

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ BRASAGE PAR FAISCEAU D'ELECTRONS.

⑫② Date de dépôt : 06.04.21.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN HELICOPTER ENGINES*
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 07.10.22 Bulletin 22/40.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.02.25 Bulletin 25/08.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : ALCALDE Eric Paul David, EZCURRA
Daniel et SALEM Aurélie.

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN HELICOPTER ENGINES*
Société par actions simplifiée à associé unique.

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet CAMUS LEBKIRI.



Description

Titre de l'invention : BRASAGE PAR FAISCEAU D'ELECTRONS

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

- [0001] Le domaine technique de l'invention est celui du brasage fort, c'est à dire réalisé avec un métal d'apport dont la température de fusion est supérieure à 450°C.
- [0002] La présente invention concerne en particulier un brasage fort pour des pièces aéronautiques.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

- [0003] Le brasage consiste à l'assemblage par capillarité de deux pièces métalliques avec un métal d'apport dont la température de fusion est inférieure à celle des pièces à assembler ou pour réparer des criques par exemple. Pour un brasage fort, les pièces à souder seront par exemple des aciers à base d'inox, cobalt et nickel. On entend par brasage fort, un brasage selon la norme NF EN ISO 4063 de nomenclature des procédés de soudage et brasage.
- [0004] La brasure forte a une forte résistance mécanique qui permet notamment son utilisation dans le domaine aéronautique.
- [0005] Aujourd'hui, les pièces aéronautiques sont brasées dans un four sous vide qui permet d'avoir un chauffage homogène de l'ensemble de la pièce limitant les déformations liées aux hétérogénéités de température. Le fait de travailler sous vide empêche toute oxydation et évite l'utilisation de flux. Cependant, il reste des déformations générales des composants liées au cycle thermique qui nécessitent des outillages spécifiques pour les limiter, il n'est pas possible de faire des retouches locales sans impact potentiel sur le restant de la pièce. D'autre part, le temps de cycle est long car il faut chauffer le four jusqu'à une température comprise entre 1040°C et 1150°C, ce qui entraîne un coût important de l'opération de brasage.
- [0006] En effet, pour le brasage de plusieurs pièces, la réalisation de multiples passages en four sous vide des éléments à braser génère des contraintes internes dans le matériau qui se traduisent par des déformations géométriques de la pièce. Ces déformations géométriques induisent des aménagements de gammes ou gammes de retouches spécifiques.

Résumé de l'invention

- [0007] L'invention offre une solution aux problèmes évoqués précédemment, en permettant un brasage fort de précision et bon marché.
- [0008] L'invention concerne un procédé de brasage fort d'une pièce comprenant une zone à souder, dans une enceinte sous vide, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- dépose d'un métal d'apport de brasure sur la pièce,
- mise sous vide de l'enceinte,
- montée en température du métal d'apport de brasure par un faisceau d'électrons jusqu'à la réalisation d'une soudure.

