(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 682 904**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **92 10309**

(51) Int Cl[5] : B 23 K 20/18, 20/22B 23 K 103:14

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 27.08.92.

(30) **Priorité** : 29.10.91 GB 9122874.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 30.04.93 Bulletin 93/17.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

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

(71) **Demandeur(s) :** *La société de droit britannique dite: ROLLS-ROYCE plc* — GB.

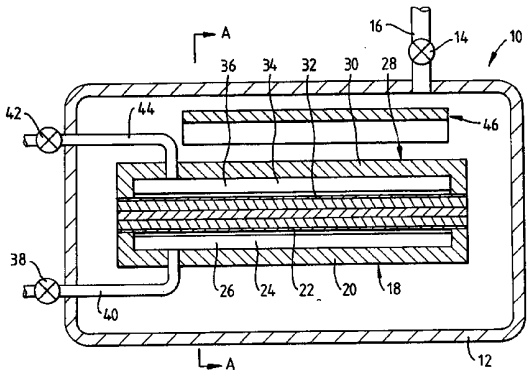
(72) **Inventeur(s) :** DOUGLAS Joseph.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Capri SARL.

(54) Procédé de fabrication d'un article, procédé de soudage par diffusion, et chambre à vide.

(57) Un empilage de plaques de titane est placé entre deux chambres pressurisables 24, 34 dans une chambre à vide 10. Dans l'empilage, une des surfaces en contact jointif dans chaque paire de surfaces jointives, comprend un matériau de masque appliqué selon un motif voulu pour éviter le soudage par diffusion. Une pompe 14 fait le vide dans la chambre à vide, et des chauffages 46 chauffent l'empilage pour faire évaporer les liants volatils du masque. Lorsque tout le liant a été enlevé, l'empilage est chauffé, et la pression dans les chambres pressurisables 24, 34 est augmentée, de façon que deux organes élastiques 22, 32 appliquent une pression dans l'empilage, de façon à souder ensemble par diffusion les plaques de titane. Le liant volatil est enlevé rapidement, et l'oxydation du titane est évitée pendant l'élimination du liant par cuisson. La structure solidarisée est ensuite chauffée et pressurisée de façon interne, pour former de façon superplastique une des feuilles, pour produire un article de forme prédéterminée. Aucun soudage des feuilles avant le soudage par diffusion n'est nécessaire.



FR 2 682 904 - A1

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un article par formage superplastique et soudage par diffusion.

Il est connu de fabriquer des articles métalliques par formage superplastique et soudage par diffusion de pièces métalliques. Ces pièces métalliques peuvent être constituées d'un seul élément métallique, d'alliages métalliques et de composites à matrice métallique. Au moins une des pièces métalliques doit pouvoir se déformer en élongation de façon superplastique.

Dans un procédé connu, les surfaces des deux pièces qui doivent être jointes sont nettoyées, et au moins une surface d'une ou plusieurs des pièces est revêtue, dans des zones présélectionnées par un matériau qui évite le soudage par diffusion. Les pièces sont disposées selon un empilage, et les bords des pièces sont soudés ensemble, sauf à un endroit où un premier tuyau est soudé aux pièces de façon à former un ensemble. Le tuyau permet d'appliquer un vide, ou une pression de gaz inerte, à l'intérieur de l'ensemble. L'ensemble est placé dans un autoclave, et chauffé de façon à éliminer par cuisson le liant du matériau utilisé pour éviter le soudage par diffusion. L'ensemble est ensuite vidé, et le tuyau est scellé. L'ensemble scellé est ensuite placé dans une cuve de pression, et il est chauffé et mis sous pression pour souder ensemble les pièces, de façon à former une structure solidarisée. Le soudage par diffusion se produit lorsque deux surfaces jointives sont pressées ensemble dans des conditions de température, de durée et de pression qui permettent un échange atomique mutuel au travers de l'interface. Le premier tuyau est enlevé et un second tuyau est fixé à l'ensemble soudé par diffusion, à la place du premier tuyau. La structure solidarisée est disposée entre des matrices formées de façon appropriée et elle est placée dans un autoclave. La structure solidarisée et les matrices sont chauffées, et un fluide sous pression est envoyé à l'intérieur de la structure solidarisée, par l'intermédiaire du second tuyau, de façon à entraîner le formage superplastique d'au moins une des pièces, pour produire un article correspondant à la forme des matrices.

Dans le procédé connu, le soudage du tuyau sur les pièces, pour enlever ensuite le liant vaporisé et pour vider l'ensemble, est consommateur de temps. L'utilisation du tuyau pour enlever le liant vaporisé de l'ensemble est aussi consommateur de temps. En outre, l'ensemble contient de l'air lorsqu'il est chauffé pour vaporiser le liant et ceci entraîne l'oxydation des surfaces des pièces qui doivent ensuite être soudées par diffusion.

Notre demande de brevet anglais n°. 92 08369.0 déposée le 16 avril 1992, qui revendique la priorité de notre demande de brevet anglais antérieure 91 11954.5 déposée le 4 juin 1991, ci-incluse à titre de référence, divulgue un procédé nouveau de fabrication

d'un article par formage superplastique et soudage par diffusion, qui surmonte les problèmes susmentionnés. Dans cette demande de brevet, il est divulgué que l'empilage de pièces est placé dans une chambre à vide, et la chambre est mise sous vide. L'empilage est chauffé pendant qu'il est à l'intérieur de la chambre à vide pour faire évaporer le liant volatil du matériau de masque, pendant que la chambre à vide est continuellement mise sous vide pour enlever le liant volatil d'entre les pièces et de la chambre à vide. Les bords des pièces sont soudés ensemble pendant que l'empilage est à l'intérieur de la chambre à vide, pour former un ensemble scellé. L'ensemble scellé est ensuite soudé par diffusion, pour former une structure solidarisée, et la structure solidarisée est formée de façon superplastique.

