

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 11.01.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 12.07.13 Bulletin 13/28.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR
et AIR LIQUIDE WELDING FRANCE Société anonyme
— FR.

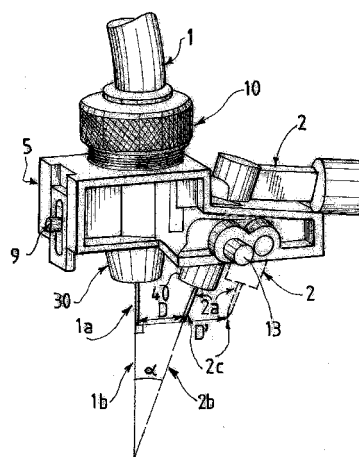
72 Inventeur(s) : PLANCKAERT JEAN-PIERRE et BUR-
VELLE NICOLAS.

73 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme, AIR
LIQUIDE WELDING FRANCE Société anonyme.

74 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

54 DISPOSITIF DE SOUDAGE HYBRIDE MIG-TIG OU MAG-TIG.

57 Un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche (1) de soudage MIG ou MAG comprenant un fil fusible (1a) orienté selon une première direction (1b), associée à une torche (2) de soudage TIG comprenant une électrode non fusible (2a) orientée selon une deuxième direction (2b), lesdites première et deuxième directions (1b, 2b) étant sensiblement coplanaires et formant entre elles un angle (α) compris entre 5 et 40°. Selon l'invention, ledit dispositif comprend en outre un sabot (5) d'assemblage des torches (1, 2) apte à et conçu pour permettre un positionnement de la torche (2) de soudage TIG selon au moins deux positions prédéfinies par rapport à la torche (1) de soudage MIG ou MAG comprenant une première position dans laquelle l'extrémité (2c) de l'électrode non fusible (2a) se situe à une première distance (D) de la première direction (1b), et une deuxième position dans laquelle l'extrémité (2c) de l'électrode non fusible (2a) se situe à une deuxième distance (D') de la première direction (1b), la deuxième distance (D') étant supérieure à la première distance (D).



L'invention porte sur un dispositif de soudage associant une torche MIG ou MAG et une torche TIG et permettant une mise en œuvre plus simple et plus rapide d'un procédé de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG. L'invention concerne également un procédé de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG de pièces métalliques utilisant le dispositif de soudage de l'invention, en particulier un procédé de soudage à grande vitesse de pièces métalliques de faibles épaisseurs.

Les procédés de soudage MIG, pour « *Metal Inert Gas* », ou MAG, pour « *Metal Active Gas* » reposent sur l'utilisation d'un arc électrique établi entre l'extrémité d'un fil métallique fusible et les pièces métalliques à souder. La chaleur de l'arc électrique permet de fondre le métal constitutif des pièces à souder ainsi que le métal constitutif du fil fusible, i. e le métal d'apport, ce qui génère un bain de soudure, c'est-à-dire un bain de métal liquide, formé du métal des pièces à souder et du métal du fil fusible fondu et transféré dans l'arc électrique.

On obtient un cordon de soudure par re-solidification progressive du bain de soudure et déplacement relatif du fil fusible et des pièces métalliques. En outre, un flux de gaz inerte est distribué sur le bain de soudure par une buse positionnée au-dessus des pièces à souder de manière à protéger le métal fondu de l'air ambiant.

Au cours de l'opération de soudage MIG ou MAG, un flux de gaz de protection est distribué sur le bain de soudure par une buse positionnée au-dessus des pièces à souder, de manière à protéger le métal fondu de l'air ambiant.

La différence entre les procédés de soudage MIG ou MAG réside dans la nature du gaz de protection utilisé, à savoir inerte dans le cas du procédé MIG et active, plus précisément oxydante, dans le cas du procédé MAG.

Le procédé de soudage MIG ou MAG est généralement opéré avec une torche de soudage MIG ou MAG supportant le fil métallique servant d'électrode fusible et la buse apte à distribuer le gaz de protection du bain de soudure. La torche MIG ou MAG est reliée électriquement à au moins un générateur de courant délivrant un courant lisse ou pulsé, d'une intensité de l'ordre de 100 à 500 A, laquelle torche est également reliée fluidiquement à au moins une source de gaz inerte. L'ensemble de ces éléments, à savoir torche de soudage, générateur de courant, source de gaz, ainsi que les câbles d'alimentations électriques, les circuits d'alimentation en gaz et les éléments mécaniques tels que bâti-supports et/ou poutre

mobile sur lesquels est agencée la torche sont compris dans un ensemble appelé installation de soudage MIG ou MAG.

Habituellement, le procédé de soudage MIG ou MAG est utilisé pour souder des pièces métalliques formées de différents matériaux métalliques, notamment des pièces en alliages
5 ferreux, en aluminium ou en alliage d'aluminium, de préférence en acier inoxydable ou en acier au carbone.

A noter que par pièces métalliques, on entend au moins deux pièces métalliques distinctes ou alors une seule pièce à souder avec elle-même, par exemple les deux bords longitudinaux d'une feuille métallique de manière à former un tube soudé.

10 Outre le temps de préparation des pièces avant soudage et le taux de cordons de soudure mis au rebut, la productivité d'un procédé de soudage MIG ou MAG est gouvernée en grande partie par la vitesse de soudage des pièces métalliques.

Afin d'augmenter la productivité du procédé de soudage MIG ou MAG, une solution évidente est donc d'augmenter la vitesse de soudage, c'est-à-dire la vitesse de déplacement
15 relatif du fil fusible et des pièces métalliques à souder.

Toutefois, il s'avère dans certains cas que les vitesses de soudage MIG ou MAG ne peuvent pas être augmentées au-delà d'une valeur limite, à laquelle des défauts commencent à apparaître sur les cordons de soudure. En particulier, on observe l'apparition de ces défauts lors du soudage de pièces métalliques de faibles épaisseurs, typiquement moins de 2 mm, ou
20 dit autrement de tôles minces, pour lesquelles les vitesses de soudage sont relativement élevées, généralement entre 1.5 et 2 m/min.

Un défaut couramment observé se traduit par un changement de la morphologie du cordon de soudure obtenu par soudage MIG ou MAG et porte le nom de « *humping* ». Il se traduit par l'apparition d'oscillations périodiques, ou dit autrement de bosses, à la surface du
25 cordon de soudure et conduit à deux types de morphologie de cordon : la morphologie à région creusée ou « *gouging region morphology* » (GRM) et la morphologie dite de cylindre perlé ou « *beaded cylinder morphology* » (BCM).

