



(11) **EP 2 977 477 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
28.02.2024 Bulletin 2024/09

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
C22C 14/00 (2006.01) C22F 1/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15177409.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
C22F 1/183; C22C 14/00

(22) Date de dépôt: **17.07.2015**

(54) **PROCÉDÉ DE CONVERSION D'UN ALLIAGE ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UNE PIÈCE D'ATTERISSEUR**

VERFAHREN ZUR UMWANDLUNG EINER LEGIERUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG
EINES FAHRWERKSTEILS

PROCESS FOR CONVERTING AN ALLOY AND PROCESS FOR PRODUCING A LANDING GEAR
PART

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

(56) Documents cités:
**EP-A1- 1 136 582 EP-A1- 2 623 628
WO-A1-2014/093009 FR-A1- 2 475 952
FR-A1- 2 836 640 FR-A1- 2 936 172
US-A- 3 470 034 US-A1- 2012 060 981
US-A1- 2012 107 132**

(30) Priorité: **23.07.2014 FR 1457114**

(43) Date de publication de la demande:
27.01.2016 Bulletin 2016/04

(73) Titulaire: **Safran Landing Systems
78140 Vélizy-Villacoublay (FR)**

(72) Inventeur: **Soniak, Francis
78140 Veliz-Villacoublay (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Boettcher et al
5, rue de Vienne
75008 Paris (FR)**

- **SEMIATIN S L ET AL: "The Thermomechanical Processing of Alpha/Beta Titanium Alloys", JOURNAL OF METALS, AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, NEW YORK, NY, US, 1 juin 1997 (1997-06-01), pages 33-39,68, XP002272446, ISSN: 0022-2674**
- **BAO R Q ET AL: "Optimisation of hot die forging processes of Ti-10V-2Fe-3Al alloy", MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY, MANEY PUBLISHING, GB, vol. 21, no. 4, 1 avril 2005 (2005-04-01), pages 451-458, XP009181661, ISSN: 0267-0836**

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

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de conversion d'alliage contenant majoritairement du titane.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé de conversion d'un alliage comportant, en pourcentage massique de l'alliage, majoritairement du titane, cet alliage présentant une température de transus β à partir de laquelle on observe une transition de structures de l'alliage en phase α vers des structures de l'alliage en phase β , le procédé comportant :

- une étape de fabrication d'un lingot (1) composé dudit alliage ;
- au moins des première, seconde et troisième étapes d'un premier type consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement supérieure à la température de transus β ; et
- au moins des première et seconde étapes d'un second type consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement inférieure à la température de transus β .

[0003] Les alliages titane contiennent, en pourcentage massique de l'alliage, majoritairement du titane et en particulier au moins 60% de la masse de l'alliage est formée de titane.

[0004] Malgré les procédés de conversion d'alliage connus, comme le procédé de conversion du document brevet EP2623628A1, on a constaté une hétérogénéité de résistance mécanique entre des pièces appartenant à un même lot de pièces obtenues à partir d'un même alliage.

[0005] Pour des questions de qualité de production, il est souhaitable que des pièces similaires obtenues à partir d'un même alliage titane présentent une homogénéité de résistance mécanique.

[0006] L'inspection de pièces en alliage titane peut se faire à l'aide de mesures par ultrasons.

[0007] Ainsi, le document brevet EP1136582A1 divulgue un procédé de conversion d'alliage titane permettant de modifier les caractéristiques de l'alliage titane pour faciliter l'analyse par ultrasons.

OBJET DE L'INVENTION

[0008] L'invention a pour objet l'obtention d'un procédé de conversion d'un alliage comportant, en pourcentage massique de l'alliage, majoritairement du titane, ce procédé devant favoriser l'amélioration de la qualité de pièces produites à l'aide de l'alliage converti suivant le procédé de l'invention.

[0009] L'invention a également pour objet l'obtention

d'un procédé de production d'une pièce d'atterrisseur d'aéronef.

RESUME DE L'INVENTION

5

[0010] En vue de réaliser cet objet, il est proposé selon l'invention, un procédé de conversion d'un alliage conforme à l'objet de la revendication 1. Un procédé de production d'une pièce d'atterrisseur d'aéronef selon l'invention est défini dans la revendication 12. Les modes préférés sont définis dans les revendications 2-11.

10

[0011] Pour la compréhension de l'invention, la température de transus β , T_β , est la température au-dessus de laquelle on observe une transition de certaines au moins des structures de l'alliage qui sont en phase α vers des structures de l'alliage en phase β .

15

[0012] La portion d'alliage en phase α présente une micro structure cristallographique hexagonale compacte.

20

[0013] La portion d'alliage en phase β présente une micro structure cristallographique cubique centrée.

25

[0014] Ainsi, lorsque l'on passe au-dessus de cette température de transus β , on constate que des portions de l'alliage qui se présentaient sous forme hexagonale compacte, se transforment en portions d'alliage cubique centrée. L'enchaînement d'étapes selon le procédé de l'invention combine traitements thermiques et déformations mécaniques plastiques de l'alliage accomplies de manière à homogénéiser la micro structure interne de l'alliage en homogénéisant progressivement la taille des cristaux / grains qui composent l'alliage.

30

[0015] Ainsi, les pièces d'un lot de pièces produit à partir de l'alliage titane converti suivant le procédé de l'invention présentent des caractéristiques homogénéisées du point de vue de la micro structure, du point de vue de la répartition des tailles des grains en phases β contenus dans l'alliage et du point de vue de composition chimique (les espèces chimiques sont mieux réparties dans l'alliage converti suivant le procédé de l'invention qu'elles ne l'étaient dans le lingot avant mise en oeuvre des différentes étapes du procédé de l'invention).

35

[0016] Ainsi, la qualité globale du lot de pièces est améliorée car l'alliage constituant ces pièces présente des caractéristiques homogènes entre les pièces du lot.

40

[0017] Lors de la formation du lingot, qui pèse plusieurs tonnes, typiquement un lingot pèse de 3 à 7 tonnes et mesure plus de 2 mètres de hauteur, on constate une stratification du lingot telle que la partie inférieure et centrale du lingot présente des cristaux allongés de longueur et section moyenne largement supérieure à la longueur et à la section moyenne des cristaux se trouvant en partie supérieure du lingot.

50

[0018] La première étape du premier type A est réalisée à une première température T_1 supérieure à la température de transus β ce qui permet d'avoir une transformation d'une partie au moins des structures cristallographiques d'alliage qui sont en phase α vers des structures cristallographiques en phase β . La déformation méca-

55

que / déformation plastique des gros grains de l'alliage en phase β entraîne une cassure de ces gros grains en phase β qui sont alors recristallisés en petits grains toujours en phase β . On a ici un début d'homogénéisation de l'alliage du lingot en termes de nature de phases α et β présentes dans l'alliage et de taille de grains β .

