

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 076 751

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

18 50408

⑤① Int Cl⁸ : **B 23 K 35/30** (2018.01), **B 23 K 35/40**, **C 22 C 9/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 18.01.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.07.19 Bulletin 19/29.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦② Inventeur(s) : **PRIMAUX FRANCOIS, SOREAU
THIERRY, DETREZ SAMUEL** et **BOUYER ALAIN**.

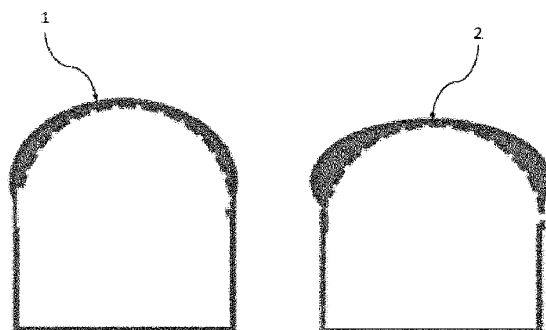
⑦③ Titulaire(s) : **LEBRONZE ALLOYS** Société par actions
simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : **CABINET BLEGER-RHEIN-POUPON**.

⑤④ **ELECTRODE DE SOUDAGE POUR TOLES EN ALUMINIUM OU ACIER ET PROCEDE D'OBTENTION DE
L'ELECTRODE.**

⑤⑦ L'invention concerne une électrode pour souder des
tôles acier ou aluminium, de conductibilité supérieure ou
égale à 90% IACS et fabriquée en un alliage constitué, en
masse par rapport à la masse totale de l'alliage, de chrome
dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et infé-
rieure à 0,4%, entre 0,02 et 0,04% de zirconium, de moins
de 0,015% de phosphore, le reste étant du cuivre et moins
de 0,1% d'impuretés inévitables, la structure de l'électrode
comportant avantageusement des précipités de chrome in-
cohérents dont plus de 90% ont une surface projetée infé-
rieure à $1\mu\text{m}^2$, lesdits précipités présentant des
dimensions entre 10 et 50 nm, ladite électrode présentant
une structure fibrée constituée de fibres radiales présentant
une épaisseur inférieure à 1 mm et une zone sensiblement
centrale sans fibrage de diamètre inférieur à 5 mm.

L'invention est également relative à un procédé d'obten-
tion de ladite électrode.



FR 3 076 751 - A1



La présente invention concerne le domaine des électrodes de soudage.

L'invention est plus particulièrement relative à des électrodes de soudage par résistance en cuivre.

5 Les électrodes selon l'invention seront particulièrement intéressantes notamment pour le soudage de tôles en aluminium entre elles, mais également pour le soudage de tôles en acier.

A titre de remarque préliminaire, on entend, dans la suite de la description, par « tôles aluminium » des tôles fabriquées à
10 partir d'alliages comportant de l'aluminium, notamment des tôles en alliage AlMgSi (aluminium-magnésium-silicium) ou en alliage AlMgMn (aluminium-magnésium-manganèse).

Ces tôles en aluminium, une fois soudées et assemblées, présentent une application notamment dans le domaine de
15 l'industrie automobile.

Traditionnellement, le soudage de deux tôles est réalisé par la combinaison d'une forte intensité électrique et d'une pression ponctuelle, également appelée « effort de serrage ».

Plus particulièrement, dans un premier temps, on augmente
20 l'effort de serrage entre lesdites deux tôles à assembler. Ensuite, au cours d'une deuxième phase, et une fois les deux tôles serrées, on fait passer du courant entre deux électrodes qui sont disposées de part et d'autre desdites tôles.

Le passage du courant entre les deux électrodes entraîne une
25 augmentation de la température au niveau de la zone concernée des tôles, jusqu'au point de fusion entre les deux tôles.

La pression maintient le contact entre l'électrode et l'assemblage de tôles. Pour souder, une pince plaque l'assemblage avec des électrodes en cuivre, matière à la fois excellente
30 conductrice de l'électricité et de la chaleur. Ce choix permet de réduire la zone chauffée, qui se trouve limitée à la zone de contact entre les deux tôles à souder.

Une fois le point de fusion atteint, la pression est maintenue, et l'intensité électrique est arrêtée pour refroidir
35 le point de soudage avant de séparer les électrodes des tôles assemblées puis de procéder au point de soudage suivant.

Les paramètres de soudage sont donc dépendants, notamment, de la résistance électrique des tôles, de la résistance d'interface entre les tôles et l'électrode, de l'épaisseur totale de l'assemblage et du diamètre des électrodes.

5 Un tel procédé est par exemple couramment utilisé dans l'assemblage de tôles acier présentant une faible épaisseur.

Ce procédé peut également être mis en œuvre, de manière moins courante cependant, pour les tôles aluminium.

10 En ce qui concerne l'électrode en elle-même, on connaît, par le document WO 2016/203122 de l'état de la technique, une électrode de soudage pour tôles en acier, notamment les tôles présentant un revêtement anticorrosion, et dont la composition de base consiste en un alliage de cuivre, de chrome et de zirconium, et comportant en outre du phosphore et/ou du magnésium.

15 La proportion de chrome dans l'alliage est comprise entre 0,4 et 0,8% en masse, celle de zirconium est comprise entre 0,02 et 0,09% et la proportion totale en phosphore et en magnésium est supérieure à 0,005% en masse, avec une teneur en magnésium inférieure à 0,1% en masse et une proportion en phosphore
20 inférieure à 0,03% en masse. Le restant de la composition consiste en du cuivre.

La structure métallurgique de cette électrode est particulière et comporte des précipités de chrome incohérents dont plus de 90% ont une surface projetée inférieure à $1\mu\text{m}^2$, lesdits
25 précipités de chrome incohérents ayant des dimensions comprises entre 10 et 50 nm. En outre, ladite électrode présente une structure fibrée.

La conductibilité électrique d'une telle électrode pour le soudage de tôles en acier est supérieure à 85% IACS.

30 De telles électrodes sont particulièrement intéressantes pour le soudage des tôles acier, notamment car elles résistent mieux au phénomène de corrosion que les électrodes habituelles. Ce phénomène de corrosion résulte de la réaction chimique du cuivre de l'électrode et du zinc du revêtement avec le fer de la
35 tôle en acier, et conduit à une dégradation de la couche de surface

de l'électrode, nécessitant un retrait régulier de la couche de corrosion, voire même de changer d'électrode.

5 Quoiqu'il en soit, dans le cas du soudage de tôles en acier, la température au point de soudage atteint une valeur de 1560°C et, lors du contact avec la surface de la tôle en acier, la surface de l'électrode va atteindre une température supérieure à 700°C.

10 Or, à de tels niveaux de température, d'une part, la réaction chimique qui conduit à la corrosion de la surface de l'électrode est accélérée mais, en plus, la matière même de l'électrode va se déformer par un phénomène d'usure dénommé « fluage à chaud » aboutissant à un détachement latéral de la couche de surface de l'électrode et donc à un élargissement de ses extrémités.

15 En conséquence, la surface de contact entre l'électrode et la tôle est agrandie, et il est alors nécessaire d'augmenter la densité de courant pour maintenir une qualité du point de soudage des tôles. Toutefois, une augmentation de surface et une augmentation de courant signifient une corrosion encore plus étendue.

20 L'électrode telle que décrite dans la demande internationale WO 2016/203122 permet ainsi une amélioration dans la résistance au fluage à des températures supérieures à 700°C, et pouvant atteindre dans certains cas 800°C, lors du soudage de tôles acier entre elles.

25 Cependant, la conductibilité de telles électrodes peut encore être améliorée.

30 En outre, il est également à noter que, pour diminuer le poids des carrosseries automobiles, dans le but de limiter la consommation d'essence, de plus en plus de constructeurs automobiles remplacent aujourd'hui les tôles en acier par des tôles en aluminium, notamment en alliage d'aluminium de type alliage AlMgSi (aluminium-magnésium-silicium) ou alliage AlMgMn (aluminium-magnésium-manganèse).