La présente invention a pour but de proposer un procédé nouveau de fabrication d'un article par formage superplastique et soudage par diffusion, qui ne présente pas les inconvénients susmentionnés, et qui soit plus simple que le procédé divulgué dans notre demande de brevet anglais antérieure mentionnée ci-dessus.

Ainsi, la présente invention réalise un procédé de fabrication d'un article par formage superplastique et soudage par diffusion d'au moins deux pièces métalliques, comprenant les étapes de :

a) appliquer un matériau de masque pour éviter le soudage par diffusion dans des zones présélectionnées d'au moins une des surfaces d'au moins une des au moins deux pièces métalliques,

b) assembler les au moins deux pièces de façon à former un empilage des pièces les unes sur les autres, de sorte que leurs surfaces sont en contact jointif,

c) placer l'empilage dans des moyens de pressage disposés dans une chambre à vide,

d) faire le vide dans la chambre à vide,

e) minimiser la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces, par les moyens de pressage, pour permettre l'écoulement des liants volatils et des gaz provenant d'entres les au moins deux pièces, vers la chambre à vide,

f) chauffer l'empilage pendant qu'il est à l'intérieur de la chambre à vide, pour faire évaporer le liant volatil du matériau de masque, tout en faisant le vide de façon continue dans la chambre à vide, pour enlever le liant volatil d'entre les au moins deux pièces et de la chambre à vide,

g) appliquer de la chaleur et augmenter la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces, par les moyens de pressage, pour souder ensemble par diffusion les au moins deux pièces dans des zones autres que les zones présélectionnées, pour former une structure solidarisée,

h) enlever la structure solidarisée de la chambre à vide,

i) chauffer la structure solidarisée et pressuriser de façon interne la structure solidarisée, de sorte que les zones présélectionnées d'au moins une des pièces soient formées de façon superplastique, pour produire un article de forme prédéterminée.

De préférence, l'empilage est placé entre des premiers moyens de pressage sélectifs et des seconds moyens de pressage sélectifs dans la chambre à vide, la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces est minimisée en minimisant la pression appliquée par les premiers et seconds moyens de pressage sélectifs, et la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces est augmentée en augmentant la pression appliquée par les premiers et seconds moyens de pressage sélectifs.

De préférence, les premiers moyens de pressage sélectifs sont une première chambre pouvant être mise en pression sélectivement, et les seconds moyens de pressage sélectifs sont une deuxième chambre pouvant être mise en pression sélectivement.

De préférence, l'empilage est chauffé à une température comprise entre 250°C et 350°C, pour faire évacuer le liant volatil du matériau de masque.

De préférence, lorsque les pièces sont faites en alliage de titane, les pièces sont chauffées à une température supérieure ou égale à 850°C, et la pression appliquée est supérieure ou égale à 20×10^5 Nm^{-2}, pour souder ensemble par diffusion les pièces, de façon à former une structure solidarisée.

De préférence, les pièces sont chauffées à une température comprise entre 900°C et 950°C, et la pression appliquée est comprise entre 20×10^5 Nm^{-2} et 30×10^5 Nm^{-2}.

De préférence, la structure solidarisée est chauffée à une température supérieure ou égale à 850°C pour former la structure solidarisée de façon superplastique.

De préférence, la structure solidarisée est chauffée à une température comprise entre 900°C et 950°C.

De préférence, pendant l'assemblage des au moins deux pièces en un empilage, un tuyau est disposé de façon à s'étendre à partir de l'empilage, une extrémité du tuyau est près d'une zone présélectionnée d'au moins une des surfaces d'au moins une des au moins deux pièces métalliques.

La présente invention réalise aussi un procédé pour souder ensemble par diffusion au moins deux pièces métalliques, comprenant les étapes de :

a) assembler les au moins deux pièces métalliques en un empilage des pièces les unes sur les autres, de façon que les surfaces des pièces métalliques soient en contact jointif,

b) placer l'empilage entre une première chambre sélectivement pressurisable et une seconde chambre sélectivement pressurisable, dans une chambre à vide,

c) faire le vide dans la chambre à vide,

d) appliquer de la chaleur et augmenter la pression dans les première et seconde chambres pressurisables, pour appliquer une pression dans l'épaisseur des au moins deux pièces, pour souder ensemble les pièces par diffusion.

De préférence, lorsque les pièces sont réalisées en alliage de titane, les pièces sont chauffées à une température supérieure ou égale à 850°C, et la pression appliquée est supérieure ou égale à 20×10^5 Nm^{-2} pour souder ensemble par diffusion les pièces, de façon à former une structure solidarisée.

De préférence, les pièces sont chauffées à une température comprise entre 900 °C et 950°C, et la pression appliquée est comprise entre 20×10^5 Nm^{-2} et 30×10^5 Nm^{-2}.

La présente invention a aussi pour objet une chambre à vide destinée à être utilisée dans le traitement d'au moins deux pièces métalliques pour leur soudage par diffusion, comprenant des moyens de pompe adaptés à faire le vide dans la chambre à vide, des moyens de chauffage adaptés à chauffer un empilage d'au moins deux pièces métalliques placées dans la chambre à vide, caractérisée en ce qu'un premier organe de retenue de la pression et un premier organe élastique définissent une première chambre pressurisable sélectivement, un second organe de retenue de la pression et un second organe élastique définissent une seconde chambre sélectivement pressurisable, les premier et second organes élastiques sont écartés l'un de l'autre et se font face, pour permettre de positionner un empilage d'au moins deux pièces métalliques entre les premier et second organes élastiques, des moyens sont prévus pour sélectivement préssuriser les première et seconde chambres, de façon que les premier et second organes élastiques appliquent une pression de soudage par diffusion à l'empilage, pour souder par diffusion les surfaces jointives des pièces métalliques.

