



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 452 302 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.09.2004 Bulletin 2004/36

(51) Int Cl.7: **B30B 15/24, B21D 5/02**

(21) Numéro de dépôt: **03405126.8**

(22) Date de dépôt: **26.02.2003**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO

• **Piero, Papi**
1033 Cheseaux (CH)

(74) Mandataire: **Ganguillet, Cyril et al**
ABREMA
Agence Brevets & Marques
Ganguillet & Humphrey
Avenue du Théâtre 16
Case postale 2065
1002 Lausanne (CH)

(71) Demandeur: **Bystronic Laser AG**
CH-3362 Niederönz (CH)

(72) Inventeurs:
• **Gerritsen, Gerrit**
1309 Cuarnens (CH)

(54) **Procédé de correction d'une opération de pliage et presse-plieuse**

(57) Procédé de correction d'une opération de pliage effectuée par une presse-plieuse, dont le tablier inférieur contient des vérins de compensation de déformation, dans lesquels on préenregistre un abaque d'étalonnage au moyen de pièces d'étalonnage très courtes, cet abaque établissant une correspondance entre les forces mesurées au niveau des montants et les pressions applicables aux vérins de compensation pour maintenir le tablier inférieur sensiblement droit. Au cours d'une opération de pliage subséquente, on applique aux vérins de compensation des valeurs de pression résultant de cet abaque, en fonction des forces mesurées au niveau des montants. On recalcule un point mort bas en tenant compte de la déformation du tablier supérieur, de la déformation des montants, de la longueur et de l'épaisseur réelles de la pièce, et de l'effet de ressort.

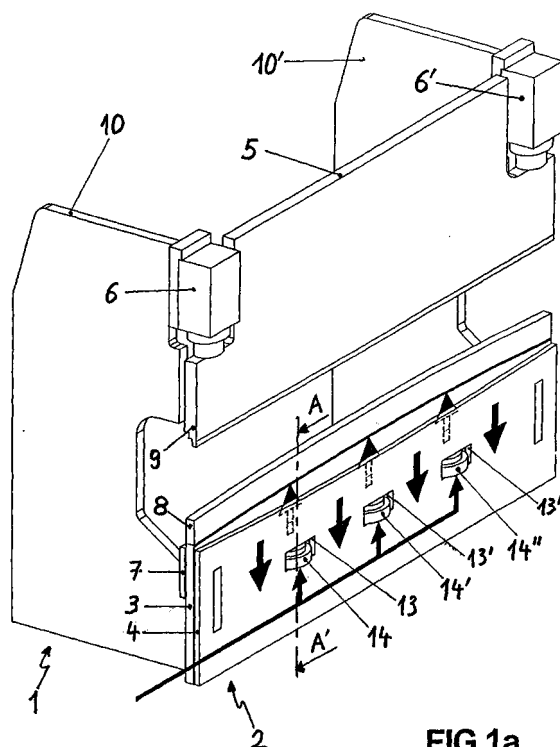


FIG.1a

EP 1 452 302 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de correction d'une opération de pliage effectuée par une presse-plieuse du type comprenant un tablier fixe, un tablier mobile, des moyens de déplacement du tablier mobile s'appuyant sur deux montants solidaires du tablier fixe, des capteurs, associés respectivement aux deux montants, mesurant les forces exercées par lesdits moyens de déplacement sur lesdits montants, des vérins de compensation de déformation associés à l'un des deux tabliers, et un dispositif électronique de commande commandant le déplacement du tablier mobile entre un point mort haut et un point mort bas.

[0002] L'invention concerne également une presse-plieuse de ce type.

[0003] Le brevet CH 653289 du déposant décrit une presse hydraulique comportant un tablier fixe et un tablier mobile et qui comprend, à l'intérieur du tablier fixe, des vérins pour compenser les déformations se produisant lors du travail de la presse. Une unité centrale de commande reçoit les informations de moyens de mesure des déformations et commande les vérins de façon que, pendant la phase de travail, les deux outils restent parallèles.

[0004] Le document WO 91/03371 décrit des moyens de mesure adaptés à ce type de presse hydraulique, consistant en deux barres longitudinales affectées respectivement à chacun des tabliers supérieur et inférieur. L'une des extrémités de chacune des barres est fixée solidairement au tablier associé, alors que l'autre extrémité, libre, agit sur un capteur inductif de façon à comparer les flexions respectives des deux tabliers. L'unité de commande actionne les vérins de compensation jusqu'à compensation de la différence de flexion du tablier supérieur et du tablier inférieur, de sorte que les outils restent parallèles.

[0005] La mise en oeuvre d'un tel procédé de correction dans une telle presse permet de diminuer sensiblement la différence d'angle de pliage entre le milieu et les extrémités de pièces longues. Par contre, les deux tabliers et les outils étant certes parallèles, mais présentant une flèche, cette flèche est transmise à la pièce à plier, de sorte que son arête n'est plus parfaitement droite, mais se courbe. Le procédé est mal adapté au pliage de pièces courtes, c'est-à-dire de pièces dont la longueur est très inférieure à la distance entre les montants.

[0006] Le document CH 653289 décrit également un autre type de presse hydraulique, dans laquelle aussi bien le tablier fixe que le tablier mobile sont munis de vérins de compensation. Dans une telle machine, il est en principe possible, au moyen des vérins de compensation, non seulement de rendre les deux tabliers parallèles, mais encore de ramener aussi bien le porte-matrice que le porte-poinçon chacun à une ligne droite, parallèles l'une à l'autre. Toutefois, une telle machine est plus onéreuse à réaliser, puisqu'elle doit disposer de

deux séries antagonistes de vérins de compensation, une pour chaque tablier. De plus, la programmation d'une mise en oeuvre antagoniste efficace des deux séries de vérins de compensation est très difficile et le fonctionnement de telles machines n'est pas fiable. Elles n'ont pas rencontré de succès dans la pratique.

[0007] Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de correction d'opération(s) de pliage simple et efficace, qui puisse être automatiquement mis en oeuvre par la commande numérique d'une presse équipée d'une seule rangée de vérins de compensation.

[0008] Ce but est atteint en mettant en oeuvre, dans une presse-plieuse du type défini d'entrée, un procédé comprenant le pré-enregistrement d'un abaque d'éta-lonnage en mémoire du dispositif électronique de commande, au moyen de pièces d'éta-lonnage très courtes, ledit abaque établissant une correspondance entre les forces mesurées par les capteurs associés aux montants et les pressions applicables aux vérins de compensation du tablier les portant, pour maintenir ledit tablier sensiblement droit, et dans lequel procédé, pendant une opération de pliage subséquente, on applique auxdits vérins de compensation des pressions résultant dudit abaque, en fonction des forces mesurées au niveau desdits capteurs.

