(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 133 773***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 02756**

(51) Int Cl[8] : ***B 21 J 5/00*** *(2022.01), B 21 J 9/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 28.03.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 29.09.23 Bulletin 23/39.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *AUBERT & DUVAL Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** SAGOT Philippe, FOUCHER Laurent, CHEERAN Paul Jacob et FLAGEOLET Benjamin.

(73) **Titulaire(s) :** AUBERT & DUVAL Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** Lavoix.

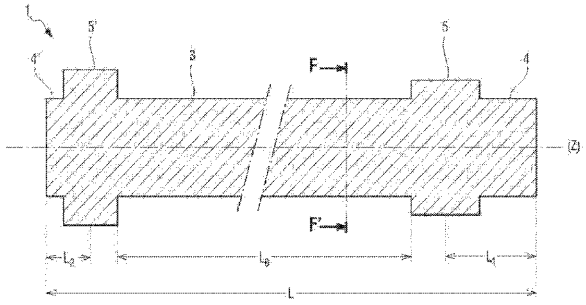
(54) Procédé et installation de fabrication par forgeage à chaud d'une pièce intermédiaire allongée.

(57) P rocédé et installation de fabrication par forgeage à chaud d'une pièce intermédiaire allongée

Procédé de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire (1) en alliage métallique allongée selon un axe longitudinal (Z), comprenant les étapes suivantes :

- fabrication par forgeage à chaud d'une ébauche allongée comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation ;
- mise en forme de l'ébauche pour obtenir un demi-produit allongé selon un axe longitudinal comprenant une partie centrale et une première et une deuxième partie de section accrue, s'étendant de part et d'autre de la partie centrale selon la direction de l'axe longitudinal, la mise en forme de l'ébauche comprenant la réalisation de la première partie de section accrue du demi-produit par forgeage à chaud et la réalisation de la deuxième partie de section accrue du demi-produit par forgeage à chaud choisi parmi un refoulement, un repoussage, un matriçage ou un filage inverse; et
- étirement à chaud du demi-produit pour obtenir la pièce intermédiaire (1).

Figure pour l'abrégé: Figure 1



FR 3 133 773 - A1

Description

Titre de l'invention : Procédé et installation de fabrication par forgeage à chaud d'une pièce intermédiaire allongée

[0001] La présente invention concerne un procédé et une installation de fabrication par forgeage à chaud d'une pièce intermédiaire allongée selon un axe Z, de longueur totale L, en alliage métallique, la pièce intermédiaire comprenant une partie centrale comprenant au moins un tronçon de section à faible variation et deux parties de section accrue situées de part et d'autre de la partie centrale.

[0002] Habituellement, les pièces telles que les arbres de moteur d'avion sont réalisées par mise en œuvre des opérations successives suivantes : fabrication d'une ébauche allongée de section à faible variation par filage à chaud ou étirage en forge libre, puis réalisation par forgeage à chaud, par exemple via un refoulement à chaud, d'une partie de section accrue, appelée tête, localisée par exemple à l'une des extrémités de l'ébauche, et enfin usinage pour réduire les dimensions transversales de la partie centrale en conservant une partie de section accrue à une extrémité de la partie centrale opposée à la tête selon la direction longitudinale de la pièce.

[0003] Ce procédé n'est cependant pas entièrement satisfaisant. En effet, l'ébauche allongée de section à faible variation présente des dimensions transversales dont la valeur, sur toute la longueur de l'ébauche, est fixée par les dimensions transversales de la plus grande section de la pièce (tête exclue), et donc notamment par les dimensions transversales de la partie de section accrue de la pièce opposée à la tête selon la direction longitudinale, un usinage étant ensuite nécessaire pour réduire les dimensions transversales de la partie centrale, et obtenir la forme finale souhaitée de la partie centrale. Ceci résulte, compte tenu de la longueur importante de la partie centrale pour les applications mentionnées ci-dessus, en une perte de matière relativement élevée, et par conséquent en des coûts de revient importants, en particulier dans le cas où la pièce est réalisée dans un alliage dit noble, c'est-à-dire incluant des quantités relativement importantes d'éléments d'alliages coûteux, tel que les aciers maraging, les superalliages ou les alliages de titane.

[0004] Un but de l'invention est de fournir un procédé et une installation permettant la fabrication de pièces intermédiaires allongées en alliage métallique telles que décrites plus haut à un coût de revient réduit.

[0005] A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire en alliage métallique allongée selon un axe longitudinal, la pièce intermédiaire comprenant une partie centrale comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation, l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon

de section transversale à faible variation variant d'au plus 20% le long dudit tronçon, la pièce intermédiaire comprenant en outre une première partie de section accrue et une deuxième partie de section accrue situées de part et d'autre de la partie centrale selon l'axe longitudinal, le procédé comprenant les étapes suivantes :

[0006] - fabrication par forgeage à chaud d'une ébauche allongée selon un axe longitudinal comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation ;

[0007] - mise en forme de l'ébauche pour obtenir un demi-produit allongé selon un axe longitudinal comprenant une partie centrale et une première partie de section accrue et une deuxième partie de section accrue, s'étendant de part et d'autre de la partie centrale selon la direction de l'axe longitudinal, la mise en forme de l'ébauche comprenant la réalisation de la première partie de section accrue du demi-produit par forgeage à chaud et la réalisation de la deuxième partie de section accrue du demi-produit par forgeage à chaud choisi parmi un refoulement, un repoussage, un matriçage ou un filage inverse; et

[0008] - étirement à chaud du demi-produit pour obtenir la pièce intermédiaire.

[0009] Le procédé selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toute combinaison techniquement possible :

[0010] - l'alliage métallique est choisi parmi un superalliage, un alliage à base de titane et un acier, plus particulièrement un acier choisi dans la liste suivante : un acier à durcissement structural et un acier martensitique allié.

[0011] - la longueur de la pièce intermédiaire est supérieure ou égale à 800 mm et le ratio entre la longueur de la pièce intermédiaire et la dimension transversale maximale de la partie centrale de la pièce intermédiaire est supérieur ou égal à 2,5.

[0012] - l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation varie d'au plus 10% le long dudit tronçon, de préférence l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation est constante le long dudit tronçon.

[0013] - la longueur cumulée du ou des tronçons de section transversale à faible variation, prise selon l'axe longitudinal, est supérieure ou égale à 40% de la longueur de la pièce intermédiaire, préférentiellement supérieure ou égale à 60% de la longueur de la pièce intermédiaire, et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 70% de la longueur de la pièce intermédiaire.

[0014] - le centre de la première partie de section accrue et/ou le centre de la deuxième partie de section accrue, pris selon la direction longitudinale de la pièce intermédiaire, est situé à une distance de l'extrémité correspondante de la pièce intermédiaire inférieure ou égale à 25% de la longueur de la pièce intermédiaire, préférentiellement inférieure ou égale à 15% de la longueur de la pièce intermédiaire.

[0015] - la première partie de section accrue du demi-produit est réalisée par refoulement,

repoussage, matriçage ou filage inverse.

[0016] - la deuxième partie de section accrue du demi-produit est réalisée par refoulement et, de préférence, la première partie de section accrue est réalisée par refoulement ou par matriçage.

[0017] - la deuxième partie de section accrue du demi-produit est réalisée par matriçage et, de préférence, la première partie de section accrue est réalisée par refoulement ou par matriçage.

[0018] - la réalisation de la première partie de section accrue du demi-produit et la réalisation de la deuxième partie de section accrue du demi-produit sont effectuées successivement.

[0019] - la réalisation de la première partie de section accrue du demi-produit et la réalisation de la deuxième partie de section accrue du demi-produit sont effectuées simultanément, en particulier dans un même outil.

[0020] - le demi-produit n'est pas réchauffé entre la réalisation de la deuxième partie de section accrue du demi-produit et l'étirement à chaud.

[0021] - la réalisation de la deuxième partie de section accrue et l'étirement à chaud sont réalisés dans un même outil.

[0022] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une pièce allongée en alliage métallique comprenant :

[0023] - la fabrication d'une pièce intermédiaire par mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus;

[0024] - la finition de la pièce intermédiaire pour obtenir la pièce, la finition comprenant en particulier un usinage.

[0025] Selon une caractéristique particulière du procédé, la pièce est choisie parmi : un essieu, un arbre moteur, une pièce de train d'atterrissage, un tube prolongateur pour une pompe destinée à l'extraction de pétrole ou de gaz, une soupape sous-marine, notamment pour moteur de bateau de grande taille, tel qu'un paquebot ou un supertanker et un tube lance-missile.

[0026] L'invention concerne également une installation de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire en alliage métallique allongée selon un axe longitudinal, l'installation de fabrication étant destinée à être utilisée pour la mise en œuvre du procédé, comprenant :

[0027] - un logement définissant un axe longitudinal destiné à recevoir une ébauche allongée selon un axe longitudinal comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation ou une pièce mi-ouvrée allongée selon un axe longitudinal comprenant une tige comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation, et une première partie de section accrue ;

[0028] - un dispositif de mise en forme de l'ébauche ou de la pièce mi-ouvrée reçue dans le

logement de manière à former un demi-produit allongé selon un axe longitudinal comprenant une partie centrale et une première partie de section accrue et une deuxième partie de section accrue, situées de part et d'autre de la partie centrale selon la direction de l'axe longitudinal, le dispositif de mise en forme comprenant un dispositif de réalisation, par forgeage à chaud par matriçage, par refoulement, par repoussage ou par filage inverse, d'au moins la deuxième partie de section accrue du demi-produit; et

[0029] - un dispositif d'étirement à chaud configuré pour redresser à chaud le demi-produit de manière à former la pièce intermédiaire.

[0030] L'installation selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toute combinaison techniquement possible :

[0031] - le dispositif d'étirement à chaud est configuré pour redresser à chaud le demi-produit reçu dans le logement.

[0032] - le dispositif d'étirement à chaud comprend un poinçon d'étirement, déplaçable en translation par rapport au logement selon une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal du logement d'une position de repos jusqu'à une position de fin d'étirement, le déplacement du poinçon d'étirement de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement engendrant le redressement à chaud du demi-produit reçu dans le logement pour obtenir la pièce intermédiaire.

[0033] - l'installation comprend en outre une matrice délimitant le logement, la matrice comprenant une partie fixe et une partie mobile, ladite partie mobile de la matrice étant déplaçable en translation par rapport à ladite partie fixe selon la direction de l'axe longitudinal du logement entre une position rapprochée, la partie mobile étant en contact avec la partie fixe et une position écartée, la partie mobile étant distante de la partie fixe d'une distance d'allongement, ce déplacement engendrant un allongement du logement d'une longueur égale à la distance d'allongement,

[0034] le dispositif d'étirement à chaud comprenant en outre, pour chaque poinçon d'étirement, un logement de réception du poinçon d'étirement, configuré pour recevoir un tronçon d'extrémité du poinçon d'étirement lorsque celui-ci se déplace de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement, l'insertion du poinçon d'étirement dans le logement de réception correspondant engendrant le déplacement en translation de la partie mobile de la matrice par rapport à la partie fixe de la matrice de sa position rapprochée jusqu'à sa position écartée de manière à redresser le demi-produit reçu dans le logement.

[0035] - l'installation comprend en outre un support sur lequel sont fixés le ou chaque organe d'actionnement et le ou chaque poinçon d'étirement, le support étant mobile en translation par rapport au logement selon une direction parallèle à la direction de dé-

placement du ou de chaque organe d'actionnement et du ou de chaque poinçon d'étirement de sorte à occuper successivement les positions suivantes :

[0036] - une position de repos, dans laquelle le ou chaque organe d'actionnement et le ou chaque poinçon d'étirement occupe sa position de repos,

[0037] - une position de fin de mise en forme, dans laquelle le ou chaque organe d'actionnement occupe sa position de fin de mise en forme, et

[0038] - une position de fin d'étirement, dans laquelle le ou chaque poinçon d'étirement occupe sa position de fin d'étirement.

[0039] - l'installation est utilisée comme outillage de presse à forger.

[0040] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

[0041] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une pièce intermédiaire obtenue par le procédé selon l'invention selon un premier mode de réalisation;

[0042] [Fig.2] La [Fig.2] est une représentation schématique en coupe selon le plan F-F' de la pièce intermédiaire de la [Fig.1] selon un mode de réalisation ;

[0043] [Fig.3] La [Fig.3] est une représentation schématique analogue à celle de la [Fig.2] d'une pièce intermédiaire selon une variante ;

[0044] [Fig.4] La [Fig.4] est une représentation schématique d'une pièce intermédiaire obtenue par le procédé selon l'invention selon une variante ;

[0045] [Fig.5] La [Fig.5] est une représentation schématique d'une ébauche utilisée dans le cadre du procédé selon l'invention ;

[0046] [Fig.6] La [Fig.6] est une représentation schématique d'un demi-produit obtenu dans le cadre du procédé selon l'invention ;

[0047] [Fig.7] La [Fig.7] est une représentation schématique d'une pièce mi-ouvrée obtenue dans le cadre du procédé selon l'invention ;

[0048] [Fig.8] La [Fig.8] est une représentation schématique d'une pièce intermédiaire selon une variante ;

[0049] [Fig.9] La [Fig.9] est une représentation schématique en perspective d'une installation de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire selon un premier mode de réalisation ;

[0050] [Fig.10] La [Fig.10] est une représentation schématique en section selon un plan vertical d'une partie de l'installation de la [Fig.9] ;

[0051] [Fig.11] La [Fig.11] est une représentation schématique de dessus d'une partie de l'installation de la [Fig.9] ;

[0052] [Fig.12] La [Fig.12] est une représentation schématique en perspective d'une installation de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire selon un deuxième mode de réalisation ;

[0053] [Fig.13] La [Fig.13] est une représentation schématique en section selon un plan

vertical de l'installation de la [Fig.12] ; et

[0054] [Fig.14] La [Fig.14] est une représentation schématique de dessus d'une partie de l'installation de la [Fig.12].

[0055] [Fig.15] La [Fig.15] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par repoussage à partir d'une ébauche creuse à l'extrémité.

[0056] [Fig.16] La [Fig.16] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par repoussage à l'aide d'une aiguille à partir d'une ébauche creuse à l'extrémité.

[0057] [Fig.17] La [Fig.17] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par matriçage à partir d'une ébauche pleine.

[0058] [Fig.18] La [Fig.18] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par filage inverse à partir d'une ébauche pleine.

[0059] [Fig.19] La [Fig.19] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par refoulement à partir d'une ébauche pleine.

[0060] [Fig.20] La [Fig.20] est une représentation schématique d'une mise en forme d'une partie de section accrue par refoulement à partir d'une ébauche creuse comprenant un mandrin perdu.

[0061] L'invention concerne un procédé de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire 1 allongée en alliage métallique.

[0062] Un exemple de pièce intermédiaire 1 obtenue par le procédé de fabrication selon un premier mode de réalisation de l'invention est représenté de manière schématique sur la [Fig.1].

[0063] La pièce intermédiaire 1 est allongée selon un axe longitudinal Z et présente une longueur totale L. La pièce intermédiaire 1 comprend une partie centrale 3 comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation et une première partie de section accrue 5 et une deuxième partie de section accrue 5' situées de part et d'autre de la partie centrale 3 selon la direction de l'axe longitudinal Z.

[0064] La partie centrale 3 et le ou chaque tronçon de section à faible variation sont allongés selon l'axe longitudinal Z.

[0065] Dans l'ensemble de la description, on entend par section transversale la section perpendiculairement à l'axe longitudinal Z.

[0066] Dans l'ensemble de la description, on entend en particulier par tronçon de section transversale à faible variation un tronçon dont les aires des sections transversales varient d'au plus de 20% le long dudit tronçon, c'est-à-dire le long de l'axe longitudinal Z. Cette variation est estimée par le rapport entre d'une part la différence entre l'aire de la plus grande section transversale et l'aire de la plus petite section transversale, et d'autre part la moyenne des aires des sections transversales de l'au moins un tronçon de section transversale à faible variation. Plus particulièrement, cette

variation est au plus de 10%. Encore plus particulièrement, les sections transversales dudit tronçon sont identiques le long dudit tronçon. En d'autres termes, la variation définie plus haut est nulle. Dans ce cas, on parlera dans la suite de tronçon de section transversale constante.

[0067] La partie centrale 3 présente une longueur cumulée L_0 du ou des tronçons de section transversale à faible variation, prise selon l'axe longitudinal Z, supérieure ou égale à 40% de la longueur L de la pièce intermédiaire 1. A titre d'exemple, la longueur cumulée L_0 du ou des tronçons de section transversale à faible variation de la partie centrale 3 est supérieure ou égale à 60% de la longueur L de la pièce intermédiaire 1, et notamment supérieure ou égale à 70% de la longueur L de la pièce intermédiaire 1.

[0068] De préférence, la première partie de section accrue 5 et la deuxième partie de section accrue 5' sont chacune adjacentes à un tronçon de section transversale à faible variation de la partie centrale 3 selon la direction de l'axe longitudinal Z, c'est-à-dire sans interposition d'autres parties de pièce.

[0069] Selon un mode de réalisation, la partie centrale 3 consiste en un tronçon de section transversale à faible variation, et plus particulièrement, la partie centrale 3 consiste en un tronçon de section transversale constante.

[0070] Selon une variante non représentée, la partie centrale 3 comprend, selon la direction de l'axe longitudinal Z, plusieurs tronçons de section transversale à faible variation et au moins une partie intermédiaire disposée entre les tronçons de section transversale à faible variation.

[0071] Selon une autre variante non représentée, la partie centrale 3 comprend plusieurs tronçons de section transversale constante et au moins une partie intermédiaire disposée entre les tronçons de section transversale constante.

[0072] Dans l'exemple représenté sur la [Fig.1], la partie centrale 3 consiste en un tronçon de section transversale constante et les première et deuxième parties de section accrue 5, 5' sont adjacentes à la partie centrale 3 selon la direction de l'axe longitudinal Z.

[0073] Les première et deuxième parties de section accrue 5, 5' sont, de préférence, situées chacune à proximité d'une extrémité respective 4, 4' de la pièce intermédiaire 1. En particulier, le centre de chaque partie de section accrue 5, 5', pris selon la direction d'allongement Z de la pièce intermédiaire 1, est situé à une distance respective L_1, L_2 de l'extrémité 4, 4' correspondante inférieure ou égale à 25% de la longueur L de la pièce intermédiaire 1. Plus particulièrement, le centre de chaque partie de section accrue 5, 5' est situé à une distance respective L_1, L_2 de l'extrémité 4, 4' correspondante inférieure ou égale à 15% de la longueur L de la pièce intermédiaire 1.

[0074] Chacune des parties de section accrue 5, 5' comprend une section transversale d'aire minimale A_{min} respective, correspondant à sa plus petite section transversale. Pour chacune des parties de section accrue 5, 5', l'aire A_{min} de cette section transversale est

supérieure à l'aire A de la plus grande section transversale de l'un au moins des tronçons de section transversale à faible variation de la partie centrale 3, et en particulier du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation de la partie centrale 3.

[0075] En particulier, la section transversale d'aire minimale A_{min} de chacune des parties de section accrue 5, 5' présente une dimension maximale D_1, D_2 supérieure à la dimension maximale D de la plus grande section transversale de l'un au moins des tronçons de section à faible variation de la partie centrale 3, et en particulier du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation de la partie centrale 3.

[0076] On entend notamment par dimension maximale d'une section transversale le diamètre extérieur de cette section transversale dans le cas d'une section transversale circulaire ou la diagonale de cette section transversale dans le cas d'une section transversale polygonale, et par exemple carrée ou hexagonale.

