

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**3 010 337**

②1 N° d'enregistrement national : **14 52640**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 23 K 20/12 (2013.01)**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 27.03.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.03.15 Bulletin 15/11.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *SOMINEX Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : LOZACH ALAIN.

⑦3 Titulaire(s) : SOMINEX Société par actions simplifiée.

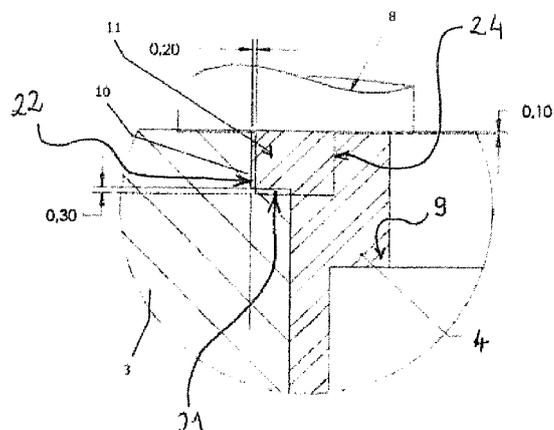
⑦4 Mandataire(s) : FIDAL INNOVATION.

⑤4 **PROCEDE DE SOUDAGE PAR FRICTION MALAXAGE PAR TRANSPARENCE DE DEUX MATERIAUX METALLIQUES OU D'ALLIAGES METALLIQUES DIFFERENTS.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de soudage de deux matériaux métalliques ou d'alliages métalliques, dont les températures de fusion et/ou dont les résistances mécaniques sont différentes, par friction malaxage par transparence, un pion de friction malaxage rotatif venant traverser en le chauffant un premier matériau superposé à un deuxième matériau, le premier matériau présentant une température de fusion et/ou une résistance mécanique moindres que celles correspondante du deuxième matériau et se transformant plus vite à l'état pâteux sous l'effet de la rotation du pion de soudure.

Selon l'invention, le procédé comprend une étape préliminaire de réalisation au sein du deuxième matériau :

- d'une paroi de fond (21) sur laquelle le pion est destiné à frotter lors de la soudure, et
- d'au moins une paroi latérale de guidage (22) du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de fond du deuxième matériau.



FR 3 010 337 - A1



PROCEDE DE SOUDAGE PAR FRICTION MALAXAGE PAR TRANSPARENCE DE  
DEUX MATERIAUX METALLIQUES OU D'ALLIAGES METALLIQUES DIFFERENTS

Domaine de l'invention

5

La présente invention concerne le domaine du soudage de deux matériaux métalliques ou d'alliages métalliques, dont les températures de fusion et/ou dont les résistances mécaniques sont différentes, par friction malaxage par transparence.

10

La soudure par friction malaxage consiste à déplacer selon un chemin continu situé à l'interface entre les deux matériaux, un pion rotatif pour amener les deux métaux à un état pâteux ou proche de l'état pâteux (400°C pour aluminium, 800°C pour l'acier inoxydable). Cette opération est réalisée à l'aide d'un pion de l'épaisseur du cordon de soudure à réaliser, présentant par exemple une forme à trois facettes avec une légère conicité et éventuellement un pas de vis pour forcer le premier matériau vers le deuxième

15

20

Ce pion avance en poussant la matière à l'état pâteux pour l'amener dans le trou formé dans son sillage.

25

Par « transparence », on entend le fait que le pion rotatif de soudure pénètre par son extrémité dans un premier temps uniquement le premier matériau plus malléable, de température de fusion et/ou de résistance mécanique moindre, le traverse et atteint le deuxième matériau sous-jacent, procédé différent de la soudure par friction malaxage de deux matériaux mis bout à bout.

30

Les deux matériaux sont donc superposés avant la soudure, au moins localement.

Etat de la technique

35

Le soudage par friction-malaxage a été inventé et breveté en 1991 par Wayne Thomas, au Welding institute (TWI).

Il a eu, dès le départ, pour objectif de pallier la plupart des défauts inhérents aux procédés de soudage par fusion, principalement en ce qui concerne l'assemblage de matériaux réputés difficilement soudables, comme certains alliages d'aluminium. Le soudage par friction-malaxage est aujourd'hui de plus en plus utilisé dans divers domaines industriels, et notamment dans l'industrie aéronautique.

La thèse « Soudage par friction-malaxage ; Aluminium ; 2014 T6 ; 6061 T6 » Date de publication soutenue le 13 décembre 2012 à l'université Catholique de Louvain « UCL - SST/IMMC/IMAP - Materials and process » par Bruno de Meester de Betzenbroeck, et Aude Simar accessible sous le lien internet

[http://dial.academielouvain.be/handle/boreal:120112?site\\_name=UCL](http://dial.academielouvain.be/handle/boreal:120112?site_name=UCL) présente la technique de soudage par friction-malaxage. Son contenu est incorporé dans la présente demande de brevet par sa désignation.

