

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 652 593 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

03.05.2006 Bulletin 2006/18

(51) Int Cl.:

B21D 3/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05292194.7**

(22) Date de dépôt: **19.10.2005**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Etats d'extension désignés:

AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **22.10.2004 FR 0411316**

(71) Demandeur: **SOCIETE DES ANCIENS
ETABLISSEMENTS L. GEISMAR
F-92200 Neuilly sur Seine (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Huart, Jacques**
59770 Marly (FR)
- **Noel, Gilles**
59294 Haussey (FR)
- **Helle, Thierry**
59880 Sainte Saulve (FR)

(74) Mandataire: **Berger, Helmut**

**Cabinet WEINSTEIN
56 A, rue du Faubourg Saint-Honoré
75008 Paris (FR)**

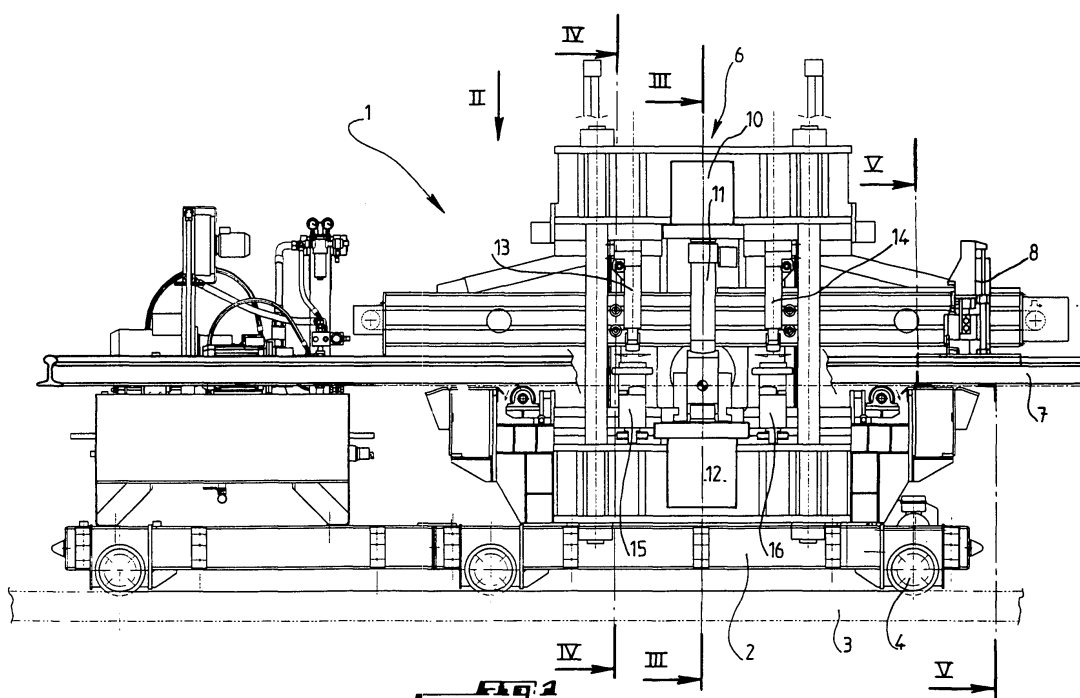
(54) Procédé de redressage de profilés métalliques laminés

(57) L'invention concerne un procédé de redressage de profilés métalliques laminés, à l'aide d'une presse (1) comportant un dispositif de mesure de la rectitude d'un profilé (6) à redresser et d'établissement de la déformée du profilé, et un ensemble de pressage comportant au moins un dispositif de déformation du profilé par flexion, qui comporte au moins trois organes susceptibles de venir en contact avec le profilé.

Ce procédé est caractérisé en ce que l'on amène la

presse (1) à acquérir et traiter automatiquement en temps réel les données concernant la relation entre les forces de pressage exercées par l'outil de pressage sur le profilé (7) et le déplacement de l'outil à cette fin et à appliquer la force de pressage nécessaire pour obtenir la déformée déterminée à partir de ces données, pour réaliser le redressage souhaité du profilé.

L'invention est utilisable pour le redressage de rails de voie ferrée.



EP 1 652 593 A1

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de redressage de profilés métalliques laminés, tels que des rails de voie ferrée, à l'aide d'une presse comportant un dispositif de mesure de la rectitude d'un profilé à redresser et d'établissement de la déformée du profilé, et un ensemble de pressage comportant au moins un dispositif de déformation du rail par flexion dans un plan longitudinal prédéterminé du profilé, qui comporte au moins trois organes susceptibles de venir en contact avec le profilé, dont au moins un est un outil de pressage du profilé ou un organe d'appui sur le profilé et dont les autres sont des organes d'appui ou de pressage.

[0002] Des procédés de ce type et des presses à utiliser à cette fin sont notamment connus pour redresser des rails de voie ferrée. Dans le cadre de ces procédés, c'est un opérateur de la presse qui exécute les différentes opérations consécutives d'un redressage. L'opérateur commande à cette fin les organes actionneurs de la presse par l'intermédiaire de boutons poussoirs, commutateurs et manipulateurs, à partir d'une représentation de la déformée du rail à redresser sur un écran de visualisation. Par conséquent, l'opérateur est seul juge des niveaux de force à appliquer au rail et doit avoir une bonne expérience afin de concilier la qualité et la productivité.

[0003] Or, cette dépendance de la qualification de l'opérateur constitue un inconvénient majeur des procédés et des presses connus.

[0004] La présente invention a pour but de proposer un procédé et une presse qui permettent de pallier à ces inconvénients.

[0005] Pour atteindre ce but, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'on amène la presse à acquérir et traiter automatiquement en temps réel les données concernant la relation entre les forces de pressage exercées par l'outil de pressage sur le profilé et le déplacement de l'outil à cette fin et à appliquer la force de pressage nécessaire pour obtenir la déformée déterminée à partir de ces données, pour réaliser le redressage souhaité du profilé.

[0006] Selon une caractéristique de l'invention, on établit la courbe caractéristique des forces de pressage de l'outil sur le profilé en fonction du déplacement de l'outil dans les domaines de déformation élastique et plastique et valide la condition d'arrêt du processus de redressage pour la réalisation de la déformée résiduelle souhaitée à partir de cette courbe.

[0007] Selon une autre caractéristique de l'invention, l'on détermine la condition d'arrêt du processus de redressage quand la force de pressage atteint une valeur telle que l'écart horizontal entre la position sur l'abscisse qui indique le début de la zone plastique f et la position réelle sur la courbe est égal à la déformation plastique à réaliser.

[0008] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, on mesure la rectitude du profilé à redresser et établit après traitement des données de mesure une courbe de rectitude.

[0009] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, on détermine des zones hors tolérances du profilé à redresser comme étant situées hors d'un couloir de tolérances d'une longueur et d'une hauteur prédéterminées que l'on déplace le long de la courbe avec les points d'extrémité représentatifs de la tolérance zéro glissant sur la courbe.

[0010] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le couloir de tolérances est formé par une règle virtuelle.

[0011] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, avant l'établissement des zones hors tolérances, on effectue une opération de détection et élimination des défauts de la courbe de rectitude en procédant à un filtrage et lissage des données de mesure constituant cette courbe de rectitude.

[0012] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, on établit par calcul des ratios de la section de profilé mesurée en progressant pas à pas d'une extrémité à l'autre de cette section.

[0013] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, un ratio de déformation est établi en faisant glisser une ligne droite dont la longueur correspond à un écartement réel des deux organes de contact extérieur, en maintenant les extrémités de cette droite sur la courbe de rectitude et retient comme ratio la différence des aires algébriques et entre la courbe et la droite au-dessus et en dessous de celle-ci, divisé par le carré de l'écartement.

[0014] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, une valeur de ratio de déformation est établie pour chaque position de la droite précitée pour tous les écartements entre une valeur d'écartement maximale et une valeur d'écartement minimale.

[0015] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, un organe de contact extérieur et l'organe de contact situé entre les organes extérieurs peut constituer une variable à prendre en compte lors du redressage.

[0016] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, la zone à redresser du profilé est choisie comme étant celle présentant un ratio de déformation maximal, avec le point d'application de l'effort de pressage inclus dans une zone hors tolérances.