[0077] Selon un mode de réalisation, les première et deuxième parties de section accrue 5, 5' présentent des formes identiques. Selon une variante, illustrée sur les figures, les première et deuxième parties de section accrue 5, 5' présentent des formes différentes, et par exemple des longueurs et/ou des dimensions transversales différentes.

[0078] A titre d'exemple, la première partie de section accrue 5 et/ou la deuxième partie de section accrue 5' présente une forme choisie parmi :

[0079] - une forme de section transversale constante, en particulier une forme annulaire ou cylindrique;

[0080] - une forme axisymétrique de section transversale variable selon l'axe longitudinal Z, en particulier une forme de trompette, de cône, ou autre ;

[0081] - une forme non axisymétrique, en particulier une forme de chape, une forme de cardan, ou toute autre forme complexe adaptée.

[0082] Dans le cas d'une partie de section accrue 5, 5' présentant une forme de section transversale constante, c'est-à-dire dont l'aire des sections transversales le long de ladite partie de section accrue est constante, la section transversale d'aire minimale A_{min} correspond à toute section transversale de la partie de section accrue 5, 5' considérée.

[0083] Dans le cas où la première partie de section accrue 5 et/ou la deuxième partie de section accrue 5' présente une forme annulaire ou cylindrique, cette partie de section accrue 5, 5' est, selon un mode de réalisation, située à l'écart des extrémités 4, 4' de la pièce intermédiaire 1, ou, selon une variante, située à une extrémité 4, 4' de la pièce intermédiaire 1, de sorte à former une bride.

[0084] Dans le cas d'une partie de section accrue 5, 5' présentant une forme de section transversale variable selon l'axe longitudinal Z, la section transversale d'aire minimale A_{min} correspond à une section transversale particulière de la partie de section accrue 5,

5' considérée, dans laquelle l'aire de la partie de section accrue 5, 5' est la plus faible.

[0085] La première partie de section accrue 5 et la deuxième partie de section accrue 5' présentent avantageusement des formes différentes, choisies parmi toute combinaison des formes mentionnées ci-dessus.

[0086] La pièce intermédiaire 1 illustrée sur la [Fig.1] est une pièce pleine.

[0087] Selon une première variante, illustrée sur la [Fig.4], la pièce intermédiaire 1 est une pièce creuse, en particulier tubulaire.

[0088] Selon une deuxième variante, la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 est pleine et au moins la deuxième partie de section accrue 5' est creuse et forme l'une des extrémités de la pièce intermédiaire 1. A titre d'exemple, la première partie de section accrue 5 et la deuxième partie de section accrue 5' sont creuses et forment chacune une extrémité de la pièce intermédiaire 1.

[0089] Selon une troisième variante, la pièce intermédiaire 1 est une pièce composite comprenant un cœur formé par un mandrin perdu tel que décrit dans la demande de brevet WO 2019/141798 A1 réalisé dans un premier alliage métallique et une enveloppe réalisée dans un deuxième alliage métallique.

[0090] Selon un mode de réalisation de l'invention, la pièce intermédiaire 1 est une pièce de révolution par rapport à l'axe Z.

[0091] A titre d'exemple, la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 est de révolution par rapport à l'axe Z. La partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 est par exemple un cylindre plein ou creux.

[0092] Selon un mode de réalisation, la section droite du cylindre plein ou creux est circulaire, la dimension transversale maximale D correspondant au diamètre de la section droite circulaire. Dans le cas d'un cylindre creux, on entend par diamètre de la section droite circulaire son diamètre extérieur.

[0093] Selon une variante de l'invention, le cylindre plein ou creux a une section droite carrée, la dimension transversale maximale D correspondant à la diagonale de ladite section droite carrée. Dans le cas d'un cylindre creux, on entend par diagonale de la section droite carrée la diagonale extérieure de ladite section droite carrée.

[0094] Selon une autre variante, le cylindre plein ou creux a une section droite hexagonale, la dimension transversale maximale D correspondant au diamètre du cercle circonscrit à ladite section droite hexagonale.

[0095] A titre d'exemple, la longueur L de la pièce intermédiaire 1 est supérieure ou égale à 800 mm et le ratio L/D entre sa longueur et la dimension transversale maximale D de la partie centrale 3 est supérieur ou égal à 2,5. Plus particulièrement, le ratio L/D est supérieur ou égal à 5, notamment supérieur ou égal à 15, et par exemple supérieur ou égal à 20 et/ou la longueur L de la pièce intermédiaire 1 est supérieure ou égale à 1 m, notamment supérieure ou égale à 1,5 m, et par exemple supérieure ou égale à 2 m, les

longueurs L et ratios L/D listés ci-dessus pouvant être combinés en fonction de la forme finale souhaitée de la pièce intermédiaire 1.

[0096] La pièce intermédiaire 1 est réalisée en alliage métallique. Elle est notamment réalisée dans un des matériaux suivants :

[0097] - un acier, et plus particulièrement un acier choisi dans la liste suivante :

[0098] - un acier à durcissement structural, notamment un acier martensitique à durcissement structural, par exemple un acier 15-5 PH, 17-4 PH, ML340, Maraging 250, Marval 18, Maraging 300, Maraging 350, MLX19 ou MLX20 ;

[0099] - un acier martensitique allié, par exemple un acier 300M ;

[0100] - un superalliage, et plus particulièrement un superalliage base nickel, par exemple un alliage 718 ;

[0101] - un alliage à base de titane, par exemple un alliage Ti-6-Al-4V, Ti-5333 ou Ti 10.2.3.

[0102] Les aciers listés ci-dessus sont des aciers à hautes propriétés mécaniques.

[0103] La pièce intermédiaire 1 est notamment destinée à la fabrication d'une pièce choisie parmi :

[0104] - un essieu, par exemple pour véhicule ferroviaire ou automobile,

[0105] - un arbre moteur, par exemple pour un rotor d'hélicoptère ou pour un arbre de pompe, en particulier un arbre de transmission, par exemple pour une éolienne ou pour l'industrie automobile : voiture, camion, tracteur, … ou un arbre de turbine à gaz ou de turboréacteur,

[0106] - une pièce de train d'atterrissage, telle qu'une tige de train d'atterrissage ou un essieu des roues du train d'atterrissage,

[0107] - une tube prolongateur (« riser tube » en anglais), par exemple pour des pompes destinées à l'extraction du pétrole ou du gaz ;

[0108] - une soupape sous-marine, notamment pour moteur de bateaux de grande taille, tels que les paquebots ou les supertankers ; ou

[0109] - un tube lance-missile.

[0110] Le procédé selon l'invention comprend les étapes selon lesquelles :

[0111] - on fabrique par forgeage à chaud une ébauche 6 allongée comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation;

[0112] - on met en forme l'ébauche 6 pour obtenir un demi-produit 11 comprenant une partie centrale 12 et une première partie de section accrue 13 et une deuxième partie de section accrue 14, s'étendant de part et d'autre de la partie centrale 12 ; et

[0113] - on étire à chaud le demi-produit 11 pour obtenir la pièce intermédiaire 1.

[0114] Ces étapes de procédé sont décrites plus en détail dans la suite de la description.

[0115] L'étape de forgeage à chaud pour obtenir l'ébauche 6 est en particulier mise en œuvre sur un lopin.

[0116] Le lopin est typiquement obtenu à partir d'un lingot forgé ou d'un lingot forgé puis laminé, en fonction du diamètre final du lopin. Préalablement au forgeage à chaud, le lopin est réchauffé dans un four de traitement à une température et pendant une durée adaptées pour permettre une déformation à chaud de la matière du lopin lors de la mise en forme. La température et la durée du réchauffage sont choisies par l'homme du métier en fonction de la composition de l'alliage. Le temps de traitement est choisi de sorte à obtenir la même température entre la peau et le cœur du lopin.

[0117] Le lopin est ensuite transféré dans un outillage de forgeage à chaud. L'outillage de forgeage à chaud est classique, et n'est pas décrit en détail dans la suite.

[0118] Le lopin est ensuite soumis à un forgeage à chaud dans l'outillage de forgeage à chaud. Le forgeage à chaud est par exemple réalisé par filage à chaud, forgeage libre, forgeage radial, matriçage ou par laminage.

[0119] A l'issue de cette étape, on obtient une ébauche 6 allongée d'axe longitudinal Z comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation d'axe longitudinal Z. La section transversale dudit tronçon est par exemple circulaire ou polygonale, par exemple de forme carrée ou hexagonale.

[0120] L'ébauche 6 est en particulier une ébauche cylindrique de révolution.

[0121] L'ébauche 6 est creuse ou pleine.

[0122] Un exemple d'ébauche 6 est représenté de manière schématique sur la [Fig.5]. Dans cet exemple, l'ébauche 6 consiste en un tronçon de section transversale constante.

[0123] On met ensuite en forme l'ébauche 6 pour obtenir un demi-produit 11 tel que représenté de manière schématique sur la [Fig.6].

[0124] Le demi-produit 11 est allongé d'axe longitudinal Z. Il comprend une partie centrale 12 et les première et deuxième parties de section accrue 13, 14, s'étendant de part et d'autre de la partie centrale 12 selon la direction de l'axe longitudinal Z. La partie centrale 12 du demi-produit 11 comprend au moins un tronçon de section transversale à faible variation. La partie centrale 12 est d'axe longitudinal Z.

[0125] Chacune des première et deuxième parties de section accrue 13, 14 comprend une section transversale d'aire minimale, dont l'aire est supérieure à l'aire de la plus grande section transversale d'au moins un tronçon de section transversale à faible variation de la partie centrale 12, et en particulier du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation de la partie centrale 12.

[0126] L'étape de mise en forme de l'ébauche 6 comprend la réalisation de la première partie de section accrue 13 par forgeage à chaud, et notamment par matriçage, refoulement, repoussage ou filage inverse suivie de la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud, et notamment par matriçage, refoulement, repoussage ou filage inverse.

[0127] Par repoussage, on entend une mise en forme d'une ébauche 6, au moins creuse en

une extrémité, par simple déplacement radial de la matière perpendiculairement à l'axe longitudinal Z de l'ébauche 6 allongée.

[0128] Selon un mode de réalisation particulier, les première et deuxième parties de section accrue 13, 14 sont chacune forgées à chaud par un des procédés suivants : refoulement, et notamment refoulement sur aiguille, repoussage, matriçage ou filage inverse. Ces modes de forgeage à chaud sont représentés schématiquement dans les Figures 15 à 20 et décrits plus bas dans le cas de la deuxième partie de section accrue 14.

[0129] La première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 peuvent être réalisés par le même type de forgeage à chaud, choisi parmi le refoulement, et notamment le refoulement sur aiguille, le repoussage, le matriçage ou le filage inverse. En particulier, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 sont réalisées par refoulement ou par matriçage.

[0130] En variante, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 sont réalisées par des types de forgeage à chaud différents l'un de l'autre, choisis parmi toute combinaison des types de forgeage à chaud mentionnés plus haut. En particulier, la première partie de section accrue 13 est réalisée par refoulement et la deuxième partie de section accrue 14 est réalisée par matriçage ou la première partie de section accrue 13 est réalisée par matriçage et la deuxième partie de section accrue 14 est réalisée par refoulement.

[0131] Selon un mode de réalisation, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 sont réalisées successivement, et par exemple dans des outils différents.

[0132] Dans ce cas, on transfère dans un premier temps l'ébauche 6 dans un premier outil de forgeage à chaud, dans lequel elle subit un forgeage à chaud, notamment un matriçage, refoulement, repoussage ou filage inverse, pour obtenir une pièce mi-ouvrée 16.

[0133] Une pièce mi-ouvrée 16 selon un exemple est représentée de manière schématique sur la [Fig.7]. Elle comprend une tige 15 comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation et la première partie de section accrue 13. Chaque tronçon de section transversale à faible variation est identique à un tronçon de section transversale à faible variation correspondant de l'ébauche 6.

[0134] On transfère ensuite la pièce mi-ouvrée 16 ainsi obtenue dans un outil de mise en forme, dans lequel on réalise la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud, et notamment par matriçage, refoulement, repoussage ou filage inverse, pour obtenir le demi-produit 11. La mise en forme par forgeage à chaud pour obtenir la deuxième partie de section accrue 14 est en particulier réalisée au moyen d'une installation qui sera décrite plus en détail par la suite en référence aux Figures 9 à 11.

[0135] La deuxième partie de section accrue 14 est de préférence réalisée par refoulement ou par matriçage. Dans le cas d'un refoulement, le ratio de refoulement lors de l'étape de

réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 est notamment compris entre 1,20 et 1,25. Le ratio de refoulement correspond classiquement au rapport entre le diamètre avant refoulement et le diamètre après refoulement.

[0136] Selon une variante, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 sont réalisées simultanément, en particulier dans un même outil. Dans ce cas, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 sont notamment produites par un forgeage à chaud du type matriçage, refoulement, repoussage ou filage inverse. La mise en forme par forgeage à chaud pour obtenir les première et deuxième parties de section accrue 13, 14 est en particulier réalisée au moyen d'une installation qui sera décrite plus en détail par la suite en référence aux Figures 12 à 14.

[0137] La mise en forme par forgeage à chaud pour former la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 est suivie d'un étirement à chaud du demi-produit 11 pour redresser le demi-produit 11 et obtenir la pièce intermédiaire 1.

[0138] Au cours de l'étape d'étirement à chaud, le demi-produit 11 est étiré de façon à déformer plastiquement l'alliage métallique, ce qui permet d'appliquer une déformation permanente au demi-produit 11 en vue d'améliorer sa rectitude.

[0139] Dans le cadre de l'invention, la fonction principale de l'étirement à chaud est d'améliorer la rectitude du demi-produit 11. En effet, les étapes de mise en forme peuvent engendrer des défauts de rectitude dans la partie centrale 12 du demi-produit 11 que l'on cherche à éviter dans la pièce finale. L'étape d'étirement permet notamment de réduire, dans la partie centrale 12, l'écart transversal, pris perpendiculairement à l'axe longitudinal Z du demi-produit 11, par rapport à une géométrie parfaitement droite. L'étape d'étirement à chaud est de préférence effectuée de sorte à réduire dans la partie centrale 12 l'écart transversal par rapport à une géométrie parfaitement droite à au plus 2 à 5 mm par mètre de la partie centrale 12.

[0140] L'étape d'étirement à chaud permet également de corriger l'angle entre la partie centrale 12 et les parties de section accrue 13, 14 du demi-produit 11 et éventuellement de relâcher partiellement les contraintes internes liées à la mise en forme du demi-produit 11.

[0141] A titre d'exemple, outre le redressement évoqué plus haut, l'étape d'étirement a pour effet d'étirer le demi-produit 11 d'une longueur au plus égale à 20 à 30 mm par 2 mètres de longueur du demi-produit 11.

[0142] Avantageusement, la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 par mise en forme par forgeage à chaud et l'étirement à chaud sont réalisés dans un même outil, et en particulier au moyen d'une installation telle que décrite plus bas en regard des Figures 9 à 11.

[0143] Selon une variante, l'étirement à chaud est réalisé dans un outil différent de l'outil

utilisé pour réaliser la deuxième partie de section accrue 14. En particulier, l'étirement à chaud est réalisé au moyen de tout outillage prévu pour dresser ou redresser des arbres par traction.

[0144] De préférence, aucun chauffage intermédiaire n'est réalisé sur le demi-produit 11 avant l'étirement à chaud.

[0145] De préférence, la température moyenne du demi-produit 11 baisse d'au plus 200°C entre la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud et l'étirement à chaud.

[0146] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une pièce finie (non représentée) en alliage métallique, le procédé comprenant :

[0147] - la fabrication d'une pièce intermédiaire 1 par mise en œuvre du procédé tel que décrit ci-dessus ; et

[0148] - la finition de la pièce intermédiaire 1 pour obtenir la pièce finie.

[0149] L'étape de finition comprend en particulier une étape d'usinage.

[0150] Selon un mode de réalisation, la géométrie de la pièce intermédiaire 1 est très proche de la géométrie de la pièce finie, et la pièce intermédiaire 1 est usinée uniquement pour supprimer de faibles surépaisseurs, typiquement moins de 10 mm voire quelques millimètres de surépaisseur, et éventuellement pour obtenir des surfaces fonctionnelles.

[0151] Selon une variante, l'une des parties de section accrue 5, 5' de la pièce intermédiaire 1 comprend une bague 7 de section transversale d'aire supérieure à l'aire de la section transversale du reste de la partie de section accrue 5, 5', et l'étape d'usinage comprend le retrait de ladite bague 7. La bague 7 fait partie de la partie de section accrue 14 correspondante du demi-produit 11 et permet de former une prise au niveau de la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 pour la mise en œuvre de l'étirement à chaud dans des modes de réalisation dans lesquels la différence entre l'aire transversale maximale de la partie de section accrue correspondante de la pièce finie et l'aire transversale maximale de la partie centrale de la pièce finie est faible. Un exemple d'une pièce intermédiaire 1 comprenant une telle bague 7 dans sa deuxième partie de section accrue 5' est représenté sur la [Fig.8].

[0152] Selon un mode de réalisation, dans le cas où la pièce intermédiaire 1 comprend un mandrin perdu décrit plus haut, l'étape d'usinage comprend le retrait par usinage du mandrin perdu, résultant en une pièce finale creuse présentant une forme extérieure proche de celle de la pièce intermédiaire 1.

[0153] Optionnellement, l'étape de finition comprend également un ou plusieurs traitements thermiques, en particulier pour atteindre les propriétés mécaniques d'emploi requises.

[0154] La pièce finie obtenue à l'issue de ce procédé est notamment choisie parmi :

[0155] - un essieu, par exemple pour véhicule ferroviaire ou automobile,

[0156] - un arbre moteur, par exemple pour un rotor d'hélicoptère ou pour un arbre de

pompe, en particulier un arbre de transmission, par exemple pour une éolienne ou pour l'industrie automobile : voiture, camion, tracteur, … ou un arbre de turbine à gaz ou de turboréacteur,

[0157] - une pièce de train d'atterrissage, telle qu'une tige de train d'atterrissage ou un essieu des roues du train d'atterrissage,

[0158] - une tube prolongateur (« riser tube » en anglais), par exemple pour des pompes destinées à l'extraction du pétrole ou du gaz ;

[0159] - une soupape sous-marine, notamment pour moteur de bateaux de grande taille, tels que les paquebots ou les supertankers ; ou

[0160] - un tube lance-missile.

[0161] Le procédé selon l'invention est avantageux. En effet, grâce à la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 par forgeage à chaud suivie d'un étirement pour redresser le demi-produit 11 et obtenir la pièce intermédiaire 1, il est possible de réaliser la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 par forgeage à chaud directement à des dimensions extérieures au plus près des cotes dans la pièce finale. En particulier, dans le cas d'une partie centrale à section circulaire constante, il est possible de réaliser la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 par forgeage à chaud directement à un diamètre extérieur très proche de son diamètre extérieur dans la pièce finale. Ceci permet d'éviter les pertes matière associées à son usinage générées lors de la mise en œuvre des procédés connus décrits dans l'introduction, et ainsi de réduire les coûts associés à la fabrication de la pièce. Cet effet est particulièrement avantageux dans le cas d'alliages nobles, c'est-à-dire qui incluent des éléments d'alliage coûteux à des teneurs relativement importantes, tels que les aciers à haute propriété mécanique dont les aciers maraging, les superalliages et les alliages de titane. En effet, dans ce cas, l'effet de la réduction des pertes matière sur le coût de revient de la pièce est particulièrement marqué. L'étape d'étirement permet de redresser la pièce intermédiaire 1 après la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14. En effet, lorsque les dimensions extérieures de la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 sont très proches des dimensions extérieures dans la pièce finale, l'ébauche 6 ou la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16 présente des sections transversales d'aires relativement faibles et la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 risque ainsi d'engendrer un défaut de rectitude dans la partie centrale 12 du demi-produit 11, qui est corrigé grâce à l'étape d'étirement à chaud.

