

(19)



(11)

EP 2 559 499 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.11.2013 Bulletin 2013/46

(51) Int Cl.:
B21D 31/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12178446.6**

(22) Date de dépôt: **30.07.2012**

(54) **Dispositif de formage incrémental**

Vorrichtung zur inkrementellen Umformung

Incremental forming device

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **18.08.2011 FR 1157403**

(43) Date de publication de la demande:
20.02.2013 Bulletin 2013/08

(73) Titulaire: **Airbus Opérations SAS
31060 Toulouse (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Duprieu, Bernard
31200 Toulouse (FR)**
• **Guegan, Nicolas
31270 Frouzins (FR)**

(74) Mandataire: **Gevers France
81 boulevard Lazare Carnot
31000 Toulouse (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A2-2006/110962 JP-A- 2003 236 626
JP-A- 2008 126 245**

EP 2 559 499 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention concerne un dispositif de formage incrémental à chaud de tôle.

[0002] Le domaine de l'invention est celui de la mise en forme de pièces de tôlerie par le formage incrémental.

[0003] Dans un formage incrémental, avec une matrice partielle simplifiée (« partial die » en terminologie anglaise) ou sans matrice (« dieless » en terminologie anglaise), la tôle est uniquement maintenue en bordure, entre un serre-flan non spécifique et une matrice périphérique - dont la géométrie est adaptée à la pièce à former - en configuration « partial dieless » ou un simple support pour la configuration « dieless ».

[0004] En général, une machine (qui peut être un robot ou tout autre machine de type 3 axes ou plus) est équipée d'un outil de formage à extrémité roulante ou rigide ; Les déplacements de l'outil sont pilotés par un processeur numérique sous le contrôle d'un logiciel. L'outil se déplace dans un plan horizontal selon une trajectoire paramétrique définie par le logiciel puis, par des sauts incrémentaux verticaux successifs, selon des trajectoires s'appuyant sur la géométrie à former dans des plans horizontaux parallèles.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0005] Cependant, le formage incrémental en configuration « dieless » ou « partial die », ne permet pas de réaliser le formage de pièces de géométries complexes ni d'obtenir des précisions acceptables avec certains matériaux tels que des aciers inoxydables ou des alliages de titane. En effet, les allongements tolérés par cette technologie limitent la géométrie des pièces à réaliser. Ainsi, pour certaines géométries, des risques d'endommagement apparaissent : la tôle peut se déchirer et des criques peuvent se former.

[0006] Par ailleurs, des déformations élastiques peuvent apparaître du fait du retour élastique de certains alliages après formage. Ce retour élastique oblige alors à modifier les trajectoires de l'outil pour anticiper ce phénomène, mais cette anticipation ne permet pas d'obtenir une géométrie finale de la pièce satisfaisante.

[0007] De plus certains matériaux, comme ceux déjà cités, nécessitent des efforts importants pour être mis en forme. Et ces efforts risquent de devenir bloquants lorsque la machine n'est pas suffisamment rigide ou puissante. En effet, une machine peu rigide se déforme face aux efforts de formage : la rigidité de la machine influe ainsi directement sur la précision du formage. Le document JP-2008/126245 décrit un formage à chaud, la chauffe du formage séquentiel étant réalisée par des électrodes agencées à chaque extrémité de la feuille en alliage à usiner.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0008] L'invention vise à palier ces inconvénients en proposant d'élever la température de la tôle lors du formage incrémental et selon une configuration particulière.

[0009] Un tel formage incrémental à chaud favorise la formabilité de la tôle en diminuant les efforts nécessaires au formage et le retour élastique provoqué par le formage. Les possibilités de formage incrémental de pièces complexes et la précision des pièces formées en est ainsi sensiblement améliorée.

[0010] La température du chauffage peut s'élever à différents niveaux de température suivant le matériau à former, par exemple entre 600 et 800°C pour des alliages de titane.

[0011] L'objet de l'invention est un dispositif de formage à chaud selon la revendication 1. Ce dispositif comporte un châssis comprenant des moyens de positionnement de la tôle à former, ainsi qu'un caisson isolant disposé dans le châssis et agencé pour isoler thermiquement des moyens de chauffe, en particulier des lampes à halogène ou infrarouge ou équivalent. Ces moyens de chauffe sont disposés dans le caisson de sorte à pouvoir chauffer la tôle par sa face inférieure tournée vers l'intérieur du châssis.