[0017] La presse de redressage de profilés laminés, selon l'invention, du type comportant un dispositif de mesure de la rectitude du profilé et d'établissement de la déformée de celui-ci, un ensemble de pressage comportant au moins un dispositif de déformation du profilé par flexion dans un plan longitudinal prédéterminé de celui-ci, est caractérisée en ce qu'elle comporte, pour la mise en oeuvre du procédé un dispositif automatique d'acquisition et de traitement des données relatives au profilé à redresser et de calcul de l'opération de redressage selon un logiciel prédéterminé.

[0018] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront

plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue latérale d'une presse de redressage de rails de chemin de fer selon l'état de la technique ;
- la figure 2 est une vue de dessus de la presse selon la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe selon la ligne III-III de la figure 1 ;
- la figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 1 ;
- la figure 5 est une vue en coupe selon la ligne V-V de la figure 1 ;
- la figure 6 illustre la courbe représentative d'une section d'un rail de voie ferrée à redresser, établie par le dispositif de mesure de la rectitude du rail équipant les presses selon les figures 1 à 5, et représentée sur un écran de visualisation ;
- la figure 7 montre la représentation sur l'écran de visualisation de la section de rail selon la figure 6, après une opération de lissage des données de mesure ;
- les figures 8 et 9 illustrent deux phases de l'opération de détermination d'une zone hors tolérance de la section de rail selon la figure 7 ;
- les figures 10 et 11 illustrent l'opération de calcul des ratios de déformation globale de la section de rail selon la figure 7 ;
- la figure 12 illustre quatre phases successives de l'opération de redressage d'un rail, exécutées suite aux opérations représentées sur les figures 6 à 10.

[0019] L'invention sera décrite ci-après, à titre d'exemple non limitatif, dans son application au redressement des rails d'une voie ferrée. A cette fin, on décrira tout d'abord, en se référant aux figures 1 à 5, brièvement, autant que cela est nécessaire pour la compréhension de l'invention, la structure générale d'une presse de redressage des rails de voie ferrée qui permet la mise en oeuvre du procédé selon l'invention et qui comporte à cette fin certaines caractéristiques nouvelles et spécifiques qui ressortiront de la description faite ensuite, du procédé proprement dit.

[0020] La presse de redressage qui est une presse hydraulique, est notamment destinée à redresser horizontalement et verticalement soit les extrémités des rails courts, soit les joints soudés réalisés entre deux rails courts pour obtenir des rails longs soudés. C'est cette dernière application qui sera décrite, sans que cela ne soit limitatif.

[0021] Cette presse qui est désignée sur les figures par le numéro de référence général 1, est montée sur une plateforme 2 susceptible de se déplacer sur des rails 3 à l'aide d'essieux 4. La presse 1 comporte essentiellement un ensemble 6 de pressage d'un rail à redresser indiqués en 7, qui est disposé dans la partie centrale de la presse, un dispositif de mesurage 8 des rails à traiter et des moyens de déplacement de rail 7 à travers la machine, dans un plan horizontal. Ces moyens ne sont pas représentés spécifiquement.

[0022] L'ensemble de pressage 6 comprend un dispositif de redressage du rail dans un plan vertical, qui comporte un vérin vertical supérieur 10 destiné à actionner un marteau 11 constituant l'outil de pressage et qui est verticalement mobile, un vérin vertical inférieur 12 disposé verticalement en-dessous du vérin supérieur 10 et du marteau 11, et, de part et d'autre des vérins, dans la direction longitudinale du rail, deux ablots mobiles supérieurs articulés 13 et 14 et deux ablots mobiles inférieurs 15, 16. Les ablots supérieurs et inférieurs sont disposés respectivement au-dessus et en-dessous du rail 7 et destinés à retenir le rail lors du redressage.

[0023] L'ensemble de pressage 6 comporte encore un dispositif de redressage horizontal du rail 7, qui comprend un organe 18 d'appui horizontal du rail, appelé main de fer situé au niveau des vérins verticaux 10 et 12 et auquel est associé un vérin hydraulique horizontal d'actionnement 19, et deux organes de main de fer 20, 21 de retenue horizontale du rail 7, chacun disposé au niveau des ablots mobiles inférieurs 15 et 16.

[0024] Le dispositif 8 de mesurage de la rectitude des rails à redresser 7 comporte essentiellement un chariot de mesure 21 (figure 5) pourvu d'un capteur laser vertical 22, qui est disposé dans le plan vertical de symétrie du rail 7 pour mesurer la rectitude du rail dans son plan vertical et, de part et d'autre du champignon de rail 23, dans le même plan horizontal, deux capteurs laser 24, 25 destinés à mesurer la rectitude de rail dans son plan horizontal.

[0025] Le chariot de mesurage 21 est déplaçable le long d'un dispositif de guidage horizontal 26, qui est monté fixe sur la structure de la presse.

[0026] Après la description de la structure générale de la presse de redressage 1 de rail 7, on décrira ci-après le déroulement du procédé de redressage d'un rail à l'aide de la presse 1. La description du procédé se limitera au redressage du rail dans le plan vertical. Bien entendu, après le redressage vertical, l'invention prévoit également, si cela s'avère nécessaire, un redressage dans le plan horizontal dont les différentes opérations et étapes correspondent à celles du redressage vertical qu'on décrira ci-après.

[0027] Ce procédé comporte une première phase de mesure de la rectitude d'une section du rail. La rectitude est mesurée par le chariot de mesure 21 en effectuant une acquisition continue des signaux par l'intermédiaire des capteurs laser 22, 24 et 25. L'acquisition des valeurs de mesure est effectuée automatiquement lors de la course du chariot sur la section de rail correspondant à la position de la presse le long de son dispositif de guidage horizontal 26, sous la

commande d'un équipement informatique approprié, agissant selon un logiciel de mesurage, conformément à l'invention. Le dispositif de mesurage établit par calcul de moyenne algébrique sur un nombre prédéterminé d'échantillons l'allure de la section de rail considérée. Puis on procède à une mémorisation, par exemple à chaque millimètre. La position absolue du chariot est donnée par un codeur incrémental et une barrière laser fixée à la poutre de mesurage.

[0028] Le dispositif de mesurage représente l'allure de la section de rail considérée sur un écran de visualisation, sous forme d'une courbe CR, comme on le voit sur la figure 6. Cette courbe indique sur la longueur de la section, les écarts du rail, c'est-à-dire la déformée, de l'axe de référence R représentatif de l'écart zéro sur la longueur de la section.

[0029] Or, la section de rail peut présenter des défauts locaux de rectitude tels que par exemple des endroits auxquels deux rails courts ont été soudés l'un à l'autre pour la réalisation d'un rail long. Ces défauts locaux se manifestent sous forme de variations brutales de la concavité de la courbe de rectitude CR comme on le voit par exemple à l'endroit S indiqué par une ligne en traits interrompus, qui pourrait être un cordon de soudure. Plus précisément, un défaut local est considéré comme présent lorsque deux variations successives et symétriques sont repérées dans une zone de faible longueur.

[0030] Une deuxième phase du procédé selon l'invention réside dans la détection et l'élimination mathématique des défauts constatés par une analyse mathématique à partir des données de la mesure de rectitude.

[0031] Chaque défaut repéré est éliminé en effectuant un remplacement de la zone concernée par un segment linéaire. Les données qualitatives de chaque défaut sont conservées pour avoir une traçabilité du rail. La figure 6 illustre l'élimination du défaut S de la manière qui vient d'être indiquée.

[0032] Au cours d'une troisième phase, on procède à une extraction et à un filtrage des données de mesure de la rectitude. A cette fin, les données brutes de mesure sont filtrées pour éliminer des petites irrégularités de la courbe. Puis on effectue un lissage. Les données de mesure filtrées sont à cette fin extraites par échantillonnage selon des pas prédéterminés, par exemple tous les centimètres. Ainsi, sur une section de mesure d'une longueur de 3000 millimètres, on retient ainsi 300 pas.

[0033] Le filtrage et le lissage des données de mesure permettent de conserver la forme globale de la rectitude tout en évitant les variations locales faibles et moyennes. Le résultat est représenté sur la figure 7.