[0019] La première étape du second type A' qui est réalisée en dessous de la température de transus β , en l'occurrence à une température T4, pour conserver la nature des phases α et β présentes dans le matériau tout en appliquant à ce même alliage, une déformation mécanique plastique qui a pour effet de créer / accumuler des contraintes mécaniques internes dans l'alliage et autour des grains en phase β .

[0020] Lors de l'étape d'après qui est la seconde étape du premier type B, on remonte alors la température de l'alliage au-dessus de la température de transus β jusqu'à atteindre une seconde température T2 qui est strictement inférieure à la première température T1. Lors de cette étape B, les contraintes mécaniques accumulées autour des grains en phase β lors de la première étape du second type A', génèrent à nouveau des ruptures / dislocations des grains β qui ont les plus grandes tailles et qui sont soumis aux plus grandes contraintes. L'effet de ces dislocations est de favoriser la recristallisation des grains d'alliage β les plus gros. Cette seconde étape du premier type B est une étape de recristallisation, qui permet de préparer une première homogénéisation la taille des grains β , par accumulation de dislocations dans les grains les plus gros, ou les moins bien orientés par rapport à l'essentiel de la microstructure.

[0021] Lors de l'étape d'après, qui est la seconde étape du second type B', on abaisse à nouveau la température de l'alliage pour qu'il ait une température courante T4 inférieure à la température de transus β , T β , et on applique à nouveau une déformation plastique à l'alliage pour à nouveau créer de nouvelles contraintes mécaniques dans l'alliage et autour des grains en phase β .

[0022] Comme cette étape B' est réalisée en dessous de la température de transus β , les phases α et β des grains en présence dans l'alliage sont conservées et seules des contraintes mécaniques sont générées autour des grains β les plus hétérogènes par rapport à la microstructure.

[0023] Lors de l'étape d'après, qui est la troisième étape du premier type C, on augmente à nouveau la température de l'alliage pour qu'il ait une température courante, dite troisième température T3, qui soit supérieure à la température de transus β , mais strictement inférieure à la seconde température T2 qui avait été atteinte lors de la seconde étape du premier type B. Lors de cette troisième étape du premier type C, les contraintes mécaniques accumulées, autour des grains β , lors de la seconde étape du second type B', génèrent à nouveau des ruptures / dislocations des grains β qui ont les plus grandes tailles et qui sont soumis aux plus grandes contraintes. L'effet de ces nouvelles dislocations est toujours de favoriser la recristallisation des grains β qui contiennent

le plus de dislocations. L'alliage est ainsi à nouveau homogénéisé.

[0024] Le fait que les première, second et troisième étapes du premier type soient réalisées en abaissant progressivement la température tout en restant au-dessus de la température de transus β permet de créer progressivement des dislocations de plus en plus fines pour favoriser la précipitation des grains d'alliage en phase β les plus hétérogènes. Toutes ces étapes du procédé de conversion selon l'invention permettent d'homogénéiser la structure cristallographique de l'alliage tant au niveau de la répartition des grains de phases α et des grains de phase β dans l'alliage qu'au niveau des dimensions de ces grains respectifs.

[0025] L'alliage ainsi converti présente des caractéristiques mécaniques plus homogènes ce qui permet d'homogénéiser les caractéristiques en fonction des directions envisagées des pièces métalliques obtenue à partir de cet alliage.

[0026] Dans un mode de réalisation préférentiel du procédé selon l'invention, on fait en sorte que :

- la première température T1 soit supérieure à la température de transus β T β d'au moins 200°C et d'au plus 300°C ; que
- la seconde température T2 soit supérieure à la température de transus β T β d'au moins 100°C et d'au plus 200°C ; et que
- la troisième température T3 soit supérieure à la température de transus β T β d'au moins 50°C et d'au plus 150°C.

[0027] Le fait :

- d'une part de limiter progressivement l'écart entre la température de transus β T β et les températures T1, T2, T3 successivement mises en oeuvre pour les première, seconde et troisième étapes du premier type A, B, C ; tout en s'assurant
- d'autre part de ne pas dépasser une température limite Tlim au-dessus de la température de transus β T β ; permet d'éviter le risque que des grains en phase β , voisins les uns des autres ne se recombinent en un seul gros grain en phase β , ce qui irait à l'encontre de l'effet recherché d'homogénéisation de l'alliage.

[0028] Selon l'invention, on fait en sorte que chaque déformation plastique mise en oeuvre lors d'une étape du second type A', B', C' est telle qu'elle tend à inverser au moins partiellement l'effet de déformation appliquée à l'alliage lors de l'étape du premier type précédant immédiatement cette étape du second type.

[0029] Par inversion d'effet de déformation, on entend une inversion d'au moins une des déformations subies par l'alliage. Ainsi, si une première déformation a conduit à une diminution de la longueur de la billette composée de l'alliage, alors la déformation inversant l'effet de cette

première déformation doit être réalisée de manière à obtenir une augmentation de la longueur de la billette.

[0030] En inversant, lors d'une étape du second type A', B', C', l'effet de la déformation appliquée lors de l'étape précédente du premier type A, B ou C, on augmente la capacité de déformation pouvant être mise en oeuvre lors d'une étape du premier type ultérieure. En effet, si l'on ne réalisait pas une déformation inversant au moins partiellement l'effet de la déformation réalisée lors d'une étape du premier type, on aurait alors une capacité de déformation de l'alliage beaucoup plus limitée lors de l'étape du premier type suivante. En effet, les déformations réalisées entre deux étapes successives du premier type A, B, C s'additionneraient jusqu'à atteindre une déformation telle qu'elle conduit à une rupture complète locale de l'alliage.

[0031] En conséquence, l'inversion de l'effet de déformation permet de limiter les effets délétères associés aux multiples déformations réalisées durant les étapes du premier type.

[0032] Selon l'invention, chacune des déformations plastiques mises en oeuvre lors des étapes du premier type sont des déformations par compression de l'alliage suivant une direction de compression d'alliage commune à toutes les étapes du premier type, ces déformations plastiques mises en oeuvre lors des étapes du premier type ont chacune un effet de réduction de la longueur Lx de l'alliage.

[0033] La longueur Lx de l'alliage est la plus grande dimension de l'alliage ou du bloc d'alliage soumis à une déformation. Que l'alliage soit sous forme de lingot ou billette, cette longueur Lx d'alliage reste toujours la plus grande dimension mesurable sur cet alliage et cette longueur Lx est donc une longueur courante de l'alliage mesurée avant de faire subir à l'alliage une nouvelle étape de déformation.