La demande de brevet internationale WO200404962 présente un procédé de fabrication de joint d'about par friction-agitation.

Elle concerne deux éléments de liaison de résistance à la déformation à haute température différents posés bout à bout. Le sens de rotation d'une sonde d'un élément de liaison est réglé de façon à coïncider avec un sens de rotation R partant de l'élément de liaison présentant une plus faible résistance à déformation à haute température vers l'élément de liaison ayant une résistance à la déformation à haute température plus élevée. La sonde tournante est ensuite introduite dans la partie contiguë des éléments de liaison. Ladite sonde est avancée le long de la partie contiguë en étant introduite dans ladite partie contiguë pour exécuter la liaison par friction-agitation. Le joint d'about qui en résulte présente une force de liaison élevée.

### Inconvénients des solutions de l'art antérieur

Les solutions de l'art antérieur présentent néanmoins l'inconvénient d'une faible connaissance des liaisons soudées en friction malaxage entre deux matériaux très hétérogènes, d'une résistance mécanique insuffisante pour supporter les efforts appliqués sur l'assemblage.

En raison des problèmes de rémanence et de migration du carbone que posent les pièces en acier, il est apparu souhaitable de passer à des pièces en aluminium, qui présentent toutefois des problèmes de soudage en raison de la formation d'alumine (oxyde d'aluminium) et de la présence résiduelle d'humidité créant des hétérogénéités et fissures.

La réalisation d'assemblages bimétalliques acier/aluminium selon les techniques connues de brasage ou de friction pure ne sont pas totalement adaptées car l'aluminium se dilate plus que l'acier.

### Solutions apportée par l'invention

Afin de remédier à cet inconvénient, la présente invention propose un procédé de soudage de deux matériaux métalliques ou d'alliages métalliques, par friction malaxage par transparence, un poinçon de friction malaxage rotatif venant traverser en le chauffant un premier matériau superposé à un deuxième matériau, le premier matériau se transformant plus vite à l'état pâteux sous l'effet de la rotation du poinçon.

Selon l'invention, le procédé comprend une étape préliminaire de réalisation au sein du deuxième matériau d'une paroi de fond (21) contre laquelle le pion est destiné à pousser le premier matériau à l'état pâteux lors de la soudure, et d'au moins une paroi latérale (22) de guidage du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de fond du deuxième matériau, et

- une étape visant à créer des aspérités sur la paroi de fond réalisée dans le deuxième matériau,

le premier matériau venant, sous l'effet de la poussée de l'extrémité du pion, s'immiscer entre les aspérités et la paroi de fond de façon à réaliser une fois durci, un ancrage entre le premier et le deuxième matériau.

Selon d'autres caractéristiques intéressantes de l'invention :

10

- l'étape de création d'aspérités sur la paroi de fond s'effectue par enfoncement de l'extrémité du pion rotatif sur une profondeur prédéterminée au sein du deuxième matériau,

15

- le premier matériau présente une forme complémentaire de celle formant la paroi de guidage et la paroi de fond du deuxième matériau, les premier et deuxième matériaux étant emboîtés l'un dans l'autre par leurs formes complémentaires avant leur soudage par friction malaxage par transparence.

20

L'invention concerne également un appareil de soudage par friction malaxage pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus, comprenant un pion rotatif pourvu d'une extrémité proéminente. Selon l'invention, l'appareil comprend un moyen de positionnement de l'extrémité du pion rotatif vis à vis de la paroi de guidage du deuxième matériau, de façon à maintenir le flanc de l'extrémité du pion rotatif à une distance prédéterminée « d » de la paroi de guidage.

30

L'invention concerne aussi un assemblage de deux matériaux selon le procédé ci-dessus, dans lequel le deuxième matériau présente en section transversale un premier épaulement entre une paroi supérieure et la paroi de guidage, un second épaulement de largeur « d » correspondant à l'écart entre le

35

flanc de l'extrémité du poinçon et la paroi de guidage, et d'une hauteur « h » correspondant à la profondeur d'enfoncement de l'extrémité du pion dans le deuxième matériau, et une paroi de fond à aspérités, de même largeur  
5 que l'extrémité du pion rotatif.

De préférence, le deuxième matériau présente en section transversale deux portions principales de deux hauteurs différentes, séparées par une paroi de discontinuité  
10 (31) constituant la paroi de guidage, la paroi supérieure (32) de la portion de moindre hauteur et proche à la paroi de guidage, constituant la paroi de fond.

Idéalement, le deuxième matériau comprend une  
15 deuxième paroi de guidage (41) du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de fond (37) du deuxième matériau.

Dans ce cas par exemple, le deuxième matériau présente en section transversale une forme plate pourvue d'une  
20 gorge (36, 37, 41) définissant deux parois opposées formant respectivement les première et deuxième parois de guidage du premier matériau, et une paroi de fond de gorge vers laquelle le premier matériau à l'état pâteux est guidé par les deux  
25 parois de guidage.

Selon une caractéristique intéressante, la zone de recouvrement entre le premier et le deuxième matériau présente une largeur égale ou supérieure à la moitié du diamètre de l'extrémité du poinçon.

30 Avantageusement, la paroi de guidage est parallèle au flan du pion de soudure.

De préférence, la paroi de fond est parallèle à l'extrémité d'appui du pion de soudure.

Idéalement, la paroi de fond et la paroi de guidage  
35 forment un angle droit.

Description détaillée d'un exemple non limitatif de  
réalisation

La présente invention sera mieux comprise à la  
5 lecture de la description qui suit, concernant un exemple non  
limitatif de l'invention, se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue en perspective  
d'une bride selon l'invention
- 10 - la figure 2 représente une vue en coupe et  
partielle ladite bride
- les figures 3 à 6 représentent par des vues  
schématiques en coupe, respectivement quatre modes de  
réalisation d'une soudure selon le procédé de l'invention.

15

Le procédé selon l'invention, tel qu'illustré sur  
les figures 2 à 6, permet le soudage par friction malaxage par  
transparence, de deux matériaux métalliques ou d'alliages  
métalliques, dont les températures de fusion et/ou dont les  
20 résistances mécaniques sont différentes.

Selon le procédé de soudure par friction malaxage  
par transparence, un poinçon de friction malaxage rotatif  
vient appuyer par toute son extrémité sur un premier matériau  
superposé localement à un deuxième matériau, le premier  
25 matériau présentant une température de fusion et/ou une  
résistance mécanique moindres que celles correspondante du  
deuxième matériau et se transformant plus vite à l'état pâteux  
sous l'effet de la rotation du poinçon, et venant à être  
chauffé et traversé par l'extrémité du poinçon.

30

Dans ce cas, le premier matériau est poussé vers le  
fond de soudure et donc vers le deuxième matériau à  
température de fusion et/ou résistance mécanique plus élevée.

Typiquement, le premier matériau de température de  
fusion et/ou de résistance mécanique moindres, peut être

constitué par de l'aluminium, alors que le deuxième matériau est de l'acier.

On traverse l'aluminium pour « frôler » la surface de l'acier et arracher des particules d'acier qui s'amalgament avec l'aluminium pâteux.

La largeur de la soudure est de l'ordre de quelques millimètres et sa profondeur est inférieure au millimètre, cela assure l'étanchéité et la tenue mécanique dans une certaine mesure.

Pour notamment améliorer la tenue mécanique d'une telle soudure entre matériaux différents, le procédé selon l'invention prévoit, tel qu'illustré notamment sur la figure 2, de doter le matériau (3) de température de fusion et/ou de résistance mécanique les plus élevées (en l'occurrence l'acier pour l'exemple utilisé) :

- d'une paroi de fond (21) sur laquelle le poinçon est destiné à frotter lors de la soudure, et

- d'au moins une paroi latérale de guidage (22) du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de fond (21) du deuxième matériau,

et de pourvoir le premier matériau (c'est à dire l'aluminium dans l'exemple illustré, d'une forme complémentaire de cette paroi de fond et cette paroi de guidage.

Ainsi, dans l'exemple illustré sur la figure 2, l'acier comprend, vu en coupe, un renforcement le long de son bord supérieur le plus proche de l'aluminium, renforcement parallélépipédique définissant un angle droit entre la paroi de guidage (22) et la paroi de fond (21). La largeur de la paroi de fond (21) est proche du rayon de l'extrémité cylindrique (24) du pion rotatif.

L'aluminium (4) comprend un épaulement 11 de forme complémentaire du renforcement de l'acier, et qui vient s'y loger.

Le pion rotatif (8) vient s'appliquer en début de soudure sur l'aluminium (4) au dessus de l'épaulement 11 de façon que suite à son enfoncement sous l'effet de l'échauffement de l'aluminium, au moins la moitié de son diamètre prenne appui sur la paroi de fond (21) formée dans l'acier (3). La soudure entre les deux matériaux s'opère principalement à cette interface.

L'outil de soudure vient, après avoir traversé l'aluminium à l'état pâteux, créer des aspérités sur la paroi de fond réalisée dans le deuxième matériau. Le pion détache en broyant par sa rotation des copeaux d'acier dont une extrémité reste solidaire de la paroi de fond. Pour ce faire, l'extrémité du pion rotatif pénètre dans l'acier sur une faible épaisseur « h », idéalement comprise entre 0.2 et 0.5 mm. On prévoit à cet effet que l'extrémité du pion présente une rugosité suffisante pour rayer la surface de l'acier, lors de sa rotation voire détacher des copeaux d'acier dont une partie conserverait toutefois une extrémité solidaire de la paroi de fond. Idéalement, les aspérités formées devront faire saillie d'une ligne de base de la paroi de fond de l'acier d'au moins 50 microns.

L'aluminium à l'état pâteux viendra, sous l'effet de la poussée de l'extrémité du pion, s'immiscer entre les aspérités et la ligne de base de la paroi de fond de l'acier, de façon à réaliser une fois durcit, un ancrage ou accrochage mécanique entre l'aluminium et l'acier.

Une autre façon de créer ces aspérités, pourrait consister, non plus à le faire durant la soudure par le pion, mais durant la préparation de l'acier : dans le même temps qu'il est doté d'une paroi de fond et d'une paroi de guidage, on pourra pourvoir la paroi de fond d'aspérités, de dents, de rainures ou de nervures, éventuellement en forme de crochet, ou inclinées, de façon à pouvoir servir de moyens de verrouillage de l'acier vis à vis de l'aluminium. Dans ce cas, le pion rotatif viendra pousser l'aluminium à l'état pâteux

sur la paroi de fond à reliefs de l'acier sans entrer en contact avec celle-ci.

La hauteur de la paroi de guidage (22) représente de préférence au moins la moitié du diamètre de l'extrémité cylindrique du pion rotatif.

On remarque sur cette même figure que la paroi de guidage (22) est parallèle au flan du poinçon. Cette paroi de guidage (22) est située à une faible distance de la génératrice extérieure de l'outil de soudure, idéalement comprise entre 0.01 et 0.2 mm. La paroi de fond est par ailleurs parallèle à l'extrémité d'appui du poinçon.

L'acier de l'assemblage résultant de cette soudure présente en section transversale un premier épaulement entre sa paroi supérieure et la paroi de guidage, un second épaulement de largeur « d » correspondant à l'écart entre le flanc de l'extrémité du poinçon et la paroi de guidage, et d'une hauteur « h » correspondant à la profondeur d'enfoncement de l'extrémité du poinçon dans l'acier, et une paroi de fond à aspérités, de même largeur que l'extrémité du pion rotatif.

La configuration telle que décrite ci-dessus, dans laquelle un épaulement de l'aluminium repose sur un renforcement complémentaire de l'acier et y est soudé, est particulièrement adaptée pour la soudure des deux composants d'une pièce bimétallique pour enceinte à vide composée d'un cœur tubulaire en aluminium (4) et d'une bordure annulaire périphérique en acier inoxydable (3), telle que représentée sur la figure 1.

Cette bride (1) pour enceinte à vide est destinée à être soudée sur un tube en aluminium (2) au niveau d'une ligne de soudure aluminium-aluminium (7).

La bordure périphérique (3) présente des perçages (5) pour le passage de boulon de liaison avec une bride complémentaire. Elle présente également un couteau (6) apte à

assurer l'étanchéité avec une bride complémentaire lors de l'interaction avec un joint intercalaire malléable.

Le cœur (4) en aluminium est engagé dans la partie périphérique (3) en acier inoxydable. Cet engagement mécanique peut être réalisé par un vissage, le cœur (4) et la bordure périphérique (3) présentant alors des filetages complémentaires. Il peut aussi être réalisé par un assemblage en force de type « frettage ». L'assemblage est alors réalisé avec des tolérances d'usinage, qui interdisent son montage à la main ou même à la presse, par chauffage de la bordure périphérique (3) afin de provoquer une dilatation temporaire permettant de l'enfiler sur le cœur en aluminium (4). On peut également refroidir le cœur (4) en aluminium à l'azote liquide ou à la glace carbonique pour le contracter et l'engager dans la frette. Il peut également être réalisé par un assemblage mécanique classique de type boulonnage ou de rivetage entre le cœur (4) et la périphérie (3).

Le pion (8) est déplacé sur une zone chevauchant l'épaulement annulaire (11) avec un enfoncement dépassant le fond de la gorge annulaire (10), d'une profondeur d'environ 0,30 millimètres. L'épaulement supérieur de l'outil de friction malaxage (8) pénètre par ailleurs dans la surface plane située à la jonction entre l'aluminium et l'acier, d'une épaisseur d'environ 0,10 millimètres, afin de contraindre la matière à combler le trou laissé dans son sillage et à favoriser l'échauffement du pion.

Le pion (8) est décrit à titre d'exemple non limitatif. Des pions plus simples fonctionnent aussi, mais avec un risque de manque de matière dans le fond de soudure. Cela peut se corriger en donnant de l'angle au pion, qui complexifie toutefois l'usinage. Eventuellement, l'axe de rotation du pion (8) peut présenter un léger angle par rapport à la normale à la surface traitée. Cet angle est compris entre 2 et 4°. Le pion présente optionnellement un pas de vis inversé

du pas de vis pour « pousser » la matière et ne pas laisser de lacunes de matière dans le fond de la soudure.

Le cordon de soudure réalisé présente une largeur sensiblement égale au rayon de l'extrémité cylindrique du pion rotatif puisque la surface de chevauchement des deux matériaux, et sur laquelle cette extrémité s'applique, présente une largeur coïncidant avec le rayon de cette extrémité.

Dans cet exemple d'application où les contraintes mécaniques sont particulièrement importantes, la soudure par friction malaxage vient compléter une première étape d'assemblage mécanique des deux composants, mais lorsque de telles contraintes n'existent pas, ou lorsqu'il est possible de faire se chevaucher les deux matériaux sur une largeur plus importante que le rayon de l'extrémité cylindrique du pion rotatif, il est possible de n'utiliser que la soudure par friction malaxage comme moyen de fixation l'un à l'autre des deux composants.

Tel est le cas des exemples représentés sur les figures 3 à 6.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, les deux composants à souder présentent en section transversale, une forme de plaque, la plaque d'aluminium 26 reposant sur la plaque d'acier 27 qui comporte deux portions adjacentes 28, 29 de deux hauteurs différentes H1, H2, séparées l'une de l'autre par une paroi de discontinuité 31 constituant la paroi de guidage selon l'invention, la paroi supérieure 32 de la portion de moindre hauteur 29 et adjacente à la paroi de guidage 31, constituant la paroi de fond.

Dans ce mode de réalisation, la plaque d'aluminium 26 recouvre toute la surface de la plaque d'acier et présente de manière complémentaire, deux portions accolées, de hauteurs différentes et une surface supérieure plane.

La soudure s'effectue à l'aplomb de la paroi de discontinuité 31 sur une surface d'une largeur

approximativement égale au diamètre de l'extrémité cylindrique du pion rotatif, et présentant ainsi une résistance mécanique supérieure.

5 Dans l'exemple représenté sur la figure 4, les deux plaques d'aluminium 26 et d'acier 27 ne sont pas superposées l'une à l'autre avec des parois en contact de forme complémentaire, mais accolées l'une contre l'autre par leurs bords frontaux qui présentent des formes complémentaires.

10 Plus précisément, le bord frontal de l'acier comprend un renforcement supérieur 34 définissant pour la plaque d'acier une section transversale en forme de L dont la paroi interne de la branche verticale constitue la paroi de guidage 36, et la paroi interne de la branche horizontale, la paroi de fond 37.

15 Le bord frontal de l'aluminium comprend un épaulement 38 (qui a été traversé par l'extrémité du poinçon sur la figure 4) de forme complémentaire du renforcement formé dans la plaque d'acier, et venant recouvrir la paroi de fond 37 sur une largeur correspondant au diamètre de l'extrémité  
20 cylindrique du pion rotatif.

Comme dans le mode de réalisation précédent, la soudure s'effectue à l'aplomb de la paroi de discontinuité 31 sur une surface d'une largeur approximativement égale au diamètre de l'extrémité cylindrique du pion rotatif, et  
25 présentant ainsi une résistance mécanique supérieure.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 6, les bords frontaux des deux plaques d'acier et d'aluminium sont également de formes complémentaires afin de définir une paroi de guidage de l'aluminium à l'état pâteux et  
30 une paroi de fond d'appui, mais définissent en plus une deuxième paroi de guidage 41 de l'aluminium à l'état pâteux, opposée à la première.

Cette deuxième paroi est formée par une partie du bord frontal de la plaque d'acier, en forme de crochet en  
35 section transversale, définissant une galerie en forme de U

dont l'ouverture serait tournée vers la paroi supérieure, et dans laquelle vient se loger un crochet de forme complémentaire défini dans le bord frontal de la plaque d'aluminium (l'extrémité cylindrique du poinçon étant représentée comme ayant traversée la partie en crochet de la plaque l'aluminium sur cette figure 6). La hauteur H sur laquelle s'étend la deuxième paroi de guidage est de préférence supérieure à la moitié du diamètre de l'extrémité cylindrique du pion rotatif, en étant inférieure à celle de la première paroi de guidage 36 qui est approximativement égale au diamètre de l'extrémité du pion rotatif.

L'écart latéral existant entre l'extrémité du pion rotatif et chaque paroi de guidage 36, 41 est compris entre 0.01 et 0.2 mm.

Dans l'exemple de réalisation illustré sur la figure 5, l'acier présente de nouveau deux parois de guidage de l'aluminium à l'état pâteux vers la paroi de fond, mais celles ci sont réalisées au moyen d'une rainure formée à partir de la surface supérieure de la plaque d'acier, de forme parallélépipédique et dont les deux parois opposées forment les parois de guidage 36, 41, et la paroi intermédiaire perpendiculaire, la paroi de fond 37.

La plaque d'aluminium présente une forme complémentaire et ainsi, une section transversale en forme de T, dont la partie centrale vient combler la rainure (elle est représentée traversée par l'extrémité cylindrique du pion rotatif) et dont les parties latérales, plus fines (d'une épaisseur d'environ 2 à 4 mm, vient recouvrir la surface supérieure de la plaque d'acier.

Dans les exemples ci-dessus, l'extrémité du pion rotatif s'enfonce d'une profondeur comprise entre 0.2 et 0.5 mm dans la plaque d'acier. Le jeu compris entre cette extrémité et la ou les parois de guidage réalisées dans l'acier, est compris entre 0.01 et 0.2 mm, afin de garantir l'effet de guidage de l'aluminium à l'état pâteux, tout en

évitant les frottements entre l'acier et l'extrémité du poinçon. La hauteur de la paroi de guidage principale est de préférence supérieure au diamètre de l'extrémité cylindrique du poinçon, et celle de la paroi de guidage secondaire, 5 lorsqu'elle est prévue, inférieure à la hauteur de la paroi de guidage principale et supérieure à la moitié du diamètre de l'extrémité cylindrique du pion rotatif.

Les formes complémentaires des plaques d'aluminium et d'acier sont obtenues par usinage de type fraisage pour des 10 plaques ou de type tournage pour des brides.

### Revendications

1. Procédé de soudage de deux matériaux métalliques  
5 ou d'alliages métalliques, par friction malaxage par  
transparence, un pion de friction malaxage rotatif dont une  
extrémité vient traverser en le chauffant un premier matériau  
superposé à un deuxième matériau, le premier matériau se  
transformant plus vite à l'état pâteux sous l'effet de la  
10 rotation du pion, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape préliminaire de réalisation au sein du  
deuxième matériau d'une paroi de fond (21) contre laquelle le  
pion est destiné à pousser le premier matériau à l'état pâteux  
lors de la soudure, et d'au moins une paroi latérale (22) de  
15 guidage du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de  
fond du deuxième matériau, et

- une étape visant à créer des aspérités sur la  
paroi de fond réalisée dans le deuxième matériau,  
le premier matériau venant, sous l'effet de la  
20 poussée de l'extrémité du pion, s'immiscer entre les aspérités  
et la paroi de fond de façon à réaliser une fois durcit, un  
ancrage entre le premier et le deuxième matériau.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en  
25 ce que l'étape de création d'aspérités sur la paroi de fond  
s'effectue par enfoncement de l'extrémité du pion rotatif sur  
une profondeur prédéterminée au sein du deuxième matériau.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,  
30 caractérisé en ce que le premier matériau le premier matériau  
présente une forme complémentaire de celle formant la paroi de  
guidage et la paroi de fond du deuxième matériau, les premier  
et deuxième matériaux étant emboîtés l'un dans l'autre par  
leurs formes complémentaires avant leur soudage par friction  
35 malaxage par transparence.

4. Appareil de soudage par friction malaxage pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un pion rotatif pourvu d'une extrémité proéminente, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen de positionnement de l'extrémité du pion rotatif vis à vis de la paroi de guidage du deuxième matériau, de façon à maintenir le flanc de l'extrémité du pion rotatif à une distance prédéterminée de la paroi de guidage.

5. Assemblage de deux matériaux selon le procédé de l'une des revendications 2 à 3, caractérisé en ce que le deuxième matériau présente en section transversale un premier épaulement entre une paroi supérieure et la paroi de guidage, un second épaulement de largeur « d » correspondant à l'écart entre le flanc de l'extrémité du poinçon et la paroi de guidage, et d'une hauteur « h » correspondant à la profondeur d'enfoncement de l'extrémité du pion dans le deuxième matériau, et une paroi de fond à aspérités, de même largeur que l'extrémité du pion rotatif.