[0034] Au cours d'une quatrième phase, on détermine les zones hors tolérances de la section de rail qui vient d'être soumise aux phases de mesurage, filtrage et lissage. A cette fin, on examine si la courbe CR représentative de la forme du rail sort d'un couloir de tolérances. Un couloir de tolérances est caractérisé par sa longueur et sa hauteur, qui sont choisies en fonction des qualités de rectitude souhaitées du rail.

[0035] Comme le montrent les figures 8 et 9, la détermination des zones hors tolérances est effectuée en posant une règle virtuelle 28 d'une longueur et d'une hauteur prédéterminées qui représentent respectivement la longueur et la hauteur du couloir de tolérances précité et en déplaçant cette règle le long de la totalité de la courbe CR selon un pas de valeur constant, les deux extrémités 29, 30 de la règle se trouvant toujours sur la courbe de rectitude, comme on le voit sur la figure 8. Comme l'illustre la figure 9, on considère comme étant hors tolérances les parties de la courbe de rectitude et ainsi du rail qui dépassent le bord longitudinal supérieur 31 de la règle, comme la partie hachurée notée 32. A chaque position de la règle, on établit s'il y a des parties estimées hors tolérance et, dans l'affirmatif, on les mémorise.

[0036] Dans le cas d'exemples, l'opération de détermination des zones hors tolérance, tels que décrit ci-dessus, a permis d'établir une zone hors tolérance HT, qui s'étend de l'endroit de début D à l'endroit de fin F. La détermination de cette zone hors tolérance a été décrite ci-dessus et illustrée en ne prenant en compte que les tolérances positives. Bien entendu, l'exécution de cette quatrième étape implique également la prise en compte des tolérances négatives. Dans le cas d'une règle virtuelle utilisée à cette fin, la ligne de base de la règle représentée, dont les points d'extrémité 29 et 30 glissent sur la courbe CR constituerait alors la ligne de référence zéro entre la ligne de tolérance positive et de la ligne de tolérance négative.

[0037] A la phase de détermination des zones hors tolérance succède une cinquième phase consacrée au calcul des ratios de déformation globale. Au cours de cette phase, on calcule sur toute la longueur de la section du rail mesurée des ratios de déformation. Pour simplifier la description de cette opération, on se réfère aux figures 10 et 11 qui présentent une forme de courbe A plus simple. Comme on le voit sur ces figures, on établit successivement, en progressant pas à pas sur la courbe de rectitude CR, pour chaque pas, des ratios de déformation pour les différents écarts e possibles entre une valeur d'écart minimale $e_{\min}$ (figure 10) et une valeur d'écart maximale $e_{\max}$ (figure 11) des deux ablots du dispositif de pressage considéré. Les positions des ablots gauche et droit sont indiquées sur les figures 10 et 11 par les points 29 et 30. Le petit cercle au milieu des deux ablots représente la position du point p d'application de la force de pressage.

[0038] Ainsi, dans chaque position p , on détermine le ratio pour chaque écartement e , centré sur p entre les valeurs d'écart maximal $e_{\max}$ et minimale $e_{\min}$. Pour chaque position et chaque écart e , on établit l'aire algébrique entre la courbe de rectitude CR et la droite joignant les points d'appui sur la courbe selon l'équation :

$$A(p, e) = A^+ - A^-$$

[0039] Le ratio pour une position p et un écart e donné est déterminé selon l'expression :

$$R(p, e) = \frac{|A(p, e)|}{e^2}$$

[0040] La valeur du ratio R est toujours positive et donne l'indication de la déformation sans précision du sens de déformation qui pourrait être un creux ou une bosse.

[0041] A titre d'exemple, en se reportant à la figure 11, dans la position P_0 , la droite reliant les deux points d'appui (tel que défini sur la figure 10) sur la courbe de rectitude délimite avec celle-ci à gauche une aire négative A^- et à droite une aire positive A^+ puisque ces deux aires se trouvent respectivement en-dessous et au-dessus de la droite.

[0042] Le résultat final de cette phase de calcul est inscrit dans un tableau tel que le Tableau I ci-dessous qui comporte pour chaque écart $e(1)$, $e(2)$... $e(m)$ et chaque position $p(1)$, $p(2)$... $p(n)$ la valeur de ratio R (p, e) correspondante.

Tableau I

R(p,e)	e(1)	e(2)	...	e(m-1)	e(m)
p(1)					
p(2)					
...					
p(n-1)					
p(n)					

[0043] La phase six qui suit concerne le choix de la zone à redresser, de la section de rail mesurée. Cette zone est sélectionnée suivant deux critères, à savoir le ratio R(p,e) maximal et le point d'application de l'effort à effectuer par l'outil de pressage, dans une zone hors tolérances établie au cours de la phase 4. Le ratio R(p,e) maximal ainsi que les points d'appui et la position p du marteau de pressage, c'est-à-dire du point d'application de l'effort de pressage, qui sont associés à cette valeur R maximale se déduisent directement du Tableau I. Bien entendu, la distance d'un ablot de l'outil pourrait être différente de la distance de l'outil de l'autre ablot et constituer donc une variable à traiter d'une façon analogue à l'écart susmentionné.

[0044] Au cours de la septième phase, on détermine la déformation plastique à réaliser pour conférer à la zone hors tolérances de la section de rail mesurée la rectitude souhaitée. La valeur de déformation plastique d est calculée à partir des éléments déterminés lors de la sixième phase de sélection de la zone à redresser, modulée par les paramètres du couloir de tolérance et optionnellement, par le choix d'une forme de rectitude finale, c'est-à-dire selon l'équation suivante :

$$d = \left(Y_t * \left(\frac{e}{L_t} \right) \right) - \left(\frac{Y_g - Y_d}{2} \right) + \left(\frac{H_t}{2} * C_f \right)$$

avec :

Y_t = ordonnée du milieu du couloir de tolérances
 e = écartement des points d'appui
 L_t = Longueur du couloir de tolérances
 Y_g = ordonnée du point d'appui gauche
 Y_d = ordonnée du point d'appui droit
 H_t = hauteur du couloir de tolérances
 C_f = coefficient de forme compris dans l'intervalle [-1 ; +1]

- 1 pour déplacer la déformation résultante vers le bas du couloir de tolérances
- +1 pour déplacer la déformation résultante vers le haut du couloir de tolérances.

[0045] Le coefficient de forme est utilisé pour moduler l'état final de rectitude afin d'obtenir une forme optimale pour le traitement éventuel après redressage. Ainsi le rail pourrait être volontairement "bombé" afin d'optimiser la qualité d'une opération de meulage ultérieur.

[0046] Après la détermination de la déformation plastique à réaliser, on procède, au cours d'une huitième phase, au redressage de la zone hors tolérances de la section de rail mesurée. Le processus du redressage est un cycle constitué par une succession d'une pluralité d'étapes de travail, à savoir une étape de sortie de l'outil de pressage, d'approche à vide du rail, de mise en contact de l'outil avec le rail et d'une partie de cycle caractérisée par la répétition d'une séquence de trois étapes de travail successives, que sont le chargement du rail et/ou un contrôle simultané de la déformée résiduelle en travaillant dans la zone de déformation élastique, le chargement à vitesse constante en zone de déformation plastique du rail, puis le déchargement.

[0047] En se référant à la figure 12, on décrira ci-après plus en détail les différentes étapes du cycle de redressage, qui viennent d'être énoncées. Cette figure 12 illustre la relation entre la pression hydraulique P générant l'effort de pressage indiquée sur l'ordonnée et le déplacement X de l'outil indiquée sur l'abscisse, dans différentes situations de travail.

[0048] La figure 12 illustre tout d'abord les trois premières étapes du cycle de redressage, à savoir les étapes de sortie de l'outil de pressage et du déplacement à vide, toutes les deux indiquées par la référence a, et l'étape de mise en contact de l'outil avec le rail, indiquée par la référence b. On constate que, pendant les deux premières étapes, sortie de l'outil de pressage puis déplacement à vide, la pression P peut-être assimilée à une constante. L'étape de sortie a pour but de s'affranchir des perturbations des signaux de pression et de position, liées à l'utilisation de certains composants et à garantir la stabilité des informations de contrôle. Dans le cas où la stabilité des signaux ne serait pas validée, le cycle de redressage est interrompu. L'étape de mise en contact b est caractérisée par une concavité spécifique de la courbe de pression/déplacement.