[0034] Ainsi, lors des étapes du premier type, on tend à compacter l'alliage en en réduisant sa dimension courante Lx la plus importante la déformation. Ce type de déformation réalisée à température supérieure à T β est moins fragilisante qu'une déformation tendant à étirer l'alliage.

[0035] Selon l'invention, chacune des déformations plastiques mise en oeuvre lors des étapes du second type A', B', C' sont des déformations par compression de l'alliage orientées de manière à obtenir à chaque étape du second type une augmentation de la longueur (Lx) de l'alliage.

[0036] Typiquement, les déformations plastiques mises en oeuvre lors des opérations du deuxième type sont obtenues en comprimant l'alliage selon des directions de compression perpendiculaires à la direction de compression d'alliage commune à toutes les étapes du premier type.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0037] D'autres caractéristiques et avantages de l'in-

vention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins de la figure 1 qui illustre le procédé selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0038] Le procédé selon l'invention a pour but de permettre une conversion d'un alliage de titane se présentant au départ sous forme de lingot, ce procédé de conversion permettant d'homogénéiser les caractéristiques micro-structurales de l'alliage.

[0039] L'alliage converti suivant le procédé de conversion selon l'invention se présente sous la forme d'une ou plusieurs billettes. L'alliage ainsi obtenu se présente sous forme de billette et est alors successivement :

- forgé pour générer des formes particulières nécessaires à la pièce finale qui est préférentiellement une grosse pièce d'atterrisseur comme une tige ou un bogie ; puis
- usinée pour retirer une partie de l'alliage présent sur la pièce forgée ; puis éventuellement
- mis en solution et trempé à l'eau ou l'air ; puis
- vieilli thermiquement pour être durci, l'alliage ainsi vieilli étant un alliage quasi β contenant des nodules d'alliage en phase alpha primaire entre les grains β , ainsi qu'une précipitation de alpha secondaire à l'intérieur des grains β .

[0040] Bien que l'invention concerne essentiellement le procédé de conversion selon l'invention, elle concerne également un procédé de production de pièce telle qu'une tige un bogie ou un caisson d'atterrisseur d'aéronef, ou toute pièce de taille comparable à une tige d'atterrisseur (longueur supérieure à 1 mètre), fabriquée à partir d'un alliage converti conformément au procédé de conversion d'alliage selon l'invention.

[0041] Ce procédé de production comporte, outre le procédé de conversion d'alliage selon l'invention, des étapes ultérieures précitées de forgeage, d'usinage et de vieillissement pour obtenir une grosse pièce d'atterrisseur quasi finie, comme une tige, un bogie, un caisson d'atterrisseur.

[0042] La présente description va maintenant présenter le procédé de conversion selon l'invention.

[0043] La première étape du procédé de conversion selon l'invention consiste à produire un alliage comportant, en pourcentage massique de l'alliage, majoritairement du titane. Cet alliage est choisi pour présenter une température de transus β T β comprise entre 800°C et 950°C et préférentiellement de 900°C.

[0044] Plus particulièrement, cet alliage est choisi dans le groupe d'alliages comprenant :

- un premier alliage (Ti 10-2-3) comportant, en proportion massique, les éléments suivants :

Aluminium, Al 2.6 - 3.4 %
 Carbone, C ≤ 0.050 %
 Hydrogène H ≤ 0.015 %
 Fer, Fe 1.6 - 2.2 %
 Azote, N ≤ 0.050 %
 Oxygène, O ≤ 0.13 %
 Titane, Ti 83 - 86.8 %
 Vanadium, V 9.0 - 11 % ;

- un second alliage de type (Ti 5-5-5-3) comportant, en proportion massique, les éléments suivants :

Fer Fe 0.5 - 1.5%
 Carbone C maximum 0.1%
 Silicium Si maximum 0.15%
 Chrome Cr 0.5 - 1.5%
 Molybdène Mo 4 - 5.5%
 Vanadium V 4 - 5.5%
 Azote N maximum 0.05%
 Titane Ti 79.4 - 86.3%
 Aluminium Al 4.4% - 5.7%
 Zirconium Zr maximum 0.3%
 Oxygène O maximum 0.18%
 Hydrogène H maximum 0.15%
 Impuretés 0.3% ;

- un troisième alliage de type (Ti 5-5-5-3-1) comportant, en proportion massique, les éléments suivants :

Fer Fe 0.5 - 1.5%
 Carbone C maximum 0.1%
 Silicium Si maximum 0.15%
 Chrome Cr 0.5 - 1.5%
 Molybdène Mo 4 - 5.5%
 Vanadium V 4 - 5.5%
 Azote N maximum 0.05%
 Titane Ti 79.4 - 86.3%
 Aluminium Al 4.4% - 5.7%
 Zirconium Zr 1%
 Oxygène O maximum 0.18%
 Hydrogène H maximum 0.15%
 Impuretés 0.3% ;

- un quatrième alliage de type (Ti18) décrit dans le document brevet GB2470613A, et comportant, en proportion massique, les éléments suivants :

Aluminium 5.3-5.7 %
 Vanadium V 4.8-5.2 %
 Fer Fe 0.7-0.9 %
 Molybdène Mo 4.6-5.3 %

(suite)

Chrome Cr 2.0-2.5 %
 Oxygène O 0.12-0.16 %

le reste étant au moins du Titane et de impuretés ;
 - un cinquième alliage comportant, en proportion massique, les éléments suivants :

Titane au moins 84%
 Aluminium Al 4%-7.5%
 Oxygène au moins 0,1%
 Carbone C au moins 0,01%

au moins un élément choisi parmi le vanadium, le molybdène, le chrome ou le fer, ce cinquième alliage comportant également du Hafnium et du Zirconium en addition dans une proportion massique d'au moins 0,1%.

[0045] Le cinquième alliage est particulièrement adapté pour être converti à l'aide du procédé selon l'invention car il présente une température de transus β , $T\beta$, comprise entre 800°C et 950°C et plus particulièrement une température de transus β , $T\beta=900^\circ\text{C}$.

[0046] Plus particulièrement, ce cinquième alliage, comporte, en proportion massique, au moins 84% de Titane et au moins les éléments suivants :

- Aluminium 4,0 - 7,5%
 - Vanadium 3,5 - 5,5%
 - Molybdène 4,5-7,5%
 - Chrome 1,8-3,6%
 - Fer 0,2-0,5%
 - Hafnium 0,1-1,1%
 - Oxygène 0,1-0,3%
 - Carbone 0,01-0,2%.