En effet, l'aluminium présente une densité à 35% de la densité des tôles acier utilisées jusqu'alors.

35 Il est à noter également que la tendance de remplacer les tôles en acier par celles en alliage d'aluminium est encore

amplifiée par le développement des voitures électriques et la nécessité d'améliorer l'autonomie des batteries de ces dernières.

Un autre avantage dans l'utilisation de tôles aluminium est une résistance améliorée à la corrosion, rendant inutile la
5 présence de revêtement anticorrosion à base de zinc, nécessaire aux tôles acier.

En outre, il s'est avéré qu'il est tout à fait possible, pour les constructeurs automobiles, d'utiliser des lignes d'assemblage de carrosseries tôle acier avec des robots de soudage
10 par résistance pour assembler des carrosseries tôle aluminium. Il s'agit là d'un réel avantage pour les entreprises, étant donné qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des investissements dans une technique d'assemblage dédiée (collage, clinchage, rivetage, laser, etc.).

15 A l'heure actuelle, les constructeurs d'automobiles utilisent, par exemple, des électrodes en alliage de Cuivre-Zirconium (0,15%) pour le soudage résistif de tôles en aluminium pour les carrosseries automobiles, ces électrodes étant également mises en œuvre de manière courante dans le soudage de tôles acier.

20 Dans le cas de tôles aluminium, le point de soudage nécessite d'atteindre une température de contact entre les deux tôles de 660°C, substantiellement inférieure à la température de 1560°C qui est atteinte au point de soudage de deux tôles acier. La température de surface de la tôle en contact avec l'électrode sera
25 donc également inférieure à celle observée lors du soudage de l'acier.

En effet, la bien meilleure conductivité électrique de l'aluminium en comparaison avec celle de l'acier (4 à 5 fois plus élevée), réduit considérablement l'échauffement résistif qui
30 permet d'atteindre la fusion au point de soudage.

Par conséquent, dans des conditions similaires de soudage, il est nécessaire, pour souder deux tôles aluminium, d'augmenter sensiblement l'intensité appliquée, typiquement de 120% en
comparaison avec l'intensité mise en œuvre pour le soudage de
35 tôles acier, en réduisant simultanément le temps de soudage, ce

dernier devant typiquement être divisé par deux par rapport à celui de l'acier.

5 L'énergie dissipée dans l'électrode est proportionnelle au carré de l'intensité, à la résistance électrique de l'électrode, et au temps de soudage. Concrètement, cette énergie dissipée est 2,4 fois plus élevée dans une électrode utilisée pour le soudage de tôles aluminium par rapport à une électrode pour l'acier.

10 La résistance électrique étant inversement proportionnelle à la conductivité électrique, il est nécessaire, pour souder de l'aluminium, d'avoir une électrode présentant une conductivité électrique supérieure à 90% IACS (pour International Annealed Copper Standard), alors qu'une conductivité supérieure à 75% IACS est requise pour le soudage de l'acier.

15 En outre, afin d'avoir une durée de vie acceptable des électrodes de soudage des tôles aluminium, il faut également tenir compte des réactions, chimique et thermomécanique, qui se déroulent pendant ce soudage, lors du contact de la surface de l'électrode avec la tôle aluminium.

20 La réaction chimique est le résultat du contact à chaud entre l'aluminium de la tôle et le cuivre de l'électrode, qui forme une couche d'alliage oxygène, aluminium et cuivre. Cette couche est substantiellement plus résistive que la couche d'alliage de cuivre et zinc qui se forme à la surface de l'électrode lors du soudage de deux tôles d'acier revêtues d'une protection anticorrosion de zinc.

25 La couche de surface de l'électrode, lors du soudage de tôles aluminium, est donc beaucoup plus susceptible de s'échauffer, sous l'effet de la résistance et de l'intensité appliquée, que la matrice de cette même électrode, et ce jusqu'à favoriser le collage, par fusion, d'aluminium oxydé à la surface de l'électrode, ce qu'il convient d'éviter.

30 Typiquement, la température de surface d'une électrode lors du soudage de l'aluminium est située entre 500 et 550°C, alors que cette même température est supérieure à 700°C lors du soudage acier.

En ce qui concerne la réaction thermodynamique, celle-ci résulte, d'une part, du fluage à chaud de la surface de l'électrode pendant le soudage sous l'effet de l'effort de serrage exercé par la pince de soudage et, d'autre part, de l'arrachement de surface de l'électrode sous l'effet de l'effort d'ouverture de la pince à la fin du soudage.

Sous l'effort de serrage, la surface de contact de l'électrode va s'élargir, entraînant une diminution de la densité de courant et une réduction du diamètre du point soudé, qui devient insuffisant pour garantir l'assemblage des deux tôles.

Le deuxième effet du serrage est le collage de l'électrode sur la tôle, d'autant plus s'il y a fusion de l'aluminium au contact de la surface de l'électrode.

Or, sous l'effort d'ouverture, plus l'électrode est collée à la tôle, plus de micro-arrachements se produisent et dégradent la surface de contact de l'électrode.

En outre, avec l'élargissement de la surface de contact, résultant de l'effort de serrage notamment, il est nécessaire d'augmenter le courant de soudage, ce qui a pour conséquence une dégradation encore plus importante de l'électrode.

Lorsque la dégradation de la surface de l'électrode est trop importante, un décapage mécanique de cette surface est alors indispensable, et ce afin de garantir la qualité du point soudé.

Une telle opération de décapage présente toutefois l'inconvénient de nécessiter un arrêt du robot de soudage par résistance sur la ligne d'assemblage des tôles, entraînant inévitablement une diminution de la productivité, en particulier si la fréquence de décapage est importante.

Il apparaît donc nécessaire de proposer une électrode répondant notamment aux besoins du procédé de soudage par résistance de tôles en aluminium, présentant une conductibilité électrique optimale et une performance au soudage améliorée en comparaison avec les électrodes CuZr à 0,15% de zirconium habituellement utilisées pour ce procédé.

De manière plus générale, il convient de proposer une électrode présentant dans tous les cas une conductibilité

électrique améliorée, que ce soit pour le soudage de tôles acier ou de tôles à base d'aluminium.

5 A cet effet, la présente invention concerne une électrode en alliage de cuivre, de chrome, de zirconium et de phosphore pour le soudage de tôles métalliques en acier et en aluminium ou en alliages d'aluminium, caractérisée en ce que l'alliage est constitué de chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, de zirconium dans une proportion comprise entre 0,02 et 0,04% en masse, de phosphore dans une proportion inférieure à 0,015% en masse, le reste de la composition étant du cuivre et des impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 0,1% en masse, et la conductibilité électrique de ladite électrode étant supérieure ou égale à 90% IACS (International Annealed Copper Standard).

15 De manière avantageuse, la structure de l'électrode comporte des précipités de chrome incohérents dont plus de 90% ont une surface projetée inférieure à $1\mu\text{m}^2$, lesdits précipités de chrome incohérents présentant des dimensions comprises au moins entre 10 et 50 nm, ladite électrode présentant en outre une structure fibrée, visible suivant une coupe transversale de la face active de ladite électrode après surfacage et attaque chimique, ladite structure étant constituée, d'une part, d'une pluralité de fibres radiales, lesdites fibres présentant une épaisseur inférieure à 1 mm et, d'autre part d'une zone sensiblement centrale sans fibrage
20 ayant un diamètre inférieur à 5 mm.