- [0009] Un chauffage ciblé sur la zone de soudure, ou zone de brasage, et la rapidité de la soudure limitent la déformation des pièces à assembler. Le taux de conversion énergie électrique/chaleur est également très élevé, pouvant atteindre 75 % d'efficacité, comparé par exemple à 10 % pour les méthodes laser. Le soudage par faisceau d'électrons permet d'obtenir des joints ultrarésistants avec une déformation minimale des pièces assemblées. En plus, remplacer l'énergie calorifique apportée par le moyen de chauffage du four sous vide par un faisceau d'électrons consomme moins d'énergie. La puissance du faisceau d'électrons peut être réglée pour s'adapter à la température de fusion du métal d'apport.
- [0010] Avantageusement, la montée en température se fait avec le faisceau d'électrons défocalisé. Cela permet de chauffer une surface plus grande et d'adapter la température sur le métal d'apport.
- [0011] Selon un premier mode de réalisation, le faisceau d'électrons est statique sur la zone à souder. Grâce à la défocalisation du faisceau d'électrons il est possible de souder de façon statique, en particulier des soudures rondes.
- [0012] Selon un deuxième mode de réalisation, le faisceau d'électrons effectue un balayage sur la zone à souder. Cela permet de souder en continue sur une longueur plus ou moins importante, en une ou plusieurs passes.
- [0013] Avantageusement, la vitesse d'avance du faisceau d'électrons est de 8 à 12mm/mn, de préférence 10mm/mn (mn=minute).
- [0014] Avantageusement, le faisceau d'électrons chauffe le métal d'apport à une température comprise entre 1000°C et 1250°C. Cette température est adaptée au métal d'apport choisi.
- [0015] Avantageusement, le chauffage du métal d'apport dure 3 à 4 mn, cette durée est en fonction de l'assemblage et du métal d'apport utilisé. Cette durée est suffisante en statique et en balayage pour une soudure d'environ 20mm de long et avec deux passes.
- [0016] Avantageusement, le faisceau d'électrons est émis à une distance du métal d'apport comprise entre 100mm et 200mm, de préférence 150mm. Cette distance sera choisie en fonction de l'encombrement de la pièce par rapport à la machine.
- [0017] Avantageusement, la puissance du faisceau d'électrons est comprise entre 0,37kW et 2,5kW, de préférence 0,75kW. Ce paramètre est déterminé lors de la mise au point en fonction de l'assemblage à réaliser.
- [0018] Avantageusement, le métal d'apport est un alliage de nickel. On pourra utiliser, par exemple, selon la norme SAE International: AMS 4777, AMS 4779, DF4B, BNi81.

Ces métaux pourront se présenter sous forme de pâte : une poudre avec un liant, de préforme en rouleau ou de feuillard laminé.

[0019] Le tableau ci-dessous donne les intervalles de température de brasage à appliquer en fonction du métal d'apport :

Métal d'apport (ISO 3677)	Température conseillée de brasage	Intervalle de Température de brasage autorisée
DF4B	1100°C	1064 - 1122°C
BNi81	1100°C	1060 – 1210°C
BNi82 (AMS 4777)	1040°C	1010 – 1175°C
BNi95 (AMS 4779)	1130°C	1100 – 1175°C

[0020] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0021] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

[0022] [Fig.1] est une vue d'un dispositif de brasure par faisceau d'électrons,

[0023] [Fig.2] montre une pièce présentant plusieurs trous avec un métal d'apport avant le brasage,

[0024] [Fig.3] montre la pièce de la [Fig.2] après le brasage réalisé selon l'invention,

[0025] [Fig.4] montre une pièce présentant un trou oblong avec un métal d'apport avant le brasage

[0026] [Fig.5] montre la pièce de la [Fig.4] après le brasage réalisé selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0027] Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

[0028] Le dispositif de brasure 1 illustré à la [Fig.1] comprend un canon à électrons 2 qui émet un faisceau d'électrons 20 dans une enceinte 3 fermée sous vide. Une pièce 4 est placée sous le canon à électrons 2 et un métal d'apport 5 est placé sur la pièce 4. Le faisceau d'électrons 20 va chauffer le métal d'apport 5 et permettre ainsi la brasure.

[0029] Selon un premier mode de réalisation, illustré figures 2 et 3, la pièce à braser 40 comprend plusieurs trous circulaires 41 à boucher dans certains desquels on a placé un thermocouple 6 que l'on souhaite fixer sur la pièce 40.