[0049] La figure 12 illustre aussi l'étape de chargement du rail par l'outil dans la zone de déformation élastique c du rail, qui est caractérisée par le fait que la courbe est sensiblement rectiligne et fait suite à la zone b.

[0050] Comme on le voit sur la figure 12, la zone de déformation plastique notée f qui suit se caractérise par le fait que la courbe pression/déplacement présente une allure convexe, c'est-à-dire la courbe dévie de la courbe assimilable à une droite définissant la zone élastique c. Comme on le comprendra plus loin, l'estimation de la déformée plastique est définie et calculée à partir de l'écart horizontal entre la position sur l'abscisse qui indique le début de la zone plastique f et la position réelle sur la courbe. L'étape de chargement s'achève à l'obtention de la déformation souhaitée d établie lors de la 7^{ème} phase.

[0051] La zone de retour élastique g correspondant à l'étape de déchargement consiste en un retour contrôlé de l'outil de pressage en assurant que l'outil soit toujours en contact avec le rail. La figure 12 illustre enfin, l'étape de contrôle de la déformée résiduelle par rechargement élastique. Ce chargement se fait selon une courbe assimilable à une droite h qui présente la même pente que la partie élastique initiale c. La distance horizontale des deux parties droites c et h représente la déformation plastique du rail que l'outil a réalisé. Par conséquent, pour obtenir la déformation souhaitée d, il fallait donc aller sur la portion de courbe f jusqu'à la pression P_{max} .

[0052] Après la description du déroulement de la phase de pressage, on comprend que le contrôle de la déformée résiduelle n'est réalisé qu'à partir d'une deuxième séquence de chargement, après la première séquence de déformation plastique. S'il s'avère que la déformation souhaitée n'est pas encore totalement réalisée lors de la première étape de chargement, l'invention prévoit que l'étape de contrôle de la déformée se poursuive en une nouvelle étape de chargement.

[0053] Durant toute cette succession d'étapes et de séquences énoncées ci-dessus, un logiciel approprié assure l'acquisition en continu de la pression de pressage et de la position de l'outil de pressage pour obtenir un ensemble de variables de calcul qui permettent de suivre la déformation du rail et de détecter la transition entre les phases selon l'équation :

$$TDP(x) = \frac{4 * (DP(x) - DP(x-1)) + 3 * (DP(x) - DP(x-2)) + 2 * (DP(x-1) - DP(x-3)) + (DP(x-2) - DP(x-3))}{15}$$

avec :

- x : position,
- P(x) : pression à la position x,
- DP(i) : delta-pression à la position i, Variation de pression avec la position précédente,

TDP(x) : tendance delta-pression à la position x, Résultat d'un polynôme de calcul sur la variable précédente delta-pression.

[0054] Dans cette équation TDP(x), les termes DP(x) constituent la delta-pression mesurée à la position x, tandis que les termes DP(x-1), DP(x-2) et DP(x-3) constituent les valeurs mesurées aux trois positions précédentes. En établissant les différents éléments dont chacun constitue une mise en relation de deux valeurs DP établies à des positions différentes, et en multipliant chaque élément d'un facteur approprié, à savoir les facteurs respectivement 4, 3, 2, 1 et en choisissant comme diviseur la somme de ces facteurs, à savoir le nombre 15, on constate que dans la partie linéaire de la courbe, si la valeur delta DP prise entre deux positions adjacentes est égale par exemple à la valeur k, la tendance delta-pression TDP(x) est également égale à 15 et ne varie pas tant que l'on reste dans la partie linéaire de la courbe.

[0055] L'établissement de la tendance delta-pression TDPn(x) permet de constater la prise de contact de l'outil de pressage avec le rail dans la mesure où, à cet instant de temps, le seuil de n valeurs de delta-pression successives dépassant un écart minimal est atteint. Cette position correspond à la zone de montée en pression b. Le début de la zone élastique c est constaté lorsque la courbe pression/déplacement peut être assimilée à une droite, c'est-à-dire lorsque la tendance de la delta-pression reste constante. La courbe pression/déplacement entre dans la zone plastique lorsque cette courbe perd sa caractéristique linéaire et prend une convexité détectée par la décroissance sur n échantillons successifs de la valeur delta-pression.

[0056] A partir des positions de début et fin de la zone élastique, le logiciel calcule la pente idéale correspondant à la zone élastique réelle. L'écart entre la droite représentative de la zone élastique et la courbe dans la zone plastique donnent la déformation plastique résiduelle. A tout instant, le début de la zone plastique peut être réajusté si la convexité de la courbe pression/déplacement est perdue. A chacun des réajustements de la zone plastique correspond un recalcul du coefficient directeur de la droite de caractéristique élastique, à savoir de la pente, et également de la déformation plastique résiduelle à atteindre.

[0057] Il est à noter que la déformation plastique résiduelle partielle est calculée avant le réajustement de la zone plastique puis mémorisée pour cumul. En d'autres termes, la déformation plastique résiduelle totale correspond à l'ensemble des déformations plastiques résiduelles partielles détectées durant le cycle complet de redressage. La déformation plastique résiduelle totale correspond à la somme des déformations plastiques résiduelles partielles détectées pendant le cycle.

[0058] Il ressort de la description de l'invention qui vient d'être faite, que le procédé selon l'invention, qui permet un déroulement automatique du processus de redressage, présente des avantages considérables par rapport à l'état de la technique. Tout d'abord, il n'y a plus nécessité de la présence d'un opérateur. D'autre part, la gestion automatique du cycle de pressage permet d'appliquer l'effort juste, nécessaire à la correction du défaut, et limite ainsi au minimum les contraintes internes auxquels le matériau du rail est exposé. La gestion automatique du cycle supprime en outre le risque d'erreurs humaines et réduit au minimum le temps du cycle de pressage.

[0059] L'invention repose sur l'acquisition et le traitement en temps réel du couple effort/déplacement mis en oeuvre par flexion élasto-plastique contrôlée. Le traitement de données permet l'identification et l'utilisation du comportement intrinsèque du matériau, indépendamment du produit traité, dans le but de détecter la transition entre le domaine élastique et le domaine plastique, caractérisé par une rupture de pente de la courbe effort/déplacement et ceci afin de prédire fidèlement la déformation plastique effective après libération. Outre la gestion des phases de pressage, le procédé permet de réaliser entre chaque phase de pressage la mesure et l'analyse des déformées du produit et détermine le positionnement optimal des points d'appui.

[0060] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation de l'invention qui vient d'être décrit et est représenté aux figures. L'invention couvre tous les procédés et presses qui permettent l'automatisation des phases de mesurage et de pressage horizontal et vertical dans le but d'assurer la rectitude d'un produit laminé.

[0061] La presse et le procédé peuvent être modifiés de multiples manières, sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, il n'est pas obligatoire d'utiliser pour un redressage dans un plan un outil de pressage et deux ablots. On pourrait aussi utiliser deux outils et un ablot ou encore une autre configuration d'outils et ablots d'appui.

[0062] Certes, l'invention est avantageusement utilisable pour la fabrication de rails, mais concerne, de façon générale, le redressage ou remise en forme de barres, tubes et profilés métalliques.

Revendications

1. Procédé de redressage de profilés métalliques laminé, tels que des rails de voie ferrée, à l'aide d'une presse comportant un dispositif de mesure de la rectitude d'un profilé à redresser et d'établissement de la déformée du profilé, et un ensemble de pressage comportant au moins un dispositif de déformation du rail par flexion dans un plan longitudinal prédéterminé du profilé, qui comporte au moins trois organes susceptibles de venir en contact avec le profilé, dont au moins un est un outil de pressage du profilé ou un organe d'appui sur le profilé et dont les

autres sont les organes d'appui ou de pressage, **caractérisé en ce que** l'on amène la presse (1) à acquérir et traiter automatiquement en temps réel les données concernant la relation entre les forces de pressage exercées par l'outil de pressage sur le profilé (7) et le déplacement de l'outil à cette fin et à appliquer la force de pressage nécessaire pour obtenir la déformée déterminée à partir de ces données, pour réaliser le redressage souhaité du profilé, et **en ce que** l'on établit la courbe caractéristique des forces de pressage de l'outil sur le profilé en fonction du déplacement de l'outil dans les domaines de déformation élastique et plastique et valide la condition d'arrêt du processus de redressage pour la réalisation de la déformée résiduelle souhaitée à partir de cette courbe.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on détermine la condition d'arrêt du processus de redressage quand la force de pressage atteint une valeur telle que l'écart horizontal entre la position sur l'abscisse qui indique le début de la zone plastique (f) et la position réelle sur la courbe est égal à la déformation plastique à réaliser (d).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on mesure la rectitude du profilé (7) à redresser et établit après traitement des données de mesure une courbe de rectitude (CR).