[0047] Chacun de ces alliages de titane présente une température de transus β $T\beta$ qui lui est propre.

[0048] Typiquement, la température du cinquième alliage préférentiel est de $T\beta=900^\circ\text{C}$.

[0049] Comme indiqué précédemment, la température de transus β est la température à partir de laquelle on observe une transition de structures de l'alliage en phase α vers des structures de l'alliage en phase β .

[0050] L'alliage ainsi produit est coulé pour fabriquer un lingot 1 composé dudit alliage.

[0051] Comme on le voit sur la figure 1, le procédé de conversion selon l'invention comporte :

- au moins des première, seconde et troisième étapes d'un premier type A, B, C consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement supérieure à la température de transus β $T\beta$ et inférieure à une température limite $T_{lim} = TP+300^\circ\text{C}$; et
- au moins des première et seconde étapes d'un se-

cond type A', B' consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement inférieure à la température de transus β T β .

[0052] Dans le cas présent, le procédé comporte une troisième étape du second type C'.

[0053] Ces étapes des premier et second types A, A', B, B', C sont mises en oeuvre pour une même portion de l'alliage en suivant la séquence consistant en :

- réalisation de la première étape du premier type A alors que l'alliage se trouve à une première température T1; puis
- réalisation de la première étape du second type A' alors que l'alliage se trouve à une température T4, dite quatrième température; puis
- réalisation de la seconde étape du premier type B alors que l'alliage se trouve à une seconde température T2 strictement inférieure à ladite première température T1; puis
- réalisation de la seconde étape du second type B' alors que l'alliage est à T4; puis
- réalisation de la troisième étape du premier type C alors que l'alliage se trouve à une troisième température T3 strictement inférieure à ladite seconde température T2; puis
- réalisation de la troisième étape du second type C' alors que l'alliage est à T4.

[0054] Typiquement, on a T1 défini par $(T\beta + 200^{\circ}\text{C}) < T1 < (T\beta + 300^{\circ}\text{C})$; T2 défini par $T2 < T1$ et $(T\beta + 100^{\circ}\text{C}) < T2 < (T\beta + 200^{\circ}\text{C})$; T3 défini par $T3 < T2 < T1$ et $(T\beta + 50^{\circ}\text{C}) < T3 < (T\beta + 150^{\circ}\text{C})$; T4 qui est la quatrième température mise en oeuvre à chacune des étapes du second type est définie par $(T\beta - 65^{\circ}\text{C}) < T4 < (T\beta - 35^{\circ}\text{C})$ ou préférentiellement par $(T\beta - 55^{\circ}\text{C}) < T4 < (T\beta - 45^{\circ}\text{C})$. En d'autres termes chacune des étapes du second type est mise en oeuvre à la quatrième température T4 comprise entre la température de transus β (T β) moins 50°C à plus ou moins 15°C près et préférentiellement à plus ou moins 5°C près. Dans le cas de la figure 1, T β =800°C, T1=1100°C, T2=1000°C, T3=900°C, T4=750°C.

[0055] Ces températures T1, T2, T3, T4 sont vérifiées si elles sont entre +/-15°C de la température indiquée et préférentiellement entre +/-5°C de cette température. Le choix de la quatrième température T4 permet de conserver les phases α et β en présence dans l'alliage sans trop accumuler de contraintes autour des grains β .

[0056] Bien que l'on ait décrit que les températures auxquelles sont mises en oeuvre les étapes du second type A', B', C' sont identiques, il est possible qu'elles diffèrent entre elles.

[0057] Avant la première étape du premier type A, le lingot 1 formé de l'alliage présente une longueur courante Lx définissant un axe principal X-X de l'alliage.

[0058] Dans toutes les étapes du premier type, A, B, C, la direction de compression d'alliage est orientée pa-

rallèlement à cet axe principal d'alliage, et plus particulièrement parallèlement à cette longueur du lingot.

[0059] Les directions de compression de l'alliage qui sont mises en oeuvre lors des étapes du second type A', B', C' sont perpendiculaires à la longueur du lingot, c'est-à-dire perpendiculaires à l'axe principal X-X.

[0060] Typiquement, les compressions mises en oeuvre lors des étapes du premier type A, B, C sont réalisées en plaçant le lingot entre des éléments d'une presse se rapprochant l'un de l'autre suivant une direction parallèle à la longueur du lingot.

[0061] Typiquement, les compressions mises en oeuvre lors des étapes du deuxième type A', B', C' sont obtenues par écrasement de l'alliage entre des outils de forme ou non placés en vis-à-vis pour entraîner une réduction de section de l'alliage et ainsi un allongement progressif de l'alliage. La déformation réalisée au cours de la première étape du premier type A comprend au moins une opération de refoulement R réduisant la longueur Lx de l'alliage de 20 à 30% de la longueur Lx d'alliage mesurée avant mise en oeuvre de cette première étape du premier type A.

[0062] La déformation réalisée au cours de la seconde étape du premier type B comprend également une opération de refoulement R réduisant la longueur Lx de l'alliage de 20 à 30% de la longueur Lx d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la première étape du second type A' et avant mise en oeuvre de la seconde étape du premier type B.

[0063] La déformation réalisée au cours de la troisième étape du premier type C comprend aussi un refoulement R réduisant la longueur Lx de l'alliage de 15 à 20% de la longueur Lx d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la seconde étape du second type B' et avant mise en oeuvre de la troisième étape du premier type C.

[0064] Le refoulement R est une opération de compression de l'alliage selon sa longueur Lx, c'est-à-dire selon l'axe X-X de l'alliage.

[0065] La déformation E1 réalisée au cours de la première étape du second type A' est réalisée pour augmenter la longueur Lx de l'alliage de 20 à 30% de la longueur Lx d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la première étape du premier type A et avant cette augmentation de longueur Lx mise en oeuvre de la première étape du second type A'.

[0066] La déformation E4 réalisée au cours de la seconde étape du second type B' est adaptée à augmenter la longueur Lx de l'alliage de 20 à 30% de la longueur Lx d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la seconde étape du premier type B et avant l'augmentation de longueur Lx réalisée lors de cette seconde étape du second type B'.

[0067] Postérieurement à la troisième étape du premier type C, on met en oeuvre une troisième étape du second type C', cette troisième étape C' permet de donner à l'alliage une forme et des dimensions propres à son forgeage ultérieur pour l'obtention d'une pièce forgée.

[0068] Cette troisième étape du second type C' peut être adaptée à augmenter la longueur Lx de l'alliage d'au moins 30% de la longueur Lx d'alliage Lx mesurée après mise en oeuvre de la troisième étape du premier type C et avant mise en oeuvre de cette augmentation de longueur Lx réalisée à la troisième étape du second type C'.

