

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: 90470004.4

Int. Cl.⁵: B22D 11/22

Date de dépôt: 08.02.90

Priorité: 27.02.89 FR 8902927

Date de publication de la demande:
05.09.90 Bulletin 90/36

Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL SE

Demandeur: INSTITUT DE RECHERCHES DE
 LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)
 Immeuble Elysées-la-Défense 19, Le Parvis
 La Défense 4
 F-92800 Puteaux(FR)

Inventeur: Jolivet, Jean-Marc
 Route de Metzeresche,
 Rurange-Lès-Thionville
 F-57310 Guenange(FR)
 Inventeur: Sosin, Laurent
 11, Rue des Acacias, Seremange
 F-57290 Fameck(FR)

Mandataire: Ventavoli, Roger
 IRSID Service de la Propriété Industrielle
 B.P. 320 Voie Romaine
 F-57214 Maizières-lès-Metz Cédex(FR)

Procédé de réglage du refroidissement secondaire d'une machine de coulée continue de produits métalliques.

La présente invention concerne un procédé de refroidissement secondaire d'un produit métallique coulé en continu sur une machine dont le refroidissement secondaire est divisé en n zones étagées indépendantes à l'intérieur desquelles le débit de fluide refroidissant est paramétré sur la vitesse du produit, procédé dans lequel on compense par anticipation un changement non désiré de température en surface du produit en un point HD de la longueur métallurgique de la machine tel que le point de décintage, dû à une variation prévue ou prévisible de la vitesse de coulée débutant à l'instant T_{v0} caractérisé en ce que :

- on détermine par l'intermédiaire de la vitesse de coulée l'instant t_0 auquel naît, à la partie supérieure de la lingotière, la portion de produit qui, à l'instant t_{v0} , parviendra au point HD,
- on détermine les instants $t_1, \dots, t_i, \dots, t_n$ auxquels la portion née à t_0 , sortira des zones $1, \dots, i, \dots, n$ du refroidissement secondaire,
- et à partir de l'instant t_{v0} , on revient au mode de

refroidissement habituellement utilisé, paramétré sur la vitesse réelle.

L'invention s'applique au domaine de la coulée continue des métaux, notamment de l'acier.

EP 0 385 904 A1

PROCEDE DE REGLAGE DU REFROIDISSEMENT SECONDAIRE D'UNE MACHINE DE COULEE CONTINUE DE PRODUITS METALLIQUES

L'invention concerne le réglage du refroidissement secondaire d'une machine de coulée continue de produits métalliques, notamment en acier tels que les brames, les blooms ou les billettes.

Plus précisément l'invention a trait aux procédés de réglage de ce type dans lesquels la vitesse de défilement future du produit dans la machine est prise en compte pour la détermination des intensités du refroidissement dans les différentes zones de la machine.

Dans une machine de coulée continue de produits métallurgiques, le refroidissement secondaire du produit est classiquement assuré par des rampes de gicleurs qui projettent sur le produit un liquide refroidissant, généralement de l'eau mélangée ou non à de l'air. L'arrosage du produit débute immédiatement sous la lingotière et peut se poursuivre jusqu'à ce que le produit atteigne la zone de décintrage et d'extraction. Mais le plus souvent, l'arrosage est interrompu avant la zone de décintrage.

On sait aujourd'hui que la qualité finale du produit coulé est largement influencée par la manière dont a été conduite son refroidissement secondaire. Un bon réglage de ce dernier permet notamment :

- d'assurer la solidification complète du produit avant son décintrage ou son oxycoupage ;
- d'assurer une bonne tenue mécanique de la peau solidifiée le long de la machine, et en particulier d'éviter les problèmes de gonflement dus à une température de surface trop élevée, qui peuvent générer des criques internes et des ségrégations centrales marquées ;
- d'assurer une certaine régularité dans le refroidissement du produit et d'éviter de brusques réchauffements ou refroidissements susceptibles de créer des criques au front de solidification (criques internes) ou des criques de surface ;
- de maintenir la température de surface au décintrage dans la zone de bonne forgeabilité du métal et d'éviter ainsi la formation de criques transversales sur l'intrados.

Classiquement, le refroidissement secondaire est divisé en différentes zones d'arrosage successives le long du produit coulé. A l'intérieur de chacune de ces zones, le débit d'eau peut être réglé de façon indépendante des autres zones. L'obtention d'un produit de bonne qualité est liée à une définition correcte des débits d'eau dans les différentes zones, en relation notamment, avec la vitesse de coulée, c'est-à-dire la vitesse d'extraction du produit hors de la machine

Lorsque la vitesse de coulée est constante, la

définition d'un mode de refroidissement secondaire adéquat ne pose pas de problèmes. Dans le cas d'une faible variation de la vitesse de coulée, même brusque, le refroidissement du produit ne s'écarte que relativement peu du schéma idéal défini pour un régime permanent, et la qualité du produit n'en est guère affectée.

Il n'en est pas de même lorsque le défilement du produit passe par un transitoire de forte amplitude, correspondant à une augmentation ou surtout à une diminution brutale et importante de la vitesse de coulée, ou même à un arrêt de l'extraction.

Lorsque survient un tel transitoire, le produit présent dans la machine voit le cours de son refroidissement perturbé par rapport au schéma idéal prévu. Cette perturbation est particulièrement ressentie par la portion du produit qui, pendant ce transitoire, chemine dans la zone de la machine située entre la fin du refroidissement secondaire et le point de décintrage. Dans cette zone, le produit se refroidit naturellement, notamment par rayonnement, sans être arrosé. Le transitoire de vitesse a pour effet de modifier le temps de séjour du produit dans cette zone à refroidissement naturel. Comme les opérateurs n'ont plus la possibilité de maîtriser la vitesse de refroidissement de cette portion du produit, cette portion parvient au point de décintrage à une température sensiblement différente de celle qu'elle aurait eue si la vitesse de coulée était demeurée normale. Ce phénomène est particulièrement dommageable lorsque la vitesse de coulée devient faible ou nulle lors du transitoire. En effet, dans ces conditions, le refroidissement du produit est accentué, et celui-ci atteint le point de décintrage à une température qui risque d'être trop basse, car située en dehors de la zone de bonne forgeabilité du métal.

De telles phases transitoires se produisent de façon inopinée lors d'incidents liés au fonctionnement de la machine. Mais le plus fréquemment (dans environ 90 % des cas), elles sont liées à des opérations habituelles et prévisibles, telles que la fin d'une coulée, ou un changement de répartiteur.

Le Brevet Européen EP.0116496, au nom de la demanderesse, décrit un procédé de refroidissement secondaire anticipatif. Pour l'arrosage du produit dans les différentes zones du refroidissement secondaire, ce procédé prend en compte non seulement les vitesses de défilement présente et passées du produit, comme cela se pratiquait jusque là, mais encore sa vitesse de défilement future lorsqu'il est possible de prévoir à quel instant débutera un transitoire, quelle sera sa durée et quelle sera alors la vitesse de défilement.

Ceci est réalisé en introduisant temporairement dans le système de régulation, à la place de la vitesse d'extraction réelle, une vitesse "leurre" comprise entre la vitesse réelle et la vitesse future. On peut ainsi tendre à compenser, par anticipation, le refroidissement supplémentaire qui sera procuré par un ralentissement ou un arrêt de l'extraction, en diminuant le refroidissement du produit avant même que n'ait lieu la variation de la vitesse de coulée. Un raisonnement analogue peut être suivi si on prévoit une brusque augmentation de la vitesse de coulée : l'intensité du refroidissement doit alors être augmentée par anticipation et la vitesse fictive doit être supérieure à la vitesse réelle et inférieure à la vitesse future.

Ce procédé est bien adapté aux cas où la variation de vitesse n'est pas trop importante, ou s'effectue de façon progressive. Mais en cas de transitoire très sévère, tel qu'un arrêt brusque de l'extraction, l'action sur le refroidissement secondaire peut ne pas être assez vive pour limiter suffisamment la chute de température du produit. Il n'est, en effet, pas souhaitable d'imposer au début de l'anticipation une vitesse fictive très faible, qui serait bien adaptée aux tranches qui subiront le régime transitoire, mais qui perturberait trop le refroidissement des portions du produit qui sont présentement en train d'être coulées, et qui ne seront pas concernées par ce transitoire.

Le but de l'invention est de proposer une méthode de réglage du refroidissement secondaire qui fonctionne également par anticipation des événements qui conduiront à des changements de la vitesse de coulée, mais qui serait mieux adaptée que les méthodes existantes au cas des régimes transitoires conduisant à des variations brusques et de grande amplitude de cette vitesse.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de refroidissement secondaire d'un produit métallique, notamment en acier, tel qu'une brame, un bloom ou une billette, et coulé en continu sur une machine dont le refroidissement secondaire est divisé en n zones étagées indépendantes à l'intérieur desquelles un débit de fluide refroidissant, paramétré sur la vitesse de coulée du produit, est projeté sur ledit produit, procédé dans lequel on compense par anticipation un changement non désiré de la température en surface du produit en un point HD de la longueur métallurgique de la machine, tel que le point de décintrage, au-delà duquel on ne souhaite plus maîtriser la température du produit, ce changement de température étant dû à une variation prévue ou prévisible de la vitesse de coulée débutant à l'instant t_{v0} , caractérisé en ce que :

- on détermine par l'intermédiaire de la vitesse de coulée l'instant t_0 auquel naît, à la partie supérieure de la lingotière, la portion de produit qui, à l'instant

t_{v0} , parviendra au point HD,

- on détermine les instants $t_1, \dots, t_i, \dots, t_n$ auxquels la portion de produit née à t_0 sortira des zones $1, \dots, i, \dots, n$ du refroidissement secondaire,

5 - à partir de l'instant t_i , on impose dans la zone i un débit de fluide refroidissant adapté à la compensation dudit changement de température,

10 - et, à partir de l'instant t_{v0} , on revient au mode de refroidissement habituellement utilisé sur la machine, paramétré sur la vitesse de coulée réelle.

15 Comme on l'aura compris, l'invention consiste à appliquer aux portions de produit concernées par le régime transitoire un refroidissement particulier indépendant de la vitesse de coulée présente et destiné à compenser le surcroît ou le manque de refroidissement de ces portions qui, sans cela, résulterait du transitoire. Ce refroidissement particulier n'est pas appliqué d'emblée dans toute la machine, mais il est mis en service successive-
20 ment dans les différentes zones du refroidissement secondaire. Ceci permet d'adapter de façon plus fine que par les méthodes antérieures le mode de refroidissement d'une portion de produit donnée à l'histoire de son cheminement.

25 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence à la figure unique annexée. La figure unique se compose de deux diagrammes, dont l'axe des abscisses est commun. Le diagramme supérieur représente l'évolution, au cours du temps t , de la vitesse de coulée V . Dans l'exemple décrit, cette vitesse prend une valeur constante et non nulle V_1 jusqu'à un instant t_{v0} , où elle devient nulle à la suite d'un événement tel qu'un changement de répartiteur. Elle demeure nulle jusqu'à un instant t_{v1} , où elle reprend la valeur V_1 précédente.

30 Les courbes A, B, C, D, E du diagramme inférieur représentent le cheminement dans la machine au cours du temps t de portions de produit infiniment minces, appelées tranches, qui ont pris naissance à divers instants $t_0, t_B, t_C, t_D, t_{v1}$ à la partie supérieure de la lingotière. L'ordonnée d'un point d'une de ces courbes exprime la cote en machine H à laquelle se trouve la tranche correspondante à l'instant porté en abscisse. La longueur de la machine est divisée en plusieurs zones que le produit traverse successivement :

35 - la lingotière, notée L sur le diagramme, s'étendant de la cote 0 à la cote H1,
40 - la première zone de refroidissement secondaire, notée Z1, s'étendant de la cote H1 à la cote H2,
- la deuxième zone de refroidissement secondaire, notée Z2, s'étendant de la cote H2 à la cote HR,
45 - une zone où le produit n'est pas arrosé et se refroidit naturellement par rayonnement, notée R, s'étendant de la cote HR à la cote HD,
50 - la zone de décintrage, notée D, qui débute à la cote HD dite "point de décintrage".

On considère que dans la zone D, le mode de refroidissement du produit n'a plus d'influence sur la qualité du produit, et on ne cherche plus à le maîtriser.

La conduite par anticipation du refroidissement secondaire est effectuée de la manière suivante. A l'instant $(t_{v0}-t_{ANT})$, l'opérateur responsable du fonctionnement de la machine est averti que, à l'instant t_{v0} qui est encore à venir, un événement quelconque l'obligera à interrompre l'extraction du produit, qui ne reprendra qu'à l'instant t_{v1} . L'opérateur (ou l'ordinateur qui, de préférence, assure la gestion du refroidissement secondaire) détermine alors l'instant t_0 correspondant à la naissance, à la partie supérieure de la lingotière (c'est-à-dire à la cote 0), de la tranche infiniment mince de produit qui, à l'instant t_{v0} , se trouvera à la cote HD, c'est-à-dire au point de décintrage. Les tranches nées postérieurement à t_0 ne seront donc pas encore parvenues au point de décintrage lorsque débutera l'arrêt de l'extraction, et ce sont elles qui devront subir un refroidissement secondaire modifié.

A cet effet, on détermine à quel instant t_1 la tranche née à t_0 sortira de la zone Z1. A partir de l'instant t_1 , on applique dans la zone Z1 un débit d'eau minimal prédéterminé. Ce débit minimal peut être le débit nul, le minimum technologique accessible sur cette zone 1, ou un débit minimum préalablement défini différent des deux débits précédents. Ce débit est maintenu constant pendant toute la phase d'anticipation qui s'étend de t_1 , à t_{v0} . Le choix du débit minimal est déterminé avant la coulée. Il doit respecter des contraintes de sauvegarde de la machine de coulée continue, et être adapté à la compensation du changement de température du produit au point de décintrage qui serait provoqué par l'arrêt de l'extraction. De manière générale, on détermine les instants t_i i étant un entier inférieur ou égal au nombre n de zone du refroidissement secondaire, auxquels la tranche née à t_0 sortira des diverses zones Zi. Postérieurement à t_i on applique dans Zi un débit d'eau minimal prédéterminé tel qu'il vient d'être défini. Ce débit minimal peut être différent dans chaque zone. Dans le cas illustré, le nombre n de zones du refroidissement secondaire est égal à 2, mais il peut prendre, bien entendu, une valeur supérieure quelconque. A l'instant t_{v0} , cette procédure est interrompue et on revient à l'utilisation du mode de refroidissement habituellement employé sur la machine en cas d'arrêt de l'extraction, puis de reprise de celle-ci.

Deux cas peuvent être envisagés :

- on prévoit à $(t_{v0}-t_{ANT})$ que l'extraction sera arrêtée à t_{v0} , et dans l'instant t_0 , déduit de cette prévision, est encore à venir. Dans ce cas, la procédure de refroidissement secondaire par anticipation concernera toutes les tranches nées entre t_0 et t_{v0} , com-

me on vient de le décrire.

- A l'instant $(t_{v0}-t_{ANT})$, on prévoit l'arrêt de l'extraction à t_{v0} , alors que l'instant t_0 déduit de cette prévision est déjà dépassé. La procédure de refroidissement secondaire par anticipation est alors lancée immédiatement. Si l'instant t_j est le dernier des instants t_i à avoir été dépassé, les plus anciennes des tranches de produit déjà coulées auront subi un refroidissement normal dans au moins une partie de la zone j et des zones précédentes, et non un refroidissement selon l'invention. Elles risquent donc de se retrouver avec une température au point de décintrage située hors de la gamme désirée. Néanmoins, l'application, même tardive, de la procédure de refroidissement secondaire par anticipation aura permis de couler dans de bonnes conditions une plus grande longueur du produit par rapport au cas où aucune action particulière sur le refroidissement n'aurait eu lieu.

La figure unique illustre le cas où la prévision de l'arrêt d'extraction a pu être effectuée avant l'instant t_0 . Les diverses portions des courbes A, B, C, D, E sont tracées en trait plein pour les intervalles de temps où la tranche qu'elles représentent a été arrosée selon les procédures habituelles, (correspondant à $V = V1$ avant t_{v0} et après t_{v1} , et à $V = 0$ entre t_{v0} et t_{v1}), et en pointillés pour les intervalles de temps où elles ont subi un arrosage minimal, consécutif à la procédure d'anticipation. Notons que, dans cet exemple, le refroidissement de la portion de produit présente en lingotière n'est pas modifié lors de la procédure d'anticipation.

La tranche née à t_0 (courbe A) subit, comme les précédentes, un refroidissement du type habituel sur tout son trajet. La tranche née à t_B (courbe B) subit un arrosage minimal dans la fin de sa traversée de la zone Z1 et dans la fin de sa traversée de la zone Z2. la tranche née à t_C (courbe C) subit un arrosage minimal pendant la totalité de sa traversée de la zone de refroidissement secondaire. La tranche née à t_D (courbe D) subit un arrosage minimal entre son entrée dans la zone Z1 et l'instant t_{v0} où elle s'immobilise à l'intérieur de Z1. La tranche née à t_{v0} (courbe E) demeure à la cote 0 pendant toute la durée de l'arrêt de l'extraction, et est la première tranche, depuis celle née à t_0 , à subir sur tout son trajet un refroidissement selon les procédures habituelles, d'abord pour $V = 0$, puis pour $V = V1$.

Un raisonnement similaire pourrait être conduit pour le cas où la modification momentanée de la vitesse de coulée serait non pas un arrêt de l'extraction, mais un simple ralentissement.

Un aspect important dans l'exploitation d'un modèle du type selon l'invention est la prévision, avec un degré suffisant de certitude, de l'instant t_{v0} auquel débutera le régime transitoire. Si cet instant survient en fait sensiblement plus tard que ce qui

avait été initialement prévu, des portions importantes du produit auront entre temps subi un refroidissement trop faible. Cela risque d'amener ces portions de produit au point de décintrage dans un état de solidification insuffisamment avancé, pouvant entraîner la formation de défauts lors du décintrage.

Les conséquences de cette difficulté peuvent être limitées, si l'opérateur affecte à la prévision de l'instant t_{v0} un degré de certitude "CERT". CERT est d'abord pris égal à 0 lorsque la prévision est encore incertaine, et à 1 dès que t_{v0} peut être déterminée de façon certaine.

Selon cette variante du modèle, tant que CERT = 0, seules la ou les zones terminales du refroidissement secondaire (par exemple les zones 5 et 6 s'il comporte 6 zones) seront mises au débit minimal pendant la procédure de refroidissement par anticipation. Ces zones sont, en effet, celles sur lesquelles il est le plus urgent d'agir, puisque les portions de produit qui s'y trouvent seront les premières à entrer dans la zone R dans laquelle plus aucune action ne sera possible. Si en fin de compte le transitoire n'a pas lieu, ou ne débute pas à t_{v0} mais à un instant ultérieur, ces portions n'auront subi un refroidissement inadapté que dans la ou les dernières zones, et les conséquences sur la qualité du produit seront moindres que si le refroidissement avait été inadapté dans toutes les zones.

Lorsque l'opérateur devient certain que le transitoire débutera bien à t_{v0} , il impose CERT = 1 au modèle. Alors l'ensemble du refroidissement secondaire peut fonctionner selon la procédure décrite précédemment.

Si au contraire, l'opérateur apprend à l'instant ($t'_{v0} - t'_{ANT}$), postérieur à ($t_{v0} - t_{ANT}$), que le transitoire débutera à l'instant t'_{v0} , différent de t_{v0} , avec un degré de certitude CERT, la procédure d'anticipation qui était en vigueur est aussitôt interrompue. Elle est immédiatement remplacée par une procédure fondée sur les nouvelles informations qui sont parvenues à l'opérateur à l'instant ($t'_{v0} - t'_{ANT}$).

Bien entendu, le procédé peut également être appliqué au cas des coulées continues droites, dans lesquelles le produit n'a pas besoin d'être décintré. Dans le raisonnement précédent, on remplace alors le point de décintrage par le point où le produit est tronçonné, ou plus généralement par un point quelconque au-delà duquel on estime que le mode de refroidissement du produit n'influe plus sur sa qualité.

Revendications

1) Procédé de refroidissement secondaire d'un produit métallique notamment en acier, tel qu'une

brame, un bloom ou une billette, et coulé en continu sur une machine dont le refroidissement secondaire est divisé en "n" zones étagées indépendantes à l'intérieur desquelles un débit de fluide refroidissant, paramétré sur la vitesse de coulée du produit, est projeté sur ledit produit, procédé dans lequel on compense par anticipation un changement non désiré de la température en surface du produit en un point HD de la longueur métallurgique de la machine, tel que le point de décintrage, au-delà duquel on ne souhaite plus maîtriser la température du produit, ce changement de température étant dû à une modification prévue ou prévisible de la vitesse de coulée débutant à l'instant t_{v0} , caractérisé en ce que :

- on détermine, par l'intermédiaire de la vitesse de coulée, l'instant t_0 auquel naît, à la partie supérieure de la lingotière, la portion de produit qui, à l'instant t_{v0} , parviendra au point HD,
- on détermine les instants $t_1, \dots, t_i, \dots, t_n$ auxquels la portion de produit née à t_0 sortira des zones $1, \dots, i, \dots, n$ du refroidissement secondaire,
- à partir de l'instant t_i , on impose dans la zone i un débit de fluide refroidissant adapté à la compensation dudit changement de température,
- et, à partir de l'instant t_{v0} , on revient au mode de refroidissement habituellement utilisé sur la machine, paramétré sur la vitesse de coulée réelle.

2) Procédé de refroidissement secondaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que on affecte un degré de certitude "CERT" à la prévision de l'instant t_{v0} , en posant CERT = 0 tant que cette prévision est incertaine, et CERT = 1 à partir du moment où cette prévision devient certaine, et tant que CERT = 0, on n'applique la procédure de refroidissement secondaire par anticipation que dans la ou les zones finales du refroidissement secondaire, et, lorsque CERT = 1, on applique la procédure de refroidissement secondaire par anticipation sur l'ensemble du refroidissement secondaire.

