

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 401 593 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

08.06.2005 Bulletin 2005/23

(21) Numéro de dépôt: **02703430.5**

(22) Date de dépôt: **15.03.2002**

(51) Int Cl.7: **B21D 5/02**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/CH2002/000154

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2002/074463 (26.09.2002 Gazette 2002/39)

(54) **PROCEDE DE REGLAGE DE LA COURSE D'UNE PRESSE-PLIEUSE**

VERFAHREN ZUR EINSTELLUNG DER BAHN EINER ABKANTPRESSE

METHOD FOR SETTING THE TRAVEL OF A PRESS BRAKE

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **16.03.2001 CH 4902001**

(43) Date de publication de la demande:
31.03.2004 Bulletin 2004/14

(73) Titulaire: **Bystronic Laser AG**
3362 Niederönz (CH)

(72) Inventeurs:

- **GERRITSEN, Gerrit**
1309 Cuarnens (CH)
- **PAPI, Piero**
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)

(56) Documents cités:

WO-A-01/60541 **WO-A-95/10370**
CH-A- 686 119 **US-A1- 2001 009 106**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no.**
177 (M-0960), 9 avril 1990 (1990-04-09) & JP 02
030327 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
LTD), 31 janvier 1990 (1990-01-31) cité dans la
demande

EP 1 401 593 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de réglage de la course d'une presse-plieuse comportant un tablier fixe portant une matrice, un tablier mobile portant un poinçon, des moyens de déplacement du tablier mobile, lesdits moyens de déplacement s'appuyant sur des montants solidaires du tablier fixe, des règles de mesure pour mesurer le déplacement (d) du tablier mobile par rapport aux montants, au moins un capteur mesurant un paramètre physique (p) variant en fonction de la force exercée par ledit poinçon sur une pièce d'épaisseur nominale (e) devant être pliée à un angle de consigne α_c , placée sur ladite matrice, et un dispositif électronique de commande commandant le déplacement du tablier mobile entre un point mort haut et un point mort bas (BDC), pourvu de moyens d'acquisition des mesures du déplacement (d) et du paramètre physique (p), et de moyens de calcul pour corriger la valeur dudit point mort bas en fonction des mesures dudit déplacement (d) et dudit paramètre physique (p).

[0002] Le brevet CH 686119 du déposant décrit une presse-plieuse de ce type. Lors du pliage d'une tôle, la force subie par les montants d'une presse sous l'effet de la poussée des vérins provoque une flexion des montants qui peut se traduire par une déformation du cadre, jusqu'à 1-2 mm. Cette flexion modifie la profondeur de pénétration du poinçon dans la matrice, ce qui crée une erreur de l'angle de pliage obtenu sur la pièce à plier. Dans le procédé de réglage selon CH 686119, on détermine, à l'aide de capteurs de pression, la force subie par chacun des montants sous l'action des moyens de déplacement du tablier mobile, on compare chacune des valeurs obtenues avec un diagramme prédéterminé établissant la relation entre la force subie par le montant respectif et la flexion du montant, et l'on augmente la course du coulisseau, de façon à compenser les déformations de la presse.

[0003] Un autre paramètre susceptible d'engendrer une erreur de l'angle de pliage est la variabilité de l'épaisseur de la pièce traitée. L'épaisseur nominale de la pièce est un des paramètres introduits dans l'électronique de commande de la presse-plieuse lors du réglage initial de la course.

[0004] Pour que la valeur réelle α_r de l'angle de pliage ne s'écarte pas de la valeur de consigne α_c , l'épaisseur réelle e_r de la tôle doit être prise en compte à chaque opération de pliage. En effet, les fabricants de tôle d'acier fournissent des tôles dont l'épaisseur réelle présente des variations pouvant aller jusqu'à $\pm 10\%$ de la valeur nominale (e) de l'épaisseur. Si une tôle d'épaisseur nominale de 2 mm doit, par exemple, être pliée à 90° dans une ouverture en V de 12 mm, une variation de l'épaisseur de 10% induira, si elle n'est pas corrigée, une variation de l'angle de pliage de 2° ; sans correction appropriée, l'angle de pliage pourrait varier entre 88° et 92° .

[0005] La demande de brevet JP 02030327 propose

de déterminer l'épaisseur réelle de la pièce à plier par la détection concomitante de l'augmentation de la pression hydraulique par un premier capteur et de la position du poinçon par un deuxième capteur.

[0006] Les demandes de brevet JP 051138254, JP 10052800 et JP 09136116 proposent de déterminer l'épaisseur de la pièce à plier en détectant une variation de vitesse de descente du tablier mobile se produisant au moment où le poinçon entre en contact avec cette pièce.

[0007] Le brevet US 4,550,586 propose de déterminer l'épaisseur de la pièce à plier en détectant la perte de contact de cette pièce avec des capteurs placés à la surface du tablier fixe, la perte de contact faisant suite au début du processus de pliage.

[0008] 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 $\alpha_{\max}$ doit être supérieure à la valeur de consigne α_c de l'angle de pliage désiré après relâchement de la pièce pliée. Il est connu dans l'état de la technique de déterminer empiriquement une différence moyenne ($\alpha_{\max} - \alpha_c$) et d'appliquer la correction correspondante de la course de manière constante au cours d'une série de pliages répétitifs. Toutefois, ce type de procédé ne tient pas compte de la variabilité du matériau à traiter, notamment des variations d'épaisseur de la tôle et de son module d'élasticité, lequel peut varier en fonction du sens de laminage. Les variations de ces paramètres modifient l'amplitude de l'effet de ressort d'une pièce à l'autre, de sorte qu'une correction constante n'est pas suffisante.

[0009] Pour tenir compte des variations de ces paramètres, le brevet US 4,408,471 propose d'enregistrer la variation de la force exercée par le poinçon sur la pièce en fonction de son déplacement, de déduire le module d'élasticité de la pièce de la pente de la portion rectiligne initiale de la courbe force/déplacement et, sur la base d'une modélisation du comportement de la pièce dans la zone de déformation plastique, de déduire par extrapolation de cette courbe le point de déplacement maximal du poinçon qui induira, après retour élastique, un angle de pliage ayant la valeur de consigne α_c . Ce procédé présente l'avantage de tenir compte du module d'élasticité réel de la pièce en train d'être pliée. Toutefois, selon la valeur de l'angle de consigne, le modèle à utiliser pour calculer le déplacement maximum du poinçon n'est pas le même. La justesse de la correction du point mort bas dépend donc de l'adéquation du modèle choisi comme approximation du comportement de la pièce réelle.

[0010] Le brevet US 4,511,976 décrit un procédé dans lequel un dispositif électronique de commande enregistre la variation de l'angle θ entre la tôle et le dessus de la matrice, mesuré par un capteur de position qui suit

la déformation de la tôle, disposé sur le tablier fixe, et la variation de la force d'appui du poinçon. La partie initiale linéaire de la courbe F/θ permet de calculer le module d'élasticité de l'échantillon et, par extrapolation de la courbe dans la zone de déformation plastique, le dispositif de commande calcule l'angle maximum de pliage nécessaire pour obtenir la valeur de consigne de l'angle de pliage en l'absence de charge. Toutefois, l'expérience montre que la mesure de l'angle θ est peu précise et peu fiable, les capteurs couramment utilisés pour ce type de mesure se dérégulant peu à peu, et devant être réétalonnés pour chaque matrice.

[0011] Le but de la présente invention est de proposer un procédé de réglage de la course d'une presse-plieuse qui compense l'effet de retour élastique de la pièce, sans présenter les inconvénients des procédés antérieurs.

[0012] Ce but est atteint par un procédé du type défini d'entrée dans lequel la différence d'épaisseur entre l'épaisseur réelle (e_r) de la pièce et l'épaisseur nominale (e) de la pièce est calculée en comparant la position réelle du déplacement du poinçon à laquelle se produit une variation prédéterminée Δp du paramètre physique (p) avec la position théorique dudit déplacement où cette variation Δp devrait se produire, dans lequel le dispositif électronique de commande traite les mesures dudit déplacement (d) et dudit paramètre physique (p), pendant la phase de déformation plastique de la pièce en cours de pliage, de façon à les comparer et de déterminer leurs écarts avec les données enregistrées lors d'une opération de pliage de référence ayant permis d'obtenir la valeur de consigne α_c de l'angle de pliage après relâchement de la force exercée par le poinçon et de déterminer une valeur de référence de la correction d'effet de ressort, et dans lequel le dispositif électronique de commande calcule une correction du point mort bas en fonction de ladite correction de référence de l'effet de ressort et desdits écarts avec les données de l'enregistrement de référence.