[0162] Les Figures 9 à 11 représentent un exemple d'installation 50 de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire 1 telle que décrite ci-dessus selon un premier mode de réalisation.

[0163] Cette installation 50 est destinée à être utilisée pour la mise en œuvre du procédé de fabrication décrit ci-dessus. Cette installation permet plus particulièrement la mise en

œuvre de la sous-étape de réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 par forgeage à chaud et de l'étape d'étirement à chaud de la pièce mi-ouvrée 11 pour obtenir la pièce intermédiaire 1.

[0164] L'installation 50 de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire 1 telle que décrite plus haut comprend :

[0165]
- un logement 55 définissant un axe longitudinal B destiné à recevoir l'ébauche allongée 6 ou la pièce mi-ouvrée 16 telles que décrites plus haut;
- un dispositif de mise en forme 51 de l'ébauche 6 ou de la pièce mi-ouvrée 16 reçue dans le logement 55 de manière à former le demi-produit 11 tel que décrit plus haut, le dispositif de mise en forme 51 comprenant un dispositif de réalisation 52, par forgeage à chaud, d'au moins la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 ; et
- un dispositif 54 d'étirement à chaud configuré pour redresser à chaud le demi-produit 11 de manière à former la pièce intermédiaire 1.

[0166] L'installation 50 comprend une matrice 53 comprenant une matrice inférieure 100 et une matrice supérieure 102 et une table de support 113. La matrice inférieure 100 est fixée de manière amovible sur la table de support 113. Le logement 55 est plus particulièrement formé dans la matrice 53 en étant délimité par les matrices inférieure 100 et supérieure 102. Le déplacement relatif de la matrice supérieure 102 par rapport à la matrice inférieure 100 permet d'ouvrir le logement 55 sur toute sa longueur, en particulier pour l'introduction de la pièce à mettre en forme.

[0167] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, l'axe longitudinal B s'étend horizontalement. Dans cet exemple, la matrice inférieure 100 et la matrice supérieure 102 s'étendent chacune horizontalement.

[0168] Dans le premier mode de réalisation, représenté sur les Figures 9 à 11, le dispositif 52 est configuré pour recevoir la pièce mi-ouvrée 16 telle que décrite plus haut, c'est-à-dire comprenant la tige 15 et la première partie de section accrue 13. Plus particulièrement, le logement 55 est destiné à recevoir la pièce mi-ouvrée 16 coaxialement à son axe longitudinal B.

[0169] Le logement 55 comprend une partie centrale 57 et, de part et d'autre de la partie centrale 57 selon la direction de l'axe longitudinal B, une première partie de section accrue 58 et une deuxième partie de section accrue 59. Dans l'exemple représenté, les première et deuxième parties de section accrue 58, 59 sont adjacentes à la partie centrale 57.

[0170] La partie centrale 57 est configurée pour loger la partie centrale 12 du demi-produit 11. Elle présente une forme sensiblement complémentaire de la forme de la partie centrale 12 du demi-produit 11. Elle comprend au moins une zone de section transversale à faible variation destinée à recevoir un tronçon de section transversale à

faible variation correspondant du demi-produit 11.

[0171] La première partie de section accrue 58 du logement 55 est configurée pour loger la première partie de section accrue 13 du demi-produit 11 et donc de la pièce mi-ouvrée 16. Elle comprend par exemple au moins une partie de forme complémentaire d'une partie de la première partie de section accrue 13 du demi-produit 11 et donc de la pièce mi-ouvrée 16.

[0172] La deuxième partie de section accrue 59 du logement 55 est configurée pour contenir la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11. Elle comprend par exemple au moins une partie de forme complémentaire d'une partie de la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 à réaliser au moyen de l'installation 50.

[0173] Dans ce mode de réalisation, la partie centrale 57 et la deuxième partie de section accrue 59 sont destinées à recevoir la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16.

[0174] L'installation 50 comprend en outre un pousseur 103 configuré pour presser la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100. Le pousseur 103 est amovible. Dans l'exemple représenté, le pousseur 103 se présente sous la forme d'un bloc solide, configuré pour prendre appui sur la matrice supérieure 102 de sorte à la pousser contre la matrice inférieure 100. Le pressage de la matrice supérieure 102 contre la matrice inférieure 100 a pour effet de déformer la pièce mi-ouvrée 16 disposée dans le logement 55 de sorte que la pièce mi-ouvrée 16 est en partie mise en forme dans le logement 55 au niveau des parties de la pièce mi-ouvrée 16 qui ne seront pas mises en forme ultérieurement. Ce conformage résulte en un coincement de la pièce mi-ouvrée dans le logement 55, empêchant notamment le mouvement relatif de la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16 par rapport au logement 55.

[0175] L'installation 50 comprend en outre un système de verrouillage 111 de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100, représenté notamment sur la [Fig.9]. A titre d'exemple, le système de verrouillage 111 comprend une pluralité d'orifices de verrouillage 120, 121 prévus respectivement dans la matrice supérieure 102 et dans la matrice inférieure 100, et plus particulièrement dans des appendices des matrices supérieure 102 et inférieure 100, et une tige de verrouillage 122. En configuration fermée de la matrice 53 après conformage, les orifices de verrouillage 120, 121 sont coaxiaux et la tige de verrouillage 122 est prévue pour s'étendre à travers les orifices de verrouillage 120, 121 de sorte à verrouiller la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100. Le verrouillage de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 empêche notamment le déplacement relatif de la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16 par rapport au logement 55.

[0176] Le dispositif 52 est configuré pour réaliser la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 par forgeage à chaud d'une partie correspondante de la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16 reçue dans le logement 55. Ledit forgeage à chaud est notamment

un refoulement, en particulier sur aiguille, un matriçage, un repoussage ou un filage inverse. De préférence, ledit forgeage à chaud est un refoulement ou un matriçage, plus particulièrement un refoulement.

[0177] A cet effet, le dispositif 52 comprend au moins un poinçon de mise en forme 60, reçu dans le logement 55, et configuré pour se déplacer en translation à l'intérieur du logement 55, et notamment pour coulisser à l'intérieur du logement 55, selon une direction de déplacement G, représentée sur la [Fig.10], sur une course maximale de déplacement. La direction de déplacement G du poinçon de mise en forme correspond à la direction de l'axe longitudinal B du logement 55. Le déplacement du poinçon de mise en forme 60 dans le logement 55 est configuré pour engendrer un écrasement, et donc une mise en forme par refoulement, par repoussage, par matriçage ou par filage inverse d'une partie de la tige 15 de la pièce mi-ouvrée 16 pour former notamment la deuxième partie de section accrue 14.

[0178] Plus particulièrement, le poinçon de mise en forme 60 est configuré pour se déplacer en translation selon la direction de l'axe longitudinal B depuis une position de repos, représentée sur les Figures 9 à 11, jusqu'à une position de fin de mise en forme, dans laquelle il a réalisé la mise en forme de la pièce mi-ouvrée 16 pour former la deuxième partie de section accrue 14. En particulier, le poinçon de mise en forme 60 s'est alors déplacé sur la course maximale de déplacement entre la position de repos et la position de fin de mise en forme.

[0179] Dans la position de repos, le poinçon de mise en forme 60 n'exerce pas de force sur la pièce mi-ouvrée 16. Dans l'exemple représenté, le poinçon de mise en forme 60 n'est pas en contact avec la pièce mi-ouvrée 16 dans la position de repos.

[0180] Le logement 55 comprend, à son extrémité longitudinale située du côté de la deuxième partie de section accrue 59, une ouverture 61 permettant l'insertion du poinçon de mise en forme 60 dans le logement 55.

[0181] La forme du poinçon de mise en forme 60 est choisie en fonction de la mise en forme à réaliser, et en particulier de la forme de la partie de section accrue 14 du demi-produit 11 à réaliser, et du type de forgeage à chaud à réaliser.

[0182] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, le poinçon de mise en forme 60 est formé par une tige 62. La tige 62 présente en particulier une section transversale constante. Elle présente par exemple une forme complémentaire de celle de la partie du logement 55 dans laquelle elle est insérée, moyennent les jeux nécessaires à son déplacement dans le logement 55.

[0183] Cependant, toute autre forme de poinçon de mise en forme 60 peut être utilisée, en fonction de la forme de la partie de section accrue du demi-produit 11 et du type de forgeage à chaud à réaliser.

[0184] Plus particulièrement, la [Fig.15] représente schématiquement un mode de réalisation

du forgeage à chaud d'une partie de section accrue 14 à partir d'une pièce mi-ouvrée 16 comprenant une extrémité creuse, ledit forgeage à chaud étant réalisé par repoussage à l'aide d'un poinçon de mise en forme 60 qui vient déplacer radialement la matière perpendiculairement à l'axe B du logement 55 de la matrice 53. Plus particulièrement, le poinçon de mise en forme 60 présente une dimension transversale maximale Dp plus petite que la dimension transversale maximale Dlog de l'extrémité du logement 55 de la matrice 53 si bien que la mise en forme n'est pas opérée en cavité fermée.

[0185] La [Fig.16] représente schématiquement une variante du mode de réalisation de la [Fig.15] dans laquelle le poinçon de mise en forme 60 est une aiguille.

[0186] La [Fig.17] représente schématiquement un mode de réalisation de mise en forme par forgeage à chaud d'une partie de section accrue 14 à partir d'une pièce mi-ouvrée 16 comprenant une extrémité creuse par matriçage à l'aide d'un poinçon de mise en forme 60 qui vient déplacer radialement la matière perpendiculairement à l'axe Z et mettre en forme à la géométrie de la cavité de l'extrémité du logement 53. Le poinçon de mise en forme 60 vient s'emboiter dans l'extrémité du logement 53 de sorte que ledit matriçage est réalisé en cavité fermée.

[0187] La [Fig.18] représente schématiquement un mode de réalisation de mise en forme par forgeage à chaud d'une partie de section accrue 14 à partir d'une pièce mi-ouvrée pleine 16 par filage inverse à l'aide d'un poinçon de mise en forme 60 qui vient déplacer la matière le long de l'axe B dans la direction opposée à la direction du poinçon.

[0188] La [Fig.19] représente schématiquement un mode de réalisation de mise en forme par forgeage à chaud à chaud d'une partie de section accrue 14 à partir d'une pièce mi-ouvrée pleine 16 par refoulement à l'aide d'un poinçon de mise en forme 60 qui présente une extrémité plate et vient écraser la matière et augmenter localement la section déformée.

[0189] La [Fig.20] représente schématiquement une variante du mode de réalisation de mise en forme par forgeage à chaud par refoulement présentée à la [Fig.19] en vue de former une partie de section accrue 14 à partir d'une pièce mi-ouvrée 16 comprenant un mandrin perdu 17.

[0190] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, le dispositif 52 de réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 comprend en outre un organe d'actionnement 70 déplaçable en translation par rapport au logement 55 selon une direction de translation F, représentée sur la [Fig.10], perpendiculaire à l'axe longitudinal B du logement 55 d'une position de repos jusqu'à une position de fin de mise en forme. Plus particulièrement, l'organe d'actionnement 70 est déplaçable en translation selon une direction verticale vers le bas depuis sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en

forme.

[0191] L'organe d'actionnement 70 est configuré de telle sorte que le déplacement de l'organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme engendre le déplacement du poinçon de mise en forme 60 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme à l'intérieur du logement 55.

[0192] A titre d'exemple, l'organe d'actionnement 70 présente une forme allongée selon un axe principal C perpendiculaire à l'axe longitudinal B du logement 55, et notamment sensiblement vertical, et définit un tronçon d'extrémité 82. L'axe principal C s'étend selon la direction de translation F de l'organe d'actionnement 70. Dans l'exemple représenté, le tronçon d'extrémité 82 comprend l'extrémité inférieure de l'organe d'actionnement 70.

[0193] A titre d'exemple, l'installation 50 comprend un orifice de réception 72 de l'organe d'actionnement 70, configuré pour recevoir le tronçon d'extrémité 82 de l'organe d'actionnement 70 lorsque celui-ci se déplace jusqu'à sa position de fin de mise en forme. Dans l'exemple représenté, l'orifice de réception 72 de l'organe d'actionnement 70 est formé dans la matrice 53, plus particulièrement dans la matrice inférieure 100, et s'étend optionnellement jusque dans la table de support 113. Une extrémité longitudinale du poinçon de mise en forme 60 s'étend dans l'orifice de réception 72.

[0194] Plus particulièrement, le dispositif 52 comprend un mécanisme de renvoi d'angle 75, configuré pour transformer le mouvement de translation de l'organe d'actionnement 70 selon la direction de translation F en une translation du poinçon de mise en forme 60 selon la direction de déplacement G, perpendiculaire à la direction de translation F.

[0195] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, le mécanisme de renvoi d'angle 75 comprend une surface de came 77 formée sur l'organe d'actionnement 70 et une surface de suiveur de came 79 formée sur le poinçon de mise en forme 60. Les surfaces de came 77 et de suiveur de came 79 sont configurées de telle sorte que le déplacement en translation de l'organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme engendre un contact glissant de la surface de came 77 avec la surface de suiveur de came 79 et une translation du poinçon de mise en forme 60 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme.

[0196] L'organe d'actionnement 70 se présente en particulier sous la forme d'une broche lamée.

[0197] Dans l'exemple représenté, la surface de suiveur de came 79 est formée au niveau d'une extrémité du poinçon de mise en forme 60.

[0198] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, la surface de came 77 est formée par une surface latérale inclinée de l'organe d'actionnement 70, cette surface formant un angle α avec l'axe principal C de l'organe d'actionnement 70. La surface inclinée est plus particulièrement une surface plane.

[0199] L'angle α de la surface de came 77 avec l'axe principal C de l'organe d'actionnement 70 et la course de l'organe d'actionnement 70 sont choisis de sorte à régler la course maximale du poinçon de mise en forme 60 à la valeur nécessaire pour assurer une mise en forme complète dans la deuxième partie de section accrue 59 du logement 55 et ainsi obtenir la géométrie désirée pour la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11. L'angle α est par exemple compris entre 5° à 20°.

[0200] La surface de came 77 et la surface de suiveur de came 79 sont configurées de telle sorte que le déplacement en translation de l'organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme pousse le poinçon de mise en forme 60 en direction de la deuxième partie 59 du logement 55 selon la direction de déplacement G.

[0201] En variante, tout autre type de mécanisme de renvoi d'angle adapté peut être utilisé en alternative au mécanisme décrit en regard des Figures 9 à 11.

[0202] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, le dispositif 52 comprend en outre un organe de rappel élastique 85 configuré pour rappeler le poinçon de mise en forme 60 en direction de sa position de repos lorsque l'organe d'actionnement 70 se déplace de sa position de fin de mise en forme jusqu'à sa position de repos. A titre d'exemple, l'organe de rappel élastique 85 comprend un ressort, disposé autour du poinçon de mise en forme 60 et solidaire d'une part du poinçon de mise en forme 60 et d'autre part du logement 55.

[0203] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, l'installation 50 comprend en outre un support 90, sur lequel est fixé l'organe d'actionnement 70. Dans cet exemple, le support 90 est disposé au-dessus du logement 55. L'organe d'actionnement 70 est fixé à une extrémité longitudinale 92 du support 90 par tout moyen adapté, et notamment par boulonnage ou frettage.

[0204] Le dispositif 50 est apte à être utilisé comme outillage de presse à forger hydraulique ou à vilebrequin. Le mouvement de la presse permet de produire le mouvement vertical descendant du support 90 et de l'organe d'actionnement 70 qui conduit à la mise en forme pour réaliser la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11.

[0205] La réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11 par forgeage à chaud permet d'obtenir un demi-produit 11 tel que décrit plus haut.

[0206] Comme indiqué plus haut, l'installation 50 comprend également un dispositif d'étirement à chaud 54 configuré pour redresser à chaud le demi-produit 11 reçu dans le logement 55 et obtenu à l'issue de l'étape de réalisation de la deuxième partie de section accrue 14.

[0207] Le dispositif d'étirement à chaud 54 comprend au moins un poinçon d'étirement 95, visible plus particulièrement sur la [Fig.10]. Préférentiellement, afin d'assurer un bon équilibre mécanique, le dispositif d'étirement à chaud 54 comprend au moins deux

poinçons d'étirement 95. Le ou chaque poinçon d'étirement 95 est déplaçable en translation par rapport au logement 55 selon une direction de déplacement H d'une position de repos jusqu'à une position de fin d'étirement, le déplacement du ou de chaque poinçon d'étirement 95 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement engendrant l'étirement à chaud du demi-produit 11 pour obtenir la pièce intermédiaire 1. La direction de déplacement H est perpendiculaire à l'axe longitudinal B du logement 55, et notamment verticale. Elle est parallèle à la direction de translation F de l'organe d'actionnement 70.

[0208] Dans l'exemple représenté, le dispositif d'étirement 54 comprend deux poinçons d'étirement 95 disposés parallèlement l'un à l'autre et de part et d'autre du logement 55, seul l'un de ces poinçons 95 étant visible sur la [Fig.10].

[0209] Le ou chaque poinçon d'étirement 95 présente une forme allongée selon un axe longitudinal E perpendiculaire à l'axe longitudinal B du logement 55, et en particulier parallèle à l'axe longitudinal C de l'organe d'actionnement 70, et comprend un tronçon d'extrémité 116. Dans l'exemple représenté sur les Figures, l'axe longitudinal E est vertical.

[0210] La matrice 53 comprend une partie fixe et une partie mobile, la partie mobile étant déplaçable en translation par rapport à la partie fixe selon la direction de l'axe longitudinal B entre une position rapprochée, dans laquelle la partie mobile est en contact avec la partie fixe et une position écartée, dans laquelle la partie mobile est distante de la partie fixe d'une distance d'allongement. La distance d'allongement est choisie en fonction du degré d'étirement souhaité.

[0211] Plus particulièrement, dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, la partie fixe comprend une partie fixe inférieure 104 comprise dans la matrice inférieure 100 et une partie fixe supérieure 106 comprise dans la matrice supérieure 102 et la partie mobile comprend une partie mobile inférieure 108 comprise dans la matrice inférieure 100 et une partie mobile supérieure 110 comprise dans la matrice supérieure 102.

[0212] Les parties mobiles inférieure 108 et supérieure 110 sont solidarisées entre elles en translation selon la direction de l'axe longitudinal B. A cet effet, les parties mobiles inférieure 108 et supérieure 110 comprennent par exemple des reliefs de verrouillage complémentaires, formés notamment dans leurs surfaces en regard.

[0213] Avantageusement, les parties fixe inférieure 104 et supérieure 106 comprennent également des reliefs de verrouillage complémentaires, formés notamment dans leurs surfaces en regard, permettant d'améliorer leur solidarisation dans la direction de l'axe longitudinal B du logement 55.

[0214] En option, l'installation 50 comprend des verrous, configurés pour verrouiller la partie mobile de la matrice 53 par rapport à la partie fixe de la matrice 53.

[0215] L'installation 50 comprend par exemple un dispositif de guidage 112 configuré pour

guider le déplacement en translation de la partie mobile de la matrice 53 par rapport à la partie fixe de la matrice 53. Ce dispositif de guidage 112 comprend par exemple un rail 114 prévu sur la table de support 113 et un organe de guidage en translation (non représenté), destiné à coulisser dans le rail 114 et formé sur la partie mobile de la matrice 53. L'organe de guidage présente une forme complémentaire de la forme du rail de guidage 114. A titre d'exemple, l'organe de guidage a la forme d'une queue d'aronde.