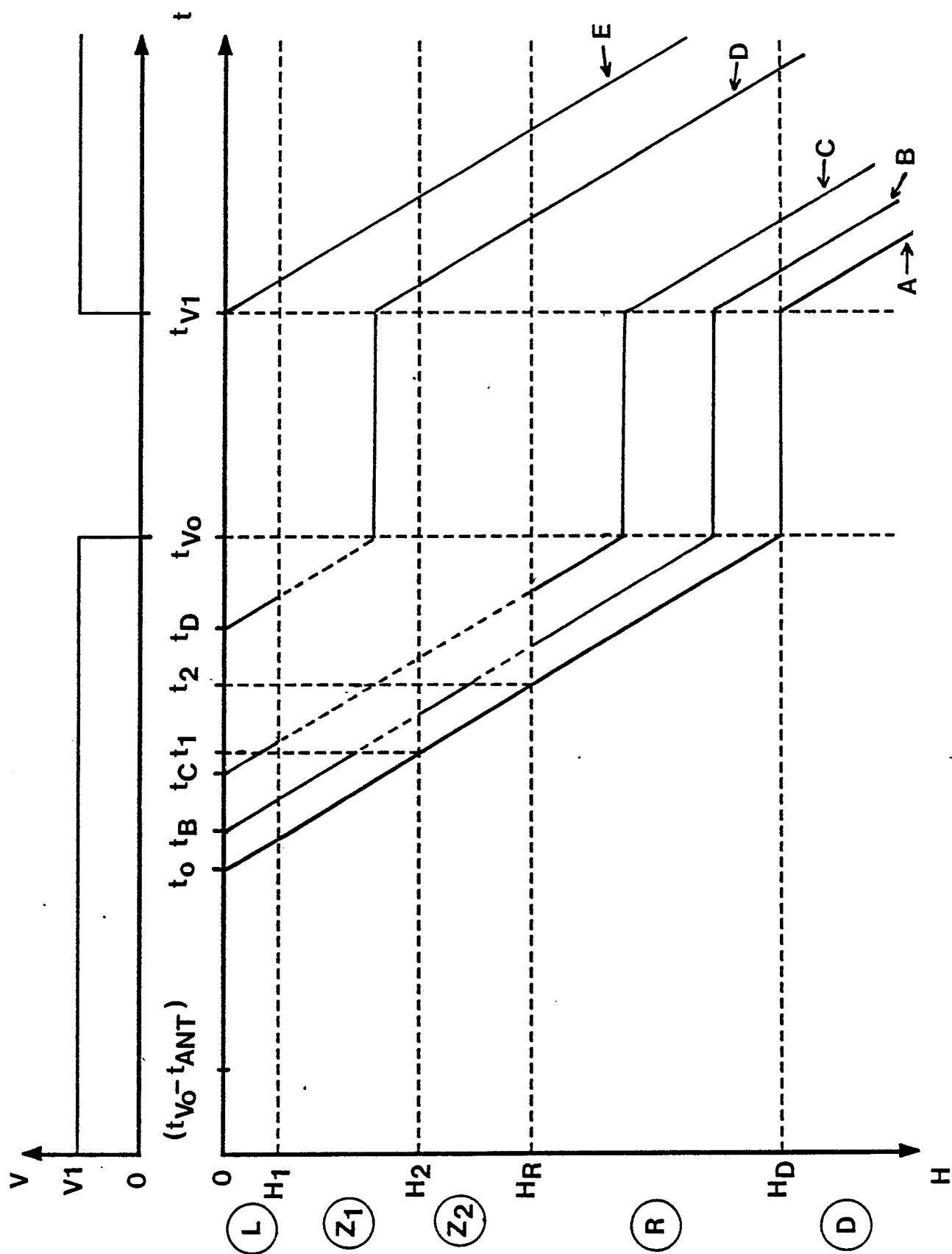


FIG. UNIQUE



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 47 0004

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 150 (M-148)[1028], 10 août 1982; & JP-A-57 70 060 (KAWASAKI SEITESU K.K.) 30-04-1982 * Résumé *	1	B 22 D 11/22
A	GB-A-2 050 888 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Revendication 1 *	1	
A	EP-A-0 036 342 (FIVES-CAIL BABCOCK) * Page 14, lignes 19-28 *	1	
A,D	EP-A-0 116 496 (IRSID) * Page 6, lignes 3-16 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B 22 D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 01-06-1990	Examineur DOUGLAS K.P.R.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	