



(11) CH 690 439 A5

(51) Int. Cl. 7: C 23 C 010/00  
B 23 H 007/08

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

**(12) FASCICULE DU BREVET A5**

(21) Numéro de la demande: 03491/95

(73) Titulaire(s):  
Charmilles Technologies S.A.,  
8-10, rue du Pré-de-la-Fontaine Case postale 373,  
1217 Meyrin 1 (CH)

(22) Date de dépôt: 11.12.1995

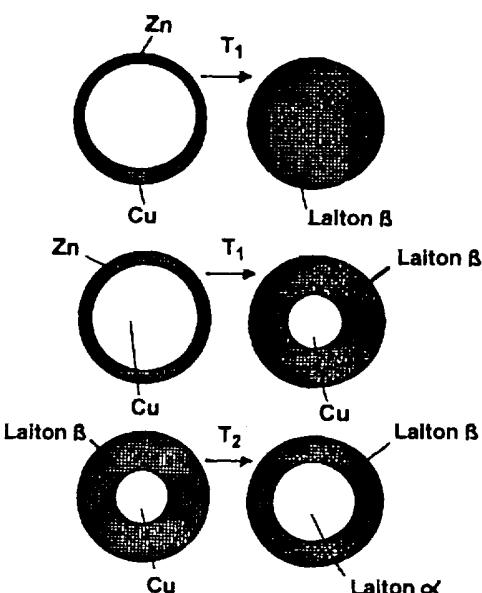
(72) Inventeur(s):  
Jean Paul Briffod, Les Carelines chez Degradaz,  
74380 Lucinges (FR)

(24) Brevet délivré le: 15.09.2000

(74) Mandataire:  
Micheli & Cie, 122, rue de Genève Case postale 61,  
1226 Thônex (Genève) (CH)

**(54) Procédé de fabrication de fils avec une surface de laiton, pour les besoins de l'électro-érosion à fil.**

(57) Procédé de fabrication de fils à surface de laiton pour une application en électro-érosion à fil: le fil en cuivre revêtu d'une couche de laiton est chauffé à une température ( $T_1$ ) suffisante à la formation d'une phase laiton  $\beta$ , la température étant maintenue jusqu'à diffusion complète du zinc. L'épaisseur du revêtement de zinc peut être choisie de façon qu'une fois le zinc totalement diffusé, le fil est constitué à sa périphérie d'une phase laiton  $\beta$ , et de cuivre dans sa partie centrale. En chauffant encore plus pour obtenir la température ( $T_2$ ) nécessaire à la formation de la phase laiton  $\alpha$ , on assiste à la transformation par diffusion de la partie centrale de cuivre en phase laiton  $\alpha$ .



## Description

L'invention porte sur un procédé permettant de fabriquer des fils à surface de laiton en vue de l'électro-érosion à fil.

Pour l'électro-érosion à fil on utilise couramment du fil de laiton dont la structure et la composition sont adaptées pour obtenir un fil qui répond aux exigences posées en ce qui concerne la contrainte de rupture mécanique ainsi que la conductivité. La fabrication d'un fil de laiton correspondant à ce type d'alliage est relativement coûteuse. A cela s'ajoute que pour chaque variation dans la composition chimique du fil, il faut élaborer un nouvel alliage de base.

En partant de ces faits, l'inventeur s'est proposé d'élaborer un procédé tel que décrit plus haut, permettant de fabriquer du fil à surface de laiton, le cas échéant d'une section de teneur en zinc variable, et ce à un prix avantageux et de manière simple.

La solution inventée pour cette tâche se présente ainsi: un fil de cuivre revêtu de zinc est porté à une température suffisante à la formation de la phase laiton  $\beta$ , avec maintien de cette température jusqu'à diffusion complète du zinc.

Afin d'éviter une évaporation excessive du zinc, il est recommandé de limiter à 750°C, la température nécessaire à la formation de la phase laiton  $\beta$ .

L'épaisseur du revêtement peut être choisie telle qu'après diffusion complète du zinc, le fil soit constitué de la phase laiton  $\beta$  sur toute sa section.

Par rapport aux techniques actuelles, l'avantage primordial du procédé inventé réside dans la simplicité avec laquelle on peut régler et modifier la teneur en zinc sur la section du fil.

Ceci permet d'adapter les propriétés de la surface du fil aux conditions opératoires de l'électro-érosion, tout en conférant à l'âme du fil la résistance nécessaire à la rupture. A cette fin, l'enrobage de zinc du fil peut être choisi à une épaisseur telle que une fois le zinc totalement diffusé, le fil présente en périphérie une phase laiton  $\beta$ , l'âme étant constituée de cuivre. Cette partie centrale en cuivre peut, par une diffusion du zinc de la phase laiton  $\beta$  vers la partie centrale, être transformée en phase laiton  $\alpha$ . Pour ce faire il faut – une fois la partie périphérique en phase laiton  $\beta$  et la partie centrale en cuivre constituée – chauffer le fil à une température suffisante pour la formation de la phase laiton  $\alpha$  tout en maintenant la chaleur de préférence à une température d'au moins 950°C, et ce jusqu'à la transformation par diffusion.