[0069] On note que postérieurement à la seconde étape du premier type B et avant la troisième étape du second type C', de préférence entre les étapes B' et C, on met en oeuvre une étape de découpe X selon un plan transversal de l'alliage de manière à obtenir deux parties allongées en forme de barres nommées billettes 1', 1''.

[0070] Idéalement, ces parties/billettes 1', 1'' sont de formes identiques entre elles. La forme d'une billette destinée à former une grosse pièce d'atterrisseur d'aéronef est sensiblement cylindrique droite de longueur comprise entre 2 m et 3 m et de diamètre compris entre 0.4 et 0.5 m.

[0071] A l'origine, le lingot d'alliage, avant mise en oeuvre de la première étape du premier type A est de forme cylindrique droite de longueur comprise entre 3 m et 5 m et de diamètre compris entre 0.6 m et 1.2 m.

[0072] Le volume de deux billettes 1', 1'' est inférieur au volume du lingot ce qui implique qu'une partie de l'alliage a été évacuée lors des différentes étapes du procédé de conversion d'alliage selon l'invention.

[0073] Dans le cas présent :

- à l'étape A, on réalise une opération de refoulement R1 suivie d'une opération d'étirage E1 ;
- à l'étape A', on réalise une opération de refoulement R2 suivie d'une opération d'étirage E2 ;
- à l'étape B, on réalise une opération de refoulement R3 suivie d'une opération d'étirage E3 ;
- à l'étape B', on réalise une opération de refoulement R4 suivie d'une opération d'étirage E4 ;
- à l'étape C, on réalise une opération de refoulement R5 suivie d'une opération d'étirage E5 ;
- à l'étape C', on réalise une opération de refoulement R6 suivie d'une opération d'étirage E6 qui conduit à la billette 1' finie et prête à être forgée.

[0074] Ces étirements E1, E2, E3, E4, E5, E6 sont des allongements de la longueur courante d'alliage Lx obtenus par compression latérale de l'alliage et non par traction.

[0075] La billette 1' issue du procédé est formée d'un alliage converti dont la microstructure est homogénéisée au moins en terme de dimensions de grains en phase β et de répartition de ces grains dans l'alliage par rapport à la microstructure observée avant mise en oeuvre de l'étape A du procédé.

[0076] Bien que le procédé selon l'invention ait été présenté avec trois étapes du premier type et trois étapes du second type, on note qu'il peut aussi comporter un plus grand nombre d'étapes du premier type et un plus grand nombre d'étapes du second type.

[0077] Quel que soit le nombre d'étapes du second type mises en oeuvre on fait préférentiellement en sorte

que l'on ait au moins une étape du second type mise en oeuvre entre deux étapes successives du premier type.

5 Revendications

1. Procédé de conversion d'un alliage comportant, en pourcentage massique de l'alliage, majoritairement du titane, cet alliage présentant une température de transus β à partir de laquelle on observe une transition de structures de l'alliage en phase α vers des structures de l'alliage en phase β , le procédé comportant :

- une étape de fabrication d'un lingot (1) composé dudit alliage ;
- au moins des première, seconde et troisième étapes d'un premier type (A, B, C) consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement supérieure à la température de transus β (T_β); et
- au moins des première et seconde étapes d'un second type (A', B') consistant à déformer plastiquement l'alliage issu dudit lingot alors qu'il est à une température courante strictement inférieure à la température de transus β (T_β) pour conserver les phases α et β en présence dans l'alliage, dans lequel ces étapes des premier et second types (A, A', B, B', C) sont appliquées selon la séquence consistant en :

- la mise en oeuvre de la première étape du premier type (A) alors que l'alliage se trouve à une première température (T_1); suivie de
- la mise en oeuvre de la première étape du second type (A') ; suivie de
- la mise en oeuvre de la seconde étape du premier type (B) alors que l'alliage se trouve à une seconde température (T_2) strictement inférieure à ladite première température (T_1); suivie de
- la mise en oeuvre de la seconde étape du second type (B') ; suivie de
- la mise en oeuvre de la troisième étape du premier type (C) alors que l'alliage se trouve à une troisième température (T_3) strictement inférieure à ladite seconde température (T_2), **caractérisé en ce que** chaque déformation plastique mise en oeuvre lors d'une étape du second type (A', B') est telle qu'elle tend à inverser au moins partiellement au moins une déformation appliquée à l'alliage lors de l'étape du premier type précédant cette étape du second type, dans lequel :

- chacune des déformations plastiques

mises en oeuvre lors des étapes du premier type sont des déformations par compression de l'alliage suivant une direction de compression d'alliage commune à toutes les étapes du premier type, ces déformations plastiques mises en oeuvre lors des étapes du premier type ayant chacune un effet de réduction de la longueur (Lx) de l'alliage, la longueur (Lx) de l'alliage étant la plus grande dimension de l'alliage ou du bloc d'alliage soumis à une déformation ; et dans lequel
 - chacune des déformations plastiques mises en oeuvre lors des étapes du second type sont des déformations par compression de l'alliage orientées de manière à obtenir à chaque étape du second type une augmentation de la longueur (Lx) de l'alliage.

2. Procédé de conversion d'alliage selon la revendication 1, dans lequel :

- la première température (T1) est supérieure à la température de transus β ($T\beta$) d'au moins 200°C et d'au plus 300°C ;
 - la seconde température (T2) est supérieure à la température de transus β ($T\beta$) d'au moins 100°C et d'au plus 200°C ;
 - la troisième température (T3) est supérieure à la température de transus β ($T\beta$) d'au moins 50°C et d'au plus 150°C.

3. Procédé de conversion d'alliage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la déformation (R1) réalisée au cours de la première étape du premier type (A) est adaptée à réduire la longueur (Lx) de l'alliage de 20 à 30% de la longueur (Lx) d'alliage mesurée avant mise en oeuvre de cette première étape du premier type (A).

4. Procédé de conversion selon la revendication 3, dans lequel la déformation (R3) réalisée au cours de la seconde étape du premier type (B) est adaptée à réduire la longueur (Lx) de l'alliage de 20 à 30% de la longueur (Lx) d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la première étape du second type (A') et avant mise en oeuvre de cette seconde étape du premier type (B).

5. Procédé de conversion selon l'une au moins des revendications 3 ou 4, dans lequel la déformation (R5) réalisée au cours de la troisième étape du premier type (C) est adaptée à réduire la longueur (Lx) de l'alliage de 15 à 20% de la longueur (Lx) d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la seconde étape du second type (B') et avant mise en oeuvre de cette

troisième étape du premier type (C) .