[0216] Comme cela est visible sur la [Fig.11], la matrice supérieure 102 comprend, pour chaque poinçon d'étirement 95, un logement de réception 115 du poinçon d'étirement 95, de forme complémentaire à celle du tronçon d'extrémité 116 du poinçon d'étirement 95. Le logement de réception 115 du poinçon d'étirement 95 est configuré pour recevoir le tronçon d'extrémité 116 du poinçon d'étirement 95 lorsque celui-ci se déplace de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement.

[0217] Dans l'exemple représenté, chaque logement de réception 115 est formé à l'interface entre les parties fixe et mobile de la matrice 53 et est délimité en partie par la partie mobile et en partie par la partie fixe de la matrice 53.

[0218] A titre d'exemple, et comme illustré sur la [Fig.11], les logements de réception 115 sont disposés de part et d'autre du logement 55 selon une direction perpendiculaire à la direction d'allongement B du logement 55.

[0219] Le dispositif d'étirement 54 est configuré de sorte que l'insertion du poinçon d'étirement 95 dans le logement de réception 115 correspondant lors du déplacement du poinçon d'étirement 95 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement engendre un déplacement en translation de la partie mobile de la matrice 53 selon une direction parallèle à l'axe longitudinal B du logement 55 à l'écart de la partie fixe de la matrice 53 d'une distance égale à la distance d'allongement.

[0220] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, ce déplacement est obtenu par effet de came, le ou chaque poinçon d'étirement 95 comprenant une surface de came 117 dans son tronçon inférieur 116 et le ou chaque logement de réception 115 délimitant intérieurement une surface de suiveur de came 119. Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, la surface de came 117 est formée par une surface latérale inclinée du poinçon d'étirement 95, cette surface formant un angle β avec l'axe longitudinal E du poinçon d'étirement 95. La surface inclinée est plus particulièrement une surface plane. L'angle β de la surface de came 117 avec l'axe longitudinal E du poinçon d'étirement 95 et la course du poinçon d'étirement 95 sont choisis de sorte à régler la course maximale de la partie mobile de la matrice 53 par rapport à la partie fixe à la valeur nécessaire pour assurer le redressement souhaité du demi-produit 11.

[0221] Dans cet exemple, la surface de suiveur de came 119 est formée par une surface intérieure du logement de réception 115 présentant une forme complémentaire de celle

d'une partie de la surface de came 117.

[0222] La surface de came 117 et la surface de suiveur de came 119 sont configurées de telle sorte que le déplacement en translation du poinçon d'étirement 95 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement pousse la partie mobile de la matrice 53 à l'écart de la partie fixe selon la direction de l'axe longitudinal B du logement 55.

[0223] Le déplacement en translation de la partie mobile 108, 110 de la matrice 53 à l'écart de la partie fixe 104, 106 de la matrice 53 engendre un allongement du logement 55, et plus particulièrement de sa partie centrale 57, suivant l'axe longitudinal B du logement 55, d'une longueur égale à la distance d'allongement. Plus particulièrement, le déplacement en translation de la partie mobile 108, 110 de la matrice 53 à l'écart de la partie fixe 104 ; 106 de la matrice 53 engendre un écartement des première et deuxième parties de section accrue 58, 59 du logement 55. Les première et deuxième parties de section accrue 58, 59 étant en prise avec les première et deuxième parties de section accrue 13, 14 du demi-produit 11, cet écartement engendre un étirement, ainsi qu'un redressement du demi-produit 11 reçu dans le logement 55.

[0224] Dans l'exemple représenté sur les Figures 9 à 11, le ou chaque poinçon d'étirement 95 est fixé au support 90 décrit précédemment, de manière à s'étendre en regard des logements de réception 115 selon la direction d'allongement E du poinçon d'étirement 95.

[0225] Le support 90 est mobile en translation par rapport au logement 55 selon une direction parallèle à la direction de translation F de l'organe d'actionnement 70 et à la direction de déplacement H du ou de chaque poinçon d'étirement 95.

[0226] Plus particulièrement, le support 90 est déplaçable en translation par rapport au logement 55 de sorte à occuper successivement les positions suivantes :

[0227] - une position de repos, dans laquelle l'organe d'actionnement 70 et chaque poinçon d'étirement 95 occupent leur position de repos,

[0228] - une position de début de mise en forme, dans laquelle l'organe d'actionnement 70 entre en contact avec le poinçon de mise en forme 60,

[0229] - une position de fin de mise en forme, dans laquelle l'organe d'actionnement 70 occupe sa position de fin de mise en forme et a parcouru, par rapport à sa position de repos, une course résultant dans la course maximale de déplacement du poinçon de mise en forme 60,

[0230] - une position de début d'étirement à chaud, dans laquelle chaque poinçon d'étirement 95 commence à réaliser l'étirement à chaud ; et

[0231] - une position de fin d'étirement, dans laquelle chaque poinçon d'étirement 95 occupe sa position de fin d'étirement, et a parcouru, par rapport à sa position de repos, une course résultant dans l'écartement maximal souhaité entre la partie fixe et la partie mobile de la matrice 53.

[0232] Dans cet exemple, chaque poinçon d'étirement 95 présente une longueur inférieure à celle de l'organe d'actionnement 70, prise à partir du support 90, de sorte que chaque poinçon d'étirement 95 provoque l'étirement du demi-produit 11 par allongement du logement 55 uniquement après que l'organe d'actionnement 70 a engendré la mise en forme de la pièce mi-ouvrée 16 pour former la deuxième partie de section accrue 14. A titre d'exemple, la longueur du ou de chaque poinçon d'étirement 95 est réglée de telle sorte que le poinçon d'étirement 95 arrive à l'entrée du logement de réception 115 correspondant lorsque l'organe d'actionnement 70 atteint sa position de fin de mise en forme.

[0233] Comme cela a été indiqué plus haut, le dispositif 50 est apte à être utilisé comme outillage de presse à forger hydraulique ou à vilebrequin. Le mouvement de la presse permet de produire le mouvement vertical descendant du support 90 qui conduit à la mise en forme pour réaliser la deuxième partie de section accrue 14 du demi-produit 11, ainsi qu'à l'étirement du demi-produit 11.

[0234] Un procédé de fabrication d'une pièce intermédiaire 1 à partir d'une pièce mi-ouvrée 16 telle que décrite plus haut au moyen de l'installation 50 installée dans une presse à forger va maintenant être expliqué plus en détail.

[0235] Ce procédé comprend les étapes suivantes :

[0236] - installation de la matrice inférieure 100 munie du poinçon de mise en forme 60 sur la table de support 113 et installation du support 90 muni de l'organe d'actionnement 70 et du ou de chaque poinçon d'étirement 95 ;

[0237] - mise en place de la pièce mi-ouvrée 16 dans la partie du logement 55 délimitée par la matrice inférieure 100,

[0238] - mise en place de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100;

[0239] - installation du pousseur 103 ;

[0240] - descente de la presse de sorte à presser la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 au moyen du pousseur 103 par l'intermédiaire du support 90 et ainsi conformer les parties de la pièce mi-ouvrée 16 qui ne sont pas destinées à être mises en forme;

[0241] - verrouillage de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 après conformage et optionnellement verrouillage de la partie mobile de la matrice 53 sur la table de support 113 ;

[0242] - retrait du pousseur 103 ;

[0243] - déplacement du support 90 en translation de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme résultant dans la translation de l'organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme de sorte à former la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud dans la deuxième partie de section accrue 59 du logement 55 et obtenir le demi-produit 11 ;

[0244] - optionnellement, déverrouillage de la partie mobile de la matrice 53 pour permettre son déplacement en translation par rapport à la partie fixe de la matrice 53 sous l'effet du ou de chaque poinçon d'étirement 95;

[0245] - poursuite du déplacement du support 90 en translation jusqu'à sa position de fin d'étirement résultant dans la translation du ou de chaque poinçon d'étirement 95 jusqu'à sa position de fin d'étirement de sorte à redresser le demi-produit 11 pour obtenir la pièce intermédiaire 1;

[0246] - remontée du support 90, déverrouillage de la matrice supérieure 102 et libération de la pièce intermédiaire 1.

[0247] L'installation 50 selon le premier mode de réalisation et le procédé de fabrication associés sont avantageux. En effet, l'installation 50 permet la réalisation de la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud et le redressement du demi-produit 11 par étirement à chaud dans un même outil et en enchaînant les étapes du procédé. Elle permet donc de réaliser une pièce présentant les caractéristiques de rectitude désirées, sans avoir à réaliser un chauffage intermédiaire entre la mise en forme pour obtenir la deuxième partie de section accrue 14 et l'étirement à chaud. Elle résulte en outre dans des économies de matière, et donc des économies en termes de coût de revient, dans la mesure où l'installation 50 permet de fabriquer une pièce intermédiaire 1 présentant une partie centrale de dimensions extérieures proches des cotes dans la pièce finale.

[0248] De plus, dans le cas de l'exemple particulier représenté sur les Figures 9 à 11, le logement 55 s'étend selon un axe longitudinal B horizontal, coaxial à la direction d'allongement de la pièce à fabriquer, le logement 55 étant formé entre une matrice inférieure 100 et une matrice supérieure 102, déplaçables à l'écart l'une de l'autre sensiblement perpendiculairement à l'axe longitudinal B du logement 55 pour l'introduction de l'ébauche 6 ou de la pièce mi-ouvrée 16 ou l'extraction de la pièce intermédiaire 1. Par ailleurs, un mécanisme de renvoi d'angle 75 permet de transformer le mouvement vertical de la presse, et donc de l'organe d'actionnement 70, en un déplacement horizontal du poinçon de mise en forme 60. Cette géométrie particulière permet la fabrication de pièces très longues et avec des zones localement à plus forte section de manière relativement simple et peu coûteuse. En effet, d'une part, l'introduction de l'ébauche 6 ou de la pièce mi-ouvrée 16 ou l'extraction de la pièce intermédiaire 1 ne nécessite qu'un débattement relativement faible de la matrice supérieure 102 par rapport à la matrice inférieure 100, et d'autre part, l'installation 50 peut présenter une hauteur totale relativement faible par rapport à la longueur de la pièce intermédiaire 1 à réaliser.

[0249] Par ailleurs, la délimitation du logement 55 entre les matrices inférieure 100 et supérieure 102, déplaçables facilement l'une par rapport à l'autre pour ouvrir le logement

55 sur toute sa longueur autorise des variations de section transversale sans problématique de récupération des pièces après mise en forme à chaud, ce qui ne serait pas le cas avec des outils classiques présentant un plan de joint des matrices perpendiculaire à l'axe longitudinal Z de la pièce intermédiaire 1, et donc à l'axe longitudinal B du logement 55.

[0250] Les Figures 12 à 14 illustrent une installation de fabrication 200 d'une pièce intermédiaire 1 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Cette installation 200 est destinée à être utilisée pour la mise en œuvre du procédé de fabrication décrit plus haut. Cette installation 200 permet plus particulièrement la mise en œuvre des étapes de mise en forme de l'ébauche 6 pour obtenir le demi-produit 11 et d'étirement du demi-produit 11 pour obtenir la pièce intermédiaire 1.

[0251] Seules les différences par rapport à l'installation 50 selon le premier mode de réalisation sont décrites dans la suite. Par ailleurs, les éléments identiques ou analogues sont désignés par le même numéro de référence.

[0252] L'installation 200 selon le deuxième mode de réalisation diffère de l'installation 50 selon le premier mode de réalisation principalement par le fait que le dispositif 52 comprend deux organes d'actionnement 70 parallèles, solidaires en translation, le déplacement de chaque organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme engendrant la réalisation par refoulement, repoussage, matriçage ou filage inverse d'une partie de section accrue 13, 14 respective du demi-produit 11.

[0253] L'installation 200 comprend donc, pour chaque organe d'actionnement 70, un mécanisme de renvoi d'angle 75, un poinçon de mise en forme 60, un logement de réception de l'organe d'actionnement 72 et un organe de rappel élastique 85 tels que décrits plus haut pour chaque organe d'actionnement 70.

[0254] La première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 peuvent être réalisés par le même type de forgeage à chaud, choisi parmi le refoulement, le repoussage, le matriçage ou le filage inverse, ou par des types de forgeage à chaud différents, choisis parmi toute combinaison de ces types de forgeage à chaud. De préférence, la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 sont réalisées chacune par refoulement ou par matriçage.

[0255] La forme du poinçon de mise en forme 60 est choisie en fonction de la forme de la partie de section accrue 13, 14 et du type de forgeage à chaud à réaliser.

[0256] Dans ce mode de réalisation, et comme cela est représenté sur les Figures 13 et 14, le logement 55 est destiné à recevoir une ébauche 6 telle que décrite plus haut.

[0257] Il présente une forme analogue à celle du logement 55 décrit en regard du premier mode de réalisation. Cependant, il comprend à son extrémité longitudinale située au niveau de sa première partie de section accrue 58, une ouverture 208 permettant

l'insertion d'un poinçon de mise en forme 60 correspondant dans le logement 55. Dans ce mode de réalisation, chaque poinçon de mise en forme 60 est configuré pour pénétrer dans le logement 55 à une extrémité longitudinale de celui-ci, de sorte à réaliser la partie de section accrue 13, 14 correspondante.

[0258] La première partie de section accrue 58 du logement 55 est, dans ce mode de réalisation, configurée pour loger la première partie de section accrue 13 du demi-produit 11 après mise en forme par forgeage à chaud par le dispositif de mise en forme 52.

[0259] Le dispositif 52 permet donc, dans ce mode de réalisation, la réalisation de la première et de la deuxième partie de section accrue 13, 14 dans le même outil, en particulier simultanément, à partir de l'ébauche 6 reçue dans le logement 55.

[0260] Dans ce mode de réalisation, le dispositif d'étirement 54 à chaud n'est pas configuré pour réaliser l'étirement du demi-produit 11 alors que celui-ci est reçu dans le logement 55. Le dispositif d'étirement 54 n'est pas inclus dans le même outil que le dispositif 52 de réalisation d'au moins une partie de section accrue 14 du demi-produit 11, comme c'est le cas dans le premier mode de réalisation. Dans ce cas, le dispositif d'étirement 54 est formé par un outil séparé prévu pour dresser ou redresser des arbres par traction. Le dispositif d'étirement 54 n'a été représenté que schématiquement sur la [Fig.14].

[0261] Selon un exemple de réalisation particulier, le dispositif d'étirement 54 séparé est analogue au dispositif d'étirement 54 décrit en regard du premier mode de réalisation de l'installation représenté sur les Figures 9 à 11.

[0262] Dans ce cas, le dispositif d'étirement 54 comprend un ou plusieurs poinçons d'étirement et des logements de réception correspondants formés dans une matrice tels que décrits plus haut, les poinçons d'étirement étant configurés pour redresser ou dresser par traction le demi-produit 11 reçu dans un logement formé entre une matrice inférieure et une matrice supérieure dans la matrice de manière analogue à ce qui a été décrit plus haut en regard du premier mode de réalisation. Cette matrice et le logement de réception délimité par cette matrice sont distincts du logement de réception 55 et de la matrice 53 servant à la mise en forme de l'ébauche 6, et plus particulièrement à la réalisation de la première et de la deuxième partie de section accrue 13, 14.

[0263] Dans ce cas, et comme cela a été décrit en regard du premier mode de réalisation, la matrice comprend une partie fixe et une partie mobile, le déplacement en translation de la partie mobile de la matrice à l'écart de la partie fixe sur une course égale à une distance d'allongement sous l'effet de l'insertion du ou des poinçons d'étirement dans les logements correspondants engendrant un allongement du logement de réception du demi-produit 11 d'une longueur égale à la distance d'allongement, et ainsi un dressage ou redressage du demi-produit 11 par traction.

[0264] Un procédé de fabrication d'une pièce intermédiaire 1 à partir d'une ébauche 6 telle

que décrite plus haut au moyen de l'installation 200 va maintenant être expliqué plus en détail.

[0265] Ce procédé comprend les étapes suivantes :

[0266] - installation de la table support 113 puis de la matrice inférieure 100 munie des poinçons de mise en forme 60 sur la table de support 113 et installation du support 90 muni des organes d'actionnement 70;

[0267] - mise en place de l'ébauche 6 dans la partie du logement 55 délimitée par la matrice inférieure 100,

[0268] - mise en place de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 ;

[0269] - installation du pousseur 103 et conformage des parties de l'ébauche 6 qui ne sont pas destinées à être mises en forme, par pressage de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 au moyen du pousseur 103 ;

[0270] - verrouillage de la matrice supérieure 102 sur la matrice inférieure 100 après conformage ;

[0271] - retrait du pousseur 103 ;

[0272] - déplacement du support 90 en translation de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme résultant dans la translation de chaque organe d'actionnement 70 de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme de sorte à former la première partie de section accrue 13 et la deuxième partie de section accrue 14 par forgeage à chaud, respectivement dans la première partie de section accrue 58 et dans la deuxième partie de section accrue 59 du logement 55 et obtenir ainsi le demi-produit 11 ;

[0273] - remontée du support 90, déverrouillage de la matrice supérieure 102 et libération du demi-produit 11 ;

[0274] - étirement du demi-produit 11 au moyen du dispositif d'étirement 54 séparé pour former la pièce intermédiaire 1.

[0275] L'installation 200 selon le deuxième mode de réalisation, et le procédé de fabrication correspondant, permettent la réalisation par forgeage à chaud, et notamment par refoulement, repoussage, matriçage, filage inverse ou par toute combinaison de ces procédés, des première et deuxième parties de section accrue 13, 14 en une seule opération dans un même outil, et résulte dans des économies de matière analogues à celles obtenues avec l'installation 50 selon le premier mode de réalisation, la partie centrale 3 de la pièce intermédiaire 1 présentant des cotes très proches des cotes dans la pièce finale.

[0276] Par ailleurs, la géométrie de l'installation 200 étant analogue à la géométrie de l'installation 50, elle permet d'obtenir des avantages analogues à ceux décrits plus haut, notamment en ce qui concerne la possibilité de fabriquer des pièces longues.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de fabrication par forgeage d'une pièce intermédiaire (1) en alliage métallique allongée selon un axe longitudinal (Z), la pièce intermédiaire (1) comprenant une partie centrale (3) comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation, l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation variant d'au plus 20% le long dudit tronçon, la pièce intermédiaire (1) comprenant en outre une première partie de section accrue (5) et une deuxième partie de section accrue (5') situées de part et d'autre de la partie centrale (3) selon l'axe longitudinal (Z), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- fabrication par forgeage à chaud d'une ébauche (6) allongée selon un axe longitudinal (Z) comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation ;
- mise en forme de l'ébauche (6) pour obtenir un demi-produit (11) allongé selon un axe longitudinal (Z) comprenant une partie centrale (12) et une première partie de section accrue (13) et une deuxième partie de section accrue (14), s'étendant de part et d'autre de la partie centrale (12) selon la direction de l'axe longitudinal (Z), la mise en forme de l'ébauche (6) comprenant la réalisation de la première partie de section accrue (13) du demi-produit (11) par forgeage à chaud et la réalisation de la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) par forgeage à chaud choisi parmi un refoulement, un repoussage, un matriçage ou un filage inverse; et
- étirement à chaud du demi-produit (11) pour obtenir la pièce intermédiaire (1).