[0009] De préférence, à la compensation de la déformation des tabliers au moyen des vérins de compensation, le procédé de correction selon l'invention ajoute une correction de la profondeur de pénétration du poinçon dans la matrice, en recalculant le point mort bas en fonction des caractéristiques de la pièce à plier et des valeurs mesurées par les capteurs associés aux montants.

[0010] La méthode de calcul de la correction du point mort bas prend de préférence en compte le fait que la pièce à plier est une pièce longue ou une pièce courte. Par pièce "longue", il faut entendre une pièce dont la longueur est sensiblement égale à la distance entre les deux montants de la presse. Par pièce "courte", il faut entendre une pièce dont la longueur ne dépasse pas un tiers de la distance entre les deux montants.

[0011] Pour une pièce courte, la correction du point mort bas ΔZ peut être calculée à partir de la formule

$$\Delta Z = \Delta f_{\max} = (F \cdot l_a^2 \cdot l_b^2) / (3 \cdot E \cdot I \cdot l)$$

dans laquelle :

F est la charge locale sur la pièce courte (en Newton)

l est la distance entre les montants

l_a et l_b sont les distances respectives du centre de la pièce aux montants

E est le module d'élasticité du tablier supérieur (en N/mm²)

I est le moment d'inertie axiale du tablier (en mm⁴)

[0012] La déformation Δf du tablier qui ne comporte pas de vérins de compensation augmente pendant la phase de déformation élastique de la pièce pliée mais varie peu pendant la phase de déformation plastique.

[0013] Le point mort bas est corrigé de la valeur de la déformation maximale $\Delta f_{\max}$ du tablier.

[0014] Pour une pièce longue, on peut appliquer une correction du point mort bas à la course du tablier mobile calculée par la formule

$$\Delta Z' = \Delta f_{\max} = (5.Q.l^4) / (384000.E.I)$$

où Q désigne la charge par unité de longueur de la pièce (en N/m)

[0015] Si la longueur exacte de la pièce à plier est connue, le type de correction du point mort bas peut être choisi par l'opérateur de la machine, et la valeur de la longueur de la pièce entrée en mémoire de l'électronique de commande. Si la longueur de la pièce n'est pas parfaitement connue, notamment si elle varie d'une pièce à l'autre d'une série, elle peut être déterminée en cours d'opération, par référence à une première opération de pliage de référence, et la correction sera déterminée automatiquement par l'électronique de commande.

[0016] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront à l'homme du métier de la description ci-dessous d'un mode d'exécution de l'invention, en se référant aux figures, dans lesquelles :

- La Fig. 1A est une vue schématique en perspective d'une presse hydraulique, montrant l'action de vérins hydrauliques de compensation sur le tablier inférieur;
- La Fig. 1B est une vue schématique en coupe transversale du tablier inférieur de la presse de la figure 1A;

[0017] Les Figs 2a, 2b et 2c sont des représentations schématiques illustrant les résultantes des contraintes et les déformations des tabliers, à savoir :

- La Fig. 2a est une représentation du pliage d'une pièce longue;
- La Fig. 2b est une représentation du pliage d'une pièce courte centrée par rapport aux montants de la presse;
- La Fig. 2c est une représentation du pliage d'une pièce courte, décentrée par rapport aux montants de la presse.

[0018] Les Figs 3a, 3b et 3c sont des représentations schématiques illustrant les déformations des tabliers dans le cas d'une opération de pliage sans aucune correction de la flexion des tabliers, à savoir :

- La Fig. 3a est une représentation d'un pliage d'une pièce longue;
- La Fig. 3b est une représentation d'un pliage d'une pièce très courte;
- La Fig. 3c est une représentation d'un pliage d'une pièce courte.

[0019] Les Figs 4a, 4b, 4c, 5b et 5c sont des représentations schématiques illustrant les déformations des tabliers pendant une opération de pliage, où seule la flexion des tabliers est compensée, à savoir :

- La Fig. 4a est une représentation d'un pliage d'une pièce longue;
- La Fig. 4b est une représentation d'un pliage d'une pièce très courte centrée;
- La Fig. 4c est une représentation d'un pliage d'une pièce courte centrée.
- La Fig. 5b est une représentation d'un pliage d'une pièce très courte décentrée.
- La Fig. 5c est une représentation d'un pliage d'une pièce courte décentrée.

[0020] Les Figs 6a, 6b, 6c, 7b et 7c sont des représentations schématiques illustrant les déformations des tabliers pendant une opération de pliage, des mêmes pièces que dans le cas des Figs 4a à 5c, où simultanément la flexion du tablier et le point mort bas sont corrigés.

[0021] La Fig. 1A montre une presse hydraulique 1 avec un tablier mobile supérieur 5, dont le déplacement s'effectue sous l'action des pistons et cylindres 6, 6' associés aux montants latéraux 10, 10'. Pendant le pliage d'une pièce, le tablier mobile 5 a tendance à se courber sous l'action de ces pistons, le milieu du tablier mobile 5 se trouvant alors plus haut que les deux extrémités. Inversement, en l'absence de dispositif de compensation, le tablier inférieur fixe 2 aurait tendance à se courber de telle manière que le milieu de ce tablier fixe se trouverait plus bas que les deux extrémités. Dans ces conditions, les surfaces de travail des deux tabliers 2 et 5 et, par conséquent, les surfaces des deux porte-outils, à savoir le porte-matrice 8 et le porte-poinçon 9, ne seraient plus parallèles.

[0022] Comme le montrent les figures 1A et 1B, le tablier inférieur 2 comprend une plaque centrale 3, qui porte le porte-matrice 8. La plaque centrale 3 est entourée de part et d'autre de deux plaques de réaction 4 et 7. Les extrémités latérales de la plaque centrale 3 et des plaques de réaction 4 et 7 sont solidaires respectivement des montants 10 et 10'.

[0023] Le tablier inférieur 2 de la presse représentée

sur la figure 1A comporte trois trous de réaction 13, 13', 13'', traversant de part en part les plaques 3, 4 et 7. Chaque trou de réaction loge un cylindre hydraulique de compensation 14, 14', 14'', qui repose sur les plaques de réaction 4 et 7 et dont le piston 11 appuie par en-dessous en 12 sur la plaque centrale 3, comme l'illustre schématiquement la figure 1B, pour fournir une poussée de compensation à la partie supérieure de la plaque centrale 3 du tablier inférieur, de manière à compenser la déformation mentionnée précédemment. Comme l'illustrent les figures 1A et 1B, les plaques de réaction 4 et 7 subissent une réaction vers le bas. L'action des cylindres hydrauliques de compensation 14, 14', 14'' est commandée, tout comme celle des pistons et cylindres de travail 6 et 6' par une unité de commande électronique (non-représentée par le dessin). Sur des presses de grande longueur, le nombre de trous de réaction munis de cylindres de compensation est plus élevé.

