

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 493 599

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 20405**

(54) Jonction brasée entre un filament de tungstène et un conducteur, et procédé de préparation.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 K 1/16, 3/06.

(22) Date de dépôt..... 30 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : EUA, 30 octobre 1980, n° 202 131.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 18 du 7-5-1982.

(71) Déposant : GENERAL ELECTRIC COMPANY, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Antonin Josef Dvorak et Francis Carl Toth.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Alain Catherine, GETSCO,
42, av. Montaigne, 75008 Paris.

La présente invention concerne, d'une manière générale, la fixation des filaments aux supports ou conducteurs dans des lampes électriques et dispositifs scellés similaires, et elle permet d'obtenir une jonction soudée de qualité entre 5 un filament de tungstène en spirale et un conducteur de molybdène, qui évite la fragilisation du filament.

La partie la plus critique d'une lampe ou d'une ampoule électrique est son filament. Ce dernier est presque toujours fait en tungstène car le tungstène possède un point de fusion 10 plus élevé que celui des autres matériaux utilisables connus. Les lampes électriques sont ordinairement emplies de gaz pour réduire la vitesse de vaporisation du tungstène et, dans les lampes emplies de gaz, on augmente l'efficacité de la production de lumière en donnant au filament une forme spiralée. 15 Dans les tailles courantes de lampes domestiques à incandescence, on utilise généralement un filament spiralé.

Dans les lampes à incandescence économiques issues d'une production en masse, le filament est attaché aux fils conducteurs de la plus simple manière possible. Les extrémités du 20 filament sont placées dans des crochets ouverts formés à l'extrémité de fils conducteurs, et ces crochets sont repliés et fermés par un appareil automatique. Les crochets repliés pincent le filament et, comme il s'ensuit une déformation des extrémités du fil spiralé, le procédé ne peut être appliqué 25 qu'à des filaments ductiles qui n'ont pas subi de traitement thermique à des fins de recristallisation.

Pour de plus grandes puissances ou des lampes de meilleure qualité, telles que les lampes à halogène ou les lampes de projecteurs, on cherche à avoir une plus grande stabilité 30 du filament et une plus longue durée de vie. Dans de telles

lampes, on utilise des filaments qui ont été recristallisés par cuisson avant le montage, ce, pour éliminer les tensions internes et chasser les impuretés. De cette manière, on stabilise la forme et les dimensions du filament pour le fonctionnement ultérieur de la lampe. Ces filaments sont, cependant, plus fragiles et cette fragilité rend la fixation du filament aux conducteurs de la structure de montage de la lampe beaucoup plus difficile. Du fait que l'on ne peut avoir recours à la fixation simple à crochet, on a mis au point diverses techniques de remplacement et celle qui est la plus couramment utilisée consiste à introduire à force un fil ou pion dans les spires ou tours d'extrémités du filament pour obtenir une adaptation étroite par friction entre le filament et le pion. Dans une telle fixation, la connexion électrique est essentiellement un contact mécanique.

Divers perfectionnements au simple pion ont été apportés au cours des ans. Le brevet des E.U.A. n° 2 339 679 (van Horn 1948) utilise un pion dans lequel un filetage a été formé soit par un usinage approprié soit en enroulant un fil fin autour du pion. Le brevet des E.U.A. n° 2 830 217 (Hodge - 1958) utilise un pion dans lequel l'extrémité du conducteur est aplatie pour former une pointe en forme de pelle et permettre une adaptation à force dans le filament spiralé. On a également tenté de combiner la mise en place d'un pion, avec une opération de soudage, comme par exemple dans le brevet des E.U.A. n° 2 403 070 (Fulton - 1946). Dans ce brevet Fulton, le filament spiralé est soudé au pion uniquement à l'extrémité éloignée du point d'entrée, pour garantir que la partie de filament qui supporte les tensions et contraintes ne soit pas fragilisée par le soudage.

Toutes les techniques utilisant un pion et les perfectionnements de ces techniques, y compris la mise en place d'un pion combinée avec un soudage, demandent une grande quantité de travail et n'ont pas été rendues automatisables.

5 La présente invention a pour but d'apporter une jonction soudée entre un fil conducteur et un filament de tungstène traité thermiquement, ne causant pas de fragilisation nuisible du filament ou du conducteur, et d'obtenir ce résultat par un procédé simple automatisable.

