



⑫

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **91401892.4**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **B21B 1/06, B21B 37/14**

㉒ Date de dépôt : **08.07.91**

③⑩ Priorité : **12.07.90 FR 9008910**

④③ Date de publication de la demande :  
**15.01.92 Bulletin 92/03**

⑧④ Etats contractants désignés :  
**DE ES GB IT**

⑦① Demandeur : **CLECIM**  
**10, avenue de l'Entreprise**  
**F-95863 Cergy-Pontoise (FR)**

⑦② Inventeur : **Morel, Michel**  
**4bis, avenue André Chenier**  
**F-77500 Chelles (FR)**  
Inventeur : **Farnik, Andrzej**  
**15, rue Lamandé**  
**F-75017 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire : **Le Brusque, Maurice et al**  
**Cabinet Harlé et Phélip 21, rue de la**  
**Rochefoucauld**  
**F-75009 Paris (FR)**

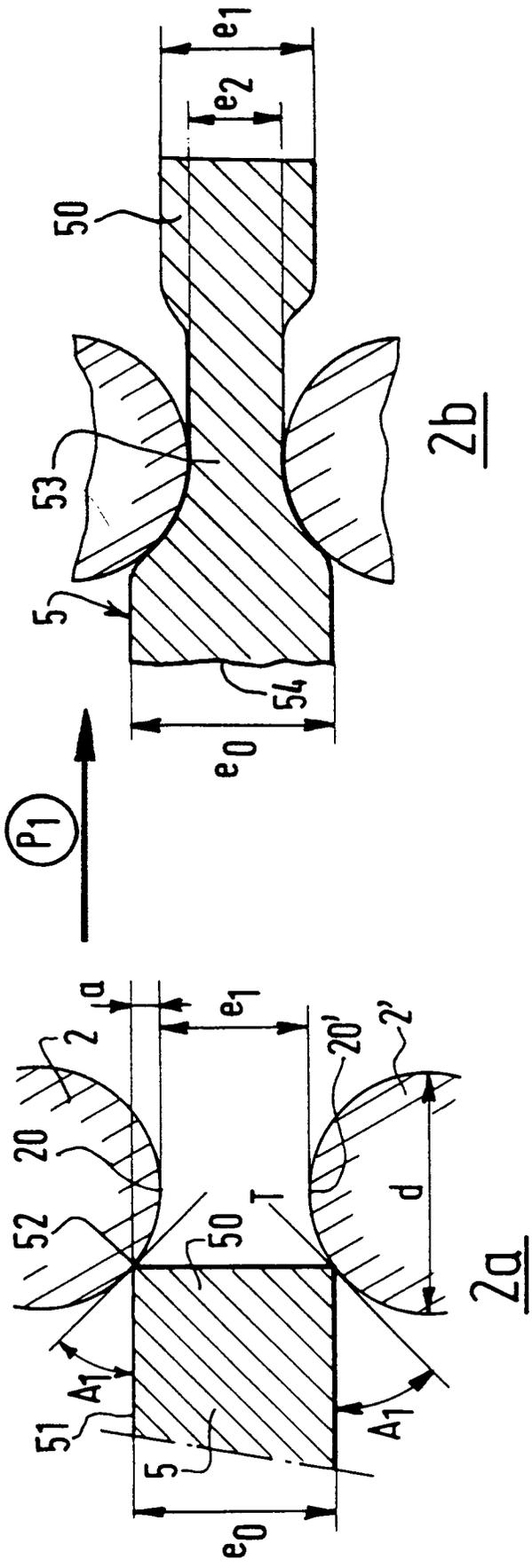
⑤④ **Procédé de laminage réversible.**

⑤⑦ L'invention a pour objet un procédé de laminage d'un produit plat (5) par passes successives dans un laminoir réversible, alternativement dans un sens puis dans l'autre.

Selon l'invention, le produit (5) ayant une épaisseur brute ( $e_0$ ) sensiblement uniforme, on donne aux cylindres (2, 2'), pour la première passe de démarrage ( $P_1$ ), un écartement ( $e_1$ ) inférieur à ( $e_0$ ) déterminant un angle d'attaque ( $A_1$ ) suffisamment réduit pour éviter un refus d'engagement et l'on diminue, au cours de cette première passe ( $P_1$ ), l'écartement des cylindres (2, 2') jusqu'à une valeur ( $e_2$ ) telle que la réduction totale d'épaisseur ( $e_0 - e_2$ ) reste compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir puis, pour la deuxième passe ( $P_2$ ), on donne aux cylindres de travail (2, 2') un écartement ( $e_3$ ) tel que l'angle d'attaque ( $A_2$ ) soit assez réduit pour éviter un refus d'engagement et l'on diminue, au cours de cette deuxième passe ( $P_2$ ), l'écartement des cylindres jusqu'à une valeur ( $e_4$ ) compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir et ainsi de suite.

L'invention s'applique spécialement au laminage de tôles métalliques.

FIG. 2



L'invention a pour objet un procédé de laminage d'un produit plat dans un laminoir réversible. L'invention s'applique en particulier au laminage à chaud de l'aluminium mais est utilisable également pour les autres métaux non ferreux et, même, dans certaines conditions, pour des métaux ferreux tels que l'acier.

On sait que le laminage à chaud peut s'effectuer avantageusement de façon réversible dans un laminoir comprenant une cage unique associée à des moyens de commande du passage du produit laminer, alternativement dans un sens puis dans l'autre.

D'une façon générale, le laminoir comprend, dans un montage quarto, deux cylindres de travail associés à deux cylindres d'appui. Des cylindres intermédiaires peuvent être interposés également entre les cylindres d'appui et les cylindres de travail dans un montage dit en sexto. L'ensemble des cylindres est placé entre les deux montants d'une cage rigide. Chaque cylindre est porté par deux empoises montées coulissantes dans des fenêtres ménagées sur les deux montants de la cage et l'on applique entre les deux cylindres d'appui un effort de serrage qui détermine le laminage du produit, par exemple au moyen de deux vérins montés sur la cage et prenant appui, respectivement, sur les deux empoises d'un cylindre d'appui, l'autre étant bloqué.

