

A2

**DEMANDE  
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

(21)

**N° 81 18586**

Se référant : au brevet d'invention n° 80 05592 du 13 mars 1980.

(54)

Procédé de contrôle du refroidissement du produit coulé dans une installation de coulée continue.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). B 22 D 11/16, 11/124.

(22)

Date de dépôt..... 2 octobre 1981.

(33)

(32)

(31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 8-4-1983.

(71)

Déposant : Société anonyme dite : FIVES-CAIL BABCOCK. — FR.

(72)

Invention de : Alain Chielens, Philippe Benoît et Bernard Roggo.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : E. Fontanié, Fives-Cail Babcock,  
7, rue Montalivet, 75383 Paris Cedex 08.

Certificat(s) d'addition antérieur(s) :

Le brevet principal a pour objet un procédé de contrôle du refroidissement du produit coulé dans une installation de coulée continue suivant lequel on divise fictivement le produit coulé en tranches élémentaires, on calcule périodiquement les débits d'eau à projeter sur les différentes tranches en fonction de leur âge, on intègre les débits d'eau calculés pour toutes les tranches se trouvant dans chaque section de la zone de refroidissement secondaire pour déterminer les valeurs de consigne des débits d'eau des différentes sections et on maintient, au moyen de régulateurs, les débits d'alimentation en eau des différentes sections égaux aux valeurs de consigne respectives.

Ce procédé n'est pas utilisable en début de coulée, lorsque le produit coulé n'est que partiellement engagé dans la zone de refroidissement car la valeur de consigne du débit d'eau d'une section donnée, calculée comme indiqué ci-dessus, n'est valable que si le produit coulé occupe toute la section considérée. Pendant toute la période où l'extrémité du produit coulé se trouve entre les deux extrémités d'une section de la zone de refroidissement, il est donc impossible de déterminer par ce procédé la valeur de consigne du débit d'eau à projeter sur le produit coulé.

Le but de la présente invention est de perfectionner ce procédé de contrôle du refroidissement du produit coulé pour qu'il soit utilisable pendant le démarrage de la coulée.

Le procédé de contrôle du refroidissement du produit coulé objet de la présente invention consiste à calculer périodiquement la valeur de consigne du débit d'eau de chaque section de la zone de refroidissement secondaire, entre l'instant où l'extrémité du produit coulé pénètre dans cette section et l'instant où elle en sort, en intégrant les débits d'eau calculés, conformément au procédé du brevet principal, pour les tranches élémentaires du produit coulé se trouvant à l'instant considéré dans cette section et pour un tronçon fictif occupant au même instant

la partie de ladite section comprise entre sa limite aval et l'extrémité du produit coulé, ce tronçon fictif étant affecté d'un âge fictif déterminé en fonction de sa position dans la machine de coulée continue et d'une vitesse fictive prise égale à la moyenne des vitesses moyennes des tranches du produit coulé se trouvant dans cette section. Par vitesse moyenne d'une tranche on entend la valeur obtenue en divisant la distance mesurée suivant la direction de coulée entre la position de la tranche à l'instant considéré et la surface libre du métal dans la lingotière par le temps mis par la tranche pour parcourir cette distance.

Le calcul du débit d'eau pour le tronçon fictif est effectué, comme pour les tranches élémentaires du produit coulé, suivant le procédé du brevet principal, en déterminant, au moyen d'un calculateur et à l'aide de deux courbes donnant respectivement les variations de la quantité de chaleur extraite d'une masse unitaire et la température superficielle d'une tranche élémentaire du produit coulé en fonction de l'âge de cette tranche, une quantité de chaleur et une température superficielle fictives correspondant à l'âge fictif attribué au dit tronçon, en calculant à partir des grandeurs ainsi déterminées un coefficient d'échange thermique fictif puis un débit d'eau spécifique, à l'aide d'une troisième courbe établissant une relation entre ces deux paramètres, et en multipliant ce débit d'eau spécifique par la surface latérale du tronçon fictif ou seulement une fraction de cette surface suivant la disposition des buses de la zone de refroidissement.

Pour déterminer la vitesse fictive du tronçon fictif, on calcule la vitesse moyenne de chaque tranche élémentaire se trouvant dans la section de refroidissement considérée d'après sa position dans la machine de coulée continue et son âge, puis on fait la moyenne des vitesses moyennes de toutes ces tranches ; cette moyenne peut être pondérée en tenant compte par exemple des longueurs des tranches élémentaires.

