

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 mai 2006 (04.05.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/045952 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B21C 23/10 (2006.01) *B23K 20/00* (2006.01)
B21C 23/22 (2006.01) *B64C 1/00* (2006.01)
B21C 23/01 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/002669

(22) Date de dépôt international :
26 octobre 2005 (26.10.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0411442 27 octobre 2004 (27.10.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **AL-CAN RHENALU** [FR/FR]; 7 place du Chancelier Adenauer, F-75116 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **EBERL, Frank** [DE/FR]; 16 rue Fétola, F-38120 Le Fontanil (FR).
MAUSSION, Joël [FR/FR]; Chemin du Chemineau, F-49800 Trelaze (FR).

(74) Mandataire : **BUTRUILLE, Jean Rémi**; **PECHINEY**, 217 cours Lafayette, F-69451 Lyon Cedex 06 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)
- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

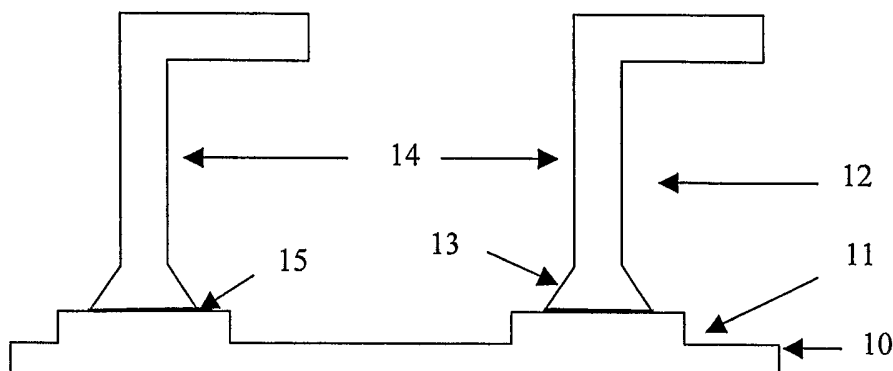
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: FINE STRUCTURAL BI-FUNCTIONAL MONOLITHIC ELEMENT

(54) Titre : ELEMENT DE STRUCTURE FILE MONOLITHIQUE ET BI-FONCTIONNEL



(57) Abstract: The invention relates to a fine structural bi-functional element (F), in particular a stretcher for aeronautic construction, comprising a foot (13) for fixing to a surface and a body (14), characterised in that said foot (13) is made from a weldable alloy, based on aluminium (B) and that said body (14) is made from a thermally-treated alloy based on aluminium (A).

(57) Abrégé : L'invention concerne un élément de structure filé bi-fonctionnel (F), notamment un raidisseur pour construction aéronautique, comprenant un pied (13) apte à être fixé sur une surface, et un corps (14), caractérisé en ce que ledit pied (13) est en alliage soudable à base d'aluminium (B) et en ce que ledit corps (14) est en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique.

WO 2006/045952 A1

Elément de structure filé monolithique et bi-fonctionnel

5 **Domaine de l'invention**

L'invention concerne un nouveau procédé de fabrication pour des éléments de structure filés en alliage d'aluminium bi-fonctionnels, ainsi que des éléments de structure élaborés par ce procédé. L'invention est particulièrement utile pour la fabrication de raidisseurs soudables pour construction aéronautique.

Etat de la technique

L'assemblage des éléments de structure métalliques d'un aéronef se fait actuellement essentiellement par rivetage. Le soudage n'est guère utilisé, car les alliages d'aluminium à hautes caractéristiques mécaniques, tels que les alliages de type Al-Cu-Mg de la série 2xxx et les alliages de type Al-Zn-Cu-Mg de la série 7xxx ne peuvent être soudés par fusion d'une manière satisfaisante. En revanche, la plupart des alliages des séries 5xxx et 6xxx sont soudables par fusion. Parmi ces alliages, les alliages 6056 et 6156 sont utilisés pour des éléments de structure d'aéronefs, mais le plus souvent assemblés, même entre eux, par rivetage. Ce n'est que récemment, pour l'assemblage du fuselage des avions Airbus A318 et A380, que le soudage a été utilisé pour la peau de fuselage en alliage 6056 sur des raidisseurs filés en alliage 6056. Ce qui est impossible à présent est de souder un alliage soudable par fusion (tel que le 6056) sur un autre alliage réputé non soudable par fusion (tel que le 7349); un tel assemblage ne peut se faire dans la pratique industrielle que par rivetage. Selon l'état de la technique, l'assemblage par soudage de deux pièces en alliages différents impose des contraintes sur le choix de ces deux alliages. Dans l'exemple de la fixation d'une peau de fuselage sur un raidisseur, cette contrainte concerne tant l'alliage choisi pour les raidisseurs que l'alliage choisi pour la peau du fuselage. La prise en compte de ces contraintes nécessite l'optimisation d'un compromis de propriétés, car les deux alliages doivent pouvoir être assemblés par soudage, et de préférence par soudage par fusion (tel que : soudage MIG, TIG,

laser), ce qui n'est pas possible avec tous les alliages, et notamment pas avec tous les alliages à traitement thermique. Dans le cas du soudage par friction-malaxage (en anglais Friction Stir Welding), il est possible de souder la plupart des alliages d'aluminium mais il existe des contraintes de configuration géométrique qui font que cette technique n'est pas toujours utilisable. Par « compromis de propriétés » on entend par exemple un compromis entre des propriétés rassemblées sous le terme « résistance mécanique statique » (notamment la résistance à la rupture R_m et la limite d'élasticité $R_{p0,2}$) d'une part, et des propriétés rassemblées sous le terme « tolérance aux dommages » (notamment la ténacité et la résistance à la propagation des fissures) d'autre part. Cependant, même un compromis optimisé de propriétés conduit souvent à des éléments de structure présentant des performances globales moins bonnes. Il serait avantageux pour diminuer le coût et le poids des éléments de structure de pouvoir choisir pour le raidisseur un alliage ayant une haute résistance mécanique statique, pour la peau de fuselage un alliage ayant une haute tolérance aux dommages, et de les assembler par soudage. Disposer d'une solution pour assembler de tels éléments structuraux par soudage conduit à une simplification significative de l'assemblage d'un avion.

Le problème que la présente invention cherche à résoudre est donc de permettre la fabrication d'éléments de structure monolithiques et bi-fonctionnels faisant intervenir deux alliages d'aluminium différents, et plus spécialement de rendre possible l'assemblage par soudage entre un élément de structure en alliage d'aluminium à traitement thermique soudable par fusion (tel qu'une peau de fuselage en tôle en alliage AA6056) et un élément de structure en alliage d'aluminium à traitement thermique réputé non soudable par fusion (tel qu'un raidisseur filé en alliage AA7349).