[0013] Plus particulièrement, selon l'invention, la comparaison avec l'enregistrement de référence est effectuée en calculant l'angle instantané de pliage α sous charge de la pièce, en fonction de la variation dudit déplacement (d) qui suit ladite variation Δp du paramètre physique, en tenant compte de ladite différence d'épaisseur ($e_r - e$) et des paramètres géométriques du poinçon et de la matrice. La force d'appui (F) du poinçon sur la pièce est calculée au moyen de la valeur du paramètre physique (p), la succession de valeurs du couple angle instantané de pliage/force d'appui (α, F) est acquise et comparée à une courbe de référence (α, F)_{réf} préenregistrée lors d'une opération de pliage de référence ayant permis d'obtenir la valeur de consigne α_c de l'angle de pliage après relâchement de la force exercée par le poinçon, et le dispositif électronique de commande calcule une correction du point mort bas en fonction de l'écart entre les couples (α, F) et la courbe de référence (α, F)_{réf}.

[0014] Les signaux représentatifs du déplacement (d) et du paramètre physique (p) sont mesurés, digitalisés et acquis en tant que séries de valeurs ponctuelles de deux paramètres (p, d) ou (α, F). Cependant, pour faciliter la compréhension de la description de l'invention, ils seront représentés par la suite graphiquement sous forme de courbes continues selon les méthodes habituelles de la géométrie analytique. L'homme du métier comprendra aisément que l'expression "courbe de référence" est employée ici par facilité de langage pour désigner une succession de valeurs de paramètres enregistrées sous forme digitalisée. Les méthodes numériques de calcul équivalant à la détermination graphique de l'écart entre deux courbes tracées dans un système d'axes de coordonnées sont également suffisamment familières à l'homme du métier pour qu'il ne soit pas nécessaire de les rappeler ici.

[0015] En utilisant comme paramètres enregistrés en vue des calculs de correction le déplacement du tablier mobile et un paramètre directement représentatif de la force d'appui du poinçon sur la pièce, le procédé selon l'invention évite l'emploi de dispositifs de mesure d'angles peu fiables.

[0016] En utilisant comme données pour effectuer la correction du point mort bas un enregistrement précédent du pliage d'un échantillon réel de la même pièce, le procédé selon l'invention évite les erreurs dues à l'emploi de modèles théoriques inappropriés.

[0017] De préférence, dans la comparaison des forces d'appui (F), on tient compte de la longueur réelle sur laquelle la pièce est pliée.

[0018] Les mesures simultanées du déplacement du tablier mobile et de la variation du paramètre physique (p) permettant de déterminer la différence entre l'épaisseur réelle de la pièce en cours de pliage et la valeur nominale de cette épaisseur, le dispositif de commande effectue de préférence une deuxième correction du point mort bas en tenant compte de la différence d'épaisseur ainsi déterminée.

[0019] Selon une variante d'exécution de cette deuxième correction, pour en améliorer la précision, la vitesse du mouvement de déplacement est réduite à une vitesse d'acquisition de mesure (v_{am}), inférieure à la vitesse de pliage (VP) prédéterminée, lorsque le poinçon est à une distance prédéterminée du niveau théorique de pincement de la tôle, cette distance étant supérieure à la tolérance d'épaisseur Δe de fabrication de ladite tôle, et la vitesse du mouvement de déplacement augmente à nouveau jusqu'à ladite vitesse de pliage après détection de la variation prédéterminée Δp dudit paramètre physique (p).

[0020] Enfin, la variation du paramètre physique (p) permet de déterminer les contraintes mécaniques auxquelles est soumis le bâti de la presse, et donc sa déformation, et ce sur la base de données relatives à l'outil lui-même, stockées en mémoire. Cette mesure des contraintes peut être utilisée pour calculer une troisième correction, représentative de la déformation de la pres-

se elle-même sous l'effet de ces contraintes.

[0021] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-dessous d'un mode d'exécution, en se référant aux figures qui l'accompagnent, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique illustrant l'effet d'une variation d'épaisseur d'une tôle sur le point de contact poinçon-tôle;
- la figure 2 est une vue schématique de face d'une presse-plieuse munie de capteurs de pression et d'une électronique de commande;
- la figure 3 montre deux courbes, illustrant simultanément la descente du poinçon et la variation du paramètre (p) en fonction du déplacement de ce poinçon;
- la figure 4 montre deux courbes représentant la variation de la force d'appui F du poinçon en fonction de l'angle de pliage, dans un système d'axes de coordonnées (α , F);
- la figure 5 est une vue partielle de deux courbes représentant la variation de la force d'appui du poinçon en fonction de l'angle de pliage dans un système d'axes de coordonnées (α , F).

[0022] La presse-plieuse représentée à la figure 2 comporte un tablier mobile 1 supportant un poinçon 2 et un tablier fixe 3 supportant une matrice 4. Le déplacement du tablier mobile s'effectue à l'aide de deux vérins hydrauliques 5, 5', montés sur deux montants respectifs 6, 6' solidaires du tablier inférieur. La machine est équipée de deux règles de mesure 9 et 9', montées sur chacun de ses côtés, dans l'axe de pliage, permettant de mesurer le déplacement du tablier mobile par rapport aux montants respectifs 6 et 6'. Le mouvement de pliage est commandé par un dispositif électronique de commande 7. Deux capteurs de pression 8 et 8' sont montés respectivement sur chacun des vérins 5, 5' de façon à détecter la pression à la partie supérieure de chacun d'eux. Le dispositif de commande électronique est agencé de façon à traiter les signaux a1 et a2 issus respectivement de chacun des capteurs de pression et de traiter également deux signaux b1 et b2 issus des règles de mesure 9 et 9' et représentatifs des déplacements du tablier mobile par rapport à chacun des montants 6 et 6'. On peut utiliser comme mesure du déplacement (d) la moyenne des signaux b1 et b2 et comme mesure du paramètre (p) la moyenne des signaux a1 et a2. Pour plus de précision, il est toutefois préférable de traiter séparément les signaux b1 et a1 d'une part, les signaux b2 et a2 d'autre part, en particulier pour tenir compte d'éventuels défauts d'homogénéité de la pièce à plier, et d'effectuer des calculs de correction et des compensations de course du tablier mobile séparément

au niveau du montant gauche et du montant droit. L'homme du métier comprendra aisément que la description qui suit illustre aussi bien les calculs et compensations de course pour chacun des deux montants pris séparément, leurs signaux respectifs faisant l'objet de traitements séparés, que les calculs et compensations pour des signaux moyennés entre le montant gauche et le montant droit.

[0023] Pendant la descente du tablier mobile, tant que le poinçon n'est pas entré en contact avec la tôle destinée à être pliée, la force d'appui est nulle. Elle peut être représentée par la pression (p) mesurée par les capteurs 8, 8', laquelle présente une valeur initiale qui peut être mesurée et mise à zéro par calcul. Après l'entrée en contact du poinçon avec la tôle, la variation de la force d'appui est linéaire, pendant la déformation élastique de la tôle. La pente de la partie linéaire de la courbe p/d ou de la courbe F/ α qu'on en dérive par transformation mathématique permet de calculer le module d'élasticité. La position du tablier mobile à laquelle correspond le début de la variation du paramètre physique (p) permet de calculer l'épaisseur réelle e_r de la tôle. Pour déterminer cette épaisseur réelle de manière plus précise, la descente du tablier peut être commandée par le dispositif électronique de commande selon une variante exposée ci-dessous et illustrée par la figure 3.