La diminution de la teneur en chrome dans l'alliage de départ, en comparaison avec l'alliage CuCrZr comportant en outre du phosphore et/ou du magnésium utilisé pour la fabrication d'électrodes de soudage pour tôles acier dans la demande
30 WO 2016/203122, permet une amélioration substantielle de la conductivité, celle-ci étant alors systématiquement supérieure ou égale à 90% IACS, comme cela sera démontré dans les exemples donnés ci-dessous.

En outre, une telle teneur réduite en chrome permet, contre
35 toute attente, de conserver les précipités incohérents de chrome qui étaient déjà à l'origine de l'amélioration des performances

de soudage de l'électrode pour tôles en acier décrite dans la demande internationale WO 2016/203122, en augmentant notamment la résistance de cette électrode au fluage à chaud.

5 Ainsi, l'électrode selon la présente invention est particulièrement intéressante et adaptée que ce soit pour une utilisation dans le soudage de tôles acier ou dans le soudage de tôles en aluminium ou en alliage d'aluminium, en particulier du fait de la conductibilité électrique particulièrement élevée qu'elle présente.

10 De manière avantageuse, la proportion de chrome est comprise entre 0,2 et 0,3% en masse.

Selon une autre particularité de l'invention, la proportion de zirconium est comprise entre 0,03 et 0,04% en masse.

15 De manière intéressante, la proportion de phosphore est inférieure à 0,01% en masse.

Préférentiellement, la proportion des impuretés inévitables est inférieure à 0,05% en masse.

20 De manière toute particulière, un coefficient de pondération est affecté à chaque élément chimique susceptible d'être présent en tant qu'impureté dans l'alliage, en fonction de l'effet dudit élément chimique sur la conductibilité électrique; la somme des proportions pondérées de chacun desdits éléments chimiques, en partie par million, étant inférieure à 5000.

25 Encore plus préférentiellement, la somme des proportions pondérées de chacun desdits éléments chimiques, en parties par million, est inférieure à 2000.

30 La présente invention concerne encore un procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'invention, par coulée continue, à partir d'un alliage constitué de chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, de zirconium dans une proportion comprise entre 0,02 et 0,04% en masse, de phosphore dans une proportion inférieure à 0,015 % en masse, le reste de la composition étant du cuivre et des impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 0,1%
35 en masse, ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes :

a) fusion des différents composants de l'alliage, à savoir le cuivre, le chrome, le zirconium et du phosphore et/ou du magnésium à une température supérieure ou égale à 1200°C ;

5 b) coulée continue à travers une filière cylindrique présentant un diamètre d permettant d'obtenir une barre d'un diamètre proche du diamètre d de la filière avec le maintien du métal liquide dans le four de coulée à une température comprise entre 1100 et 1300°C;

10 c) solidification de ladite barre et refroidissement jusqu'à une température inférieure à 100°C, la vitesse de refroidissement étant au moins égale à 10°C/s jusqu'à atteindre une température de la barre de 1060°C, puis au moins égale à 15°C/s entre 1060 et 1040°C, puis au moins égale à 20°C/s entre 1040 et 1030°C, puis au moins égale à 25°C/s entre 1030 et 1000°C, 15 puis au moins égale à 30°C entre 1000 et 900°C, puis au moins égale à 20°C/s pour des températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre soit refroidie à une température au plus de 100°C ;

d) déformation à froid pour obtenir un barreau d'un diamètre inférieur à 20 mm ;

20 e) cisailage dudit barreau afin d'obtenir des lopins puis poinçonnage ou usinage par enlèvement de matière afin de conférer à ladite électrode sa forme définitive,

ledit procédé comprenant au moins une étape de traitement de vieillissement ou de revenu avant et/ou après l'étape e) de mise 25 en forme de l'électrode, et dans lequel procédé la structure métallurgique de la face active de ladite électrode comporte des précipités de chrome incohérents dont plus de 90% ont une surface projetée inférieure à 1µm², lesdits précipités de chrome incohérents présentant des dimensions comprises au moins entre 10 30 et 50 nm, ladite électrode présentant en outre une structure fibrée, visible suivant une coupe transversale de la face active de ladite électrode après surfacage et attaque chimique, ladite structure étant constituée, d'une part, d'une pluralité de fibres radiales, lesdites fibres présentant une épaisseur inférieure à 1 35 mm, et, d'autre part, d'une zone sensiblement centrale sans fibrage ayant un diamètre inférieur à 3 mm, et la conductibilité

électrique de ladite électrode étant supérieure ou égale à 90% IACS (pour International Annealed Copper Standard).

Préférentiellement, la fusion des différents composants de l'alliage de l'étape a) est effectuée à une température comprise
5 entre 1200°C et 1300°C.

En ce qui concerne la coulée continue de l'étape b), celle-ci est, de manière avantageuse, réalisée avec le maintien d'une température du métal liquide dans le four de coulée comprise entre 1150 et 1250°C.

10 Le refroidissement de ladite barre de l'étape c) peut être effectué à une vitesse de refroidissement au moins égale à 30°C/s pour des températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre soit refroidie à une température au plus de 100°C.

Pour ce qui est du traitement de vieillissement, celui-ci
15 peut, dans un premier mode de réalisation du procédé, être effectué avant l'étape e) de mise en forme de l'électrode et consister en un traitement de précipitation réalisé à une température comprise entre 450 et 480°C pendant une période de 1 à 2 h.

20 Dans un deuxième mode de réalisation, on procède au traitement de précipitation, réalisé à une température comprise entre 450 et 480°C pendant une période de 1 à 2 h, suivant l'étape e) de mise en forme de l'électrode.

Le diamètre d de la filière est de préférence compris entre
25 20 et 70 mm, de préférence entre 20 et 40 mm.

Au cours de l'étape d) de déformation à froid, une opération d'usinage extérieur, inférieure à 0,5 mm d'épaisseur est, de manière avantageuse, effectuée pour éliminer les défauts de surface générés lors de l'étape c) de solidification.

30 La présente invention comporte de nombreux avantages.

Premièrement, de par la composition de l'alliage de base utilisé pour la fabrication de l'électrode selon l'invention, la conductibilité électrique de cette dernière est particulièrement élevée, typiquement supérieure ou égale à 90% IACS. Cette
35 conductibilité améliorée permet de pallier la diminution de

résistance électrique de l'aluminium, par rapport à celle de l'acier.

En second lieu, l'électrode de l'invention présente une résistance substantiellement améliorée au phénomène de fluage, et ce comparativement aux électrodes CuZr utilisées actuellement pour le soudage de tôles aluminium en industrie automobile. Cette résistance améliorée au fluage résulte d'une dureté élevée conservée malgré l'échauffement généré dans l'électrode et à sa surface pendant le soudage.

Il en résulte que la surface de contact de l'électrode avec la tôle sera moins soumise à un élargissement sous l'effet de l'effort de serrage exercé par la pince de soudage et donc le collage de l'électrode sur la tôle sera limité. Par conséquent, lors de l'ouverture de la pince, moins de micro-arrachements de surface se produiront au niveau de l'électrode.

Finalement, par rapport aux électrodes CuZr actuelles, l'électrode de l'invention pourra être utilisée pendant un nombre de cycles plus élevé avant que l'opération de décapage mécanique ne soit nécessaire pour restaurer la qualité de la surface de ladite électrode, aboutissant à un gain non négligeable en termes de productivité.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre des modes de réalisation non limitatifs de l'invention, en référence à l'unique figure annexée illustrant, à gauche, une électrode selon l'invention et, à droite, une électrode en alliage de cuivre et zirconium, contenant 0,15% en masse de zirconium, et utilisée actuellement par les constructeurs automobiles pour le soudage de tôles aluminium.

La partie grisée visible au niveau de l'extrémité arrondie de chacune des deux électrodes représente la quantité de matière à éliminer, par décapage mécanique, pour maintenir une qualité optimale du point soudé, après avoir effectué un soudage en appliquant des paramètres identiques aux deux électrodes, en termes notamment de nombre de points soudés, d'intensité électrique appliquée, de temps de soudage, etc...