[0012] Selon des modes de réalisation particuliers :

- les moyens de positionnement comportent un serre-flan et une matrice périphérique ou un support non spécifique aptes à enserrer la tôle à former ;
- un système de chauffe auxiliaire, agencé en utilisation de préférence sous la matrice périphérique ou le support, permet de compenser les pertes thermiques liées à la fixation et au maintien de la tôle à travers le serre-flan et la matrice périphérique ;
- le système de chauffe auxiliaire est constitué d'éléments chauffants résistifs.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0013] D'autres avantages, aspects et caractéristiques préférées de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, en référence aux figures jointes qui représentent, respectivement :

- en figure 1, un schéma de principe de formage incrémental sans matrice support ;
- en figure 2, le diagramme de la variation des caractéristiques mécaniques d'une tôle à chaud et à froid, et
- en figure 3, une vue en coupe d'un exemple d'appareil de formage incrémental à chaud selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0014] La figure 1 illustre le principe du formage incrémental sans outillage, c'est-à-dire sans matrice support

de tôle. Dans un tel formage, un outil de formage 1 - ici un outil de type 3 axes - se déplace selon une trajectoire T sur la tôle 2 à former, initialement plane. L'outil est guidé par une machine, un robot R dans l'exemple, et sa trajectoire est paramétrée par une unité de traitement numérique 3 du robot. La tôle 2 est reliée au bâti par la liaison 10

[0015] L'outil 1 déforme la tôle 2 selon des zones Z1, Z2, ..., Zi, parallèlement à la trajectoire T. L'outil passe d'une zone Zi à une autre par un pas d'incrément « I » de déplacement perpendiculaire au plan de la tôle 2. L'amplitude de l'incrément est également réglée par l'unité 3.

[0016] L'invention exploite l'abaissement des caractéristiques mécaniques d'une tôle lorsque l'on passe d'un domaine de déformation à froid D1 à un domaine de déformation à chaud D2, tel qu'illustré par la figure 2 pour une tôle en alliage de titane. Dans le domaine de déformation à froid D1, lorsque l'allongement « A » d'une éprouvette test sous contrainte « C » augmente, la courbe de variation à froid C1 passe d'une variation linéaire C10, correspondant à un domaine de déformation élastique, à une variation non linéaire C11 définissant un domaine de déformation plastique.

[0017] La valeur de la contrainte au point R_{e1} , correspondant au passage entre les domaines élastique et plastique, définit la limite d'élasticité de l'éprouvette. La courbe de déformation plastique C11 passe par un maximum R_{m1} , correspondant à la résistance mécanique à la rupture.

[0018] De manière similaire, dans le domaine de déformation à chaud D2, la courbe de variation C2 passe d'une variation linéaire C20 à une variation non linéaire C21, au point R_{e2} de changement de domaine. La courbe de variation non linéaire C21 passe par un maximum définissant le point R_{m2} de résistance mécanique à la rupture.

[0019] Lorsque l'on passe du domaine de déformation à froid D1 à un domaine de déformation à chaud D2, les caractéristiques mécaniques R_{e1} et R_{m1} sont sensiblement abaissées et les allongements correspondants A_{e1} et A_{m1} sont sensiblement augmentées. Ainsi, des tôles en acier inoxydable ou en alliage de titane ou autre, difficiles à mettre en forme par formage incrémental à froid - du fait d'une ductilité limitée et d'un important retour élastique - peuvent alors être mis en forme par un chauffage particulier, sans nécessiter d'appareil ou d'outil de formage de haute rigidité.

[0020] La figure 3 illustre un exemple d'appareil de formage incrémental à chaud selon l'invention. L'appareil 100 comporte un châssis 110 doublé intérieurement d'un caisson isolant thermique 120. Ce caisson est de forme parallélépipédique et comporte cinq parois, dont une paroi de base 121 et des parois latérales 122, 123 et 124 (seules trois faces latérales sont visibles sur la vue en coupe de la figure 3). Il est ouvert sur sa partie supérieure, telle que représentée sur la figure, située en regard de la tôle 2 à former.

[0021] Le châssis 100 comporte également des moyens de positionnement 112 de la tôle 2 sous forme d'un serre-flan 114 et d'une matrice périphérique 116. La tôle 2 est ainsi positionnée du côté opposé à la face de base 121 du caisson 120.

[0022] Le caisson 120 accueille sur sa paroi de base 121 des moyens de chauffe à lampes à halogène dans l'exemple 130. Ces lampes sont aptes à chauffer la tôle 2 par en dessous (flèches F).

