



(11)

EP 3 171 996 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.04.2018 Bulletin 2018/15

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

(21) Numéro de dépôt: **15753101.3**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2015/051915

(22) Date de dépôt: **10.07.2015**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2016/012691 (28.01.2016 Gazette 2016/04)

(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:
31.05.2017 Bulletin 2017/22

(60) Demande divisionnaire:
18159076.1

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

(72) Inventeurs:
• **DUHOUX, Vincent
F-38500 Coublevie (FR)**

- **MAGNIN, Bruno
F-38960 Saint-Aupre (FR)**
- **BELLOT, Daniel
F-38140 Izeaux (FR)**
- **ROCHE, José
Bowling Green, Kentucky 42104 (US)**
- **AUCOUTURIER, Pierre
F-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 3 171 996 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. L'invention concerne également l'installation ou équipement permettant la mise en oeuvre dudit procédé.

Etat de la technique

[0003] 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 laminage à chaud de manière rapide.

[0004] Cette vitesse de refroidissement du plateau souhaitée est comprise entre 150 et 500°C/h.

[0005] 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.

[0006] Le refroidissement à l'air ne permet donc pas d'atteindre les vitesses de refroidissement souhaitées.

[0007] 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.

[0008] 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/(m².K) entre de l'eau et le plateau chaud tandis qu'il est compris entre 10 et 30 W/(m².K) entre de l'air et le plateau chaud.

[0009] 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,

λ, la conductivité thermique du métal, par exemple, pour un alliage d'aluminium, 160 W/(m².K).

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] Elle se traduit aussi dans la longueur du plateau, par effet de coin, naturellement refroidi suivant les trois faces le constituant.

[0014] 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.

[0015] Les dispositifs connus de l'art antérieur ne cherchent pas à limiter cette hétérogénéité du refroidissement.

[0016] 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.

[0017] 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

[0018] 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

[0019] 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, 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, caractérisé en ce que le refroidissement, d'une valeur de 30 à 150°C, 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.

[0020] On entend par écart thermique l'écart maximum entre températures relevées sur l'ensemble du volume du plateau, ou encore DT_{max}.

[0021] 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,
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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] Le plus couramment, le liquide de refroidissement, y compris dans un brouillard, est de l'eau, et de préférence de l'eau désionisée.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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 oeuvre 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.

tive, autorisant une uniformisation thermique du plateau par diffusion de la chaleur dans ledit plateau, le coeur 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°

[0034] Les axes des buses inférieures sont orientés normalement à la surface inférieure

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] Selon un mode de mise en oeuvre 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.

[0040] Selon un mode de réalisation avantageux, la mise en oeuvre 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 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
- Maintien du plateau dans le tunnel d'uniformisation pendant une durée déterminée par l'automate.

Description des figures

[0041]

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 suc-

cessifs.

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 évacuation 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 Tmin, maximum Tmax et moyenne Tmoy dans le plateau, ainsi que de l'écart maximum de température dans tout le volume du plateau, au cours du temps (DTmax).

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 Tmin, maximum Tmax et moyenne Tmoy dans le plateau, ainsi que de l'écart maximum de température dans tout le volume du plateau, au cours du temps (DTmax).

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.

[0042] 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,

[0043] 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.

[0044] 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).

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] On voit que la stratégie de déclenchement de l'arrosage permet clairement de maîtriser le profil thermique longitudinal du plateau.

[0048] 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

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] Le refroidissement moyen du plateau ($\Delta T_{\text{moy plateau}}$) est contrôlé par la durée d'aspersion vue par chaque section du plateau.

[0054] Durant cette phase, le plateau est thermiquement très hétérogène dans son épaisseur, du fait d'une valeur du nombre de Biot élevée.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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_{max} de moins de 40°C sur un plateau de grandes dimensions.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] 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.

[0062] La cellule d'aspersion permet la mise en oeuvre de la phase 1 du procédé décrit plus haut.

[0063] 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.

[0064] La cellule d'aspersion est constituée de rampes munies de buses ou tuyères de distribution sous pression du liquide ou brouillard de refroidissement.

[0065] 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.

[0066] 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.

[0067] 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.

[0068] 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 ther-

miques 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 coeur réchauffant les surfaces du plateau.

[0069] Le tunnel d'uniformisation est constitué de parois verticales et d'un toit dans une matière idéalement réfléchive côté intérieur du tunnel.

[0070] 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.

[0071] Enfin, la machine ou installation de refroidissement 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

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

[0072] 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.

[0073] Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à une passe, décrit en figure 1.

[0074] 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).

[0075] 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.m²) 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 pla-

teau est transféré vers le laminoir à chaud, avec une uniformité thermique meilleure que 40°C sur le plateau complet.

[0076] La température de surface du plateau descend à environ 320°C, tandis que le coeur du plateau reste quasiment isotherme durant la phase d'aspersion. Puis, par diffusion de la chaleur entre le coeur et la surface, le coeur cède de la chaleur à la surface, le plateau s'uniformise thermiquement.

[0077] L'écart thermique dans le plateau (DTmax) 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 DTmax est réduit à moins de 40°C.

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

[0078] 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.

[0079] Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à deux passes, décrit en figure 2.

[0080] 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.

[0081] 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.m²) 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.m²). 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.

[0082] La température de surface du plateau descend

à environ 60°C. Le coeur 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 coeur et la surface, le coeur cède de la chaleur à la surface, le plateau s'uniformise thermiquement.

[0083] 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.

[0084] Exemple 3 : Refroidissement uniforme de 125°C d'un plateau en alliage du type AA6016.

[0085] 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.

[0086] Le procédé de refroidissement du plateau est le procédé à deux passes, décrit en figure 2.

[0087] 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.

[0088] 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.m²) 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.m²). 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.

[0089] L'exemple 3 montre que le choix judicieux des talons d'arrosage permet de réduire notablement la du-

rée 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.

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.

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** 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.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le liquide, y compris dans un brouillard, de refroidissement est de l'eau, et de préférence de l'eau désionisée.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé 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.

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, **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.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** le refroidissement de la tête et du pied est modulé par la présence d'écrans.

8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** les phases d'aspersion, et pas d'uniformisation thermique, sont répétées, et **en ce que** la tête et le pied du plateau, soit typiquement les 300 à 600 mm aux extrémités, sont refroidis différemment que le reste du plateau au moins dans une des cellules d'aspersion.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la première passe d'aspersion est effectuée avec un talon nul, soit un arrosage continu du plateau, 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.

10. Procédé selon l'une des revendications 2 à 9, **caractérisé en ce que** 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.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** 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.

12. Procédé selon l'une des revendications 2 à 11, **caractérisé en ce que** 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.

13. Installation pour mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce qu'elle** comporte :

Une cellule d'aspersion (3) 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, 5
Un tunnel d'uniformisation (5) à l'air calme au sortir de la cellule d'aspersion (3), dans un tunnel aux parois intérieures et au toit en une matière intérieurement réfléchive, autorisant une uniformisation thermique du plateau par diffusion de la chaleur dans ledit plateau, le coeur 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 25
paire, les rampes supérieures sont inclinées de telle sorte que :

- Les jets des deux rampes de buses 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 jets des deux rampes appariées 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.

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 thermiquement contrôlé.

16. Mise en oeuvre de l'installation selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce que l'ensemble de l'installation, cellule d'aspersion (3) et tunnel d'uniformisation (5), 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.