La description qui suit se réfère au dessin l'accompagnant dont l'unique figure est le schéma d'une installa-

- 3 -

tion de coulée continue courbe et d'un système de contrôle du refroidissement du produit coulé pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

La machine pour la coulée continue de l'acier représentée schématiquement sur le dessin comporte essentiellement une lingotière 10, un corset de rouleaux de guidage 12, des rouleaux redresseurs et extracteurs 14 et un dispositif de refroidissement comportant des buses ou des rampes de pulvérisation ou d'atomisation groupées par sections A, B...N, toutes les buses ou rampes d'une même section étant branchées en parallèle sur une tuyauterie d'alimentation munie d'une vanne 16 dont l'ouverture est commandée par un régulateur 18 pour maintenir le débit d'alimentation égal à un débit de consigne fixé par un calculateur 20. Les buses ou rampes sont réparties tout autour de la barre coulée ou, s'il s'agit d'une barre à section rectangulaire, seulement sur ses grandes faces. Des moyens sont prévus pour régler manuellement la répartition entre les différentes buses ou rampes d'une section, suivant leur position, du débit total d'eau alimentant cette section.

Pour le démarrage d'une coulée, on utilise un faux-lingot 19 dont la tête 21 obture le fond de la lingotière 10 jusqu'à ce que le métal atteigne un niveau prédéterminé dans cette dernière. Le faux-lingot est alors déplacé vers le bas et tire la barre coulée jusqu'aux rouleaux extracteurs 14.

La machine est équipée de différents dispositifs de mesure dont les informations sont transmises au calculateur 20 : canne thermométrique 22 pour la mesure de la température du métal en fusion dans le répartiteur 24, sondes thermométriques 26 pour la mesure de la température de l'eau de refroidissement de la lingotière, à l'entrée et à la sortie de celle-ci, débitmètre 28 pour la mesure du débit de l'eau de refroidissement de la lingotière, générateur d'impulsions 30 pour la mesure de la vitesse d'extraction de la barre et le calcul de l'âge des éléments de la barre, pyromètre 32 pour la mesure de

la température superficielle de la barre au voisinage du point de redressement, etc ...

A partir de ces informations et de données stockées en mémoire dans le calculateur, ce dernier détermine à  
5 intervalles réguliers les valeurs de consigne des débits d'alimentation en eau des différentes sections du dispositif de refroidissement. Cet intervalle régulier de temps est compris par exemple entre 1 et 50 secondes.

Le principe de contrôle du refroidissement selon le  
10 procédé du brevet principal est de maintenir dans le temps l'évolution de la solidification de la barre quel que soit le régime de fonctionnement de la machine de coulée. Pour cela, on impose une loi  $C = f(t)$  de variation de la quantité de chaleur extraite par kilo d'acier en  
15 fonction du temps de séjour dans la machine et une loi  $T = g(t)$  de variation de la température superficielle de la barre en fonction du temps de séjour dans la machine. Les courbes  $C = f(t)$  et  $T = g(t)$  dépendent essentiellement de la nuance de l'acier, du format de la barre et de  
20 la vitesse d'extraction. En pratique, pour un format de barre donné, on groupera les nuances d'acier et les vitesses d'extraction en différentes classes.

Toutes ces courbes sont définies par des équations paramétriques ou par des valeurs ponctuelles introduites  
25 en mémoire dans le calculateur. Les données sur la nuance d'acier et le format de la barre sont introduites dans le calculateur, avant chaque coulée, pour lui permettre de sélectionner le jeu de courbes correspondantes. La vitesse d'extraction est mesurée en permanence au moyen du  
30 générateur d'impulsions 30 et le calculateur choisit à chaque instant le jeu de courbes correspondant à la vitesse moyenne déduite de ces mesures.

A partir du jeu de courbes sélectionné, le calculateur peut, à chaque instant, calculer le coefficient  
35 d'échange thermique superficiel  $K$  pour chaque élément de la barre à partir de  $C$  et  $T$  et en déduire le débit d'eau spécifique  $q$  devant être projeté sur l'unité de surface de l'élément considéré à l'aide d'une courbe  $K = h(q)$

stockée dans la mémoire du calculateur ; cette courbe peut être unique pour l'ensemble de la zone de refroidissement ou être formée de plusieurs segments de courbe distincts valables dans les différentes sections de la zone.

5 Ce calcul est effectué périodiquement, par exemple toutes les 10 s, et la barre est divisée en éléments dont la longueur est celle de la tranche coulée pendant l'intervalle de temps entre deux calculs successifs. Le numéro d'ordre affecté à chaque tranche dès sa production permet donc à tout instant de connaître son âge et sa position dans la machine.

10 Le débit d'eau spécifique  $q$  permet de calculer, pour chaque tranche élémentaire, le débit d'eau  $Q = q \times S$  à projeter sur la surface latérale de la tranche.

15 Après avoir calculé les débits d'eau à projeter sur chaque tranche de barre se trouvant à un instant donné dans la zone de refroidissement, on calcule par intégration les valeurs de consigne des débits d'eau d'alimentation des différentes sections de la zone de refroidissement et les valeurs calculées sont transmises aux régulateurs respectifs 18.