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'alliage métallique est choisi parmi un superalliage, un alliage à base de titane et un acier, plus particulièrement un acier choisi dans la liste suivante : un acier à durcissement structural et un acier martensitique allié.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1) est supérieure ou égale à 800 mm et le ratio (L/D) entre la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1) et la dimension transversale maximale (D) de la partie centrale (3) de la pièce intermédiaire (1) est supérieur ou égal à 2,5.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon de section

transversale à faible variation varie d'au plus 10% le long dudit tronçon, de préférence dans lequel l'aire des sections transversales du ou de chaque tronçon de section transversale à faible variation est constante le long dudit tronçon.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la longueur cumulée (L_0) du ou des tronçons de section transversale à faible variation, prise selon l'axe longitudinal (Z), est supérieure ou égale à 40% de la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1), préférentiellement supérieure ou égale à 60% de la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1), et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 70% de la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1).

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le centre de la première partie de section accrue (5) et/ou le centre de la deuxième partie de section accrue (5'), pris selon la direction longitudinale (Z) de la pièce intermédiaire (1), est situé à une distance (L_1, L_2) de l'extrémité (4, 4') correspondante de la pièce intermédiaire (1) inférieure ou égale à 25% de la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1), préférentiellement inférieure ou égale à 15% de la longueur (L) de la pièce intermédiaire (1).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première partie de section accrue (13) du demi-produit (11) est réalisée par refoulement, repoussage, matriçage ou filage inverse.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) est réalisée par refoulement et dans lequel, de préférence, la première partie de section accrue est réalisée par refoulement ou par matriçage.

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réalisation de la première partie de section accrue (13) du demi-produit (11) et la réalisation de la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) sont effectuées successivement.

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la réalisation de la première partie de section accrue (13) du demi-produit (11) et la réalisation de la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) sont effectuées simultanément, en particulier dans un même outil.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le demi-produit (11) n'est pas réchauffé entre la réalisation de la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) et

l'étirement à chaud.

[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réalisation de la deuxième partie de section accrue (14) et l'étirement à chaud sont réalisés dans un même outil.

[Revendication 13] Procédé de fabrication d'une pièce allongée en alliage métallique comprenant :
- la fabrication d'une pièce intermédiaire (1) par mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 ;
- la finition de la pièce intermédiaire (1) pour obtenir la pièce, la finition comprenant en particulier un usinage.

[Revendication 14] Procédé selon la revendication 13, dans lequel la pièce est choisie parmi : un essieu, un arbre moteur, une pièce de train d'atterrissage, un tube prolongateur pour une pompe destinée à l'extraction de pétrole ou de gaz, une soupape sous-marine, notamment pour moteur de bateau de grande taille, tel qu'un paquebot ou un supertanker et un tube lance-missile.

[Revendication 15] Installation de fabrication (50 ; 200) par forgeage d'une pièce intermédiaire (1) en alliage métallique allongée selon un axe longitudinal (Z), l'installation de fabrication (50 ; 200) étant destinée à être utilisée pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, comprenant :

- un logement (55) définissant un axe longitudinal (B) destiné à recevoir une ébauche (6) allongée selon un axe longitudinal (Z) comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation ou une pièce mi-ouvrée (16) allongée selon un axe longitudinal (Z) comprenant une tige (15) comprenant au moins un tronçon de section transversale à faible variation, et une première partie de section accrue (13) ;
- un dispositif de mise en forme (51) de l'ébauche (6) ou de la pièce mi-ouvrée (16) reçue dans le logement (55) de manière à former un demi-produit (11) allongé selon un axe longitudinal (Z) comprenant une partie centrale (12) et une première partie de section accrue (13) et une deuxième partie de section accrue (14), situées de part et d'autre de la partie centrale (12) selon la direction de l'axe longitudinal (Z), le dispositif de mise en forme (51) comprenant un dispositif de réalisation (52), par forgeage à chaud par matriçage, par refoulement, par

repoussage ou par filage inverse, d'au moins la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11); et

– un dispositif (54) d'étirement à chaud configuré pour redresser à chaud le demi-produit (11) de manière à former la pièce intermédiaire (1).

[Revendication 16] Installation (50 ; 200) selon la revendication 15, dans laquelle le dispositif de réalisation (52) d'au moins la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) comprend au moins un organe d'actionnement (70), déplaçable en translation par rapport au logement (55) selon une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal (B) du logement (55) d'une position de repos jusqu'à une position de fin de mise en forme, le déplacement de l'organe d'actionnement (70) de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme engendrant la réalisation d'au moins la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) par forgeage à chaud.

[Revendication 17] Installation (200) selon la revendication 16, dans lequel le dispositif de réalisation (52) d'au moins la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) comprend deux organes d'actionnement (70), chaque organe d'actionnement (70) étant déplaçable en translation par rapport au logement (55) selon une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal (B) du logement (55) d'une position de repos jusqu'à une position de fin de mise en forme, les organes d'actionnement (70) étant solidaires en translation selon la direction perpendiculaire à l'axe longitudinal (B) du logement (55), le déplacement de chaque organe d'actionnement (70) de sa position de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme engendrant la réalisation d'une partie de section accrue respective (13, 14) du demi-produit (11) par forgeage à chaud.

[Revendication 18] Installation (50 ; 200) selon l'une des revendications 16 ou 17, dans laquelle le dispositif de réalisation (52) d'au moins la deuxième partie de section accrue (14) du demi-produit (11) comprend :

- un poinçon de mise en forme (60) pour chaque organe d'actionnement (70), chaque poinçon de mise en forme (60) étant configuré pour se déplacer en translation selon la direction de l'axe longitudinal (B) du logement (55), et
- un mécanisme de renvoi d'angle (75), configuré pour transformer le déplacement du ou de chaque organe d'actionnement (70) de sa position

de repos jusqu'à sa position de fin de mise en forme en un déplacement en translation du poinçon de mise en forme (60) correspondant selon la direction de l'axe longitudinal (B) du logement (55) pour réaliser par forgeage à chaud une partie de section accrue (13, 14) correspondante du demi-produit (11).

[Revendication 19] Installation (50) selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, dans laquelle le dispositif d'étirement à chaud (54) est configuré pour redresser à chaud le demi-produit (11) reçu dans le logement (55).

[Revendication 20] Installation (50) selon la revendication 19, dans laquelle le dispositif d'étirement à chaud (54) comprend un poinçon d'étirement (95), déplaçable en translation par rapport au logement (55) selon une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal (B) du logement (55) d'une position de repos jusqu'à une position de fin d'étirement, le déplacement du poinçon d'étirement (95) de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement engendrant le redressement à chaud du demi-produit (11) reçu dans le logement (55) pour obtenir la pièce intermédiaire (1).

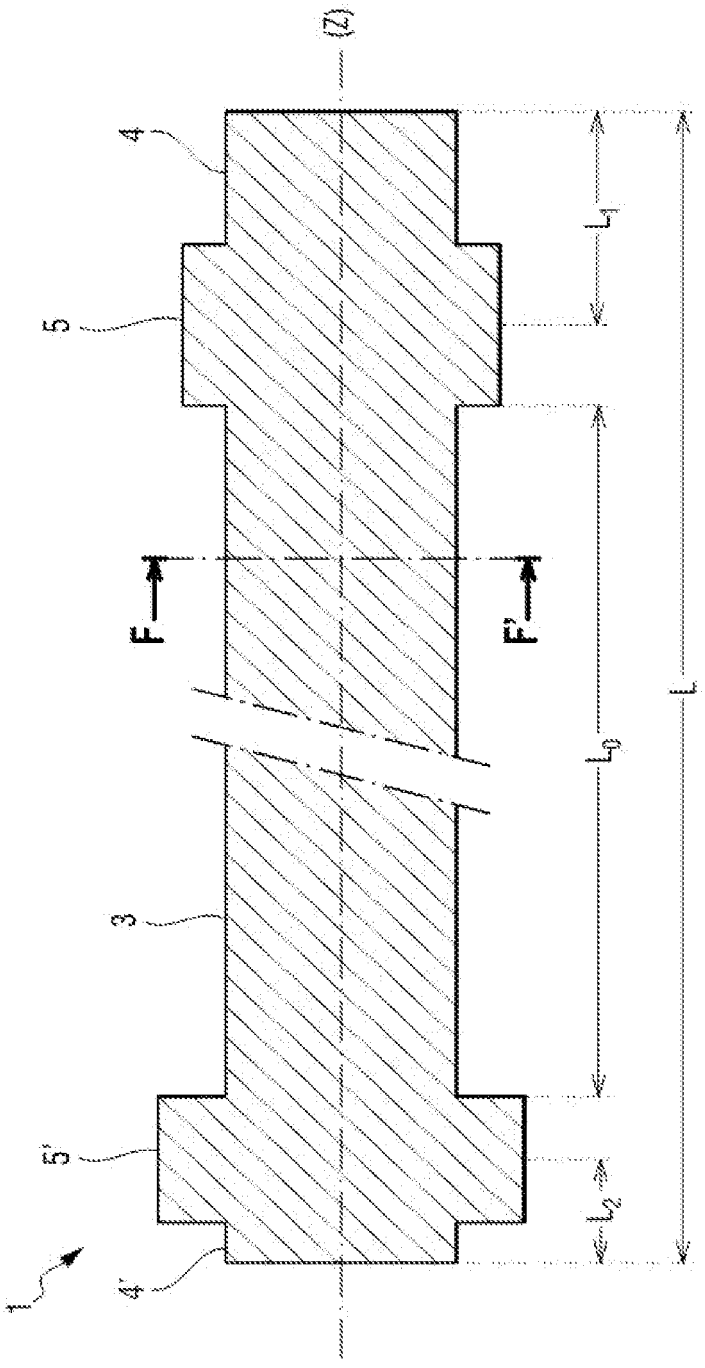
[Revendication 21] Installation (50) selon l'une des revendications 19 ou 20, comprenant une matrice (53) délimitant le logement (55), la matrice (53) comprenant une partie fixe (104, 106) et une partie mobile (108, 110), ladite partie mobile (108, 110) de la matrice (53) étant déplaçable en translation par rapport à ladite partie fixe (104 ; 106) selon la direction de l'axe longitudinal (B) du logement (55) entre une position rapprochée, dans laquelle la partie mobile (108 ; 110) est en contact avec la partie fixe (104 ; 106) et une position écartée, dans laquelle la partie mobile (108 ; 110) est distante de la partie fixe (104 ; 106) d'une distance d'allongement, ce déplacement engendrant un allongement du logement (55) d'une longueur égale à la distance d'allongement, le dispositif d'étirement à chaud (54) comprenant en outre, pour chaque poinçon d'étirement (95), un logement de réception (115) du poinçon d'étirement (95), configuré pour recevoir un tronçon d'extrémité (116) du poinçon d'étirement (95) lorsque celui-ci se déplace de sa position de repos jusqu'à sa position de fin d'étirement, l'insertion du poinçon d'étirement (95) dans le logement de réception (115) correspondant engendrant le déplacement en translation de la partie mobile (108 ; 110) de la matrice (53) par rapport à la partie fixe (104 ; 106) de la matrice (53) de sa position rapprochée jusqu'à sa position écartée de manière à redresser le demi-produit (11) reçu dans le logement (55).

[Revendication 22] Installation (50) selon l'une des revendications 20 ou 21, prise en com-

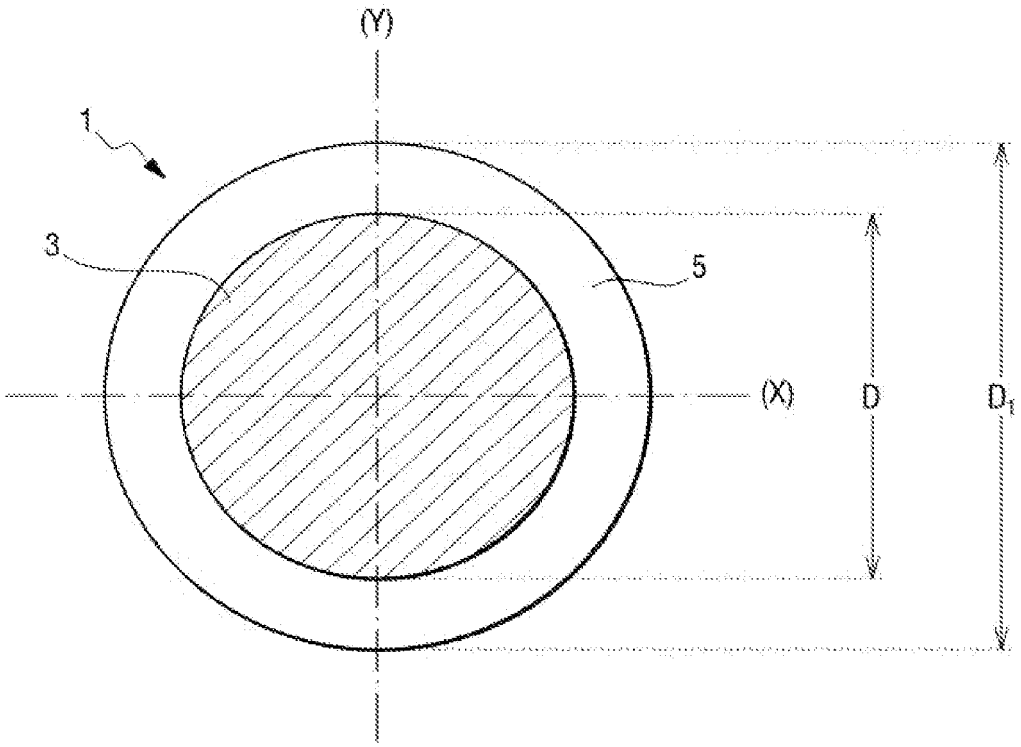
binaison avec l'une des revendications 15 à 17, comprenant en outre un support (90) sur lequel sont fixés le ou chaque organe d'actionnement (70) et le ou chaque poinçon d'étirement (95), le support (90) étant mobile en translation par rapport au logement (55) selon une direction parallèle à la direction de déplacement du ou de chaque organe d'actionnement (70) et du ou de chaque poinçon d'étirement (95) de sorte à occuper successivement les positions suivantes :
- une position de repos, dans laquelle le ou chaque organe d'actionnement (70) et le ou chaque poinçon d'étirement (95) occupe sa position de repos,
- une position de fin de mise en forme, dans laquelle le ou chaque organe d'actionnement (70) occupe sa position de fin de mise en forme, et
- une position de fin d'étirement, dans laquelle le ou chaque poinçon d'étirement (95) occupe sa position de fin d'étirement.

[Revendication 23] Installation (50) selon l'une quelconque des revendications 15 à 22, laquelle est utilisée comme outillage de presse à forger.

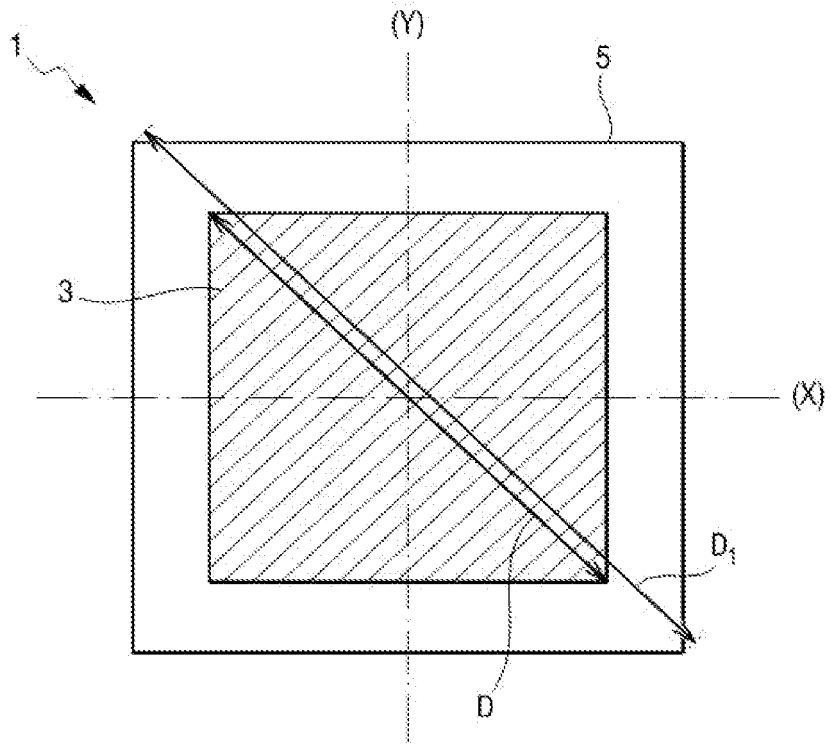
[Fig. 1]



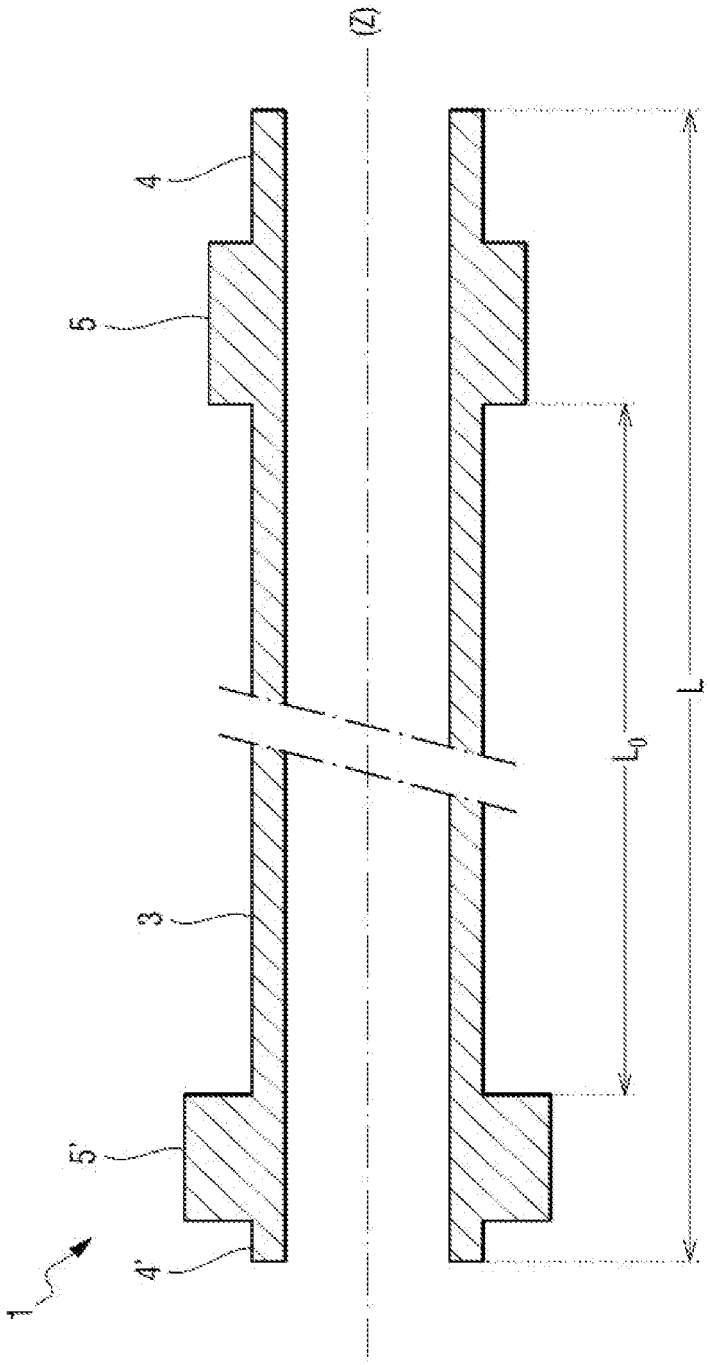
[Fig. 2]