[0024] La figure 3 montre, sur un même diagramme, d'une part la vitesse de descente V du tablier mobile, qui est préprogrammée, et, en même temps, la variation de la pression hydraulique P mesurée au niveau des capteurs de pression 8, 8', en fonction du déplacement (d). La descente s'effectue dans un premier temps à une vitesse d'approche élevée V1, jusqu'à atteindre une distance prédéterminée par rapport au niveau où le poinçon vient théoriquement pincer la tôle, dite distance de sécurité ds. A ce moment, la vitesse est diminuée, par exemple jusqu'à une vitesse proche de la vitesse de pliage VP, cette dernière étant imposée par la composition et l'épaisseur nominale de la tôle ainsi que par les caractéristiques du pliage souhaité, angle de pliage et profil d'outil. Cette vitesse peut être typiquement de l'ordre de 10 mm/s. Si l'on désigne l'épaisseur nominale de la tôle par e, la tolérance sur l'épaisseur par Δe , l'épaisseur réelle e_r de la tôle sera comprise dans l'intervalle $e \pm \Delta e$. Lorsque le poinçon se trouve à une distance du niveau théorique de pincement, dite distance d'acquisition de mesure, dam, légèrement supérieure à Δe , la vitesse de descente est réduite à une vitesse d'acquisition de mesure, vam, qui est de l'ordre du 1/2 au 1/10 de la vitesse de pliage VP, soit typiquement 1 mm/s - 5 mm/s.

[0025] Pendant toute la descente, les capteurs de pression 8 et 8' mesurent la pression hydraulique P au niveau de chacun des vérins 5 et 5' et le dispositif de commande 7 l'enregistre et la traite. La variation de la pression est représentée (en unités arbitraires) sur la figure 3. La réduction de la vitesse de descente du tablier mobile, de la vitesse d'approche V1 à la vitesse de

pliage VP, s'accompagne d'une légère augmentation de pression concomitante dp_1 , non significative en ce qui concerne le pliage. La valeur de la pression p_r atteinte alors, pendant la phase de descente à la vitesse de pliage et avant l'entrée en contact avec la tôle, est considérée comme valeur de référence de ce paramètre. Un cycle de mesure de l'ensemble capteurs + dispositif électronique de commande dure environ 10 ms : de la sorte, pendant que le tablier descend à une vitesse de pliage VP de l'ordre de 10 mm/s, une mesure de la pression est effectuée tous les 0,1 mm; lorsque la vitesse de descente est réduite à une vitesse d'acquisition de mesure v_m de 1 mm/s, une mesure de la pression est effectuée tous les 0,01 mm. Le dispositif est donc en mesure de déterminer de manière très précise le moment où la pression P augmente à nouveau d'un montant Δp , représentatif de l'entrée en contact du poinçon avec la face supérieure de la tôle. On peut choisir une valeur de Δp de l'ordre de 1 bar. Cette entrée en contact peut se produire à n'importe quel point situé entre les points représentatifs respectivement de tôles d'épaisseur $e + \Delta e$ et $e - \Delta e$. La comparaison du niveau d'entrée en contact avec le niveau théorique de pincement détermine la différence entre épaisseur réelle et nominale de la tôle et le dispositif de commande 7 recalcule immédiatement un point mort bas.

[0026] Une fois que le niveau du point réel d'entrée en contact du poinçon avec la tôle est acquis, la descente du tablier mobile peut être poursuivie à la vitesse de pliage VP.

[0027] Après l'entrée en contact, la pression mesurée au niveau des capteurs 8, 8' augmente quasi linéairement jusqu'à atteindre une valeur PP, pression de pliage, qui peut atteindre l'ordre de grandeur de 300 bars; au-delà se produit la déformation plastique de la pièce, la courbe (d , P) s'incurve vers le bas, puis la pression P diminue légèrement et linéairement. La valeur de la pression dans cette phase de déformation plastique détermine la déformation des montants et autres parties fixes de la presse. Le dispositif électronique de commande 7 compare la valeur de la pression pendant la déformation plastique avec un abaque spécifique à cette presse-plieuse, enregistré en mémoire, établissant la relation entre cette valeur, la déformation des parties fixes de la presse et l'erreur de pénétration du poinçon qui en résulterait, en l'absence de correction. La course du poinçon, c'est-à-dire la position du point mort bas (BDC) est corrigée en conséquence.

[0028] A partir des valeurs mesurées du déplacement d et des valeurs concomitantes du paramètre p , et en tenant compte des données géométriques des outils, c'est-à-dire du poinçon et de la matrice, mises en mémoire, ainsi que de la valeur de l'épaisseur réelle de la tôle déterminée au début du processus de pliage, le dispositif électronique de commande calcule les valeurs successives (α , F) de l'angle de pliage instantané et de la force d'appui. Cette transformation peut être effectuée à l'aide des relations mathématiques ci-dessous,

dans lesquelles, en se référant à la figure 1 :

- V1 désigne l'ouverture de la matrice
- A_m désigne l'angle de la matrice
- 5 R_m désigne le rayon de courbure de la matrice
- R_p désigne le rayon du poinçon
- e_r désigne l'épaisseur réelle de la pièce à plier
- d_0 désigne le déplacement du tablier au moment de l'entrée en contact du poinçon avec la pièce
- 10 P désigne la pénétration du poinçon dans la matrice

$$V2 = V1 + 2 \cdot R_m \cdot \tan((180 - A_m)/4)$$

15

$$\beta = (180 - \alpha)/2$$

20

$$V_e = V2 - 2 \cdot R_m \cdot \sin \beta$$

$$RNH = V_e/6,18$$

25

$R_i = RNH$ ou R_p , la plus grande valeur étant retenue

$$P = d - d_0 - e_r$$

30

$$P = (V2/2) \cdot \tan \beta - (R_m + R_i + e_r) (1 - \cos \beta) / \cos \beta$$

35

[0029] La succession des valeurs (α , F) peut être représentée sous forme analogique par la courbe 10 montrée en traits pleins sur la figure 4.

40

[0030] L'expérience montre que, dans la zone de déformation plastique, la courbe 10 devient quasi linéaire au-delà de sa zone de courbure maximale 11, 12. La méthode de calcul de la compensation de l'effet de ressort repose sur la comparaison de la courbe 10, représentant les valeurs (α , F) calculées au fur et à mesure de l'avancement de l'opération de pliage avec une courbe de référence 20, représentant les valeurs (α , F)_{réf} stockées en mémoire lors d'un pliage d'une tôle d'épaisseur nominale e et de longueur $L_{réf}$. Cette courbe de référence 20, montrée en traits pointillés sur la figure 4, donne notamment la valeur maximale de l'angle instantané sous charge (α)_{max réf}, ayant permis l'obtention de la valeur de consigne (α)_c après la phase de relâchement de la force d'appui exercée par le poinçon sur la pièce, illustrée par le segment de droite 21.

55

[0031] L'expérience montre également que des courbes (α , F) enregistrées lors de pliages répétitifs sont pratiquement parallèles les unes aux autres dans la partie quasi linéaire de la zone de déformation plastique; en d'autres termes, elles présentent un écart Δf ne variant pratiquement pas en fonction de α entre les points

P₃ et P₄. La position des courbes (α , F) dans cette zone, au-dessus ou au-dessous de la courbe de référence 20, dépend en particulier des écarts de la longueur réelle L des pièces pliées avec la longueur L_{réf}, de l'épaisseur réelle et du module d'élasticité réel M de l'échantillon plié. On peut noter que par unité de longueur de pièce pliée, la force et le module d'élasticité sont liés par la relation

$$F = e_r^2 \cdot M \cdot 1,75 / V_e$$

[0032] Le module d'élasticité pourrait également être déterminé à partir de la pente entre deux points P1 et P2 de la partie linéaire de la courbe (α , F) correspondant à la déformation élastique.

[0033] La figure 4 montre également que si l'on extrapolait la courbe 10, son intersection avec la droite 21, représentative de l'effet de ressort, donne l'angle de pliage $\alpha_{\max}$ sous contrainte pour l'échantillon en cours de pliage qui permet d'obtenir la valeur de consigne α_c en l'absence de contrainte. $\alpha_{\max}$ est supérieur à $(\alpha_{\max})_{\text{réf}}$ si la courbe de pliage est au-dessus de la courbe de référence; $\alpha_{\max}$ est inférieur à $(\alpha_{\max})_{\text{réf}}$ dans le cas contraire.