6. Assemblage selon la revendication 5, caractérisé en ce que le deuxième matériau présente en section transversale deux portions principales de deux hauteurs différentes, séparées par une paroi de discontinuité (31) constituant la paroi de guidage, la paroi supérieure (32) de la portion de moindre hauteur et proche à la paroi de guidage, constituant la paroi de fond.

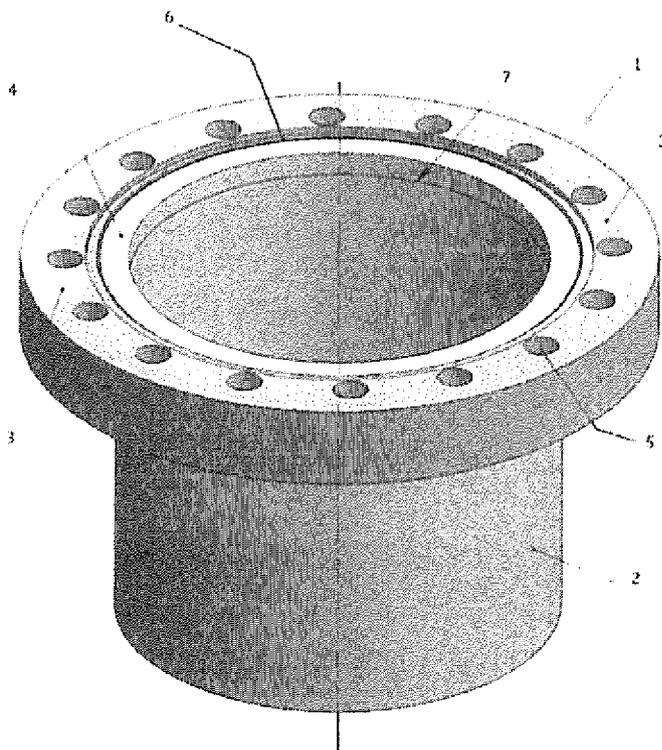
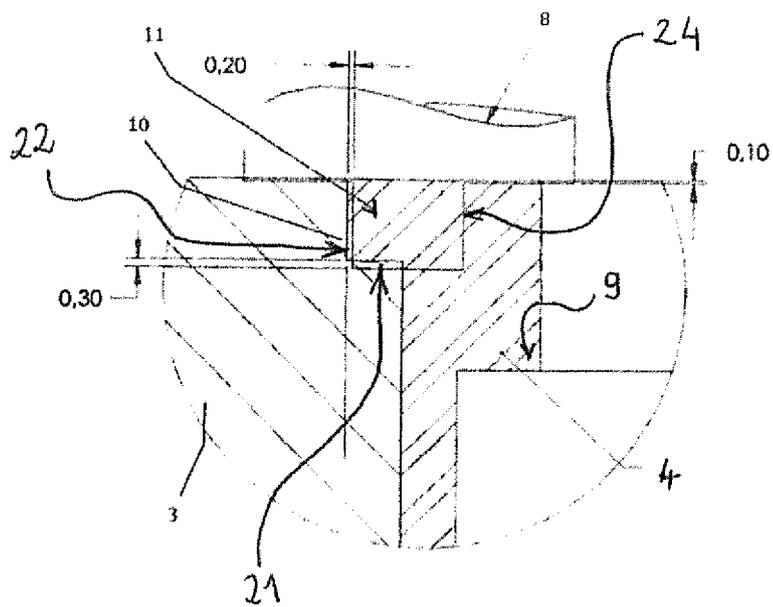
7. Assemblage selon la revendication 6, caractérisé en ce que le deuxième matériau comprend une deuxième paroi de guidage (41) du premier matériau à l'état pâteux vers la paroi de fond (37) du deuxième matériau.

8. Assemblage selon la revendication 7, caractérisé en ce que le deuxième matériau présente en section

transversale une forme plate pourvue d'une gorge (36, 37, 41) définissant deux parois opposées formant respectivement les première et deuxième parois de guidage du premier matériau, et une paroi de fond de gorge vers laquelle le premier matériau à l'état pâteux est guidé par les deux parois de guidage.

9. Assemblage selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que la zone de recouvrement entre le premier et le deuxième matériau présente une largeur égale ou supérieure à la moitié du diamètre de l'extrémité du poinçon.

1/3

Figure 1Figure 2

2/3

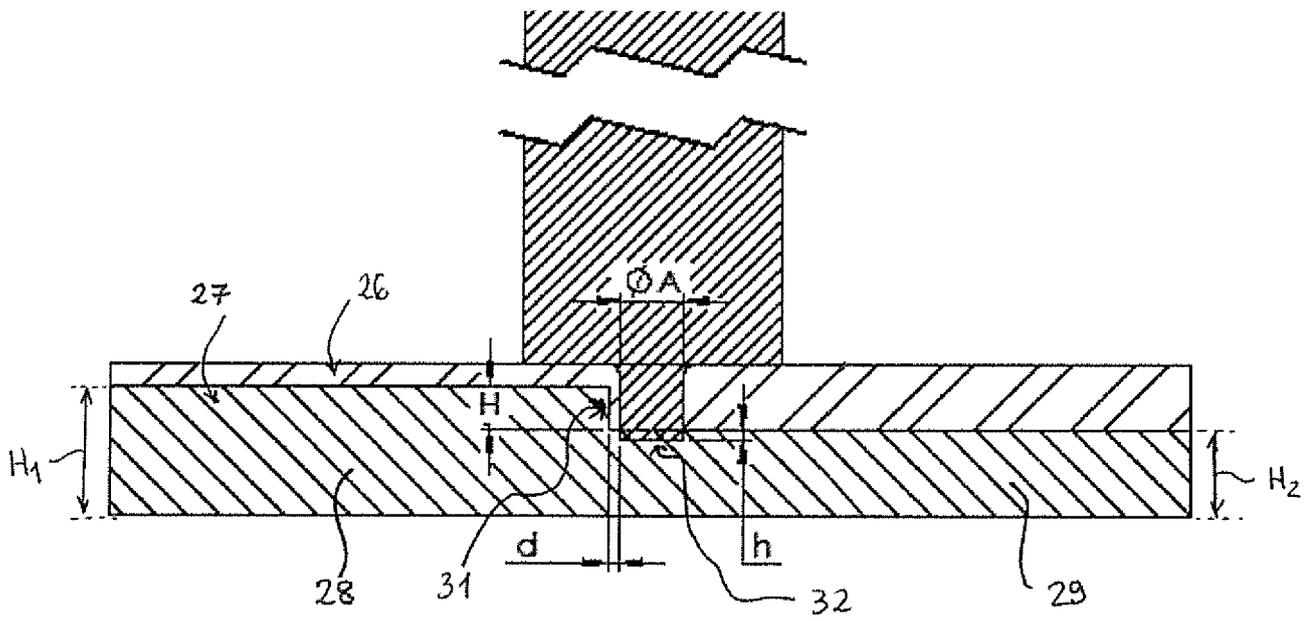


Figure 3

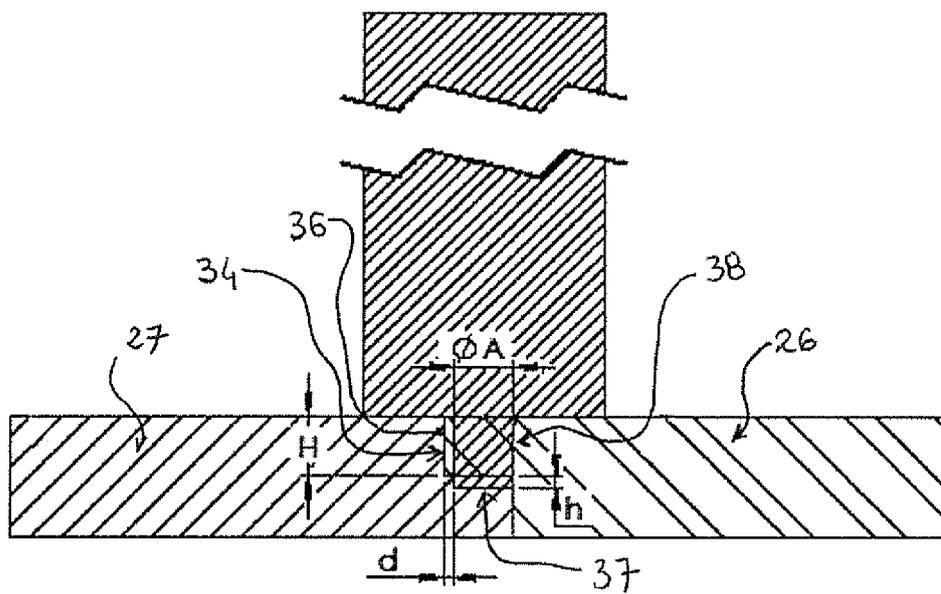


Figure 4

3/3