De préférence, les moyens pour sélectivement pressuriser les première et seconde chambres sont adaptés à minimiser la pression dans les première et seconde chambres, de façon que les premier et second organes élastiques pressent l'empilage élastique de pièces avec une pression minimale, pour permettre à la pompe d'enlever les liants volatils évaporés du fait des moyens de chauffage, d'entre les au moins deux pièces métalliques et de la chambre à vide.

De préférence, le premier organe de retenue de la pression comporte des nervures pour maximiser sa rigidité.

De préférence, les nervures s'étendent dans la première chambre pressurisable.

De préférence, le second organe de retenue de la pression comporte des nervures pour augmenter sa rigidité.

De préférence, les nervures s'étendent dans la seconde chambre pressurisable.

De préférence, le volume de la première chambre pressurisable est minimisé pour minimiser l'endommagement de la chambre à vide dans le cas d'une fuite de ladite première chambre pressurisable.

De préférence, le volume de la seconde chambre pressurisable est minimisé, pour minimiser l'endommagement de la chambre à vide dans le cas d'une fuite de ladite seconde chambre pressurisable.

De préférence, les premier et second organes élastiques comportent un revêtement pour éviter l'adhérence entre lesdits premier ou second organes élastiques et un empilage d'au moins deux pièces métalliques.

De préférence, les premier et second organes élastiques sont métalliques.

La présente invention a aussi pour objet une chambre à vide destinée à être utilisée dans le traitement d'au moins deux pièces métalliques pour les souder par diffusion, comprenant des moyens de pompe adaptés à faire le vide dans la chambre à vide, des moyens de chauffage adaptés à chauffer un empilage d'au moins deux pièces métalliques disposées dans la chambre à vide, caractérisé en ce qu'un organe de retenue de la pression et un organe élastique définissent une chambre sélectivement pressurisable, des moyens sont prévus pour sélectivement pressuriser la chambre pressurisable, de façon que l'organe élastique applique une pression de soudage par diffusion à l'empilage, pour souder par diffusion les surfaces en contact jointif des pièces métalliques.

La présente invention va être décrite plus en détail à titre d'exemple, en référence aux dessins joints, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe d'une chambre à vide destinée à être utilisée dans le traitement de pièces métalliques pour leur formage superplastique et leur soudage par diffusion, selon la présente invention,
- la figure 2 est une vue en coupe selon la ligne A-A de la figure 1, et
- la figure 3 représente une vue éclatée d'un empilage de pièces qui sont formées de façon superplastique et soudées par diffusion pour former un article, selon la présente invention.

Sur la figure 3, trois plaques d'alliage de titane 50, 52, 54 sont assemblées pour former un empilage 48.

Avant l'assemblage des plaques 50, 52, 54 pour former un empilage 48, les surfaces jointives 56, 58, 60 et 62 des plaques 50, 52, 54 sont préparées pour le soudage par diffusion, par nettoyage chimique. Un matériau de masque est appliqué sur une des

surfaces jointives 56 et 58, dans cet exemple la surface jointive 58. Un matériau de masque est aussi appliqué sur une des surfaces jointives 60 et 62, dans cet exemple la surface jointive 62. Le masque peut comprendre de l'yttria en poudre, dans un liant et un solvant. Le masque peut être par exemple le masque connu sous le nom de "Stopyt 62A", qui est vendu par une société américaine dénommée GTE Service Corporation, 100 Endicott Strut., Danvers, MAO 1923, Etats-Unis. D'autres matériaux de masque adaptés peuvent être utilisés.

Le matériau de masque est appliqué selon les dessins souhaités 64 et 66, représentés sous la forme de zones sombres sur la figure 3, par le procédé connu d'impression au stencil dans cet exemple, mais d'autres procédés adaptés peuvent être utilisés. Les dessins souhaités 64 et 66 du matériau de masque, évitent le soudage par diffusion entre des zones présélectionnées des plaques 50, 52 et 54. Dans cet exemple, le masque est appliqué selon des lignes droites, mais il peut être appliqué selon des points ou d'autres dessins adaptés, suivant l'article particulier à fabriquer. Les trois plaques d'alliage de titane 50, 52 et 54, sont ensuite assemblées pour former l'empilage 48. La plaque 50 comporte une paire de trous à cheville 68 qui sont alignés axialement avec des trous à cheville correspondant 70 dans la plaque 52, et avec des trous à cheville correspondant 72 dans la plaque 54, pour assurer le positionnement relatif correct des trois plaques 50, 52 et 54 dans l'empilage 48. Les plaques 50, 52 et 54 sont maintenues dans ce positionnement relatif par une paire de chevilles (non représentées), qui sont insérées dans les trous à chevilles alignés 68, 70 et 72.

L'empilage 48 est ensuite placé dans une chambre à vide, qui sera décrite plus en détail ci-dessous. L'empilage 48 est placé entre deux chambres pressurisables disposées dans la chambre à vide. La chambre à vide est vidée, et la pression dans les chambres pressurisables est réduite, les chambres pressurisables étant de préférence vidées, et ensuite l'empilage 48 est chauffé à une température comprise entre 250°C et 350°C, pour faire évaporer le liant du matériau de masque, lequel liant a permis au masque d'être appliqué au travers du stencil. La pression dans les chambres pressurisables est réduite, de préférence jusqu'au vide avant que l'empilage ne soit chauffé, de sorte que les chambres pressurisables n'appliquent pas de charge sur l'empilage pendant l'élimination du liant par cuisson. Durant l'élimination par cuisson du liant, la chambre à vide est continuellement vidée, pour enlever le liant d'entre les plaques et de la chambre à vide. Les liants volatils peuvent être éliminés d'entre les plaques par toute la périphérie de l'empilage, le long de tous les bords des plaques, parce que les chambres pressurisables ne serrent pas les bords des plaques les uns contre les autres. Après que le liant a été enlevé, ce qui est déterminé soit par le contrôle des niveaux de liant dans le gaz extrait de

la chambre à vide, soit en maintenant la chambre à vide à la température comprise entre 250°C et 350°C pendant une durée prédéterminée, l'empilage 48 est soudé par diffusion, pour produire une structure solidarisée.