Objet de l'invention

L'invention a pour objet un élément de structure filé (F), notamment un raidisseur pour construction aéronautique, comprenant un pied apte à être fixé sur une surface, par exemple par soudage ou toute autre méthode, et un corps, caractérisé

en ce que ledit pied est en alliage à base d'aluminium (B) et en ce que ledit corps est en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique, étant entendu que l'alliage (A) est différent de l'alliage (B).

- 5 L'invention a également comme objet un procédé de fabrication d'un élément de structure filé, comprenant les étapes suivantes :
- (a) on prépare une billette de filage cylindrique creuse composée d'un tube externe en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique, et d'un tube interne en alliage à base d'aluminium (B),
 - 10 (b) on file par filage sur aiguille un tube creux comportant une pluralité d'ailettes, de manière à ce que lesdites ailettes, de forme droite ou complexe, soient pour leur plus grande partie en alliage (A), alors que le tube creux est en alliage (B),
 - (c) on découpe le produit issu de l'étape (b) de manière à obtenir un
 - 15 élément de structure filé (F) comportant un pied en alliage (B) et un corps en alliage (A) ; cette découpe peut être suivie d'un usinage.

Un troisième objet de la présente invention est un procédé de fabrication d'un élément de structure soudé, notamment pour construction aéronautique, dans lequel

- 20 (a) on soude par fusion un élément de structure filé (F) selon l'invention sur un élément de structure (E) en alliage d'aluminium à traitement thermique,
- (b) on effectue optionnellement un traitement thermique sur ledit élément de structure soudé (G).

25

Description des figures

La figure 1 montre la section d'une billette composite creuse à symétrie axiale utilisée pour filer un tube creux. Elle comporte un alliage (A) et un alliage (B).

- 30 La figure 2 montre la section d'un tube filé creux utilisé pour obtenir, par découpe longitudinale (indiquée par les flèches), l'élément de structure filé (F) selon l'invention.

La figure 3 montre schématiquement une billette de filage composite qui permet de réaliser l'élément de structure filé (F) selon l'invention, mais qui ne correspond pas à un mode d'exécution préféré. Elle comporte un alliage (A) et un alliage (B).

La figure 4 montre la largeur de la zone de diffusion entre les alliages (A) et (B) pour deux couples d'alliages, AA7349 / AA5086 (référence P5) et AA7349 / AA6056 (référence P6), et trois éléments chimiques suivis : magnésium, cuivre et zinc. La largeur de la zone de diffusion D dans le produit filé est définie comme la largeur entre les points pour lesquels un changement de composition de 0,1% en poids de la composition nominale de l'élément dans le produit analysé est observé.

10 La figure 5 montre dans un exemple la largeur D de la zone de diffusion.

La figure 6 définit la hauteur h (voir double-flèche) de pénétration de l'alliage (B) du pied dans le corps en alliage (A) de l'élément de structure filé (F).

La figure 7 montre de manière schématique le dispositif utilisé pour mesurer la force d'arrachement du corps du profilé.

15 Les figures 8, 9 et 10 montrent différents modes d'utilisation du profilé selon l'invention.

Description de l'invention

20

a) Définitions

Sauf mention contraire, toutes les indications relatives à la composition chimique des alliages sont exprimées en pourcent massique. Par conséquent, dans une expression mathématique, « 0,4 Zn » signifie : 0,4 fois la teneur en zinc, exprimée en pourcent massique ; cela s'applique mutatis mutandis aux autres éléments chimiques. La désignation des alliages suit les règles de The Aluminum Association, connues de l'homme du métier. Les états métallurgiques sont définis dans la norme européenne EN 515. La composition chimique d'alliages d'aluminium normalisés est définie par exemple dans la norme EN 573-3. Sauf mention contraire, 25 les caractéristiques mécaniques statiques, c'est-à-dire la résistance à la rupture R_m , la limite élastique $R_{p0,2}$, et l'allongement à la rupture A , sont déterminées par un essai de traction selon la norme EN 10002-1, l'endroit et le sens du prélèvement des éprouvettes étant définis dans la norme EN 755-1.

Sauf mention contraire, les définitions de la norme européenne EN 12258-1 s'appliquent. Le terme « tôle » est utilisé ici pour des produits laminés de toute épaisseur.

Le terme « usinage » comprend tout procédé d'enlèvement de matière tel que le
5 tournage, le fraisage, le perçage, l'alésage, le taraudage, l'électroérosion, la rectification, le polissage. Le terme « tube filé » inclut les produits tubulaires et en particulier les tubes filés et étirés.

On appelle ici « élément de structure » ou « élément structural » d'une construction mécanique une pièce mécanique dont la défaillance est susceptible de
10 mettre en danger la sécurité de ladite construction, de ses utilisateurs, des ses usagers ou d'autrui.

Pour un avion, ces éléments de structure comprennent notamment les éléments qui composent le fuselage (tels que la peau de fuselage (fuselage skin en anglais), les raidisseurs ou lisses de fuselage (stringers), les cloisons étanches (bulkheads), les
15 cadres de fuselage (circumferential frames)), les ailes (tels que la peau de voilure (wing skin), les raidisseurs (stringers ou stiffeners), les nervures (ribs) et longerons (spars) et l'empennage composé notamment de stabilisateurs horizontaux et verticaux (horizontal or vertical stabilisers), ainsi que les profilés de plancher (floor beams), les rails de sièges (seat tracks) et les portes.

20 Le terme « élément de structure monolithique » se réfère ici à un élément de structure qui a été obtenu, le plus souvent par usinage, à partir d'une seule pièce de demi-produit laminé, filé, forgé ou moulé, sans assemblage, tel que rivetage, soudage, collage, avec une autre pièce.

Le terme « élément de structure bi-fonctionnel » se réfère ici principalement aux
25 fonctions conférées par les caractéristiques métallurgiques du produit et non pas par sa forme géométrique.

b) Description détaillée de l'invention

30

— Selon l'invention, le problème est résolu par l'utilisation d'un élément de structure filé (F) comportant deux alliages coextrudés, dans lequel le pied, c'est-à-dire la partie destinée à être fixée sur la surface d'un autre élément de structure (E),

pour former un élément de structure (G), est en alliage (B), et par exemple dans le même alliage que celui sur lequel il doit être fixé, alors que le corps, qui constitue le reste dudit élément de structure filé (F), peut être en alliage à hautes caractéristiques mécaniques (A). L'alliage (B) peut être un alliage à traitement thermique. L'alliage
5 (A) peut avantageusement être un alliage à traitement thermique, afin que l'élément de structure (G) formé par assemblage entre les éléments de structure (F) et (E) puisse être utilisé en construction aéronautique. Un tel élément de structure filé (F) selon l'invention est donc bi-fonctionnel, au sens que son corps répond à des exigences métallurgiques significativement différentes de celles de son pied.