[0034] Dans le procédé selon l'invention, les mesures (p, d) sont acquises, digitalisées et transformées en couples (α , F) par le dispositif électronique de commande (7). Le calcul de la correction de $(\alpha_{\max})_{\text{réf}}$, c'est-à-dire $(\alpha_{\max})_{\text{réf}} - \alpha_{\max}$, est effectué sans extrapolation graphique : une pluralité de valeurs de F entre les points P₃ et P₄ obtenues comme indiqué ci-dessus sont d'abord corrigées d'un facteur L/L_{réf}. Puis, l'écart Δf entre la portion de courbe 10 située entre P₃ et P₄ et la courbe 20 est déterminé à partir des valeurs ainsi corrigées par une méthode de moindres carrés. Ensuite, le dispositif électronique de commande calcule la valeur corrigée de $\alpha_{\max}$ à partir de $(\alpha_{\max})_{\text{réf}}$ et de Δf . On peut employer la relation:

$$(\alpha_{\max})_{\text{réf}} - \alpha_{\max} = \Delta f / \tan \gamma$$

[0035] L'angle γ entre la droite 21 et l'axe des abscisses est obtenu grâce à l'enregistrement de la courbe de référence 20 et préprogrammé pour l'opération de pliage.

[0036] Enfin, le dispositif électronique de commande calcule la valeur corrigée du point mort bas à partir des relations indiquées plus haut entre α , d et P.

[0037] L'homme du métier notera que ce calcul de correction du point mort bas est effectué pendant le pliage, bien avant que le poinçon n'approche du point mort bas, sur la base de mesures de couples (p, d) effectuées dans une plage du déplacement, à savoir entre les points P₃ et P₄, qui est facile à déterminer. La correction du point mort bas qui compense la déformation de la presse est effectuée simultanément. La correction qui

compense les variations d'épaisseur de la pièce est déjà effectuée à ce moment.

[0038] La courbe de référence peut être obtenue grâce à un premier essai de pliage tel qu'illustré par la figure 5. La figure 5 représente la zone de déformation plastique de l'essai destiné à fournir les valeurs de référence de la correction de l'effet de ressort. Le pliage représenté par la courbe 200 est mené jusqu'à atteindre la valeur de consigne de l'angle de pliage α_c , mais ce sous contrainte. Le poinçon est alors légèrement relevé, de sorte que l'angle de pliage de la pièce rediminue sous l'effet de ressort. Ce processus est représenté par le segment 201 qui coupe l'axe des abscisses en un point α_1 . La correction de référence de l'effet de ressort est donc $A = \alpha_c - \alpha_1$. On fait alors redescendre le poinçon de façon à poursuivre le pliage de la pièce jusqu'à un angle de pliage sous contrainte $\alpha_c + A$. La force d'appui augmente suivant la courbe 202, d'abord linéairement, puis selon un arc de courbe correspondant à la fin de la déformation plastique. Puis le poinçon est à nouveau relevé et la force d'appui diminue selon le segment de droite 203; on vérifie que l'angle de pliage revient à la valeur α_c en l'absence de contrainte et que le segment 203 est parallèle au segment 201.

[0039] La figure 5 montre également un pliage ultérieur utilisant les données tirées du pliage de référence. A un moment de la phase de déformation plastique de ce pliage, représenté par le point P₅ de la courbe 100, on détermine l'ordonnée correspondante B de la courbe de référence 200 et la différence B' entre l'ordonnée du point P₅ et l'ordonnée correspondante B de la courbe de référence. Comme le montre la construction géométrique de la figure 5, le supplément de correction d'effet de ressort A', dû à l'écart B', se calcule par l'expression $A' = (A/B) \cdot B'$. L'ensemble de la correction angulaire d'effet de ressort applicable à l'opération de pliage illustrée par la courbe 100 est donc $A + A'$. L'électronique de commande convertit cette valeur en une correction du point mort bas au moyen des expressions algébriques indiquées plus haut.

[0040] Si les pliages subséquents au pliage de référence sont effectués sur la même machine et avec les mêmes outils, l'ensemble du traitement du signal peut être effectué en comparant les couples (d, p) à une courbe (d, p)_{réf} enregistrée lors d'un premier pliage, c'est-à-dire une courbe similaire à la moitié droite de la courbe (d, P) de la figure 3, sans opérer la transformation mathématique (d, p) $\leftrightarrow$ (α , F). Par contre, si la courbe de référence est enregistrée sur une première machine, et les pliages suivants sont effectués sur une autre machine, cette transformation est nécessaire pour pouvoir effectuer les comparaisons et corrections décrites ci-dessus.

[0041] La courbe de référence peut être une donnée stockée en mémoire, obtenue lors d'un travail antérieur. Dans ce cas, lors de la programmation initiale du pliage, le dispositif électronique de commande recherche en mémoire l'existence d'une courbe de référence pour des

paramètres de pliage et un matériau identiques. La recherche en mémoire porte notamment sur l'angle de consigne α_c , la combinaison d'outils et les paramètres physiques du matériau (épaisseur, résistance du matériau).

[0042] Un ensemble de courbes de référence peut constituer une base de données. Celle-ci peut être accessible en ligne à une pluralité d'utilisateurs, soit sous forme d'une base de données à accès public, soit dans le cadre d'un réseau privé.

[0043] L'utilisation d'une courbe de référence tirée d'une base de données économise un essai sur une première pièce, ce qui est un avantage considérable dans le cas de petites séries onéreuses.

Revendications

1. Procédé de réglage de la course d'une presseplieuse comportant un tablier mobile (1) portant un poinçon (2), un tablier fixe (3) portant une matrice (4), des moyens de déplacement (5, 5') du tablier mobile, lesdits moyens de déplacement s'appuyant sur des montants (6, 6') solidaires du tablier fixe, des règles de mesure (9, 9') pour la mesure du déplacement (d) du tablier mobile par rapport aux montants, au moins un capteur (8, 8') mesurant un paramètre physique (p) variant en fonction de la force exercée par ledit poinçon sur une pièce à plier placée sur ladite matrice, et un dispositif électronique de commande (7) commandant le déplacement du tablier mobile entre un point mort haut et un point mort bas (BDC), pourvu de moyens d'acquisition des mesures du déplacement (d) et du paramètre physique (p), et de moyens de calcul pour corriger la valeur du dit point mort bas en fonction des mesures du dit déplacement et du dit paramètre physique, **caractérisé en ce que** la différence d'épaisseur entre l'épaisseur réelle de la pièce et l'épaisseur nominale (e) de la pièce est calculée en comparant la position réelle du déplacement du poinçon à laquelle se produit une variation prédéterminée Δp dudit paramètre physique (p) avec la position théorique dudit déplacement où cette variation Δp devrait se produire, **en ce que** le dispositif électronique de commande traite les mesures dudit déplacement (d) et dudit paramètre physique (p), pendant la phase de déformation plastique de la pièce en cours de pliage, de façon à les comparer et de déterminer leurs écarts avec les données enregistrées lors d'une opération de pliage de référence ayant permis d'obtenir la valeur de consigne α_c de l'angle de pliage après relâchement de la force exercée par le poinçon et de déterminer une valeur de référence de la correction d'effet de ressort, et **en ce que** le dispositif électronique de commande calcule une correction du point mort bas en fonction de ladite correction de référence de l'effet de ressort