[0024] L'invention s'applique aussi bien à ce type de machines présentant plusieurs trous de réaction qu'à celles ayant une seule fente de compensation, décrites par exemple dans

CH 653 289.

[0025] La Fig. 2c illustre schématiquement la courbure du tablier supérieur au cours d'une opération de pliage d'une pièce dont la longueur L est relativement courte par rapport à la distance 1 entre les deux montants d'une presse. Pendant cette opération, les vérins de compensation agissent sur le tablier inférieur de telle manière que son arête supérieure reste sensiblement droite. Sur la Fig. 2c, l_a et l_b désignent respectivement les distances du centre de la pièce en train d'être pliée à chacun des deux montants. La résultante F des réactions de la pièce vers le tablier supérieur, qui correspond à la charge sur la pièce, est appliquée sensiblement au centre de la pièce à plier. Les capteurs associés aux deux montants mesurent respectivement des forces F_a et F_b , telles que

$$F = F_a + F_b$$

et

$$F_a = F \cdot l_b / l$$

et

$$F_b = F \cdot l_a / l$$

[0026] Dans le cas hypothétique où le centre de la pièce à plier serait pratiquement sous le montant a, F_a vaudrait pratiquement 100 % de F, et $F_b \approx 0$.

[0027] Dans le cas illustré par la Fig. 2b, où la pièce

est parfaitement centrée sur le tablier inférieur, $l_a = l_b = 1/2$ et $F_a = F_b = 50\%$ de F.

[0028] Dans une première étape de procédé, on procède à un étalonnage valable pour une paire de tabliers, une paire de porte-outils et d'outils. L'opération d'étalonnage est effectuée à l'aide de pièces d'étalonnage de très courtes longueurs, c'est-à-dire dont la longueur est inférieure à 10 % de la longueur entre deux vérins, placées en plusieurs positions successives entre les deux montants. La pièce très courte est mise sous pression entre les deux tabliers et, pour une succession de valeurs de F_a et de F_b selon l_a/l_b , on ajuste les vérins du tablier inférieur de telle façon à ce que son arête supérieure soit droite. L'ensemble des valeurs de F_a , F_b et des valeurs des pressions des vérins de compensation ainsi mesurées constitue un abaque d'étalonnage, qui est préenregistré dans la mémoire du dispositif électronique de commande.

[0029] Lors d'une opération de pliage réelle d'une pièce de longueur relativement courte par rapport à la distance l entre les deux montants, les capteurs des deux montants mesurent en cours de pliage des forces F_a et F_b et le dispositif électronique de commande actionne les vérins de compensation de manière que leurs pressions correspondent aux valeurs correspondantes de l'abaque.

[0030] L'homme du métier comprendra aisément qu'en actionnant les vérins de compensation de la manière sus-indiquée, le tablier inférieur reste sensiblement droit pendant l'opération de pliage de pièces de courtes longueurs, mais présente une certaine courbure résiduelle lors du pliage de pièces longues.

[0031] Comme on peut le voir sur la Fig. 2c, la zone du tablier supérieur en contact avec la pièce en cours de pliage n'est pas à la même hauteur que les extrémités du tablier, au niveau des deux montants; la différence de hauteur, c'est-à-dire la déformation Δf , est donnée par l'expression :

$$\Delta f = \frac{F \cdot l_a^2 \cdot l_b^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l}$$

[0032] Dans laquelle E est le module d'élasticité (en Nn/mm²) du tablier supérieur et I désigne le moment d'inertie axiale (en mm⁴) du tablier; les valeurs de E et de I sont déterminées lors de la fabrication du tablier et sont enregistrées dans la mémoire de l'électronique de commande.

[0033] Dans le cas où la pièce est centrée dans la presse, cette formule se simplifie en :

$$\Delta f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

[0034] La Fig. 2a illustre l'opération de pliage d'une pièce longue. Dans ces conditions, les vérins de com-

pensation étant actionnés comme indiqué précédemment, le tablier supérieur subit une réaction Q, pendant l'opération de pliage, dont la distribution est sensiblement homogène, telle qu'illustrée par la Fig. 2a. La déformation Δf du tablier supérieur est donnée par la relation

$$\Delta f = \frac{5 \cdot Q \cdot l^4}{384 \cdot 000 \cdot E \cdot I}$$

avec les notations précédemment définies.

[0035] Après calcul de la déformation $\Delta f_{\max}$ du tablier supérieur, la profondeur de pénétration de l'outil dans la matrice est corrigée en corrigeant la position du point mort bas d'une quantité correspondant à la déformation maximale.

[0036] Lorsque les capteurs de force ont détecté une position excentrée de la pièce, telle que l'illustre la Fig. 2c, la correction appliquée peut être différente pour les deux montants.

[0037] En variante, les corrections de ΔZ peuvent être entièrement déterminées à l'aide d'abaques numérisés, préenregistrés dans la mémoire du dispositif électronique de commande : pour chaque angle de pliage de consignes et pour chaque rapport l_a/l_b , l'abaque contient des corrections des valeurs ΔZ pour chaque montant, valeurs qui peuvent varier de quelques centièmes de millimètres jusqu'à environ 2 mm. Les valeurs des corrections ΔZ appliquées aux deux montants sont pré-calculées à l'aide de formules telles que les formules ci-dessus. Les valeurs des corrections applicables sont choisies par le dispositif électronique de commande à partir des valeurs captées par les capteurs de pression associés à chacun des deux montants. Cette méthode présente l'avantage d'être beaucoup plus rapide à mettre en oeuvre pendant une opération de pliage que si le système électronique devait recalculer les corrections ΔZ en temps réel.

[0038] Les Figs 3a à 7c illustrent les avantages de l'invention par rapport à l'état de la technique :

Les Figs 3a, 3b et 3c illustrent des pliages sans aucune compensation de la flexion des tabliers :

- La Fig. 3a montre le pliage d'une pièce dont la longueur est environ égale à celle de la presse plieuse : l'angle de pliage au milieu de la pièce est supérieur à l'angle de pliage aux deux extrémités.
- La Fig. 3b montre le pliage d'une pièce très courte : l'angle est beaucoup plus ouvert que l'angle de consigne, à cause de la déformation quasi triangulaire des montants supérieur et inférieur.
- La Fig. 3c montre le pliage d'une pièce dont la

longueur est environ le tiers de la longueur de la machine : l'angle de pliage est relativement constant sur la longueur de la pièce, mais il est nettement plus ouvert que l'angle de consigne.