Les moyens de commande du passage du produit entre les cylindres de travail, alternativement dans un sens puis dans l'autre, peuvent être constitués, par exemple, de deux tables à rouleaux placées de part et d'autre de la cage. Avant le laminage, le produit est réchauffé dans un four placé à côté de la cage.

De tels laminoirs réversibles peuvent être utilisés, par exemple, comme dégrossisseurs dans un train à bande ou bien dans des tôleries d'aluminium ou d'acier.

Le laminage s'effectue à partir d'une pièce brute telle qu'un bloom ou une brame ayant une épaisseur importante. Celle-ci peut, par exemple, être de 600 mm dans le cas de l'aluminium et de 250 mm dans le cas de l'acier.

Dans ce type de laminoir, le laminage s'effectue par passes successives dans un sens puis dans l'autre en effectuant, à chaque passe, une réduction d'épaisseur dont l'importance relative dépend des caractéristiques du produit telles que la matière du métal, sa température et son épaisseur.

D'une façon générale, dans un processus de laminage, le produit possède, à l'entrée de la cage, une épaisseur supérieure à l'écartement des cylindres de travail qui tendent donc à l'écraser en produisant une certaine réduction d'épaisseur. Le métal est ainsi appliqué sur un secteur circulaire de chaque cylindre compris entre deux plans horizontaux correspondant à la face extérieure du produit respectivement à l'entrée et à la sortie du laminoir. Le pincement du produit entre les deux cylindres détermine son avancement, l'un au moins des cylindres étant

entraîné en rotation. Un certain pincement du produit est nécessaire pour permettre son entraînement.

On peut définir, à l'entrée du laminoir, un angle d'attaque A correspondant au dièdre limité par la face extérieure du produit et le plan tangent au cylindre du niveau où ce dernier vient en contact avec le produit. La valeur de l'angle d'attaque est donc fonction du diamètre du cylindre et de la réduction d'épaisseur produite, c'est-à-dire de la différence entre l'épaisseur du produit avant son entrée dans le laminoir et la largeur de l'entrefer existant entre les deux cylindres de travail.

En cours de laminage, grâce aux frottements qui s'exercent entre les cylindres de travail et le produit sur la surface des deux secteurs cylindriques, l'entraînement s'effectue sans difficulté dans la mesure où la réduction d'épaisseur est compatible avec le couple et l'effort que l'on peut exercer sur les cylindres. En revanche, au moment de l'engagement du produit, les frottements s'exercent uniquement sur les deux bords latéraux qui viennent en contact respectivement avec les deux cylindres et l'on conçoit que l'engagement ne peut pas se produire si l'angle d'attaque A est trop important.

Compte tenu des conditions de lubrification, du diamètre des cylindres de travail qui doit rester assez réduit et de leur état de surface, on est donc obligé de limiter la réduction d'épaisseur produite à chaque passe pour éviter un "refus d'engagement". Généralement, la réduction d'épaisseur ainsi limitée pour des raisons géométriques est inférieure à celle que l'on aurait pu théoriquement réaliser compte tenu de la puissance de laminage disponible et il en résulte une augmentation du nombre de passes nécessaires et, par conséquent, une diminution de la productivité du laminoir.

Par ailleurs, pour éviter des chocs, la vitesse de rotation des cylindres est diminuée au moment de l'introduction du produit puis accélérée, après l'engagement, pour venir à la vitesse de laminage normale. Il en résulte une augmentation brutale des charges dynamiques et du couple qui peut entraîner des échauffements et même des ruptures de mécanisme en raison des inerties.

L'invention a pour objet de remédier autant que possible à l'ensemble de ces inconvénients grâce à un nouveau procédé qui permet, à chaque passe, de réaliser la réduction d'épaisseur optimale, tout en évitant les chocs et les refus d'engagement.

Conformément à l'invention, le produit ayant une épaisseur brute  $e_0$  sensiblement uniforme, on donne au cylindre de travail, pour la première passe de démarrage  $P_1$ , un écartement  $e_1$  inférieur à  $e_2$  déterminant un angle d'attaque  $A_1$  suffisamment réduit pour éviter un refus d'engagement et, après l'engagement, on diminue l'écartement des cylindres jusqu'à une valeur  $e_2$  telle que la réduction totale d'épaisseur  $e_0 - e_2$  reste compatible avec la puissance et la force

maximale du laminoir puis, pour la deuxième passe  $P_2$ , on donne aux cylindres de travail un écartement  $e_3$  tel que la différence  $e_2 - e_3$  détermine un angle d'attaque  $A_2$  assez réduit pour éviter un refus d'engagement et, après l'engagement du produit, on diminue l'écartement des cylindres jusqu'à une valeur  $e_4$  déterminée de façon que la réduction totale d'épaisseur  $e_1 - e_4$  soit aussi grande que possible tout en restant compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir et ainsi de suite, l'écartement des cylindres de travail étant d'abord réglé, au début de chaque passe  $P_n$ , à une valeur  $e_{2n-1}$  déterminant un angle d'attaque  $A_n$  suffisamment réduit pour éviter un refus d'engagement, puis diminué après l'engagement du produit jusqu'à une valeur  $e_{2n}$  déterminant une réduction totale d'épaisseur  $e_{2n-3} - e_{2n}$  optimale et restant compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir.

On poursuit ainsi la réduction d'épaisseur en deux étapes pour chaque passe, tant que l'épaisseur à la fin d'une passe risque de déterminer un refus d'engagement pour une diminution de l'écartement des cylindres de travail à la passe suivante compatible avec la puissance de laminage et l'on termine ensuite le laminage de façon normale.