et desdits écarts avec les données de l'enregistrement de référence.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'angle instantané de pliage α sous charge de la pièce est calculé en fonction de la variation dudit déplacement d, en tenant compte de ladite différence d'épaisseur ($e_r - e$) et des paramètres géométriques du poinçon et de la matrice, que la force d'appui (F) du poinçon sur la pièce est calculée au moyen de la valeur du paramètre physique (p), que la succession des valeurs du couple de paramètres angle instantané de pliage/force d'appui (α , F) est acquise et comparée à une courbe de référence (α , F)_{réf} préenregistrée lors d'une opération de pliage du même matériau ayant permis d'obtenir la valeur de consigne α_c de l'angle de pliage après relâchement de la force exercée par le poinçon, et que ledit dispositif électronique de commande (7) calcule une correction (A') de la valeur maximale de l'angle instantané sous charge ($\alpha_{\max}$)_{réf} déterminé lors du pliage de référence en fonction de l'écart entre le couple (α , f) issu de la mesure et la courbe de référence (α , f)_{réf} dans la zone de déformation plastique.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le dispositif électronique de commande (7) calcule une correction du point mort bas (BDC) en fonction de ladite correction (A') de la valeur maximale de l'angle instantané sous charge ($\alpha_{\max}$)_{réf}.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif électronique de commande 7 calcule une deuxième correction du point mort bas (BDC) tenant compte de ladite différence d'épaisseur entre l'épaisseur réelle de la pièce et l'épaisseur nominale (e) de la pièce.
5. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la vitesse du mouvement de déplacement du tablier mobile est réduite à une vitesse d'acquisition de mesure (vam), inférieure à une vitesse de pliage (VP) prédéterminée, lorsque le poinçon est à une distance prédéterminée du niveau théorique de pincement de la tôle supérieure à la tolérance d'épaisseur Δe de fabrication due ladite tôle, et que la vitesse du mouvement de déplacement augmente jusqu'à ladite vitesse de pliage après détection de ladite variation prédéterminée Δp dudit paramètre physique (p).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le dispositif électronique de commande (7) compare les valeurs mesurées dudit paramètre physique (p) avec un abaque préenregistré établissant la relation entre ledit paramètre physique et la déformation des parties fixes

de la presse et calcule une troisième correction du point mort bas (BDC) en tenant compte de ladite déformation.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit paramètre physique est la contrainte mécanique qu'un vérin exerce sur le tablier mobile mesuré à ce niveau par une jauge de contrainte. 5
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 mis en oeuvre dans une presse-plieuse dont les moyens de déplacement comportent deux vérins hydrauliques associés respectivement à l'un des deux montants et un capteur (8, 8') de pression associé à chaque vérin, **caractérisé en ce que** ledit paramètre physique est la moyenne entre les pressions hydrauliques mesurées par lesdits capteurs (8, 8'). 10
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 mis en oeuvre dans une presse-plieuse dont les moyens de déplacement comportent deux vérins hydrauliques associés respectivement à l'un des deux montants et un capteur (8, 8') de pression associé à chaque vérin, **caractérisé en ce que** le réglage de la course est effectué pour chaque montant, indépendamment de l'autre, et que ledit paramètre physique est la pression mesurée respectivement par chacun desdits capteurs (8, 8'). 15 20 25 30

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Hubs einer Abkantpresse, umfassend eine bewegliche Wange (1), die einen Stempel (2) trägt, eine feste Wange (3), die eine Matrize (4) trägt, Mittel (5, 5') zur Bewegung der beweglichen Wange, wobei sich die Bewegungsmittel auf Pfosten (6, 6') stützen, die mit der festen Wange fest verbunden sind, Messlineale (9, 9') zur Messung der Bewegung (d) der beweglichen Wange in Bezug auf die Pfosten, mindestens einen Fühler (8, 8'), der einen physikalischen Parameter (p) misst, der in Abhängigkeit von der Kraft schwankt, die vom Stempel auf ein zu biegendes Werkstück ausgeübt wird, das auf der Matrize angeordnet ist, und eine elektronische Steuervorrichtung (7), welche die Bewegung der beweglichen Wange zwischen einem oberen Totpunkt und einem unteren Totpunkt (BDC) steuert und versehen ist mit Mitteln zur Erfassung der Messwerte der Bewegung (d) und des physikalischen Parameters (p) und mit Berechnungsmitteln zur Korrektur des Wertes des unteren Totpunkts in Abhängigkeit von den Messwerten der genannten Bewegung und des genannten physikalischen Parameters, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dickendifferenz zwischen 35 40 45 50 55

der realen Dicke des Werkstücks und der Nenndicke (e) des Werkstücks berechnet wird, indem die reale Position der Bewegung des Stempels, in der es zu einer vorbestimmten Veränderung Δp des physikalischen Parameters (p) kommt, mit der theoretischen Position der genannten Bewegung verglichen wird, in der es zu dieser Veränderung Δp kommen sollte, dass die elektronische Steuervorrichtung die Messwerte der Bewegung (d) und des physikalischen Parameters (p) während der Phase der plastischen Verformung des gerade gebogenen Werkstücks verarbeitet, um sie zu vergleichen und ihre Abweichungen von den Daten zu bestimmen, die bei einem Referenzbiegevorgang aufgezeichnet wurden, der es ermöglichte, den Sollwert α_c des Biegewinkels nach dem Aufheben der durch den Stempel ausgeübten Kraft zu erhalten und einen Referenzwert für die Korrektur der Federkraft zu bestimmen, und dass die elektronische Steuervorrichtung in Abhängigkeit von der Referenzkorrektur der Federkraft und den Abweichungen von den Daten der Referenzaufzeichnung eine Korrektur des unteren Totpunkts berechnet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der momentane Biegewinkel α unter Belastung des Werkstücks in Abhängigkeit von der Veränderung der Bewegung d berechnet wird, indem die Dickendifferenz ($e_p - e$) und die geometrischen Parameter des Stempels und der Matrize berücksichtigt werden, dass der Auflagedruck (F) des Stempels auf dem Werkstück mit Hilfe des Werts des physikalischen Parameters (p) berechnet wird, dass die Aufeinanderfolge der Werte des Parameterpaares momentaner Biegewinkel / Auflagedruck (α, F) erfasst und mit einer Referenzkurve (α, F)_{ref} verglichen wird, die bei einem Biegevorgang mit dem gleichen Material voraufgezeichnet wurde, der es ermöglichte, den Sollwert α_c des Biegewinkels nach dem Aufheben der durch den Stempel ausgeübten Kraft zu erhalten, und dass die elektronische Steuervorrichtung (7) eine Korrektur (A') des maximalen Werts des momentanen Winkels unter Belastung ($\alpha_{\max}$)_{ref} berechnet, der bei der Referenzbiegung bestimmt wurde, und zwar in Abhängigkeit von der Abweichung zwischen dem aus der Messung hervorgegangenen Paar (α, f) und der Referenzkurve (α, f)_{ref} im Bereich der plastischen Verformung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuervorrichtung (7) in Abhängigkeit von der Korrektur (A') des maximalen Werts des momentanen Winkels unter Belastung ($\alpha_{\max}$)_{ref} eine Korrektur des unteren Totpunkts (BDC) berechnet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die elektronische Steuervorrichtung 7 eine zweite Korrektur des unteren Totpunkts (BDC) berechnet, bei der die Dicken­differenz zwischen der realen Dicke des Werk­stücks und der Nenndicke (e) des Werkstücks be­rücksichtigt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekenn­zeichnet, dass** die Geschwindigkeit der Bewegung der beweglichen Wange auf eine Messwerterfas­sungsgeschwindigkeit (vam) reduziert wird, die kleiner ist als eine vorbestimmte Biegegeschwin­digkeit (VP), wenn sich der Stempel in einer vorbe­stimmten Entfernung von der theoretischen Höhe des Einklemmens des Blechs befindet, die größer ist als die Dickentoleranz Δe für die Herstellung des Blechs, und dass die Bewegungsgeschwindigkeit nach dem Nachweis der vorbestimmten Änderung Δp des physikalischen Parameters (p) wieder bis auf die Biegegeschwindigkeit erhöht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **da­durch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuervorrichtung (7) die Messwerte des physika­lischen Parameters (p) mit einer vorausgezeichneten Rechentafel vergleicht, welche die Beziehung zwi­schen dem genannten physikalischen Parameter und der Verformung der festen Teile der Presse her­stellt, und eine dritte Korrektur des unteren Tot­punkts (BDC) berechnet, indem sie die genannte Verformung berücksichtigt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **da­durch gekennzeichnet, dass** der genannten phy­skalische Parameter die mechanische Beanspru­chung ist, die ein Zylinder auf die bewegliche Wan­ge ausübt und die in diesem Bereich durch einen Dehnungsmesser gemessen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ein­gesetzt in einer Abkantpresse, deren Bewegungs­mittel zwei hydraulische Zylinder, die jeweils einem der Pfosten zugeordnet sind, und einen jedem Zy­linder zugeordneten Druckfühler (8, 8') umfassen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der physikalische Parameter der Mittelwert zwischen den hydraulischen Drücken ist, die durch die Fühler (8, 8') ge­messen werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ein­gesetzt in einer Abkantpresse, deren Bewegungs­mittel zwei hydraulische Zylinder, die jeweils einem der Pfosten zugeordnet sind, und einen jedem Zy­linder zugeordneten Druckfühler (8, 8') umfassen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung des Hubs für jeden Pfosten unabhängig vom anderen ausgeführt wird und dass der physikalische Para­meter der Druck ist, der jeweils von jedem der Füh-

ler (8, 8') gemessen wird.