Les Figs 4a, 4b, 4c ainsi que 5b et 5c illustrent des pliages dans lesquels seule la flexion des tabliers est compensée de telle façon à ce que ces tabliers restent parallèles lors du pliage d'une pièce longue :

- La Fig. 4a représente le pliage d'une pièce longue : l'angle est constant sur toute la longueur de la pièce et il est égal à la valeur de consigne;
- La Fig. 4b représente le pliage d'une pièce très courte centrée : l'angle est nettement plus ouvert que l'angle estimé à cause de la déformation quasi triangulaire du tablier supérieur.
- La Fig. 5b représente le pliage de la même pièce, mais excentrée : l'angle de pliage est également plus ouvert que la valeur de consigne, mais de plus, sa valeur est variable en fonction de la position de la pièce sur la machine, de sorte qu'une correction de cet angle peut difficilement être effectuée de manière reproductible.
- La Fig. 4c représente le pliage d'une pièce courte, dont la longueur est environ le tiers de la longueur de la machine : l'angle est relativement constant le long de la pièce, mais plus ouvert que la valeur de consigne;
- La Fig. 5c illustre le pliage de la même pièce fortement excentrée : l'angle de pliage n'est pas constant, il est plus ouvert que la valeur de consigne et des corrections sont très difficiles à estimer.

Les Figs 6a à 7c illustrent des pliages dans lesquels une correction des points morts bas des montants du tablier supérieur est superposée à une compensation de la flexion du tablier inférieur :

- La Fig. 6a montre le pliage d'une pièce longue : l'angle est constant sur toute la longueur de la pièce et égal à la valeur de consigne.
- La Fig. 6b montre le pliage d'une pièce très courte centrée : les deux points morts bas des deux extrémités du tablier supérieur sont corrigés de la déformation quasi triangulaire de celui-ci et la valeur de l'angle de pliage est correcte.
- La Fig. 7b montre le pliage de la même pièce

excentrée : les deux points morts bas des deux extrémités du tablier supérieur ont subi deux corrections différentes adaptées pour corriger la déformation triangulaire asymétrique de ce tablier et l'angle de pliage de la pièce très courte est correct.

- La Fig. 6c montre le pliage d'une pièce dont la longueur est environ le tiers de la longueur de la machine, centrée : les deux points morts bas des deux extrémités du tablier supérieur ont reçu la même correction et l'angle de pliage présente une valeur sensiblement constante sur la longueur de la pièce et égale à la valeur de consigne.
- La Fig. 7c illustre le pliage de la même pièce excentrée dans la machine : les deux points morts bas des extrémités du tablier supérieur ont reçu des corrections différentes et adaptées, de sorte que l'angle de pliage est approximativement constant sur la longueur de la pièce et égal à la valeur de consigne.

[0039] Plusieurs autres phénomènes peuvent nécessiter des corrections du point mort bas de la machine, corrections qui s'ajoutent à la correction due aux déformations du tablier décrites ci-dessus.

[0040] Ainsi, lors du pliage d'une tôle, la force subie par les montants sous l'effet de la poussée des vérins provoque une flexion de ces montants, qui peut se traduire par une déformation du cadre de l'ordre de 1 à 2 mm, ce qui modifie la profondeur de pénétration du poinçon dans la matrice. Plusieurs méthodes de correction de la déformation des montants sont connues dans l'état de la technique. On peut, par exemple, utiliser celle décrite dans le brevet CH 680619 du déposant : on détermine, à l'aide des capteurs de pression associés aux vérins de travail, la force subie par chacun des montants et on compare les valeurs obtenues avec un abaque établissant la relation entre force subie par chacun des montants et flexion du montant, cet abaque étant obtenu au cours d'une opération initiale d'étalonnage de la presse.

[0041] Un autre paramètre susceptible d'engendrer une erreur de l'angle de pliage est la variabilité de l'épaisseur des pièces traitées. En effet, les tôles d'acier fournies par les fabricants peuvent présenter des variations d'épaisseurs allant jusqu'à $\pm 10\%$ de la valeur nominale. Une opération de pliage précise doit prendre en compte la différence entre l'épaisseur réelle de la pièce et l'épaisseur nominale. Plusieurs procédés ont été proposés pour ce faire dans l'état de la technique. On peut, par exemple, utiliser celui décrit dans le brevet no EP 1120176 du déposant, selon lequel cette différence est calculée en comparant la position du déplacement du tablier mobile, à laquelle se produit une variation prédéterminée de la pression enregistrée par les capteurs as-

sociés aux vérins de travail, avec la position théorique du tablier où cette variation devrait se produire si l'épaisseur de la pièce était strictement égale à son épaisseur nominale. La position du point mort bas est corrigée pendant l'opération de pliage par le dispositif électronique de commande lorsque cette mesure a été effectuée.

[0042] Un autre problème qui se pose lors d'un processus de pliage est la compensation de l'effet de ressort, c'est-à-dire le retour élastique de la pièce pliée à un angle de pliage légèrement inférieur, lorsque la pression du poinçon est relâchée. A cause de cet effet, la valeur maximale de l'angle instantané de pliage sous charge doit être supérieure à la valeur de consigne de l'angle de pliage désiré, après relâchement de la pièce pliée. Plusieurs procédés de correction de l'effet de retour élastique ont été proposés dans l'état de la technique. On peut, par exemple, utiliser les procédés proposés par les brevets US 4,408,471 ou US 4,511,976 qui déterminent le module d'élasticité réel de la pièce à partir des données enregistrées pendant la phase de déformation élastique du processus de pliage et qui déterminent une correction de l'angle de pliage en extrapolant le processus sur la base d'une modélisation.

[0043] On peut également calculer la compensation de l'effet de ressort sans faire une modélisation éventuellement inadéquate en utilisant le procédé proposé par le déposant dans sa demande de brevet no PCT/CH 02/00154, qui détermine la correction en comparant les données enregistrées pendant la phase plastique de la déformation de la pièce aux données recueillies lors d'un premier essai de pliage qui sert de référence. Dans cette méthode, la compensation de l'effet de ressort est déduite de l'écart entre les données mesurées pendant l'opération de pliage et pendant l'opération de référence, sans extrapolation et sans modélisation.