10

Dans une réalisation avantageuse, qui est susceptible de répondre au problème de rendre possible l'assemblage par soudage, et notamment par soudage par fusion, entre un élément de structure en alliage d'aluminium à traitement thermique et un élément de structure en alliage d'aluminium à traitement thermique réputé non
15 soudable par fusion, l'alliage (B) est un alliage soudable, notamment soudable par fusion, afin que l'assemblage entre l'élément de structure filé (F) selon l'invention et l'élément de structure (E) puisse se faire par soudage. L'alliage (B) peut être un alliage de la série 6xxx, 5xxx ou 4xxx. L'alliage (A) n'a pas besoin d'être soudable, mais cela n'est pas exclu.

20

La présente invention peut s'appliquer à toute combinaison d'alliages à base d'aluminium filables. Dans une réalisation préférée, l'alliage (A) est un alliage de la série 7xxx, et de manière préférée sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7036, 7068, 7136 et
25 l'alliage (B) est sélectionné dans le groupe constitué par les alliages soudables par fusion des séries 4xxx, 5xxx, 6xxx et de manière préférée 6056, 6056A, 6156, 6013, 6060, 6110, 5005, 5083, 5086. On peut aussi utiliser pour l'alliage (A) d'autres alliages de type Al-Zn-Cu-Mg, et notamment ceux à haute teneur en zinc (> 8,7%).

30

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, qui est plus général que le problème particulier énoncé ci-dessus, on peut aussi choisir un alliage (B) qui n'est pas réputé être soudable par fusion, mais qui peut être soudable par soudage par friction-malaxage. On obtient ainsi également un élément de structure filé (F) bi-

fonctionnel. A titre d'exemple, dans un élément de structure filé (F) où le corps doit répondre à des exigences de caractéristiques mécaniques statiques et le pied doit être résistant à la fatigue et / ou doit présenter une bonne tolérance aux dommages (ténacité, propagation de fissures, etc), on peut sélectionner l'alliage (A) dans le
5 groupe constitué par les alliages 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, et l'alliage (B) peut être un alliage de la série 2xxx, et peut être sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 2024, 2024A, 2056, 2124, 2224, 2324, 2424, 2524. Dans ce mode de réalisation, l'assemblage des éléments de structure (F) et (E) ne se fait pas nécessairement par soudage, mais peut se faire par
10 les méthodes traditionnelles de rivetage. Ce type d'éléments de structure bi-fonctionnels peut également trouver des applications directes, i.e. qui ne font pas appel à un assemblage avec d'autres éléments de structure.

L'élément de structure filé (F) selon l'invention peut être fabriqué par un
15 procédé comprenant les étapes suivantes :

- (a) on prépare une billette de filage cylindrique creuse composée d'un tube externe en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique, et d'un tube interne en alliage à base d'aluminium (B),
- (b) on file par filage sur aiguille un tube creux comportant une pluralité
20 d'ailettes, de manière à ce que lesdites ailettes, de forme droite ou complexe, soient pour leur plus grande partie en alliage (A), alors que le tube creux soit en alliage (B),
- (c) on découpe, et éventuellement usine, le produit issu de l'étape (b) de manière à obtenir des éléments de structure (F) comportant un pied en
25 alliage (B) et un corps en alliage (A).

Selon ce procédé avantageux, on élabore d'abord une billette creuse composite à symétrie axiale, qui comprend de manière concentrique deux tubes à section circulaire, le tube interne en alliage (B) de diamètre extérieur D étant enfilé dans le
30 tube externe en alliage (A) de diamètre intérieur D. Cette insertion peut être faite par expansion à chaud du tube externe. On préfère cependant opérer par contraction à froid du tube interne ; la demanderesse a constaté que l'utilisation de ce dernier procédé d'insertion conduit sur l'élément structural filé (F) à une force

d'arrachement plus grande. La demanderesse a constaté qu'il est très important que dans la billette creuse composite, l'écart de la symétrie axiale soit aussi faible que possible, car il se répercute directement sur la symétrie de la section du tube creux filé, et notamment sur la constance de l'épaisseur de la paroi interne ainsi que sur la
5 hauteur de pénétration (définie sur la figure 6) de l'alliage (B) dans le corps de l'élément de structure (F).

La découpe à l'étape (c) peut être effectuée selon les techniques connues. Il s'agit d'une découpe longitudinale pour obtenir des longs segments de l'élément de structure filé, qui peuvent être coupées à la longueur souhaitée. Ainsi, les ailettes du
10 tube creux filé deviennent le corps de l'élément de structure (F), alors que le tube creux lui-même devient son pied. Il peut être avantageux de parachever le pied par usinage.

On obtient ainsi un élément de structure (F) monolithique et bi-fonctionnel, dont le corps présente par exemple des caractéristiques de résistance mécanique statique
15 particulièrement élevées, alors que le pied présente par exemple une résistance à la fatigue particulièrement élevée, ou a la caractéristique technique d'être soudable par fusion.

L'élément de structure filé (F) selon l'invention peut aussi être fabriqué par
20 n'importe quel autre procédé qui assure une liaison métallurgique suffisamment forte entre le pied et le corps, telle que caractérisée par la force d'arrachement du corps. Le procédé décrit ci-dessus, basé sur le filage sur aiguille d'une billette creuse composite à symétrie axiale, donne des meilleurs résultats que l'utilisation d'une billette assemblée de manière séquentielle à partir de deux billettes de diamètre
25 extérieur égal (figure 3). Lorsque l'on utilise une telle billette selon la figure 3, on ne procède pas par filage sur aiguille. On peut également utiliser au lieu d'une billette coulée un tube concentrique composé de deux tubes filés et éventuellement usinés.

L'avantage d'utiliser une billette creuse composite à symétrie axiale est que
30 ce procédé assure une bonne homogénéité du produit filé, et notamment une répartition assez constante des deux alliages sur le pied et le corps de l'élément de structure filé (F) en fonction de la longueur du tube creux filé. A titre d'exemple, les inventeurs ont observé qu'entre le début et la fin du tube creux filé à partir d'une

billette creuse composite à symétrie axiale, la hauteur h (définie sur la figure 6) diminue d'environ 6 mm à environ 3 mm. Cette légère inhomogénéité ne semble pas avoir d'effet négatif appréciable sur les propriétés d'usage de l'élément de structure (F). Les inventeurs ont constaté que l'utilisation d'un procédé de filage inverse d'une
5 billette creuse composite à symétrie axiale comme décrite ci-dessus minimise cette inhomogénéité.

Le procédé selon l'invention permet de fabriquer des éléments de structure (G) par soudage de l'élément de structure filé (F) avec un autre élément de structure (E),
10 dans lesquels l'application d'une force d'arrachement au corps de l'élément de structure (F) ne conduit normalement pas à une rupture entre le pied et le corps. Cela veut dire qu'on n'observe pas une fragilité mécanique de l'interface entre les alliages (A) et (B).

15 L'utilisation d'un élément de structure filé (F) selon l'invention permet de réaliser des éléments de structure (G) de grande taille de manière très simple. A titre d'exemple, l'élément de structure filé (F) peut être un raidisseur que l'on soude sur une tôle. Plus généralement, l'invention inclut également un procédé de fabrication d'un élément de structure soudé (G), notamment pour construction aéronautique,
20 dans lequel

- (a) on soude par fusion un élément de structure filé (F) sur un produit ou élément de structure (E) en alliage d'aluminium à traitement thermique,
- (b) on effectue optionnellement un traitement thermique sur ledit élément de structure soudé (G).

25 Un tel élément de structure soudé (G) peut être un élément de fuselage d'un avion. La figure 8 montre un panneau de fuselage (10), représentant le produit (E), dont une des surfaces (11) a été usinée. Un élément de structure filé (F) selon l'invention (repère 12), avec un pied (13) en alliage soudable et un corps (14), a été soudé sur le produit (E), avec formation d'une zone soudée (15).

30

Un éventuel traitement thermique final se fait sur la pièce soudée. Ainsi, on peut par exemple améliorer son comportement en corrosion. En général, les traitements thermiques de revenu peuvent s'additionner. Par conséquent, il faut que l'état de

traitement thermique des éléments de structure (F) et (E) soit bien choisi pour arriver par l'intermédiaire d'un traitement thermique après soudage à un état final de l'élément de structure (G) qui soit satisfaisant, par exemple par le biais d'un pré-revenu sur l'un ou l'autre des éléments. A titre d'exemple, un raidisseur en alliage 7xxx nécessite un revenu d'une durée totale plus courte qu'un demi-produit en alliage 6xxx. Si les tôles sont en alliage 6xxx et les raidisseurs en alliage 7xxx, il faut que les tôles en alliage 6xxx aient été soumises à un pré-revenu avant le soudage, car la durée du traitement thermique qu'elles peuvent subir après soudage est limitée par la durée plus courte du traitement de revenu que doivent subir les raidisseurs en alliage 7xxx après soudage.

Pour produire des éléments de structure encore plus complexes, le corps de l'élément de structure filé (F), qui est en alliage (A) et qui est fixé, par exemple par soudage ou rivetage, sur un produit ou élément de structure (E), peut être fixé, par exemple par rivetage ou boulonnage, sur d'autres produits. Cela suppose en général que le corps de l'élément de structure filé (F) ait une forme qui se prête à ce type d'assemblage. Ce mode de réalisation est illustré sur la figure 10 qui montre un produit (20), représentant le produit (E), dont une des surfaces (11) a été usinée. Un élément de structure filé (F) selon l'invention (repère 12), avec un pied (13) en alliage soudable et un corps (14), a été soudé sur le produit (E), avec formation d'une zone soudée (15). Le corps (14) de l'élément de structure filé est fixé par rivet (16) sur un autre élément de structure (17). Un tel élément de structure complexe peut être utilisé en construction aéronautique en tant qu'assemblage de cadres de fuselage : dans ce cas le corps (14) du profilé filé bi-fonctionnel (F) selon l'invention (12) est en alliage de la série 2xxx, et le pied (13) en alliage 4xxx, 5xxx ou 7xxx, le produit (20) est la peau de fuselage, (12) est un « raidisseur » (en anglais shear web), et (17) le cadre.

La figure 9 montre un mode de réalisation d'un élément de structure (G) à partir d'un élément de structure filé bi-fonctionnel (F) selon l'invention par rivetage. L'élément de structure bi-fonctionnel (12) présente un corps (14) en alliage de la série 7xxx, à haute résistance mécanique, et un pied (13) en alliage de la série 2xxx, à haute tolérance aux dommages. Le pied (13) est fixé par rivets (16) sur deux

éléments de structure (E) adjacents (repère 18). Un tel élément de structure (G) peut être utilisé pour la construction du fuselage d'avions.

D'autres modes de réalisation de la présente invention sont décrits dans les
5 revendications dépendantes.

Dans les exemples qui suivent, on décrit à titre d'illustration des modes de réalisation avantageux de l'invention. Ces exemples n'ont pas de caractère limitatif.

10 Exemple

Dans cet exemple, on fabrique des éléments de structure filés avec un corps en alliage AA7349 et un pied en alliage AA6056 (référence P6) ou en alliage AA5086 (référence P5).

On prépare une billette de filage creuse comportant une partie concentrique
15 extérieure en alliage AA7349 et une partie intérieure concentrique en alliage AA6056 ou AA5086 de la manière suivante : on coule une première billette en alliage AA7349 et usine dans cette billette un cylindre avec un diamètre extérieur de 189 mm. Dans ce cylindre, on aménage un canal de section circulaire (diamètre D) de manière à ce que l'axe longitudinal du cylindre et l'axe longitudinal du canal
20 coïncident. Ledit canal traverse toute la longueur dudit cylindre.

A partir d'une deuxième billette en alliage AA6056 ou AA5086, on prépare un cylindre avec un diamètre externe D et un canal de section circulaire (diamètre d) de manière à ce que l'axe longitudinal du cylindre et l'axe longitudinal du canal coïncident. Ledit canal traverse toute la longueur dudit cylindre.

25 On obtient ainsi deux tubes cylindriques creux, l'un en alliage 7349, l'autre en alliage AA6056 ou AA5086, avec $D = 85$ mm et $d = 53$ mm. Après expansion à chaud à 120°C du tube en alliage 7349, on insère le tube en alliage 6056 dans le tube en alliage 7349. On obtient ainsi une billette cylindrique creuse dont la section est montrée de manière schématique sur la figure 1. On file sur aiguille par filage direct
30 à une température du bloc de 420°C . La section du profilé extrudé est montrée sur la figure 2. Dans cet exemple, le rapport d'extrusion est de 11. Le profilé obtenu a été

découpé dans le sens de sa longueur : une longueur de profilé donne ainsi huit longueurs de raidisseur (voir figure 2).

Pour chaque type de raidisseur (référence P5 ou P6), les corps et pieds, à l'état T76, ont été caractérisés par leur limite élastique $R_{p0.2}$, leur résistance à la rupture R_m et leur allongement à rupture A , voir tableaux 1 et 2. A titre de comparaison, le tableau 3 donne le même type de résultats pour un raidisseur obtenu par filage direct sur aiguille avec une billette monobloc (référence P7) en alliage AA7349. Les conditions de filage étaient comparables à celles des références P5 et P6. Pour ce raidisseur P7, le pied et le corps sont donc tous les deux en alliage AA7349.

10

Tableau 1

Référence	Repère	Pied (alliage AA5086)			Corps (alliage AA7349)		
		$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A%	$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
P5	1	595	659	12.8	670	724	7.7
P5	2	593	659	11.2	666	723	7.7
P5	3	589	653	11.7	665	720	6.6
P5	4	581	648	10.9	665	721	7.0
P5	5	578	646	10.1	665	722	8.4
P5	6	586	652	11.9	669	727	8.5
P5	7	585	650	12.2	664	722	8.2
P5	8	589	653	13.0	668	726	7.8
Moyenne		587	653	11.7	667	723	7.7

Tableau 2

Référence	Repère	Pied (alliage AA6056)			Corps (alliage AA7349)		
		$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A%	$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A%
P6	1	593	656	10.9	669	725	7.8
P6	2	595	658	12.7	666	722	9.5
P6	3	596	660	11.9	677	731	7.6
P6	4	597	663	11.8	672	725	7.0
P6	5	594	658	10.8	674	726	6.1
P6	6	593	655	10.0	673	725	6.4
P6	7	595	661	11.1	677	728	6.4
P6	8	597	662	11.9	673	727	6.9
Moyenne		595	659	11.4	673	726	7.2

Tableau 3

Référence	Repère	Pied (alliage AA7349)			Corps (alliage AA7349)		
		R _{p0.2} [MPa]	R _m [MPa]	A%	R _{p0.2} [MPa]	R _m [MPa]	A%
P7	1	597	665	11.1	669	724	11.1
P7	2	599	667	13.4	674	729	11.6
P7	3	602	664	14.3	678	731	10.3
P7	4	593	660	12.9	676	730	10.7
P7	5	594	661	13.3	669	723	9.5
P7	6	599	666	13.6	676	733	11.3
P7	7	598	665	13.1	676	732	11.6
P7	8	596	667	12.7	670	725	11.3
Moyenne		597	664	13.0	674	728	10.9

On caractérise la qualité de la liaison métallurgique entre les deux alliages (A) et (B) en mesurant la force d'arrachement du corps de l'élément de structure lorsque le pied est fixé dans un dispositif de maintien rigide. Ce dispositif est montré de manière schématique sur la figure 7. On découpe une section de l'élément de structure (F) à tester, et on le fixe entre des mors 1, 2. La forme des mors est adaptée à la courbure du produit pour garantir un contact parfait entre les mors et l'échantillon. A une distance suffisante des mors, le corps 3 du produit est pris entre les mors (non représentés sur la figure7) d'une machine de traction. Une force d'arrachement 4 est appliquée et augmentée jusqu'à la rupture du produit à tester. On enregistre la force. Il est possible de calculer approximativement une contrainte de traction en divisant la force par la section A. Les résultats de cet essai d'arrachement sont donnés dans les tableaux 4, 5 et 6.

Tableau 4

Référence	Repère	Force arrachement (N)	Contrainte d'arrachement [MPa]
P5	1	32691	382
P5	2	29481	344
P5	3	33860	397
P5	4	33641	389
P5	5	34354	399
P5	6	33218	391
P5	7	31673	372
P5	8	30530	355

Référence	Repère	Force arrachement (N)	Contrainte d'arrachement [MPa]
P6	1	33125	384
P6	2	28642	333
P6	3	28399	329
P6	4	29690	344
P6	5	37197	434
P6	6	34993	406
P6	7	36528	425
P6	8	32394	377

Tableau 6

Référence	Repère	Force arrachement (N)	Contrainte d'arrachement [MPa]
P7	1	47616	554
P7	2	47333	550
P7	3	51164	595
P7	4	52700	613
P7	5	54283	631
P7	6	52877	615
P7	7	51907	604
P7	8	48213	561

On constate par observation en microscopie optique de P5 et P6 avant mise en solution que l'interface entre le pied et le corps est très nette ; on n'observe pas un mélange des deux alliages (A) et (B), mais une zone de diffusion dont la largeur ne dépasse pas 180 μm pour la référence P5, et 160 μm pour la référence P6. Cela ressort de la figure 4 qui montre la longueur de la zone de diffusion déterminée pour un tube creux représentatif par sonde électronique (electron probe micro-analysis) pour deux combinaisons d'alliages (A) et (B) et trois éléments suivis, le magnésium, le cuivre et le zinc.

REVENDICATIONS

1. Elément de structure filé (F), notamment un raidisseur pour construction
aéronautique, comprenant un pied apte à être fixé sur une surface, et un corps,
5 caractérisé en ce que ledit pied est en alliage à base d'aluminium (B) et en ce
que ledit corps est en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique,
étant entendu que les alliages (A) et (B) sont différents.
2. Elément de structure selon la revendication 1, dans lequel l'alliage (B) est un
10 alliage soudable par fusion.
3. Elément de structure selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'alliage (A)
est un alliage du groupe 7xxx.
- 15 4. Elément de structure selon la revendication 3, dans lequel l'alliage (A) est
sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 7049, 7149, 7249, 7349,
7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.
5. Elément de structure selon une quelconque des revendications 1 à 4, dans
20 lequel l'alliage (B) est un alliage du groupe 6xxx, du groupe 4xxx ou du
groupe 5xxx.
6. Elément de structure selon une quelconque des revendications 1 à 5, dans
lequel l'alliage (B) est sélectionné dans le groupe constitué par les alliages
25 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.
7. Procédé de fabrication d'un élément de structure filé (F) selon une
quelconque des revendications 1 à 6 notamment pour construction
aéronautique, comprenant les étapes suivantes :
30 (a) on prépare une billette de filage cylindrique creuse à symétrie axiale
composée d'un tube externe en alliage à base d'aluminium (A) à

traitement thermique, et d'un tube interne en alliage à base d'aluminium (B),

5 (b) on file par filage sur aiguille un tube creux comportant une pluralité d'ailettes, de manière à ce que lesdites ailettes soient pour leur plus grande partie en alliage (A), alors que la paroi du tube creux est en alliage (B),

(c) on découpe, et éventuellement usine, le produit issu de l'étape (b) de manière à obtenir un élément de structure (F) comportant un pied en alliage (B) et un corps en alliage (A).

10

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'insertion dudit tube interne en alliage à base d'aluminium (B) dans ledit tube externe en alliage à base d'aluminium (A) à traitement thermique se fait par contraction à froid dudit tube interne.

15

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le filage est un filage inverse.

10. Procédé selon une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'alliage (B) est un alliage soudable par fusion.

20

11. Procédé selon une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel l'alliage (A) est sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.

25

12. Procédé selon une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel l'alliage (B) est sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.

30 13. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'alliage (B) est sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 2024, 2024A, 2056, 2124, 2224, 2324, 2424, 2524.

17

14. Elément de structure filé (F) susceptible d'être obtenu par un procédé selon une quelconque des revendications 7 à 13.
15. Procédé de fabrication d'un élément de structure (G), notamment pour construction aéronautique, dans lequel
- 5 (a) on soude par fusion un élément de structure filé (F) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou 14 sur un produit ou élément de structure (E) en alliage d'aluminium à traitement thermique, pour obtenir un élément de structure soudé (G),
- 10 (b) on effectue optionnellement un traitement thermique sur ledit élément de structure soudé (G).
16. Elément de structure soudé (G), notamment pour construction aéronautique, susceptible d'être obtenu par un procédé dans lequel
- 15 (a) on soude par fusion un élément de structure filé (F) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou 14 sur un produit ou élément de structure (E) en alliage d'aluminium à traitement thermique, pour obtenir un élément de structure soudé (G),
- 20 (b) on effectue optionnellement un traitement thermique sur ledit élément de structure soudé (G).

25

Figure 1/10

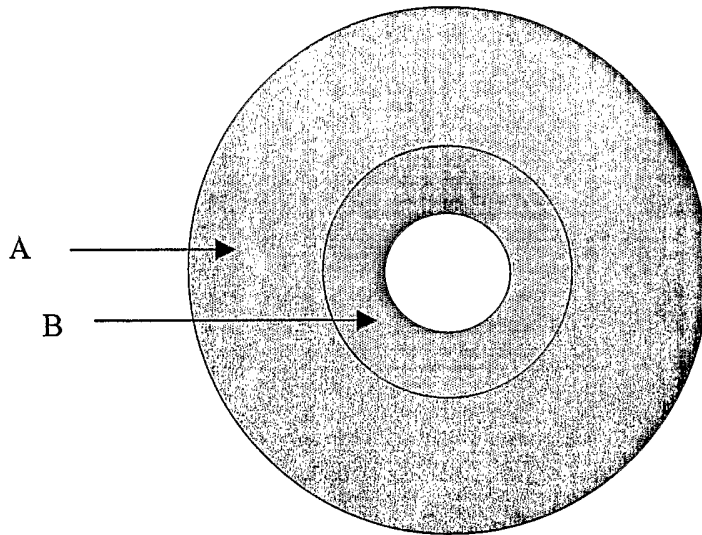


Figure 2/10

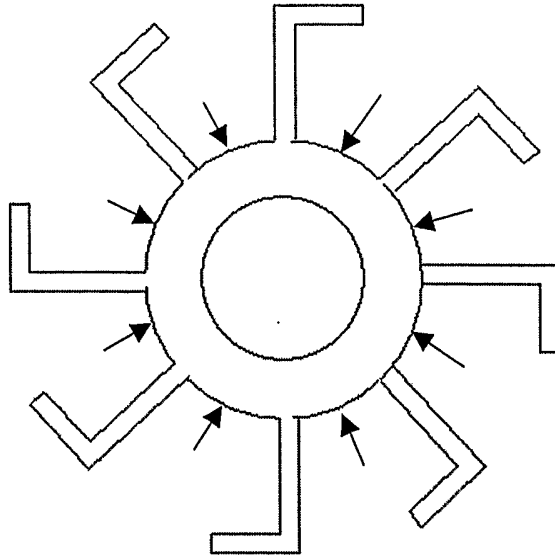


Figure 3/10

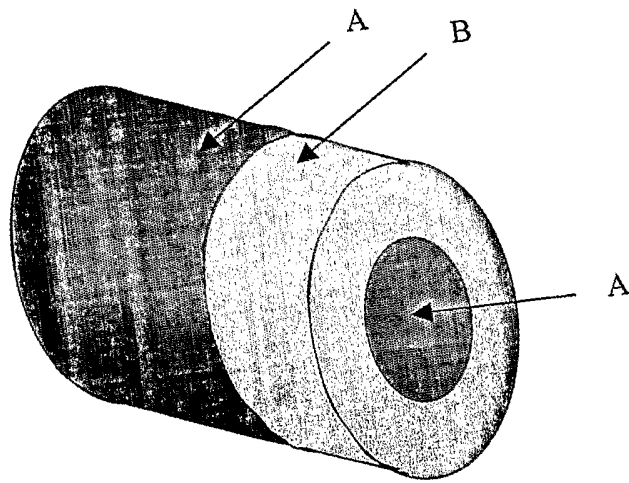


Figure 4/10

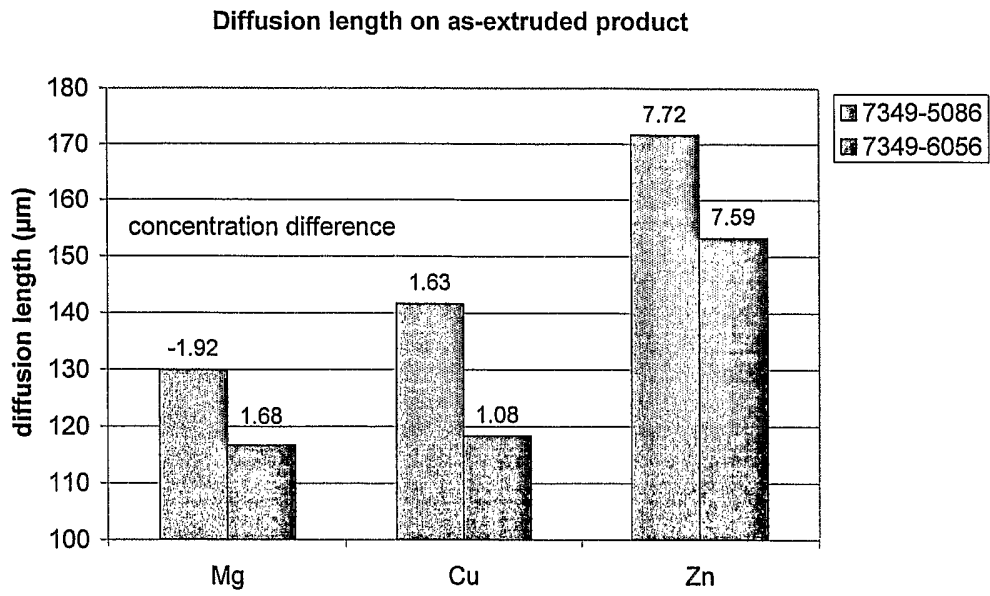


Figure 5/10

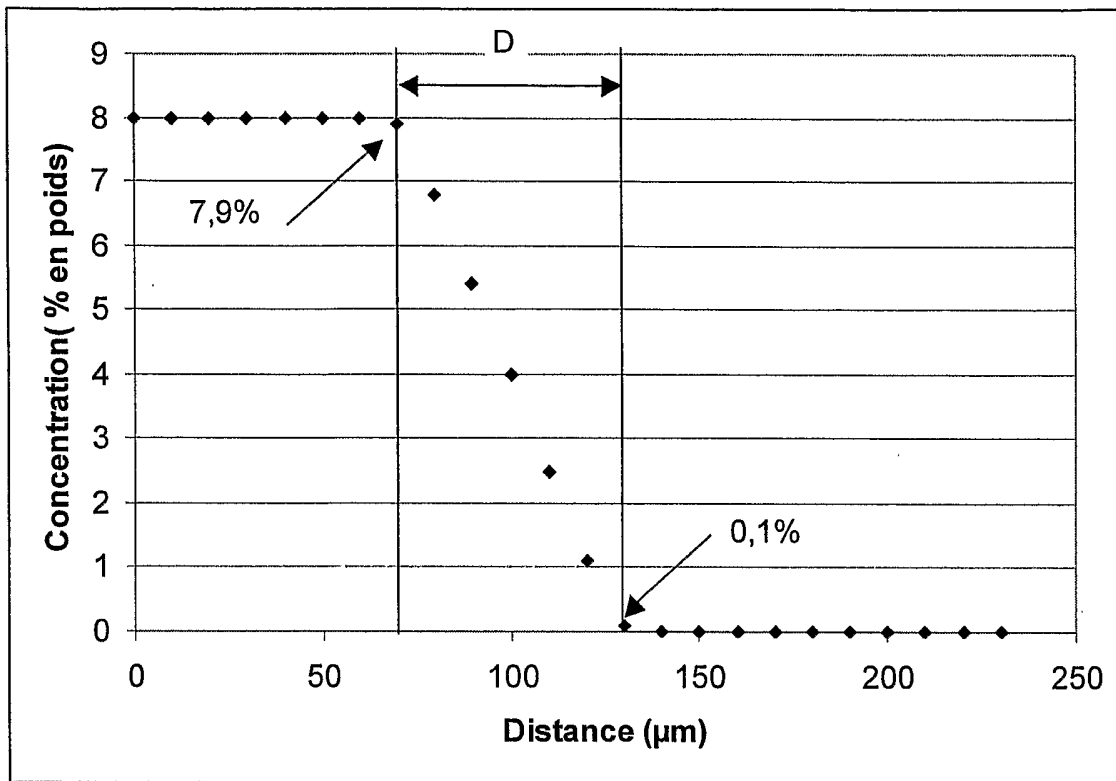


Figure 6/10

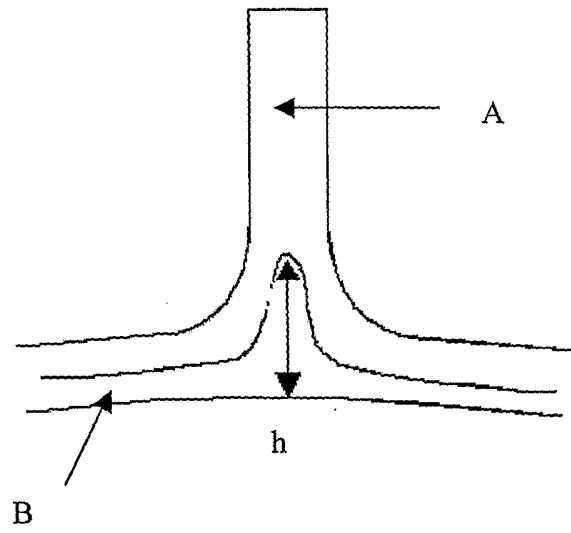


Figure 7/10

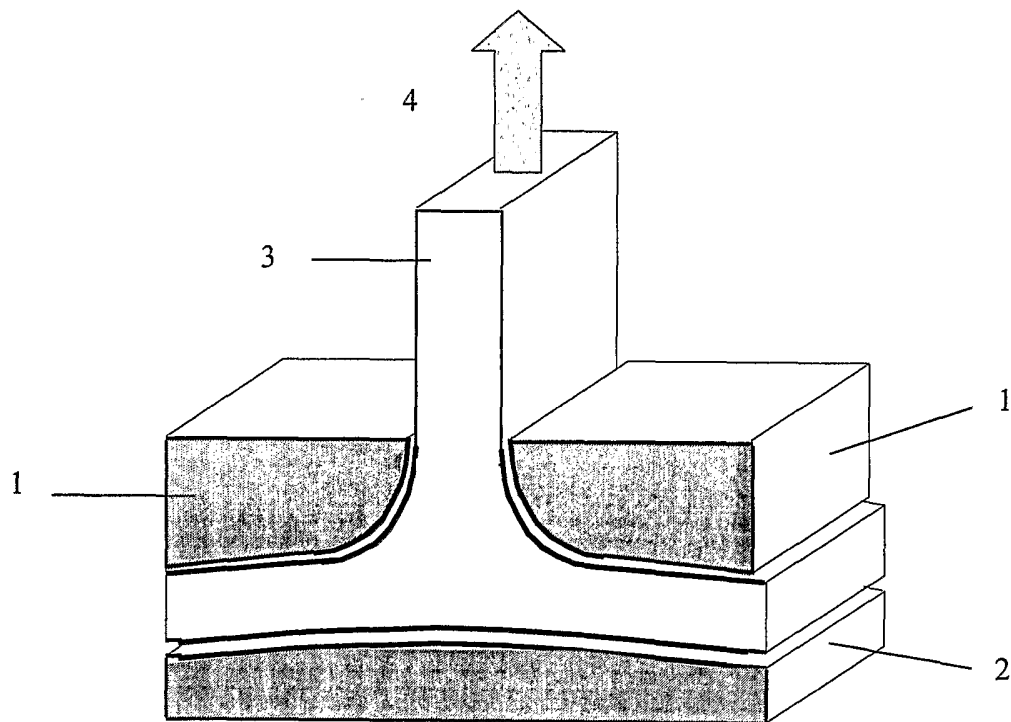


Figure 8/10

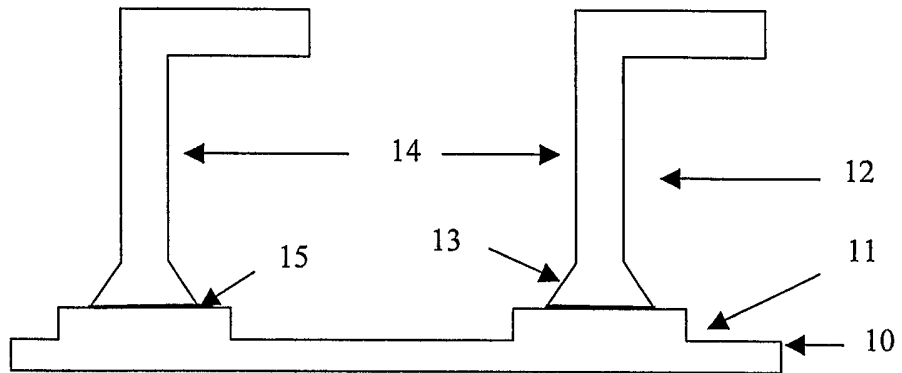


Figure 9/10

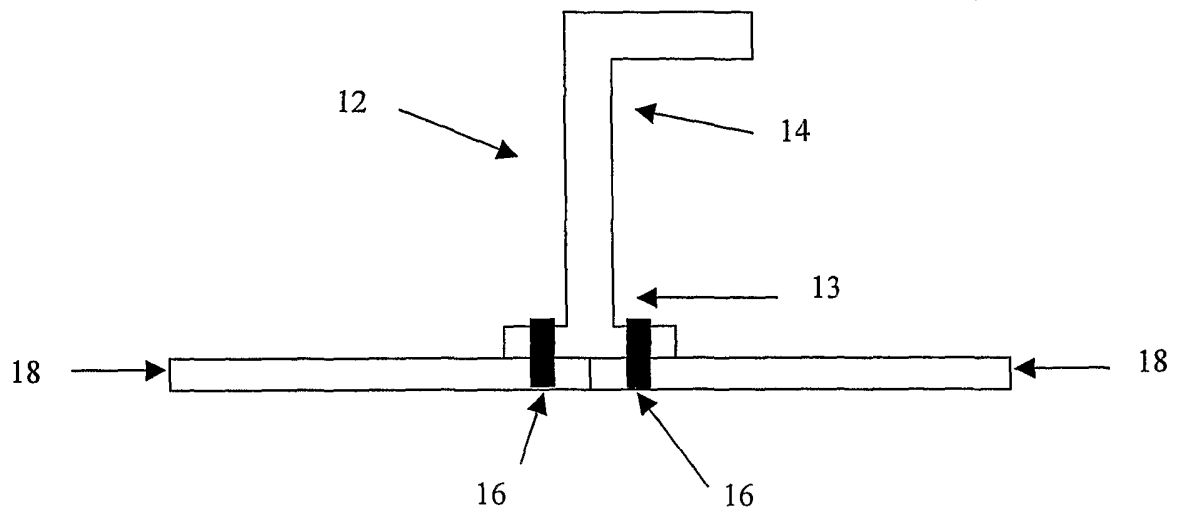
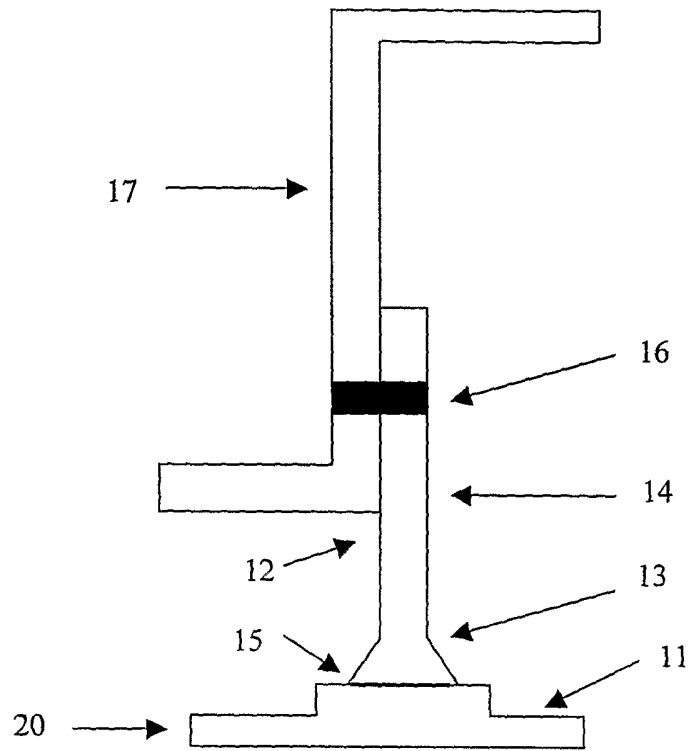


Figure 10/10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2005/002669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B21C23/10 B21C23/22 B21C23/01 B23K20/00 B64C1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21C B23K B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 508 434 A (AUSTRIA METALL AKTIENGESELLSCHAFT; OESTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM) 14 October 1992 (1992-10-14)	1, 14
A	column 3, lines 20-57; figure 1	15, 16
A	US 4 214 925 A (ARITA, KOJI ET AL) 29 July 1980 (1980-07-29) abstract; figure 1	1
A	US 6 082 073 A (SILVANUS ET AL) 4 July 2000 (2000-07-04) column 1, line 60 - column 2, line 26 column 3, lines 8-64; figure 1	1, 15, 16
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

23 January 2006

08/02/2006

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Augé, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2005/002669

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 482 003 A (ROGER W. LEVAN) 2 December 1969 (1969-12-02) column 1, lines 47-50 column 3, lines 1-3; figure 2 -----	7,14
A	US 2 798 604 A (TODD GEORGE B) 9 July 1957 (1957-07-09) column 1, lines 15-26 column 2, line 1 column 3, lines 49-53; figures 10,14 -----	7,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2005/002669

Patent document cited in search report	A	Publication date	DE	Patent family member(s)	Publication date
EP 0508434	A	14-10-1992	DE	4111509 A1	15-10-1992
US 4214925	A	29-07-1980	FR	2407049 A1	25-05-1979
			GB	2009232 A	13-06-1979
			JP	1320554 C	29-05-1986
			JP	54061015 A	17-05-1979
			JP	57011948 B	08-03-1982
US 6082073	A	04-07-2000	AT	213705 T	15-03-2002
			DE	19739595 C1	04-02-1999
			EP	0901939 A2	17-03-1999
			JP	11139350 A	25-05-1999
US 3482003	A	02-12-1969	NONE		
US 2798604	A	09-07-1957	NONE		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2005/002669

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 B21C23/10 B21C23/22 B21C23/01 B23K20/00 B64C1/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 B21C B23K B64C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
 EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 508 434 A (AUSTRIA METALL AKTIENGESELLSCHAFT; OESTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM) 14 octobre 1992 (1992-10-14)	1, 14
A	colonne 3, ligne 20-57; figure 1 -----	15, 16
A	US 4 214 925 A (ARITA, KOJI ET AL) 29 juillet 1980 (1980-07-29) abrégé; figure 1 -----	1
A	US 6 082 073 A (SILVANUS ET AL) 4 juillet 2000 (2000-07-04) colonne 1, ligne 60 - colonne 2, ligne 26 colonne 3, ligne 8-64; figure 1 -----	1, 15, 16
	-/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

<p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
---	--

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 23 janvier 2006	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/02/2006
---	---

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Augé, M
---	--

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002669

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 482 003 A (ROGER W. LEVAN) 2 décembre 1969 (1969-12-02) colonne 1, ligne 47-50 colonne 3, ligne 1-3; figure 2 -----	7,14
A	US 2 798 604 A (TODD GEORGE B) 9 juillet 1957 (1957-07-09) colonne 1, ligne 15-26 colonne 2, ligne 1 colonne 3, ligne 49-53; figures 10,14 -----	7,14

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002669

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0508434	A	14-10-1992	DE 4111509 A1	15-10-1992
US 4214925	A	29-07-1980	FR 2407049 A1	25-05-1979
			GB 2009232 A	13-06-1979
			JP 1320554 C	29-05-1986
			JP 54061015 A	17-05-1979
			JP 57011948 B	08-03-1982
US 6082073	A	04-07-2000	AT 213705 T	15-03-2002
			DE 19739595 C1	04-02-1999
			EP 0901939 A2	17-03-1999
			JP 11139350 A	25-05-1999
US 3482003	A	02-12-1969	AUCUN	
US 2798604	A	09-07-1957	AUCUN	