Le chauffage de l'empilage de plaques non soudées dans la chambre à vide, qui est vidée continuellement, permet au liant volatil d'être enlevé de l'empilage par la périphérie complète de l'empilage, le long de tous les bords des plaques. Ceci permet au liant volatil d'être enlevé beaucoup plus rapidement que dans l'art antérieur, et aussi vite que dans nos demandes GB-91 11954.5 et GB-92 08369.0. Ceci évite aussi de fixer un tuyau sur l'empilage, et donc il y a un gain de temps. En outre, en chauffant l'empilage non soudé de plaques dans la chambre à vide vidée continuellement, il n'y a pas d'air présent dans la chambre à vide pour oxyder les surfaces des plaques.

La température dans la chambre à vide est augmentée de telle façon que l'empilage de feuilles soit chauffé à une température supérieure ou égale à 850°C. De préférence, l'empilage est chauffé à une température comprise entre 900°C et 950°C. La pression dans les deux chambres pressurisables est augmentée de façon que les chambres pressurisables atteignent une pression supérieure à 20 atmosphères, soit 294 livres par pouce^2 (20×10^5 Nm^{-2}). De préférence, la pression appliquée par les chambres pressurisables est comprise entre 294 livres par pouce^2 (20×10^5 Nm^{-2}) et 441 livres par pouce^2 (30×10^5 Nm^{-2}). La température et la pression sont maintenues constantes pendant une durée prédéterminée. Par exemple, si l'empilage de feuilles est chauffé à 925°C et continuellement appliqué par les chambres pressurisables est de 300 livres par pouce^2 ($20{,}67 \times 10^5$ Nm^{-2}), la température et la pression sont maintenues constantes pendant deux heures. La température et la pression sont ensuite réduites à la température et la pression ambiante, le soudage par diffusion ayant été obtenu, et l'empilage des plaques, qui est alors une structure solidarisée, est enlevé de la chambre à vide.

Un tuyau est fixé sur la structure solidarisée, et de l'argon est introduit dans les zones qui contiennent le masque, à l'intérieur de la structure solidarisée, pour détruire l'adhérence provoquée par la pression du soudage par diffusion. L'argon est introduit soigneusement dans les zones qui contiennent le masque, et l'argon s'infiltre au travers du masque et atteint finalement l'extrémité opposée de la structure solidarisée. On peut initialement faire circuler l'argon entre deux pièces, et à l'extrémité opposée, l'argon peut retourner vers l'extrémité d'entrée entre deux autres pièces. Dans tous les cas, l'argon doit parcourir toute la longueur de l'intérieur de la structure solidarisée, de façon à détruire l'adhérence entre le masque et les plaques, provoquée pendant l'étape de soudage par diffusion.

Cette étape est réalisée à température ambiante, parce que le métal est élastique à température ambiante, et la déformation minime en élongation qui a lieu, ne dépasse pas la limite élastique. Par conséquent, la structure solidarisée retrouve sa forme lorsque la pression est supprimée à la fin de l'étape. Si on essaye de réaliser cette étape pendant que la structure est à la température commune du soudage par diffusion et du formage superplastique, il y a un risque sérieux de déformation plastique progressive dans le sens de la longueur de la structure solidarisée, plutôt qu'une déformation simultanée sur toute la structure. Dans de telles circonstances, la rupture de la structure solidarisée survient fréquemment.

La structure solidarisée est placée entre deux matrices à segment de forme appropriée, positionnées à l'intérieur de la chambre à vide dans laquelle on fait le vide, de façon à éviter la contamination de la structure solidarisée de titane.

La structure solidarisée et les matrices sont à nouveau chauffées à une température supérieure ou égale à 850°C, de préférence comprise entre 900°C et 950°C. Dans cet exemple, les matrices et la structure solidarisée sont chauffées à 925°C. De l'argon est introduit à l'intérieur de la structure solidarisée entre les plaques adjacentes, de façon à forcer les plaques à s'écarter les unes des autres dans les zones comportant le masque, et pour forcer les parties écartées des plaques extérieures à épouser la forme des matrices respectives.

L'amplitude du mouvement d'au moins une des plaques pendant la déformation, est telle qu'elle nécessite une déformation superplastique en élongation. Le terme "superplastique" est un terme standard dans la technique de formage des métaux et ne sera pas décrit ici.

Afin d'obtenir un formage superplastique du métal sans rupture du métal qui devient plus fin, de l'argon est introduit par séries d'impulsions selon un rythme précalculé qui correspond à un rythme de contrainte souhaité comme enseigné aux pages 615 à 623 de l'ouvrage "The science, Technology and Applications of Titanium", édité par R.I. Jaffe et N.E. Promisel, publié par Pergamon Press en 1970, qui est inclu ici à titre de référence. Le procédé assure que le métal est soumis au rythme de contrainte qui permet d'obtenir la vitesse maximale de déformation en élongation, à tout moment dans la procédure.

A la fin du formage superplastique, l'atmosphère inerte d'argon et la pression de gaz à l'intérieur de la structure solidarisée sont maintenues, pendant que la structure est refroidie jusqu'à température ambiante. La structure solidarisée est ensuite enlevée de la chambre à vide et le tuyau est enlevé. Cette structure solidarisée peut être un article fini,

ou bien il peut être nécessaire de réaliser un usinage final de la structure solidarisée pour produire l'article fini.