Comme la deuxième diffusion, à savoir la transformation par diffusion de cuivre en phase laiton  $\alpha$  est relativement lente, une variante du procédé inventé consiste à accélérer la transformation par une élévation locale de courte durée de la température sur le fil, avec pour effet une fusion localisée du fil. On veillera à limiter cette zone de fusion sur une longueur correspondant à 1 à 10 fois la section du fil, en choisissant de préférence la valeur qui est de 5 fois la section du fil. La stabilité mécanique de la zone en fusion du fil est maintenue par la tension de surface dans la zone de transition entre le métal en fusion et l'air.

Le fil peut être chauffé au four sous forme de bobinage, en veillant toutefois à ce que les spires du fil ne soient pas jointives, pour empêcher toute diffusion entre elles. On choisira de préférence de chauffer le fil de façon continue en le passant par une installation de chauffage au moins, par exemple un four tunnel ou un tuyau chauffant, ou en le chauffant au moyen d'un flux direct de courant électrique.

Les autres avantages, caractéristiques et détails de l'invention apparaîtront dans les descriptions suivantes d'exemples d'applications triés sur le volet, ainsi qu'au travers du dessin inclus; celui-ci représente schématiquement

Fig. 1–3 la section de plusieurs fils à différents stades après divers traitements thermiques;

Fig. 4 la partie d'un fil présentant une fusion locale;

Fig. 5 procédé avec une étape de diffusion;  
Fig. 6 procédé avec deux étapes de diffusion.

La fig. 1 montre un fil de cuivre enrobé de zinc. Pour une épaisseur donnée de l'enrobage de zinc, le traitement à une température  $T_1$  de par exemple 750°C produit, une fois le zinc totalement diffusé, un fil en phase laiton  $\beta$  sur toute sa section.

En fig. 2 l'épaisseur de la couche de zinc est plus faible que dans l'exemple de la fig. 1. Ici, une fois le zinc totalement diffusé, on obtient une zone périphérique de phase laiton  $\beta$ , avec une partie centrale résiduelle en cuivre. En fig. 3 ce fil à deux couches est ensuite chauffé à une température  $T_2$  de par exemple 950°C. Le cuivre est transformé par diffusion en une phase laiton  $\alpha$ , ce qui donne un fil dont l'âme est constituée d'une phase laiton  $\alpha$  et d'un manteau de phase laiton  $\beta$ .

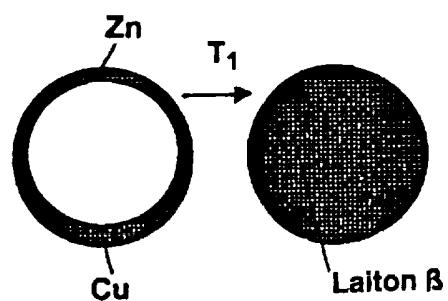
La fig. 4 montre la zone de fusion en surface d'un fil lors de son échauffement à la température  $T_3$  de 1100°C qui est supérieure à la température de fusion du cuivre (1083°C). La longueur 1 de la zone de fusion en surface est ici d'une valeur cinq fois supérieure à la section du fil.

La fig. 5 montre comment est fabriqué un fil en phase laiton  $\beta$ . Un fil 10 est dévidé d'une bobine 12, passe par des rouleaux de renvoi 14, pour être enfin enroulé sur une bobine 16. Dans l'exemple donné, le traitement thermique se fait au moyen d'un flux électrique qui passe au travers du fil alimenté par les sources électriques 18. Celles-ci génèrent une tension entre deux rouleaux de renvoi 14 juxtaposés, avec pour conséquence un courant électrique dans le tronçon de fil intermédiaire. On obtient ainsi un échauffement direct du fil 10.

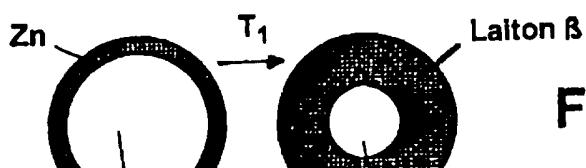
La fig. 6 montre un procédé avec deux étapes de diffusion consécutives destinées à fabriquer un fil avec une partie centrale en phase laiton  $\alpha$  et un manteau externe en phase laiton  $\beta$ . Comme la transformation par diffusion du cuivre en phase laiton  $\alpha$  est beaucoup plus lente que pour la précédente diffusion du cuivre, la durée de séjour pour une température  $T_2$  de 950°C se trouve allongée de manière correspondante, par l'utilisation d'un plus grand nombre de rouleaux de renvoi 14 dans cette plage de température.

## Revendications

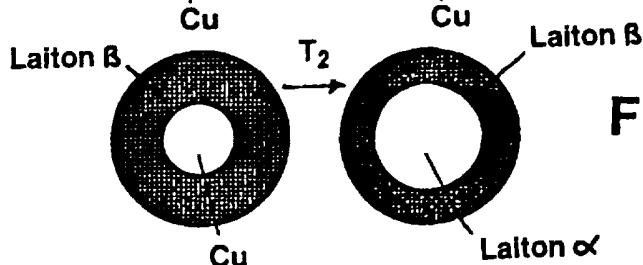
1. Procédé de fabrication de fils ayant une surface en laiton, pour les besoins de l'électro-érosion à fil, caractérisé par le fait qu'un fil de cuivre revêtu d'une couche de zinc est porté à une température ( $T_1$ ) suffisante pour la formation d'une phase laiton  $\beta$ , la température étant maintenue jusqu'à diffusion totale du zinc. 5
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la température ( $T_1$ ) pour la formation d'une phase laiton  $\beta$  est réglée à 750°C au maximum. 10
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que l'épaisseur de l'enrobage de zinc est choisie de façon que le fil soit constitué d'une phase laiton  $\beta$  sur toute sa section une fois le zinc complètement diffusé. 15
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que l'épaisseur de l'enrobage de zinc est choisie de façon qu'une fois le zinc complètement diffusé, le fil soit constitué dans sa périphérie, d'une phase laiton  $\beta$ , et dans sa partie central, de cuivre. 20
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait qu'après constitution d'une zone périphérique de phase laiton  $\beta$  et d'une zone centrale de cuivre, le fil est chauffé à une température ( $T_2$ ) suffisante à l'obtention d'une phase laiton  $\alpha$ , cette température étant maintenue jusqu'à la transformation par diffusion de la partie centrale de cuivre en phase laiton  $\alpha$ . 25
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la température ( $T_2$ ) mise en œuvre pour la transformation par diffusion du cuivre en phase laiton  $\alpha$  est réglée à au moins 950°C. 30
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait que pour accélérer la transformation par diffusion du cuivre en phase laiton  $\alpha$ , le fil est chauffé localement et pendant une courte durée à une température ( $T_3$ ) supérieure à la température de fusion du cuivre. 40
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le fil est porté à une température ( $T_3$ ) supérieure à la température de fusion du cuivre, et ce sur une longueur (1) correspondant à 1 à 10 fois la section (d) du fil, de préférence à 5 fois la section du fil. 45
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que le fil exécute un passage continu par une installation de chauffage au moins. 50
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé par le fait que pour être chauffé, le fil transite par un four tunnel ou un tuyau chauffé, ou est chauffé directement au moyen d'un courant électrique qui le traverse de part en part. 55
- 60
- 65



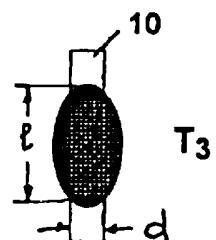
**Fig. 1**



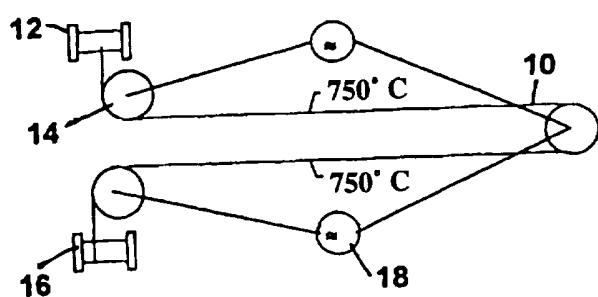
**Fig. 2**



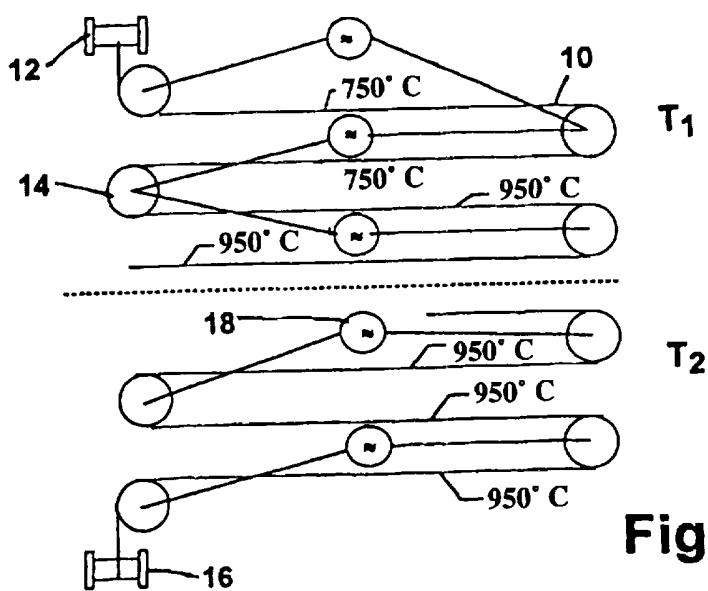
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**