La présente invention a pour objet notamment une électrode fabriquée en un alliage constitué de :

5 - chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, avantageusement entre 0,2 et 0,3% en masse,

- zirconium dans une proportion comprise entre 0,02 et 0,04% en masse, plus préférentiellement entre 0,03 et 0,04% (soit entre 300 et 400 ppm, 1 ppm correspondant à 1 mg/kg),

10 - phosphore dans une proportion inférieure à 0,015 % en masse, de manière avantageuse inférieure à 0,01 % (inférieure à 100 ppm),

15 - le reste de la composition étant du cuivre et des impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 0,1% en masse, sachant que, plus préférentiellement encore, la proportion en impuretés est inférieure à 0,05%, soit inférieure à 500 ppm.

20 La proportion totale de toutes les impuretés ne doit pas excéder 0,1% en masse pour ne pas influencer de manière négative sur les caractéristiques de l'électrode, notamment sur sa conductibilité électrique particulièrement élevée, supérieure ou égale à 90% IACS (International Annealed Copper Standard).

Les impuretés inévitables résultent de l'élaboration de l'alliage et regroupent tous les éléments, autres que ceux entrant dans la composition de l'alliage, qui vont nuire à la conductibilité, à l'exception toutefois de l'argent.

25 En effet, une addition jusqu'à 0,05 % en masse (500 ppm) d'argent est envisageable sans nuire à la performance de l'électrode.

30 L'argent ne sera, par conséquent, pas compté dans les impuretés et pourra être ajouté jusqu'à une proportion de 500 ppm sans que cela nuise aux caractéristiques de l'électrode selon l'invention.

35 Comme mentionné ci-dessus, il est important que les impuretés présentes ne réduisent la conductibilité électrique. Or, certains éléments considérés ici comme des impuretés agissent plus sur la réduction de la conductibilité électrique que d'autres.

Il convient donc de tenir compte de ce fait en affectant à chaque impureté un coefficient de pondération, comme indiqué dans le tableau 1 ci-dessous :

Valeur du coefficient de pondération suivant l'élément chimique				
1	2	5	10	20
Ni	Al	As	B	S
Pb	Ge	Be	Fe	Ti
Zn	Sn	Co	Se	
		Mg	Si	
		Mn		
		Sb		

5 Tableau 1 : Valeur du coefficient de pondération suivant l'élément chimique

La somme de la proportion de chaque impureté en ppm pondérée du coefficient ne doit pas dépasser la valeur de 5000.

10 De manière avantageuse, la somme pondérée des impuretés ne dépasse pas 2000.

Ainsi, par exemple, si dans l'alliage sont retrouvées, en tant qu'impuretés, dans les proportions indiquées, 100 ppm de silicium (Si), 100 ppm de fer (Fe), 50 ppm d'étain (Sn), 50 ppm
15 d'aluminium (Al), 50 ppm de zinc (Zn), 20 ppm de soufre (S) et 100 ppm d'autres impuretés, la proportion totale des impuretés est de 470 ppm.

En ce qui concerne la somme pondérée des impuretés, elle est calculée comme suit, en multipliant les proportions, en ppm, de
20 chaque impureté présente par leur coefficient de pondération respectif, et en additionnant les proportions pondérées.

En reprenant les impuretés données dans l'exemple ci-dessus, leur somme pondérée est donc calculée comme suit :

$$100 \times 10 + 50 \times 2 + 50 \times 2 + 50 \times 1 + 20 \times 20 = 2650.$$

25 La présente invention a également pour objet un procédé pour la fabrication d'une électrode de soudage par résistance à partir d'un alliage dont la composition consiste en du cuivre, du chrome, du zirconium et du phosphore, dans les proportions indiquées notamment ci-dessus.

Le procédé de fabrication de l'électrode est un procédé de coulée continue et il comprend au moins les étapes suivantes :

5 a) on fusionne les différents composants de l'alliage à une température supérieure à 1200°C, de préférence entre 1200°C et 1300°C ;

b) on effectue une coulée continue à travers une filière cylindrique, ou un moule cylindrique, présentant un diamètre d permettant d'obtenir une barre;

10 Cette coulée peut être réalisée à une température de maintien du métal liquide dans le four de coulée comprise entre 1100 et 1300°C, de préférence entre 1150 et 1250°C.

15 c) on solidifie ladite barre et on la refroidit, de préférence à une vitesse de refroidissement définie jusqu'à une température inférieure à 100°C, la vitesse de refroidissement étant au moins égale à 10°C/s jusqu'à atteindre une température de la barre de 1060°C, puis au moins égale à 15°C/s entre 1060 et 1040°C, puis au moins égale à 20°C/s entre 1040 et 1030°C, puis au moins égale à 25°C/s entre 1030 et 1000°C, puis au moins égale à 30°C entre 1000 et 900°C, puis au moins égale à 20°C/s pour des 20 températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre soit refroidie à une température au plus de 100°C.

La vitesse de refroidissement est donc d'au moins 20°C/s et ce jusqu'à atteindre au moins une température de barre de 100°C.

25 Préférentiellement, la vitesse de refroidissement est au moins égale à 30°C/s pour des températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre soit refroidie à une température au plus de 100°C.

30 Avantageusement, le refroidissement de ladite barre de l'étape c) est effectué à une vitesse de refroidissement toujours au moins égale à 30°C/s pour des températures inférieures à 700°C.

Cette étape de solidification et refroidissement n'inclut pas de traitement thermique spécifique, la mise en solution pouvant se faire dès la fin de la solidification à 1060°C.

35 d) on procède à une déformation à froid de ladite barre pour obtenir un barreau d'un diamètre inférieur à 20 mm, de préférence compris entre 12 et 19 mm ; de manière optionnelle,

une opération d'usinage extérieure, avantageusement inférieure à 0,5 mm d'épaisseur, peut être effectuée de sorte à éliminer des défauts de surface éventuellement générés par l'étape précédente ;

5 e) on effectue une mise en forme de l'électrode par cisailage dudit barreau afin d'obtenir des lopins puis un poinçonnage ou un usinage par enlèvement de matière afin de conférer à ladite électrode sa forme définitive.

10 Au cours du procédé, on effectue au moins un traitement de vieillissement, ou traitement de revenu. Cette étape a lieu avant et/ou après l'étape e) de mise en forme de l'électrode.

Ce traitement de vieillissement consiste en un traitement thermique pouvant être réalisé de différentes manières.

15 De préférence, il s'agit d'un traitement de précipitation réalisé à une température comprise entre 450 et 480°C, pendant une durée comprise entre 1h et 2h.

Il est par conséquent possible d'effectuer ce traitement de précipitation à une température comprise entre 450 et 480°C, pendant une durée comprise entre 1h et 2h entre l'étape d) de déformation à froid et l'étape e) de mise en forme de l'électrode.

20 Selon un autre mode de réalisation, le traitement de précipitation est réalisé suivant l'étape e) de mise en forme de l'électrode, en tant que seul traitement de vieillissement du procédé.

25 La mise en œuvre d'un traitement par précipitation en toute fin de procédé, après l'étape e), présente l'avantage d'apporter une plus grande stabilité des caractéristiques mécaniques de l'électrode.

30 Deux traitements par précipitation dans les conditions susmentionnées de durée et de température peuvent également être conduits, l'un avant l'étape e), et le second suivant cette étape e) de mise en forme de l'électrode.

De manière particulièrement avantageuse, dans l'étape b) du procédé de l'invention, le diamètre d de la filière cylindrique de coulée continue est inférieur à 70 mm.

De préférence, ledit diamètre d est compris entre 20 et 70 mm et, plus préférentiellement encore, ce diamètre est compris entre 20 et 40 mm.