17. Mise en oeuvre 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 supérieure du plateau
- Calcul par l'automate, à l'aide du modèle thermique, des réglages de la cellule d'aspersion (3) 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 activées, du nombre de buses activées en rives, de la vitesse de défilement du plateau dans la cellule d'aspersion (3), des démarrages et arrêts des rampes d'aspersion, et du temps de maintien dans le tunnel d'uniformisation (5)
- Défilement du plateau dans la cellule d'aspersion (3), 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 (5) pendant une durée déterminée par l'automate.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abkühlung einer Walzplatte aus Aluminiumlegierung mit typischen Abmessungen von 250 bis 800 mm Dicke, 1000 bis 2000 mm Breite und 2000 bis 8000 mm Länge nach der Wärmebehandlung zur metallurgischen Homogenisierung dieser Platte auf eine typische Temperatur zwischen 450 bis 600 °C entsprechend den Legierungen und vor ihrem Warmwalzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung mit einem Wert von 30 bis 150 °C mit einer Geschwindigkeit von 150 bis 500 °C/h erfolgt, wobei bei der gesamten abgekühlten Platte ausgehend von ihrer Homogenisierungstemperatur ein thermischer Abstand von weniger als 40 °C besteht.

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

Eine erste Sprühphase, in der die Platte in einem Bereich mit Sprühdüsenleisten oder Sprühstrahlrohren für Abkühlflüssigkeit oder -nebel unter Druck, die im oberen und unteren Bereich

dieser Zelle derart verteilt sind, dass die große obere und große untere Fläche dieser Platte besprüht wird, abgekühlt wird,
Eine weitere Phase zur thermischen Vereinheitlichung bei ruhiger Luft in einem Tunnel mit reflektierenden Innenwänden für eine Dauer von 2 bis 30 Minuten entsprechend dem Format der Platte und dem Wert der Abkühlung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sprühphase und die Phase der thermischen Vereinheitlichung bei sehr dicken Platten und zu einer durchschnittlichen insgesamten Abkühlung von mehr als 80 °C wiederholt werden. 10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlflüssigkeit, einschließlich in einem Nebel, Wasser und vorzugsweise entionisiertes Wasser ist. 15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopf und der Fuß der Platte, d. h. typischerweise 300 bis 600 mm an den Enden, derart weniger abgekühlt werden als die restliche Platte, dass der Kopf und der Fuß warm gehalten werden, wobei diese Konfiguration für die Durchführung der Platte bei reversiblen Warmwalzen günstig ist. 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung des Kopfs und des Fußes durch die Ingangsetzung oder das Ausschalten der Sprühdüsenleisten oder Sprühstrahlrohre moduliert wird. 25
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung des Kopfs und des Fußes durch das Vorhandensein von Blenden moduliert wird. 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sprühphase, und nicht die Phase der thermischen Vereinheitlichung, wiederholt werden und dadurch, dass der Kopf und der Fuß der Platte, d. h. typischerweise 300 bis 600 mm an den Enden, in mindestens einer der Sprühzellen auf andere Weise abgekühlt werden als die restliche Platte. 35
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Sprühdurchlauf mit einem Ansatz gleich Null erfolgt, d. h. als kontinuierliches Besprengen der Platte gefolgt von, ohne erste thermische Vereinheitlichungsphase, einem zweiten Sprühdurchlauf mit einem Ansatz eines Leistenpaares wie in Abbildung 12, wodurch ermöglicht wird, die Dauer der für den thermischen Ausgleich der Platte erforderlichen Endphase der Vereinheitli- 40

chung erheblich zu verkürzen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die thermische Einheitlichkeit in der Längsrichtung der Platte durch eine im Verhältnis zum Sprühsystem relative Bewegung der Platte verbessert wird: Bewegungslauf oder Hin- und Herbewegung der Platte einem festen Sprühsystem zugewandt oder umgekehrt. 5
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte horizontal in der Sprühzelle läuft und ihre Laufgeschwindigkeit gleich oder größer als 20 mm/s, d. h. 1,2 m/min ist. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die thermische Einheitlichkeit im Querschnitt der Platte durch Modulation des Besprühens in der Breite der Platte durch Einschalten/Abschalten der Düsen oder Strahlrohre oder Verblendung dieses Besprühens gewährleistet wird. 15
13. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Folgendes umfasst: 20

Eine Sprühzelle (3), die mit Sprühdüsenleisten oder Sprühstrahlrohren für Abkühlflüssigkeit oder -nebel unter Druck versehen ist, die im oberen und unteren Bereich dieser Zelle derart angeordnet sind, dass die große obere und große untere Fläche dieser Platte besprüht wird, Einen Tunnel (5) zur thermischen Vereinheitlichung bei ruhiger Luft am Ausgang der Sprühzelle (3) in einem Tunnel mit Innenwänden und einem Dach aus reflektierendem Material, der eine thermische Vereinheitlichung der Platte durch Verteilung der Wärme in dieser Platte, im Kern durch Erwärmen der Flächen, zulässt. 25
14. Anlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass:** 30

Die Abkühlflüssigkeits- oder Abkühlnebeldüsen 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 Düsenleisten in der Laufrichtung der Platte gepaart sind. Die oberen Leisten im gleichen Paar derart geneigt sind, dass: 35

 - Die Strahlen der beiden gepaarten Düsenleisten einander gegenüberliegend ausgerichtet sind.
 - Die Strahlen einen normalen Randabschluss zur oberen Fläche der Platte 40

Die Abkühlflüssigkeits- oder Abkühlnebeldüsen 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 Düsenleisten in der Laufrichtung der Platte gepaart sind. Die oberen Leisten im gleichen Paar derart geneigt sind, dass:

- Die Strahlen der beiden gepaarten Düsenleisten einander gegenüberliegend ausgerichtet sind.
- Die Strahlen einen normalen Randabschluss zur oberen Fläche der Platte 50

te aufweisen

- Die Abdeckung der Strahlen der beiden gepaarten Leisten zwischen 1/3 und 2/3 der Breite der einzelnen Strahlen und vorzugsweise wesentlich deren Hälfte ist.
- Die Deckung dieser beiden auf diese Weise formierten Strahlen ein M-Profil bildet.

Das obere und untere Düsenleistenpaar sind wesentlich derart einander gegenüberliegend positioniert, dass die Länge der oberen Besprühung und der unteren Besprühung wesentlich gleich und einander gegenüberliegend sind.

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

16. Durchführung der Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gesamte Anlage, Sprühzelle (3) und Vereinheitlichungstunnel (5), durch ein per Automat kodierte thermisches Modell gesteuert wird, wobei das thermische Modell die Einstellungen der Anlage abhängig von der durch thermische Messung am Anfang der Sprühzelle geschätzten Temperatur und abhängig von der Zielausgangstemperatur, in der Regel die Anfangstemperatur des Warmwalzens, bestimmt.

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

- Zentrierung der Platte am Eingang der Anlage
- Messung der Temperatur der oberen Fläche der Platte
- Berechnung der Einstellungen der Sprühzelle (3) per Automat mithilfe des thermischen Modells abhängig von der Eingangstemperatur und der Zielausgangstemperatur, d. h. der Zielabkühlung der Platte, was die Bestimmung der Anzahl der aktivierten Leisten, der Anzahl der an den Kanten aktivierten Düsen, der Laufgeschwindigkeit der Platte in der Sprühzelle (3), der Starts und Stopps der Sprühleisten und die Dauer des Verbleibs im Vereinheitlichungstunnel (5) miteinschließt.
- Lauf der Platte in der Sprühzelle (3), oberes und unteres Besprengen entsprechend den Berechnungen des Automaten
- Transport der Platte von der Sprühzelle zum Vereinheitlichungstunnel (5)
- Verbleib der Platte im Vereinheitlichungstunnel (5) für eine vom Automaten bestimmte Dauer.