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on détermine des zones hors tolérances du profilé à redresser comme étant situées hors d'un couloir de tolérances d'une longueur et d'une hauteur prédéterminées que l'on déplace le long de la courbe avec les points d'extrémité représentatifs de la tolérance zéro glissant sur la courbe.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le couloir de tolérances est formé par une règle virtuelle (28) .

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce qu'**avant l'établissement des zones hors tolérances, on effectue une opération de détection et élimination des défauts de la courbe de rectitude (CR) en procédant à un filtrage et lissage des données de mesure constituant cette courbe de rectitude.

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** l'on établit par calcul des ratios $R(p,e)$ de la section de profilé mesurée en progressant pas à pas d'une extrémité à l'autre de cette section.

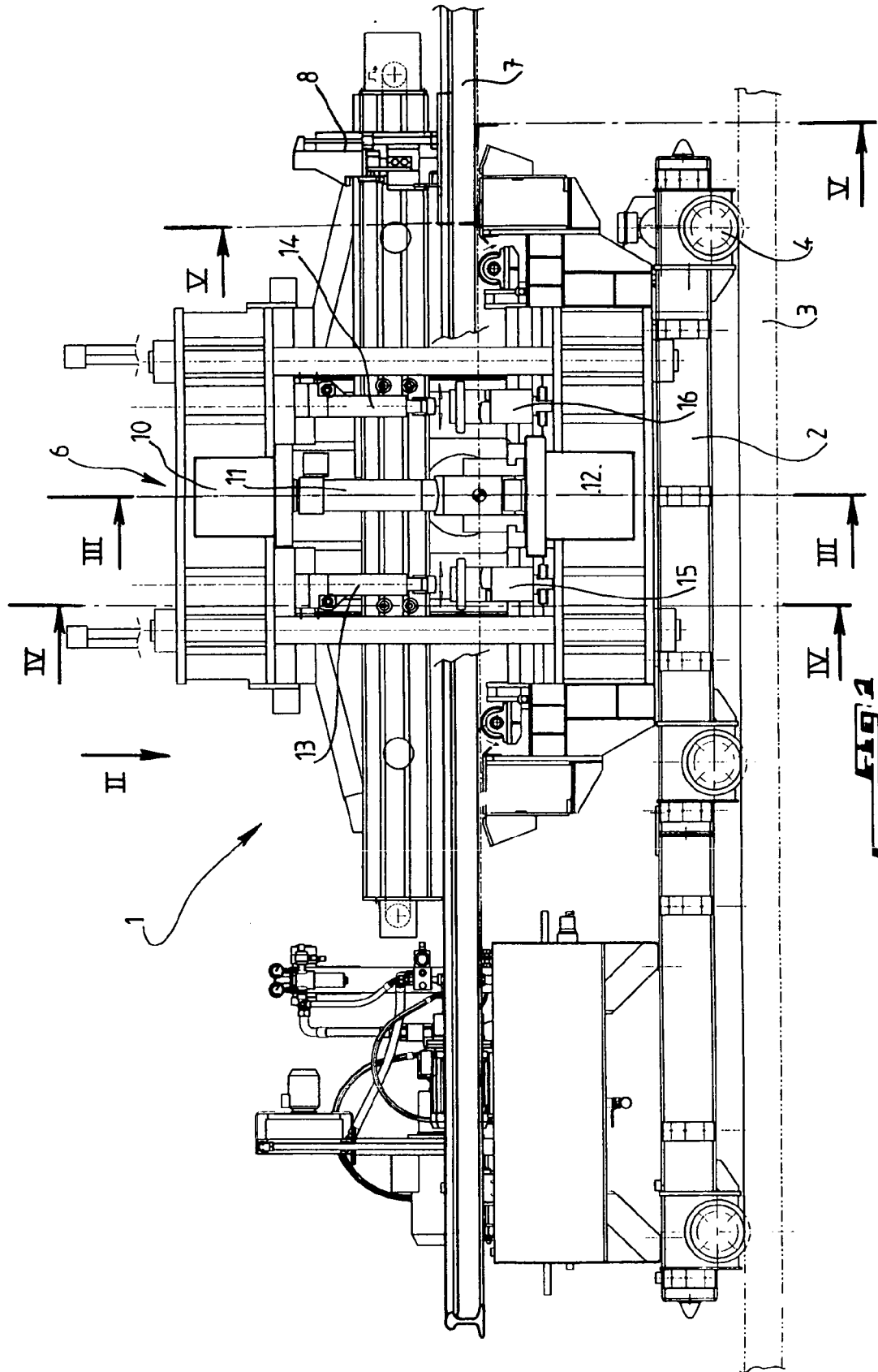
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**un ratio de déformation $R(p,e)$ est établi en faisant glisser une ligne droite dont la longueur correspond à un écartement (e) réel des deux organes de contact extérieurs, en maintenant les extrémités de cette droite sur la courbe de rectitude (CR) et retient comme ratio la différence des aires algébriques (A^+) et (A^-) entre la courbe et la droite au-dessus et en dessous de celle-ci, divisé par le carré de l'écartement e.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'**une valeur de ratio de déformation est établie pour chaque position de la droite précitée pour tous les écartements (e) entre une valeur d'écartement maximale ($e_{\max}$) et une valeur d'écartement minimale ($e_{\min}$) .

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la distance entre un organe de contact extérieur et l'organe de contact situé entre les organes extérieurs peut constituer une variable à prendre en compte lors du redressage.

11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la zone à redresser du profilé est choisie comme étant celle présentant un ratio de déformation maximal, avec le point d'application de l'effort de pressage inclus dans une zone hors tolérances.

12. Presse de redressage de profilés laminés du type comportant un dispositif de mesure de la rectitude du profilé et d'établissement de la déformée de celui-ci, un ensemble de pressage comportant au moins un dispositif de déformation du profilé par flexion dans un plan longitudinal prédéterminé de celui-ci, **caractérisée en ce qu'**elle comporte, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 11, un dispositif automatique d'acquisition et de traitement des données relatives au profilé à redresser et de calcul de l'opération de redressage selon un logiciel prédéterminé.