20 Dans le cas où on utilise des buses ou rampes d'atomisation dans lesquelles les jets d'eau sont divisés en très fines gouttelettes au moyen d'air comprimé, on calcule le débit d'eau total de la zone de refroidissement et on en déduit le débit d'air total à utiliser, à l'aide d'une équation ou une courbe établissant une relation entre ces deux débits. Des moyens sont prévus pour régler manuellement la répartition entre les différentes sections du débit total d'air alimentant la zone de refroidissement secondaire.

25 Cette méthode de calcul des valeurs de consigne des débits d'alimentation des différentes sections de la zone de refroidissement n'est pas applicable au démarrage de la coulée dans la section où se trouve l'extrémité de la barre coulée (Section B du dessin). La barre coulée n'occupe en effet qu'une partie de cette section et si on ne prend en compte que les tranches de la portion d'extrémi-

té de la barre, la valeur de consigne du débit d'eau alimentant cette section sera trop faible.

Pour remédier à cet inconvénient, il est proposé, conformément à la présente invention, d'associer aux tranches de barre se trouvant dans cette section un tronçon de barre fictif dont la longueur  $l$  est celle de la partie de la section non occupée par la barre, de calculer, comme pour les différentes tranches de barre, le débit d'eau qui devrait être projeté sur ce tronçon fictif et d'ajouter ce débit d'eau aux débits calculés pour les tranches de barre se trouvant dans cette section pour déterminer la valeur de consigne du débit d'eau de la section.

Pour calculer le débit d'eau qui devrait être projeté sur ce tronçon fictif, on lui affecte un âge fictif qui est fonction de sa position dans la machine et d'une vitesse d'extraction fictive qui est la moyenne des vitesses d'extraction moyennes des tranches de barre se trouvant dans cette section ; cette moyenne peut être pondérée en tenant compte, par exemple, des longueurs des tranches de barre par application de la formule  $V_f = \frac{\sum_{i=1}^n V_{mi} \cdot l_i}{n \sum_{i=1}^n l_i}$  où

$V_f$  = vitesse fictive  
 $V_{mi}$  = vitesse moyenne de la tranche  $i$   
 $l_i$  = longueur de la tranche  $i$   
 $n$  = nombre de tranches de barre dans la section considérée.

Pour déterminer l'âge fictif, on divise la distance séparant le tronçon fictif du niveau supérieur du métal dans la lingotière, grandeur qui est connue par le calculateur 20, par la vitesse d'extraction fictive calculée comme indiqué ci-dessus. On peut alors calculer pour le tronçon fictif les valeurs  $C$ ,  $T$ ,  $K$ ,  $q$  et  $Q$ , la longueur du tronçon et, par conséquent, sa surface latérale étant connues par le calculateur.

Ce mode de calcul des valeurs de consigne des débits d'alimentation en eau est utilisé successivement pour les différentes sections A, B ... N de la zone de refroidissement secondaire au fur et à mesure de la progression de

- 7 -

la barre coulée dans la machine. Dès que l'extrémité de la barre a quitté une section, c'est le programme de calcul général, décrit dans le brevet principal, qui est utilisé.



R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de contrôle du refroidissement du produit coulé dans une installation de coulée continue suivant lequel on divise fictivement le produit coulé en tranches élémentaires (1, 2, 3 ...), on calcule périodiquement les débits d'eau à projeter sur les différentes tranches en fonction de leur âge, on intègre les débits d'eau calculés pour toutes les tranches se trouvant dans chaque section (A, B, ... N) de la zone de refroidissement secondaire de l'installation pour déterminer les valeurs de consigne des débits d'eau pour les différentes sections et on maintient au moyen de régulateurs (18) les débits d'alimentation en eau des différentes sections égaux aux valeurs de consigne respective, caractérisé en ce que, au démarrage de la coulée, entre l'instant où l'extrémité du produit coulé pénètre dans une section (B) de la zone de refroidissement et l'instant où elle en sort, on calcule périodiquement la valeur de consigne du débit d'eau de cette section en intégrant les débits d'eau calculés pour les tranches élémentaires (1, 2, 3, 4) du produit coulé se trouvant dans cette section et pour un tronçon fictif occupant la partie de ladite section comprise entre son extrémité aval et l'extrémité du produit coulé, ce tronçon fictif étant affecté d'un âge fictif déterminé en fonction de la position du dit tronçon dans la machine de coulée et d'une vitesse d'extraction fictive prise égale à la moyenne des vitesses d'extraction moyennes des dites tranches du produit coulé se trouvant dans cette section.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse fictive du tronçon fictif est prise égale à la moyenne des vitesses moyennes des tranches du produit coulé pondérée en tenant compte de la longueur des dites tranches.