Claims

1. Method for cooling an aluminium alloy rolling ingot of typical dimensions, 250 to 800mm thick, 1000 to 2000mm wide and 2000 to 8000mm long, after metallurgical homogenising heat treatment of said ingot at a temperature typically between 450 to 600°C according to the alloys and before it is hot rolled, the cooling being of a value of 30 to 150°C, **characterised in that** the cooling is carried out at a speed of 150 to 500°C/h, with a thermal differential of less than 40°C over the entire ingot cooled from the homogenisation temperature thereof.
2. 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 a chamber comprising ramps of nozzles or tuyeres for spraying pressurised cooling liquid or mist, distributed into high and low parts of said chamber, so as to spray the two large, upper and lower faces of said ingot.
An additional, still air thermal equalisation phase, in a tunnel with reflective inner walls, for a duration of 2 to 30 minutes according to the format of the ingot and the cooling value.
3. Method according to claim 2, **characterised in that** the spraying and thermal equalisation phase are repeated, in the case of very thick ingots and for an average overall cooling of more than 80°C.
4. Method according to one of claims 2 or 3, **characterised in that** the cooling liquid, including in a mist, is water, and preferably deionised water.
5. Method according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the head and the foot of the ingot, that is typically 300 to 600mm at ends thereof, are less cooled than the rest of the ingot, so as to maintain a hot head and the foot, a configuration that is favourable for inserting the ingot during reversible hot rolling.
6. Method according to one of claims 2 to 5, **characterised in that** the cooling of the head and the foot is modulated by the starting up or turning off of ramps of nozzles or tuyeres.
7. Method according to one of claims 2 to 5, **characterised in that** the cooling of the head and the foot is modulated by the presence of screens.
8. Method according to one of claims 2 to 7, **characterised in that** the spraying and not thermal equalisation step phases are repeated, and **in that** the head and the foot of the ingot, that is typically 300

to 600mm at ends thereof, are cooled differently to the rest of the ingot at least in one of the spraying chambers.

9. Method according to claim 8, **characterised in that** the first spray pass is carried out with a zero heel, that is a continuous spraying of the ingot, followed, without a first thermal equalisation phase, by a second spray pass with a heel of a pair of ramps such as in figure 12, thus enabling to particularly reduce the duration of the final equalisation phase needed to thermally balance the ingot.
10. Method according to one of claims 2 to 9, **characterised in that** the longitudinal thermal equalisation of the ingot is improved by a relative movement of the ingot in relation to the spraying system: scrolled or moving back and forth from the ingot opposite a stationary spraying system or vice versa.
11. Method according to claim 10, **characterised in that** the ingot scrolls horizontally in the spraying chamber and the scrolling speed thereof is higher than or equal to 20mm/s, that is 1.2m/min.
12. Method according to one of claims 2 to 11, **characterised in that** the transversal thermal equalisation of the ingot is ensured by modulating the spraying in the width of the ingot by switching nozzles or tuyeres on or off, or screening said spraying.
13. Facility for implementation of the method according to one of claims 1 to 12, **characterised in that** it comprises:

A spraying chamber (3) equipped with ramps of nozzles or tuyeres for spraying pressurised cooling liquid or mist arranged in the top and bottom parts of said chamber, so as to spray the two large, upper and lower faces of said ingot, A still air equalisation tunnel (5) at the end of the spraying chamber (3), in a tunnel with lower walls and a roof made of a reflective material inside, enabling a thermal equalisation of the ingot by distributing heat in said ingot, in the mid thickness of the ingot the core warming the surfaces.
14. Facility according to claim 13, **characterised in that:**

The cooling liquid or mist nozzles of the spraying chamber generate full cone jets with an angle of 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 scrolling direction of the ingot. In one same pair, the upper nozzles are tilted such that:

- The jets of the two paired nozzle ramps are oriented opposite each other,
- The jets have a normal edge to the upper surface of the ingot,
- The jet coverage of the two paired ramps are between 1/3 and 2/3 of the width of each jet, and preferably substantially half,
- The envelope of the two jets thus formed constitutes an M-shape.

The pairs of upper and lower nozzle ramps are placed substantially opposite each other, such that the upper and lower spraying lengths are substantially equal and opposite each other.

15. Facility according to one of claims 13 or 14, **characterised in that** the cooling liquid is collected after spraying, typically in a container located under the facility, recycled and thermally controlled.
16. Implementation of the facility according to one of claims 13 to 15, **characterised in that** the whole of the facility, spraying chamber (3) and equalisation tunnel (5), is controlled by an automaton-coded heat model, the heat model determining the settings of the facility according to the temperature estimated by measuring the heat at the start of the spraying chamber and according to the target temperature at the outlet, in general, the temperature at the start of hot rolling.
17. Implementation of the facility according to claim 16, **characterised in that** it comprises the following steps:
 - Centring the ingot, at the entrance of the facility,
 - Measuring the upper surface temperature of the ingot,
 - Calculating by the automaton, using the heat model, the settings of the spraying chamber (3) according to the inlet temperature and the target temperature at the outlet, in other words, the target cooling of the ingot, including determining the number of ramps activated, the number of nozzles activated at the edges, the scrolling speed of the ingot in the spraying chamber (3), the start-ups and stoppings of the spraying ramps, and the holding time in the equalisation tunnel (5),
 - Scrolling of the ingot in the spraying chamber (3), upper and lower spraying according to the automaton's calculations,
 - Transfer of the ingot from the spraying chamber to the equalisation tunnel (5),
 - Holding the ingot in the equalisation tunnel (5) for a duration determined by the automaton.