Claims

1. A method for adjusting the stroke of a press brake comprising a fixed table (1) carrying a die (2), a moving beam (3) carrying a punch (4), means (5, 5') of moving the moving beam, the said movement means bearing on uprights (6, 6') fixed to the fixed table, measuring rules (9, 9') for measuring the movement (d) of the moving beam with respect to the uprights, at least one sensor (8, 8') measuring a physical parameter (p) varying according to the force exerted by the said punch on a piece placed on the said die, and an electronic control device (7) controlling the movement of the moving beam between a top dead centre and a bottom dead centre (BDC), provided with means of acquiring the movement measurements (d) and the physical parameter (p), and calculation means for correcting the value of the said bottom dead centre according to the measurements of the said movement and the said physical parameter, **characterised in that** the difference in thickness between the actual thickness of the piece and the nominal thickness (e) of the piece is calculated by comparing the actual position of the movement of the punch at which there occurs a predetermined variation Δp in the said physical parameter (p) with the theoretical position of the said movement where this variation Δp should occur, **in that** the electronic control device processes the measurements of the said movement (d) and the said physical parameter (p), during the plastic deformation phase of the piece during bending, so as to compare them and determine their differences with the data recorded during a reference bending operation which made it possible to obtain the set value α_c of the bending angle after release of the force exerted by the punch and to determine a reference value of the spring effect correction, and **in that** the electronic control device calculates a correction to the bottom dead centre according to the said reference correction of the spring effect and the said differences with the reference recording data.
2. A method according to Claim 1, **characterised in that** the instantaneous bending angle α under load of the piece is calculated according to the variation in the said movement d, taking account of the said difference in thickness ($e_r - e$) and the geometric parameters of the punch and die, **in that** the bearing force (F) of the punch on the piece is calculated by means of the value of the physical parameter (p), **in that** the succession of values of the pair of parameters consisting of instantaneous bending angle and bearing force (α, F) is acquired and compared with a reference curve (α, F)_{ref} pre-recorded

during a bending operation on the same material which made it possible to obtain the set value α_c of the bending angle after release of the force exerted by the punch, and **in that** the said electronic control device (7) calculates a correction (A') of the maximum value of the instantaneous angle under load $(\alpha_{\max})_{\text{ref}}$ determined during the reference bending according to the difference between the pair (α, F) issuing from the measurement and the reference curve $(\alpha, F)_{\text{ref}}$ in the plastic deformation zone.

3. A method according to Claim 2, **characterised in that** the electronic control device (7) calculates a correction to the bottom dead centre (BDC) according to the said correction (A') to the maximum value of the instantaneous angle under load $(\alpha_{\max})_{\text{ref}}$. 10
4. A method according to one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the electronic control device 7 calculates a second correction to the bottom dead centre (BDC) taking account of the said difference in thickness between the actual thickness of the piece and the nominal thickness (e) of the piece. 15
5. A method according to Claim 3, **characterised in that** the speed of movement of the moving beam is reduced to a measurement acquisition speed (v_{am}), less than a predetermined bending speed (VP), when the punch is at a predetermined distance from the theoretical gripping level of the top metal sheet at the manufacturing thickness tolerance Δe of the said metal sheet, and **in that** the speed of movement increases up to the said bending speed after detection of the said predetermined variation Δp in the said physical parameter (p). 20 25 30 35
6. A method according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the electronic control device (7) compares the measured values of the said physical parameter (p) with a pre-recorded nomogram establishing the relationship between the said physical parameter and the deformation of the fixed parts of the press and calculates a third correction to the bottom dead centre (BDC) taking account of the said deformation. 40 45
7. A method according to any one of Claims 1 to 6, **characterised in that** the said physical parameter is the mechanical force that a ram exerts on the moving beam measured at this level by a strain gauge. 50
8. A method according to any one of Claims 1 to 6 implemented in a press brake whose means of movement comprise two hydraulic rams associated respectively with one of the two uprights and a pressure sensor (8, 8') associated with each ram, **characterised in that** the said physical parameter is the 55

average between the hydraulic pressures measured by the said sensors (8, 8').

9. A method according to any one of Claims 1 to 8 implemented in a press brake whose movement means comprise two hydraulic rams associated respectively with one of the two uprights and a pressure sensor (8, 8') associated with each ram, **characterised in that** the adjustment of the stroke is carried out for each upright, independently of the other, and **in that** the said physical parameter is the pressure measured respectively by each of the said sensors (8, 8').