10 En opérant une fixation sur du tungstène, on ne peut pas se permettre de surchauffer le tungstène à un degré qui permette un développement nuisible de cristaux et une fragilisation du matériau. Les points de fixation du filament, en particulier, sont des points de contraintes élevées et l'on doit éviter à 15 tout prix une fragilisation à leur niveau. Le résultat satisfaisant de l'invention repose sur la connaissance du fait que la fragilisation du tungstène est fonction à la fois de la température et de la durée.

Dans un joint soudé selon l'invention, un fil conducteur 20 d'un métal apte au soudage sur le tungstène se prolonge, d'un seul tenant, par une zone de soudage qui s'étend longitudinalement dans une partie du filament en tungstène spiralé. Le tungstène n'est pas fragilisé au niveau du joint et cela est obtenu au moyen d'un apport brusque d'énergie qui ne chauffe soudainement et au-dessus de son point de fusion, dans une atmosphère réductrice ou inerte, que la petite quantité de métal de soudage utilisée dans la réalisation du joint. Du fait que la quantité de métal fondu est petite, la perte de température de la zone avoisinante, comprenant la partie principale du 25 fil et le filament en contact avec le métal de soudage, provoque 30

une chute de température si rapide que la fragilisation du tungstène est sensiblement évitée. Pour empêcher la perte de l'effet de refroidissement du fil, le temps de chauffage ou la durée de l'apport brusque d'énergie ne doit pas excéder 5 une seconde, et l'on préfère que cette durée soit encore plus courte. Grâce au refroidissement rapide qui suit l'impulsion, la durée est insuffisante pour qu'il se forme un développement appréciable de grains dans le tungstène en contact avec le métal de soudage. En outre, le métal de soudage est déjà 10 en cours de refroidissement lorsqu'il entre en contact avec le tungstène et cela contribue aussi à réduire l'étendue et la durée du chauffage du tungstène, et donc limite la formation de cristaux. L'apport d'énergie peut être fait de diverses manières : on préfère avoir recours à une impulsion de décharge électrique ; on peut également utiliser d'autres sources émettrices d'énergie, telles qu'un faisceau d'électrons ou un laser. L'environnement peut être formé d'une atmosphère inerte ou réductrice ou l'on peut travailler sous vide.

Dans un mode de mise en oeuvre préféré de l'invention, 20 on juxtapose l'extrémité d'un fil de molybdène à l'extrémité spiralée ou à une projection terminale d'un filament de tungstène, de préférence, de telle manière que le fil et la projection spiralée s'intersectent au voisinage de leur extrémité. Ensuite, au moyen d'une impulsion d'arc ou de décharge tirée 25 d'une électrode de tungstène dans un gaz inerte (soudage par impulsion TIG) vers la partie de fil de molybdène qui se projette au delà de la projection du filament spiralé, on provoque la fusion rapide, de préférence en moins de 500 millisecondes, de la partie de fil en cause. Le gaz inerte nettoie 30 le molybdène chauffé et le tungstène dans la région de l'arc

et empêche toute formation d'oxyde. Par suite, le molybdène liquide mouille le tungstène et est étiré par capillarité dans les spires du serpentin où il se refroidit rapidement et se solidifie. L'intervalle de temps entre le début de l'impulsion et le moment où le tungstène est refroidi à sa température de recristallisation d'environ 2200°C est au plus de deux secondes, ce qui est insuffisant pour permettre une fragilisation nuisible du tungstène. Cet intervalle de temps est de préférence de 750 millisecondes ou moins pour empêcher une telle fragilisation. En outre, le molybdène liquide refroidit progressivement tandis qu'il se propage le long des spires du filament de tungstène et il est le plus froid à son point de propagation le plus avancé. Ce point extrême d'avancée est également le premier point de fixation avec le filament de tungstène où les tensions ont tendance à être maximales, grâce à quoi l'invention permet d'obtenir la fragilisation la plus faible en ce point critique.

L'invention est décrite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 20 - la figure 1 est une vue en perspective d'une lampe à incandescence halogène tungstène à extrémité unique, ayant des jonctions soudées conformément à l'invention.;
- 25 - la figure 2 est une vue en plan montrant la structure formée par les fils supportant le filament ;
- 30 - la figure 3 est une vue à plus grande échelle d'une projection de filament spiralé reposant sur le fil , avec l'électrode de soudage en place au-dessus de la partie de fil s'étendant au-delà du filament ;
- 35 - la figure 4 est une coupe prise selon la ligne 4-4 de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue en plan à plus grande échelle de la jonction en formation, montrant la projection du fil transformée en boule fondu ;

- la figure 6 est une vue encore plus agrandie montrant une jonction de filament symétrique terminée, conforme à l'invention ; et

- la figure 7 montre une jonction de filament asymétrique conforme à l'invention, dessinée à la même échelle qu'à la figure 6.