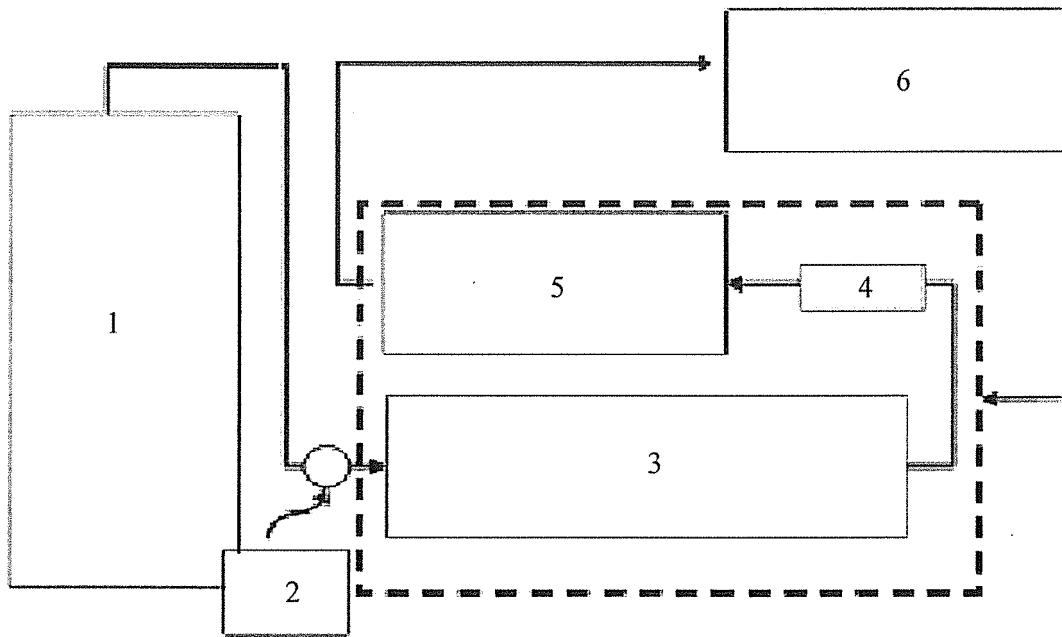


FIG. 1

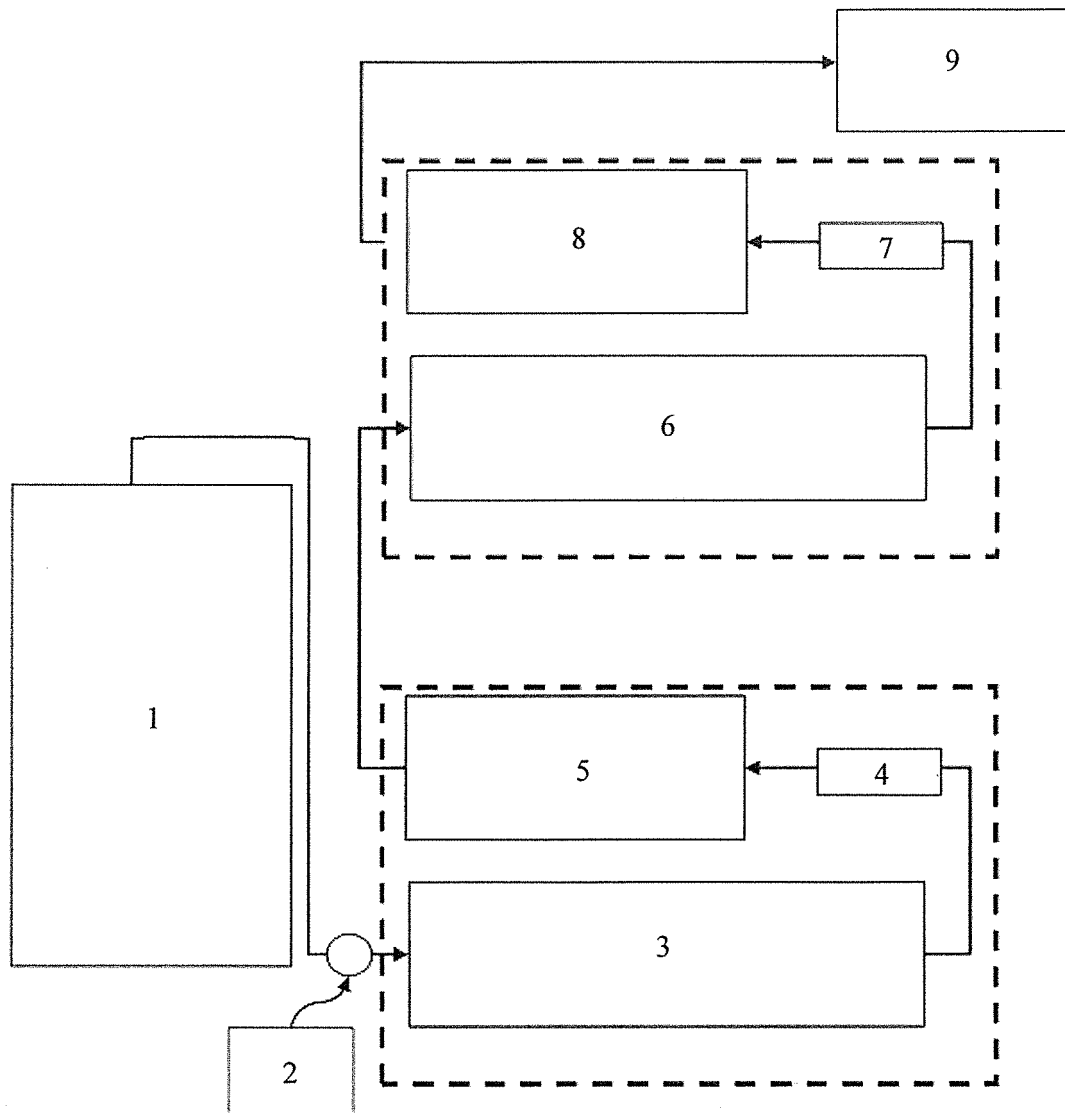


FIG. 2

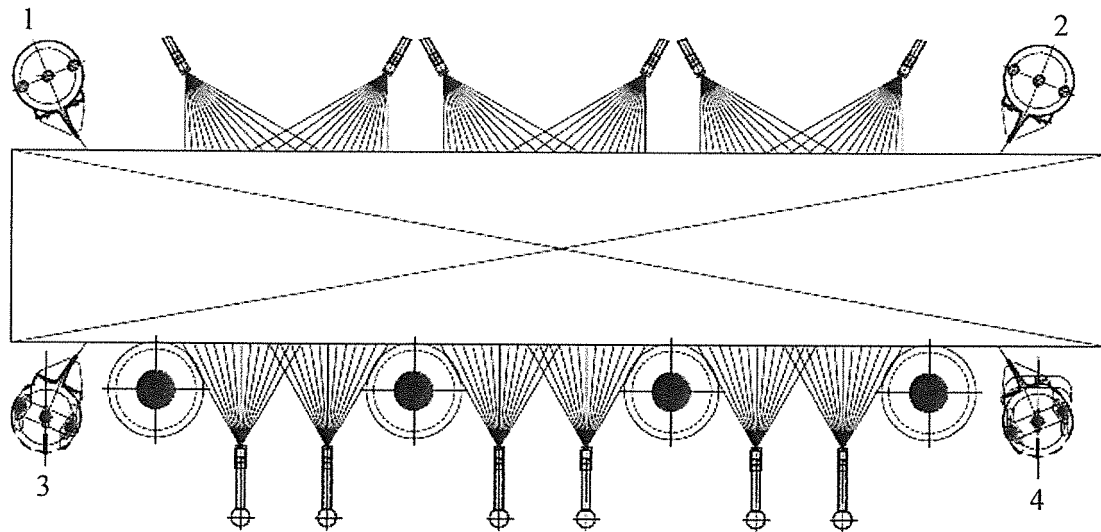


FIG. 3

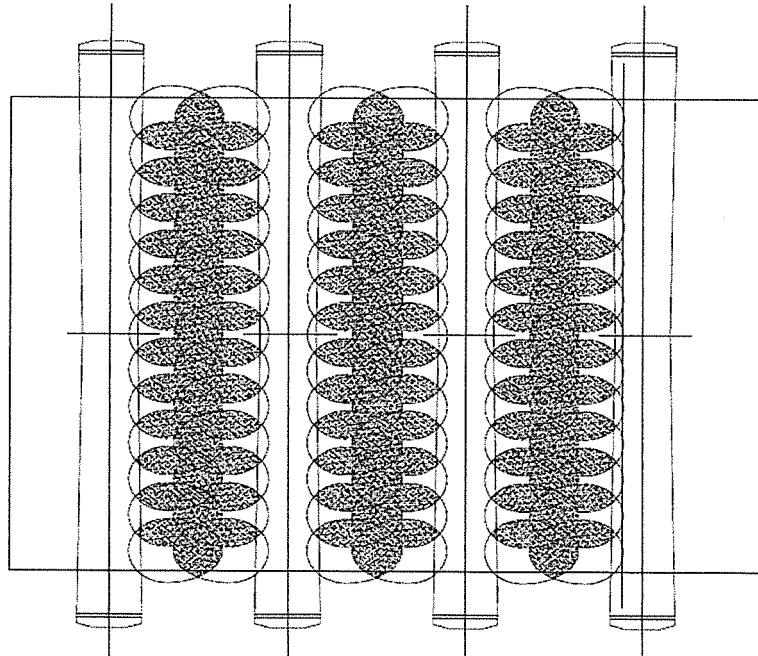


FIG. 4