[0044] On peut enfin opérer une correction pour tenir compte des variations de longueur des pièces à plier et, pour ce faire, on peut d'abord procéder à une opération de pliage d'étalonnage avec une pièce dont la longueur exacte est connue, tout en mesurant l'épaisseur réelle, comme indiqué ci-dessus. Pendant l'opération de pliage d'étalonnage, pour un angle donné, par exemple 150° , on mesure la force pressante nécessaire à ce pliage. La longueur exacte de cette pièce étant connue, l'unité de commande peut calculer la force par unité de longueur, par exemple en T/m. Pour les pliages subséquents de la série, la force pressante est mesurée à ce même angle, par exemple 150° , et cette force est comparée à celle enregistrée lors de la première opération d'étalonnage. La longueur réelle des pièces successives peut alors être déterminée en appliquant une simple règle de proportionnalité, avec une approximation de ± 10 mm, ce qui est suffisant en pratique.

[0045] Selon une autre variante, on peut déterminer la longueur réelle de la pièce en admettant que la résistance à la rupture par traction est constante et correspond à la valeur nominale. La longueur de la pièce peut

se déduire de la relation

$$\frac{F}{L} = \frac{e^2 \cdot \chi \cdot 1,75}{V} \quad 5$$

dans laquelle :

e désigne l'épaisseur mesurée
 χ désigne la résistance à la rupture par traction
 V est l'angle d'ouverture
 F est la force en tonnes
 L est la longueur de la pièce

[0046] L'ensemble des corrections précitées permet de recalculer le point mort bas de la course du tablier supérieur pendant qu'une opération de pliage est en cours.

Revendications

1. Procédé de correction d'une opération de pliage effectuée par une presse-plieuse du type comprenant un tablier fixe, un tablier mobile, des moyens de déplacement du tablier mobile s'appuyant sur deux montants solidaires du tablier fixe, des capteurs, associés respectivement aux deux montants, mesurant les forces exercées par lesdits moyens de déplacement sur lesdits montants, des vérins de compensation de déformation associés à l'un des deux tabliers, et un dispositif électronique de commande commandant le déplacement du tablier mobile entre un point mort haut et un point mort bas, **caractérisé en ce qu'un** abaque d'étalonnage est préenregistré en mémoire du dispositif électronique de commande, au moyen de pièces d'étalonnage très courtes, ledit abaque établissant une correspondance entre les forces mesurées par les capteurs associés aux montants et les pressions applicables auxdits vérins de compensation dudit tablier pour maintenir le tablier les portant sensiblement droit, et **en ce que**, pendant une opération de pliage subséquente, on applique auxdits vérins de compensation des pressions résultant dudit abaque, en fonction des forces mesurées au niveau desdits capteurs. 25
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'une** correction de la profondeur de pénétration du poinçon dans la matrice est effectuée en recalculant le point mort bas de chaque montant en fonction des caractéristiques de la pièce à plier et des valeurs mesurées par les capteurs associés aux montants. 50
3. Procédé selon la revendication 2, appliqué à une 55

pièce à plier courte, **caractérisé en ce que** l'on applique une correction du point mort bas calculée au moyen de la formule

$$\Delta Z = (F \cdot l_a^2 \cdot l_b^2) / (3 \cdot E \cdot I \cdot l)$$

dans laquelle :

F est la charge locale sur la pièce courte (en Newton)
 l est la distance entre les montants
 l_a et l_b sont les distances respectives du centre de la pièce aux montants
 E est le module d'élasticité du tablier supérieur (en N/mm²)
 I est le moment d'inertie axiale du tablier (en mm⁴)

4. Procédé selon la revendication 2, appliqué à une pièce à plier longue, **caractérisé en ce que** l'on applique une correction $\Delta Z'$ du point mort bas à la course du tablier mobile calculée par la formule

$$\Delta Z' = (5 \cdot Q \cdot l^4) / (384000 \cdot E \cdot I)$$

dans laquelle :

Q désigne la charge par unité de longueur de la pièce (en N/m)
 E est le module d'élasticité du tablier supérieur (en N/mm²)
 I est le moment d'inertie axiale du tablier (en mm⁴)

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** la longueur réelle de la pièce est déterminée en comparant la force mesurée par lesdits capteurs de force avec les données correspondantes d'une opération de pliage de référence.
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** les corrections des points morts bas du tablier mobile sont prédéterminées en fonction de la longueur de la pièce et des forces mesurées par lesdits capteurs de force, et préenregistrées en mémoire dudit dispositif électronique de commande.
7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce qu'une** correction supplémentaire du point mort bas est calculée après détermination de l'épaisseur réelle de la pièce à plier.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce qu'une** correction supplémentaire du point mort bas est calculée pour com-

penser l'effet de ressort.

9. Presse-plieuse comprenant un tablier fixe, un tablier mobile, des moyens de déplacement du tablier mobile s'appuyant sur deux montants solidaires du tablier fixe, des capteurs, associés respectivement aux deux montants, mesurant les forces exercées par lesdits moyens de déplacement sur lesdits montants, des vérins de compensation de déformation associés au tablier inférieur, et un dispositif électronique de commande commandant le déplacement du tablier mobile entre un point mort haut et un point mort bas, **caractérisée en ce que** ledit dispositif électronique de commande est programmé pour effectuer un procédé selon l'une des revendications 1 à 8.