Il peut être possible de disposer un tuyau pendant l'empilage des pièces de métal, de façon que le tuyau s'étende à partir de l'empilage, et qu'une extrémité du tuyau soit adjacente à la zone présélectionnée sur une des surfaces d'une des pièces métalliques qui évite le soudage par diffusion. Pendant l'étape de soudage par diffusion, le tuyau est soudé par diffusion dans la structure solidarisée, et le tuyau est ensuite utilisé pour introduire de l'argon dans la structure solidarisée, pour détruire l'adhérence, et ensuite pour former la structure solidarisée de façon superplastique.

L'avantage de ce procédé par rapport au procédé divulgué dans nos demandes antérieures GB-91 11954.5 et GB-92 08369.0, est que la nécessité de souder les bords de l'empilage de pièces pour former un ensemble scellé avant le soudage par diffusion est évitée, et ceci réduit le temps de traitement. De plus, il n'est pas nécessaire de déplacer l'empilage entre l'étape d'élimination du liant par cuisson et les étapes de soudage par diffusion, et donc il n'y a pas de possiblité d'endommager le masque, qui est fragile.

Une chambre à vide 10, destinée à être utilisée dans le traitement de plaques métalliques pour leur formage superplastique et leur soudage par diffusion dans le procédé décrit ci-dessus, est représentée sur les figures 1 et 2. La chambre à vide 10 comporte une cuve de pression 12 qui est conçue pour être utilisée dans une plage de pression allant du vide à la pression atmosphérique. Une pompe 14 est connectée à l'intérieur de la chambre à vide par l'intermédiaire d'un tuyau 16, afin de faire le vide dans la chambre à vide 10.

Un premier ensemble pressurisable 18 et un second ensemble pressurisable 28 sont disposés dans la chambre à vide 10. Le premier ensemble pressurisable 18 comporte un premier organe de plateau rigide 20 et un premier organe élastique 22, qui définissent une première chambre pressurisable 24. Le second ensemble pressurisable 28 comporte un second organe de plateau rigide 30 et un second organe élastique 32, qui définissent une seconde chambre pressurisable 34. Le premier organe de plateau rigide est doté, par exemple, d'un certain nombre de nervures parallèles 26, qui s'étendent dans la première chambre pressurisable 24, et qui augmentent la rigidité du premier organe de plateau rigide 20. Le second organe de plateau rigide 30 est aussi doté d'un certain nombre de nervures parallèles 36, qui s'étendent dans la seconde chambre pressurisable 34 et qui augmentent la rigidité du second organe de plateau rigide 30. Si les organes de plateau 20 et 30 sont suffisamment rigides, les nervures peuvent ne pas être nécessaires.

Les premier et second organes de plateau rigides 20 et 30, respectivement, sont construits de façon à supporter les pressions atteintes pendant l'étape de soudage par

diffusion. Les premier et second organe de plateau rigides 20 et 30 respectivement, sont conçus pour transmettre les charges atteintes pendant le soudage par diffusion à un cadre de rétention (non représenté).

Les premier et second organes élastiques 22 et 32 respectivement, sont de préférence de fines membranes métalliques qui sont revêtues pour éviter l'adhérence aux feuilles 50, 52 et 54 de l'empilage 48. Les premier et second organe élastiques 22 et 32 sont préformés pour s'adapter approximativement à la forme extérieure des pièces extérieures 50 et 54 de l'empilage 48.

La périphérie de chacun des premier et second organes élastiques est conçue pour recouvrir les bords solides rigides des premier et second organes de plateau rigides respectivement.

Les premier et second ensembles pressurisables 18 et 28 respectivement, sont adaptés à ce que les premier et second organes élastiques 22 et 32 respectivement soient espacés l'un de l'autre et soient en face l'un de l'autre. L'empilage 48 de feuilles 50, 52, 54 peut être disposé entre les premier et second organes élastiques 22 et 32 respectivement.

Des dispositifs de chauffage 46 sont prévus à l'intérieur de la chambre à vide 10, pour chauffer l'empilage 48 de plaques 50, 52 et 54, avant que les plaques 50, 52 et 54 ne soient soudées par diffusion, pour faire évaporer le liant du masque appliqué aux surfaces des feuilles. Les dispositifs de chauffage de cet exemple sont des chauffages radiants et des réflecteurs, mais d'autres chauffages adaptés peuvent être utilisés.

Une première pompe de pressurisation 38 est connectée à la première chambre pressurisable 24 par l'intermédiaire d'un tuyau 40, et une seconde pompe de pressurisation 42 est connectée à la seconde chambre pressurisable 34 par l'intermédiaire d'un tuyau 44. En variante, une seule pompe de pressurisation peut être connectée à la fois aux première et seconde chambres pressurisables 24 et 34.

Les première et seconde pompes de pressurisation 38 et 42 sont conçues pour réduire la pression, ou faire le vide dans les première et seconde chambres pressurisables 24 et 34 respectivement, avant que l'empilage 48 ne soit chauffé, de façon que les bords des feuilles 50, 52 et 54 ne soient pas serrés les uns contre les autres, pour permettre au liant volatil d'être éliminé d'entre les feuilles 50, 52 et 54.

Les première et seconde pompes de pressurisation 38 et 42 sont conçues pour augmenter la pression dans les première et seconde chambres de pressurisation 24 et 34 respectivement, pendant l'étape de soudage par diffusion, de façon que les premier et second organes élastiques 22 et 32 respectivement exercent la pression de soudage par diffusion sur l'empilage 48 des feuilles 50, 52 et 54. Les premier et second organes

élastiques 22 et 32 exercent leur pression sur toute la surface de l'empilage 48 qui doit être soudée par diffusion.

Les première et seconde pompes de pressurisation 38 et 42 sont conçues pour augmenter la pression dans les première et seconde chambres pressurisables 24 et 34 respectivement, de façon qu'une pression comprise entre 294 livres par pouce^2 (20 x 10^5 Nm^{-2}) et 441 livres par pouce^2 (30 x 10^5 Nm^{-2}), soit exercée sur l'empilage 48.