5 En outre, la vitesse de refroidissement appliquée lors de l'étape c) du procédé et permettant la solidification de la barre puis le refroidissement solide, est particulièrement importante, entraînant une solidification rapide et un refroidissement périphérique extrêmement puissant.

10 Préférentiellement, la vitesse de refroidissement est également variable en fonction de la température de ladite barre.

Plus précisément, ladite vitesse de refroidissement est, avantageusement, au moins égale à 10°C/s lorsque la barre a une température supérieure à 1060°C, puis au moins égale à 15°C/s lorsque la température est comprise entre 1060 et 1040°C, puis au moins égale à 20°C/s lorsque la température est comprise entre 1040 et 1030°C, puis au moins égale à 25°C/s lorsque la température est comprise entre 1030 et 1000°C, puis au moins égale à 30°C/s entre 900 et 1000°C. Pour des températures de barre inférieures à 900°C, le refroidissement est préférentiellement effectué à une
20 vitesse au moins égale à 20°C/s.

La vitesse de refroidissement peut encore être au moins égale à 30°C/s pour des températures inférieures à 900°C.

De préférence, dans le procédé selon l'invention, le refroidissement n'est pas appliqué sur un solide mais sur un
25 liquide et commence dès le solidus, c'est-à-dire à une température de l'ordre de 1070°C. En particulier, il a été mis en évidence un intervalle de température, entre 1060 et 900°C, pour une amélioration de la mise en solution avec une vitesse de refroidissement minimum qui a été reprise ci-dessus lors de la
30 définition du procédé.

En dessous de 900°C la mise en solution est impossible, on s'assurera pour les températures inférieures à 900°C de poursuivre le refroidissement avec un minimum de 20°C/s pour ne pas générer un vieillissement non maîtrisé.

35 Plus précisément, la solidification et le refroidissement très rapides, jusqu'à une température où la diffusion des atomes

de chrome est limitée, permet une répartition homogène des précipités cohérents et incohérents de chrome.

Ces conditions de refroidissement, qui sont en outre appliquées sur un moule cylindrique ayant un diamètre réduit entre
5 20 et 70 mm, de préférence entre 20 et 40 mm, participent à l'obtention d'une barre avec une texture de solidification colonnaire orientée de manière radiale. Cette texture est visible par réalisation d'une coupe transversale de ladite barre, et sur l'ensemble du volume de cette dernière.

10 La filière ou le moule, présentant une forme cylindrique, est préférentiellement entourée d'une enveloppe au sein de laquelle circule soit une huile, soit un gaz réfrigérant, ou encore de l'eau, de sorte à permettre la solidification et le refroidissement.

15 Un autre avantage du procédé selon l'invention réside dans le fait qu'il permet d'éviter une recristallisation dynamique à chaud, due à un réchauffage et une déformation simultanée. De ce fait, les précipités et textures intéressants issus de la mise en œuvre du procédé de l'invention sont conservés.

20 Au sein de l'alliage de base utilisé pour la fabrication des électrodes de soudage innovantes, on retrouve, de préférence, une teneur en chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, cette proportion étant préférentiellement comprise entre 0,2 et 0,3%.

25 Par le biais du procédé selon l'invention, des précipités incohérents de chrome, c'est-à-dire des particules sans relation cristallographique avec la matrice, sont en excès de limite de solubilité.

En effet, dans le procédé de l'invention, l'application du
30 traitement de trempe dès la solidification de l'alliage, qui est complète à une température de l'ordre de 1070°C, permet de maximiser la solubilité du chrome dans le cuivre et de maintenir l'eutectique cuivre chrome aux joints de grain.

Il a pu être déterminé que, de manière particulièrement
35 surprenante, une proportion de chrome supérieure ou égale à 0,1%

et inférieure à 0,4% permet de produire la précipitation de chrome recherchée.

Ainsi, contrairement à l'idée communément établie dans l'état de la technique, malgré une diminution de la proportion de chrome au sein de l'alliage, la combinaison des étapes du procédé mises en œuvre sur la composition de l'alliage décrite ici permet de conserver les précipités de chrome incohérents, et cela sans engendrer des précipités de chrome de taille trop importante, qui seraient susceptibles d'entraîner l'apparition de décohésions lors de l'étape d) de transformation à froid.

La texture de solidification colonnaire très fine, obtenue par la mise en œuvre du procédé de l'invention, permet de manière particulièrement avantageuse de répartir l'hétérogénéité de composition de chrome (chrome en solution solide, chrome eutectique et chrome métal) de manière homogène, et ce dans l'ensemble du volume de l'électrode de soudage obtenue par ledit procédé.

Ces précipités de chrome sont à l'origine de l'amélioration des performances de soudage de l'électrode, en augmentant la résistance de cette dernière au fluage à chaud. En outre, pour ce qui est du soudage de tôles acier avec un revêtement zinc, ces précipités ont pour fonction de retarder ou bloquer la diffusion du fer et du zinc qui sont à l'origine de la corrosion chimique de la face active de ladite électrode.

Le procédé de l'invention, et notamment l'application préférentielle du refroidissement dès le solidus, favorise également une répartition homogène des précipités cohérents de chrome, c'est-à-dire les précipités présentant une continuité avec la structure cristallographique de la matrice.

Par la mise en œuvre du procédé de l'invention, l'électrode obtenue présente également une structure fibrée, due à la présence de précipités de cuivre, ou grains, qui présentent eux-mêmes une forme très fibrée.

Suivant une coupe longitudinale d'une électrode de l'invention après poinçonnage (résultats non montrés), il apparaît que le fibrage est symétrique droite gauche, les fibres partant

de la face active, et à proximité de la face interne de refroidissement de l'électrode et se dirigeant en se resserrant vers la jupe de l'électrode.

Suivant une coupe transversale de cette même électrode, les
5 fibres sont assimilables aux rayons d'une roue dont le moyeu, correspondant à la zone centrale de l'électrode sans fibrage distinctif présente un diamètre inférieur à 5 mm, de préférence inférieur à 3 mm. Les fibres radiales fines présentent quant à elles une épaisseur avantageusement inférieure à 1 mm, et, plus
10 avantageusement encore, inférieure à 0,5 mm.

Cette texture fibrée, très caractéristique de l'électrode obtenue par mise en œuvre du procédé de l'invention, est la conséquence directe de la structure métallurgique obtenue après l'étape c) dudit procédé, et est très différente de la structure
15 fine et homogène de certaines électrodes traditionnelles.

Le fibrage de l'électrode obtenue par le présent procédé, notamment dû à la présence de grains de cuivre en aiguille ayant une longueur importante, permet une amélioration de la résistance aux champs de sollicitations thermomécaniques, comprenant le champ
20 de déformation et le champ de température, de la face active de ladite électrode lors du soudage.

Plus particulièrement, le fibrage de l'électrode de l'invention favorise, pendant le soudage des tôles acier ou aluminium, une évacuation des calories de manière radiale et
25 longitudinale, depuis la zone centrale de l'électrode, où la température est maximale, vers les zones froides, c'est-à-dire la face interne et la périphérie de l'électrode. Par conséquent, l'électrode de l'invention est plus résistante notamment au phénomène de fluage.

Il a déjà été évoqué, précédemment, la composition de l'alliage de base pour obtenir ladite électrode de l'invention. Cet alliage comporte du cuivre et du chrome, ce dernier composant étant présent dans l'alliage dans une proportion supérieure ou
30 égale à 0,1% et inférieure à 0,4%.

Outre ces deux constituants, l'alliage selon l'invention comprend également du zirconium dans une proportion comprise de
35

préférence entre 0,02 et 0,04% en masse. Une telle proportion permet avantageusement d'éviter de générer des précipités qui seraient susceptibles de favoriser une fissuration à froid du matériau.