10 Si l'on se réfère particulièrement à la figure 1, on voit une lampe à extrémité unique du type à cycle d'halogène, compacte et de forte intensité. Cette lampe est formée d'une ampoule ou enveloppe tubulaire 1 qui contient un filament 2 s'étendant longitudinalement et qui est constitué d'un fil de tungstène enroulé en spirale représenté ici sous la forme d'un serpentin. L'ampoule renferme un remplissage de gaz composé essentiellement d'un gaz inactif tel que l'azote, ou d'un gaz inerte tel que l'argon, ou de mélanges de tels gaz, à une pression de plusieurs centaines de torrset même sensiblement supérieure à la pression atmosphérique. Le remplissage de gaz renferme une petite quantité de vapeur d'iode ou de brome qui sert de promoteur de régénération pour maintenir les parois de l'ampoule exemptes de dépôt de tungstène vaporisé depuis le filament. Pour maintenir opérationnel le cycle de régénération 25 du tungstène par l'halogène, les parois de l'ampoule doivent être conservées à une température relativement élevée, supérieure à 250°C, par exemple d'environ 500°C. En conséquence, l'ampoule 1 est faite de verre ayant un point de ramollissement relativement élevé, tel qu'un verre "dur" bien connu au borosilicate, 30 à l'aluminosilicate ou de quartz. Le filament 2 est de n'impor-

te quelle capacité voulue pour maintenir la température des parois de l'enveloppe à la valeur nécessaire, par exemple d'environ 150 watts ou plus pour un fonctionnement à partir d'une source d'alimentation en courant classique. Le filament 5 illustré est prévu pour un fonctionnement à 150 watts sous une tension de 115 volts.

Le filament 2 est supporté, le long de l'axe longitudinal de l'ampoule, par des conducteurs internes court et long, respectivement référencés 3 et 4, se terminant par des bras 10 transversaux 3a et 4a qui s'étendent en direction de l'axe de l'ampoule. Les conducteurs sont faits en molybdène ductile suffisamment rigide pour supporter le filament, et ils sont noyés dans un joint 5 qui les pince et qu'ils traversent à l'extrémité inférieure de la lampe. Si on le souhaite, les 15 portions de conducteurs noyées dans le joint 5 peuvent être prérevêtues ou enrobées de verre, d'une manière connue en soi, pour faciliter le scellement. Bien que les conducteurs 3 et 4 représentés ici soient fait d'une longueur continue et unique de fil de molybdène, on utilise fréquemment aussi des fils 20 composites dans lesquels les parties des fils qui se projettent vers l'extérieur sont d'une composition différente, par exemple en alliage nickel-fer. De même, lorsque l'enveloppe est formée de quartz ou de silice fondu, les fils 3 et 4 comprennent des parties de feuilles minces pour assurer un 25 joint hermétique dans la région du joint pinçant comprimé 5. Une fois que l'enveloppe a été fermée étanchement par pinçage, l'intérieur de la lampe est balayé et rempli par un mélange de gaz au moyen d'un tube d'échappement fixé au sommet de l'ampoule et dont on voit la trace en 6 une fois enlevé.

30 La présente lampe est destinée à fournir des services

de haute qualité et, en conséquence, le filament 2 a été recuit pour stabiliser la structure cristalline fibreuse du tungstène et chasser les impuretés éventuelles. Les filaments de tungstène recuits sont cependant fragiles et, dans le passé, on s'est heurté, de ce fait, à des difficultés pour effectuer la fixation du filament à la structure de la lampe. La technique antérieurement utilisée, pour une telle lampe, consistait à introduire des pions dans les pattes du filament, de les fixer avec des soudures résistantes et, ensuite, de souder les pions aux fils conducteurs. Le procédé était coûteux et relativement peu fiable du fait qu'il nécessitait une manipulation précise des différents composants.

La présente invention apporte une jonction brasée qui est plus fiable qu'une jonction par pion et plus économique à réaliser. Le molybdène, dont le point de fusion est d'environ 2620°C, est un bon métal de brasure pour le tungstène qui a un point de fusion d'environ 3370°C. Pour effectuer le brasage du filament de tungstène aux fils de molybdène 3 et 4 par le procédé selon l'invention, il est commode d'utiliser une structure de fil dite en épingle à cheveux, telle que représentée à la figure 2. La structure comprend les conducteurs 3 et 4 réunis par un pont 7 qui maintient les parties dans la relation spatiale voulue pendant l'assemblage et le soudage. A titre d'exemple, les conducteurs 3 et 4 sont des fils d'approximativement 0,5 mm et le filament est fait d'un fil de tungstène de 0,05 mm. On fait reposer le filament spiralé 2 de telle sorte qu'il enjambe l'espace compris entre les bras 3a et 4a tournés transversalement, les pattes linéaires du filament spiralé traversant et s'étendant au-delà de ces bras. Des moyens de fixation appropriés, non représentés

au dessin, maintiennent le filament et la structure dans leur position relative en vue de leur brasage ultérieur. Si l'on se réfère aux figures 3 et 4, la longueur L de la saillie ou projection de la partie terminale $3b$ (ou $4b$) du bras au-delà du filament est déterminée par rapport au volume de molybdène voulu pour le brasage. Pour une partie de brasure qui s'étend dans les deux directions à partir du point X de croisement, il doit y avoir un volume suffisant de molybdène pour remplir plusieurs spires de la patte de filament dans les deux directions à partir de l'intersection. La section de brasure s'étend dans le filament sur une distance qui est au moins égale, et de préférence supérieure, au diamètre du conducteur. La longueur du filament spiralé qui est remplie de molybdène est indiquée par M à la figure 4.

15 La structure en épingle à cheveu est mise à la terre, de préférence en un point du bras $3a$ proche de l'intersection avec la patte de filament, comme cela est schématiquement indiqué aux figures 3 et 4 et, d'une manière similaire (non représentée) en un point du bras $4a$. L'électrode de tungstène 8 de l'équipement de soudage par tungstène en atmosphère de gaz inerte (TIG) est placée verticalement au-dessus de la projection $3b$ du fil de molybdène. La pointe de l'électrode doit être suffisamment proche du filament 2 pour permettre à la chaleur d'éclabousser quelque peu le filament, mais la distance entre la pointe et le conducteur doit être inférieure à celle comprise entre la pointe et le filament pour garantir que la décharge de l'arc se fera avec le conducteur et non avec le filament. L'électrode est entourée d'un tube ou manchon de céramique 9 au travers duquel un gaz inerte de couverture est distribué pour envelopper la région de soudage et la protéger

10

de l'air. L'argon constitue un gaz convenable ; de préférence, il contient un petit pourcentage (5%) d'hydrogène pour produire un arc plus chaud et fournir une atmosphère réductrice. Une telle atmosphère réductrice chasse les oxydes de la zone 5 de brasage ou de soudage et facilite l'écoulement du métal.

Pour procéder au brasage, on alimente en gaz inerte de couverture et on décharge, entre l'électrode et le conducteur de molybdène, une impulsion de courant électrique d'une durée d'environ 100 millisecondes. L'extrémité 3b du conducteur de 10 molybdène fond et forme une boule 3c sur laquelle s'étend la patte de filament 2, comme on le voit à la figure 5. En un très court laps de temps, le molybdène fondu mouille le filament de tungstène et, étiré par capillarité, il pénètre dans les spires sur des distances approximativement égales 15 3d et 3e de chaque côté de l'intersection avec le conducteur 3a, comme on le voit à la figure 6. Avant le brasage, la patte de filament 2 est passée au-dessus du conducteur 3a, comme le montre la figure 3, mais les moyens de fixation (non représentés) qui maintiennent le filament en place ont tendance à mettre 20 la patte dans le même plan que le conducteur. Lorsque la la projection 3b est fondu, la pression exercée par les moyens de fixation et également la tension superficielle font que la patte de filament se centre d'elle-même par rapport à la patte du conducteur 3a de sorte que leur axe, à chacune, passe par le 25 point X. La perte de chaleur par rayonnement, en direction du filament et de la structure par conduction, et en direction du gaz de couverture par convection, refroidit rapidement et solidifie la portion brasée. Le brasage du long conducteur 4 peut être fait simultanément de la même manière. On interrompt 30 ensuite l'alimentation en gaz de couverture et le cycle

est terminé. Après que la structure en épingle à cheveu ait été scellée par pinçage dans l'enveloppe de la lampe comme le montre la figure 1, la partie de pont externe 7 est coupée pour ne conserver que des conducteurs de longueur appro-
5 priée émergeant de l'enveloppe de la lampe.

Sur la figure 6, on a représenté une jonction brasée symétrique, dans laquelle la portion brasée, c'est-à-dire l'étendue de la pénétration du molybdène dans la patte de filament, de chaque côté du conducteur, est la même. La figure 10 7 montre une jonction asymétrique qui est obtenue en raccourcissant l'étendue de la projection de la patte de filament au-delà du conducteur, avant de faire le brasage. Le molybdène remplit ensuite facilement la courte distance $3d'$ jusqu'à l'extrémité coupée sur la gauche du fait qu'il y a moins de perte 15 de chaleur et qu'elle est plus chaude. Le molybdène pénètre également sur une distance $3e$ dans la partie droite qui peut être plus longue ou plus courte que la précédente, selon le volume de métal de brasure. On peut utiliser un brasage asymétrique pour réduire la perte de filament, car ce n'est que la partie 20 de patte de filament qui se prolonge par la spirale qui est utile. En fait, le conducteur peut être brasé à l'extrême bout de la patte de filament, si on le désire, pour réduire la perte de filament au minimum. D'un autre côté, un joint symétrique, tel que celui représenté à la figure 6, présente l'avantage que les variations dans la longueur utile du filament et 25 le volume résultant du métal de brasure due aux tolérances ou erreurs dans la longueur de la projection sont réduites de moitié.

Les paramètres les plus importants du procédé que l'on 30 doit maîtriser pour obtenir de bonnes jonctions entre le con-

ducteur et le filament de tungstène spiralé sont les suivants :

1 - la longueur de la projection

La longueur de la projection commande directement le volume de métal de brasure et la dimension M. Elle doit être suffisante pour permettre à la décharge électrique de se faire vers la partie de conducteur 3b, et non pas vers le filament de tungstène.

2 - le chauffage

On doit fournir une quantité d'énergie électrique suffisante pour faire fondre le volume de molybdène choisi pour la brasure. L'arc électrique, c'est-à-dire la vitesse à laquelle la chaleur est fournie, est de préférence optimale pour que le molybdène fonde aussi rapidement que possible sans éclabousser le tungstène de manière incontrôlée et sans provoquer une vaporisation excessive de ce dernier.

3 - le refroidissement

On interrompt le chauffage de la partie brasée, et ce totalement, dès que l'impulsion est terminée et la vitesse de refroidissement est commandée principalement par la conductivité de la structure, par la chute de température provoquée par les composants, et par la vitesse de l'écoulement du gaz de couverture. On refroidit aussi vite que possible pour protéger la structure de grain du filament de tungstène à l'égard d'une cristallisation nuisible et d'une fragilisation résultante.

4 - l'oxydation

On empêche l'oxydation du filament de tungstène ou du molybdène par un écoulement suffisant du gaz de couverture. Il est souhaitable d'ajouter un petit pourcentage d'hydrogène à l'argon pour favoriser le mouvement rapide du molybdène fondu dans

le filament en spirale.

5 - le choix du matériau

Le matériau choisi pour la réalisation de la structure ou du fil conducteur formant la soudure doit satisfaire aux exigences imposées par la lampe, outre qu'il doit avoir une température de fusion sensiblement plus basse que le filament en tungstène spirale. Le molybdène constitue un bon choix car il peut être scellé directement sur du verre dur ou du quartz et il est suffisamment réfractaire pour l'usage envisagé. Le nickel et le fer peuvent également être utilisés.

La Demanderesse a utilisé ces différents critères dans les essais qu'elle a mis en oeuvre et elle a obtenu des résultats satisfaisants et cohérents. Des photographies métallographiques ne révèlent aucun changement significatif de la structure cristallographique du filament. Cela est confirmé par des essais mécaniques qui ont montré qu'il n'y avait pas de détérioration dans la résistance du filament par suite du brasage. Il est clair que le procédé de brasage décrit ne comporte pas d'opération demandant une grande technicité ou dextérité de la part de l'opérateur et qu'en fait, ce procédé peut être facilement automatisé pour la fabrication de lampes.

REVENDICATIONS

1 - Jonction entre un filament de tungstène et un fil conducteur, caractérisée en ce qu'elle est constituée par :

- un filament de tungstène ayant une partie spiralée (2),

5 - un fil conducteur métallique (3,4) pénétrant dans cette partie spiralée (2) et se prolongeant par une zone de brasage (3d, 3e) d'un seul tenant qui s'étend longitudinalement dans la partie spiralée (2),

cette zone de brasage (3d, 3e) résultant de la fusion soudaine 10 d'une portion de fil conducteur (3b,4b), dans une atmosphère inerte ou réductrice, tandis que cette portion (3b,4b) est en contact avec la partie spiralée (2), de sorte que le métal fondu mouille le tungstène et est étiré par capillarité dans les spires où il se solidifie, le laps de temps compris entre la fusion 15 et la solidification étant trop court pour permettre une formation significative de cristaux dans le tungstène en contact avec le métal fondu.

2 - Jonction selon la revendication 1, caractérisée en ce que la partie spiralée (2) est formée de fil de tungstène 20 recristallisé.

3 - Jonction selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fil conducteur (3,4) est en molybdène.

4 - Jonction selon la revendication 1, caractérisée en ce que la zone de brasage (3d,3e) s'étend au long de la partie 25 spiralée (2) sur une distance qui n'est pas inférieure au diamètre du fil conducteur.

5 - Jonction selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fil conducteur (3,4) pénètre dans la partie spiralée (2) depuis le côté d'un point intermédiaire (X).

30 6 - Procédé de réalisation d'une jonction entre un fila-

ment de tungstène ayant une partie spiralée (2) et un fil conducteur métallique (3,4), caractérisé en ce qu'il consiste à :

- juxtaposer la partie spiralée (2) et une portion terminale (3b, 4b) du fil conducteur (3,4) ayant un volume adéquat pour remplir plusieurs spires de la spirale de la partie spiralée (2) ;

- faire fondre soudainement la portion terminale (3b, 4b), sous atmosphère inerte ou réductrice, grâce à quoi le métal fondu mouille le tungstène et est étiré par capillarité dans la spirale où il se solidifie ; et, à

- commander la vitesse de l'alimentation en énergie fournie à la portion terminale (3b, 4b) et la vitesse de refroidissement du métal fondu de manière que la fusion et la solidification subséquente se fassent en un laps de temps trop court pour permettre une fragilisation du tungstène en contact avec le métal fondu.

7 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la partie spiralée (2) du filament et le fil conducteur (3,4) sont juxtaposés de telle manière qu'ils soient en contact et s'intersectent au voisinage de leurs extrémités et en ce que la portion terminale en saillie (3b, 4b) du fil conducteur (3,4) est fondu et étirée par capillarité dans la partie spiralée (2).

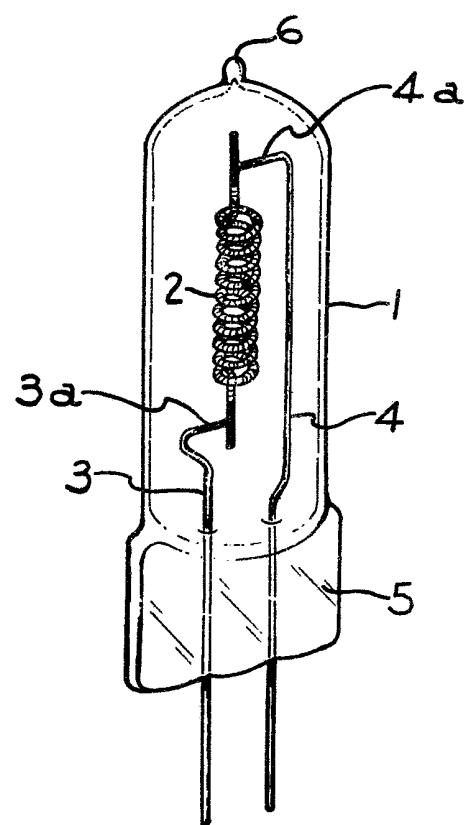
8 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la vitesse de l'alimentation en énergie de la portion terminale (3b, 4b) et la vitesse de refroidissement du métal fondu sont choisies de manière que le laps de temps compris entre la fusion et la solidification soit inférieur à 2 secondes.

9 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en

ce que la portion terminale (3b, 4b) est fondu par une impulsion de décharge électrique dans une atmosphère inerte ou réductrice.

