de transfert comprend :

- le déplacement du plateau entre la sortie du four et l'entrée de la machine de refroidissement
- le centrage latéral du plateau
- la mesure de la température de surface supérieure du plateau
- le temps de calcul par l'automate des réglages de la machine de refroidissement (cellule d'aspersion et tunnel).

**[0070]** Puis le plateau défile dans la cellule d'aspersion, chaque point du plateau hors extrémités (tête et pied) subit un arrosage durant 46 secondes. Le débit surfacique d'aspersion est de 500 l/(min.m<sup>2</sup>) sur les deux grandes faces du plateau. Le talon d'arrosage est réglé à un couple de rampe, comme décrit en figure 12. A sa sortie de la cellule d'aspersion, le plateau est sec et transféré en 30 s vers un tunnel d'uniformisation pour une durée déterminée par le modèle thermique codé dans l'automate, ici de 300 s, soit 5 minutes. A l'issue, le plateau est transféré vers le laminoir à chaud, avec une uniformité thermique meilleure que 40°C sur le plateau complet.

**[0071]** La température de surface du plateau descend à environ 320°C, tandis que le cœur du plateau reste quasiment isotherme durant la phase d'aspersion. Puis, par diffusion de la chaleur entre le cœur et la surface, le cœur cède de la chaleur à la surface, le plateau s'uniformise thermiquement.

**[0072]** L'écart thermique dans le plateau (DT<sub>max</sub>) est maximal à la fin de la phase d'aspersion, sa valeur est de 280°C environ pour cette configuration. Il se réduit rapidement dès lors que l'aspersion du plateau cesse : en 6 minutes d'attente (transfert puis uniformisation dans le tunnel), l'écart thermique DT<sub>max</sub> est réduit à moins de

40°C.

**[0073] Exemple 2 :** Refroidissement uniforme de 135°C d'un plateau en alliage du type AA6016.

**[0074]** La figure 6 illustre le refroidissement de 135°C d'un plateau en alliage du type AA6016. L'épaisseur du plateau est de 600 mm, sa largeur de 1850 mm et sa longueur de 4100 mm. Le plateau sort du four d'homogénéisation à 530°C.

**[0075]** Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à deux passes, décrit en figure 2.

**[0076]** Le plateau est transféré vers la machine de refroidissement en 100 s. Ce temps de transfert comprend :

- le déplacement du plateau entre la sortie du four et l'entrée de la machine de refroidissement
- le centrage latéral du plateau
- la mesure de la température de surface supérieure du plateau
- le temps de calcul par l'automate des réglages des machines de refroidissement.

**[0077]** Puis le plateau défile dans la cellule d'aspersion, chaque point du plateau hors extrémités (tête et pied) subit un arrosage durant 51 secondes. Le débit surfacique d'aspersion est de 800 l/(min.m<sup>2</sup>) sur les deux grandes faces du plateau. Le talon d'arrosage est réglé à une rampe, comme décrit en figure 13. A sa sortie de la cellule d'aspersion, le plateau est transféré en 60 s vers la seconde cellule d'aspersion sans passer, dans cet exemple, par le tunnel d'uniformisation intermédiaire optionnel. Le plateau subit alors un second arrosage, identique au premier : chaque point du plateau hors extrémités subit un arrosage de 51 secondes, au débit surfacique de 800 l/(min.m<sup>2</sup>). A sa sortie de la seconde cellule d'aspersion, le plateau est transféré vers le tunnel d'uniformisation en 30 secondes. Le plateau attend plusieurs minutes dans le tunnel d'uniformisation. A l'issue, le plateau est transféré vers le laminoir à chaud, avec une uniformité thermique meilleure que 40°C sur le plateau complet.

**[0078]** La température de surface du plateau descend à environ 60°C. Le cœur du plateau reste quasiment isotherme durant la première phase d'aspersion puis refroidit au cours de la seconde phase d'aspersion. Puis, par diffusion de la chaleur entre le cœur et la surface, le cœur cède de la chaleur à la surface, le plateau s'uniformise thermiquement.

**[0079]** L'écart thermique dans le plateau (DTmax) est maximal à la fin de chacune des phases d'aspersion, sa valeur est de 470°C environ pour cette configuration. Il se réduit rapidement dès lors que l'aspersion du plateau cesse : l'écart thermique DTmax du plateau est de 55°C après 13 minutes d'attente dans le tunnel et devient inférieur à 40°C après 23 minutes passées dans le tunnel.

**[0080] Exemple 3 :** Refroidissement uniforme de 125°C d'un plateau en alliage du type AA6016.

**[0081]** L'épaisseur du plateau est de 600 mm, sa largeur de 1850 mm et sa longueur de 4100 mm. Le plateau

sort du four d'homogénéisation à 530°C.

**[0082]** Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à deux passes, décrit en figure 2.

**[0083]** Le plateau est transféré vers la machine de refroidissement en 100 s. Ce temps de transfert comprend :

- le déplacement du plateau entre la sortie du four et l'entrée de la machine de refroidissement
- le centrage latéral du plateau
- la mesure de la température de surface supérieure du plateau
- le temps de calcul par l'automate des réglages des machines de refroidissement.

**[0084]** Puis le plateau défile dans la cellule d'aspersion, chaque point du plateau subit un arrosage durant 51 secondes. Le débit surfacique d'aspersion est de 500 l/(min.m<sup>2</sup>) sur les deux grandes faces du plateau. Le talon d'arrosage est nul, comme décrit en figure 14. Le plateau est donc arrosé entièrement de manière identique, ce qui génère un profil thermique longitudinal à extrémités froides. A sa sortie de la cellule d'aspersion, le plateau est transféré en 60 s vers la seconde cellule d'aspersion sans passer, dans cet exemple, par le tunnel d'uniformisation intermédiaire optionnel. Le plateau subit alors un second arrosage, différent du premier. Le plateau, mais cette fois-ci hors extrémités, subit un second arrosage de 51 secondes, au débit surfacique de 500 l/(min.m<sup>2</sup>). Le talon d'arrosage est d'un couple de rampes, tel que décrit figure 12. Ce réglage tend à redresser le profil thermique à extrémités froides, générant ainsi un profil thermique longitudinal presque plat au sortir de la seconde cellule d'aspersion. A sa sortie de la seconde cellule d'aspersion, le plateau est transféré vers le tunnel d'uniformisation en 30 secondes. Le plateau n'attend que 10 minutes dans le tunnel d'uniformisation. A l'issue, le plateau est transféré vers le laminoir à chaud, avec une uniformité thermique meilleure que 40°C sur le plateau complet.

**[0085]** L'exemple 3 montre que le choix judicieux des talons d'arrosage permet de réduire notablement la durée d'uniformisation après aspersion. Pour un procédé de refroidissement à plusieurs passes, le choix des talons peut être différent d'une passe à l'autre. Pour un procédé de refroidissement en 2 passes, le talon choisi en première passe gagne à être contraire au talon choisi en seconde passe. De manière optimisée et pour un refroidissement à 2 passes, une première passe avec un talon nul (arrosage continu du plateau) suivie d'une seconde passe avec un talon d'un couple de rampes permet de réduire notablement la durée d'uniformisation nécessaire à l'équilibrage thermique du plateau.

## 55 Revendications

1. Procédé de refroidissement d'un plateau de laminage en alliage d'aluminium de dimensions typiques

de 250 à 800 mm en épaisseur, 1000 à 2000 mm en largeur et 2000 à 8000 mm en longueur, après le traitement thermique d'homogénéisation métallurgique dudit plateau à une température typiquement comprise entre 450 à 600°C selon les alliages et avant son laminage à chaud, le refroidissement étant d'une valeur de 30 à 150°C, **caractérisé en ce que** le refroidissement est effectué à une vitesse de 150 à 500°C/h, avec un écart thermique de moins de 40°C sur l'ensemble du plateau refroidi à partir de sa température d'homogénéisation et dans lequel l'homogénéité de refroidissement dans la largeur du plateau est maîtrisée par :

- a) le contrôle de la largeur d'arrosage dans le sens travers du plateau, par le nombre de buses activées ou l'utilisation d'écrans,
- b) une méthode d'aspersion favorisant l'évacuation latérale du liquide de refroidissement aspergé en face supérieure.

2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le refroidissement est effectué en au moins deux phases :

Une première phase d'aspersion au cours de laquelle le plateau est refroidi dans une enceinte comportant des rampes de buses ou tuyères d'aspersion de liquide ou brouillard de refroidissement sous pression, réparties en parties haute et basse de ladite cellule, de façon à asperger les deux grandes faces, supérieure et inférieure dudit plateau,

Une phase complémentaire d'uniformisation thermique à l'air calme, dans un tunnel aux parois intérieures réfléchissantes, d'une durée de 2 à 30 minutes selon le format du plateau et la valeur du refroidissement.

3. Procédé selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** la phase d'uniformisation est de quelques minutes pour les refroidissements de moins de 30°C et de 30 minutes maximum pour des refroidissements de 150°C.
4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les phases d'aspersion et uniformisation thermique sont répétées, dans le cas de plateaux très épais et pour un refroidissement moyen global supérieur à 80°C.
5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** le liquide, y compris dans un brouillard, de refroidissement est de l'eau, préférentiellement très peu minéralisée et de préférence de l'eau désionisée.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **ca-**

**ractérisé en ce que** la tête et le pied du plateau, soit typiquement les 300 à 600 mm aux extrémités, sont moins refroidis que le reste du plateau de façon à maintenir une tête et un pied chaud, configuration favorable à l'engagement du plateau lors d'un laminage à chaud réversible.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** le refroidissement de la tête et du pied est modulé par la mise en route ou l'extinction des rampes de buses ou tuyères d'aspersion.
8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** le refroidissement de la tête et du pied est modulé par la présence d'écrans.
9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel le liquide de refroidissement est guidé vers les rives du plateau et s'évacue sous forme d'une cascade sans toucher les petites faces dudit plateau.
10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel les rampes de buses supérieures sont appariées dans le sens de défilement du plateau et dans lequel, dans une même paire, les rampes supérieures sont inclinées de telle sorte que
  - les jets des deux rampes de buses supérieures appariées soient orientés en opposition l'un de l'autre.
  - les jets présentent une bordure normale à la surface supérieure du plateau
  - le recouvrement des deux jets soit compris entre le 1/3 et les 2/3 de la largeur de chaque jet, et préférentiellement sensiblement de la moitié
  - l'enveloppe des deux jets ainsi formée constitue un profil en M.
11. Procédé selon une quelconque des revendications 2 à 10 dans lequel le début et la fin de l'aspersion est contrôlé par déclenchement des rampes d'aspersion à la position souhaitée sur le plateau ou par l'utilisation d'écrans.
12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel la tête et le pied du plateau ne sont pas aspergés au début et à la fin de l'aspersion.
13. Installation pour mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce qu'elle** comporte :

Une cellule d'aspersion munie de rampes de buses ou tuyères d'aspersion de liquide ou brouillard de refroidissement sous pression disposées en parties haute et basse de ladite cellule, de façon à asperger les deux grandes faces, supérieure et inférieure dudit plateau,

Un tunnel d'uniformisation à l'air calme au sortir de la cellule d'aspersion, dans un tunnel aux parois intérieures et au toit en une matière inté-rieurement réfléchive, autorisant une uniformisa-tion thermique du plateau par diffusion de la cha-leur dans ledit plateau, le cœur en réchauffant les surfaces.

**14. Installation selon la revendication 13, caractérisée en ce que :**

Les buses de liquide ou brouillard de refroidissement de la cellule d'aspersion génèrent des jets à cône plein dont l'angle est compris entre 45 et 60°

Les axes des buses inférieures sont orientés normalement à la surface inférieure Les rampes de buses supérieures sont appariées dans le sens de défilement du plateau. Dans une même paire, les rampes supérieures sont inclinées de telle sorte que :

- Les jets des deux rampes de buses appa-riées soient orientés en opposition l'un de l'autre.
- Les jets présentent une bordure normale à la surface supérieure du plateau
- Le recouvrement des jets des deux ram-pes appariées soit compris entre le 1/3 et les 2/3 de la largeur de chaque jet, et pré-férentiellement sensiblement de la moitié.
- L'enveloppe des deux jets ainsi formée constitue un profil en M.

Les paires de rampes de buses supérieures et inférieures sont placées sensiblement en vis-à-vis, de façon à ce que les longueurs d'aspersion supérieures et inférieures soient sensiblement égales et en vis-à-vis.

**15. Installation selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce que le liquide de refroidissement est récupéré après aspersion, typiquement dans un conteneur situé sous l'installation, recyclé et thermi-quement contrôlé.**

**16. Mise en œuvre de l'installation selon l'une des re-vendications 13 à 15, caractérisée en ce que l'en-semble de l'installation, cellule d'aspersion et tunnel d'uniformisation, est piloté par un modèle thermique codé sur automate, le modèle thermique détermi-nant les réglages de l'installation en fonction de la température estimée par mesure thermique en dé-büt de cellule d'aspersion et en fonction de la tem-pérature cible de sortie, en général la température de début de laminage à chaud.**

**17. Mise en œuvre de l'installation selon la revendication**

**16, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes :**

- Centrage du plateau, à l'entrée de l'installation
- Mesure de la température de surface supérieu-re du plateau
- Calcul par l'automate, à l'aide du modèle ther-mique, des réglages de la cellule d'aspersion en fonction de la température d'entrée et de la tem-pérature cible de sortie, c'est à dire du refroidis-sement cible du plateau, incluant la détermina-tion du nombre de rampes activées, du nombre de buses activées en rives, de la vitesse de dé-filement du plateau dans la cellule d'aspersion, des démarrages et arrêts des rampes d'asper-sion, et du temps de maintien dans le tunnel d'uniformisation
- Défilement du plateau dans la cellule d'asper-sion, arrosage supérieur et inférieur suivant les calculs de l'automate
- Transfert du plateau de la cellule d'aspersion vers le tunnel d'uniformisation
- Maintien du plateau dans le tunnel d'uniformi-sation pendant une durée déterminée par l'auto-mate.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Abkühlung einer Walzplatte aus Alu-miniumlegierung mit typischen Abmessungen von 250 bis 800 mm Dicke, 1000 bis 2000 mm Breite und 2000 bis 8000 mm Länge nach der Wärmebehand-lung zur metallurgischen Homogenisierung der Plat-te bei einer Temperatur typischerweise im Bereich von 450 bis 600°C je nach Legierung und vor ihrem Warmwalzen, wobei die Abkühlung mit einem Wert von 30 bis 150°C erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung mit einer Geschwindigkeit von 150 bis 500°C/h durchgeführt wird, mit einem Tem-peraturunterschied von weniger als 40°C über die gesamte abgekühlte Platte ausgehend von ihrer Ho-mogenisierungstemperatur, und wobei die Gleich-mäßigkeit der Abkühlung in der Breite der Platte kon-trolliert wird über

- a) die Steuerung der Sprühbreite in Querrich-tung der Platte, durch die Anzahl der zugeschal-ten Düsen oder den Einsatz von Schutzschir-men,
- b) eine Sprühmethode, die ein seitliches Abflie-ßen der an der Oberseite aufgesprühten Kühl-flüssigkeit begünstigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** die Abkühlung in mindestens zwei Phasen erfolgt:

- Einer ersten Sprühphase, in der die Platte in einem Behälter abgekühlt wird, welcher mit Sprühdüsen oder Sprühstrahlrohren für Kühlflüssigkeit oder Kühlsprühnebel unter Druck bestückte Sprühbalken aufweist, die im oberen und unteren Teil der Zelle so verteilt sind, dass die beiden großen Flächen der Platte - die obere und die untere Fläche - besprüht werden, Einer weiteren Phase zur thermischen Uniformisierung bei ruhiger Luft in einem Tunnel mit reflektierenden Innenwänden für eine Dauer von 2 bis 30 Minuten je nach Plattenformat und Kühlwert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Uniformisierungsphase bei Abkühlungen um weniger als 30°C einige Minuten und bei Abkühlungen um 150°C maximal 30 Minuten dauert.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sprühphase und die thermische Uniformisierungsphase bei sehr dicken Platten und bei einer Gesamtdurchschnittsabkühlung um mehr als 80°C wiederholt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlflüssigkeit, einschließlich in einem Sprühnebel, vorzugsweise wenig mineralisiertes Wasser und bevorzugt entionisiertes Wasser ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopf und der Fuß der Platte, d.h. typischerweise 300 bis 600 mm an den Enden, weniger abgekühlt werden als der Rest der Platte, um den Kopf und den Fuß warm zu halten, wobei diese Konfiguration für das Einführen der Platte bei reversiblen Warmwalzen günstig ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung von Kopf und Fuß durch Einschalten oder Ausschalten der Sprühdüsen- oder Sprühstrahlrohrrbalken moduliert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung von Kopf und Fuß durch das Vorhandensein von Schutzschirmen moduliert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, wobei** die Kühlflüssigkeit zu den Kanten der Platte geführt wird und kaskadenförmig abfließt, ohne dabei die kleinen Flächen der Platte zu berühren.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die oberen Düsenbalken gepaart in Laufrichtung der Platte angeordnet sind und wobei die oberen Balken in einem Paar so geneigt sind, dass
- die Strahlen der beiden gepaarten oberen Düsenbalken gegeneinander gerichtet sind,
  - die Strahlen einen normalen Randabschluss zur oberen Fläche der Platte aufweisen,
  - die Überlappung der Strahlen 1/3 bis 2/3 und vorzugsweise etwa die Hälfte der Breite jedes Strahls beträgt,
  - die Umhüllende der beiden so ausgebildeten Strahlen ein M-förmiges Profil darstellt.
11. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der Beginn und das Ende des Sprühvorgangs durch Auslösen der Sprühbalken an der gewünschten Stelle auf der Platte oder durch den Einsatz von Schutzschirmen gesteuert werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Kopf und der Fuß der Platte zu Beginn und am Ende des Sprühvorgangs nicht besprüht werden.
13. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie umfasst:
- Eine Sprühzelle, welche mit Sprühdüsen oder Sprühstrahlrohren für Kühlflüssigkeit oder Kühlsprühnebel unter Druck bestückten Sprühbalken ausgerüstet ist, die im oberen und unteren Teil der Zelle so angeordnet sind, dass die beiden großen Flächen der Platte - die obere und die untere Fläche - besprüht werden. Einen Tunnel zur thermischen Uniformisierung bei ruhiger Luft am Ausgang der Sprühzelle, in einem Tunnel mit Innenwänden und einem Dach aus innenseitig reflektierendem Material, der eine thermische Uniformisierung der Platte durch Verteilung der Wärme in dieser Platte, im Kern durch Erwärmen der Flächen gestattet.
14. Anlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass:**
- Die Kühlflüssigkeits- oder Kühlnebeldüsen der Sprühzelle Vollkegelstrahlen mit einem Winkel zwischen 45 und 60° erzeugen. Die Achsen der unteren Düsen normalerweise auf die untere Fläche ausgerichtet sind. Die oberen Düsenbalken in Laufrichtung der Platte gepaart sind. Im jeweils gleichen Paar sind die oberen Balken so geneigt, dass
- die Strahlen der beiden gepaarten Düsenbalken gegeneinander gerichtet sind,
  - die Strahlen einen normalen

Randabschluss zur oberen Fläche der Platte aufweisen,

- die Überlappung der Strahlen der beiden gepaarten Balken 1/3 bis 2/3 und vorzugsweise etwa die Hälfte der Breite jedes Strahls beträgt,
- die Umhüllende der beiden so ausgebildeten Strahlen ein M-förmiges Profil darstellt.

Die oberen und unteren Düsenbalkenpaare im Wesentlichen gegenüberliegend angeordnet sind, so dass die oberen und unteren Sprühhängen im Wesentlichen gleich sind und sich gegenüberstehen.

15. Anlage nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlflüssigkeit nach dem Besprühen typischerweise in einem unter der Anlage angeordneten Behälter gesammelt, recycelt und thermisch kontrolliert wird.

16. Einsatz der Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gesamte Anlage - Sprühzelle und Uniformisierungstunnel - durch ein automatenkodierte thermisches Modell gesteuert wird, wobei das thermische Modell die Einstellungen der Anlage in Abhängigkeit von der durch thermische Messung am Eingang der Sprühzelle erfassten Temperatur und in Abhängigkeit von der Zielausgangstemperatur, in der Regel der Temperatur zu Beginn des Warmwalzens, bestimmt.

17. Einsatz der Anlage nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** er die folgenden Schritte umfasst:

- Zentrierung der Platte am Eingang der Anlage,
- Messung der Temperatur der oberen Fläche der Platte,
- Berechnung durch den Automaten, mittels des thermischen Modells, der Einstellungen der Sprühzelle in Abhängigkeit von der Eingangstemperatur und der Zielausgangstemperatur, d.h. der Zielabkühlung der Platte, einschließlich der Bestimmung der Anzahl der eingeschalteten Sprühbalken, der Anzahl der kantenseitig eingeschalteten Düsen, der Laufgeschwindigkeit der Platte in der Sprühzelle, der Start- und Stoppvorgänge der Sprühbalken und der Verweilzeit im Uniformisierungstunnel,
- Durchlauf der Platte in der Sprühzelle, oberes und unteres Besprühen nach den Berechnungen des Automaten,
- Transport der Platte von der Sprühzelle zum Uniformisierungstunnel,
- Verbleib der Platte im Uniformisierungstunnel für eine vom Automaten bestimmte Dauer.

## Claims

1. A method for cooling a rolling ingot made of an aluminium alloy with typical dimensions of 250 to 800 mm in thickness, 1000 to 2000 mm in width and 2000 to 8000 mm in length, after the heat treatment for the metallurgical homogenisation of said ingot at a temperature typically comprised between 450 to 600°C depending on the alloys and before hot-rolling thereof, the cooling representing a value of between 30 and 150°C, **characterised in that** the cooling is carried out at a speed of between 150 and 500°C/h, with a thermal difference of less than 40°C over the entire ingot cooled from its homogenisation temperature and wherein the cooling homogeneity across the width of the ingot is controlled by:

- a) the control of the sprinkling width in the transverse direction of the ingot, by the number of activated nozzles or the use of screens,
- b) a spraying method favouring the lateral evacuation of the cooling liquid sprayed on the upper face.

2. The method according to claim 1 **characterised in that** the cooling is carried out in at least two phases:

A first spraying phase during which the ingot is cooled in an enclosure including ramps of nozzles for spraying pressurised cooling liquid or mist, distributed in the upper and lower parts of said cell, so as to spray the two large upper and lower faces of said ingot, A complementary phase of thermal uniformisation in still air, in a tunnel with reflective interior walls, with a duration of 2 to 30 minutes depending on the size of the ingot and the amount of cooling.

3. The method according to claim 2 **characterised in that** the uniformisation phase is of few minutes for cooling of less than 30°C and of 30 minutes maximum for cooling of 150°C.

4. The method according to claim 2, **characterised in that** the spraying and thermal uniformisation phases are repeated, in the case of very thick ingots and for an overall average cooling greater than 80°C.

5. The method according to one of claims 2 to 4, **characterised in that** the cooling liquid, including in a mist, is water, which is preferably very little mineralised and preferably deionised water.

6. The method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the head and the foot of the ingot, or typically 300 to 600 mm at the ends, are less cooled than the rest of the ingot so as to maintain a hot head and foot, a configuration which is favourable.

ble to the engagement of the ingot during reversible hot-rolling.

- 7. The method according to one of claims 2 to 6, **characterised in that** the cooling of the head and the foot is modulated by the initiation or the shutdown of the spray nozzle ramps. 5
  
- 8. The method according to one of claims 2 to 7, **characterised in that** the cooling of the head and the foot is modulated by the presence of screens. 10
  
- 9. The method according to claim 8 wherein the cooling liquid is guided towards the edges of the ingot and is discharged in the shape of a cascade without touching the small faces of said ingot. 15
  
- 10. The method according to claim 9 wherein the upper nozzle ramps are paired in the direction of scrolling of the ingot and wherein, in the same pair, the upper ramps are inclined in such a way that 20
  - the jets of the two paired upper nozzle ramps are oriented opposing one another.
  - the jets have a border normal to the upper surface of the ingot 25
  - the overlap of the two jets is comprised between 1/3 and 2/3 and preferably substantially half the width of each jet 30
  - the envelope of the two jets thus formed constitutes an M profile.
  
- 11. The method according to any one of claims 2 to 10 wherein the start and end of the spraying is controlled by triggering the spray ramps to the desired position on the ingot or by the use of screens. 35
  
- 12. The method according to claim 11, wherein the head and the foot of the ingot are not sprayed at the start and at the end of the spraying. 40
  
- 13. A facility for implementing the method according to one of claims 1 to 12, **characterised in that** it includes: 45
  - A spray cell provided with nozzle ramps for spraying pressurised cooling liquid or mist disposed in the upper and lower parts of said cell, so as to spray the two large upper and lower faces of said ingot, 50
  - A uniformisation tunnel in still air at the exit of the spray cell, in a tunnel with interior walls and roof made of an internally reflective material, allowing thermal uniformisation of the ingot by diffusion of heat in said ingot, the mid-thickness by heating the surfaces. 55
  
- 14. The facility according to claim 13, **characterised in**

**that:**

The cooling liquid or mist nozzles of the spray cell generate full cone jets with an angle comprised between 45 and 60°

The axes of the lower nozzles are oriented normally to the lower surface The upper nozzle ramps are paired in the direction of scrolling of the ingot. In the same pair, the upper ramps are inclined so that:

- The jets of the two paired nozzle ramps are oriented opposing one another.
- The jets have a border normal to the upper surface of the ingot
- The overlap of the jets of the two paired ramps is comprised between 1/3 and 2/3 and preferably substantially half the width of each jet.
- The envelope of the two jets thus formed constitutes an M profile.

The upper and lower nozzle ramp pairs are placed substantially facing each other, so that the upper and lower spray lengths are substantially equal and facing each other.

- 15. The facility according to one of claims 13 or 14, **characterised in that** the cooling liquid is recovered after spraying, typically in a container located under the facility, which is recycled and thermally controlled.
  
- 16. An implementation of the facility according to one of claims 13 to 15, **characterised in that** the entire facility, spray cell and uniformisation tunnel, is piloted by a thermal model coded on a PLC, the thermal model determining the settings of the facility according to the temperature estimated by thermal measurement at the start of the spray cell and according to the target outlet temperature, in general the temperature at the start of hot-rolling.
  
- 17. The implementation of the facility according to claim 16, **characterised in that** it includes the following steps:
  - Centring the ingot, at the entrance to the facility
  - Measuring the upper surface temperature of the ingot
  - Calculating by the PLC, using the thermal model, the settings of the spray cell according to the inlet temperature and the target outlet temperature, that is to say the target cooling of the ingot, including determining the number of activated ramps, the number of activated nozzles on the edges, the speed at which the ingot is scrolling in the spray cell, the start-up and the stopping of the spray ramps, and the dwell time in the

uniformisation tunnel

- Scrolling the ingot in the spray cell, upper and lower sprinkling according to the calculations of the PLC

- Transferring the ingot from the spray cell to the uniformisation tunnel 5

- Maintaining the ingot in the uniformisation tunnel for a duration determined by the PLC.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

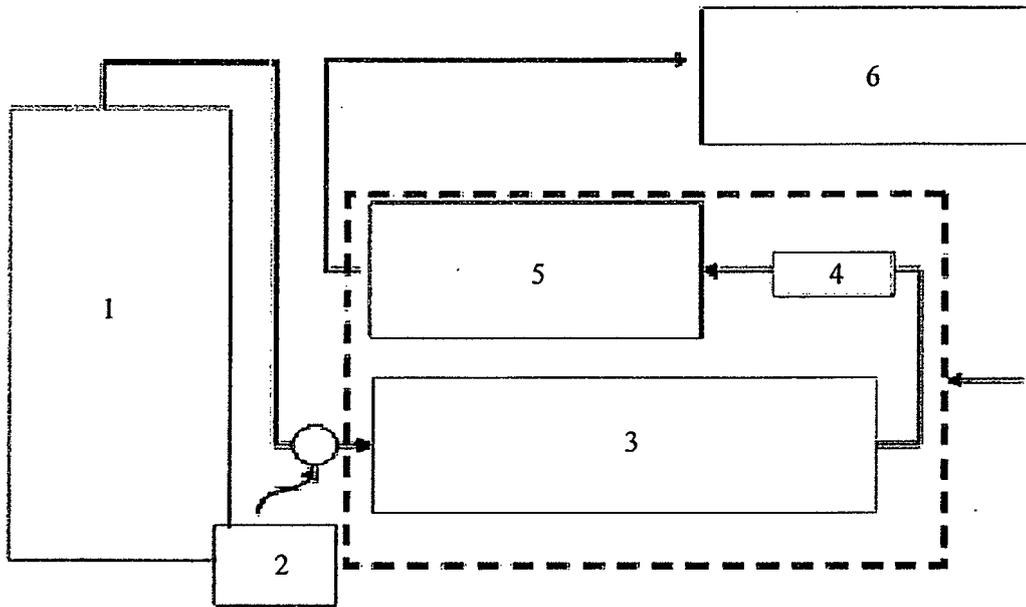


FIG. 1

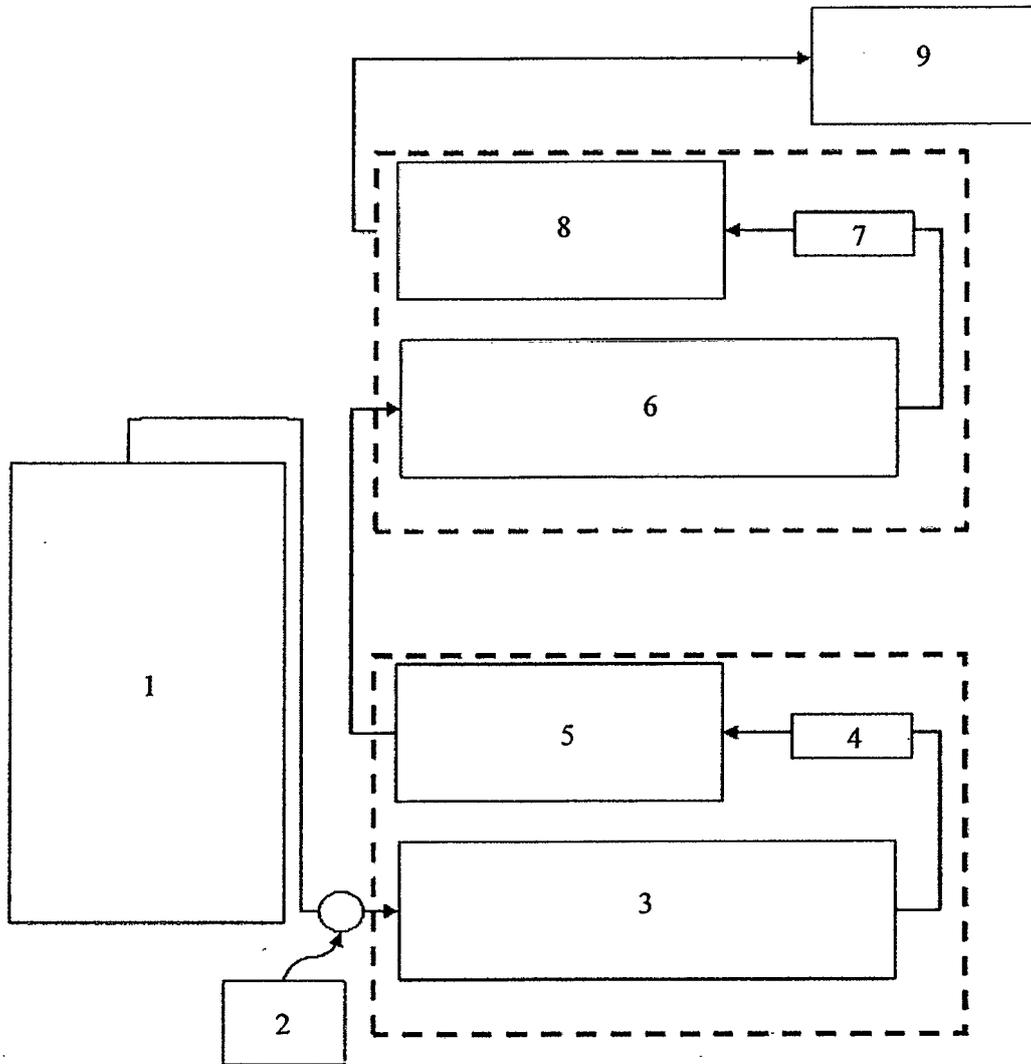


FIG. 2

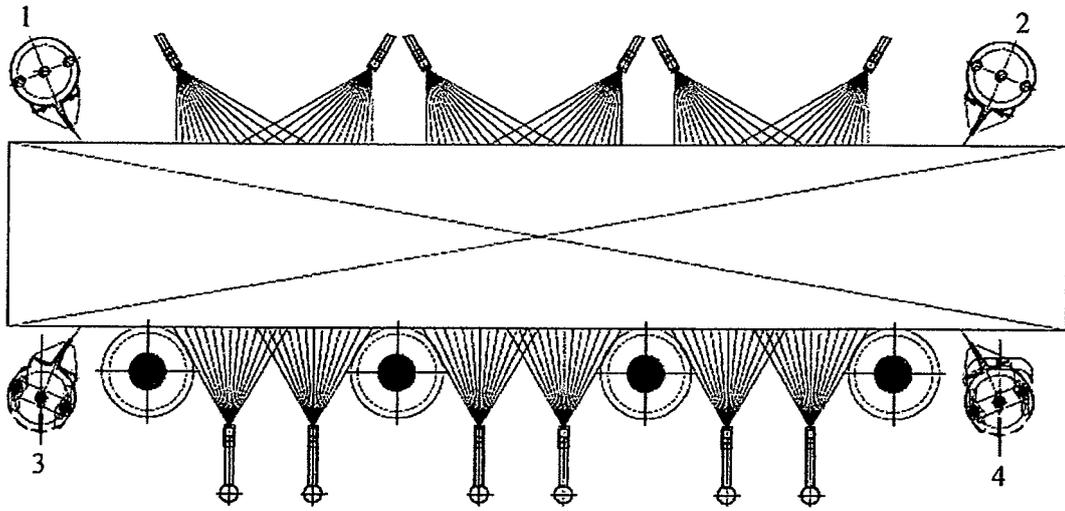


FIG. 3

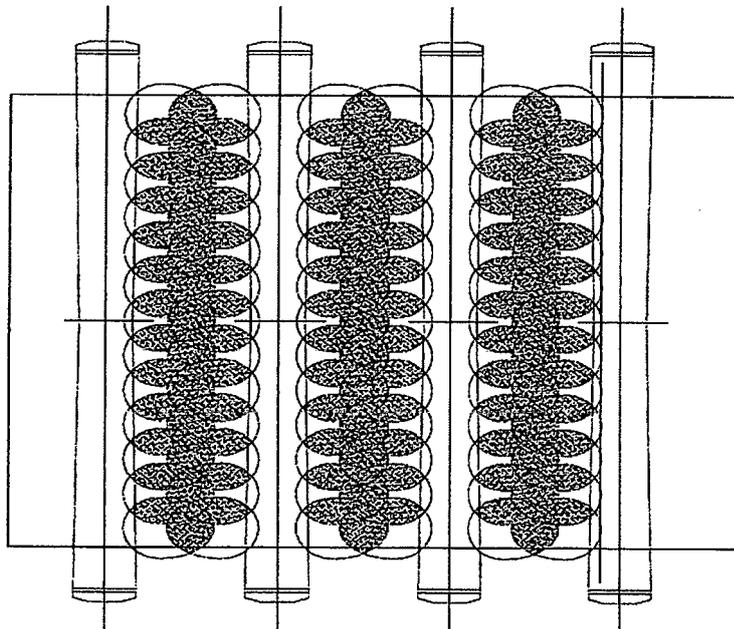


FIG. 4

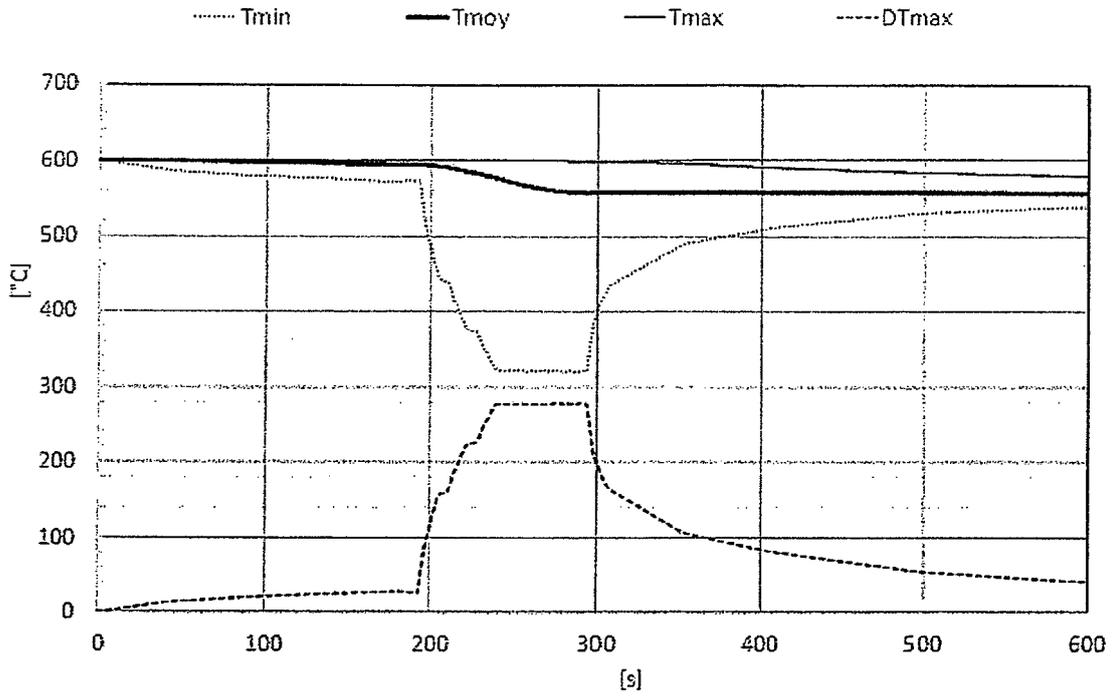


FIG. 5

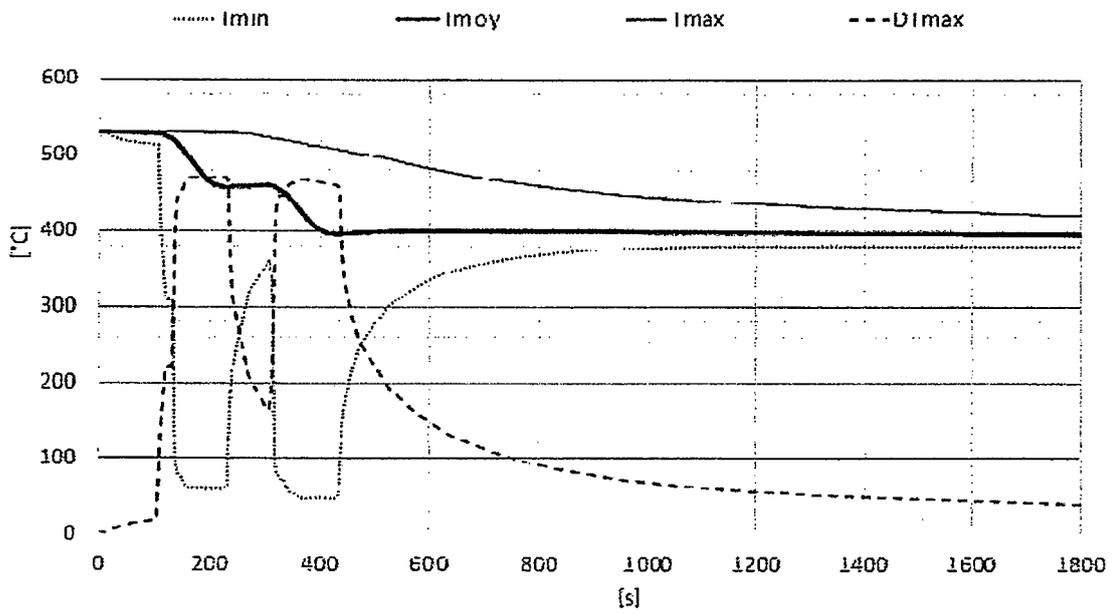


FIG. 6

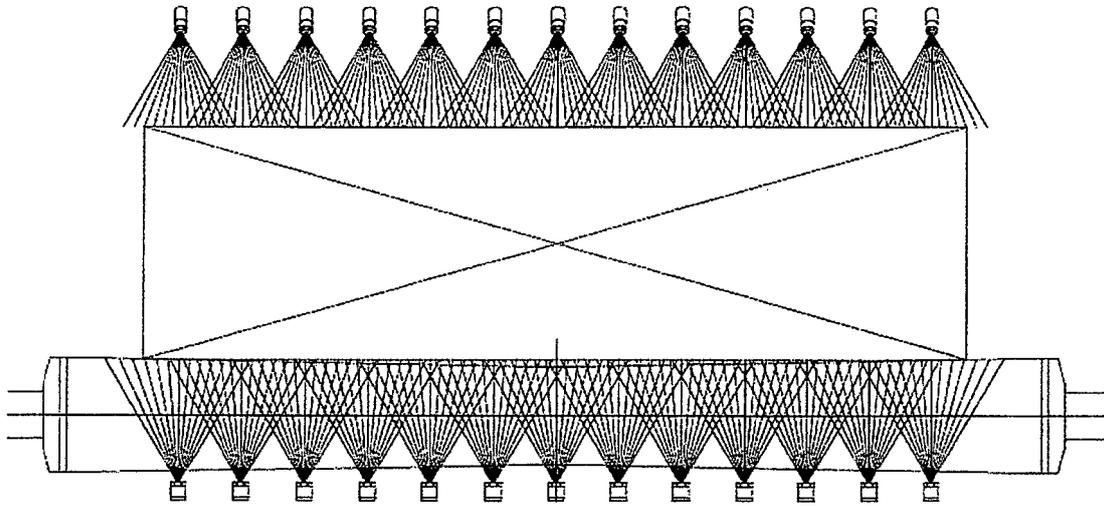


FIG. 7

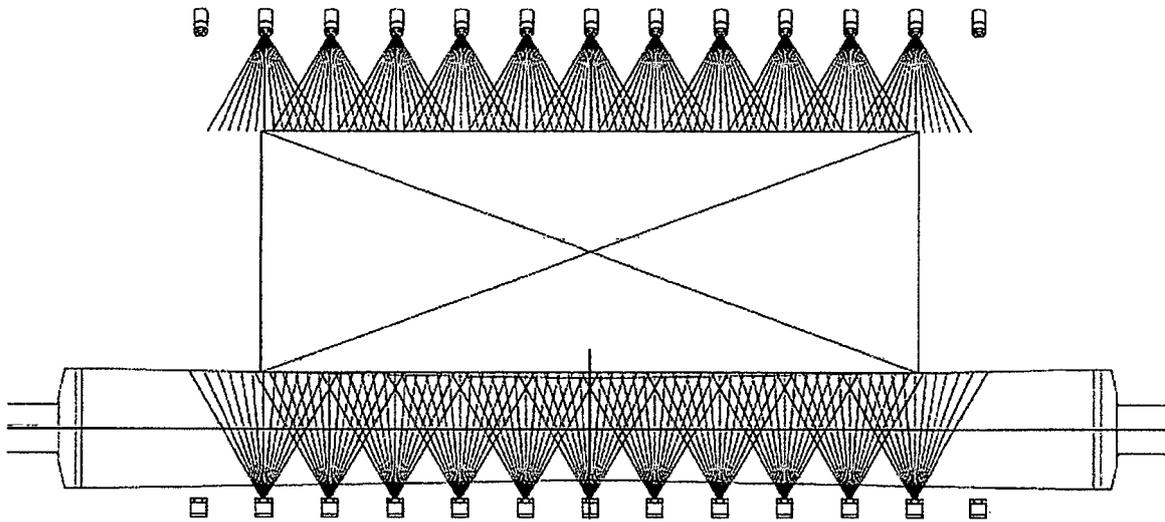


FIG. 8

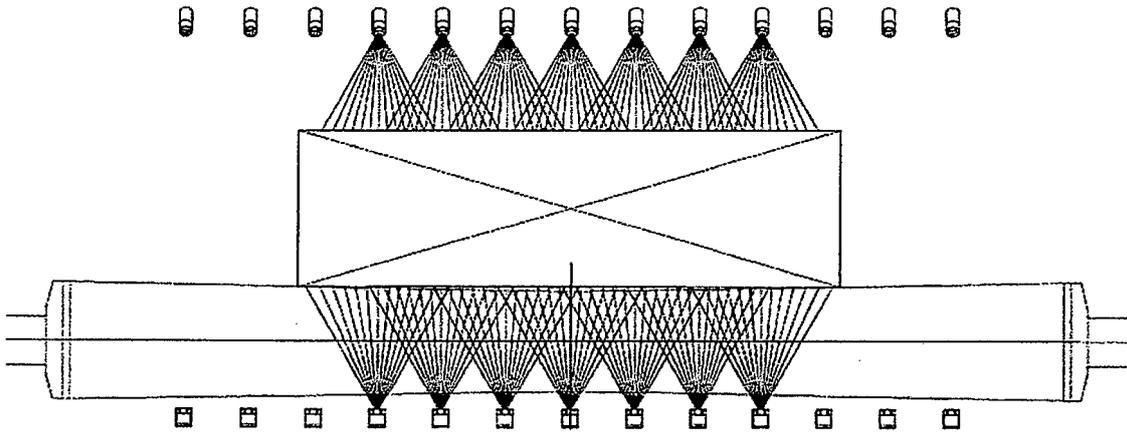


FIG. 9

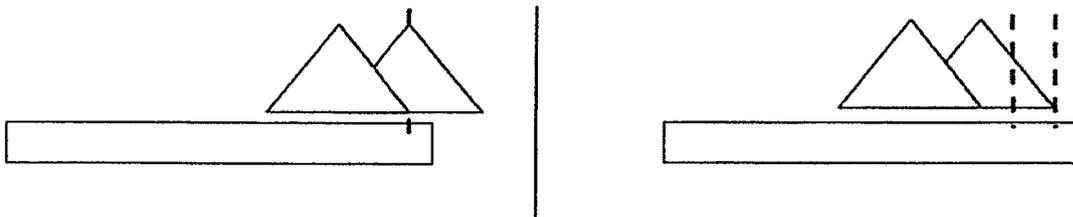


FIG. 10

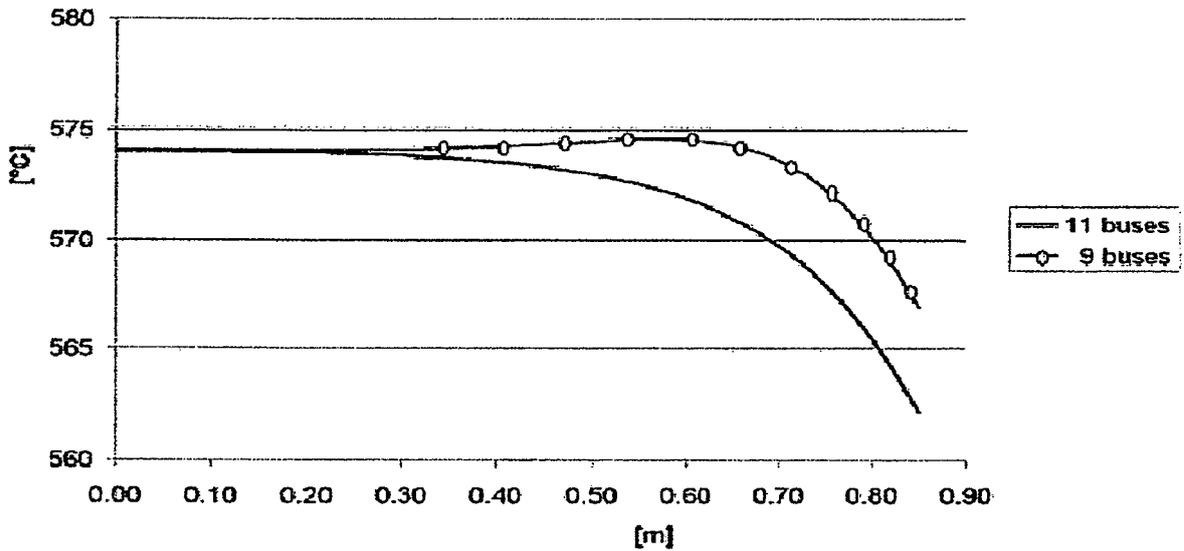


FIG. 11

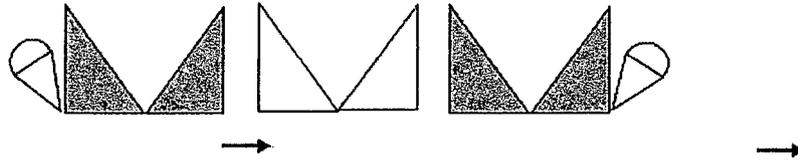


FIG. 12

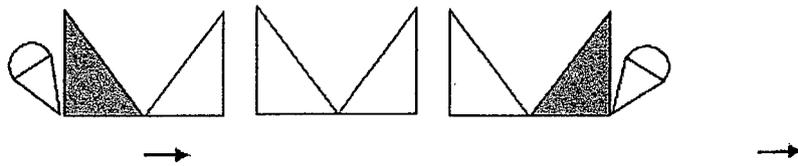


FIG. 13

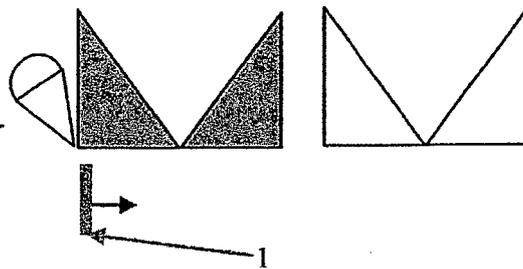


FIG. 14

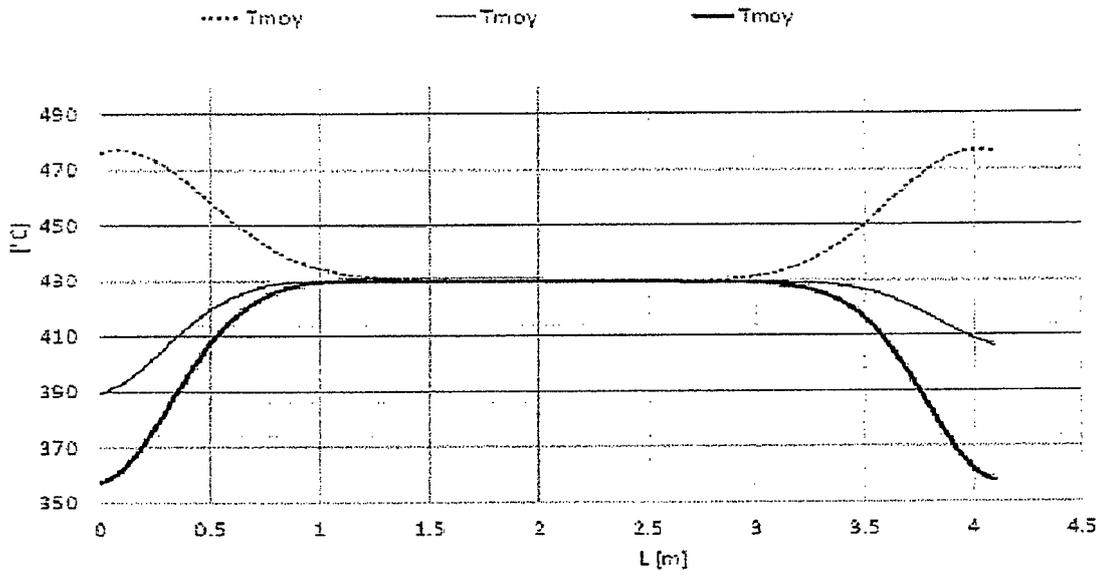


FIG. 15