Le réglage à chaque passe de l'écartement des cylindres sera effectué automatiquement au moyen d'un système de régulation automatique de l'effort de serrage associé à un modèle mathématique programmé de façon à calculer, à chaque passe, la réduction d'épaisseur à effectuer en deux étapes, en fonction du couple disponible, compte tenu des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminoir et du produit et de la nature du métal laminé.

A cet effet, le modèle mathématique est programmé de façon à calculer, en fonction de l'état prévisible du produit à chaque passe, compte tenu de l'épaisseur atteinte à la passe précédente et du nombre de passes précédemment effectuées, la réduction maximale d'épaisseur possible et le resserrement des cylindres nécessaire à l'entraînement sans risque de refus d'engagement et que, à chaque passe  $P_n$ , le produit à laminier ayant, sur la plus grande partie de sa longueur, une épaisseur  $e_{2n-2}$  et, sur sa queue, une épaisseur  $e_{2n-3}$  correspondant à l'engagement dans la passe précédente  $P_{n-1}$ , le modèle mathématique détermine, tout d'abord, en tenant compte des caractéristiques physiques et dimensionnelles prévisibles du produit lors de ladite passe  $P_n$  et des capacités du laminoir, l'épaisseur de laminage  $e_{2n}$  au cours de ladite passe  $P_n$  permettant d'obtenir une réduction d'épaisseur maximale  $e_{2n-3} - e_{2n}$  restant compatible avec la puissance disponible et l'effort possible, et l'écartement  $e_{2n-1}$  des cylindres permettant l'introduction de la tête de la bande sans refus d'engagement, et le système de régulation commande l'introduction de la bande en réglant l'écartement des cylindres à la valeur d'engagement  $e_{2n-1}$  et, après l'engagement de

la tête de la bande, commande le resserrement des cylindres à l'écartement  $e_{2n}$  calculé et le passage à la vitesse de laminage, l'écartement  $e_{2n}$  des rouleaux étant maintenu jusqu'à la fin de ladite passe  $P_n$ .

L'invention sera mieux comprise par la description suivante d'un mode de réalisation particulier donné à titre d'exemple, en se référant aux dessins annexés.

La Figure 1 montre schématiquement, en élévation, un laminoir quarto.

La Figure 2 montre le processus de laminage au cours de la première passe, en deux schémas successifs 2a, 2b.

La Figure 2 montre le processus de laminage au cours de la deuxième passe, en deux schémas successifs 2a, 2b.

La Figure 4 montre le processus au cours d'une passe  $P_n$ .

La Figure 5 est un organigramme du processus de régulation.

Sur la Figure 1, on a représenté schématiquement un laminoir classique de type quarto comprenant une cage 1 constituée de deux montants écartés 11 munis de fenêtres 13 et entre lesquels sont placés quatre cylindres, respectivement deux cylindres de travail 2 et 2' et deux cylindres d'appui 3 et 3'. Chaque cylindre est porté à ses extrémités par des paliers montés dans des empoises, respectivement 21, 21', 31, 31', qui coulissent le long de faces de guidage verticales 12 ménagées le long des fenêtres 13. De façon bien connue, les empoises 21, 21', des cylindres de travail 2, 2', sont guidées le long des faces latérales de deux blocs hydrauliques 14, 14', fixés sur les faces 12, 12', de chaque fenêtre 13 et dans lesquelles sont logés des vérins permettant d'exercer sur les empoises 21, 21', des efforts de cintrage des cylindres de travail 2, 2'.

La cage est munie, d'autre part, de moyens de serrage des cylindres capables de serrer en charge, par exemple des vérins hydrauliques 4, qui prennent appui de chaque côté sur les empoises 31 du cylindre d'appui 3, les empoises 31' de l'autre cylindre d'appui 3' s'appuyant sur des butées fixes. Les vérins 4 exercent ainsi, dans le plan vertical P passant par les axes des cylindres, un effort de serrage qui détermine un rapprochement des deux cylindres de travail 2, 2'.

La technique du laminage, qui est utilisée depuis les débuts de la sidérurgie, a été continuellement perfectionnée, mais particulièrement au cours de ces dernières années. Bien entendu, cette technique est adaptée aux différentes conditions de travail, notamment la nature du métal et les dimensions du produit à laminier, en particulier l'épaisseur que l'on souhaite obtenir. Mais la disposition que l'on vient de décrire se retrouve dans la plupart des laminoirs qui peuvent différer par le nombre et les dimensions des cylindres ainsi que par les divers dispositifs annexés.

Par exemple, pour assurer une bonne planéité du

produit laminé en évitant des défauts qui résultent de la déformation des cylindres et d'une répartition non homogène des contraintes, on peut utiliser diverses dispositions telles que le cintrage des cylindres, déjà mentionné, ou le réglage du profil des cylindres d'appui.

Comme on l'a indiqué, l'invention s'applique spécialement à un laminoir à chaud du type réversible utilisé pour l'opération dite "dégrossissage". Dans un tel laminoir, le produit 5 défile entre les cylindres de travail 2, 2', alternativement dans un sens puis dans l'autre, c'est-à-dire en se référant à la Figure 1, de gauche à droite puis de droite à gauche et ainsi de suite, la réduction d'épaisseur s'effectuant progressivement par passes successives. A cet effet, la cage 1 peut être placée entre deux tables à rouleaux de type classique et qui n'ont donc pas été représentées sur le dessin.

D'une façon générale, le fonctionnement de l'ensemble du laminoir et des dispositifs connexes est commandé et contrôlé par un système de régulation 6 associé à un calculateur 60, qui effectue un réglage automatique d'épaisseur du produit en cours de laminage en tenant compte de toutes les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminoir.

Le système de régulation 6 utilise des moyens connus et qui n'ont pas lieu d'être décrits en détail. C'est pourquoi la Figure 1 montre seulement, à titre d'exemple, une installation de ce type équipée d'un système de régulation 6, 60, permettant de régler le débit hydraulique d'alimentation du vérin à son entrée 41 en fonction des indications données par un dispositif de mesure 61 qui est associé à l'empoise 31 du cylindre d'appui 3 et permet de mesurer la position de l'axe du cylindre cylindre 3, et l'ensemble constitue ainsi une boucle numérique de régulation de position du serrage en fonction d'un écartement des cylindres affiché sur l'entrée 62 du système de régulation 6.

Dans le cas présent, le système 6 de régulation automatique est associé, en outre, à un modèle mathématique 63 programmé de façon à régler l'effort de serrage appliqué sur les cylindres d'appui en fonction des dimensions du produit, ainsi que de la nature et de l'état du métal, pour effectuer une réduction d'épaisseur optimale correspondant aux possibilités du laminoir.

La Figure 2 illustre schématiquement le processus de laminage au cours de la première passe P, dite de démarrage.

Bien entendu, les réductions d'épaisseur sont exagérées pour faciliter la compréhension du dessin.

Sur le schéma 2a, à gauche de la Figure 2, on a représenté l'extrémité 50 du produit 5 qui arrive au contact des cylindres de travail 2, 2'. Le produit 5 a une épaisseur brute  $e_0$  et l'entrefer, limité par les génératrices 20, 20', des cylindres 2, 2', se trouvant dans le plan de serrage, a une largeur  $e_1$ . On a représenté également l'angle d'attaque  $A_1$  qui correspond

au dièdre compris entre chaque face latérale 51 du produit 5 et le plan tangent T au point de contact de l'arête 52 avec le cylindre 2. On voit que la valeur de l'angle d'attaque  $A_1$  est fonction du rapport entre le diamètre  $d$  du cylindre et la flèche  $a$  qui est égale à la moitié de la réduction d'épaisseur  $r_1 = e_0 - e_1$ .

Le modèle mathématique 63 associé au système de régulation 6 est programmé de façon à calculer, à chaque passe, la réduction d'épaisseur maximale possible compatible avec la puissance disponible et l'effort possible, en tenant compte, d'une part, des caractéristiques du laminoir qui déterminent sa capacité de travail et ses déformations éventuelles et, d'autre part, des caractéristiques physiques et dimensionnelles du produit.

En effet, l'effort à exercer pour déterminer une certaine réduction d'épaisseur dépend de la nature du métal et de son épaisseur, mais aussi de sa température qui s'élève au cours du laminage. Grâce à son auto-adaptation, le modèle mathématique 63 pourra prévoir, pour chaque passe et en fonction des opérations déjà effectuées, l'état du métal et la réduction maximale d'épaisseur possible sans risque de sollicitation excessive du laminoir.

En outre, le risque de refus d'engagement dépend de l'épaisseur du métal, de son état et des conditions de lubrification. Le modèle 63 pourra donc aussi prévoir, selon les passes, l'écartement des cylindres déterminant un pincement suffisant pour l'entraînement du produit sans risque de refus d'engagement.

Pour effectuer automatiquement le réglage de l'écartement des cylindres et de l'effort de serrage au cours de chaque passe, le modèle mathématique 63 affiche sur l'entrée 62 du régulateur 6, tout d'abord, la première consigne de position de serrage permettant de garantir un bon engagement de la bande, compte tenu du diamètre des cylindres et, ensuite, au cours de la passe, la consigne d'épaisseur permettant d'obtenir la réduction optimale calculée précédemment.

Sur la Figure 5, on a représenté schématiquement un organigramme du processus de régulation.

Le modèle mathématique 63 est associé au calculateur 60 qui possède en mémoire toutes les caractéristiques du laminoir 1 dont il faut tenir compte pour déterminer la réduction d'épaisseur.

Avant de commencer le laminage d'un produit déterminé, dans une étape d'initialisation 1, on affiche sur une entrée 64 du modèle mathématique 63, tous les paramètres spécifiques du produit à laminier, et correspondant, notamment, à la nature du métal, les dimensions de départ, les dimensions visées et la température mesurée avant l'opération.

Le produit est alors introduit dans le laminoir. Dans une étape 2, le modèle mathématique 63 détermine, d'une part, la réduction d'épaisseur maximale possible permettant, à partir de l'épaisseur brute  $e_0$ ,

d'obtenir une épaisseur optimale  $e_2$  et, d'autre part, l'écartement  $e_1$  des cylindres qui garantit un bon engagement du produit 5, compte tenu de l'épaisseur brute  $e_0$  et des diamètres  $d$  des cylindres 2, ainsi que des conditions de lubrification.

Cet engagement est effectué à vitesse réduite avec pincement du produit 5 dont l'épaisseur est réduite à  $e_1$  entre les cylindres 2, 2'.

Dès que le produit est engagé, le dispositif de régulation 6 commande le resserrement des cylindres jusqu'à l'écartement  $e_2$  calculé précédemment puis le passage à la vitesse de laminage.

Le laminage se poursuit de façon normale, l'épaisseur  $e_2$  étant régulée par le système 6. A sa sortie du laminoir, le produit présente donc, sur la plus grande partie de sa longueur et jusqu'à son extrémité aval 54, une épaisseur  $e_2$ , à l'exclusion de la tête 50 qui présente une épaisseur plus grande  $e_1$ .

La première passe de démarrage P1 qui, comme indiqué par une flèche sur la Figure 2, s'est effectuée de gauche droite, est alors achevée, le produit 5 se trouvant à droite des cylindres 2 et 2'.

On procède alors la deuxième passe de laminage P2 selon le processus indiqué sur la Figure 3, c'est-à-dire de droite à gauche.

La partie du produit 5 qui vient maintenant au contact des cylindres 2, 2', est alors son extrémité 54 d'épaisseur  $e_2$ .

Comme précédemment, le modèle mathématique 63 détermine tout d'abord, dans une étape 3, l'épaisseur optimale  $e_4$  que l'on peut obtenir, qui correspond à la réduction maximale d'épaisseur possible compatible avec les capacités du laminoir, en tenant compte du fait que, la queue du produit étant plus épaisse, la réduction à effectuer est égale à  $e_1 - e_4$ . Ensuite, dans une étape 4, le modèle mathématique détermine l'écartement  $e_3$  qu'il y a lieu de donner aux cylindres pour permettre l'introduction du produit sans refus d'engagement, compte tenu de l'épaisseur du produit et de sa température prévisible à ce moment.

Le produit 5 s'engage alors entre les cylindres 2 et 2' en prenant l'épaisseur  $e_3$ . Dès que l'engagement est assuré, le système de régulation 6 commande le resserrement des cylindres à l'écartement  $e_4$  et le passage à la vitesse de laminage.

Le produit laminé à la fin de cette deuxième passe P2 présente donc une épaisseur  $e_4$  sur la plus grande partie 56 de sa longueur et une tête 55 d'épaisseur  $e_3$ .

On effectue ainsi, à chaque passe  $P_n$ , une réduction d'épaisseur en deux étapes.

Comme on l'a indiqué, on peut déterminer, par expérience, l'état prévisible du produit, notamment sa température, après un certain nombre de passes et ainsi programmer le modèle mathématique 63 pour qu'il détermine, à chaque passe  $P_n$  et en fonction de l'épaisseur  $e_{2n-2}$  atteinte à la passe précédente  $P_{n-1}$ , la réduction maximale d'épaisseur  $e_{2n-3} - e_{2n}$  qu'il

pourra effectuer sans dépasser la capacité du laminoir et l'écartement  $e_{2n-1}$  qu'il faudra donner aux cylindres pour éviter un refus d'engagement.

Le processus décrit précédemment pour la deuxième passe P2 pourra donc se reproduire à chaque passe jusqu'à ce que le rapport entre le diamètre  $d$  des cylindres de travail qui reste sensiblement fixe et l'épaisseur du produit qui diminue à chaque passe soit tel que, en réalisant immédiatement la réduction d'épaisseur maximale compatible avec la puissance de laminage, on ne risque pas un refus d'engagement.

L'épaisseur visée étant ( $e$ ), on peut définir à l'avance l'épaisseur  $e+x$  à partir de laquelle le refus d'engagement n'est plus à craindre. Ainsi, à la fin de chaque passe  $P_n$ , dans une étape 6 du processus, l'épaisseur atteinte  $e_{2n}$  est comparée au paramètre  $e+x$  et, dès qu'elle devient inférieure à ce paramètre, le processus décrit précédemment est arrêté et le laminage se poursuit normalement, dans une étape 7, jusqu'à obtention de l'épaisseur visée ( $e$ ).

On constate que, à chaque passe  $P_n$ , la réduction totale d'épaisseur  $e_{2n-3} - e_{2n}$  est supérieure à celle que l'on devait respecter auparavant pour éviter un refus d'engagement. Le nombre total de passes sera ainsi sensiblement diminué.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux détails du mode de réalisation qui vient d'être décrit à titre de simple exemple et qui pourrait donner lieu à des variantes. En particulier, on a décrit le système dans le cadre d'un laminoir quarto, mais il est applicable de la même façon à un duo ou à un sexto ou à tout autre type de laminoir.

De même, d'autres systèmes de régulation pourraient être imaginés pour déterminer le nombre minimal de passes de laminage compatible avec la puissance du laminoir.

Les signes de référence, insérés après les caractéristiques techniques mentionnées dans les revendications, ont pour seul but de faciliter la compréhension de ces dernières et n'en limitent aucunement la portée.

## 45 Revendications

1. Procédé de laminage d'un produit plat (5) dans un laminoir réversible comprenant au moins deux cylindres de travail (2, 2'), à axes parallèles superposés suivant un plan de serrage P à l'intérieur d'une cage (1), des moyens de commande du passage du produit entre les cylindres (2, 2'), dans un sens puis dans l'autre, et ainsi de suite alternativement, par passes successives et des moyens (4) (6) de réglage automatique de la position de serrage des cylindres pendant le laminage du produit (5), caractérisé par le fait que, le produit (5) ayant une épaisseur brute ( $e_0$ ) sensible-

- ment uniforme, on donne au cylindre de travail, pour la première passe de démarrage ( $P_1$ ), un écartement ( $e_1$ ) inférieur à ( $e_2$ ) déterminant un angle d'attaque ( $A_1$ ) suffisamment réduit pour éviter un refus d'engagement et, après l'engagement, on diminue l'écartement des cylindres jusqu'à une valeur ( $e_2$ ) telle que la réduction totale d'épaisseur ( $e_0 - e_2$ ) reste compatible avec la puissance et la force maximale du laminoir puis, pour la deuxième passe ( $P_2$ ), on donne aux cylindres de travail un écartement ( $e_3$ ) tel que la différence ( $e_2 - e_3$ ) détermine un angle d'attaque ( $A_2$ ) assez réduit pour éviter un refus d'engagement et, après l'engagement du produit, on diminue l'écartement des cylindres jusqu'à une valeur ( $e_4$ ) déterminée de façon que la réduction totale d'épaisseur ( $e_1 - e_4$ ) soit aussi grande que possible tout en restant compatible avec la puissance et la force maximale du laminoir et ainsi de suite, l'écartement des cylindres de travail étant d'abord réglé, au début de chaque passe ( $P_n$ ), à une valeur ( $e_{2n-1}$ ) déterminant un angle d'attaque ( $A_n$ ) suffisamment réduit pour éviter un refus d'engagement, puis, après l'engagement du produit diminué jusqu'à une valeur ( $e_{2n}$ ) déterminant une réduction totale d'épaisseur ( $e_{2n-3} - e_{2n}$ ) optimale et restant compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir.
2. Procédé de laminage selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on poursuit ainsi la réduction d'épaisseur en deux étapes pour chaque passe jusqu'à ce que l'épaisseur ( $e_{2n}$ ) atteinte à la fin d'une passe ( $P_n$ ) ne risque plus de déterminer un refus d'engagement pour une diminution de l'écartement des cylindres de travail à la passe suivante ( $P_{n+1}$ ) compatible avec la puissance et la force maximales du laminoir et que l'on termine ensuite le laminage de façon normale.
3. Procédé de laminage selon l'une des revendications 1 et 2 caractérisé par le fait que l'on règle à chaque passe l'écartement des cylindres (2, 2') au moyen d'un système (6, 60) de régulation automatique de l'effort de serrage associé à un modèle mathématique (63) programmé de façon à calculer, à chaque passe, la réduction d'épaisseur à effectuer en deux étapes, en fonction de l'effort et de la puissance de laminage possibles et compte tenu des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminoir et du produit et de la nature du métal laminé.
4. Procédé de laminage selon la revendication 3, caractérisé par le fait que le modèle mathématique (63) est programmé de façon à calculer, en fonction de l'état prévisible du produit à chaque

5 passe, compte tenu des épaisseurs atteintes à la passe précédente et du nombre de passes précédemment effectuées, la réduction maximale d'épaisseur possible et le resserrement des cylindres nécessaire à l'entraînement sans risque de refus d'engagement et que, à chaque passe ( $P_n$ ), le produit à laminer ayant, sur la plus grande partie de sa longueur, une épaisseur ( $e_{2n-2}$ ) et, sur sa queue, une épaisseur ( $e_{2n-3}$ ) correspondant à l'engagement dans la passe précédente ( $P_{n-1}$ ), le modèle mathématique (63) détermine tout d'abord, en tenant compte des caractéristiques Physiques et dimensionnelles prévisibles du produit lors de ladite passe ( $P_n$ ) et des capacités du laminoir, l'épaisseur de laminage ( $e_{2n}$ ) au cours de ladite passe ( $P_n$ ) permettant d'obtenir une réduction d'épaisseur maximale ( $e_{2n-3} - e_{2n}$ ) compatible avec la puissance disponible et l'effort possible, et l'écartement ( $e_{2n-1}$ ) des cylindres permettant l'introduction de la tête de la bande sans refus d'engagement, puis le système de régulation (6) commande l'introduction de la bande (5) en réglant l'écartement des cylindres à la valeur d'engagement ( $e_{2n-1}$ ) et, après l'engagement de la tête de la bande, commande le resserrement des cylindres à l'écartement ( $e_{2n}$ ) calculé et le passage à la vitesse de laminage, l'épaisseur ( $e_{2n}$ ) de la bande étant maintenue jusqu'à la fin de la passe ( $P_n$ ).