[0023] Un système de chauffe auxiliaire 140, constitué d'éléments chauffants résistifs dans l'exemple, est agencé dans un support 142 sous la matrice périphérique 116. Ce système de chauffe 140 permet de compenser les pertes thermiques liées à la fixation et au maintien de la tôle 2 à travers le serre-joint 114 et la matrice 116. Ce système auxiliaire 140 permet également d'améliorer l'homogénéité en température sur toute la tôle à former 2.

[0024] En fonctionnement, les lampes 130 chauffent en direction de la face inférieure 2i de la tôle 2 tournée vers l'intérieur du châssis 110. La tôle est ici constituée d'un alliage en titane et d'aluminium, connu sous la dénomination commerciale « TA6V ». La température à atteindre est d'au moins 600°C. Une fois cette température atteinte, la chauffe est maintenue sensiblement constante sous la tôle 2 à former, en même temps que le formage incrémental est réalisé à partir de la face supérieure 2s de la tôle avec l'outil 1. La tôle 2 une fois formée présente schématiquement la forme globalement incurvée référencée 2f sur la figure 3.

[0025] L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits ou représentés ci-dessus mais comprend toutes les variantes de réalisation couvertes par les revendications. Il est par exemple possible d'utiliser des formes de châssis et de caisson cylindriques ou autres. Les moyens de positionnement de la tôle peuvent être de tout type connu de la personne du métier (serre-joint, clavette, etc.). Le système de chauffe auxiliaire peut être constitué de tout moyen approprié, par exemple un chauffage à induction ou équivalent.

Revendications

1. Dispositif de formage incrémental à chaud de tôle (2), **caractérisé en ce qu'il** comporte un châssis (110) comprenant des moyens de positionnement (112) de la tôle à former (2), ainsi qu'un caisson isolant (120) disposé dans le châssis (110) et agencé pour isoler thermiquement des moyens de chauffe (130), ces moyens de chauffe étant disposés dans le caisson (120) de sorte à pouvoir chauffer (F) la tôle (2) par sa face inférieure (2i) tournée vers l'intérieur du châssis (110).
2. Dispositif de formage incrémental à chaud selon la revendication précédente, dans lequel les moyens de chauffe comportent des lampes à halogène (130).

3. Dispositif de formage incrémental à chaud selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les moyens de positionnement (112) comportent un serre-flan (114) et une matrice périphérique (116) aptes à enserrer la tôle à former (2).
4. Dispositif de formage incrémental à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel un système de chauffe auxiliaire (140) permet de compenser les pertes thermiques liées à la fixation et au maintien de la tôle (2) à travers le serre-flan (114) et la matrice (116).
5. Dispositif de formage incrémental à chaud selon la revendication précédente, dans lequel le système de chauffe auxiliaire (140) est agencé en utilisation sous la matrice périphérique (116).
6. Dispositif de formage incrémental à chaud selon l'une des revendications 4 ou 5, dans lequel le système de chauffe auxiliaire (140) est constitué d'éléments chauffants résistifs.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen eines Bleches (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Gestell (110) besitzt, umfassend Mittel (112) zur Positionierung des zu formenden Bleches (2), sowie einen Isolierkasten (120), der in dem Gestell (110) angeordnet und derart vorgesehen ist, dass er Heizmittel (130) thermisch isoliert, wobei diese Heizmittel in dem Kasten (120) derart angeordnet sind, dass das Blech (2) mit seiner zum Inneren des Gestells (110) gewandten Unterseite (2i) erhitzt (F) werden kann.
2. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der die Heizmittel Halogenlampen (130) umfassen.
3. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die Positionierungsmittel (112) einen Blechhalter (114) und eine Umfangsmatrix (116) umfassen, die das zu formende Blech (2) halten können.
4. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem es ein Hilfsheizsystem (140) ermöglicht, die Wärmeverluste, die mit der Befestigung und dem Halten des Blechs (2) durch den Blechhalter (114) und die Matrix (116) zusammenhängen, auszugleichen.
5. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der das Hilfsheizsystem (140) in Verwendung unter der Um-

fangsmatrix (116) angeordnet ist.

6. Vorrichtung zum inkrementalen Heißformen nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei dem das Hilfsheizsystem (140) von Widerstandsheizelementen gebildet ist.