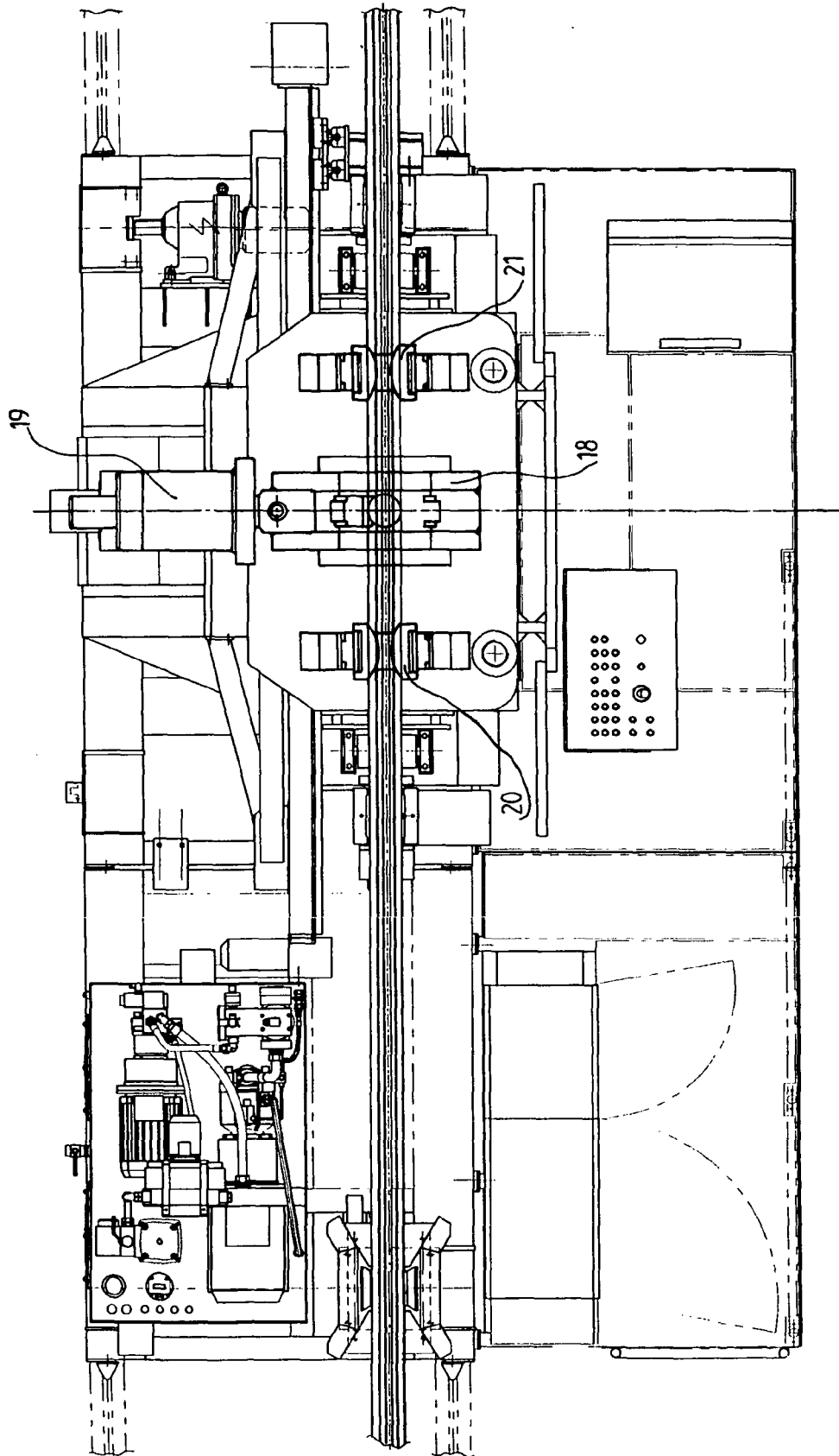
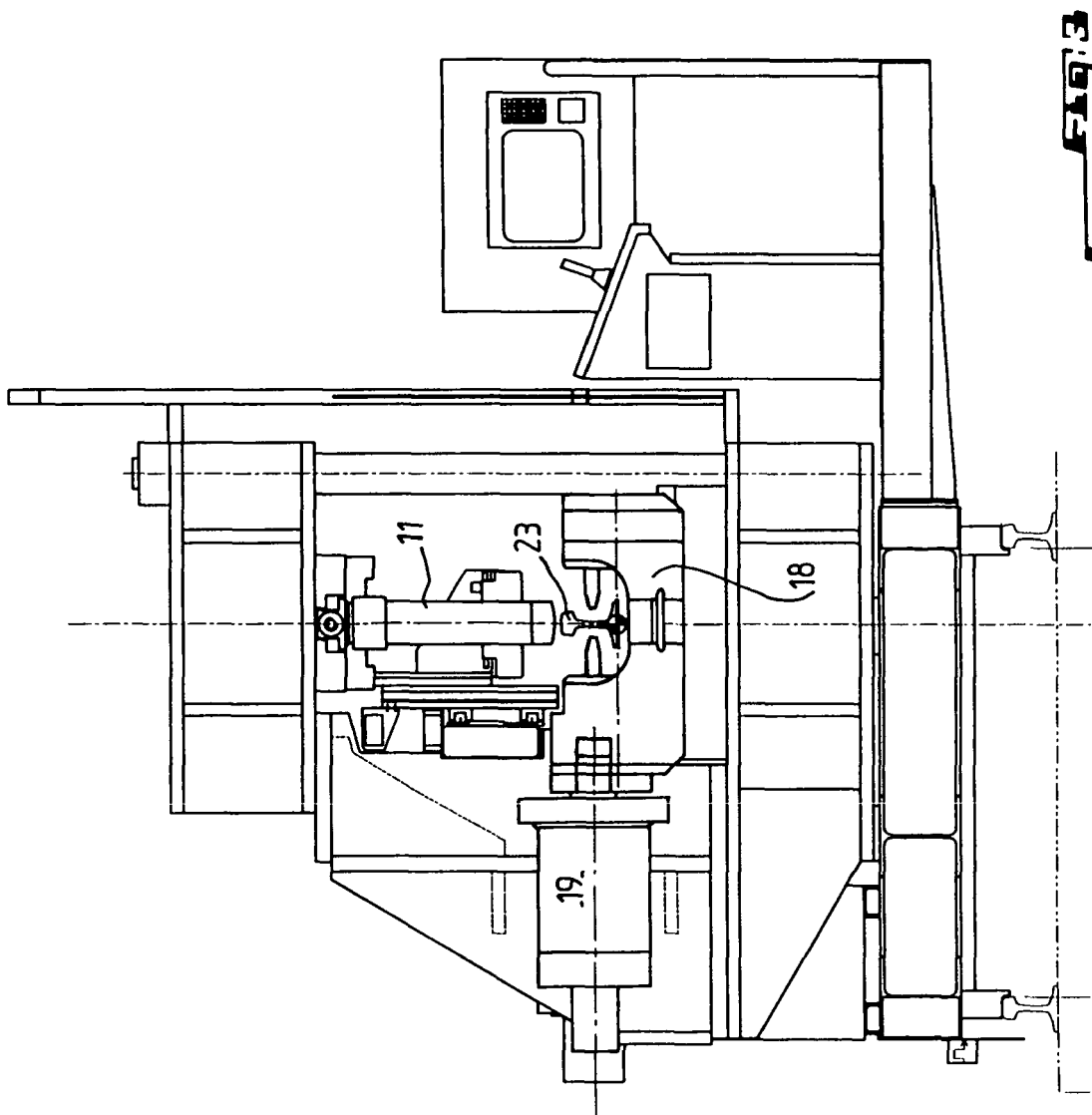


Fig. 2



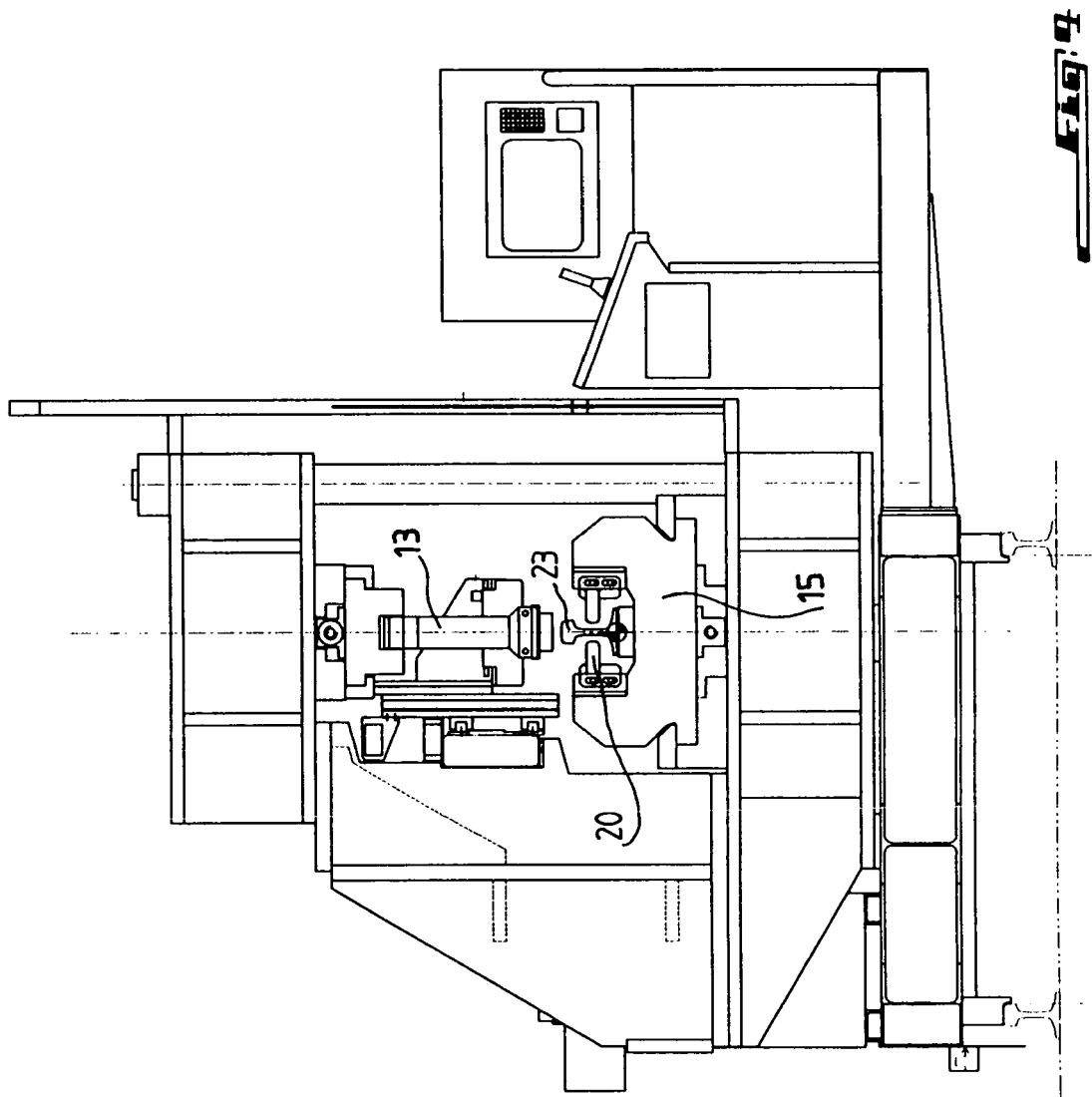


Fig. 9

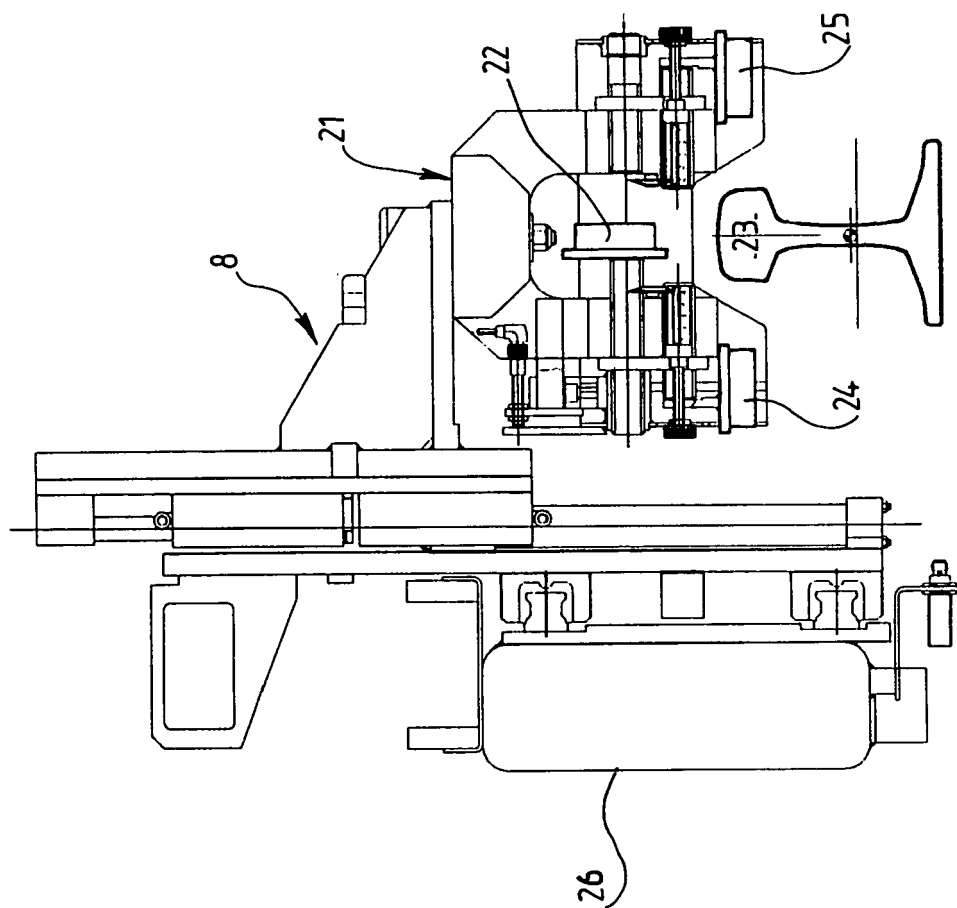


FIG. 5

FIG. 6

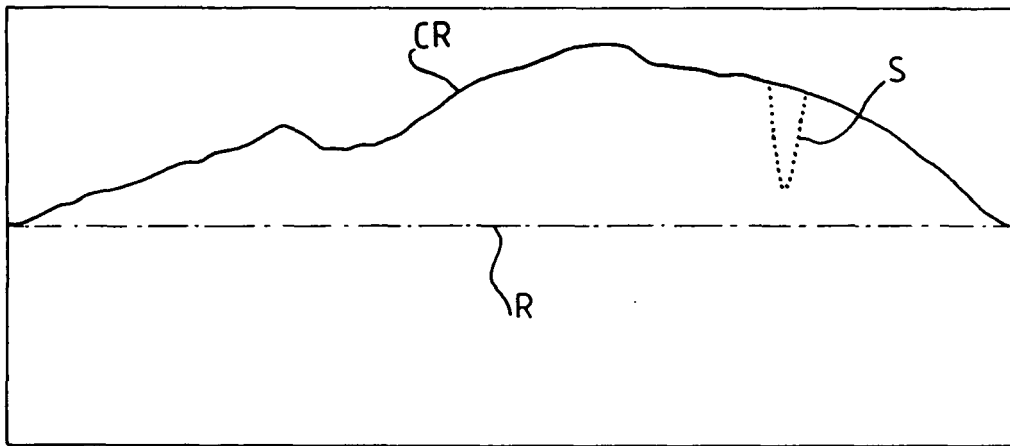


FIG. 7

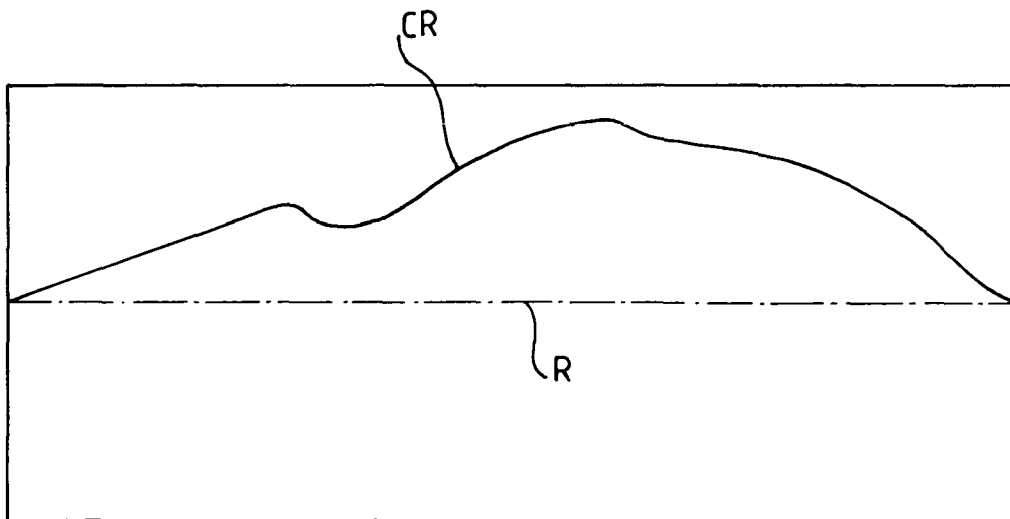


FIG. 8

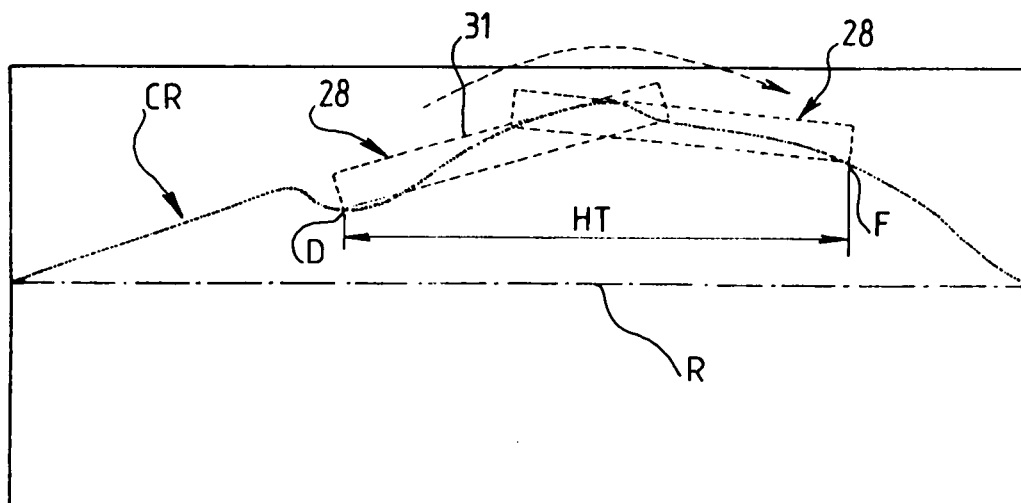


FIG. 9

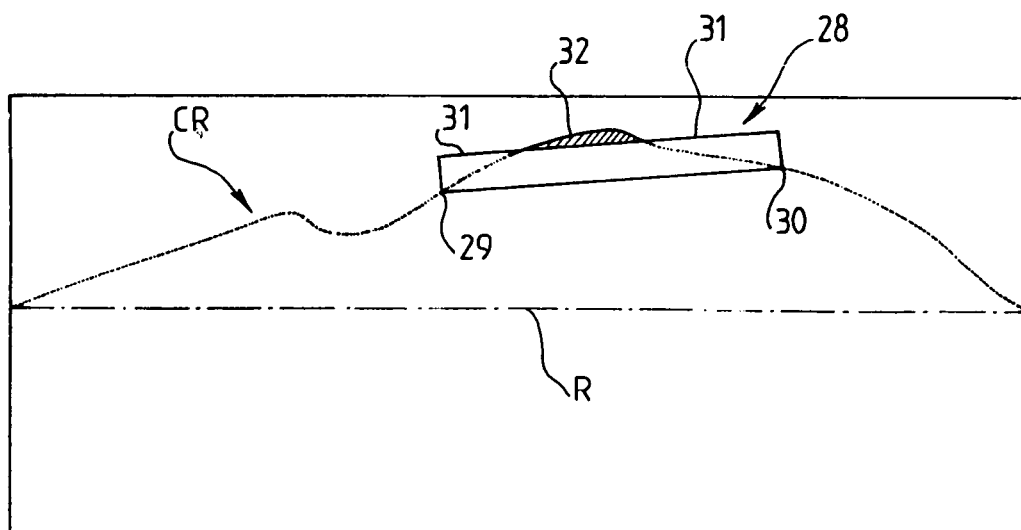


Fig. 10

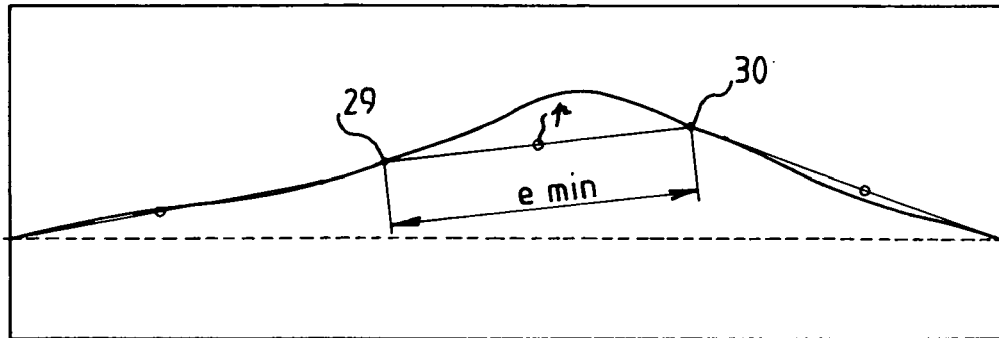


Fig. 11

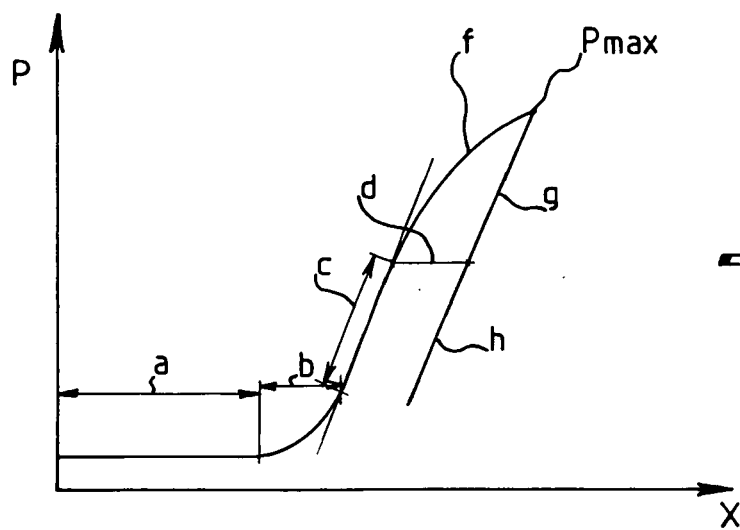
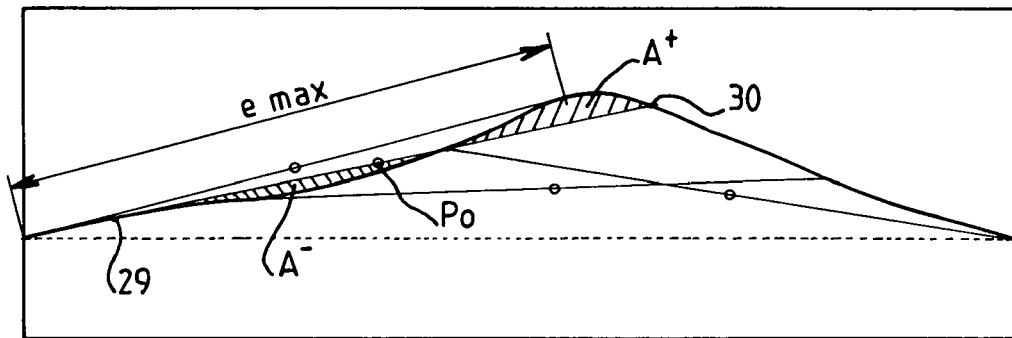


Fig. 12



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 05 29 2194

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 0 414 036 A (MAE MASCHINEN- U. APPARATEBAU GOETZEN GMBH & CO. KG) 27 février 1991 (1991-02-27) * le document en entier *	1,12	B21D3/10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 249 (M-177), 8 décembre 1982 (1982-12-08) & JP 57 146422 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK), 9 septembre 1982 (1982-09-09) * abrégé *	1,12	
A	US 4 077 248 A (LINDMARK ET AL) 7 mars 1978 (1978-03-07)		
A	US 3 295 350 A (CLAYBORNE NORMAN F ET AL) 3 janvier 1967 (1967-01-03)		
A	US 1 796 696 A (TRIMBLE JOSEPH) 17 mars 1931 (1931-03-17)		
A	EP 0 417 469 A2 (GOETZEN MAE MASCH APPARATEBAU) 20 mars 1991 (1991-03-20)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B21D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		10 janvier 2006	Ris, M
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 intermédiaire		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	

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 05 29 2194

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-01-2006

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0414036 A	27-02-1991	DE 3927465 A1	21-02-1991
JP 57146422 A	09-09-1982	JP 1477033 C	27-01-1989
		JP 63021569 B	07-05-1988
US 4077248 A	07-03-1978	CA 1075139 A1	08-04-1980
US 3295350 A	03-01-1967	AUCUN	
US 1796696 A	17-03-1931	AUCUN	
EP 0417469 A2	20-03-1991	DE 3929397 A1	07-03-1991

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82