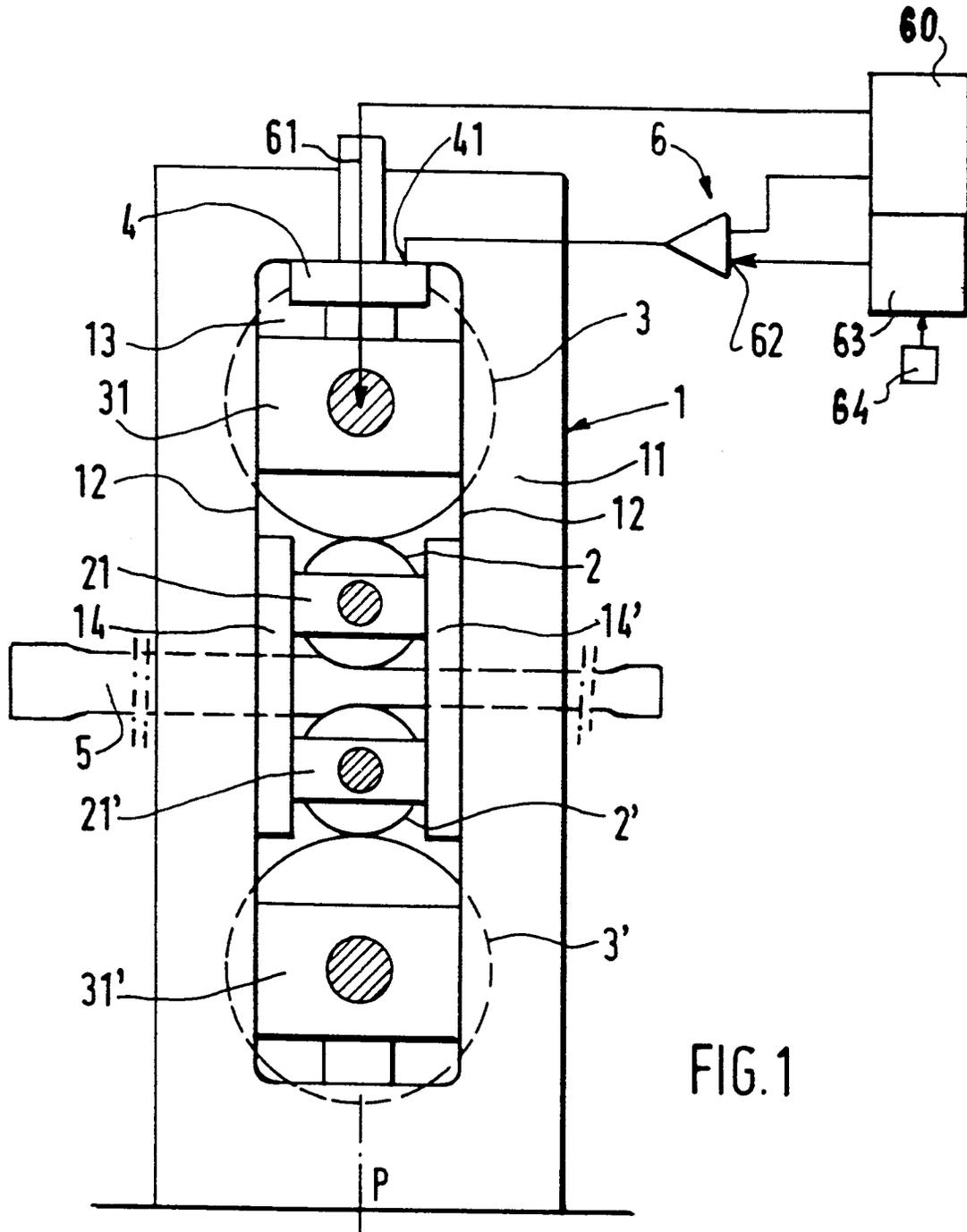


FIG. 1

FIG. 2

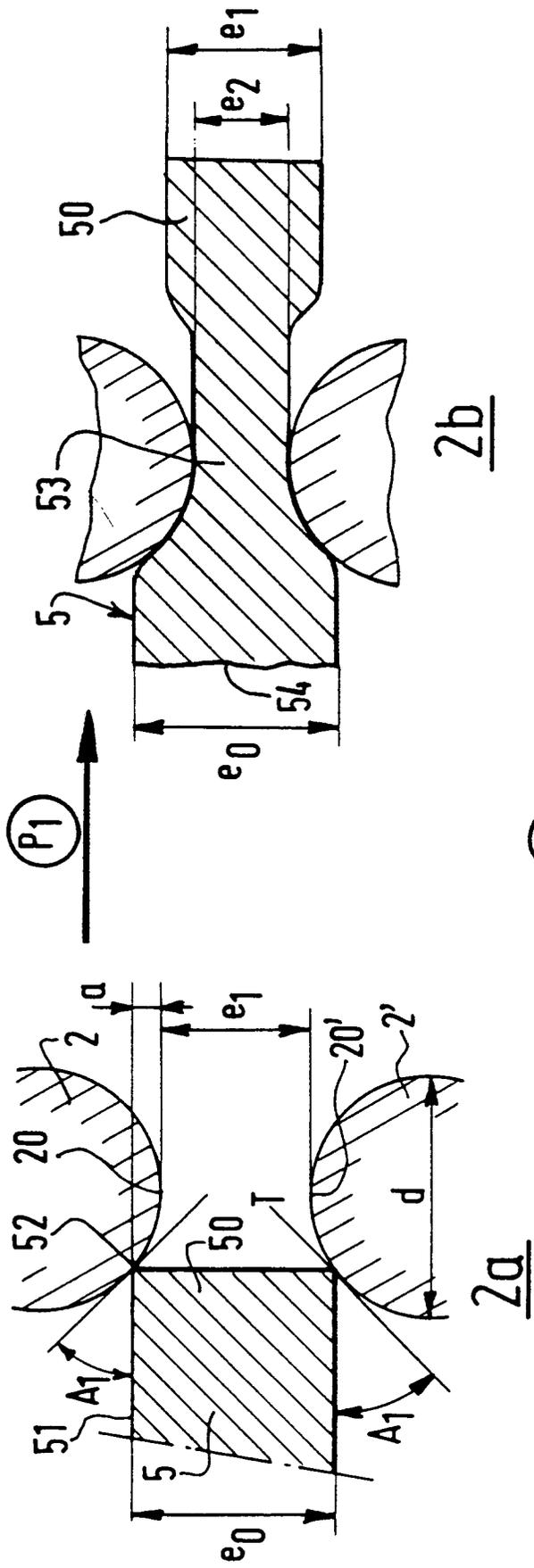
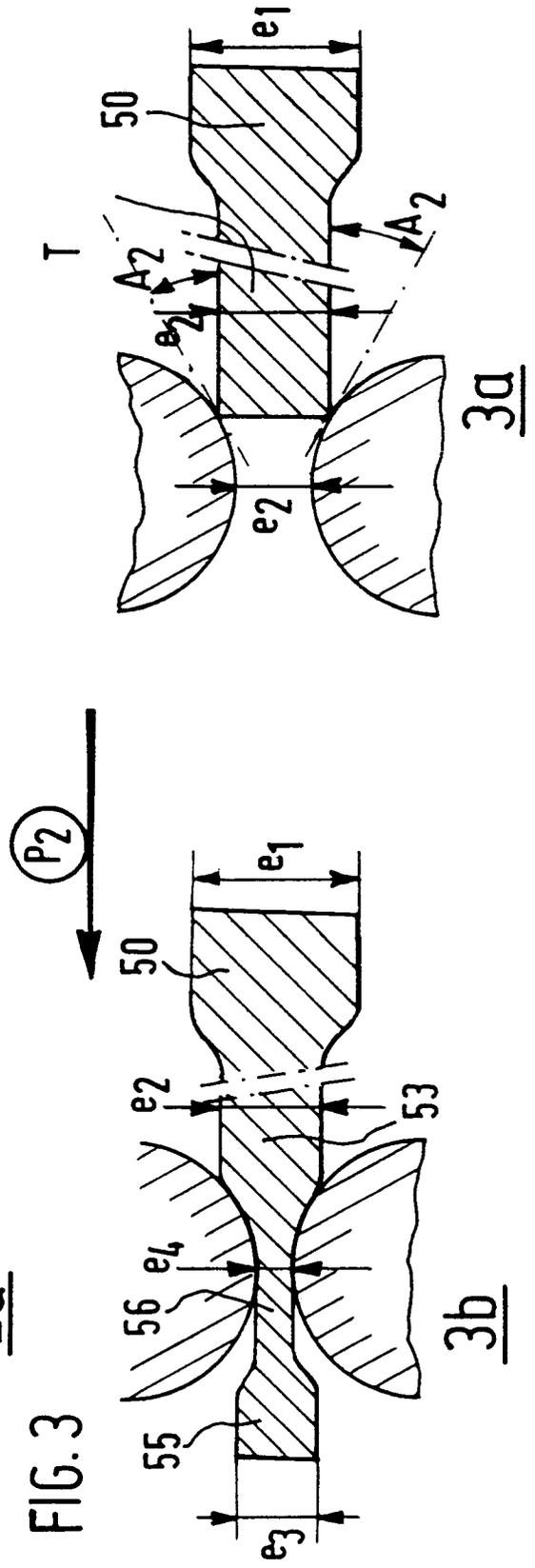