Les premier et second ensembles pressurisables 18 et 28 sont conçus de façon que le volume des première et seconde chambres pressurisables 24 et 34 respectivement, soit minimisé, de façon que les effets de toute perte de pression vers la chambre à vide 10 soient minimisés, afin qu'il y ait une probabilité minimale de rompre la cuve de pression 12.

L'utilisation des premier et second ensembles pressurisables permet au processus de soudage par diffusion de se réaliser dans un four à vide qui a une cuve de pression conçue pour être utilisée dans une plage de pression allant du vide jusqu'à la pression atmosphérique, plutôt que dans un four haute pression qui comporte une cuve de pression conçue pour être utilisée dans une plage de pression allant du vide jusqu'à 441 livres par pouce^2 (30 x 10^5 Nm^{-2}) ou plus. La chambre à vide est de construction plus simple, parce qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un canon électronique de soudage.

Le procédé de soudage par diffusion et de formage superplastique décrit ici est particulièrement adapté au soudage par diffusion d'un empilage plat de pièces qui sont ensuite soumises à d'autres procédés, tels qu'un usinage et/ou un gauchissement, avant le formage superplastique dans la forme finale. La forme finale peut être un article fini, ou elle peut nécessiter un peu d'usinage pour produire l'article fini. Le procédé permet d'obtenir un coût de production plus faible pour le soudage par diffusion. Il est aussi applicable à des empilages de pièces qui ont des saillies sur les pièces. En particulier, les premier et second organes élastiques sont préformés pour s'adapter approximativement à la forme extérieure des pièces extérieures de l'empilage. Par exemple, les organes élastiques peuvent être préformés pour s'adapter à des formes de talons sur la surface des pièces extérieures de l'empilage, qui forment finalement une aube de soufflante. Les organes élastiques peuvent être préformés pour s'adapter à des clapets /amortisseurs préformés sur la surface de la pièce extérieure de l'empilage, qui forme éventuellement une aube de soufflante.

Bien que la description ait fait référence à des plaques de titane ou des pièces de titane, la présente invention est également applicable à des pièces d'autres métaux élémentaires, alliages métalliques et composites à matrice métallique, qui sont soudables

par diffusion, et une des pièces doit être capable d'élongation superplastique. L'aluminium et l'acier oxydables sont capables d'élongation superplastique, à des température et pression adaptées.

Le procédé est adapté à la fabrication d'échangeurs de chaleur, de composants de turbo-machines, par exemple des aubes de soufflante, des aubes de guidage de conduits de soufflante, etc..

Bien que la description précédente fasse référence à un empilage de trois plaques métalliques, il est possible d'utiliser des empilages comprenant deux plaques métalliques ou des empilages comprenant quatre plaques métalliques ou plus suivant l'article particulier à fabriquer.

Revendications :

1.- Procédé de fabrication d'un article par formage superplastique et soudage par diffusion d'au moins deux pièces métalliques, comprenant les étapes de :

a) appliquer un matériau de masque pour éviter le soudage par diffusion dans des zones présélectionnées d'au moins une des surfaces d'au moins une des au moins deux pièces métalliques,

b) assembler les au moins deux pièces de façon à former un empilage des pièces les unes sur les autres, de sorte que leurs surfaces sont en contact jointif,

c) placer l'empilage dans des moyens de pressage disposés dans une chambre à vide,

d) faire le vide dans la chambre à vide,

e) minimiser la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces, par les moyens de pressage, pour permettre l'écoulement des liants volatils et des gaz provenant d'entres les au moins deux pièces, vers la chambre à vide,

f) chauffer l'empilage pendant qu'il est à l'intérieur de la chambre à vide, pour faire évaporer le liant volatil du matériau de masque, tout en faisant le vide de façon continue dans la chambre à vide, pour enlever le liant volatil d'entre les au moins deux pièces et de la chambre à vide,

g) appliquer de la chaleur et augmenter la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces, par les moyens de pressage, pour souder ensemble par diffusion les au moins deux pièces dans des zones autres que les zones présélectionnées, pour former une structure solidarisée,

h) enlever la structure solidarisée de la chambre à vide,

i) chauffer la structure solidarisée et pressuriser de façon interne la structure solidarisée, de sorte que les zones présélectionnées d'au moins une des pièces soient formées de façon superplastique, pour produire un article de forme prédéterminée.

2.- Procédé de fabrication d'un article selon la revendication 1, dans lequel l'empilage est placé entre des premiers moyens de pressage sélectifs et des seconds moyens de pressage sélectifs dans la chambre à vide, la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces est minimisée en minimisant la pression appliquée par les premiers et seconds moyens de pressage sélectifs, et la pression appliquée dans l'épaisseur des au moins deux pièces est augmentée en augmentant la pression appliquée par les premiers et seconds moyens de pressage sélectifs.

3.- Procédé de fabrication d'un article selon la revendication 2, dans lequel les premiers moyens de pressage sélectifs sont une première chambre pouvant être mise en pression sélectivement, et les seconds moyens de pressage sélectifs sont une deuxième chambre pouvant être mise en pression sélectivement.

4.- Procédé de fabrication d'un article selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'empilage est chauffé à une température comprise entre 250°C et 350°C, pour faire évacuer le liant volatil du matériau de masque.

5.- Procédé de fabrication d'un article selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les pièces sont faites en alliage de titane, les pièces sont chauffées à une température supérieure ou égale à 850°C, et la pression appliquée est supérieure ou égale à 20×10^5 Nm^{-2}, pour souder ensemble par diffusion les pièces, de façon à former une structure solidarisée.

6.- Procédé de fabrication d'un article selon la revendication 5, dans lequel les pièces sont chauffées à une température comprise entre 900°C et 950°C, et la pression appliquée est comprise entre 20×10^5 Nm^{-2} et 30×10^5 Nm^{-2}.

7.- Procédé de fabrication d'un article selon la revendication 5 ou la revendication 6, dans lequel la structure solidarisée est chauffée à une température supérieure ou égale à 850°C pour former la structure solidarisée de façon superplastique.

8.- Procédé de fabrication d'un article selon la revendication 7, dans lequel la structure solidarisée est chauffée à une température comprise entre 900°C et 950°C.

9.- Procédé de fabrication d'un article selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pendant l'assemblage des au moins deux pièces en un empilage, un tuyau est disposé de façon à s'étendre à partir de l'empilage, une extrémité du tuyau est près d'une zone présélectionnée d'au moins une des surfaces d'au moins une des au moins deux pièces métalliques.

10.- Procédé pour souder ensemble par diffusion au moins deux pièces métalliques, comprenant les étapes de :

a) assembler le au moins deux pièces métalliques en un empilage des pièces les unes sur les autres, de façon que les surfaces des pièces métalliques soient en contact jointif,

b) placer l'empilage entre une première chambre sélectivement pressurisable et une seconde chambre sélectivement pressurisable, dans une chambre à vide,

c) faire le vide dans la chambre à vide,

d) appliquer de la chaleur et augmenter la pression dans les première et seconde chambres pressurisables, pour appliquer une pression dans l'épaisseur des au moins deux pièces, souder ensemble les pièces par diffusion.

11.- Procédé de soudage par diffusion selon la revendication 10, dans lequel, lorsque les pièces sont réalisées en alliage de titane, les pièces sont chauffées à une température supérieure ou égale à 850°C, et la pression appliquée est supérieure ou égale à 20×10^5 Nm^{-2} pour souder ensemble par diffusion les pièces, de façon à former une structure solidarisée.

12.- Procédé de soudage par diffusion selon la revendication 11, dans lequel les pièces sont chauffées à une température comprise entre 900°C et 950°C, et la pression appliquée est comprise entre 20×10^5 Nm^{-2} et 30×10^5 Nm^{-2}.

13.- Chambre à vide destinée à être utilisée dans le traitement d'au moins deux pièces métalliques pour leur soudage par diffusion, comprenant des moyens de pompe adaptés à faire le vide dans la chambre à vide, des moyens de chauffage adaptés à chauffer un empilage d'au moins deux pièces métalliques placées dans la chambre à vide, caractérisée en ce qu'un premier organe (20) de retenue de la pression et un premier organe élastique (22) définissent une première chambre (24) pressurisable sélectivement, un second organe (30) de retenue de la pression et un second organe élastique (32) définissent une seconde chambre sélectivement pressurisable (34), les premier et second organes élastiques (22, 32) sont écartés l'un de l'autre et se font face, pour permettre de positionner un empilage (48) d'au moins deux pièces métalliques (50, 52, 54) entre les premier et second organes élastiques (22, 32), des moyens (38, 42) sont prévus pour sélectivement préssuriser les première et seconde chambres (24, 34), de façon que les premier et second organes élastiques (22, 32) appliquent une pression de soudage par diffusion à l'empilage (48), pour souder par diffusion les surfaces jointives des pièces métalliques (50, 52, 54).

14. - Chambre à vide selon la revendication 13, dans laquelle les moyens (38, 42) pour sélectivement pressuriser les première et seconde chambres (24, 34) sont adaptés à minimiser la pression dans les première et seconde chambres (24, 34), de façon que les premier et second organes élastiques (22, 32) pressent l'empilage élastique de pièces (50, 52, 54) avec une pression minimale, pour permettre à la pompe (14) d'enlever les liants volatils évaporés du fait des moyens de chauffage (46), d'entre les au moins deux pièces métalliques (50, 52, 54) et de la chambre à vide (10).

15.- Chambre à vide selon la revendication 13 ou la revendication 14, dans laquelle le premier organe (20) de retenue de la pression comporte des nervures (26) pour maximiser sa rigidité.

16.- Chambre à vide selon la revendication 15, dans laquelle les nervures (26) s'étendent dans la première chambre pressurisable (24).

17.- Chambre à vide selon la revendication 15 ou la revendication 16, dans laquelle le second organe de retenue de la pression comporte des nervures (36) pour augmenter sa rigidité.

18.- Chambre à vide selon la revendication 17, dans laquelle les nervures (36) s'étendent dans la seconde chambre pressurisable (34).

19.- Chambre à vide, selon selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, dans laquelle le volume de la première chambre pressurisable (24) est minimisé pour minimiser l'endommagement de la chambre à vide (10) dans le cas d'une fuite de ladite première chambre pressurisable (24).

20.- Chambre à vide selon la revendication 19, dans laquelle le volume de la seconde chambre pressurisable (34) est minimisé, pour minimiser l'endommagement de la chambre à vide (10) dans le cas d'une fuite de ladite seconde chambre pressurisable (34).

21.- Chambre à vide selon l'une quelconque des revendications 13 à 20, dans laquelle les premier et second organes élastiques (22, 32) comportent un revêtement pour éviter l'adhérence entre lesdits premier ou second organes élastiques (22, 32) et un empilage (48) d'au moins deux pièces métalliques (50, 52, 54).

22. - Chambre à vide selon l'une quelconque des revendications 13 à 21, dans laquelle les premier et second organes élastiques (22, 32) sont métalliques.

23.- Chambre à vide destinée à être utilisée dans le traitement d'au moins deux pièces métalliques pour les souder par diffusion, comprenant des moyens de pompe adaptés à faire le vide dans la chambre à vide, des moyens de chauffage adaptés à chauffer un empilage d'au moins deux pièces métalliques disposées dans la chambre à vide, caractérisé en ce qu'un organe (20) de retenue de la pression et un organe élastique (22), définissent une chambre sélectivement pressurisable (24), des moyens (38) sont prévus pour sélectivement pressuriser la chambre (24) pressurisable, de façon que l'organe élastique applique une pression de soudage par diffusion à l'empilage (48), pour souder par diffusion les surfaces en contact jointif des pièces métalliques (50, 52 54).