5 La proportion de zirconium est, encore plus avantageusement, comprise entre 300 et 400 ppm, soit entre 0,03 et 0,04%.

Il est également avantageux que l'alliage de base comporte du phosphore dans une proportion inférieure à 0,015% en masse, cette proportion étant préférentiellement inférieure à 100 ppm.

10 Cet élément, qui est à la fois plus désoxydant que le chrome et moins que le zirconium, facilite une bonne maîtrise de la teneur en zirconium résiduel lorsque des grandes quantités de production sont envisagées.

15 La présente invention est également relative à une électrode susceptible d'être obtenue par le procédé décrit précédemment.

Comme déjà mentionné précédemment, lesdites électrodes de l'invention présentent des propriétés microscopiques originales par rapport aux électrodes traditionnelles.

20 Des analyses par microscopie à transmission de la structure du matériau des électrodes de l'invention, avant et après soudage, ont permis de mettre en évidence des différences par rapport à la structure microscopique des électrodes CuZr traditionnelles, et notamment sur la morphologie des grains cristallins ainsi que sur les dimensions et la répartition des précipités de chrome.

25 En particulier, on observe à l'échelle microscopique que le matériau de l'électrode selon l'invention comporte plus de 90% des précipités incohérents de chrome qui présentent une surface projetée inférieure à $1\mu\text{m}^2$.

30 En outre, à l'échelle nanométrique, on observe, en plus des précipités de chrome cohérents ayant des dimensions de l'ordre de 2 à 5 nm, une population de précipités de chrome incohérents avec des dimensions comprises entre 10 et 50 nm, et plus précisément entre 10 et 20 nm.

35 Ces précipités de chrome incohérents sont caractéristiques des électrodes de l'invention et ne sont pas visibles au niveau du matériau des électrodes CuZr traditionnelles.

En outre, il est à noter que les analyses effectuées ont également démontré une évolution dimensionnelle de ces précipités incohérents de chrome, pendant l'étape de soudage de tôles, en l'occurrence de tôles acier avec revêtement de zinc, au moyen de
5 l'électrode de l'invention.

En effet, au cours du soudage de tôles acier revêtues de zinc, on observe une coalescence des précipités à l'approche de la face active de l'électrode et, plus précisément, des précipités nanométriques incohérents de 30 à 50 nm dans la couche β et de
10 100 à 150 nm dans la couche γ .

Typiquement, la couche β de la couche de réaction chimique est la plus éloignée de la surface de l'électrode. C'est une couche jaune de diffusion du zinc dans le cuivre, à 40% de zinc. En surface, la couche de réaction chimique comporte une couche
15 riche en fer, typiquement 25%, qui se forme lors du collage de la tôle acier sur la surface de l'électrode à une température supérieure à 850°C. Enfin, entre la couche β et la couche riche en fer se trouve la couche γ à 55% de zinc.

D'autres analyses menées sur les électrodes de l'invention
20 ont montré que les précipités incohérents de chrome présents dans la couche γ s'enrichissent en fer et, de ce fait, permettent de bloquer la diffusion du fer.

Enfin, des essais de caractérisation mécanique à chaud ont également été conduits sur des électrodes obtenues par le procédé
25 de l'invention. Les résultats de ces essais ont montré que la température de fluage est augmentée de 100°C avec les présentes électrodes, par rapport à la température de fluage de certaines électrodes traditionnelles.

Plus précisément dans le cas de soudage de tôles en acier,
30 généralement, le fluage de la face active d'une électrode traditionnelle devient sensible, pendant l'opération de soudage, à une température de l'ordre de 700°C. En effet, avec l'adoucissement de surface de l'électrode, il y a fluage de la surface et fissuration de la couche γ , ce qui favorise une
35 diffusion du fer dans la couche γ puis dans la couche β sous forme de précipités FeZn. La couche β devient résistive, et s'échauffe

au-delà de 850°C, entraînant la disparition de la couche γ . Par conséquent, la matière de ladite électrode traditionnelle va commencer à s'arracher au fur et à mesure des points de soudage, entraînant une dégradation rapide du point de soudure.

5 Au contraire, pour une électrode selon l'invention, dans le cas de soudage de tôles en acier, cette température de fluage est de l'ordre de 800°C, ce qui permet de retarder la sollicitation mécanique de la couche γ , favorisant ainsi le maintien protecteur de ladite couche γ au niveau de la face active de ladite électrode.

10 De ce fait, les électrodes obtenues par la mise en œuvre du présent procédé présentent notamment une durée de vie augmentée et des performances au soudage améliorées.

 Afin d'illustrer l'intérêt et les caractéristiques techniques de l'électrode selon l'invention pour le soudage
15 résistif de tôles en aluminium, trois exemples comparant la performance de ladite électrode aux électrodes cuivre-zirconium (0,15%), utilisées actuellement par les constructeurs automobiles avec carrosserie aluminium, sont donnés ci-dessous.

20 Exemple 1 : Essais comparatifs de caractérisation de la couche de 3 mm à la surface de l'électrode avant et après traitement thermique

 La dureté Brinell (dureté HB) a été mesurée à la surface et
25 à moins 3 mm de la surface d'une électrode CuZr utilisée actuellement par les constructeurs automobiles et d'une électrode selon l'invention, avant et après un traitement thermique de 500°C appliqué pendant une durée de 8h.

 En outre, la conductivité %IACS a également été mesurée pour
30 ces deux électrodes, avant et après traitement thermique.

 La composition de l'alliage qui a été utilisé pour fabriquer l'électrode qui a été testée est la suivante :

- Cr : 0.2 à 0.3% ;
- Zr : 300 à 400 ppm ;
- 35 - P : 80 à 120 ppm ;

- Restant : cuivre et impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 300 ppm avec une somme pondérée < 2000.

Les résultats obtenus lors de ces essais comparatifs sont récapitulés dans le tableau 2 ci-après.

	CuZr		Invention	
	avant TTh	après TTh	avant TTh	après TTh
dureté HB surface	170	100	155	140
dureté HB surface - 3mm	140	120	150	140
conductivité %IACS - 3mm	86	94	91	93

Tableau 2 : Comparaison des caractéristiques « dureté » et « conductivité » entre une électrode usuelle CuZr et une électrode de l'invention avant et après traitement thermique

Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent que, en comparaison avec l'électrode CuZr traditionnelle, les caractéristiques « dureté HB » et « conductivité %IACS » de l'électrode selon l'invention sont plus constantes entre avant et après le traitement thermique qui a été appliqué.

En effet, la surface d'une électrode CuZr neuve, avant traitement thermique, est moins conductrice que la surface d'une électrode neuve selon l'invention, avec une conductivité %IACS de 86 contre 91.

Par conséquent, l'électrode traditionnelle CuZr va s'échauffer de manière plus importante et résister moins bien à l'adoucissement thermique, ce qui se traduit par une baisse de dureté après traitement thermique à 100 HB contre 140 HB pour l'électrode de l'invention.

Une telle différence dans la conductivité conduit finalement à un fluage de surface plus important pour l'électrode CuZr que pour l'électrode selon la présente invention.

Exemple 2 : Essais comparatifs de caractérisation de la couche de surface après soudage

La dureté Brinell (dureté HB) a été mesurée à la surface et à moins 3 mm de la surface d'une électrode CuZr utilisée

actuellement par les constructeurs automobiles et d'une électrode selon l'invention, avant le soudage (électrode « neuve ») et après soudage (« fin de soudage »). Pour l'électrode selon l'invention uniquement, la dureté HB a également été mesurée après 30 points de soudage.

En outre, la conductivité %IACS a également été mesurée pour ces deux électrodes, avant et après soudage, et après 30 points de soudage pour l'électrode de l'invention.

Les résultats obtenus lors de ces essais comparatifs sont récapitulés dans le tableau 3 ci-après.

	CuZr		Invention		
	neuve	fin de soudage	neuve	soudage 30 pts	fin de soudage
dureté HB surface	170	125	155	155	150
dureté HB surface - 3mm	140	150	150	150	150
Conductivité %IACS - 3mm	88	86	90	90	92

Tableau 3 : Comparaison des caractéristiques « dureté » et « conductivité » entre une électrode usuelle CuZr et une électrode de l'invention avant et après soudage

Les résultats récapitulés dans ce tableau démontrent également que l'électrode selon l'invention est beaucoup plus constante entre avant et après soudage.

L'électrode de l'invention travaille, dans tout son cycle de fonctionnement, d'une part avec une conductivité plus élevée (entre 90 et 92 contre 86-88) et d'autre part avec une meilleure résistance à l'adoucissement. En effet, l'électrode selon l'invention présente encore une dureté HB de surface de 150 en fin de soudage alors que l'électrode usuelle a, en fin de soudage, une dureté de 125 HB.

Les résultats obtenus montrent également que la perte d'adoucissement sur les électrodes CuZr est localisée en surface. En effet, la dureté à moins 3 mm de la surface reste sensiblement constante, de l'ordre de 140-150HB, et la conductivité n'est pas remontée à 94. Malgré cela, le fluage de surface de l'électrode CuZr conduit à l'élargissement de la face de contact et à un diamètre de point soudé insuffisant.

L'électrode de l'invention fonctionne dans un domaine où elle conserve ses caractéristiques mécaniques.

En particulier, l'électrode de l'invention conserve une dureté à un niveau élevé, malgré l'échauffement généré dans
5 l'électrode pendant le soudage, et la résistance au fluage est ainsi accrue.

Par conséquent, ladite électrode se déforme moins lors du soudage, permettant à l'utilisateur de gagner en productivité car la fréquence des décapages mécaniques diminue.

10

Exemple 3 : Essais comparatifs de performances au soudage

Le troisième essai, en référence à la figure unique annexée, consiste à comparer la performance au soudage entre une électrode
15 CuZr usuellement mise en œuvre par les constructeurs et une électrode de l'invention.

Du fait de la meilleure résistance au fluage lors du soudage, et tous paramètres égaux par ailleurs (en termes de paramètres de soudage : intensité, temps de serrage, refroidissement
20 notamment), lors du décapage mécanique pour remettre la surface de l'électrode à l'état initial, on retire 15% de matière en moins avec l'électrode de l'invention.

La quantité de matière qui est retirée, lors de l'opération de décapage mécanique, de l'électrode de l'invention 1 correspond
25 à la partie grisée de la figure 1 ci-jointe. Cette quantité de matière qu'il convient de retirer est inférieure pour l'électrode de l'invention 1, en comparaison avec l'électrode classique CuZr 2, cette dernière subissant un fluage important aboutissant à un élargissement de son extrémité, comme illustré sur la figure 1.

30 Un cycle correspond au nombre de points soudés avant de réaliser l'opération de décapage mécanique.

Il est possible, avec l'électrode de l'invention, et sans changement des paramètres de soudage, d'une part d'augmenter le nombre de cycles de 15% et, d'autre part, d'augmenter le nombre
35 de points par cycle de 10%, par rapport au nombre de cycles et au nombre de points par cycle moyens pouvant être effectués avec une

électrode CuZr utilisée actuellement, avant qu'il soit nécessaire de procéder au décapage mécanique de ladite électrode de l'invention pour conserver une qualité optimale du point soudé.

5 L'électrode de l'invention permet, par conséquent, d'améliorer la productivité de l'ordre de 27%, sans changer les paramètres de soudage.

10 L'électrode de l'invention présente une très grande stabilité lors des cycles de soudage sur tôle en aluminium, en mettant en œuvre les paramètres de soudage définis spécifiquement pour une utilisation optimale des électrodes CuZr.

Cela implique que les paramètres de soudage, définis pour ces électrodes en CuZr, ne dégradent pas la surface de l'électrode de l'invention, malgré un nombre de points soudés accrus de 27% avec cette dernière.

15 Il semble par conséquent évident pour l'homme de l'art qu'une définition des paramètres de soudage propres à l'électrode de l'invention permettra une amélioration supplémentaire en terme de nombre de points soudés.

REVENDECATIONS

1. Electrode en alliage de cuivre, de chrome, de zirconium et de phosphore pour le soudage de tôles métalliques en acier et en aluminium ou en alliages d'aluminium, caractérisée en ce que l'alliage est constitué de chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, de zirconium dans une proportion comprise entre 0,02 et 0,04% en masse, de phosphore dans une proportion inférieure à 0,015 % en masse, le reste de la composition étant du cuivre et des impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 0,1% en masse, et la conductibilité électrique de ladite électrode étant supérieure ou égale à 90% IACS (International Annealed Copper Standard).
2. Electrode en alliage de cuivre selon la revendication 1 caractérisée en ce que la structure de ladite électrode comporte des précipités de chrome incohérents dont plus de 90% ont une surface projetée inférieure à $1\mu\text{m}^2$, lesdits précipités de chrome incohérents présentant des dimensions comprises au moins entre 10 et 50 nm, ladite électrode présentant en outre une structure fibrée, visible suivant une coupe transversale de la face active de ladite électrode après surfacage et attaque chimique, ladite structure étant constituée, d'une part, d'une pluralité de fibres radiales, lesdites fibres présentant une épaisseur inférieure à 1 mm et, d'autre part une zone sensiblement centrale sans fibrage ayant un diamètre inférieur à 5 mm.
3. Electrode en alliage de cuivre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la proportion de chrome est comprise entre 0,2 et 0,3% en masse.

4. Electrode en alliage de cuivre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la proportion de zirconium est comprise entre 0,03 et 0,04% en masse.
- 5 5. Electrode en alliage de cuivre selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisée en ce que la proportion de phosphore est inférieure à 0,01% en masse.
- 10 6. Electrode en alliage de cuivre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la proportion des impuretés inévitables est inférieure à 0,05% en masse.
- 15 7. Electrode en alliage de cuivre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'un coefficient de pondération est affecté à chaque élément chimique susceptible d'être présent en tant qu'impureté dans l'alliage, en fonction de l'effet dudit élément chimique sur la conductibilité électrique ; la somme des proportions pondérées de chacun desdits éléments chimiques, en partie par million, étant inférieure à 5000.
- 20 8. Electrode en alliage de cuivre selon la revendication précédente caractérisée en ce la somme des proportions pondérées de chacun desdits éléments chimiques, en partie par million, est inférieure à 2000.
- 25 9. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une quelconque des revendications 2 à 8 par coulée continue à partir d'un alliage constitué de chrome dans une proportion supérieure ou égale à 0,1% et inférieure à 0,4% en masse, de zirconium dans une proportion comprise entre 0,02 et 0,04% en masse, de phosphore dans une proportion inférieure à 0,015 % en masse, le reste de la composition étant du cuivre et des
- 30
- 35

impuretés inévitables dans une proportion inférieure à 0,1% en masse, ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes :

- 5 a) fusion des différents composants de l'alliage, à savoir le cuivre, le chrome, le zirconium et du phosphore à une température supérieure ou égale à 1200°C ;
 - 10 b) coulée continue à travers une filière cylindrique présentant un diamètre d permettant d'obtenir une barre d'un diamètre proche du diamètre d de la filière avec le maintien du métal liquide dans le four de coulée à une température comprise entre 1100 et 1300°C;
 - 15 c) solidification de ladite barre et refroidissement jusqu'à une température inférieure à 100°C, la vitesse de refroidissement étant au moins égale à 10°C/s jusqu'à atteindre une température de la barre de 1060°C, puis au moins égale à 15°C/s entre 1060 et 1040°C, puis au moins égale à 20°C/s entre 1040 et 1030°C, puis au moins égale à 25°C/s entre 1030 et 1000°C, puis au moins égale à 30°C entre 1000 et 900°C, puis au moins égale à 20°C/s pour des températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre soit refroidie à une température au plus de 100°C ;
 - 20 d) déformation à froid pour obtenir un barreau d'un diamètre inférieur à 20 mm ;
 - 25 e) cisailage dudit barreau afin d'obtenir des lopins puis poinçonnage ou usinage par enlèvement de matière afin de conférer à ladite électrode sa forme définitive,
- ledit procédé comprenant au moins une étape de traitement de vieillissement ou de revenu avant et/ou après l'étape e) de
- 30 mise en forme de l'électrode, et dans lequel procédé la structure métallurgique de la face active de ladite électrode comporte des précipités de chrome incohérents dont plus de 90% ont une surface projetée inférieure à $1\mu\text{m}^2$, lesdits précipités de chrome incohérents présentant des dimensions comprises au
- 35 moins entre 10 et 50 nm, ladite électrode présentant en outre une structure fibrée, visible suivant une coupe transversale

de la face active de ladite électrode après surfaçage et
attaque chimique, ladite structure étant constituée, d'une
part, d'une pluralité de fibres radiales, lesdites fibres
présentant une épaisseur inférieure à 1 mm, et, d'autre part,
5 d'une zone sensiblement centrale sans fibrage ayant un diamètre
inférieur à 3 mm, et la conductibilité électrique de ladite
électrode étant supérieure ou égale à 90% IACS (pour
International Annealed Copper Standard).

10 10. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon la
revendication précédente dans lequel la fusion des différents
composants de l'alliage de l'étape a) est effectuée à une
température comprise entre 1200°C et 1300°C.

15 11. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 ou 10 dans lequel la coulée
continue de l'étape b) est réalisée avec le maintien d'une
température du métal liquide dans le four de coulée comprise
entre 1150 et 1250°C.

20

12. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 à 11 dans lequel le
refroidissement de ladite barre de l'étape c) est effectué à
une vitesse de refroidissement au moins égale à 30°C/s pour
25 des températures inférieures à 900°C, jusqu'à ce que la barre
soit refroidie à une température au plus de 100°C.

13. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 à 12 dans lequel le traitement
30 de vieillissement est effectué avant l'étape e) de mise en
forme de l'électrode et consiste en un traitement de
précipitation réalisé à une température comprise entre 450 et
480°C pendant une période de 1 à 2 h.

14. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 à 13 dans lequel, suivant
l'étape e) de mise en forme de l'électrode, on procède à un
5 traitement de précipitation réalisé à une température comprise
entre 450 et 480°C pendant une période de 1 à 2 h.
15. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 à 14 dans lequel ledit diamètre
10 d de la filière est compris entre 20 et 70 mm, de préférence
entre 20 et 40 mm.
16. Procédé de fabrication d'une électrode de soudage selon l'une
quelconque des revendications 9 à 15 dans lequel, au cours de
15 l'étape d) de déformation à froid, une opération d'usinage
extérieur, inférieure à 0,5 mm d'épaisseur, est effectuée pour
éliminer les défauts de surface générés lors de l'étape c) de
solidification.

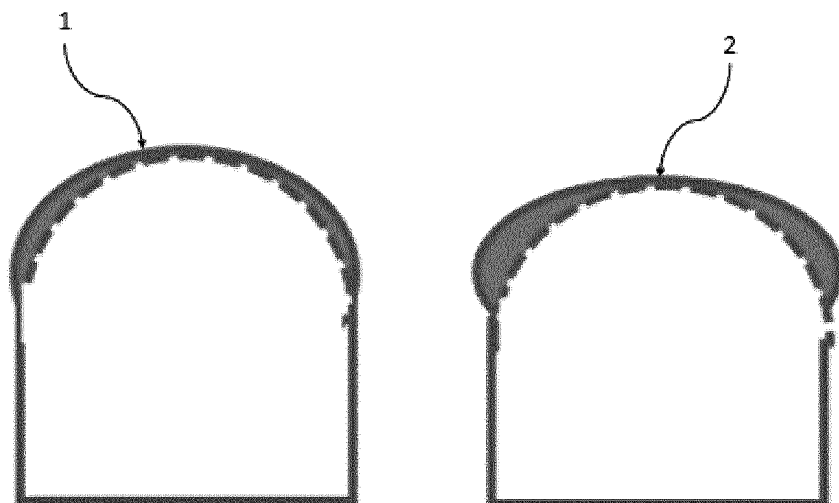


FIG. 1

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 849161
FR 1850408

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	WO 2016/203122 A1 (LE BRONZE IND [FR]) 22 décembre 2016 (2016-12-22) * le document en entier *	1-16	B23K35/30 B23K35/40 C22C9/00 B23K35/302 B22D11/00 B23K35/40 B23K35/406 B23K35/0255 B23K35/0261 C22C9/00 C22F1/08 DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B23K C22C C22F B22D
Y	Anonymous: "Catalogue FRW Carobronze", FRW CAROBRONZE 30 décembre 2016 (2016-12-30), XP002783968, Extrait de l'Internet: URL: http://www.frwcarobronze.fr/catalogue_frw-UK.pdf [extrait le 2018-08-06] * le document en entier *	1-16	
Y	-& Anonymous: "COPPER - CHROME - ZIRCONIUM CuCr1Zr Standard", FRW CAROBRONZE 30 décembre 2016 (2016-12-30), page 21, XP002783632, Extrait de l'Internet: URL: http://www.frwcarobronze.fr/cupro_chrome_en.htm [extrait le 2018-08-06] * page 21 *	1-16	
A	EP 2 855 438 A2 (GALLEON PHARMACEUTICALS INC [US]) 8 avril 2015 (2015-04-08) * le document en entier *	1-16	
A	FR 1 313 451 A (MALLORY METALLURG PROD LTD) 28 décembre 1962 (1962-12-28) * le document en entier *	1-16	
A	FR 2 771 038 A1 (LORRAINE LAMINAGE [FR]) 21 mai 1999 (1999-05-21) * le document en entier *	1-16	
----- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 août 2018		Chebelev, Alice	
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			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 849161
FR 1850408

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		
A	EP 1 681 360 A1 (SUMITOMO METAL IND [JP]) 19 juillet 2006 (2006-07-19) * le document en entier * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 août 2018		Chebelev, Alice	
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 1850408 FA 849161**

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 **07-08-2018**
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
WO 2016203122 A1		22-12-2016	CN 107835726 A	23-03-2018
			EP 3310527 A1	25-04-2018
			FR 3037517 A1	23-12-2016
			WO 2016203120 A1	22-12-2016
			WO 2016203122 A1	22-12-2016

EP 2855438 A2		08-04-2015	AU 2013267570 A1	18-12-2014
			BR 112014029703 A2	27-06-2017
			CA 2875012 A1	05-12-2013
			CN 104602694 A	06-05-2015
			EP 2855438 A2	08-04-2015
			HK 1209118 A1	24-03-2016
			JP 2015521201 A	27-07-2015
			KR 20150020616 A	26-02-2015
			SG 11201407964Y A	30-12-2014
			WO 2013181217 A2	05-12-2013

FR 1313451 A		28-12-1962	AUCUN	

FR 2771038 A1		21-05-1999	AUCUN	

EP 1681360 A1		19-07-2006	AT 486150 T	15-11-2010
			CA 2538947 A1	31-03-2005
			CN 1856588 A	01-11-2006
			EP 1681360 A1	19-07-2006
			JP 3731600 B2	05-01-2006
			JP 2005281850 A	13-10-2005
			KR 20060037458 A	03-05-2006
			TW 1267559 B	01-12-2006
			US 2006239853 A1	26-10-2006
			US 2017247779 A1	31-08-2017
WO 2005028689 A1	31-03-2005			