10 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en
5 ce que la portion terminale (3b, 4b) est fondu par une impulsion de décharge électrique depuis une électrode de tungstène dans une atmosphère inerte ou réductrice, et en ce que la puissance de l'arc de soudure, la durée de cet arc et la vitesse de refroidissement du métal fondu sont commandées de
10 manière que le laps de temps entre la fusion et la solidification soit inférieur à 750 millisecondes.

Fig. 1



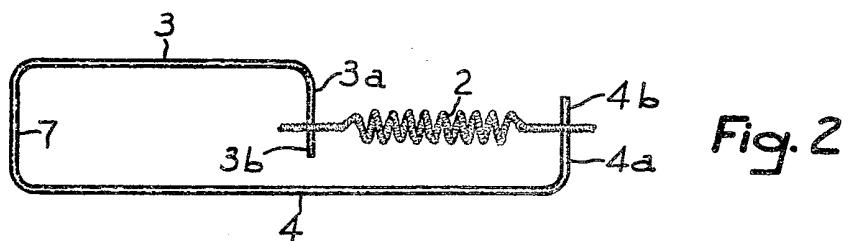


Fig. 2

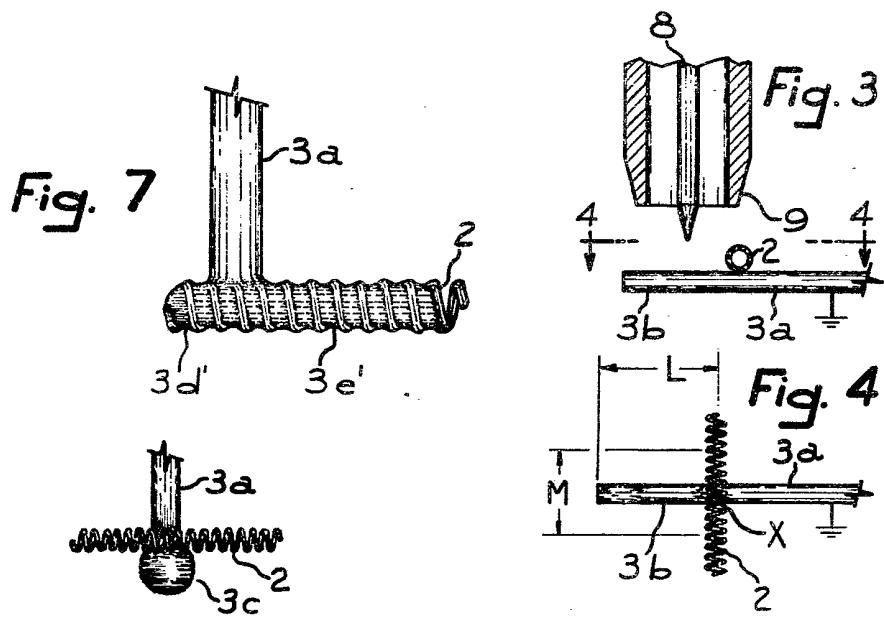


Fig. 3

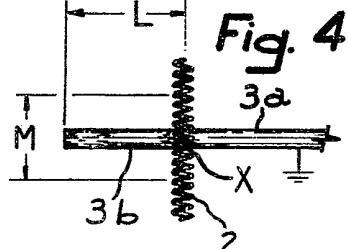


Fig. 4

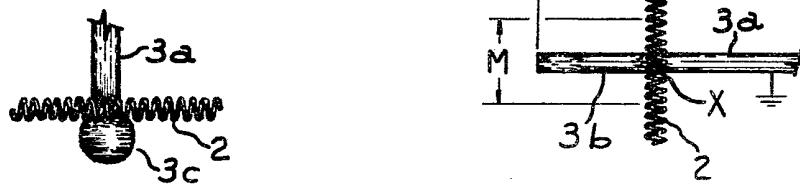


Fig. 5

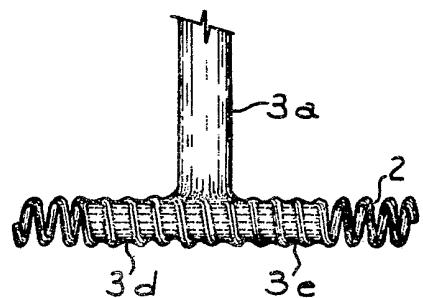


Fig. 6