2682904

Fig.1.

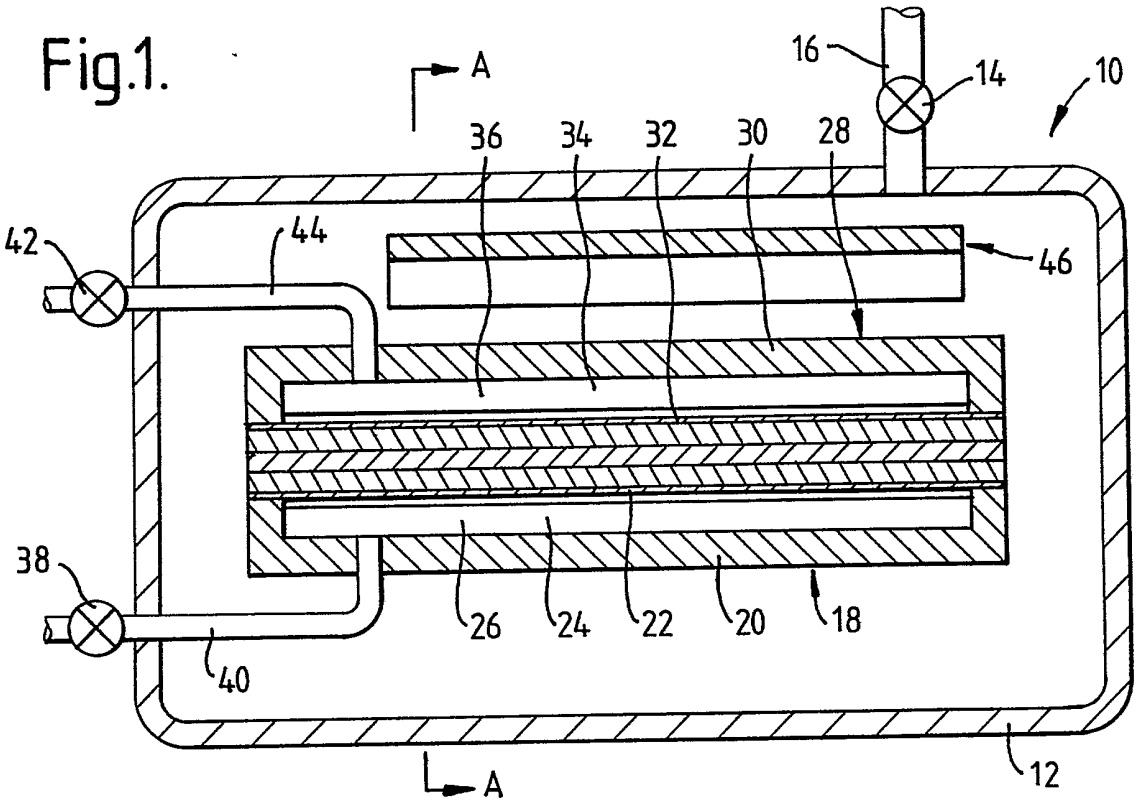


Fig.2.

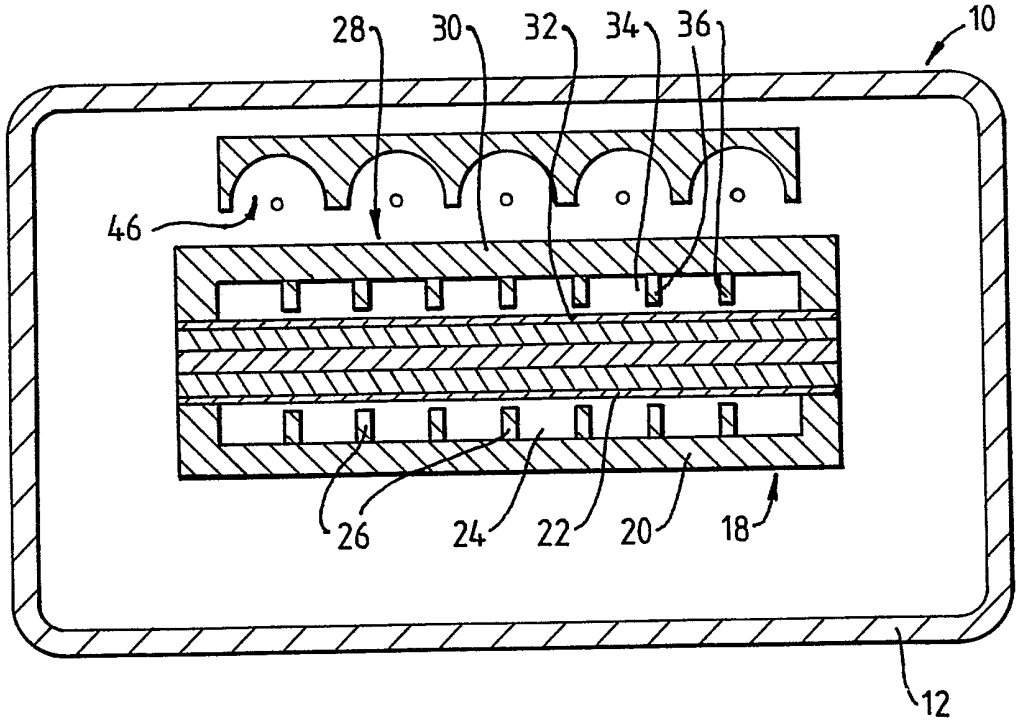


Fig. 3.