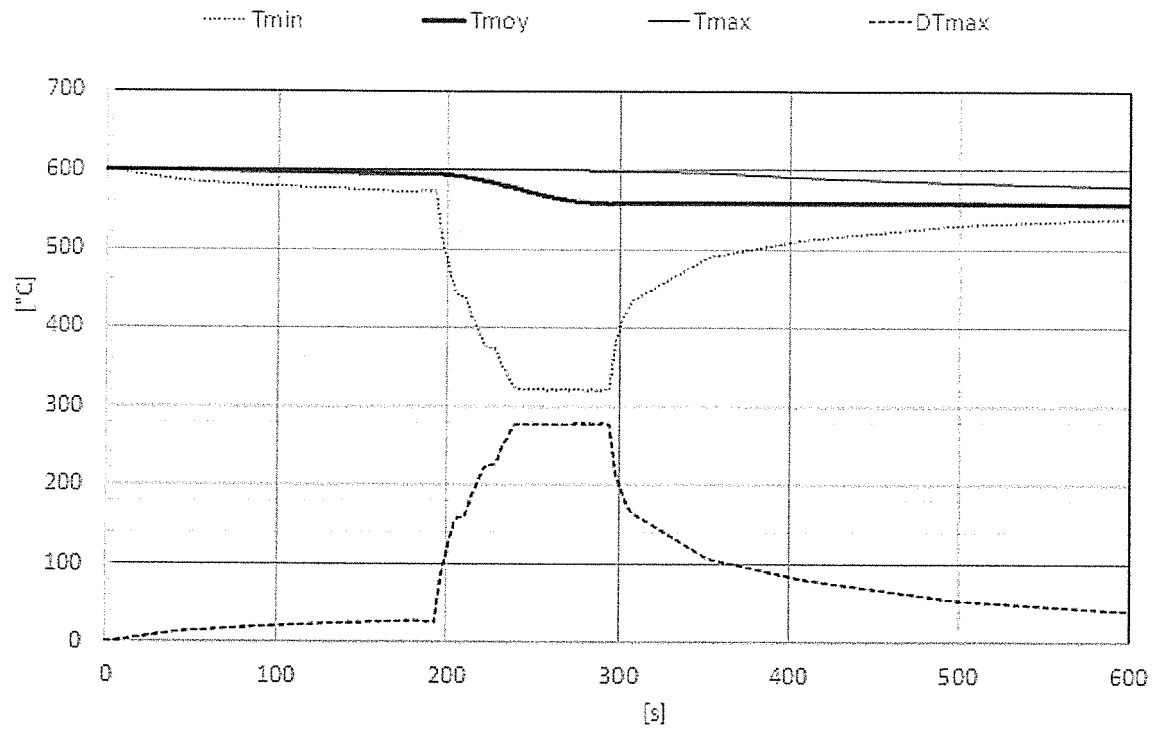


FIG. 5

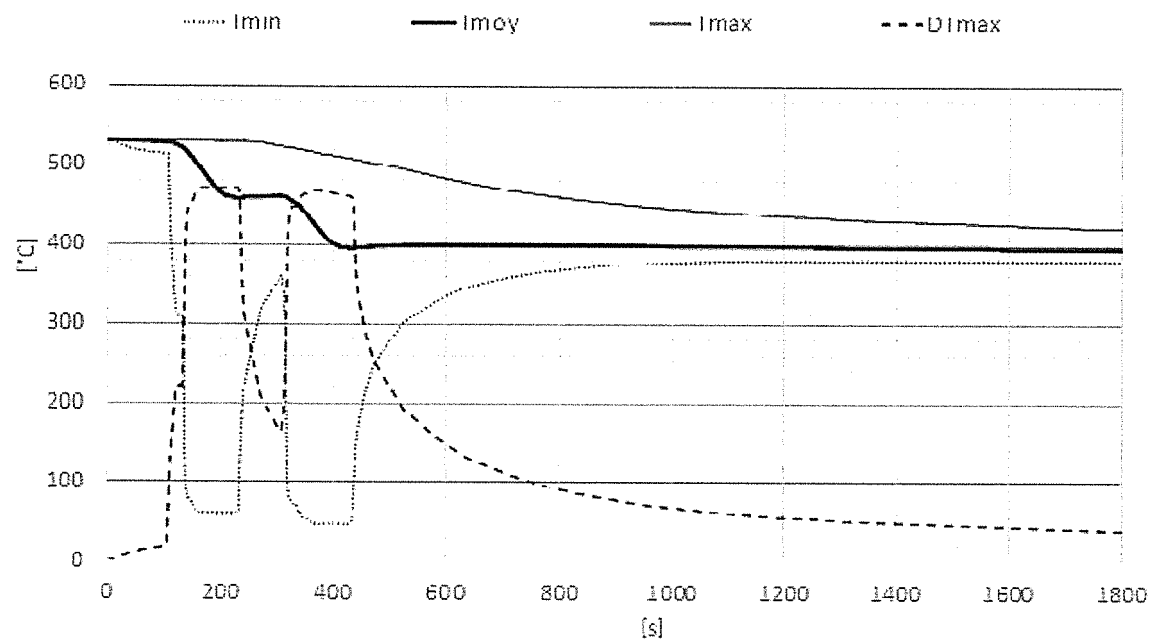


FIG. 6

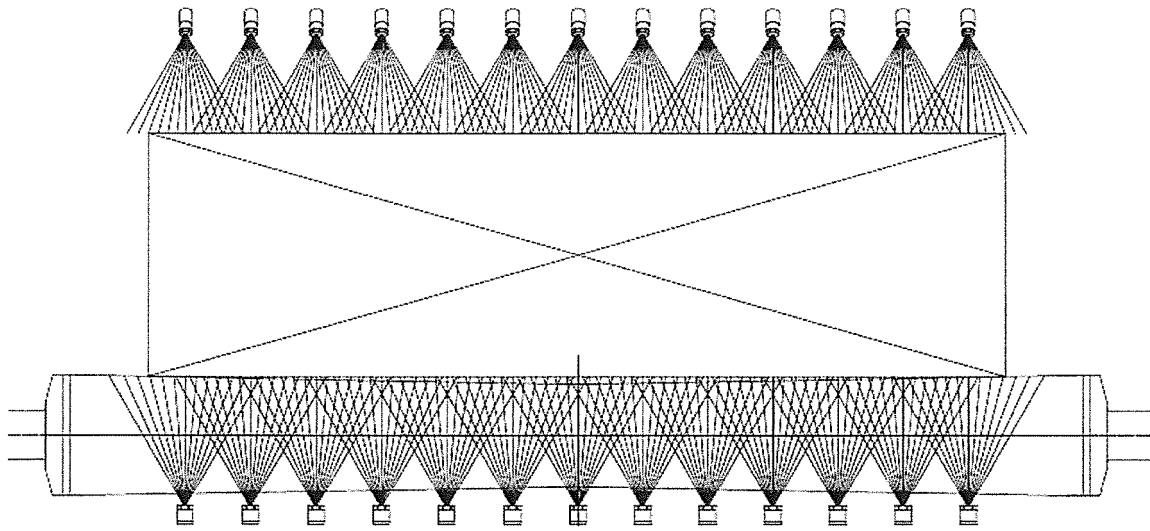


FIG. 7

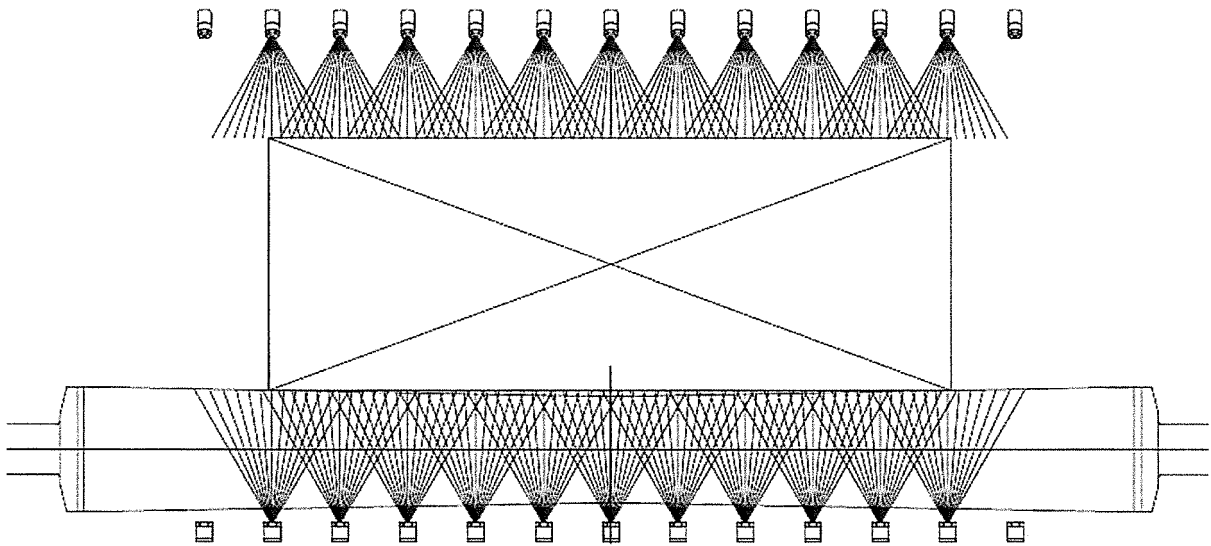


FIG. 8