Les mécanismes conduisant à l'apparition du « *humping* » sont complexes et font intervenir la mécanique des fluides, la thermique et la physique de l'arc électrique utilisé en
30 soudage MIG ou MAG. Par exemple, l'apparition du défaut BCM est liée à un mauvais mouillage qui génère une instabilité de pincement analogue à celle présentée dans la théorie de

Rayleigh. En fait, le défaut GRM apparaît parce que le bain de soudure est chassé vers l'arrière de l'arc de soudage de façon très importante en raison des contraintes qui s'exercent. Ces contraintes résultent de la quantité de mouvement des gouttes de métal du fil fusible transférées dans l'arc électrique et de la pression magnétique exercée par l'arc électrique.

5 De manière générale, le défaut de « *humping* » apparaît aux grandes vitesses de soudage du fait de l'élongation du bain de soudure, le fin film de métal liquide situé sous l'arc électrique et à l'arrière de celui-ci devenant vulnérable à une solidification anticipée sous la forme d'une surépaisseur de métal de bosses. Ce phénomène répété périodiquement va donner naissance à une succession de creux et de bosses à la surface du cordon de soudure.

10 Le défaut de « *humping* » est bien connu et notamment décrit dans les documents suivants :

- T.C. Nguyen et al, *The humping phenomenon during high speed gas metal arc welding*, Science and technology of welding and joining, 2005, vol. 10, n° 4, pp. 447-459,

15 - M.H. Cho and D.F. Farson, *Understanding bead hump formation in gas metal arc welding using a numerical simulation*, Metallurgical and materials transactions B, vol. 38B, pp. 305-319,

- T.C. Nguyen, D.C. Weckman and D.A. Johnson, *The discontinuous weld bead defect in high-speed gas metal arc welds*, Welding Journal, 2007, vol. 86, n° 11, pp. 360-372, et

20 - H.W. Choi, D.F. Farson and M.H. Cho, *Using a hybrid laser plus GMAW process for controlling the bead humping defect*, Welding Journal, 2006, vol. 85, n° 8, pp. 174-179.

Or, le défaut de « *humping* » n'est pas acceptable d'un point de vue industriel, non seulement du fait de l'aspect des cordons de soudure obtenus, mais également du fait de la dégradation des propriétés mécaniques des cordons que cela entraîne.

25 Il est alors nécessaire de diminuer la vitesse de soudage pour obtenir des cordons de soudure, ce qui nuit à la productivité du procédé de soudage MIG ou MAG et pose donc un problème majeur.

Il existe plusieurs solutions pour résoudre ce problème et augmenter les vitesses de soudage MIG ou MAG, sans que les cordons de soudure ne présente un aspect bosselé, comme par exemple préchauffer les pièces métalliques avant soudage MIG ou MAG ou
30 utiliser deux torches MIG ou MAG synchronisées.

Cependant, toutes ces solutions sont compliquées à mettre en œuvre, complexifient excessivement l'installation de soudage MIG ou MAG ou conduisent à une augmentation conséquente de l'énergie électrique mise en œuvre au cours de l'opération de soudage, ce qui nuit également à l'efficacité et à la productivité de l'installation de soudage MIG ou MAG.

5 Une solution alternative pour augmenter les vitesses de soudage MIG ou MAG, sans que les cordons de soudure ne présente un aspect bosselé, a été proposée précédemment par les inventeurs de la présente invention.

Elle consiste à utiliser un dispositif de soudage formé d'une torche de soudage TIG, pour « *Tungsten Inert Gas* », associée à la torche de soudage MIG ou MAG, c'est-à-dire un
10 dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG. Un arc électrique TIG est établi entre une électrode non fusible en tungstène disposée dans la torche de soudage TIG et les pièces métalliques à souder. La torche TIG est également munie d'une buse délivrant un flux de gaz inerte pour protéger le bain de fusion. L'arc électrique TIG est positionné en poursuite de l'arc électrique MIG ou MAG, c'est-à-dire qu'il est positionné à l'arrière de l'arc électrique MIG
15 ou MAG en suivant la direction de soudage et qu'il se déplace simultanément à celui-ci.

L'effet produit par l'arc TIG au cours du procédé de soudage est illustré sur la Figure 1 ci-annexée. Celle-ci schématise le soudage de pièces métalliques constituées d'un métal de base 20. Le bain de fusion généré par l'apport de chaleur de l'arc électrique MIG ou MAG établi entre le fil fusible 1a et les pièces métallique à souder se solidifie en partie (en 21) en
20 restant recouvert d'un fin film de métal liquide 22. Un arc électrique TIG, établi entre l'électrode non fusible 2a et les pièces à souder est positionné en poursuite de l'arc MIG ou MAG, selon la direction de soudage 25.

D'une part, cet arc TIG vient fournir un flux de chaleur localisé (en 24) permettant de retarder la solidification anticipée du fin film de métal liquide qui apparaît en poursuite de
25 l'arc électrique MIG ou MAG. D'autre part, l'arc TIG exerce une pression sur la bosse de métal fondu (en 23) qui apparaît à l'extrémité arrière du bain de soudure et conduit à l'apparition du défaut de « *humping* ».

Plus précisément, le fil fusible 1a de la torche MIG ou MAG est orienté selon une première direction donnée et l'électrode non fusible 2a de la torche de soudage TIG est
30 orientée selon une deuxième direction donnée. Lesdites première et seconde directions sont sensiblement coplanaires et forment un angle typiquement supérieur à 5° et inférieur à 40°.

L'extrémité de l'électrode de la torche de soudage TIG est située à une distance de ladite première direction comprise entre 20 et 44 mm.

Ce dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG présente l'avantage de ne pas nécessiter de chauffer une grande partie des pièces à souder. On traite ponctuellement une zone du cordon de soudure peu après sa formation avec un arc TIG, donc la dépense d'énergie supplémentaire liée à l'utilisation de la torche TIG reste modérée.

Toutefois, sa mise en œuvre est relativement complexe et nécessite des moyens de réglages précis.

En effet, la torche TIG doit être liée mécaniquement à la torche MIG de manière à pouvoir la suivre dans ses mouvements et à fonctionner simultanément avec elle. En outre, le dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG doit comporter des moyens de réglage, tel un ou des vérins, engrenages..., permettant d'ajuster précisément la position relative desdites torches de soudage l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire la distance entre lesdites torches ou entre celles-ci et les pièces à souder, ou encore les différents angles d'inclinaison des torches.

En particulier, selon la nature du matériau des pièces métalliques à souder, il est nécessaire d'adapter la distance séparant l'extrémité de l'électrode de la torche de soudage TIG et la première direction d'orientation du fil fusible de la torche MIG ou MAG.

Par exemple, lorsque les pièces métalliques à souder sont en acier inoxydable, l'extrémité de l'électrode non fusible doit se situer à une distance D donnée de ladite première direction d'orientation du fil fusible. Lorsque les pièces métalliques à souder sont en acier au carbone, l'extrémité de l'électrode non fusible doit se situer à une distance D' donnée de ladite première direction d'orientation du fil fusible, la distance D' étant supérieure à la distance D .

Cela impose donc de réajuster la position relative des torches de soudage TIG et MIG ou MAG l'une par rapport à l'autre à chaque fois que l'on change de matériau pour les pièces métalliques à souder. Il s'ensuit un allongement du temps de préparation du dispositif avant l'opération de soudage et donc une perte de productivité de l'installation de soudage.

Pour remédier à ce problème, une solution est de disposer d'autant de dispositifs de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG, en d'autres termes de configurations d'assemblage de torche MIG ou MAG et de torche TIG, que de types de matériau métallique à souder.

Toutefois, cette solution n'est pas idéale car elle augmente le coût global de l'installation de soudage et ne résout pas non plus le problème d'allongement du temps de préparation du dispositif avant l'opération de soudage. En effet, il est alors nécessaire de monter et de démonter le dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG du bâti-support ou de la poutre mobile sur lesquels il est généralement agencé.

Au vu de cela, le problème à résoudre est dès lors de proposer un dispositif de soudage MIG amélioré, c'est-à-dire permettant d'accroître la vitesse de soudage sans que les cordons de soudure obtenus ne présentent de défaut du type « *humping* », qui ne complexifie pas de manière excessive l'installation de soudage, ne nécessite pas un apport supplémentaire d'énergie trop important, et qui soit en outre de mise en œuvre aisée et rapide.

Dit autrement, le problème à résoudre est de proposer un dispositif de soudage MIG ou MAG amélioré ne nécessitant pas, ou du moins un nombre grandement limité, de réglages mécaniques avant sa mise en œuvre, et qui soit apte et conçu pour opérer le soudage de pièces métalliques quelque soit la nature du matériau constitutif desdites pièces.

La solution de l'invention est alors un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche de soudage MIG ou MAG comprenant un fil fusible orienté selon une première direction, associée à une torche de soudage TIG comprenant une électrode non fusible orientée selon une deuxième direction, lesdites première et deuxième directions étant sensiblement coplanaires et formant entre elles un angle compris entre 5 et 40°,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre un sabot d'assemblage des torches apte à et conçu pour permettre un positionnement de la torche de soudage TIG selon au moins deux positions prédéfinies par rapport à la torche de soudage MIG ou MAG comprenant :

- une première position dans laquelle l'extrémité de l'électrode non fusible se situe à une première distance de la première direction, et
- une deuxième position dans laquelle l'extrémité de l'électrode non fusible se situe à une deuxième distance de la première direction, la deuxième distance étant supérieure à la première distance.

Par ailleurs, selon le mode de réalisation considéré, l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le sabot d'assemblage comprend un logement axial traversant le sabot selon la première direction, dans lequel est agencée la torche de soudage MIG ou MAG, un premier

logement latéral traversant le sabot dans lequel est agencée la torche de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la première position, et un deuxième logement latéral traversant le sabot dans lequel est agencée la torche de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la deuxième position.

- 5 - la première distance est comprise entre 20 et 26 mm.
- la deuxième distance est comprise entre 36 et 44 mm.
- lesdites première et seconde directions forment entre elles un angle compris entre 10° et 30°.
- lesdites première et seconde directions forment un angle compris entre 15° et 25°, de
- 10 préférence entre 18 et 23°, avantageusement de l'ordre de 20°.
- le sabot comprend en outre des moyens de fixation pour maintenir la torche de soudage TIG dans les premier ou deuxième logements latéraux.
- le sabot comprend en outre des moyens d'ajustement en translation de la position de la torche de soudage MIG ou MAG le long de la première direction.
- 15 - le dispositif de soudage hybride comprend en outre une pince agencée dans le logement axial et dans laquelle est insérée la torche de soudage MIG ou MAG.
- le sabot est formé d'un bloc.
- le sabot est en aluminium.

Selon un autre aspect, l'invention concerne également une installation de soudage

20 hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche de soudage MIG ou MAG et une torche de soudage TIG reliées électriquement à au moins un générateur de courant et reliées fluidiquement à au moins une source de gaz, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une poutre mobile sur laquelle est agencé un dispositif de soudage hybride MIG-TIG selon l'invention, ledit dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG étant mobile ou non,

25 et une commande numérique apte à et conçue pour contrôler le déplacement de la poutre mobile et/ou du dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG.

En outre, l'invention porte aussi sur un procédé de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG de pièces métalliques par déplacement relatif d'un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG selon l'invention.

30 L'invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante faite en références aux Figures annexées parmi lesquelles :

- la Figure 2 schématise un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG selon un mode de réalisation de l'invention,
- la Figure 3 schématise un sabot d'assemblage des torches MIG ou MAG et TIG selon un mode de réalisation de l'invention, et
- 5 - la Figure 4 illustre une pince pour torche MIG utilisée dans un mode de réalisation de l'invention.

La Figure 2 schématise un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG, ci-après dénommé dispositif de soudage hybride, selon un mode de réalisation de l'invention.

Comme on le voit sur la Figure 2, le dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprend une torche 1 de soudage MIG ou MAG comprenant, en son extrémité située en regard des pièces à souder, un fil fusible métallique 1a. Le fil fusible 1a est orienté selon une première direction 1b.

De préférence, lorsque des pièces métalliques à souder sont positionnées en regard de la torche 1 de soudage MIG ou MAG, la première direction 1b est perpendiculaire à la surface supérieure desdites pièces. Dans le cas de soudage de pièces maintenues à plat, i. e. horizontalement, la première direction 1b forme donc un angle de l'ordre de 0° avec la verticale.

Le dispositif de soudage hybride comprend également une torche 2 de soudage TIG comprenant, en son extrémité située en regard des pièces à souder, une électrode non fusible 2a. L'extrémité 2c de l'électrode 2a est formée d'une pointe présentant un affûtage conique. Plus précisément, cet affûtage prend en général la forme d'un cône de révolution dont l'angle d'ouverture est compris entre 20° et 40° , de préférence de l'ordre de 30° .

L'électrode 2a est orientée selon une deuxième direction 2b, lesdites première et deuxième directions 1b et 2b étant sensiblement coplanaires et formant entre elles un angle α compris entre 5° et 40° . De préférence l'angle α est compris entre 10° et 30° , de préférence encore compris entre 15° et 25° , avantageusement entre 18° et 23° , et idéalement de l'ordre de 20° .

Préférentiellement, le plan contenant les première et deuxième direction 1b et 2b est perpendiculaire à la surface des pièces à souder.

Selon l'invention, le dispositif de soudage hybride comprend en outre un sabot 5 d'assemblage des torches 1 et 2 dans lequel celles-ci sont agencées. La torche 1 de soudage

MIG ou MAG est agencée dans le sabot 5, lequel sabot 5 est apte à et conçu pour permettre un positionnement de la torche 2 de soudage TIG selon au moins deux positions prédéfinies par rapport à la torche 1 de soudage MIG ou MAG.

5 Ces au moins deux positions prédéfinies comprennent une première position dans laquelle l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a se situe à une première distance D de la première direction 1b, et une deuxième position dans laquelle l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a se situe à une deuxième distance D' de la première direction 1b, la deuxième distance D' étant supérieure à la première distance D. La Figure 2 illustre un mode de réalisation dans lequel la torche 2 de soudage TIG peut être agencée selon deux positions par
10 rapport à la torche de soudage MIG ou MAG.

Comme illustré sur la Figure 2, les distances D et D' sont définies comme les distances séparant un premier point correspondant à la position de l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a et un deuxième point résultant de la projection orthogonale du premier point sur l'axe défini par la direction 1b.

15 Dans le cadre de l'invention, la distance D est typiquement comprise entre 20 et 26 mm. Ces valeurs sont particulièrement avantageuses lorsque l'on souhaite souder des pièces métalliques en acier inoxydable. Idéalement, pour le soudage de pièces en acier inoxydable, la distance D est de l'ordre de 24 mm.

La distance D' est typiquement comprise entre 36 et 44 mm. Ces valeurs sont
20 particulièrement avantageuses lorsque l'on souhaite souder des pièces métalliques en acier doux, i. e. en acier au carbone. Idéalement, pour le soudage de pièces en acier doux, la distance D' est de l'ordre de 40 mm.

Optionnellement, le dispositif de l'invention peut comprendre un sabot 5 autorisant des positions supplémentaires de la torche 2 TIG par rapport à la torche 1 MIG ou MAG.
25 L'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a peut alors être positionnée à autant de distances supplémentaires D'', D'''... que de positions supplémentaires permises par le sabot 5.

Le sabot 5 d'assemblage du dispositif de soudage hybride de l'invention est illustré sur la Figure 3, sans qu'une torche 1 de soudage MIG ou MAG et une torche 2 de soudage TIG y soit agencées.

30 Conformément à l'invention, le sabot 5 d'assemblage comprend un logement axial 6 traversant le sabot 5 sur toute son épaisseur selon la première direction 1b et débouchant en

regard des pièces métalliques à souder. Ce logement axial 6 accueille la torche 1 de soudage MIG ou MAG. De préférence, le logement axial 6 est un passage ayant une section de forme cylindrique pratiqué dans l'épaisseur du sabot 5. Le logement axial 6 peut comprendre des variations des dimensions de son diamètre intérieur le long de la première direction 1b, c'est-à-dire des élargissements ou des rétrécissements de ce diamètre, ou bien être de diamètre intérieur constant le long de la première direction 1b. De manière optionnelle, le logement axial 6 peut comprendre, le long de tout ou partie de sa paroi intérieure, une portion comprenant un premier filetage. L'extrémité de la torche 1 MIG ou MAG munie du fil fusible 1a et d'une buse 30 de distribution du gaz de protection vient dépasser sous le sabot 5, c'est-à-dire qu'elle est positionnée entre le sabot 5 et la surface des pièces métalliques à souder située en regard du dispositif de soudage.

En outre, comme montré sur la Figure 2, le sabot s'assemblage 5 comprend des moyens 9 d'ajustement en translation de la position de la torche 1 de soudage MIG ou MAG le long de la première direction 1b. Selon un mode réalisation, ces moyens 9 d'ajustement en translation comprennent au moins une vis pouvant se déplacer en translation dans un trou oblong pratiqué dans une cale placée sur le côté du sabot 5. Ladite cale peut coulisser parallèlement à la première direction 1b. On ajuste de cette manière la longueur de cale dépassant sous le sabot 5. Par exemple, en réglant la longueur de cale dépassant sous le sabot 5 à 10 mm, en plaçant l'ensemble du dispositif sur une surface plane en s'assurant que la surface supérieure du sabot 5 lui est parallèle et en descendant la torche 1 jusqu'à ce qu'elle soit en contact avec cette surface plane, on s'assure que la longueur de torche dépassant sous le sabot 5 est de 10 mm.

Les moyens 9 permettent un ajustement précis de la partie de l'extrémité de la torche 1 MIG ou MAG qui dépasse du sabot 5. Il est ainsi possible de régler la distance entre la buse 30 équipant l'extrémité de la torche 1 MIG ou MAG et les pièces métalliques à souder, cette distance constituant un des paramètres du procédé de soudage opéré par le dispositif de l'invention.

Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, comme illustré en Figure 2, le dispositif de soudage hybride de l'invention comprend en outre une pince 10 dans lequel est agencée la torche 1 de soudage MIG ou MAG. Cette pince 10 est elle-même agencée dans le

logement axial 6 et sert de pièce d'adaptation pour agencer tout type de torche 1 de soudage MIG ou MAG dans le logement axial 6 du sabot d'assemblage 5.

Un mode de réalisation de la pince 10 est schématisé sur la Figure 4. Dans ce cas, la pince 10 est une pièce de révolution comprenant une portion 10a de forme cylindrique dont le diamètre extérieur correspond au diamètre intérieur du logement axial 6. Un deuxième filetage est réalisé sur la surface extérieure de la portion 10a de la pince 10, le pas de ce deuxième filetage étant adapté au pas du premier filetage réalisé sur tout ou partie de la paroi intérieure du logement axial 6 de manière à ce que la pince 10 puisse être vissée dans le logement axial 6. La pince 10 comprend également une portion 10b apte à et conçue pour enserrer et maintenir la torche 1 MIG ou MAG.

En outre, comme représenté sur la Figure 3, le sabot s'assemblage 5 comprend un premier logement latéral 7 traversant ledit sabot 5 dans lequel est agencée la torche 2 de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la première position.

Le sabot s'assemblage 5 comprend également un deuxième logement latéral 8 traversant le sabot 5 dans lequel est agencée la torche 2 de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la deuxième position.

Plus précisément, les logement latéraux 7 et 8 sont des passages traversant le sabot 5 sur toute son épaisseur et débouchant en regard des pièces métalliques à souder. De préférence, les logements latéraux 7 et 8 sont des passages dont la section est de forme cylindrique pratiqués dans l'épaisseur du sabot 5. Les axes centraux de ces passages, représentés par les lignes discontinues (---) sur la Figure, 3 forment conformément à l'invention un angle α avec l'axe du logement axial 6 coïncidant avec la première direction 1b, représentée par la ligne continue (___).

Les logements latéraux 7 et 8 peuvent comprendre des variations des dimensions de leurs diamètres intérieurs le long de leurs axes centraux, c'est-à-dire des élargissements ou des rétrécissements de ces diamètres, ou bien avoir des diamètres intérieurs constants le long de leurs axes centraux. De manière optionnelle, le logement latéral 7 ou le logement latéral 8 peut comprendre un rétrécissement de son diamètre intérieur formant un épaulement sur lequel vient s'appuyer au moins une partie de la torche 2 de soudage TIG.

L'extrémité de la torche 2 TIG munie de l'électrode non fusible 2a et d'une buse 40 de distribution du gaz de protection vient elle aussi dépasser sous le sabot 5, c'est-à-dire qu'elle

est positionnée entre le sabot 5 et la surface des pièces métalliques à souder située en regard du dispositif de soudage.

Le sabot 5 comprend des moyens de fixation 11, 13 ou 12, 13 de la torche 2 de soudage TIG dans les premier ou deuxième logements latéraux 7, 8. Selon un mode de réalisation, illustré sur les Figures 2 et 3, les moyens de fixation comprennent des orifices latéraux 11 ou 12 dans lesquels peut être agencé une vis ou un pion fileté 13. Le pion ou la vis 13 est placé dans l'orifice 11 du sabot 5 lorsque la torche 2 TIG est positionnée dans la première position et dans l'orifice 12 du sabot 5 lorsque la torche 2 TIG est positionnée dans la deuxième position. Le pion ou la vis 13 traverse l'épaisseur du sabot 5 dans laquelle sont pratiqués les orifices 11 et 12 et vient maintenir la torche 2 TIG.

De manière optionnelle, le dispositif de l'invention comprend un jeu d'entretoises permettant à l'utilisateur d'adapter tout type de torches TIG ou de torches MIG ou MAG dans les logements 6, 7 ou 8 du sabot 5.

Pour une meilleure robustesse mécanique du dispositif de l'invention, le sabot 5 est avantageusement formé d'un bloc, en d'autres termes le sabot 5 est formé d'un seul bloc et non d'un assemblage de pièces. Les logements 6, 7 et 8 sont pratiqué par usinage ou perçage dans ce bloc. De préférence, le sabot 5 est en aluminium.

Selon un autre aspect, l'invention concerne également une installation de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche 1 de soudage MIG ou MAG et une torche 2 de soudage TIG reliées électriquement à au moins un générateur de courant. Les torches 1 et 2 sont également reliées fluidiquement à au moins une source de gaz servant à alimenter les buses 30 et 40 en gaz de protection.

En outre, l'installation de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprend une poutre mobile sur laquelle est agencé le dispositif de soudage hybride selon l'invention. Ledit dispositif de soudage hybride peut être lui-même mobile ou non sur la poutre. L'installation comporte également une commande numérique apte à et conçue pour contrôler le déplacement de la poutre mobile et/ou du dispositif de soudage hybride sur ladite poutre.

Par ailleurs, l'invention concerne également un procédé de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG de pièces métalliques mettant en œuvre le dispositif et l'installation de l'invention. Le soudage de pièces métallique est opéré par déplacement relatif d'un dispositif

de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG selon l'invention par rapport aux pièces métalliques à souder selon une direction dite de soudage et comprend les étapes de :

- a) générer un bain de soudure par fusion du métal constitutif des pièces métalliques à souder au moyen d'un arc électrique MIG ou MAG établi entre le fil fusible 1a de la torche 1 de soudage MIG ou MAG-TIG et les pièces métalliques à souder,
- b) amener un arc électrique TIG établi entre l'électrode non fusible 2a de la torche 2 de soudage TIG et les pièces métalliques à souder sur au moins une partie du bain de soudure généré à l'étape a), et
- c) obtenir des pièces métalliques soudées par re-solidification du métal constitutif de celles-ci.

Conformément à l'invention, l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a est positionnée à l'arrière de la première direction 1b du fil fusible 1a selon la direction de soudage et à une distance D ou D' de ladite première direction 1b choisie selon la nature du métal constitutif des pièces métalliques à souder. Le choix de la distance séparant l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a de la première direction 1b est fonction des caractéristiques physiques du bain de soudure généré, notamment viscosité et conductivité thermique, qui varient selon la nature du matériau soudé.

L'application principale de la présente invention est un procédé de soudage de pièces métalliques en alliages ferreux, en aluminium ou en alliage d'aluminium, de préférence en acier inoxydable ou en acier au carbone.

Lorsque les pièces métalliques à souder sont en acier inoxydable, l'extrémité 2c de l'électrode non fusible 2a se situe de préférence à la distance D de la première direction 1b. Lorsque les pièces métalliques à souder sont en acier au carbone, l'extrémité 2c de l'électrode non fusible (2a) se situe de préférence à une distance D' de la première direction 1b.

Au cours de l'opération de soudage, l'arc électrique MIG ou MAG-TIG et l'arc électrique TIG sont protégés par des flux de gaz de protection délivrés respectivement par les buses 30 et 40.

Avantageusement, l'arc électrique MIG ou MAG est protégé par un flux de gaz contenant majoritairement au moins un composé inerte choisi parmi l'hélium et l'argon, de préférence au moins 80%, et optionnellement un composé minoritaire à caractère chimique oxydant choisi parmi CO₂ et O₂.

Par exemple, pour le soudage des aciers inoxydables, on protège de préférence l'arc électrique MIG ou MAG par un flux de gaz contenant environ 98% d'argon et 2% de CO₂ (en volume). Pour le soudage des aciers au carbone, on utilise de préférence un flux de gaz contenant un proportion plus importante de composé oxydant, par exemple un flux de gaz
5 contenant environ 92% d'argon et 8% de CO₂ ou contenant 82% d'argon et 18% de CO₂ (en volume).

L'arc électrique TIG est protégé par un flux de gaz contenant essentiellement de l'argon, de préférence au moins 99.9% (en volume) ou un mélange d'hélium et d'argon, par exemple un flux de gaz contenant 80% d'argon et 20% d'hélium ou contenant 30% d'argon et
10 70% d'hélium, ou encore un mélange contenant au moins 95 % d'argon et de l'hydrogène.

Comme mentionné précédemment, on utilise avantageusement la combinaison d'un arc TIG avec un arc MIG ou MAG pour lutter contre le phénomène de « *humping* » apparaissant aux grandes vitesses de soudage. En fait, la proximité entre les deux arcs et leur succession rapide sur une même zone du joint font que cette même zone de joint est frappée
15 successivement par d'abord l'arc MIG ou MAG, puis ensuite par l'arc TIG alors que le métal de cette zone de joint est encore liquide, c'est-à-dire en fusion après passage de l'arc MIG ou MAG.

Il s'ensuit que l'arc TIG vient exercer son action sur le bain de soudage formé par l'arc MIG ou MAG alors qu'il est encore liquide. Le bain de soudage va alors profiter du flux de chaleur généré par l'arc TIG pour ne pas se solidifier mais aussi de la pression exercée par cet
20 arc sur la bosse de métal fondu formée à l'extrémité arrière de ce bain, ce qui permet d'obtenir un cordon de soudure sans ou quasi sans défauts de type bosselage.

Afin de démontrer l'efficacité du dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG de l'invention pour souder sans défaut et à grande vitesse des pièces métalliques, en particulier des pièces de faible épaisseur, des essais de soudage hybride MIG-TIG ont été
25 menés sur des tôles d'une épaisseur de 1.5 mm.

Un premier essai de soudage a été réalisé sur des pièces en acier inoxydable à plat. Les paramètres de soudage étaient les suivants :

- le gaz de protection MIG contenaient 98% d'argon et 2% de CO₂ (en volume),
30 correspondant au mélange ARCAL 12 commercialisé par AIR LIQUIDE,

- le gaz de protection TIG contenait de l'argon, correspondant au mélange ARCAL 1 (degré de pureté de l'argon de l'ordre de 99.998% en volume) commercialisé par AIR LIQUIDE,

5 - la distance D séparant l'extrémité 2c de l'électrode 2a TIG de la première direction 1b était de 24 mm,

- l'angle α formé entre la première direction 1b du fil fusible 1a de la torche MIG et la deuxième direction 2b de l'électrode non fusible 2a de la torche TIG était de 20°,

- la première direction 1b était perpendiculaire à la surface des pièces à souder, i. e. formait un angle de 0° avec la verticale,

10 - l'angle d'affûtage de l'électrode TIG était de 30°,

- la torche TIG était alimentée par un courant lisse d'une intensité de 250A,

- la distance entre l'extrémité de l'électrode 2c et les pièces à souder était de 3mm,

- la torche MIG était alimentée par un courant lisse d'une intensité 272 A, la tension d'arc étant de 27 V et la distance entre la buse de la torche MIG et la pièce étant de 13 mm,

15 - la vitesse de dévidage du fil fusible de la torche MIG était de 13.2 m/min.

Lors de ces essais, une vitesse de soudage élevée, de l'ordre de 3.2 m/min, a pu être utilisée, sans que les cordons obtenus ne présentent de défaut de « *humping* ». Les cordons obtenus possédaient de bonnes caractéristiques métallurgiques.

20 Un deuxième essai de soudage a été réalisé sur des pièces sur acier carbone à plat d'une épaisseur de 1.5 mm. Les paramètres de soudage étaient les suivants :

- le gaz de protection MIG contenaient 92% d'argon et 8% de CO₂ (en volume), correspondant au mélange ARCAL 21 commercialisé par AIR LIQUIDE,

25 - le gaz de protection TIG contenait de l'argon, correspondant au mélange ARCAL 1 (degré de pureté de l'argon de l'ordre de 99.998% en volume) commercialisé par AIR LIQUIDE,

- la distance D séparant l'extrémité 2c de l'électrode 2a TIG de la première direction 1b était de 40 mm,

- l'angle α formé entre la première direction 1b du fil fusible 1a de la torche MIG et la deuxième direction 2b de l'électrode non fusible 2a de la torche TIG était de 20°,

30 - la première direction 1b était perpendiculaire à la surface des pièces à souder, i. e. formait un angle de 0° avec la verticale,

- l'angle d'affûtage de l'électrode TIG était de 30°,
 - la torche TIG était alimentée par un courant lisse d'une intensité de 350A,
 - la distance entre l'extrémité de l'électrode 2c et les pièces à souder était de 3mm,
 - la torche MIG était alimentée par un courant pulsé d'une intensité 314 A, la tension
- 5 d'arc étant de 32.4 V et la distance entre la buse de la torche MIG et la pièce étant de 13 mm,
- la vitesse de dévidage du fil fusible de la torche MIG était de 18.5 m/min.

Lors de ces essais, une vitesse de soudage élevée, de l'ordre de 2.8 m/min, a pu être utilisée. Les cordons obtenus ne présentaient pas de défaut de « *humping* » et possédaient de bonnes caractéristiques métallurgiques.

10 Les résultats de ces essais confirment l'intérêt du dispositif de soudage hybride MIG-TIG de l'invention qui permet d'améliorer les performances de soudage MIG et de souder des pièces métallique à grande vitesse sans que les cordons ne présente de défaut du type bosselage. En outre, il est possible, avec un seul dispositif de souder différents types de matériaux pour lesquels les distances entre l'extrémité de l'électrode TIG et la direction du fil

15 MIG doivent être différentes. Le dispositif réduit le nombre d'ajustements nécessaires avant d'opérer le soudage des pièces avec les dispositifs de soudage hybride de l'art antérieur puisque les torches sont assemblées mécaniquement par un sabot autorisant des positions relatives prédéterminées des deux torches TIG et MIG ou MAG. Il est ainsi possible, avec un même dispositif, de souder différents types de matériaux. En outre, le dispositif ne complexifie

20 pas de manière excessive l'installation de soudage, ne nécessite pas un apport supplémentaire d'énergie trop important.

L'invention est particulièrement avantageuse pour améliorer la productivité d'un procédé de soudage de pièces métalliques ayant une épaisseur inférieure à 3 mm, de préférence inférieure à 2 mm, puisque ces épaisseurs conduisent à des vitesses de soudage

25 importantes pour lesquelles le défaut de « *humping* » est le plus susceptible de se produire.

Revendications

1. Dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche (1) de soudage MIG ou MAG comprenant un fil fusible (1a) orienté selon une première direction (1b), associée à une torche (2) de soudage TIG comprenant une électrode non fusible (2a) orientée selon une deuxième direction (2b), lesdites première et deuxième directions (1b, 2b) étant sensiblement coplanaires et formant entre elles un angle (α) compris entre 5 et 40°,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre un sabot (5) d'assemblage des torches (1, 2) apte à et conçu pour permettre un positionnement de la torche (2) de soudage TIG selon au moins deux positions prédéfinies par rapport à la torche (1) de soudage MIG ou MAG comprenant :

- une première position dans laquelle l'extrémité (2c) de l'électrode non fusible (2a) se situe à une première distance (D) de la première direction (1b), et
- une deuxième position dans laquelle l'extrémité (2c) de l'électrode non fusible (2a) se situe à une deuxième distance (D') de la première direction (1b), la deuxième distance (D') étant supérieure à la première distance (D).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le sabot (5) d'assemblage comprend :

- un logement axial (6) traversant le sabot (5) selon la première direction (1b), dans lequel est agencée la torche (1) de soudage MIG ou MAG,
- un premier logement latéral (7) traversant le sabot (5) dans lequel est agencée la torche (2) de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la première position, et
- un deuxième logement latéral (8) traversant le sabot (5) dans lequel est agencée la torche (2) de soudage TIG lorsqu'elle est positionnée dans la deuxième position.

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première distance (D) est comprise entre 20 et 26 mm.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième distance (D') est comprise entre 36 et 44 mm.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites première et seconde directions (1b, 2b) forment entre elles un angle (α) compris entre 10° et 30°.

5

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites première et seconde directions (1b, 2b) forment un angle (α) compris entre 15° et 25°, de préférence entre 18 et 23°, avantageusement de l'ordre de 20°.

10

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le sabot (5) comprend en outre des moyens de fixation (11, 13) ou (12, 13) pour maintenir la torche (2) de soudage TIG dans les premier ou deuxième logements latéraux (7, 8).

15

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le sabot (5) comprend en outre des moyens (9) d'ajustement en translation de la position de la torche (1) de soudage MIG ou MAG le long de la première direction (1b).

20

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une pince (10) agencée dans le logement axial (6) et dans laquelle est insérée la torche (1) de soudage MIG ou MAG.

10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le sabot (5) est formé d'un bloc.

25

11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le sabot (5) est en aluminium.

30

12. Installation de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG comprenant une torche (1) de soudage MIG ou MAG et une torche (2) de soudage TIG reliées électriquement à au moins un générateur de courant et reliées fluidiquement à au moins une source de gaz, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une poutre mobile sur laquelle est agencé un

dispositif de soudage hybride MIG-TIG selon l'une des revendications précédentes, ledit dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG étant mobile ou non, et une commande numérique apte à et conçue pour contrôler le déplacement de la poutre mobile et/ou du dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG.

5

13. Procédé de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG de pièces métalliques (30) par déplacement relatif d'un dispositif de soudage hybride MIG-TIG ou MAG-TIG selon l'une des revendications précédentes.

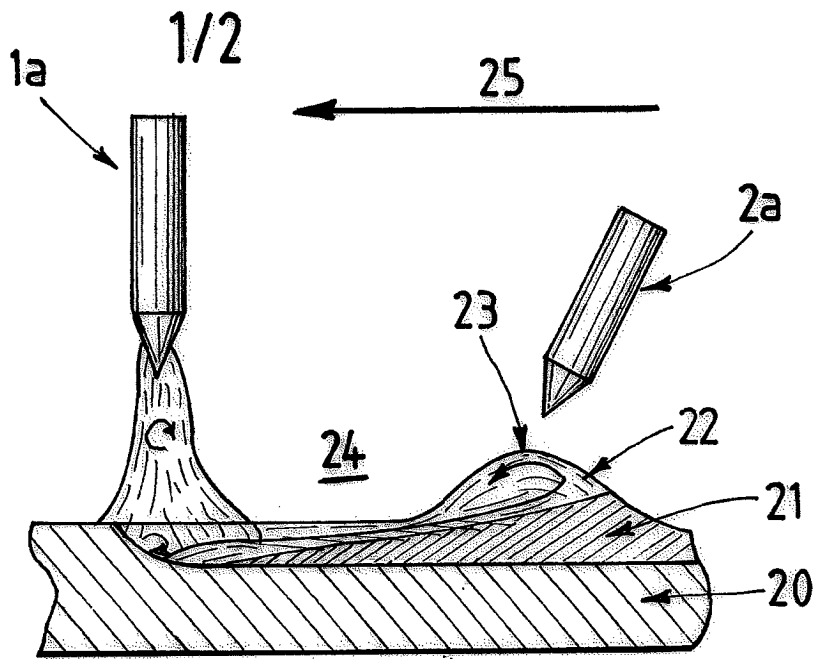


FIG. 1

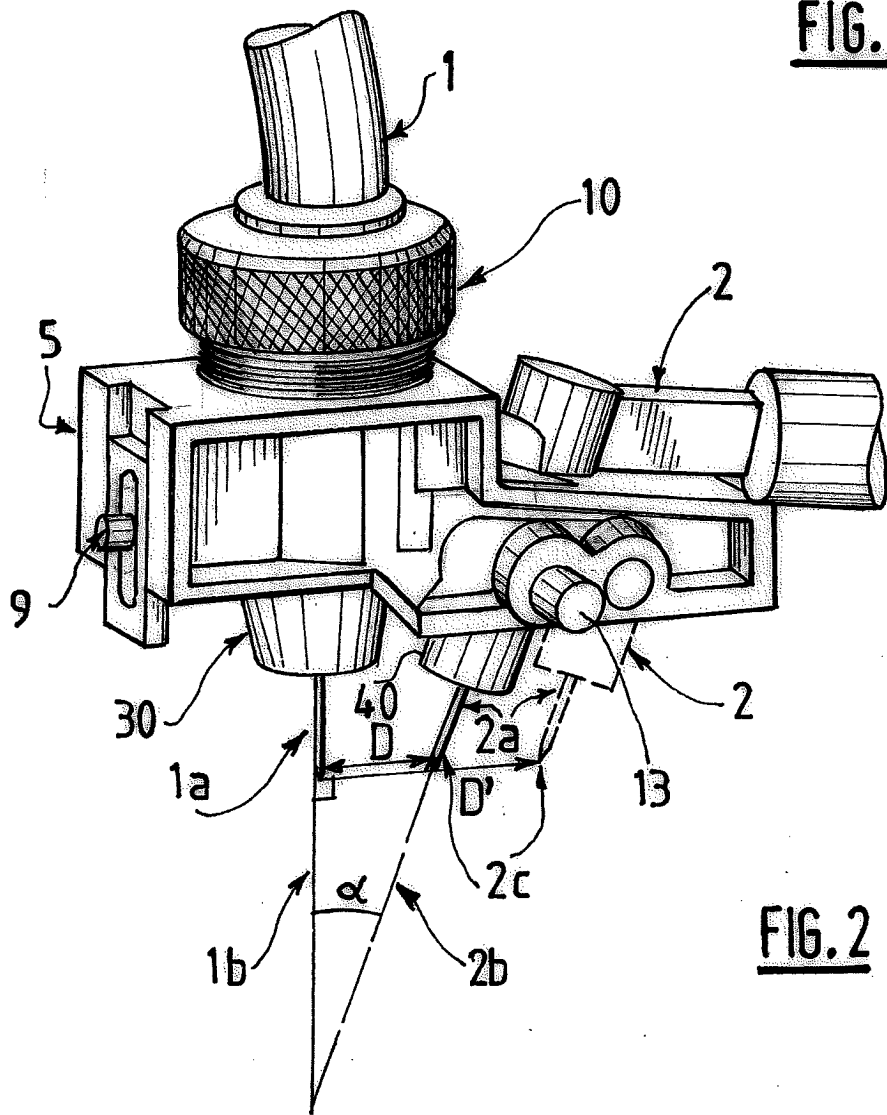


FIG. 2

2/2

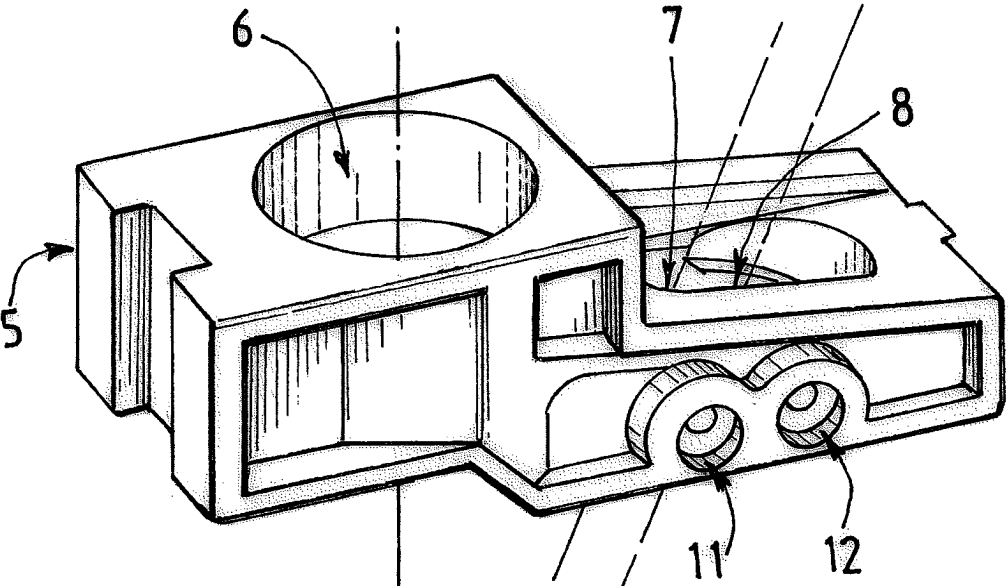


FIG. 3

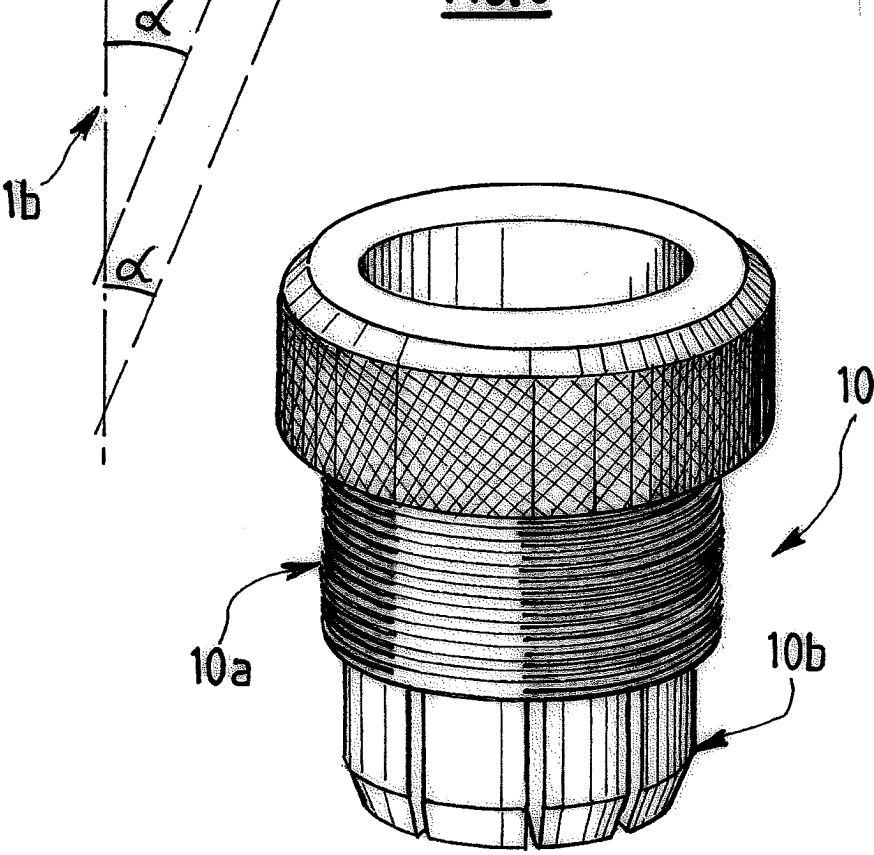


FIG. 4



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 759772
FR 1250270

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 6 693 252 B2 (ZHANG LIN [US] ET AL) 17 février 2004 (2004-02-17) * colonne 4, ligne 33 - ligne 61; figures * * colonne 5, ligne 7 - ligne 15 * -----	1-13	B23K9/24 B23K9/28
Y	US 2007/007264 A1 (ZAMUNER FRANK [CA]) 11 janvier 2007 (2007-01-11) * figures * -----	1-13	
Y	US 3 549 857 A (NEEDHAM JAMES C ET AL) 22 décembre 1970 (1970-12-22) * colonne 2, ligne 69 - colonne 3, ligne 3 * -----	2,4,7, 9-11	
A	DE 19 41 393 U (LINDE AG [DE]) 30 juin 1966 (1966-06-30) * le document en entier * -----	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 août 2012		Caubet, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1250270 FA 759772

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-08-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6693252	B2	17-02-2004	US 2003183604 A1 02-10-2003
			US 2004159644 A1 19-08-2004
-----			-----
US 2007007264	A1	11-01-2007	AUCUN
-----			-----
US 3549857	A	22-12-1970	BE 713310 A 07-10-1968
			DE 1765124 A1 02-01-1970
			FR 1563314 A 11-04-1969
			GB 1188024 A 15-04-1970
			NL 6804766 A 07-10-1968
			US 3549857 A 22-12-1970
-----			-----
DE 1941393	U	30-06-1966	AUCUN
-----			-----