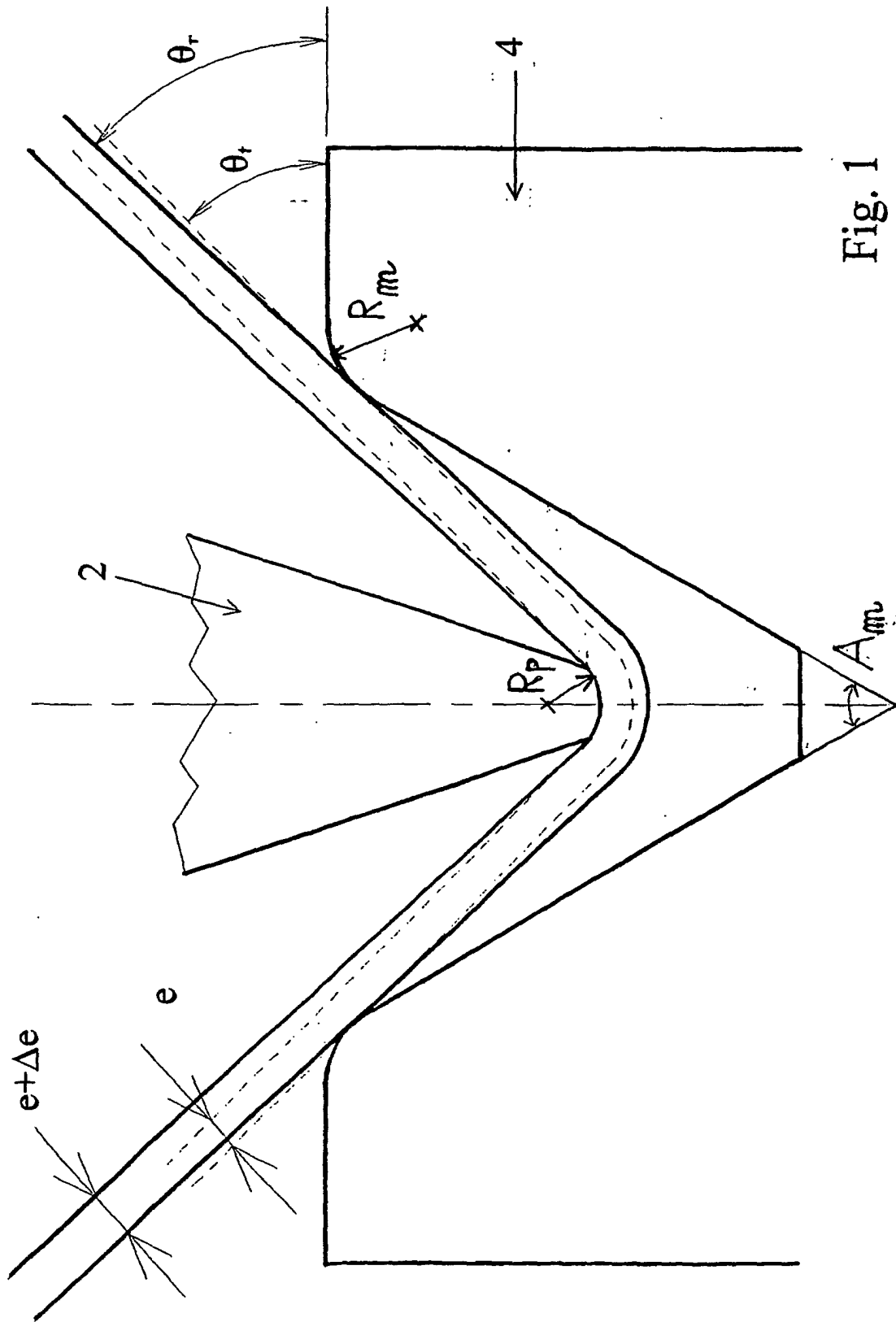


Fig. 1

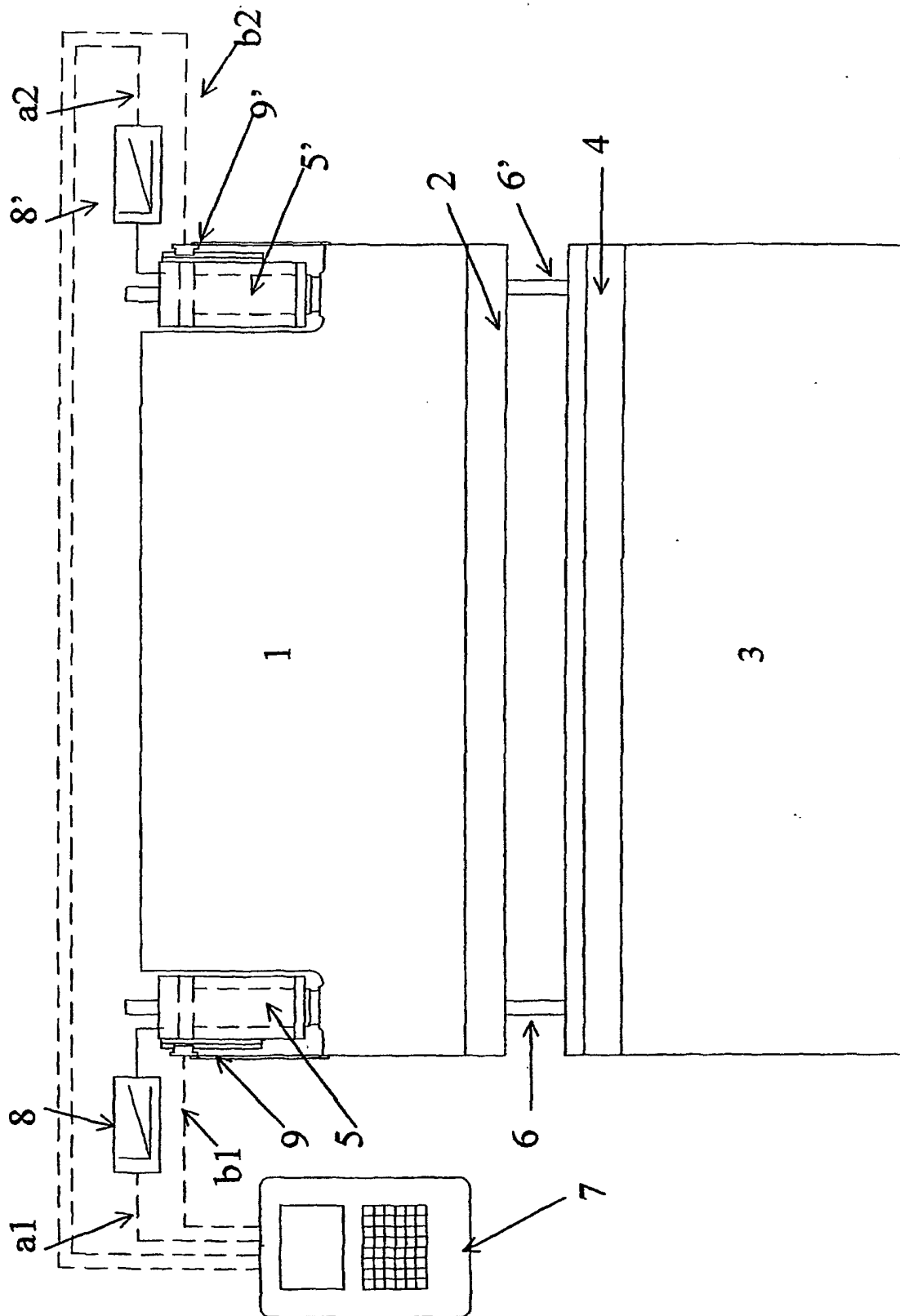


Fig. 2

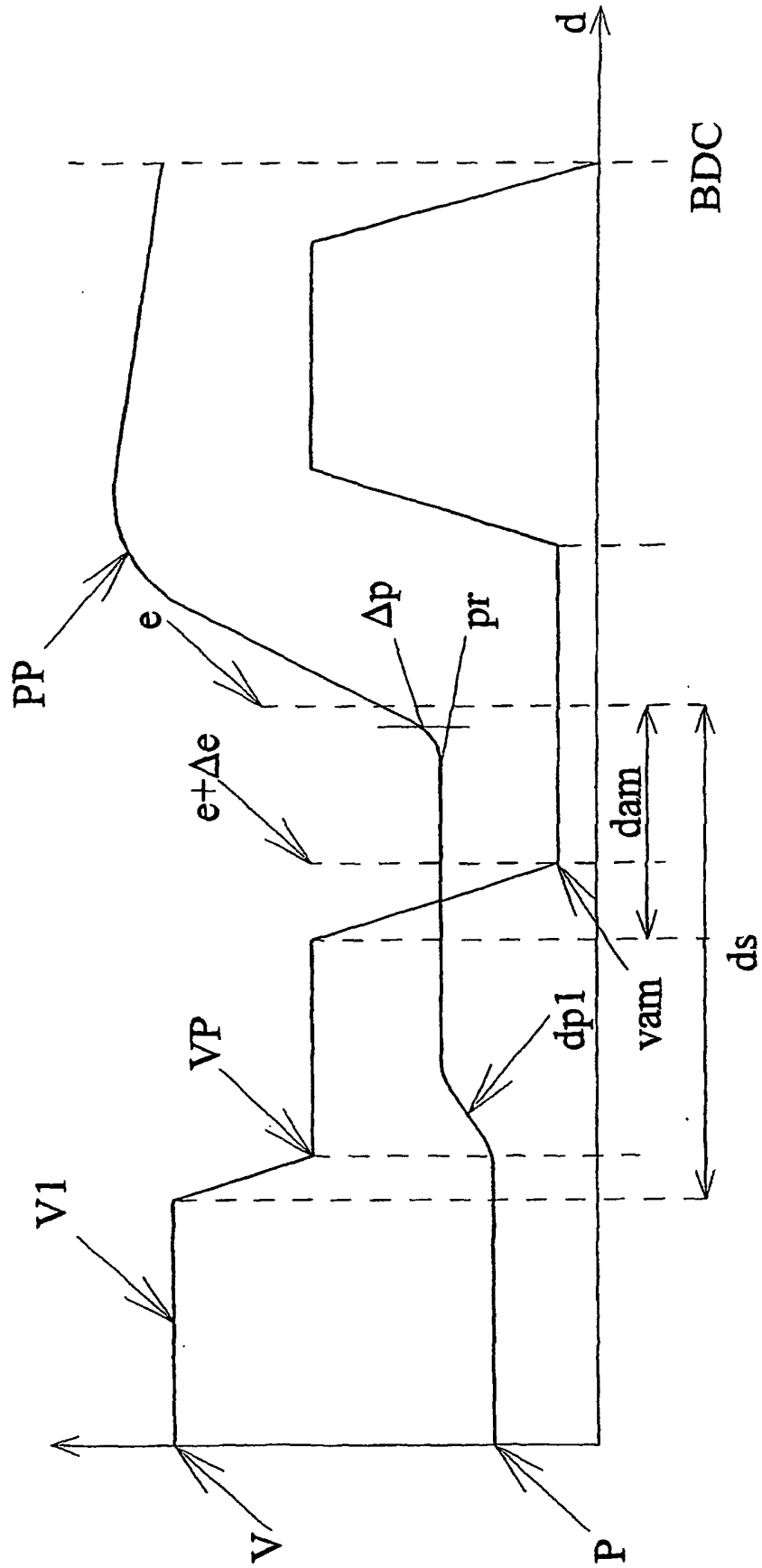