20

25

30

35

40

45

50

55

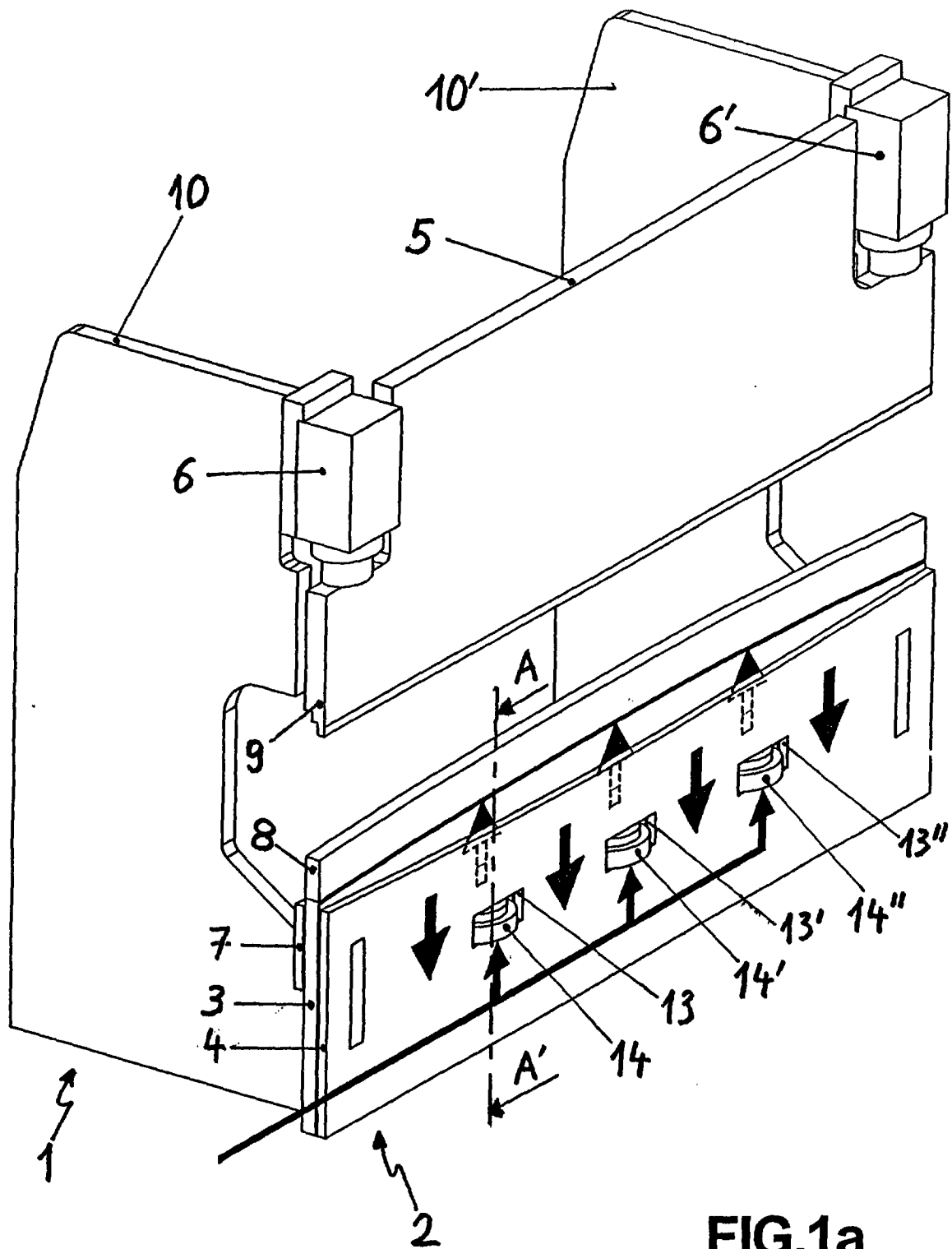


FIG.1a

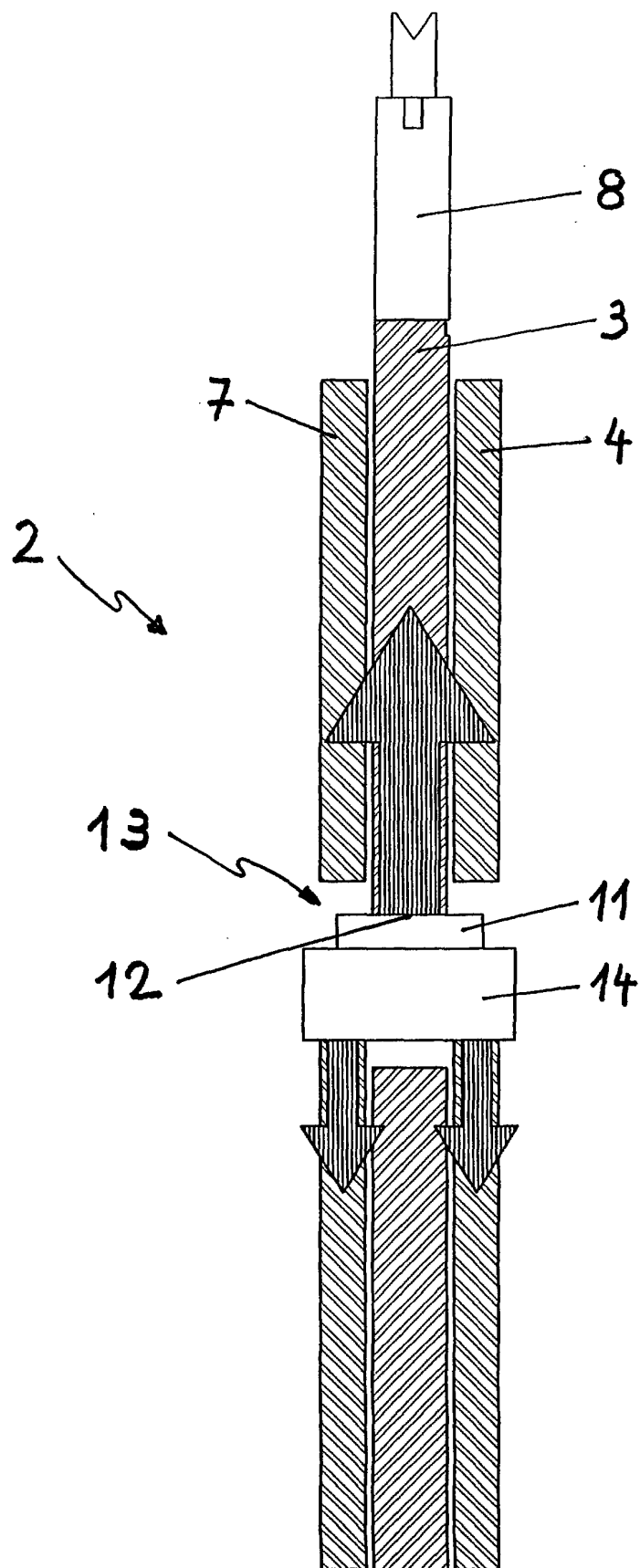
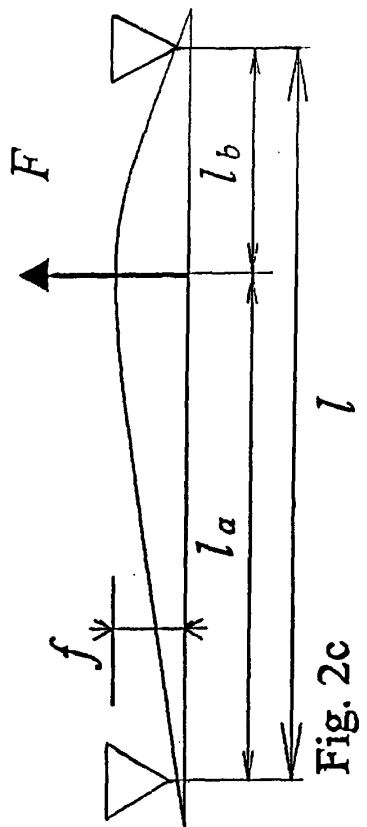
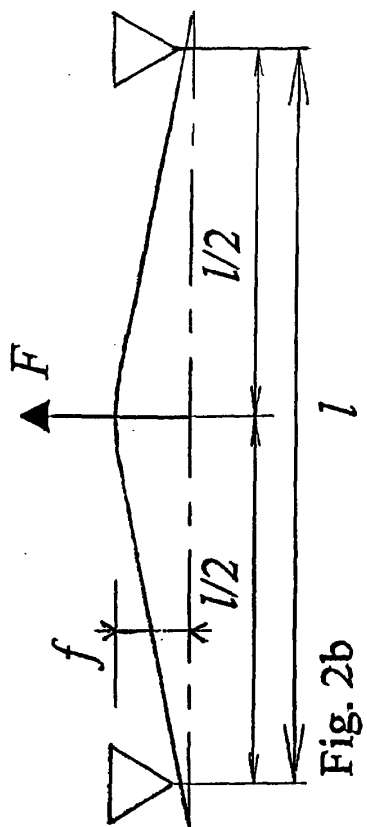
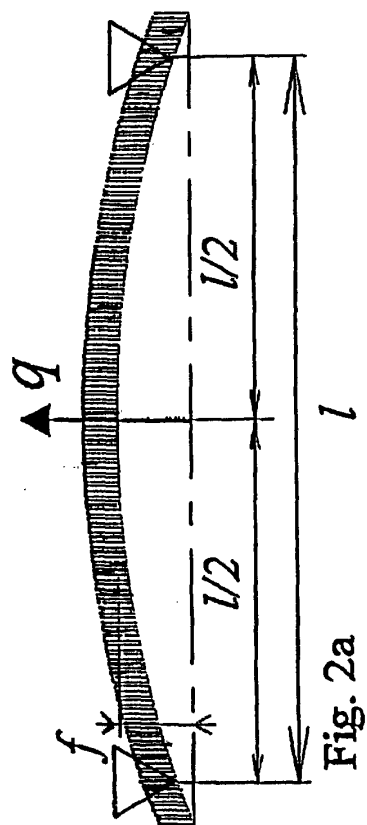
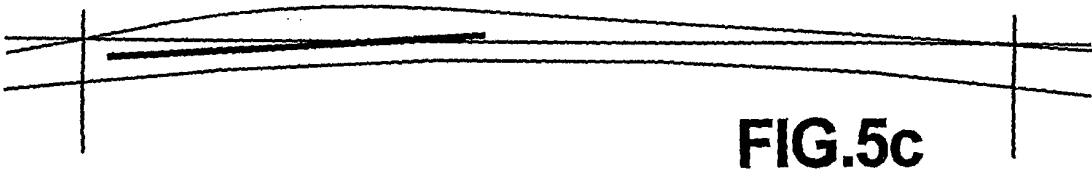
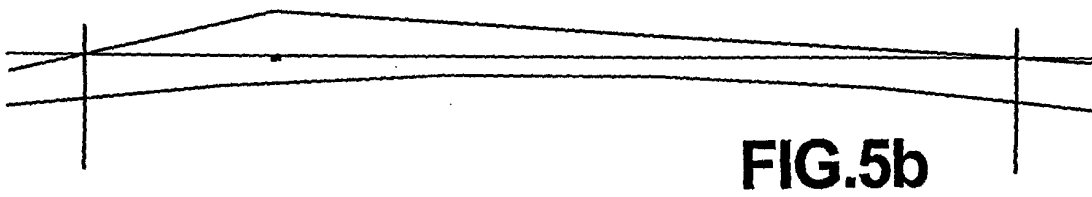
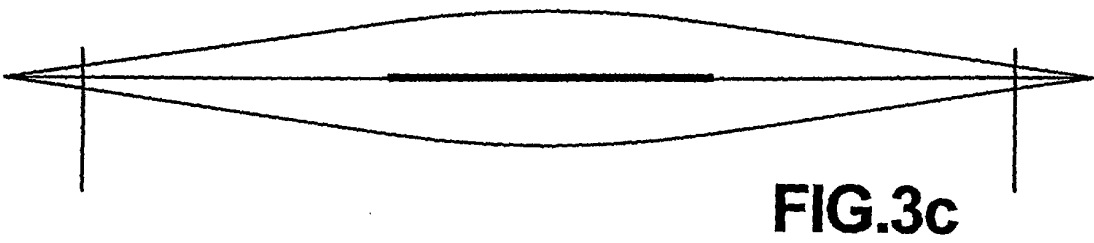
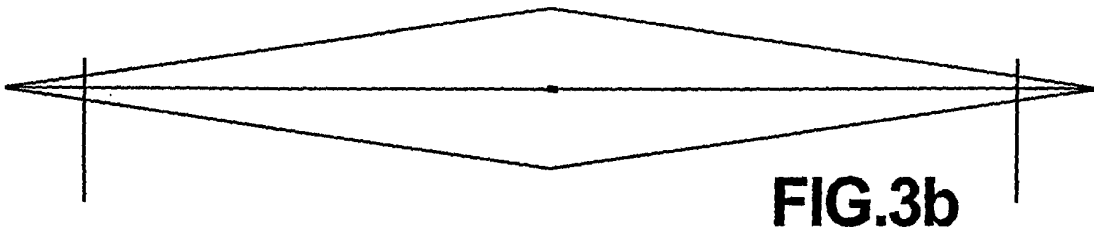
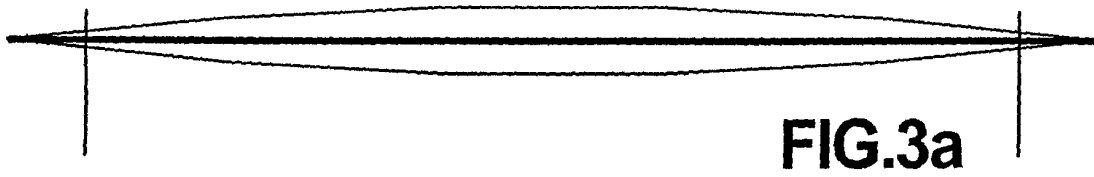
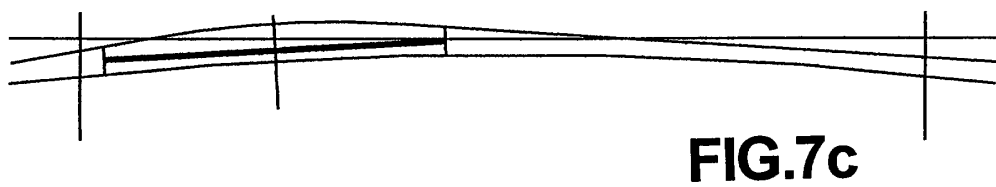
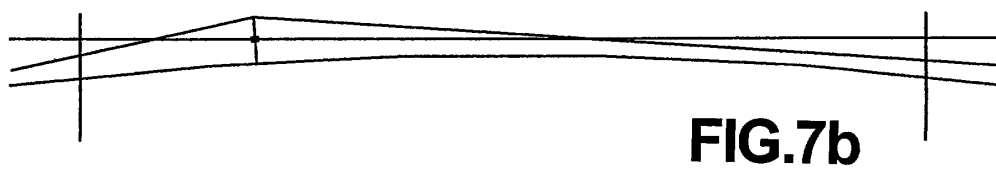
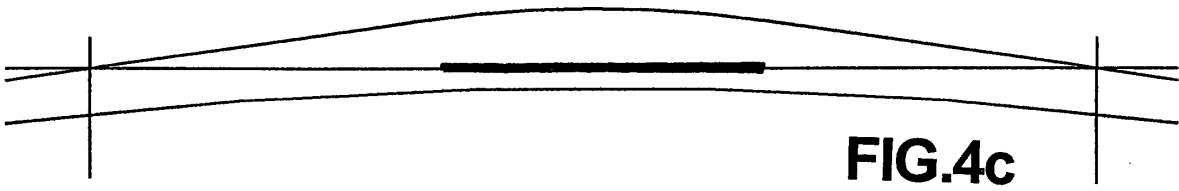
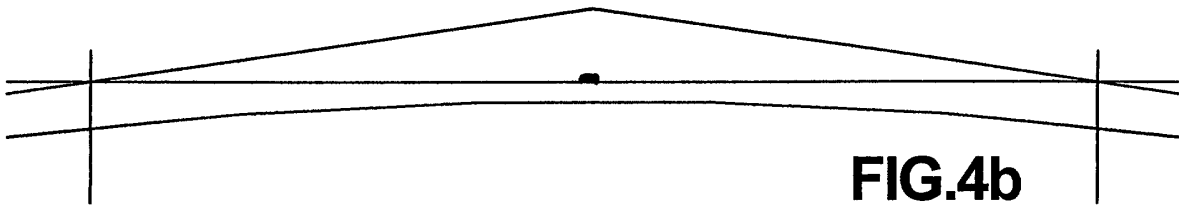
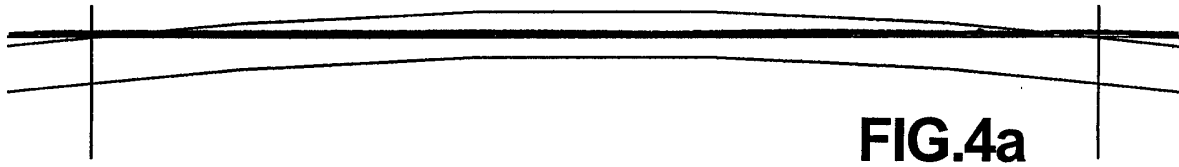