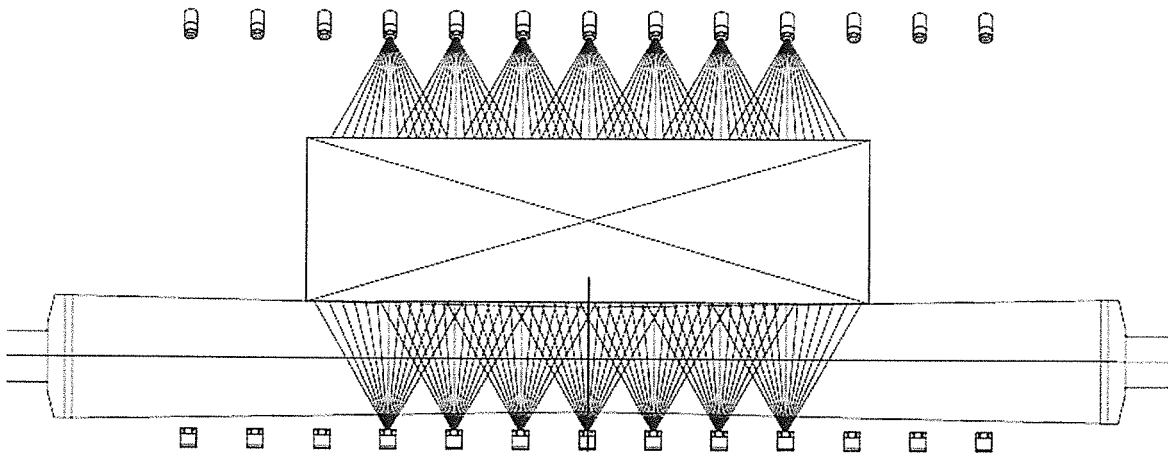


FIG. 9

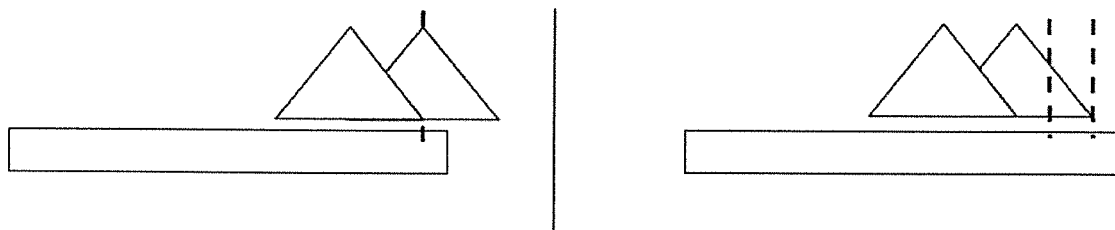


FIG. 10

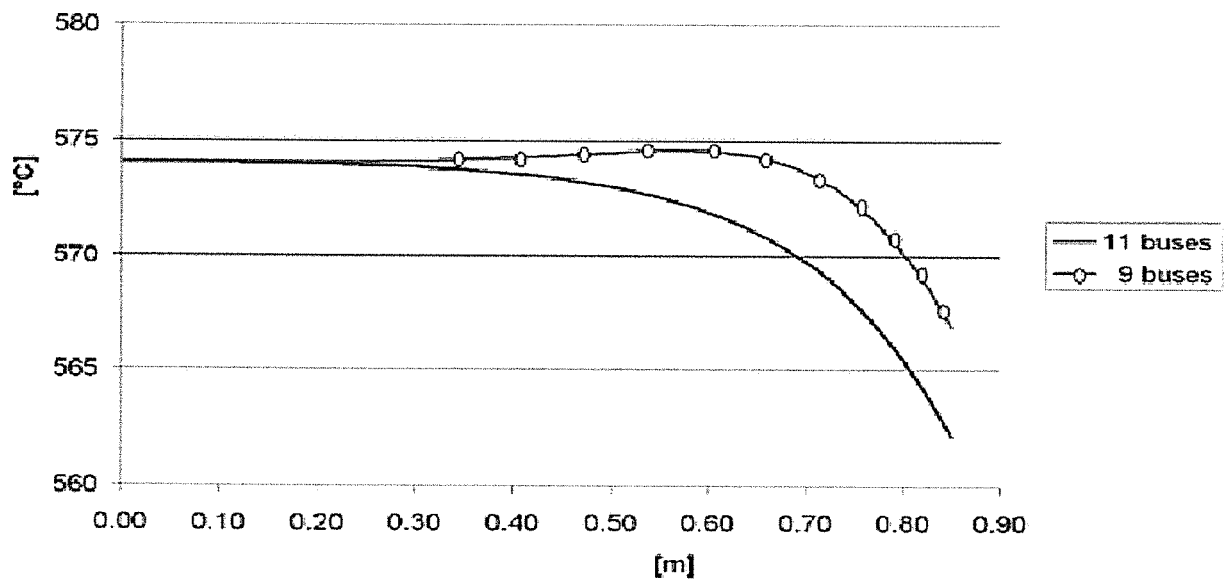


FIG. 11

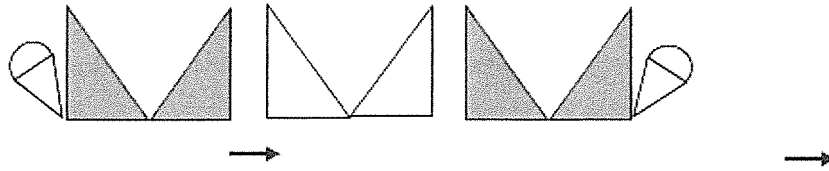


FIG. 12