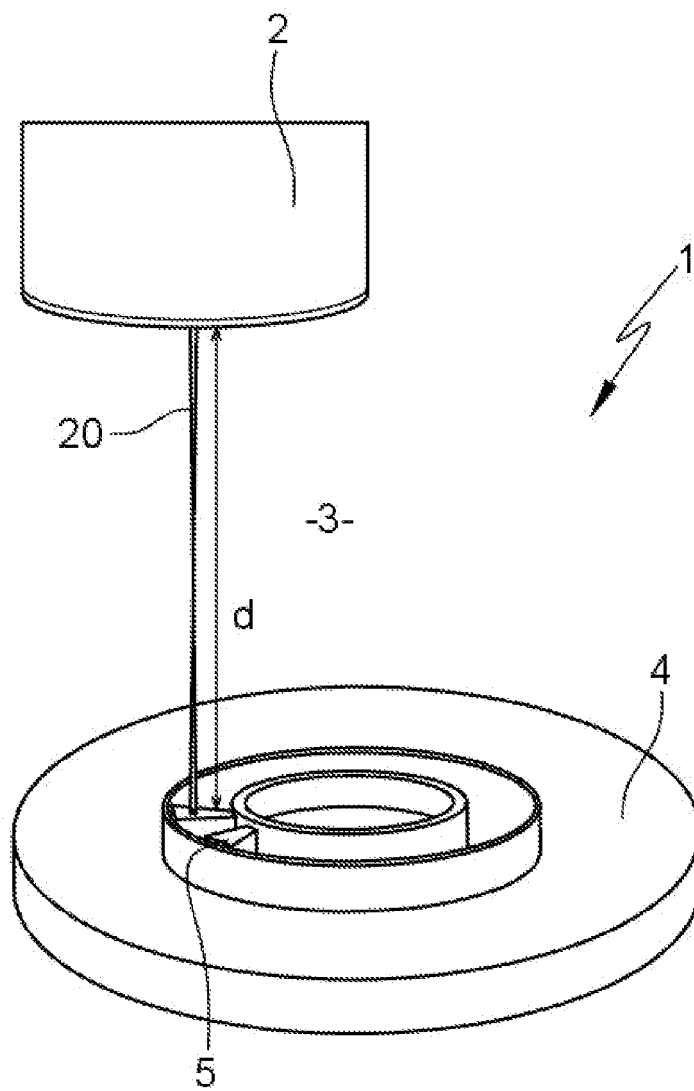
[0030] Le canon à électrons 2 est placé à une distance d, dite distance de tir, de la pièce 5. Cette distance d est calculée en fonction de la température de fusion du métal d'apport 5 et de la puissance du canon à électrons 2. une fois, le canon à électrons 2 est positionné dans l'enceinte 3, le faisceau d'électrons 20 est focalisé sur la pièce 40 dans la zone à braser 7.

- [0031] Ainsi pour une brasure de BNi81 ou de DF4B sur un support en alliage KCN22W, la distance de tir d est de 150mm pour une puissance du faisceau d'électrons de 0,75kW.
- [0032] Préalablement à la brasure les composants sont dégraissés, puis assemblés dans l'enceinte 3, le métal d'apport 5 est disposé sur les zones de brasure 7, puis l'enceinte est mise sous vide. Le faisceau d'électrons 20 est dirigé perpendiculairement à la pièce 40 vers le métal d'apport puis défocalisé, ensuite le métal d'apport 5 monte en température dans une plage comprise entre 1000°C et 1250°C pendant 3 minutes pour fondre complètement. La défocalisation est suffisante pour faire fondre le métal d'apport 5 en mode statique, la zone de brasage 7 étant restreinte.
- [0033] La pièce 40 terminée visible [Fig.3] montre une première brasure 50 comblant un trou ou une crique et un deuxième brasure 51 liant le thermocouple 6 à la pièce 40.
- [0034] Selon le deuxième mode de réalisation, visible aux figures 4 et 5, la pièce à braser 42 présente un trou ou une crique de forme allongée 43 et une zone à recharger 44. Les matériaux utilisés dans cet exemple sont les mêmes que pour le premier mode de réalisation.
- [0035] Le canon à électrons 2 est disposé selon le même procédé que pour le premier mode de réalisation.
- [0036] Préalablement à la brasure la pièce 42 est dégraissée et disposée dans l'enceinte 3, le métal d'apport 5 est placé dans la zone de brasure 7. L'enceinte 3 est mise sous vide. Le faisceau d'électrons 20 est dirigé perpendiculairement à la pièce 42 vers le métal d'apport 5, puis défocalisé et effectue un balayage de la zone à braser 7 pour faire monter en température le métal d'apport 5 dans une plage comprise entre 1000°C et 1250°C pour le fondre. Dans l'exemple illustré, la vitesse d'avance du faisceau d'électrons est de 10mm/mn pendant 4 minutes et deux aller-retours sont suffisants pour fondre complètement le métal d'apport 5.
- [0037] Le résultat obtenu illustré [Fig.5], montre la crique réparée.
- [0038] Un contrôle non destructif de l'assemblage est ensuite réalisé.