Fig. 3

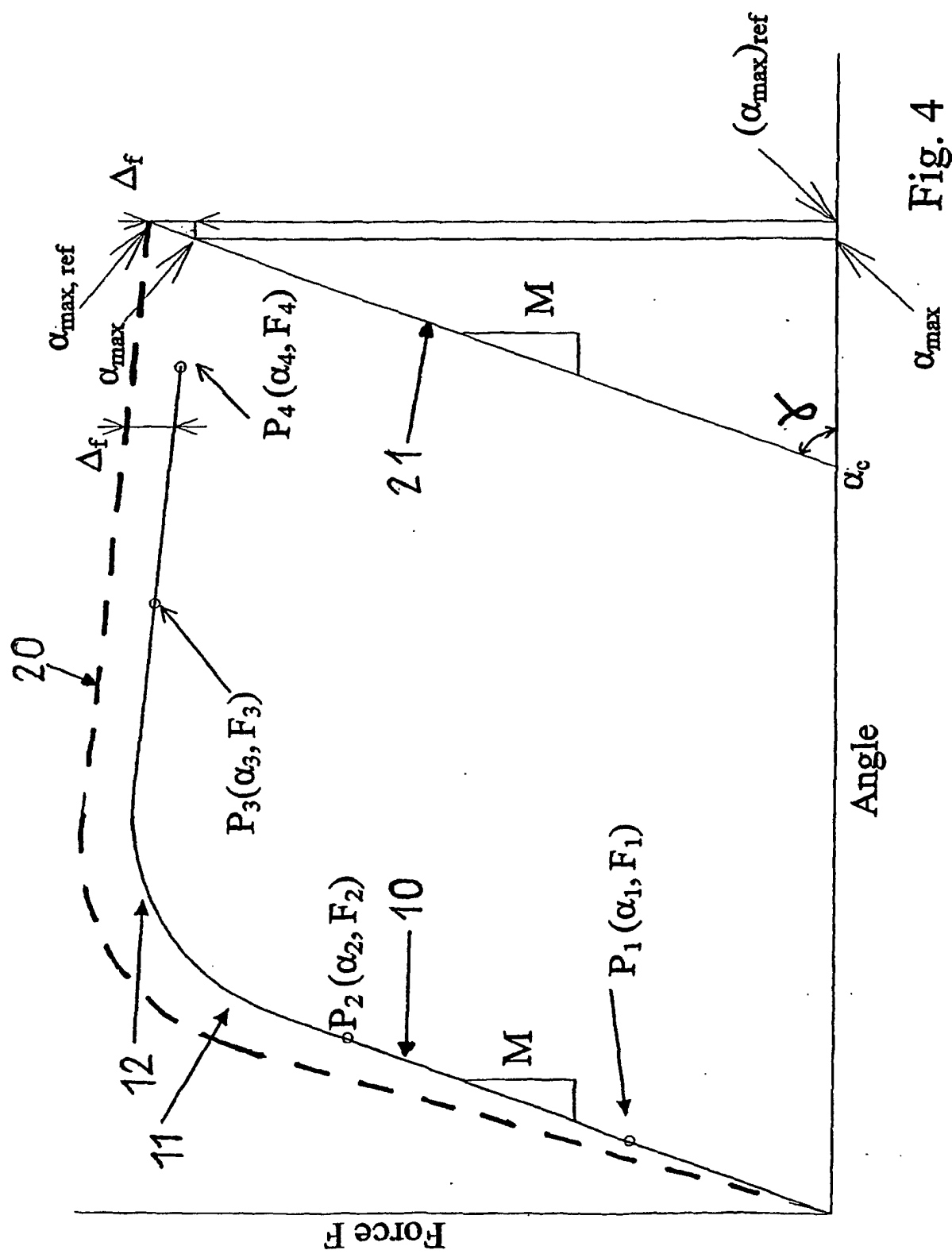


Fig. 4

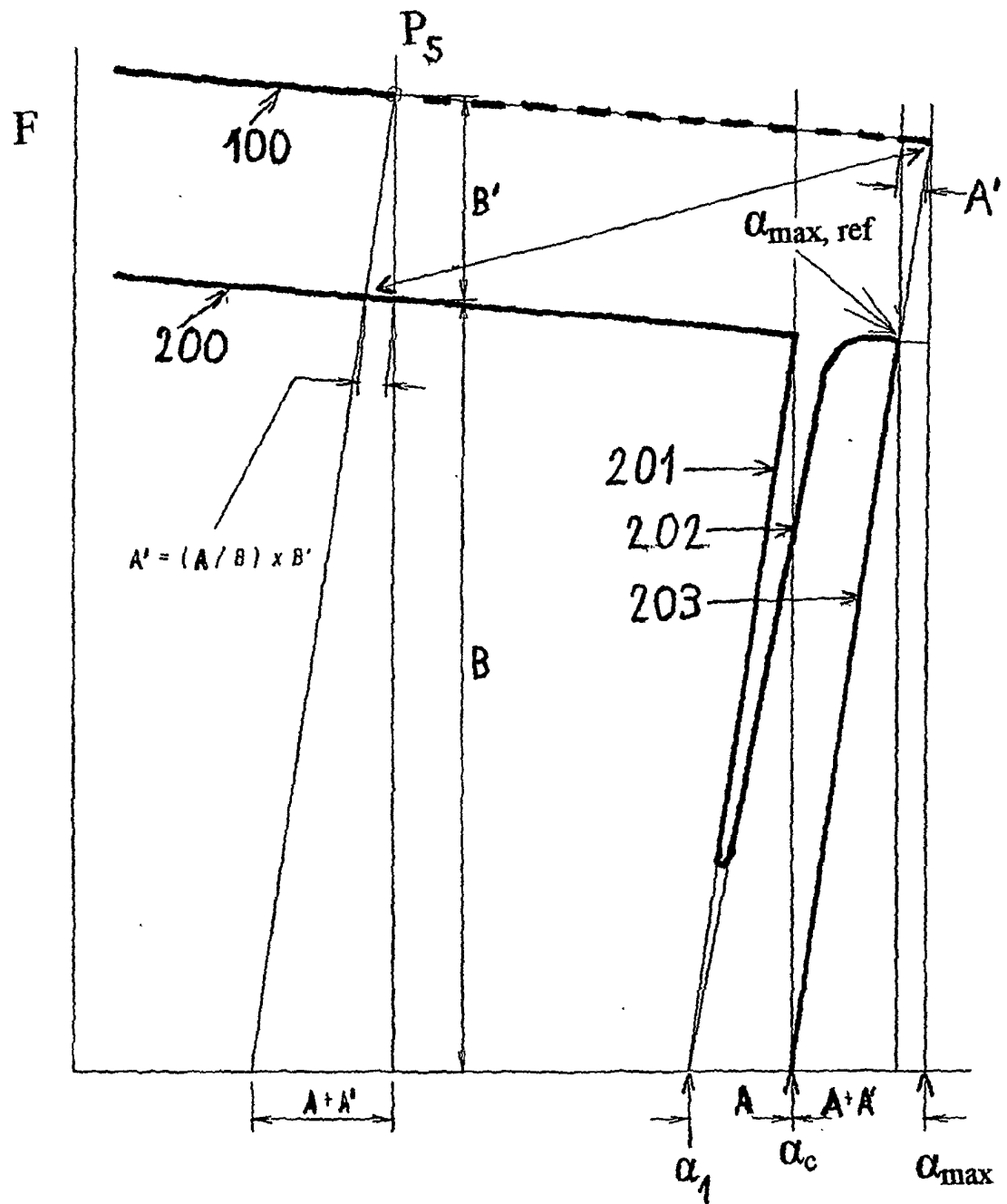


FIG.5