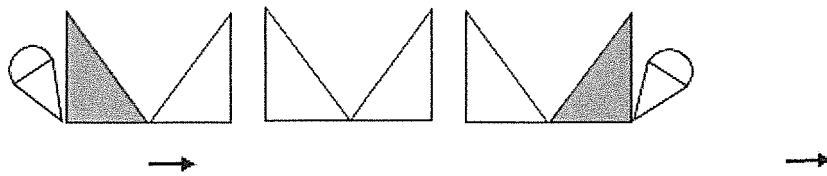


FIG. 13

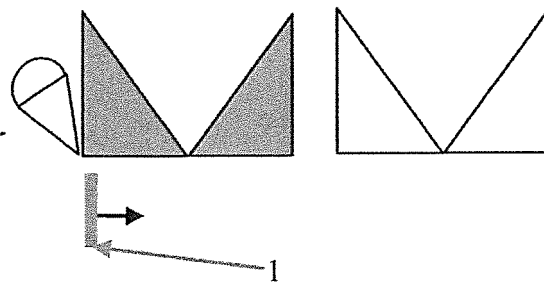


FIG. 14

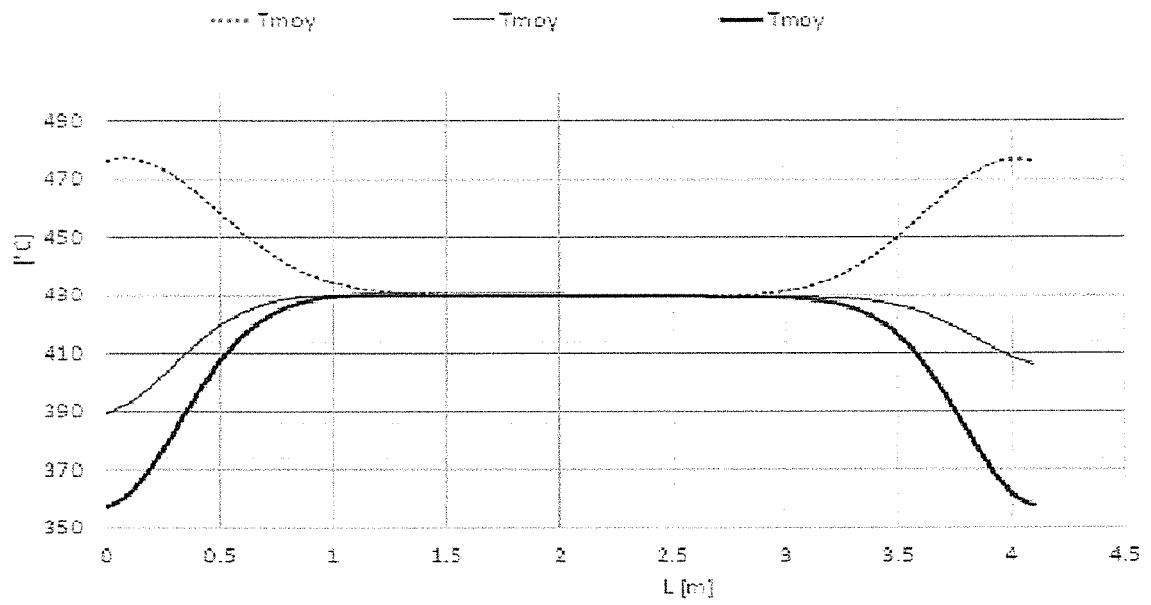


FIG. 15

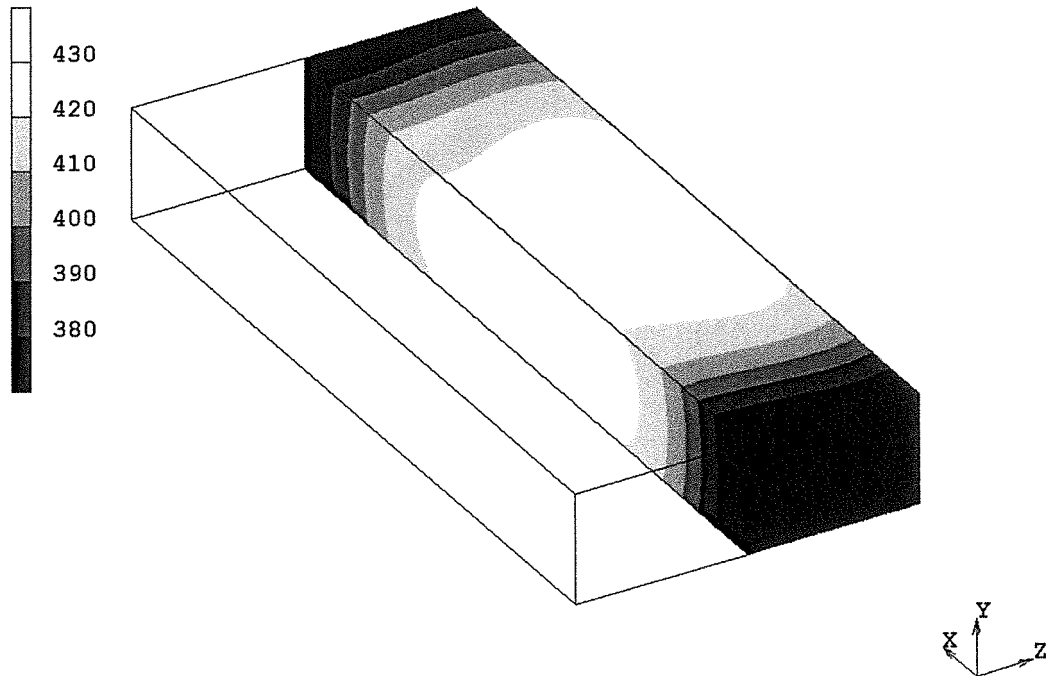


FIG. 16