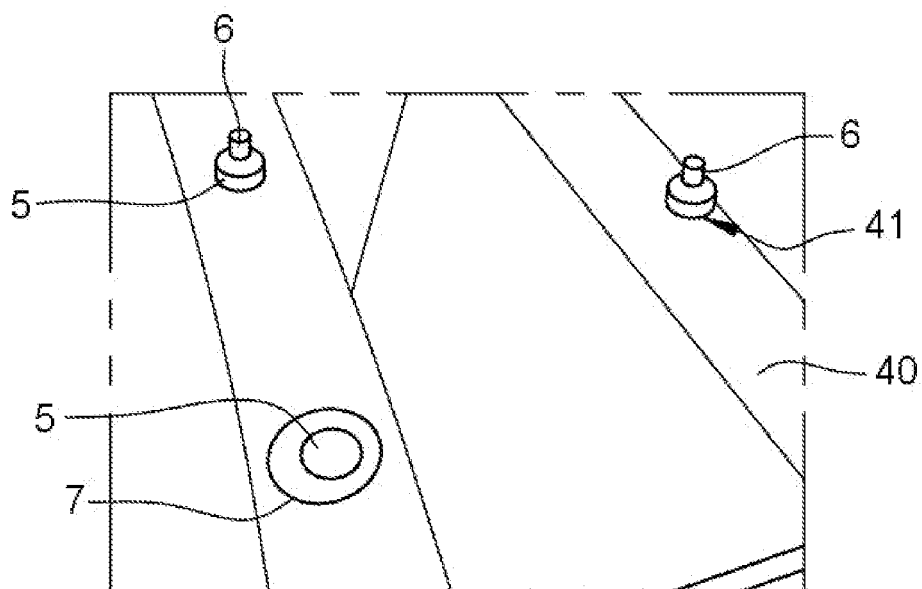
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de brasage fort d'une pièce (4, 40, 42) comprenant une zone à souder (7), dans une enceinte (3) sous vide caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- dépose d'un métal d'apport (5) de brasure sur la pièce,
 - mise sous vide de l'enceinte (3),
 - montée en température du métal d'apport (5) de brasure par un faisceau d'électrons (20) jusqu'à la réalisation d'une soudure, le faisceau d'électrons (20) effectuant un balayage sur la zone à souder (7) avec une vitesse de 8 à 12mm/mn.
- [Revendication 2] Procédé de brasage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la montée en température se fait avec le faisceau d'électrons (20) dé-focalisé.
- [Revendication 3] Procédé de brasage selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le faisceau d'électrons (20) chauffe le métal d'apport à une température comprise entre 1000°C et 1250°C.
- [Revendication 4] Procédé de brasage selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le chauffage du métal d'apport dure 3 à 4 mn.
- [Revendication 5] Procédé de brasage selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le faisceau d'électrons (20) est émis à une distance d du métal d'apport comprise entre 100mm et 200mm, de préférence 150mm.
- [Revendication 6] Procédé de brasage selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la puissance du faisceau d'électrons (20) est comprise entre 0,37kW et 2,5kW, de préférence 0,75kW.
- [Revendication 7] Procédé de brasage selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le métal d'apport (5) est un alliage de nickel.

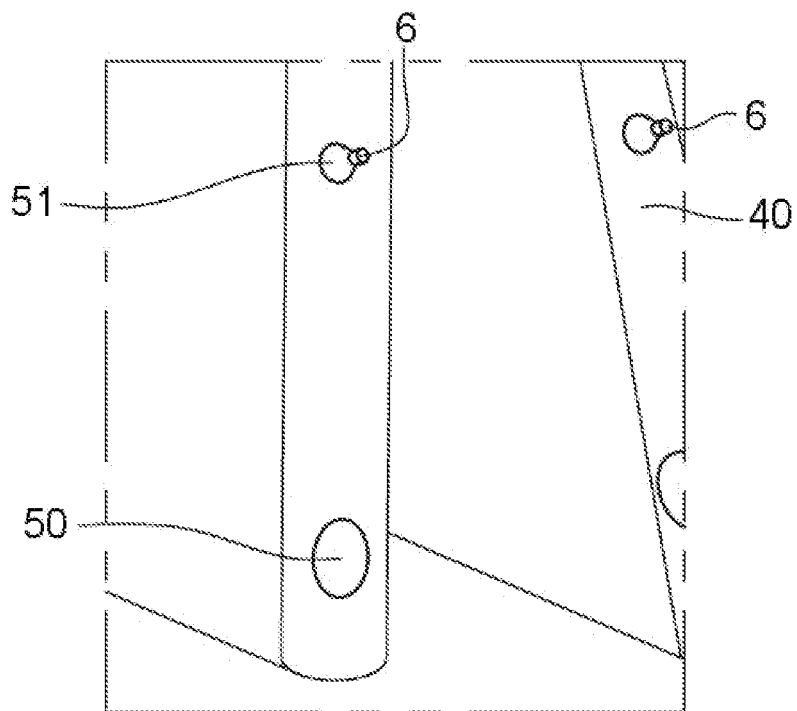
[Fig. 1]