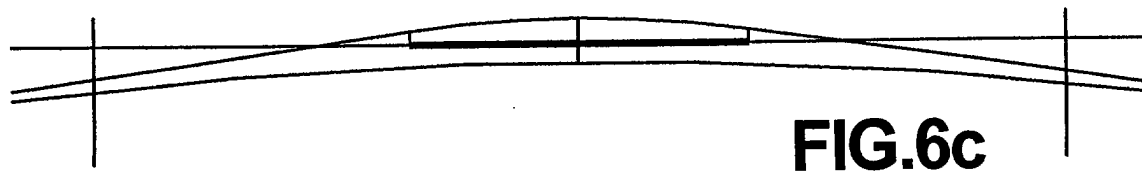
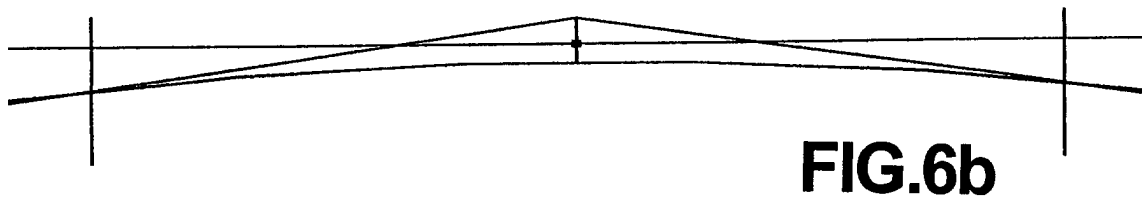
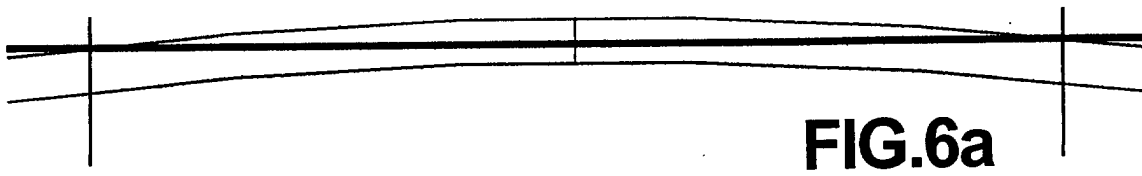


FIG.1b











Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 03 40 5126

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.7)
X	EP 0 540 476 A (BEYELER MACHINES SA) 5 mai 1993 (1993-05-05) * revendication 6; figures *	1,9	B30B15/24 B21D5/02
X	* colonne 3, ligne 20 - ligne 34 *	2	
A	US 2001/009106 A1 (GERRITSEN GERRIT) 26 juillet 2001 (2001-07-26) * revendications *	2	
D,A	US 4 408 471 A (GOSSARD DAVID C ET AL) 11 octobre 1983 (1983-10-11) * revendication 1 *	8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			B30B B21D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche MUNICH		Date d'achèvement de la recherche 25 juillet 2003	Examineur Lopez Vega, 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 (P04C02)

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

EP 03 40 5126

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.

25-07-2003

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0540476	A	05-05-1993	CH 686119 A5	15-01-1996
			EP 0540476 A1	05-05-1993
			JP 7232216 A	05-09-1995
US 2001009106	A1	26-07-2001	EP 1120176 A1	01-08-2001
US 4408471	A	11-10-1983	AUCUN	

EPO FORM P0460

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