6. Procédé de conversion selon l'une au moins des revendications 3 à 5, dans lequel la déformation (E2) réalisée au cours de la première étape du second type (A') est adaptée à augmenter la longueur (Lx) de l'alliage de 20 à 30% de la longueur (Lx) d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la première étape du premier type (A) et avant l'augmentation de longueur (Lx) mise en oeuvre lors de cette première étape du second type (A').

7. Procédé de conversion selon la revendication 6, dans lequel la déformation (E4) réalisée au cours de la seconde étape du second type (B') est adaptée à augmenter la longueur (Lx) de l'alliage de 20 à 30% de la longueur (Lx) d'alliage mesurée après mise en oeuvre de la seconde étape du premier type (B) et avant l'augmentation de longueur (Lx) mise en oeuvre lors de cette seconde étape du second type (B').

8. Procédé de conversion d'alliage selon l'une au moins des revendications 1 à 7, dans lequel postérieurement à la troisième étape du premier type (C), on met en oeuvre une troisième étape du second type (C').

9. Procédé de conversion d'alliage selon la revendication 8, dans lequel postérieurement à la seconde étape du premier type (B) et avant la troisième étape du second type (C'), on met en oeuvre une étape de découpe selon un plan transversal de l'alliage de manière à obtenir deux parties allongées en forme de barres nommées billettes.

10. Procédé de conversion selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chacune des étapes du second type est mise en oeuvre à une quatrième température (T4) comprise entre la température de transus β ($T\beta$) moins 50°C à plus ou moins 15°C près et préférentiellement à plus ou moins 5°C près.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel l'alliage est choisi pour présenter une température de transus β ($T\beta$) comprise entre 800°C et 950°C et préférentiellement de 900°C.

12. Procédé de production d'une pièce d'atterrisseur d'aéronef, consistant en :

- l'obtention d'un alliage converti par mise en oeuvre du procédé de conversion d'alliage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, l'alliage converti ainsi obtenu se présentant sous la forme d'une billette, cette billette en alliage converti étant alors successivement ;

- forgée pour générer des formes particulières nécessaires à ladite pièce d'atterrisseur d'aéronef ;
- usinée pour retirer une partie de l'alliage présent sur la pièce forgée ; et

l'alliage de la pièce usinée ainsi obtenue étant mis en solution et trempé à l'eau ou l'air puis vieilli thermiquement pour être durci, l'alliage ainsi vieilli étant un alliage quasi β contenant des nodules d'alliage en phase α primaire entre les grains β , ainsi qu'une précipitation de α secondaire à l'intérieur des grains β .

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umwandlung einer Legierung, die, in Masseprozent der Legierung, mehrheitlich Titan umfasst, wobei diese Legierung eine β -Transus-Temperatur aufweist, ab der man einen Übergang von Strukturen der Legierung in der α -Phase zu Strukturen der Legierung in der β -Phase beobachtet, wobei das Verfahren umfasst:

- einen Schritt der Herstellung eines Barrens (1), der aus der genannten Legierung besteht;
- mindestens erste, zweite und dritte Schritte einer ersten Art (A, B, C), die darin bestehen, die Legierung aus dem genannten Barren plastisch zu verformen, während sie eine aktuelle Temperatur hat, die streng höher als die β -Transus-Temperatur (T_β) ist; und
- mindestens erste und zweite Schritte einer zweiten Art (A', B'), die darin bestehen, die Legierung aus dem genannten Barren plastisch zu verformen, während sie eine aktuelle Temperatur hat, die streng niedriger als die β -Transus-Temperatur (T_β) ist, um die in der Legierung vorhandenen α - und β -Phasen zu erhalten, wobei diese Schritte der ersten und zweiten Arten (A, A', B, B', C) in der Reihenfolge angewandt werden, die darin besteht:
- Durchführen des ersten Schritts der ersten Art (A) während sich die Legierung auf einer ersten Temperatur (T_1) befindet; gefolgt von
- Durchführen des ersten Schritts der zweiten Art (A'); gefolgt von
- Durchführen des zweiten Schritts der ersten Art (B) während sich die Legierung auf einer zweiten Temperatur (T_2) befindet, die streng niedriger als die genannte erste Temperatur (T_1) ist; gefolgt von
- Durchführen des zweiten Schritts der zweiten Art (B'); gefolgt von
- Durchführen des dritten Schritts der ersten Art (C) während sich die Legierung auf einer dritten Temperatur (T_3) befindet, die streng niedriger

als die genannte zweite Temperatur (T_2) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede plastische Verformung, die während eines Schritts der zweiten Art (A', B') durchgeführt wird, derart ist, dass sie dazu neigt, mindestens eine Verformung, die an der Legierung während des Schritts der ersten Art, der diesem Schritt der zweiten Art vorausgeht, angewandt wird, zumindest teilweise umzukehren, wobei:

- jede der plastischen Verformungen, die während der Schritte der ersten Art durchgeführt werden, Verformungen durch Kompression der Legierung in einer Legierungskompressionsrichtung sind, die allen Schritten der ersten Art gemeinsam ist, wobei diese plastischen Verformungen, die während der Schritte der ersten Art durchgeführt werden, jeweils einen Effekt der Verkürzung der Länge (L_x) der Legierung haben, wobei die Länge (L_x) der Legierung die größte Abmessung der Legierung oder des Legierungsbarrens ist, die bzw. der einer Verformung ausgesetzt wird; und wobei
- jede der plastischen Verformungen, die während der Schritte der zweiten Art durchgeführt werden, Verformungen durch Kompression der Legierung sind, die so ausgerichtet sind, dass bei jedem Schritt der zweiten Art eine Zunahme der Länge (L_x) der Legierung erhalten wird.

2. Verfahren zur Umwandlung einer Legierung nach Anspruch 1, bei dem

- die erste Temperatur (T_1) höher als die β -Transus-Temperatur (T_β) um mindestens 200°C und höchstens 300°C ist;
- die zweite Temperatur (T_2) höher als die β -Transus-Temperatur (T_β) um mindestens 100°C und höchstens 200°C ist;
- die dritte Temperatur (T_3) höher als die β -Transus-Temperatur (T_β) um mindestens 50°C und höchstens 150°C ist.

3. Verfahren zur Umwandlung einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die Verformung (R1), die während des ersten Schritts der ersten Art (A) durchgeführt wird, geeignet ist, die Länge (L_x) der Legierung um 20 bis 30% der Legierungslänge (L_x) zu kürzen, die vor dem Durchführen dieses ersten Schritts der ersten Art (A) gemessen wird.