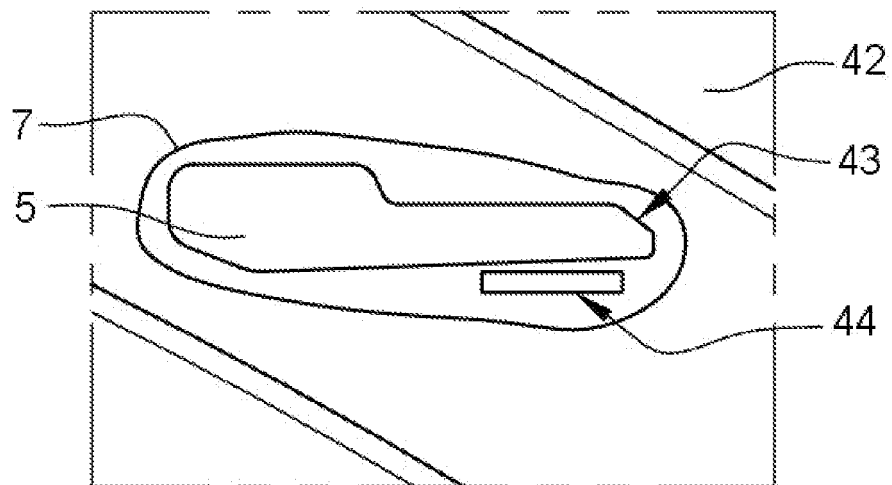
[Fig. 2]



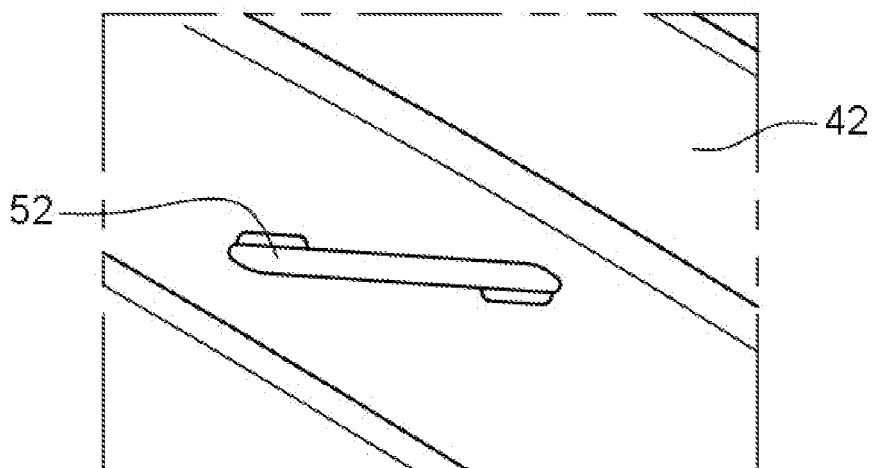
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2012/231295 A1 (KOTTILINGAM SRIKANTH
CHANDRUDU [US] ET AL)
13 septembre 2012 (2012-09-13)

US 2011/076151 A1 (CUI YAN [US] ET AL)
31 mars 2011 (2011-03-31)

CN 101 007 366 A (HARBIN INST OF
TECHNOLOGY [CN]) 1 août 2007 (2007-08-01)

DE 10 2010 006300 A1 (FORSCHUNGSZENTRUM
JUELICH GMBH [DE])
4 août 2011 (2011-08-04)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT