



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1011615A6

NUMERO DE DEPOT : 09701021

Classif. Internat. : B21B

Date de délivrance le : 09 Novembre 1999

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 16 Décembre 1997 à 10H00 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE, Association sans but lucratif - Vereniging zonder winstoogmerk
rue Montoyer 47, B-1000 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : LACASSE Lucien, CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES A.S.B.L.,
Rue Ernest Solvay, 11 - B 4000 LIEGE.

un brevet d'invention d'une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE CONTROLE DU REFRROIDISSEMENT D'UN PRODUIT METALLIQUE EN MOUVEMENT.

INVENTEUR(S) : Simon Pierre, rue Long Pré 34, B-4053 Embourg (BE); Willotte Stéphan, rue de la Loignerie 54, B-4040 Chaudfontaine (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 09 Novembre 1999
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS
CONSEILLER

Procédé de contrôle du refroidissement d'un produit métallique en mouvement.*Domaine technique.*

La présente invention concerne un procédé de contrôle du refroidissement d'un produit
5 métallique en mouvement. Elle vise en particulier le refroidissement d'une bande en
acier à la sortie d'un train de laminage à chaud de finition.

Etat de la technique

On sait qu'au cours du laminage d'une bande métallique, la température de la bande
10 diminue par contact avec l'atmosphère environnante. Ainsi, la fin de la bande entre
dans le train de laminoir à une température inférieure à celle du début de la bande au
même endroit. Cette baisse de la température de la bande entraîne inévitablement une
variation de la température de la bande à la sortie du train de laminoir.

15 Pour compenser l'effet de cette baisse de la température, la pratique actuelle consiste
à augmenter progressivement la vitesse de laminage, de façon à conserver une
température de sortie sensiblement constante. Il en résulte que la bande quitte le train
de laminoir et pénètre dans le dispositif de refroidissement qui suit à une vitesse
variable. Cette variation de la vitesse est le plus souvent une augmentation due à l'effet
20 signalé plus haut. Dans certaines circonstances particulières, elle pourrait être une
diminution. Dans les deux cas, cette variation de la vitesse influence défavorablement
l'uniformité du refroidissement ultérieur de la bande. D'une manière générale, le
refroidissement d'une telle bande est effectué au moyen d'une série de rampes
successives.

25

Actuellement il existe en pratique deux types de contrôle classique du refroidissement
d'une bande laminée à chaud :

a) la longueur de refroidissement (L) est maintenue constante et le débit d'eau de
30 refroidissement (Q) est modulé en fonction des variations des conditions
d'entrée, à savoir principalement la vitesse et la température de la bande et,
dans une moindre mesure, son épaisseur. Cette modalité permet certes
d'atteindre la température de sortie visée. Toutefois, en cas de variation
importante de la vitesse d'entrée de la bande, la vitesse de refroidissement n'est

pas constante le long de la bande; la chute de température est opérée en un temps plus court lorsque la vitesse est plus élevée;

- b) la pression d'alimentation (P) des rampes de refroidissement est maintenue constante et la longueur de refroidissement (L) est modulée en fonction des variations des conditions d'entrée, à savoir principalement la vitesse et la température de la bande et, dans une moindre mesure, son épaisseur. Cette méthode permet certes de maintenir une vitesse de refroidissement constante à la valeur désirée. Toutefois, la modulation de la longueur de refroidissement entraîne la mise en marche - ou l'arrêt - d'une ou de plusieurs rampes de refroidissement; il se produit dès lors une variation brusque et relativement importante du débit total d'eau de refroidissement (Q), ce qui entraîne des variations sensibles de la température de sortie de la bande.

Ces méthodes connues présentent donc l'inconvénient de ne pas conduire à un refroidissement uniforme et homogène de la bande. Elles ne permettent par conséquent pas de garantir l'homogénéité des propriétés de la bande.

Présentation de l'invention

La présente invention a pour objet de proposer un procédé de contrôle du refroidissement d'un produit métallique en mouvement, en particulier d'une bande en acier, qui échappe aux inconvénients précités et qui permet, par des moyens relativement simples, d'assurer un refroidissement uniforme et homogène de la bande.

Conformément à la présente invention, un procédé de contrôle du refroidissement d'un produit métallique en mouvement, en particulier d'une bande en acier laminée à chaud, ledit refroidissement étant effectué au moyen d'une série de rampes successives, est caractérisé en ce que l'on mesure la vitesse (V), la température initiale (Ti) et l'épaisseur (e) du produit à refroidir, en ce que l'on calcule la longueur de refroidissement (L) et le débit total du liquide de refroidissement (Q) nécessaires pour atteindre une température finale (Tf) et une vitesse de refroidissement (VR) prédéterminées dudit produit, en ce que l'on compare les valeurs calculées de la longueur de refroidissement (L) et du débit total (Q) avec les valeurs effectives de ces paramètres (L) et (Q), et en ce que l'on règle les moyens d'alimentation en liquide de refroidissement de façon à

annuler l'écart éventuel constaté entre les valeurs calculées et les valeurs effectives des paramètres (L) et (Q) précités.

Il est intéressant d'effectuer ces opérations à des intervalles de temps déterminés, de préférence réguliers, et de préférence encore de manière continue, afin de suivre au mieux les variations des valeurs initiales mesurées.

Dans les installations de refroidissement classiques, le refroidissement est assuré au moyen de rampes successives, équipées de vannes tout ou rien. La mise en service ou l'arrêt d'une rampe de refroidissement, respectivement par l'ouverture ou la fermeture de sa vanne de commande, provoque une variation brusque et relativement importante du débit total d'eau de refroidissement. De plus, la longueur de refroidissement varie également par pas d'une rampe.

Selon une mise en oeuvre avantageuse de l'invention, on règle l'alimentation d'une rampe en liquide de refroidissement au moyen de vannes modulantes individuelles, dont le degré d'ouverture peut être réglé avec précision. L'expression "vannes modulantes individuelles" signifie que chaque rampe est équipée d'une vanne modulante.

Le procédé de contrôle suivant l'invention permet de mettre en service progressivement une rampe de refroidissement supplémentaire, en fonction des besoins déterminés, de préférence en continu, par les valeurs calculées de la longueur de refroidissement L et du débit total Q.

Le contrôle du refroidissement par le procédé de l'invention se fonde notamment sur le calcul de la longueur de refroidissement (L) et du débit total de liquide de refroidissement (Q) pour atteindre une vitesse de refroidissement (VR) et une température de sortie (Tf) prédéterminées.

Ces calculs sont effectués par les relations suivantes :

$$L = \frac{T_i - T_f}{VR} \times V$$

et $Q = k (H_i - H_f) \times V \cdot e$

dans lesquelles :

- L = longueur du refroidissement (m)
- 5 Ti = température initiale du produit à refroidir (°C)
- Tf = température finale du produit refroidi (°C)
- VR = vitesse de refroidissement du produit (°C/s)
- V = vitesse de déplacement du produit (m/s)
- Q = débit total de liquide de refroidissement (m³/h)
- 10 Hi = enthalpie initiale du produit à refroidir (kJ/kg)
- Hf = enthalpie finale du produit refroidi (kJ/kg)
- e = épaisseur du produit à refroidir (mm)
- k = constante.
- 15 De façon connue en soi, les enthalpies initiale et finale du produit peuvent être déterminées par les lois de la thermodynamique.

D'une manière générale, la longueur du refroidissement L et le débit total Q, calculés par les relations précitées, ne correspondent pas à un nombre entier de rampes de refroidissement. Grâce à l'emploi de vannes modulantes préconisé par l'invention, il est possible de régler le degré d'ouverture de la vanne modulante de la dernière rampe en service de façon à fournir le complément de longueur et de débit requis.

A cet effet, le degré d'ouverture de la vanne de la dernière rampe en service est calculé et réglé en permanence sur la base de :

- la longueur du refroidissement requis,
- le débit total requis,
- le débit requis dans la dernière rampe en service,
- la pression dans le collecteur principal d'alimentation,
- 30 - la pression requise dans la dernière rampe en service,
- la caractéristique hydraulique de la vanne.

Une variation de L et/ou de Q entraîne une modification du degré d'ouverture de la vanne de la dernière rampe en service. Au cas où cette modification conduirait au-delà

de la pleine ouverture de la vanne de la dernière rampe en service, il y aurait lieu d'ouvrir partiellement la vanne de la rampe suivante, afin d'assurer le débit requis.

Mode de réalisation de l'invention

5 Le procédé de l'invention peut être illustré par un exemple qui en facilite la compréhension, sans en limiter la portée en aucune manière.

On a rappelé plus haut que, pendant le laminage à chaud d'une bande d'acier, on augmentait progressivement la vitesse de la bande afin de compenser l'influence de la
10 baisse de la température de cette bande.

Toutes autres choses étant égales, on peut par exemple considérer que la baisse de la température initiale impose d'augmenter la vitesse de la bande de 10 m/s à 13 m/s, soit une augmentation de 30 % entre le début et la fin du laminage de cette bande. Cette
15 vitesse de laminage est la vitesse V avec laquelle la bande entre dans le dispositif de refroidissement. Au moyen des relations mentionnées plus haut, on calcule les nouvelles valeurs de L et de Q correspondant à la vitesse V plus élevée.

Pour simplifier, on considère que la situation initiale correspond à la pleine ouverture
20 des vannes des N premières rampes. Si l'augmentation de la vitesse V nécessite un complément de longueur de refroidissement correspondant à 25 % de la longueur d'une rampe de refroidissement et par conséquent un complément de débit correspondant à 25 % du débit d'une rampe, la vanne ($N + 1$) sera commandée de façon à atteindre un degré d'ouverture laissant passer 25 % du débit d'une rampe.

25 En revanche, si la situation initiale correspond à un débit de 80 % du débit dans la dernière rampe en service, soit la rampe N , un complément de débit correspondant à 30 % du débit d'une rampe conduira à ouvrir entièrement la vanne de la rampe N et partiellement la vanne de la rampe ($N + 1$), le pourcentage exact d'ouverture de cette vanne ($N + 1$) dépendant des caractéristiques hydrauliques de cette vanne et notam-
30 ment de sa courbe de réponse.

Dans tous les cas, la vanne modulante d'une rampe de refroidissement supplémentaire est ouverte sans à-coup, de façon à adapter le débit total de façon continue.

REVENDICATIONS

1. Procédé de contrôle du refroidissement d'un produit métallique en mouvement, en particulier d'une bande en acier laminée à chaud, ledit refroidissement étant effectué
5 au moyen d'une série de rampes successives, caractérisé en ce que l'on mesure la vitesse (V), la température initiale (Ti) et l'épaisseur (e) du produit à refroidir, en ce que l'on calcule la longueur de refroidissement (L) et le débit total de liquide de refroidissement (Q) nécessaires pour atteindre une température finale (Tf) et une vitesse de refroidissement (VR) prédéterminées dudit produit, en ce que l'on compare les valeurs
10 calculées de la longueur de refroidissement (L) et du débit total (Q) avec les valeurs effectives de ces paramètres (L) et (Q), et en ce que l'on règle les moyens d'alimentation en liquide de refroidissement de façon à annuler l'écart éventuel constaté entre les valeurs calculées et les valeurs effectives des paramètres (L) et (Q) précités.
- 15 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on règle l'alimentation en liquide de refroidissement au moyen de vannes modulantes individuelles.
3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on calcule la longueur de refroidissement (L) à partir des valeurs mesurées de la
20 température initiale (Ti) et de la vitesse (V) du produit à refroidir, et des valeurs prédéterminées de la température finale (Tf) et de la vitesse de refroidissement (VR) dudit produit.
4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que
25 l'on calcule le débit total de liquide de refroidissement (Q) à partir des valeurs mesurées de la vitesse (V), de l'épaisseur (e) et de la température initiale (Ti) du produit à refroidir, et de la valeur prédéterminée de la température finale (Tf) dudit produit.
5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que
30 le degré d'ouverture de la vanne modulante de la dernière rampe en service est calculé et réglé en permanence en fonction de :
 - la longueur du refroidissement requis (L);
 - le débit total requis (Q);
 - le débit requis dans la dernière rampe en service;

- la pression dans le collecteur d'alimentation;
 - la pression requise dans la dernière rampe en service;
 - la caractéristique hydraulique de la vanne modulante.
- 5 6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il est exécuté en continu.