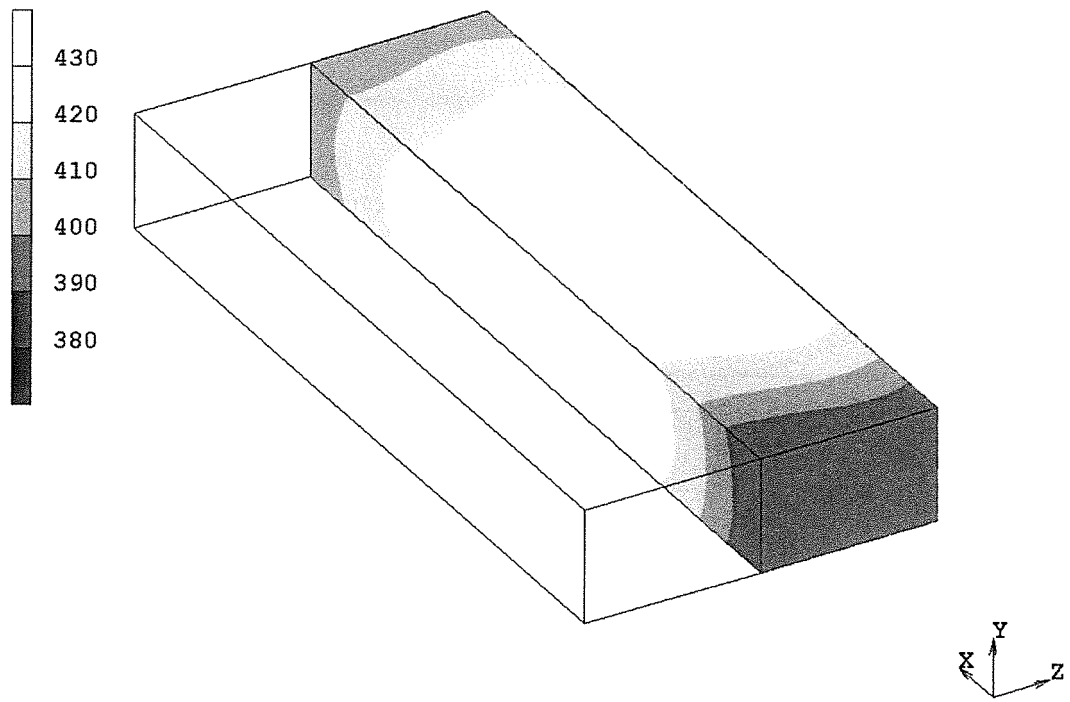


FIG. 17

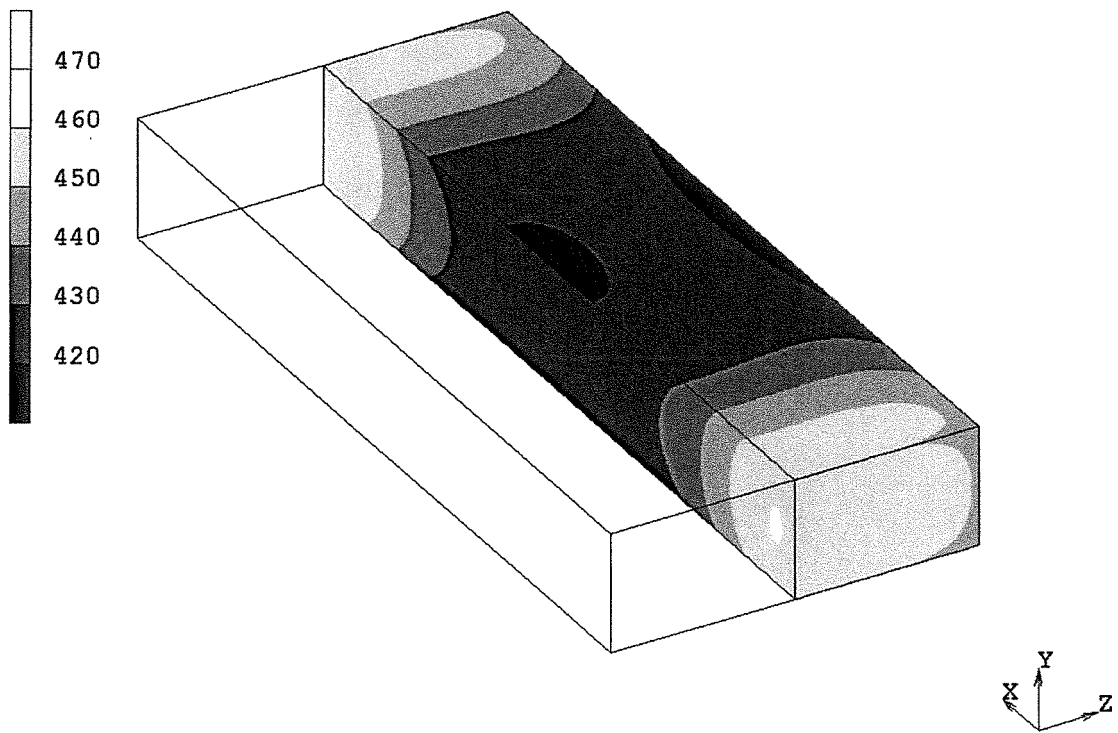


FIG. 18

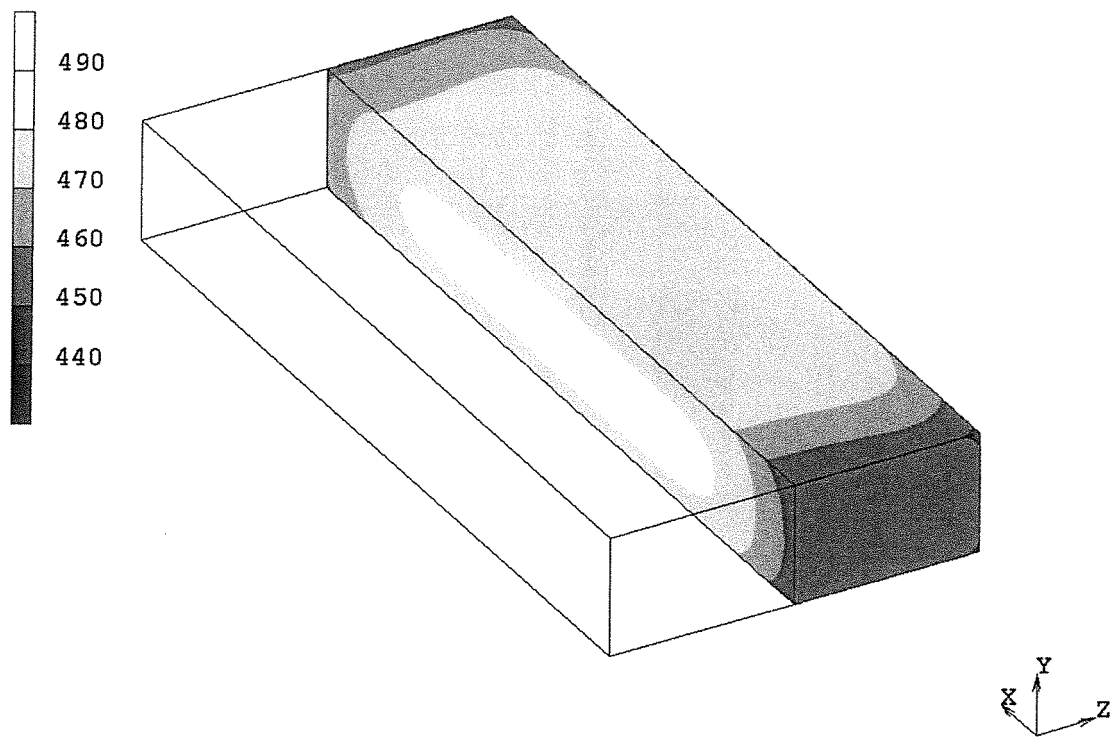


FIG. 19

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]