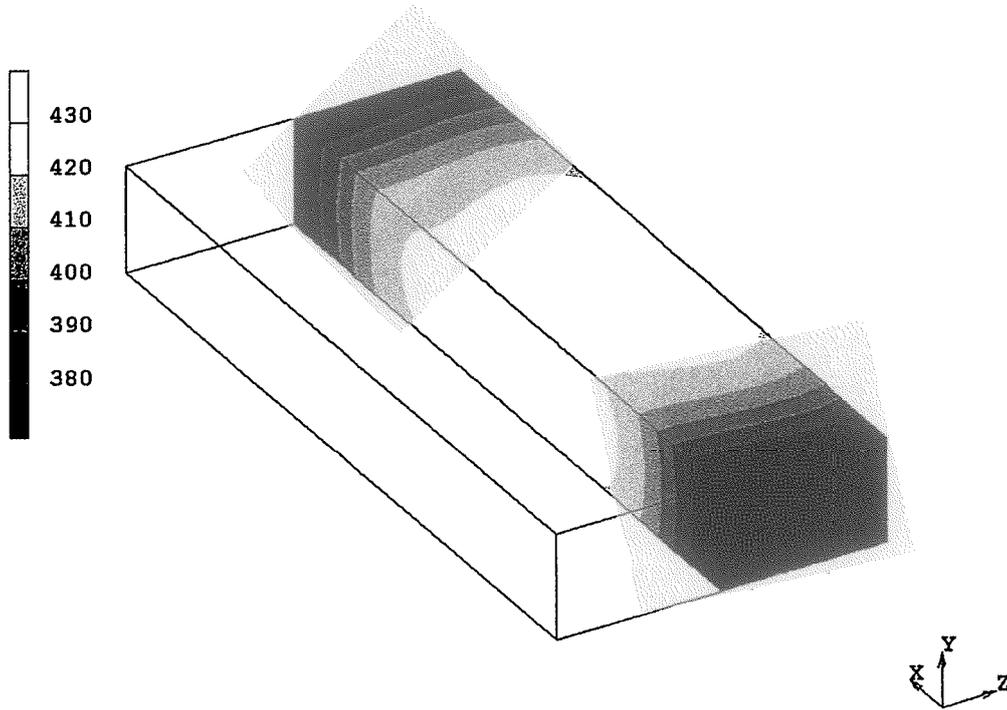


FIG. 16

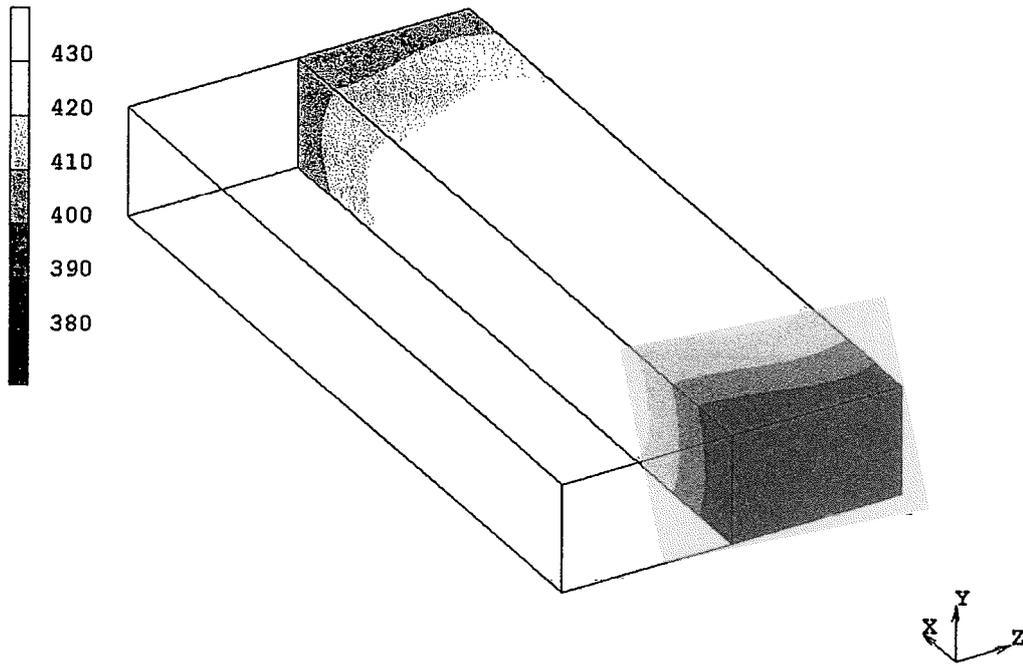


FIG. 17

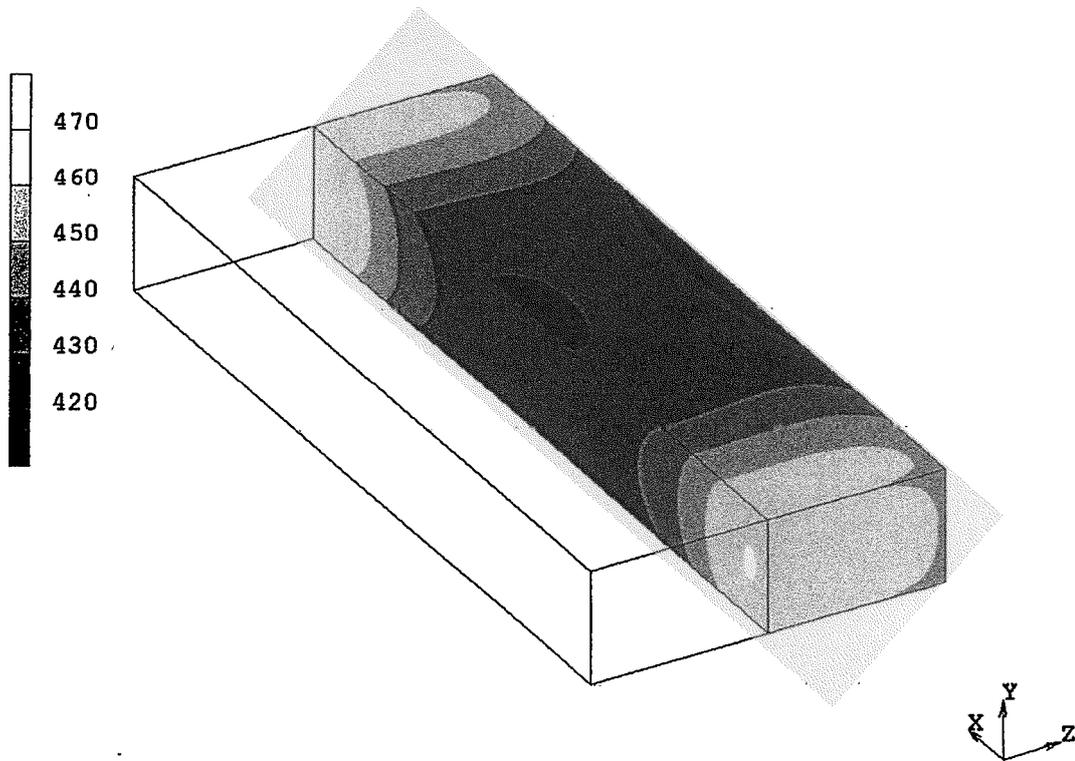


FIG. 18

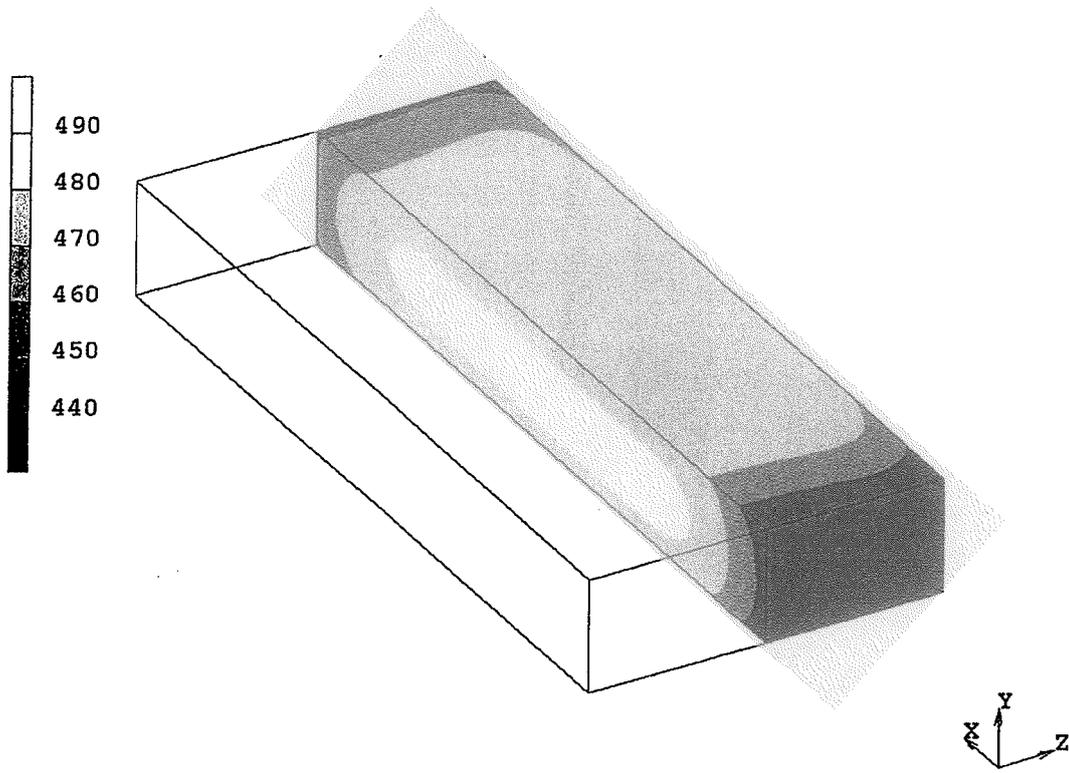


FIG. 19

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- DE 19823790 A1 [0002]