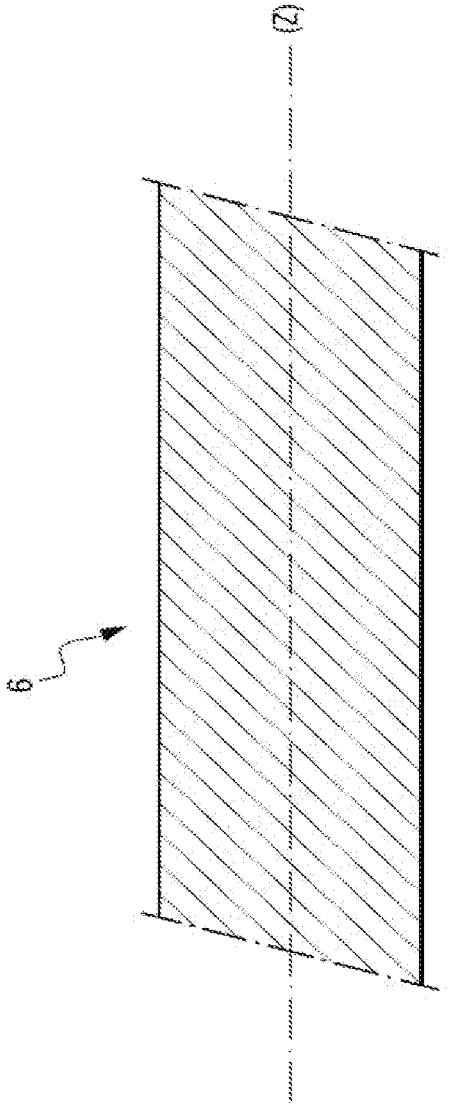
[Fig. 3]



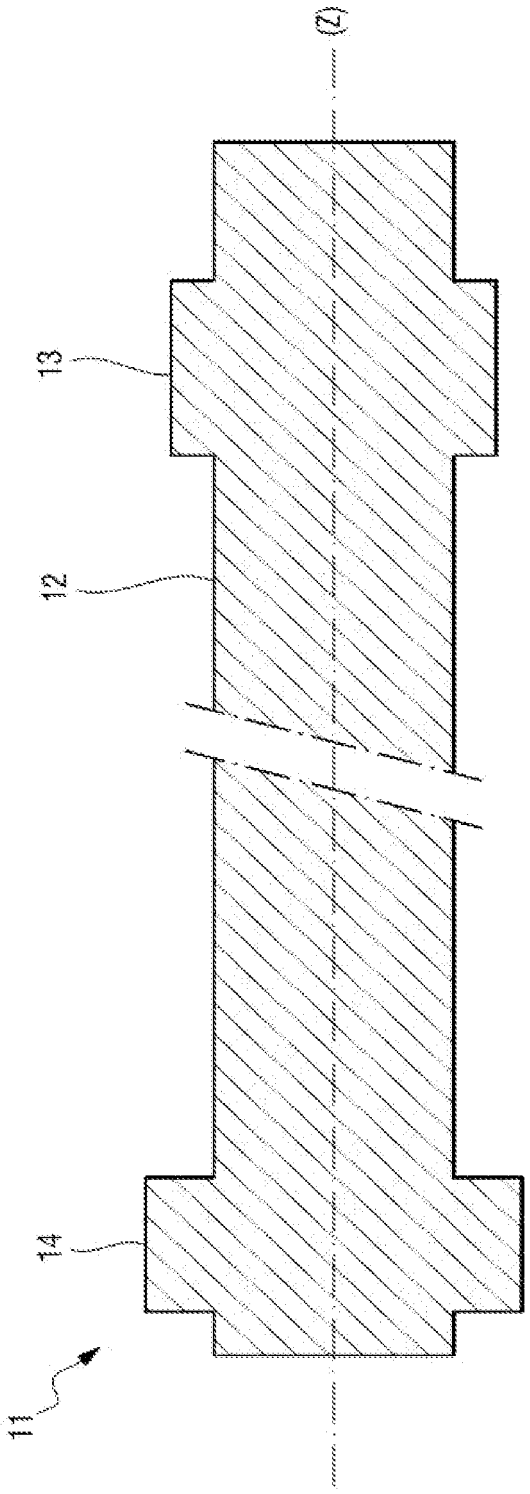
[Fig. 4]



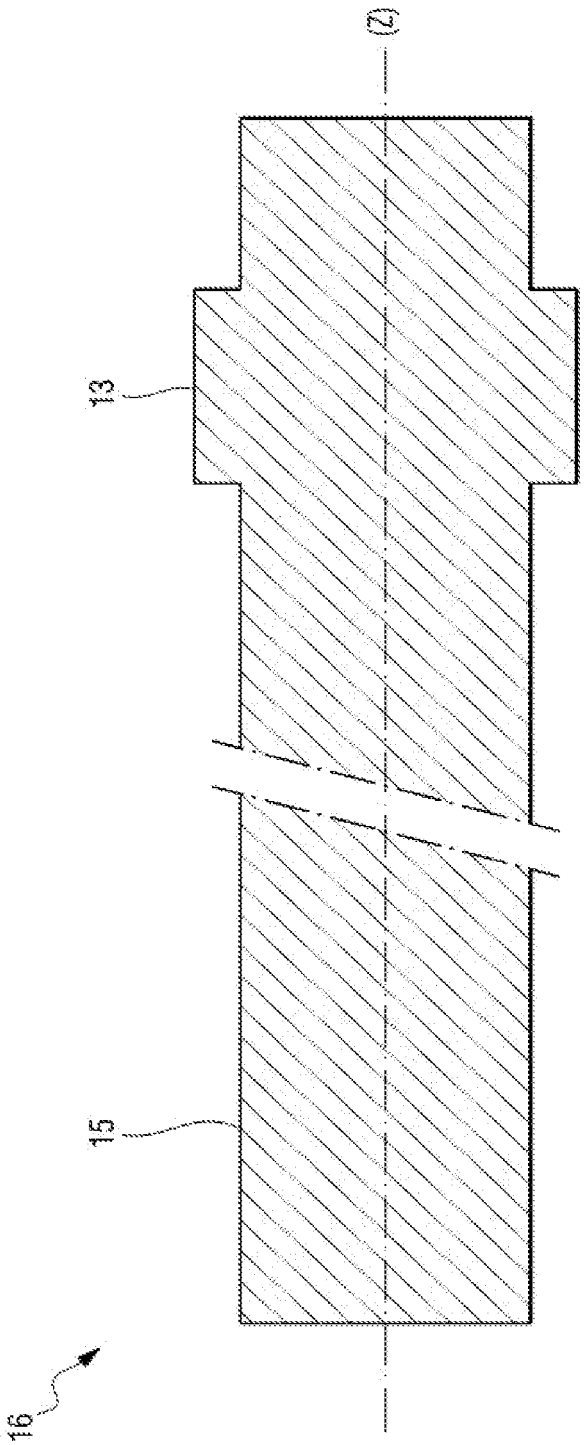
[Fig. 5]



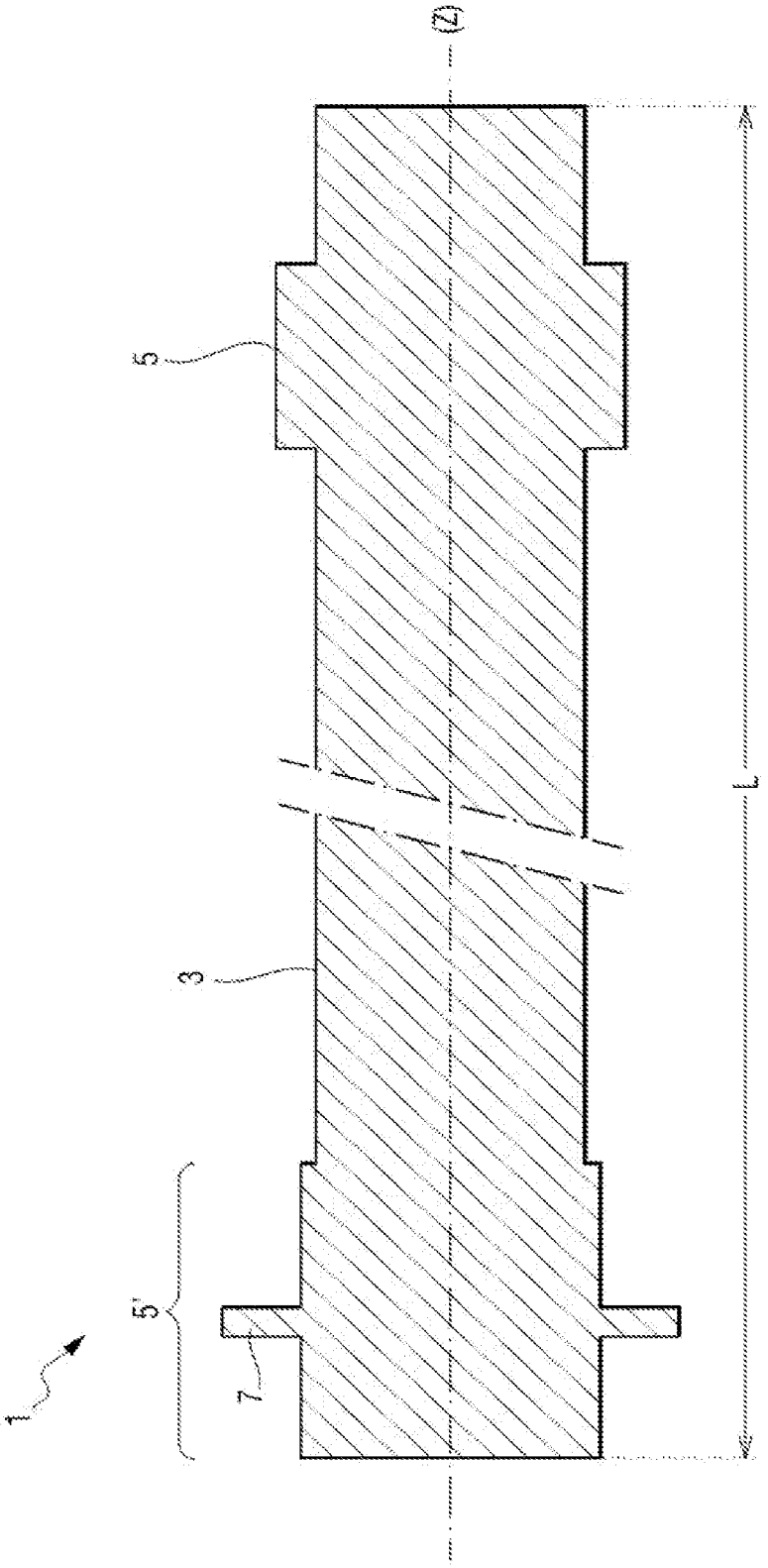
[Fig. 6]



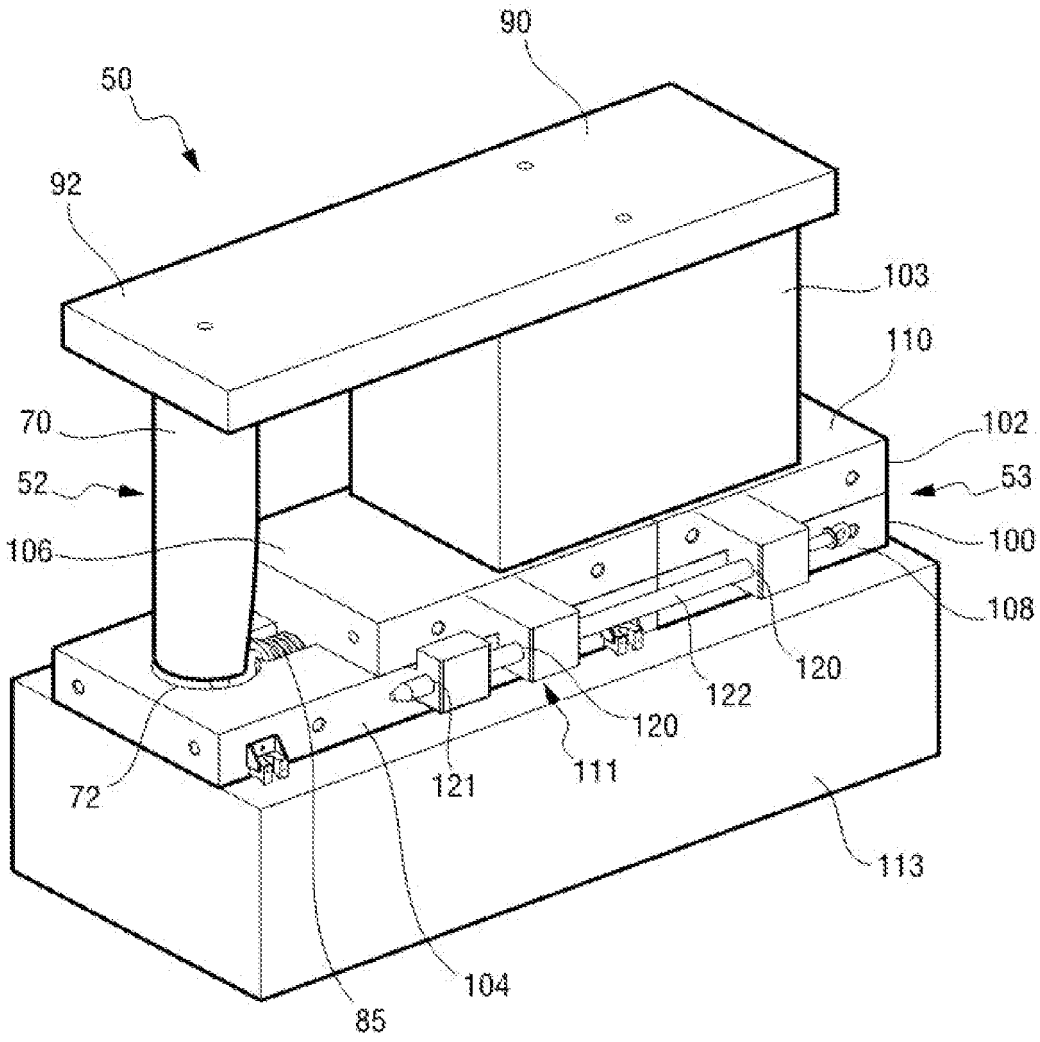
[Fig. 7]



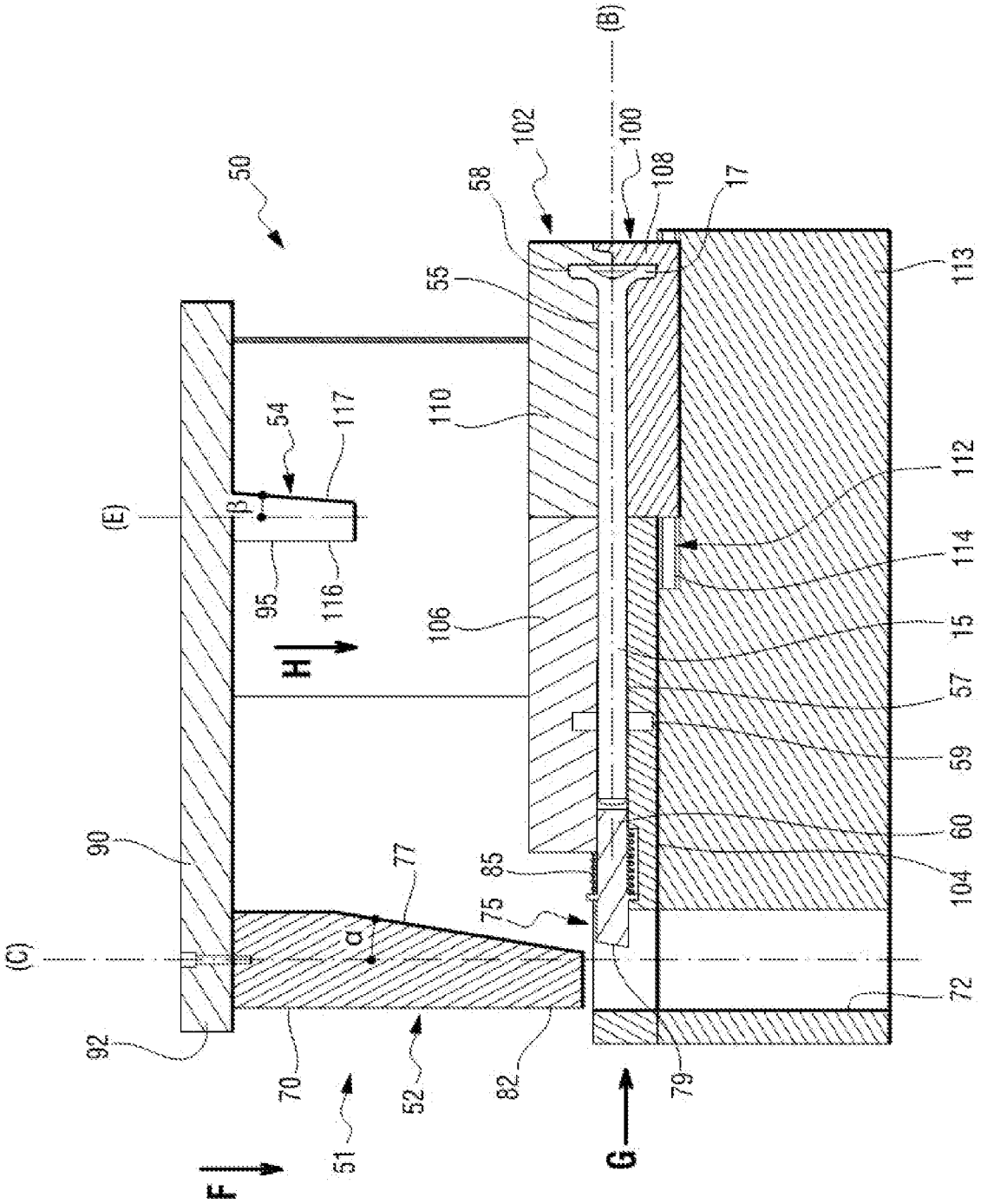
[Fig. 8]