4. Verfahren zur Umwandlung nach Anspruch 3, bei dem die Verformung (R3), die während des zweiten Schritts der ersten Art (B) durchgeführt wird, geeignet ist, die Länge (L_x) der Legierung um 20 bis 30% der Legierungslänge (L_x) zu kürzen, die nach dem

Durchführen des ersten Schritts der zweiten Art (A') und vor dem Durchführen dieses zweiten Schritts der ersten Art (B) gemessen wird.

5. Verfahren zur Umwandlung nach mindestens einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Verformung (R5), die während des dritten Schritts der ersten Art (C) durchgeführt wird, geeignet ist, die Länge (Lx) der Legierung um 15 bis 20% der Legierungslänge (Lx) zu kürzen, die nach dem Durchführen des zweiten Schritts der zweiten Art (B') und vor dem Durchführen dieses dritten Schritts der ersten Art (C) gemessen wird. 5 10
6. Verfahren zur Umwandlung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem die Verformung (E2), die während des ersten Schritts der zweiten Art (A') durchgeführt wird, geeignet ist, die Länge (Lx) der Legierung um 20 bis 30% der Legierungslänge (Lx) zu vergrößern, die nach dem Durchführen des ersten Schritts der ersten Art (A) und vor der Vergrößerung der Länge (Lx), die während dieses ersten Schritts der zweiten Art (A') durchgeführt wird, gemessen wird. 15 20
7. Verfahren zur Umwandlung nach Anspruch 6, bei dem die Verformung (E4), die während des zweiten Schritts der zweiten Art (B') durchgeführt wird, geeignet ist, die Länge (Lx) der Legierung um 20 bis 30% der Legierungslänge (Lx) zu vergrößern, die nach dem Durchführen des zweiten Schritts der ersten Art (B) und vor der Vergrößerung der Länge (Lx), die während dieses zweiten Schritts der zweiten Art (B') durchgeführt wird, gemessen wird. 25 30
8. Verfahren zur Umwandlung der Legierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem nach dem dritten Schritt der ersten Art (C) ein dritter Schritt der zweiten Art (C') durchgeführt wird. 35
9. Verfahren zur Umwandlung der Legierung nach Anspruch 8, bei dem nach dem zweiten Schritt der ersten Art (B) und vor dem dritten Schritt der zweiten Art (C') ein Schritt des Schneidens entlang einer transversalen Ebene der Legierung durchgeführt wird, um zwei längliche Teile in Form von Stangen, die Knüppel genannt werden, zu erhalten. 40 45
10. Verfahren zur Umwandlung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jeder der Schritte der zweiten Art bei einer vierten Temperatur (T4) durchgeführt wird, die zwischen der β -Transus-Temperatur (T_β) minus 50°C bis plus oder minus 15°C und vorzugsweise bis plus oder minus 5°C liegt. 50
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Legierung gewählt wird, um eine β -Transus-Temperatur (T_β) aufzuweisen, die zwischen 800°C 55

und 950°C und vorzugsweise bei 900°C liegt.

12. Verfahren zur Herstellung eines Luftfahrzeugfahrwerks, bestehend aus:

- dem Erhalt einer Legierung, die durch Durchführen des Verfahrens zur Umwandlung der Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 11 umgewandelt wird, wobei die so erhaltene umgewandelte Legierung in Form eines Knüppels vorliegt, wobei dieser Knüppel aus umgewandelter Legierung dann nacheinander;
- geschmiedet wird, um besondere Formen zu erzeugen, die für das genannte Luftfahrzeugfahrwerk erforderlich sind;
- bearbeitet wird, um einen Teil der auf dem geschmiedeten Teil vorhandenen Legierung zu entfernen; und

wobei die Legierung des so erhaltenen bearbeiteten Teils in Lösung gebracht wird und in Wasser oder an der Luft abgeschreckt und dann thermisch gealtert wird, um gehärtet zu werden, wobei die so gealterte Legierung eine quasi β -Legierung ist, die Knötchen einer primären Alpha-Phasen-Legierung zwischen den β -Körnern wie auch eine Präzipitation von sekundärem Alpha im Inneren der β -Körner enthält.

Claims

1. A method of converting an alloy that comprises, in percentage by weight of alloy, a majority of titanium, the alloy presenting a β transus temperature beyond which a transition is observed from α phase alloy structures to β phase alloy structures, the method comprising:
 - a step of fabricating an ingot (1) made of said alloy;
 - at least first, second, and third steps of a first type (A, B, C) consisting in plastically deforming the alloy from said ingot while it is at a current temperature strictly higher than the β transus temperature (T_β); and
 - at least first and second steps of a second type (A', B') consisting in plastically deforming the alloy from said ingot while it is at a current temperature strictly lower than the β transus temperature (T_β) to maintain the α and β phases present in the alloy, wherein these steps of the first and second types (A, A', B, B', C) are applied in the following sequence consisting in :
 - performing the first step of the first type (A) while the alloy is at a first temperature (T_1); followed by

- performing the first step of the second type (A'); followed by
 - performing the second step of the first type (B) while the alloy is at a second temperature (T2) strictly lower than said first temperature (T1); followed by
 - performing the second step of the second type (B'); followed by
 - performing the third step of the first type (C) while the alloy is at a third temperature (T3) strictly lower than said second temperature (T2) **characterized in that** each plastic deformation performed during a step of the second type (A', B') is such as to tend to reverse at least in part the effect of the deformation applied to the alloy during the step of the first type preceding said step of the second type and wherein;
 - each of the plastic deformation operations performed during the steps of the first type are operations of deformation by compressing the alloy in an alloy compression direction that is common to all of the steps of the first type, each of these plastic deformation operations during the steps of the first type having an effect of shortening the length (Lx) of the alloy, the length (Lx) of the alloy being the greatest dimension of the alloy or of the block of alloy submitted to a deformation; and wherein
 - each of the plastic deformation operations performed during the steps of the second type are operations of deforming the alloy by compression oriented in such a manner as to obtain on each step of the second type an increase in the length (Lx) of the alloy.
2. An alloy conversion method according to claim 1, wherein:
- the first temperature (T1) is higher than the β transus temperature (T_β) by at least 200°C and at most 300°C;
 - the second temperature (T2) is higher than the β transus temperature (T_β) by at least 100°C and at most 200°C;
 - the third temperature (T3) is higher than the β transus temperature (T_β) by at least 50°C and at most 150°C.
3. An alloy conversion method according to anyone of claims 1 or 2, wherein the deformation (R1) performed during the first step of the first type (A) is adapted to shorten the length (Lx) of the alloy by 20% to 30% of the length (Lx) of the alloy measured
- before performing this first step of the first type (A).
4. A conversion method according to claim 3, wherein the deformation (R3) performed during the second step of the first type (B) is adapted to shorten the length (Lx) of the alloy by 20% to 30% of the length (Lx) of the alloy measured after performing this first step of the second type (A') and before performing this second step of the first type (B).
5. A conversion method according to at least one of claims 3 or 4, wherein the deformation (R5) performed during the third step of the first type (C) is adapted to shorten the length (Lx) of the alloy by 15% to 20% of the length (Lx) of the alloy measured after performing the second step of the second type (B') and before performing this third step of the first type (C).
6. A conversion method according to at least one of claims 3 to 5, wherein the deformation (E2) performed during the first step of the second type (A') is adapted to increase the length (Lx) of the alloy by 20% to 30% of the length (Lx) of the alloy measured after performing the first step of the first type (A) and before increasing the length (Lx) during this first step of the second type (A').
7. A conversion method according to claim 6, wherein the deformation (E4) performed during the second step of the second type (B') is adapted to increase the length (Lx) of the alloy by 20% to 30% of the length (Lx) of the alloy measured after performing the second step of the first type (B) and before increasing the length (Lx) during this second step of the second type (B').
8. An alloy conversion method according to at least one of claims 1 to 7, wherein after the first step of the first type (C), a third step of the second type (C') is performed.
9. An alloy conversion method according to claim 8, wherein after the second step of the first type (B) and before the third step of the second type (C'), a cutting step is performed on a transverse plane of the alloy so as to obtain two elongate portions in the form of bars referred to as billets.
10. A conversion method according to any preceding claim, wherein each of the steps of the second type is performed at a fourth temperature (T4) lying between the β transus temperature (T_β) minus 50°C to within plus or minus 15°C, and preferably to within plus or minus 5°C.
11. A method according to any one of claims 1 to 10, wherein the alloy is selected to present a β transus

temperature ($T\beta$) lying in the range 800°C to 950°C, and preferably of 900°C.

12. A method of production of an aircraft landing gear part, consisting in :

5

- obtaining a converted alloy by performing the method of converting an alloy according to any one of claims 1 to 11, the converted alloy thus obtained having the shape of a billet, this billet of converted alloy being successively;
- forged to generate particular shapes which are necessary to the aircraft landing gear part;
- machined to withdraw a portion of the alloy of the forged part; and

10

15

the alloy of the machined part thus obtained being subjected to solution heat treatment and quenched in water or air and then thermally aged in order to be hardened, the alloy as aged in this way being a quasi- β alloy containing nodules of primary alpha phase alloy between the β grains, together with a precipitate of secondary alpha inside the β grains.

20

25

30

35

40

45

50

55

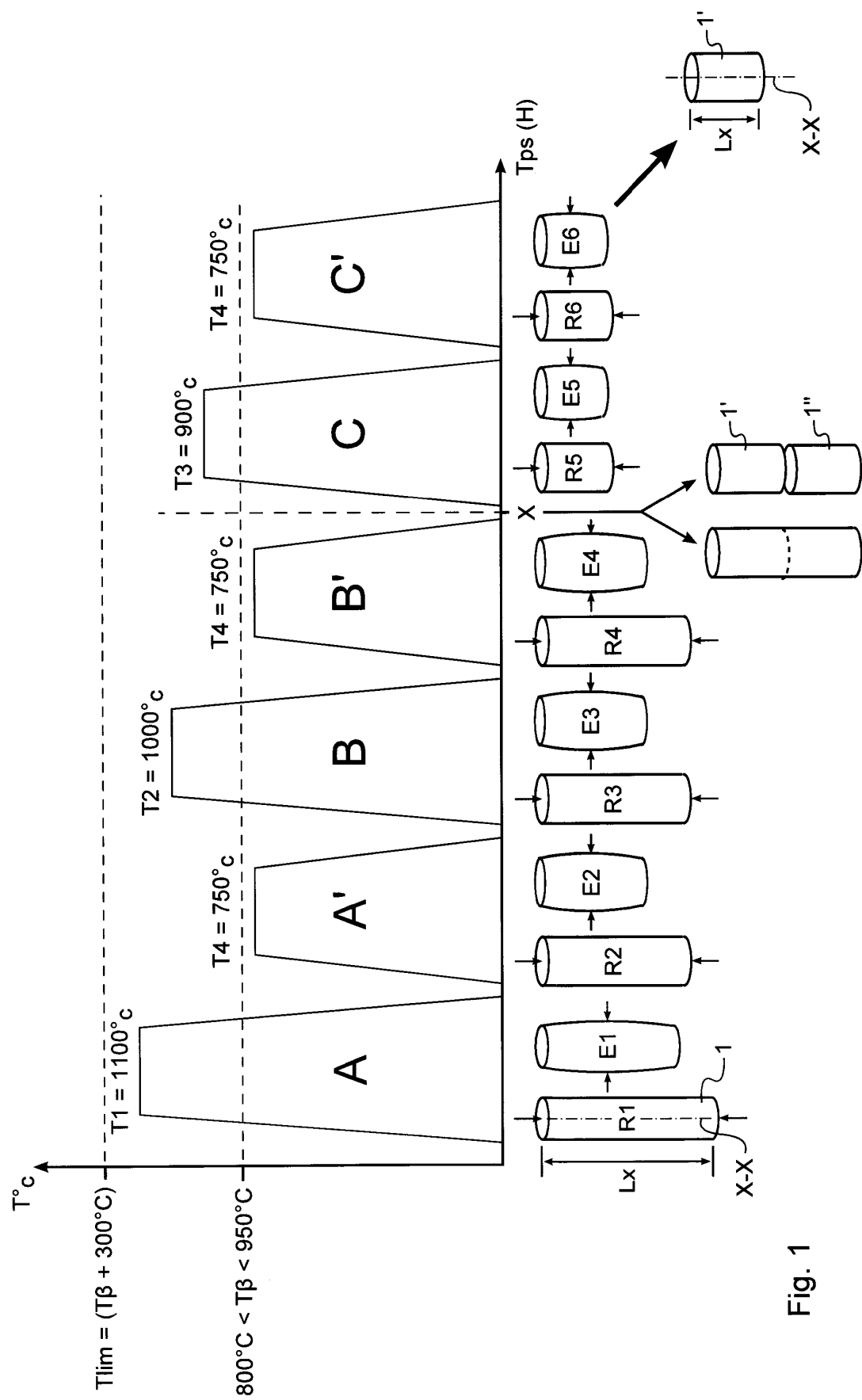


Fig. 1

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- EP 2623628 A1 [0004]
- EP 1136582 A1 [0007]
- GB 2470613 A [0044]