Claims

1. Hot incremental forming device for a sheet (2), **characterized in that** it comprises a frame (110) having means (112) for positioning the sheet to be formed (2), and an insulating housing (120) arranged in the frame (110) and for thermally insulating heating means (130), these heating means being arranged in the housing (120) in such a way as to be able to heat (F) the sheet (2) via its lower face (2i) turned towards the inside of the frame (110).
2. Hot incremental forming device according to the preceding claim, wherein the heating means comprise halogen lamps (130).
3. Hot incremental forming device according to either claim 1 or claim 2, wherein the positioning means (112) comprise a blank holder (114) and a peripheral matrix (116) capable of clamping the sheet to be formed (2).
4. Hot incremental forming device according to any of claims 1 to 3, wherein an auxiliary heating system (140) makes it possible to compensate for the heat losses related to the fixing and holding of the sheet (2) by means of the blank holder (114) and the matrix (116).
5. Hot incremental forming device according to the preceding claim, wherein the auxiliary heating system (140) is arranged below the peripheral matrix (116) when in use.
6. Hot incremental forming device according to either claim 4 or claim 5, wherein the auxiliary heating system (140) is formed of resistive heating elements.

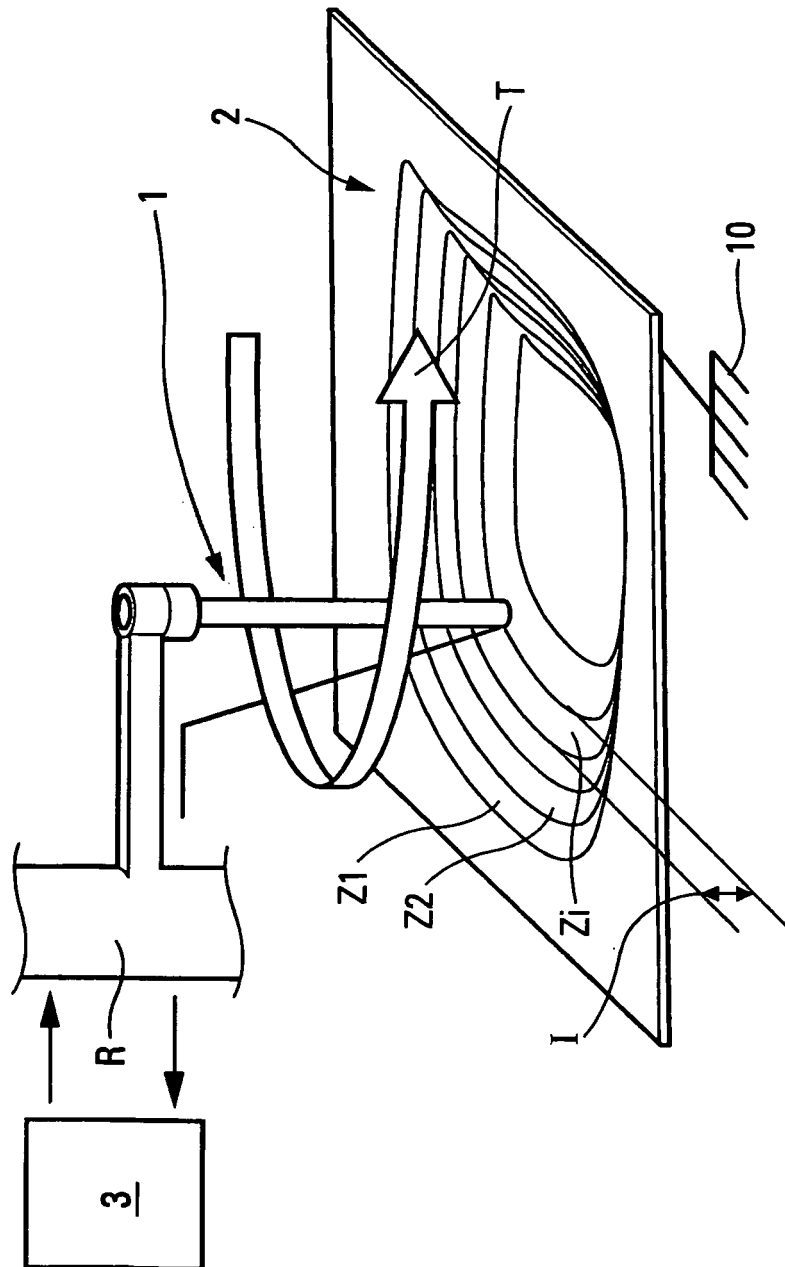


Fig. 1

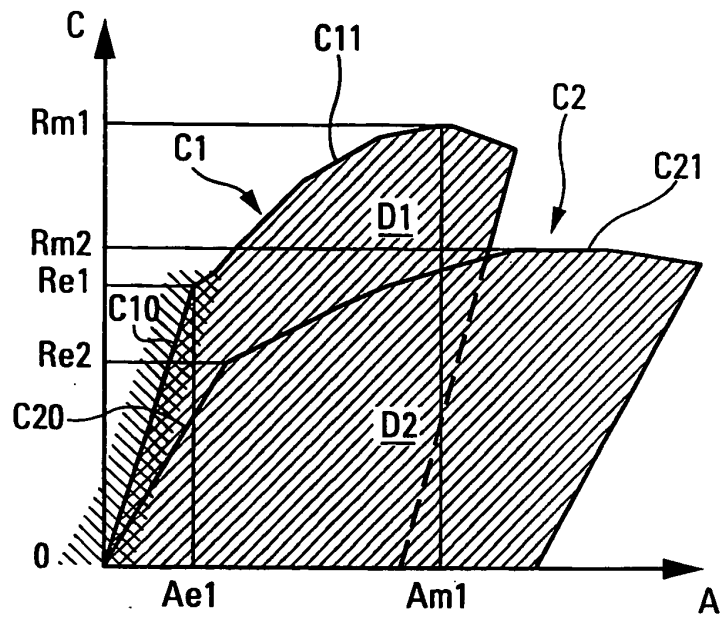


Fig. 2

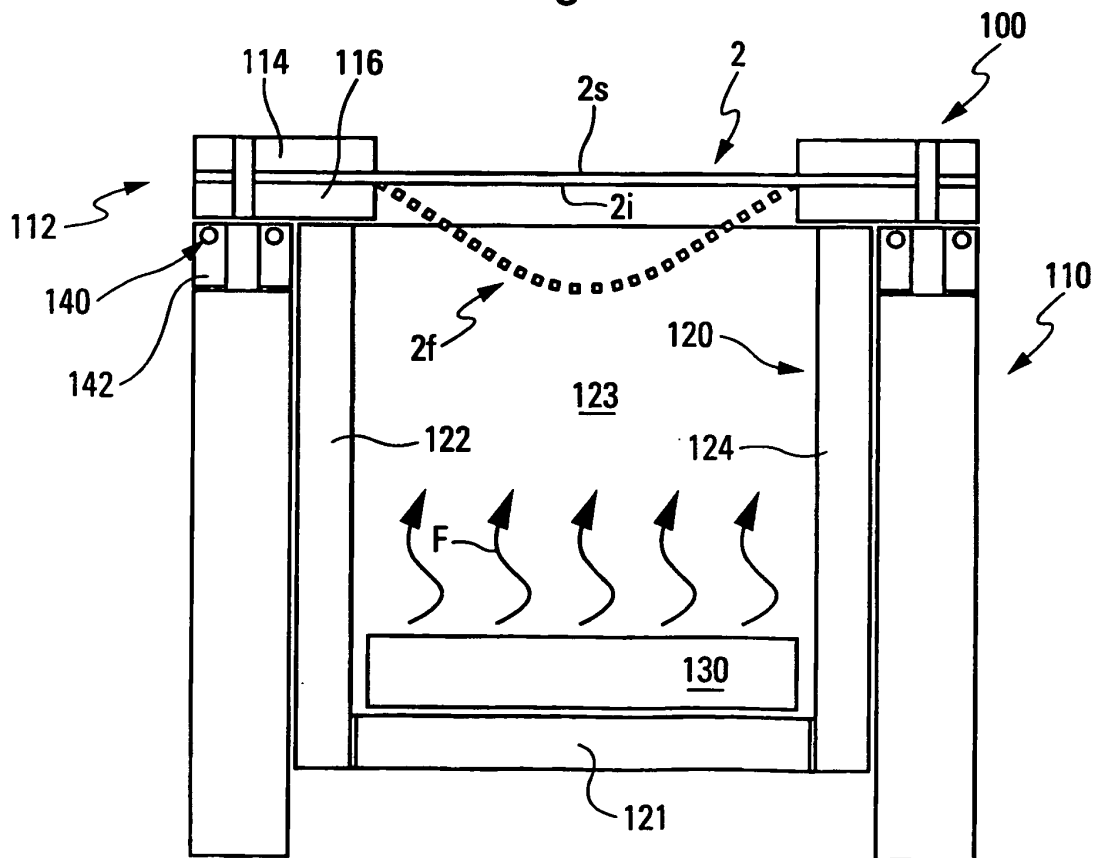


Fig. 3

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- JP 2008126245 A [0007]