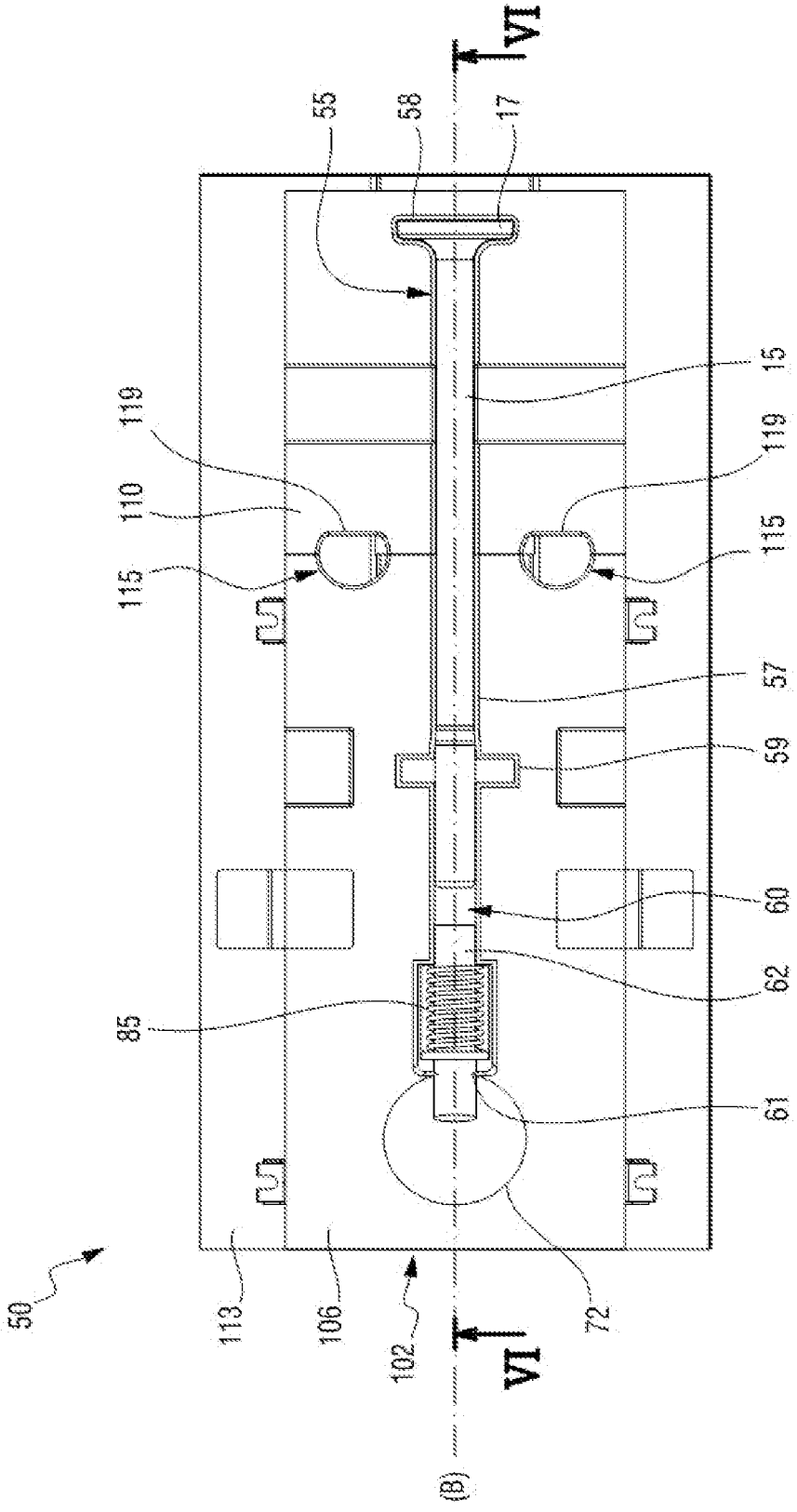
[Fig. 9]


90
50
92
103
110
70
102
52
53
106
100
108
120
122
120
111
121
72
113
104
85

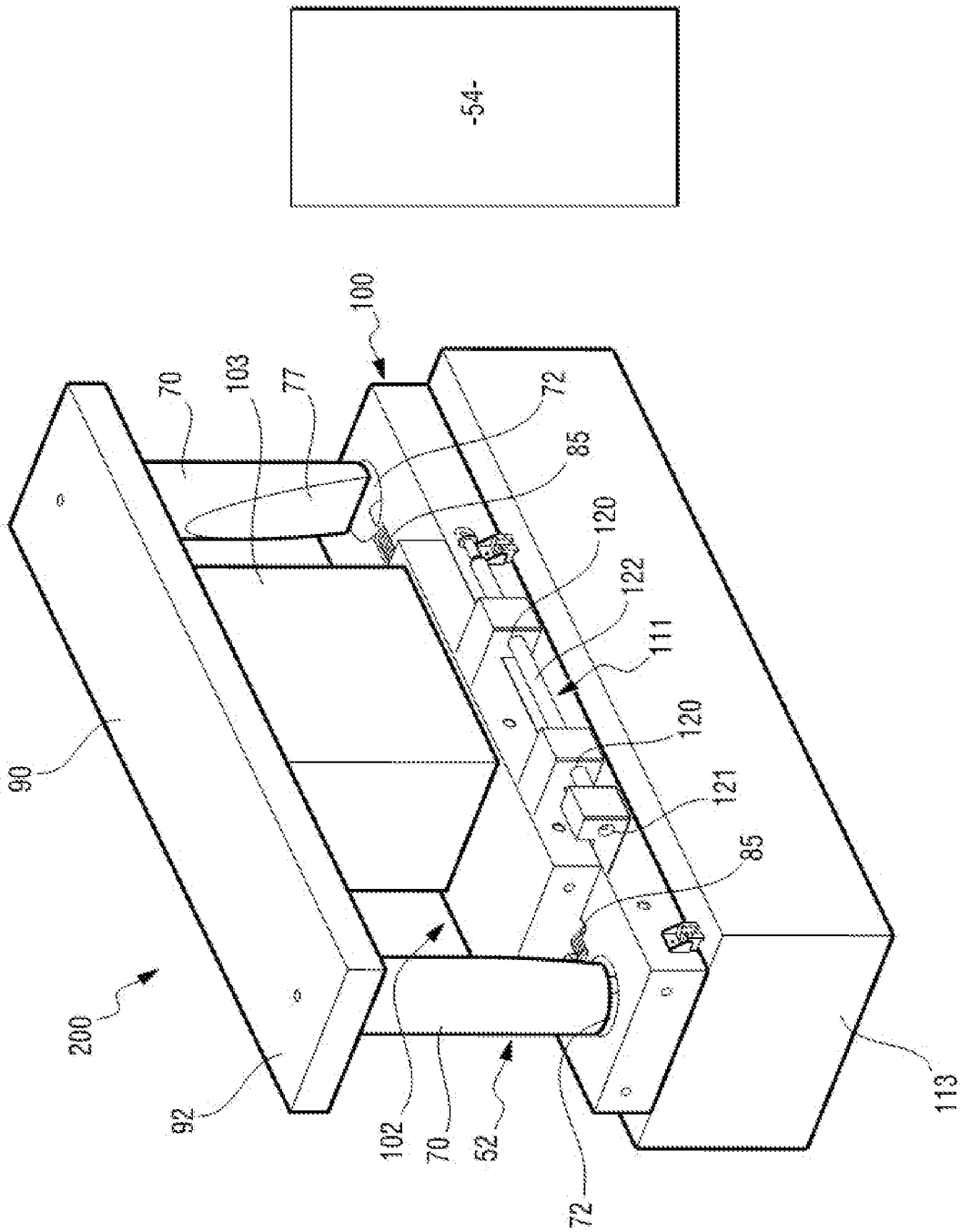
[Fig. 10]


50
(B)
102
100
108
17
58
55
113
110
54
117
112
(E)
β
95
116
114
106
H
15
57
59
90
77
85
60
104
75
(C)
α
72
92
70
52
82
79
51
F
G

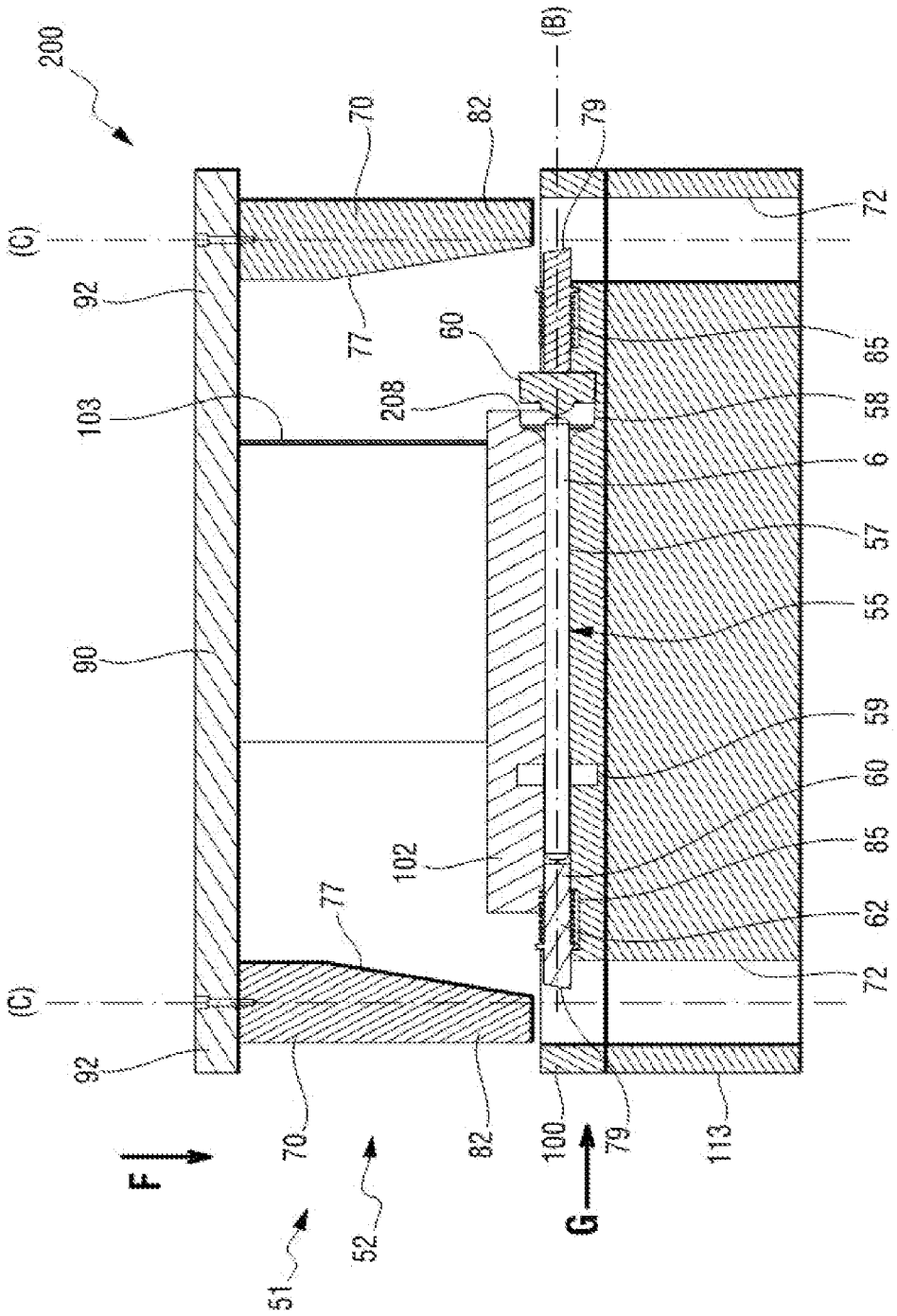
[Fig. 11]


VI
55
58
17
15
119
110
115
119
115
57
59
60
62
85
61
50
113
106
102
72
VI
(B)

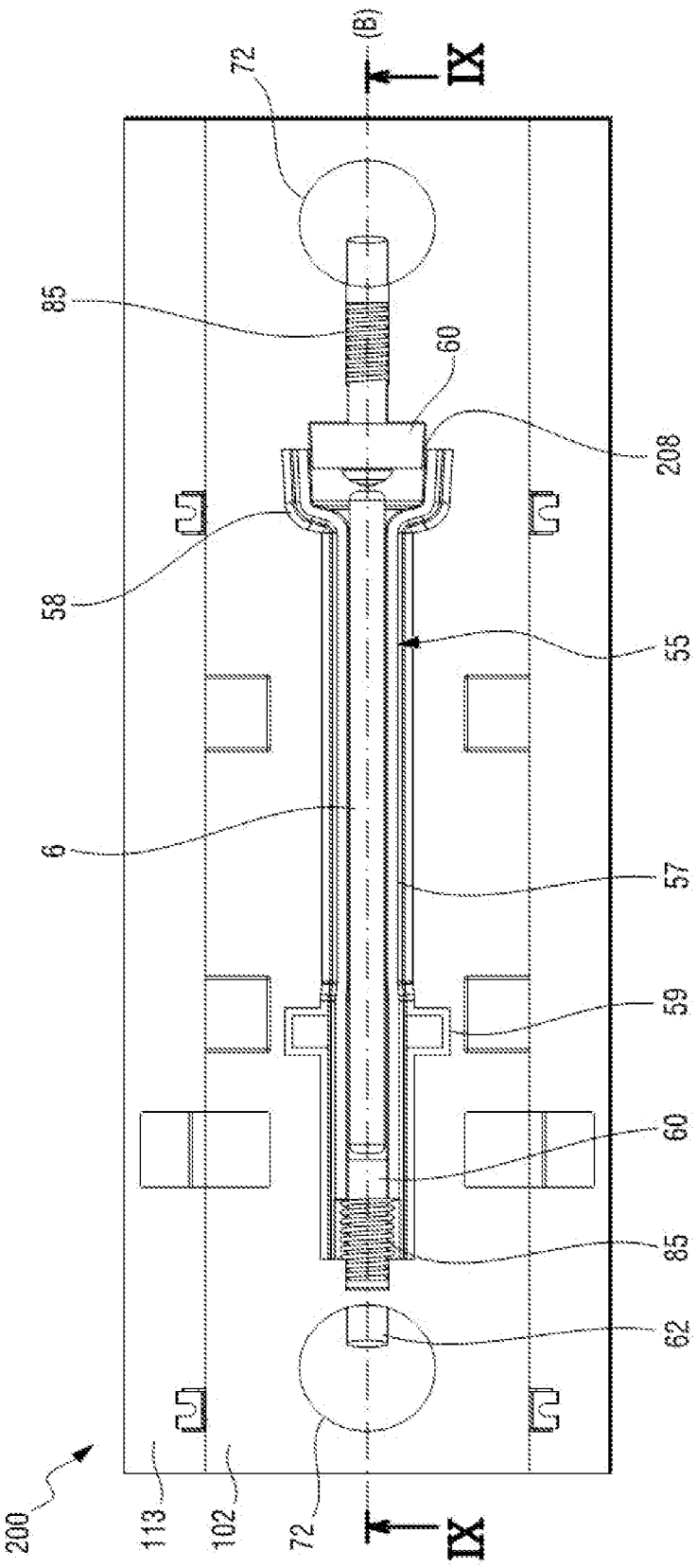
[Fig. 12]


-54-
100
70
103
77
72
85
120
122
111
120
121
85
90
200
92
102
70
52
72
113

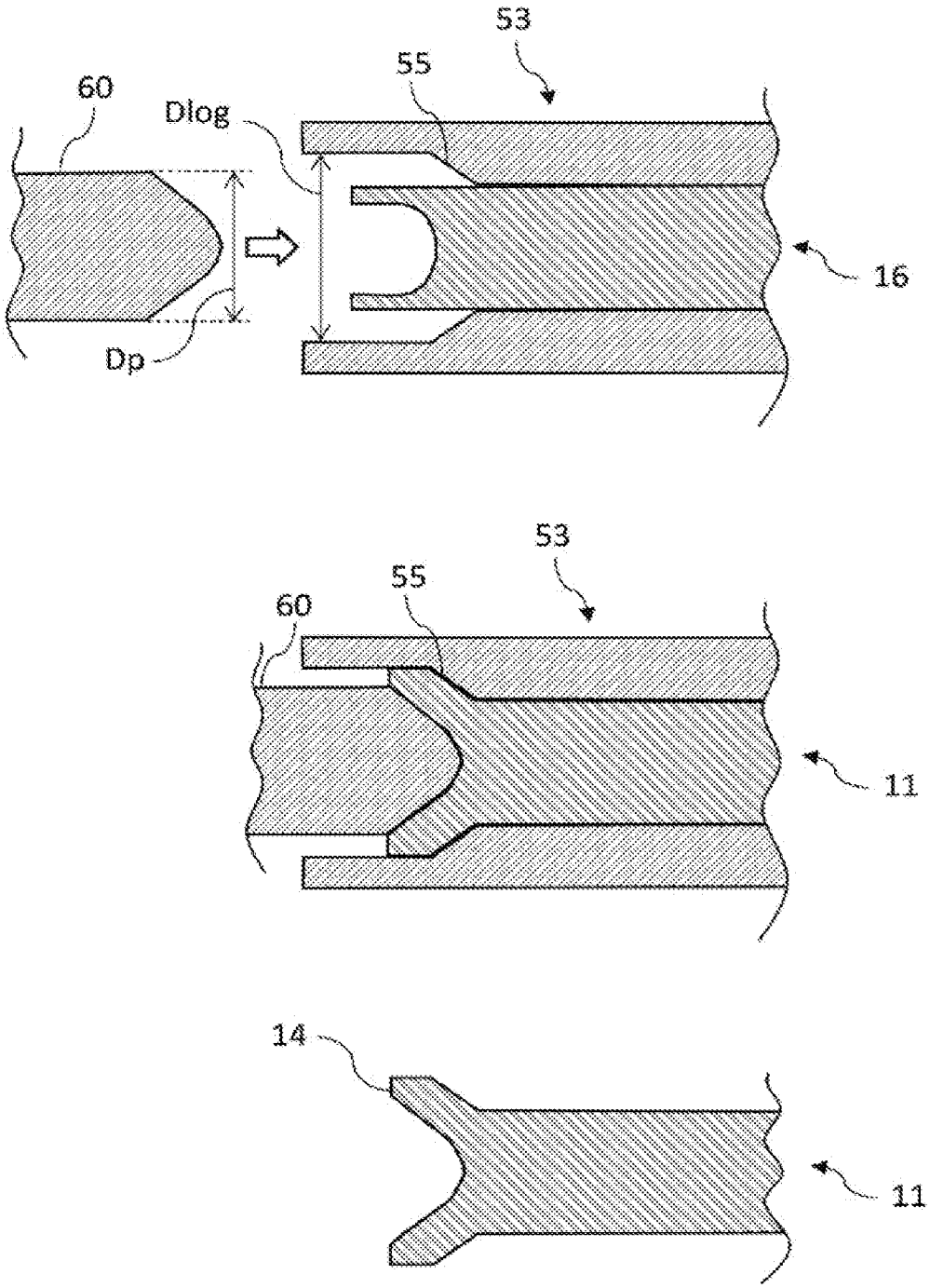
[Fig. 13]


200
(B)
70
82
79
72
(C)
92
77
60
85
103
208
58
6
57
55
90
59
60
85
102
62
72
(C)
92
70
82
100
79
113
F
G
51
52

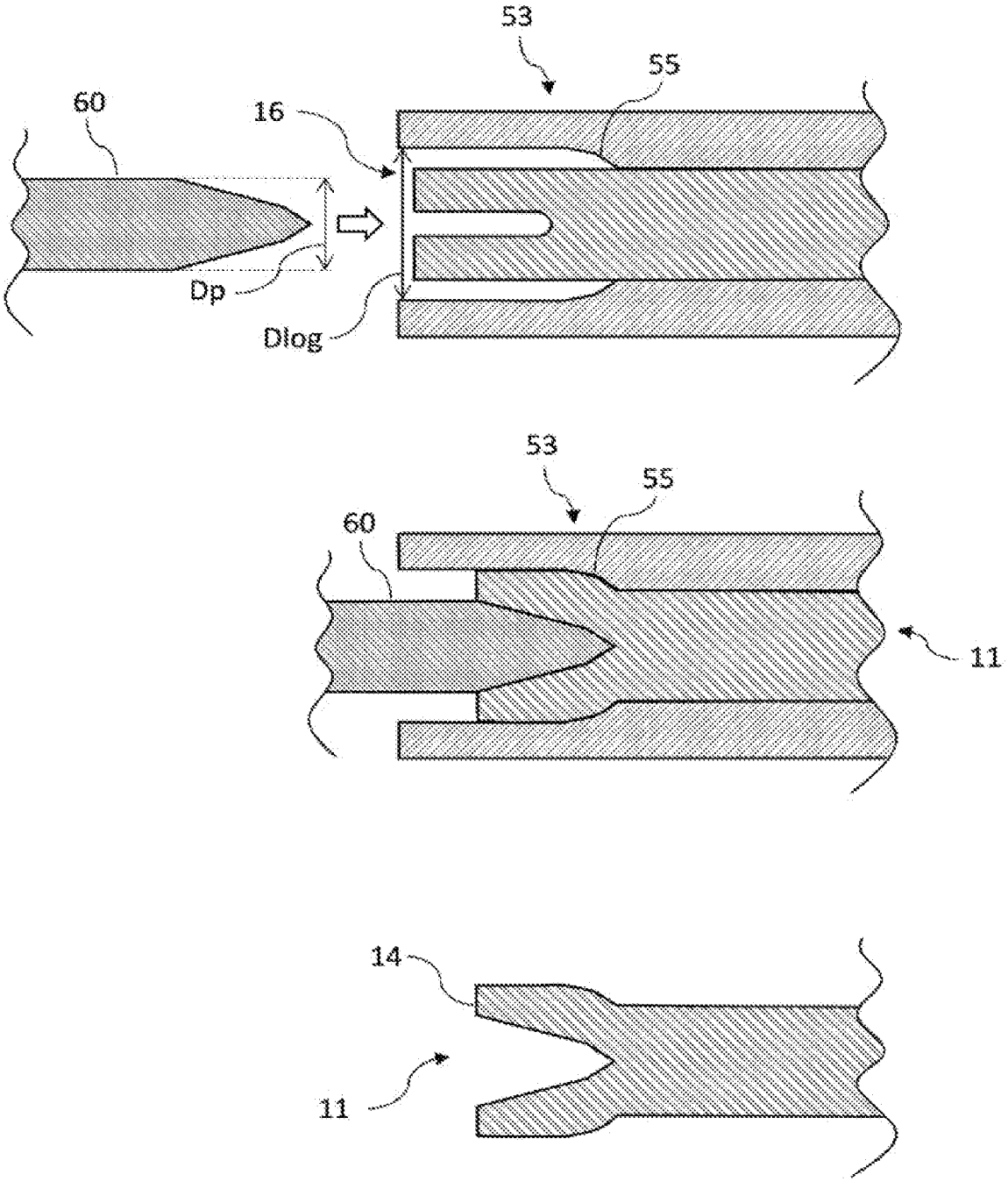
[Fig. 14]