FIG. 3



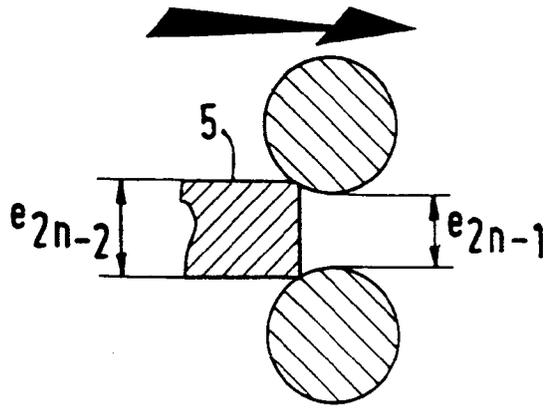


FIG. 4

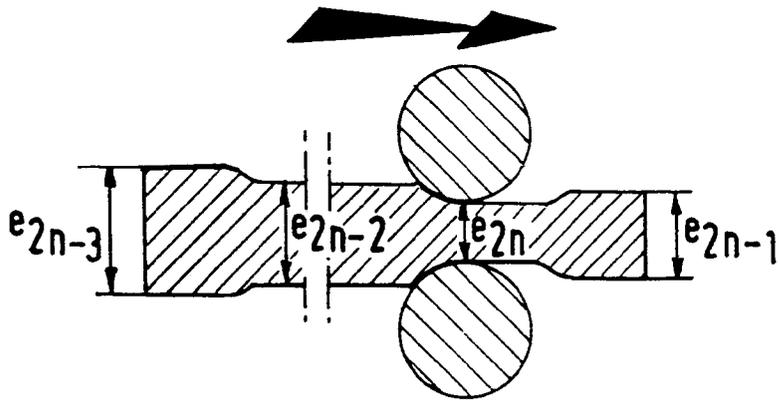
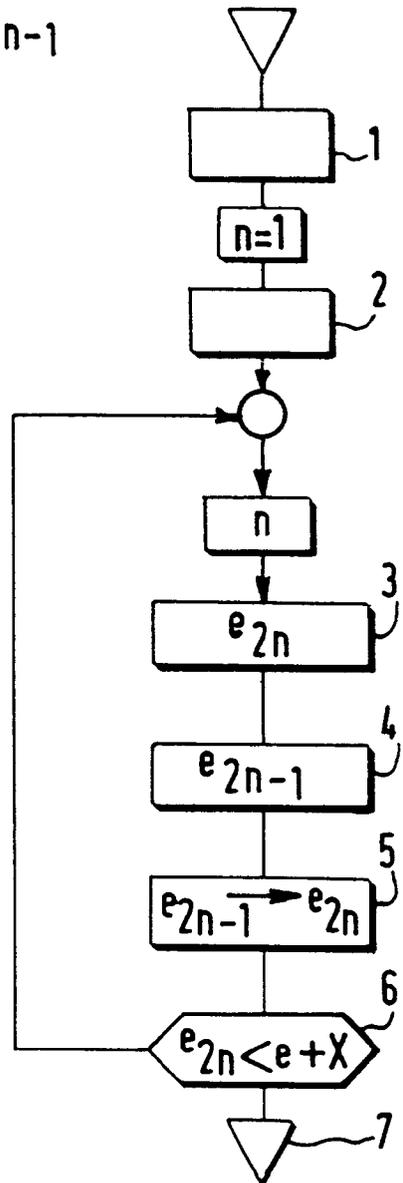


FIG. 5





Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 1892

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)
X	US-A-4 608 850 (BALLANTYNE et al.) * En entier * ---	1-4	B 21 B 1/06 B 21 B 37/14
A	JP-A-56 014 004 (MITSUBISHI JUKOGYO)(10-02-1981) * Figures 1,2 * & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 5, no. 61 (M-65)[733], 24 avril 1981 ---	1-4	
A	JP-A-60 102 208 (KAWASAKI SEITETSU)(06-06-1985) & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 252 (M-420)[1975], 9 octobre 1985 ---		
A	JP-A-61 129 210 (KAWASAKI STEEL)(17-06-1986) & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 10, no. 320 (M-530)[2376], 30 octobre 1986 ---		
A	SU-A- 825 211 (GIPROSTAL METAL INS.)(30-04-1981) & SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, sections General/Mechanical, semaine E06, 24 mars 1982, accession no. 11374E/06, Derwent Publications Ltd, Londres, GB ---		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)  B 21 B
A	SU-A-1 013 006 (TUMANOV N.V.)(23-04-1983) & SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, sections General/Mechanical, semaine 84, 11 avril 1984, accession no. 84-054562/09, Derwent Publications Ltd, Londres, GB --- -/-		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18-10-1991	Examineur ROSENBAUM H. F. J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 1892

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	JP-A-61 027 102 (NIPPON STEEL)(06-02-1986) & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 10, no. 176 (M-491)[2232], 20 juin 1986 ---		
A	JP-A-62 054 505 (NIPPON STEEL)(10-03-1987) & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 11, no. 241 (M-614)[2688], 7 août 1987 ---		
A	US-A-3 177 346 (GREEN) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18-10-1991	Examinateur ROSENBAUM H. F. J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)