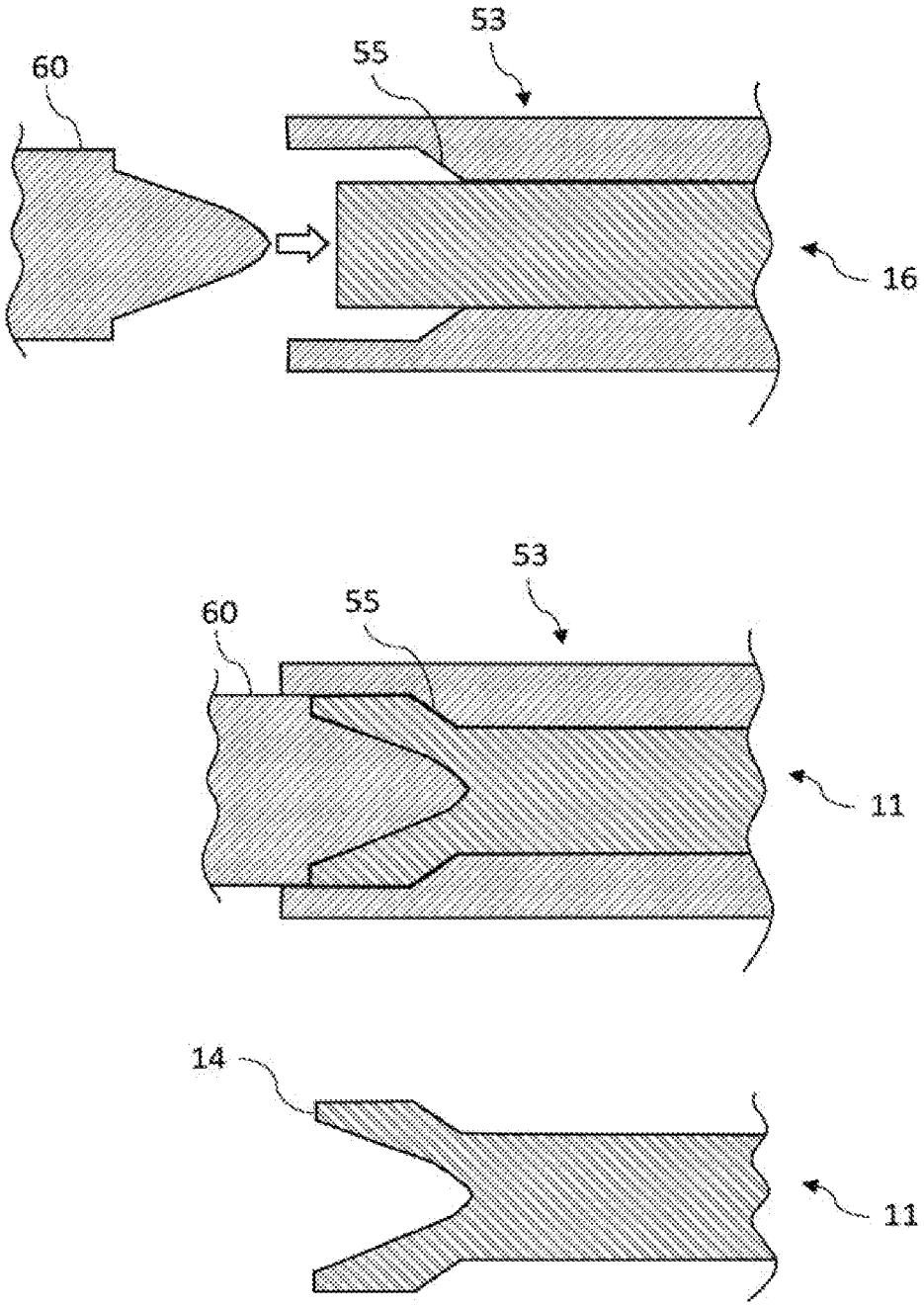
[Fig. 15]



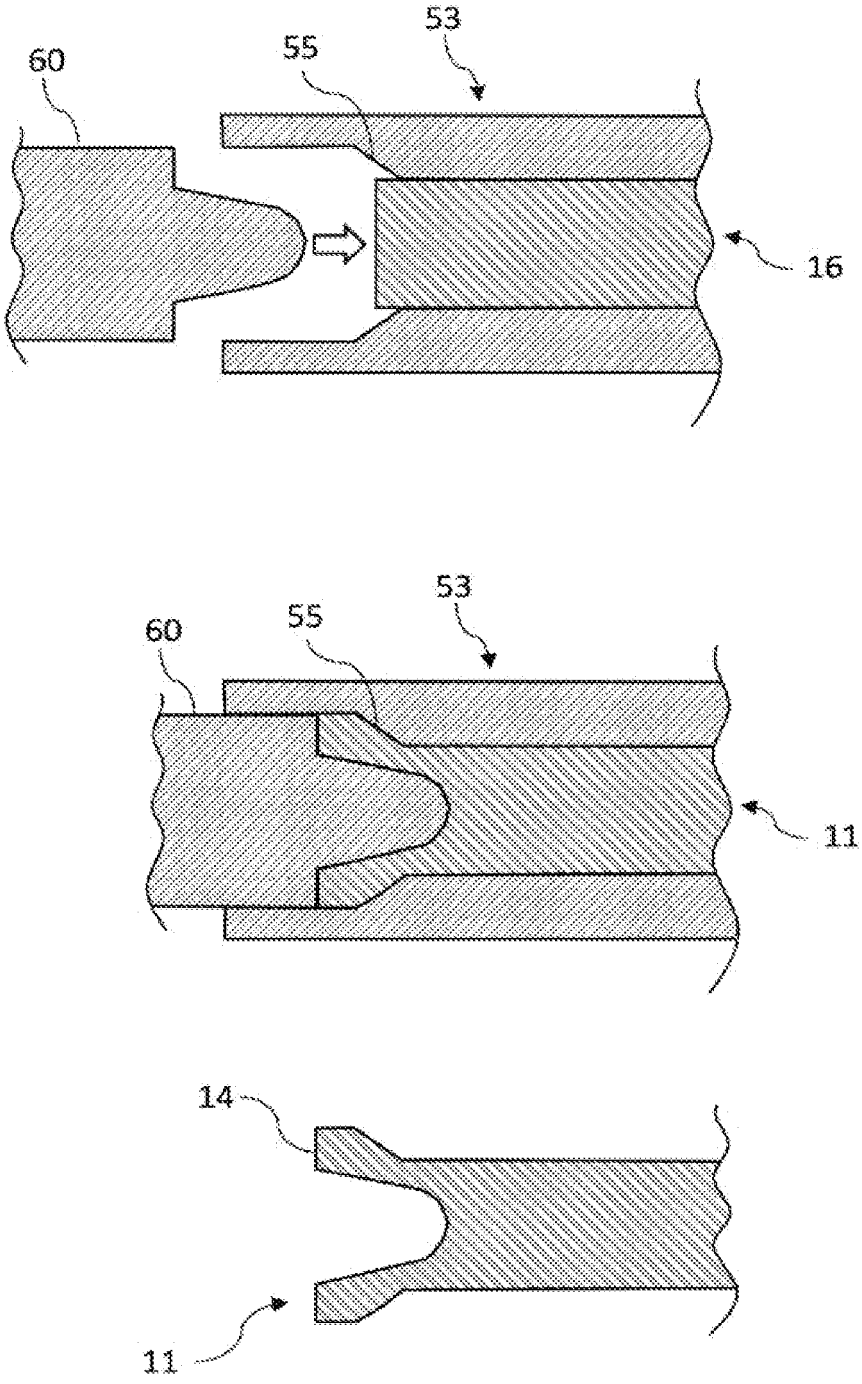
[Fig. 16]



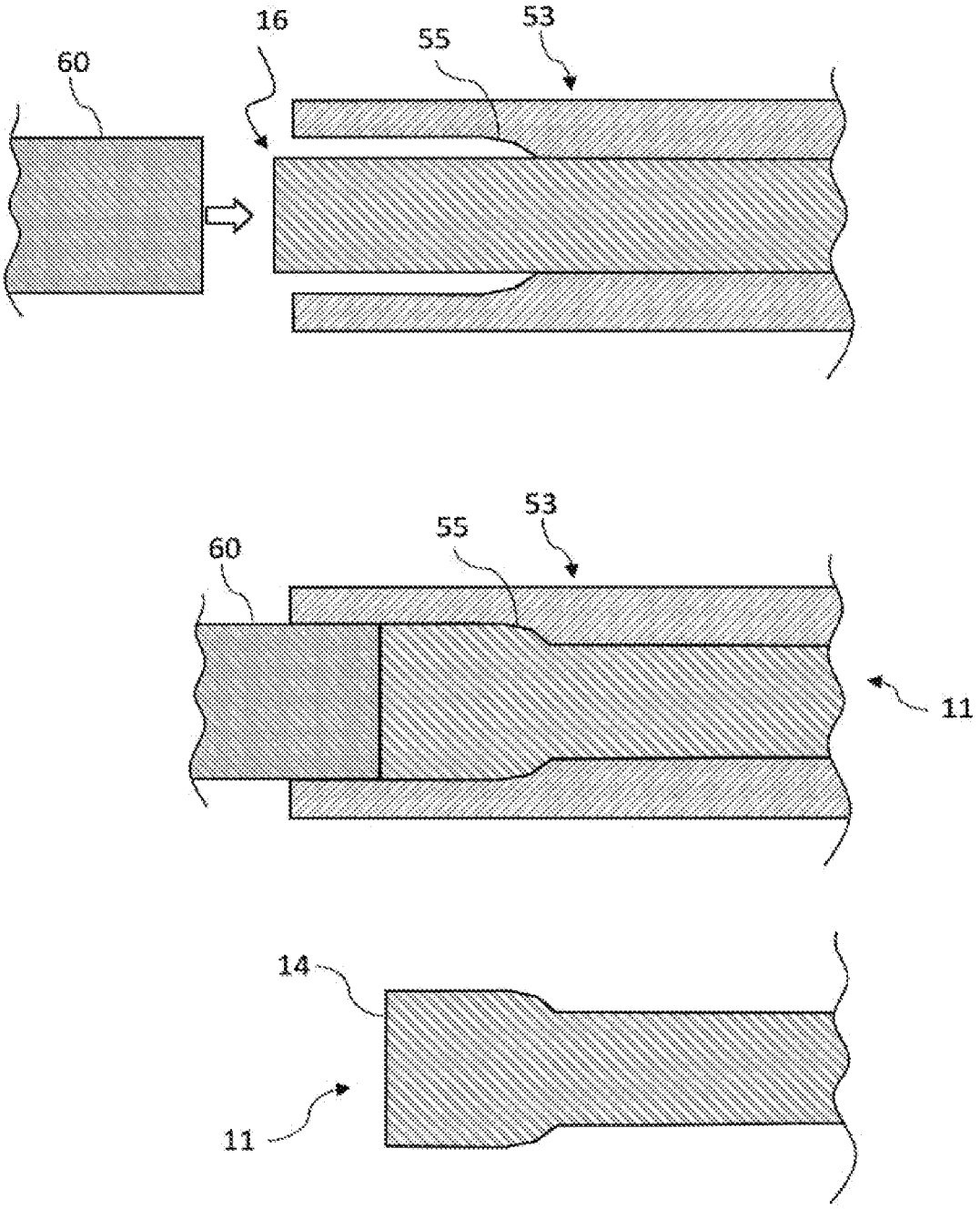
[Fig. 17]



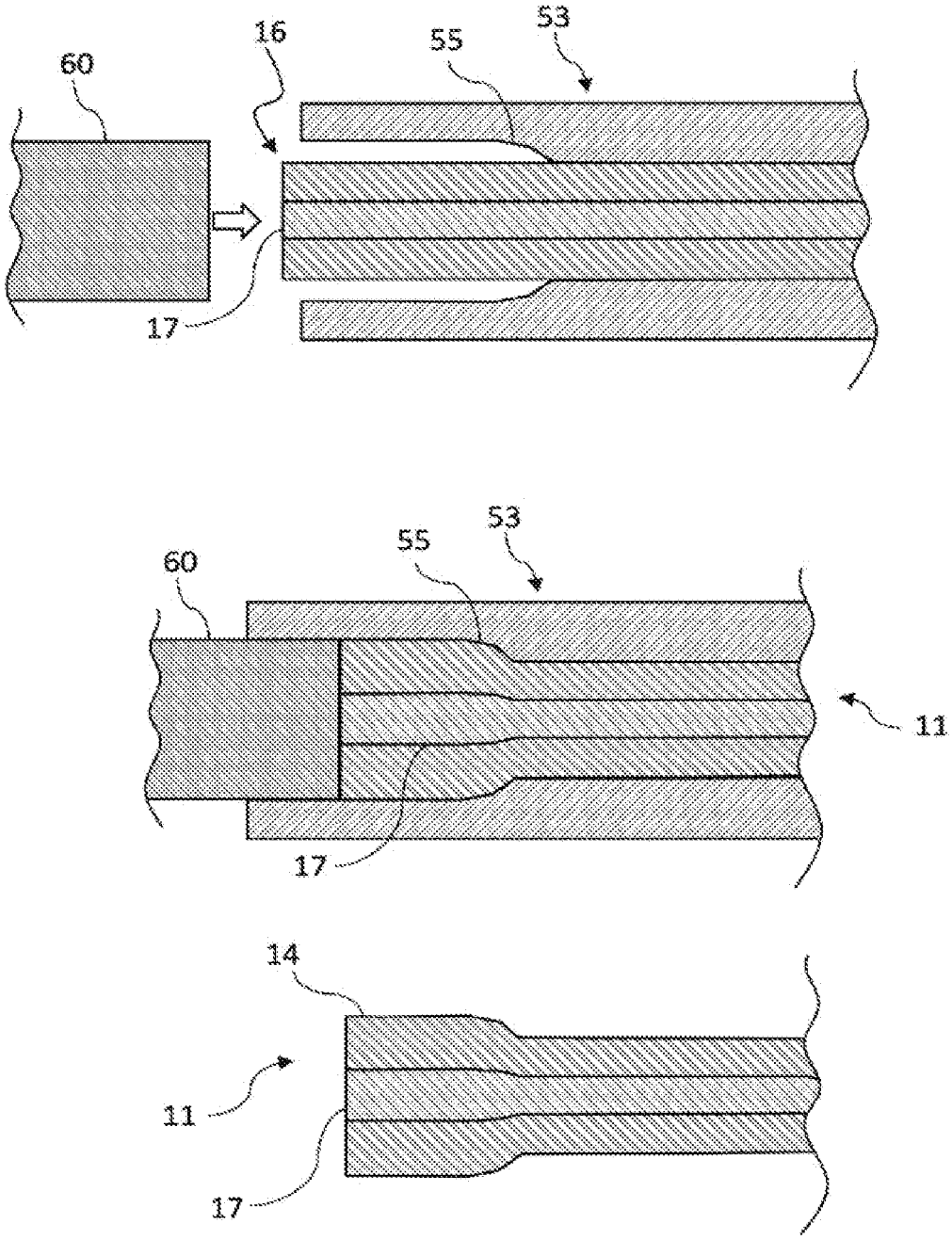
[Fig. 18]



[Fig. 19]



[Fig. 20]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 905904
FR 2202756

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 844 875 A1 (SHOWA DENKO KK [JP]) 17 octobre 2007 (2007-10-17) * alinéa [0260] - alinéa [0292] * * alinéa [0353] - alinéa [0354]; figures 7-11 *	1-23	B21J5/00 B21J9/00
A	US 2021/252584 A1 (KIM SUNG HA [KR] ET AL) 19 août 2021 (2021-08-19) * alinéa [0032] - alinéa [0085]; figures 3-13 *	1-23	
A	US 2 313 116 A (BABCOCK DONALD E) 9 mars 1943 (1943-03-09) * page 1, ligne 21 - page 2, ligne 28; figures 1-2 *	1-23	
A	US 2 273 931 A (BYRNES CLARENCE P) 24 février 1942 (1942-02-24) * le document en entier *	1-23	
A	US 3 867 832 A (RUT TADEUSZ) 25 février 1975 (1975-02-25) * colonne 3, ligne 17 - colonne 4, ligne 64; figures 1-17 *	1-23	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B21J B21K

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
28 novembre 2022	Ritter, Florian

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

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

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2202756 FA 905904

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-11-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1844875 A1	17-10-2007	EP 1844875 A1	17-10-2007
		KR 20070103409 A	23-10-2007
		WO 2006080503 A1	03-08-2006
US 2021252584 A1	19-08-2021	CN 112218732 A	12-01-2021
		KR 20200036376 A	07-04-2020
		US 2021252584 A1	19-08-2021
		US 2022297179 A1	22-09-2022
		WO 2020067605 A1	02-04-2020
US 2313116 A	09-03-1943	AUCUN	
US 2273931 A	24-02-1942	AUCUN	
US 3867832 A	25-02-1975	BE 786997 A	16-11-1972
		CH 557702 A	15-01-1975
		CS 174183 B2	31-03-1977
		DD 98217 A5	12-06-1973
		DE 2236733 A1	15-02-1973
		ES 405359 A1	16-07-1975
		ES 405360 A1	01-09-1975
		FR 2148109 A1	11-03-1973
		GB 1395542 A	29-05-1975
		IT 969526 B	10-04-1974
		JP S4834751 A	22-05-1973
		JP S5311937 B2	25-04-1978
		NL 7210361 A	02-02-1973
		NO 136336 B	16-05-1977
		PL 82101 B1	31-10-1975
		SE 390906 B	31-01-1977
		SU 568341 A3	05-08-1977
		US 3867832 A	25-02-1975

EPO FORM P0465