



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: B 23 K

35/22

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

⑪

627 677

②① Numéro de la demande: 1070/79

②② Date de dépôt: 02.02.1979

③③ Priorité(s): 09.02.1978 BE 6/46352

②④ Brevet délivré le: 29.01.1982

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 29.01.1982

⑦③ Titulaire(s):
 Centre de Recherches Métallurgiques-Centrum
 voor Research in de Metallurgie, Bruxelles (BE)

⑦② Inventeur(s):
 Henri Lucien Mathy, Fexhe-le-Haut-Clocher (BE)
 Jacques André Defourny, Herstal (BE)

⑦④ Mandataire:
 E. Blum & Co., Zürich

⑤④ Electrode de soudage.

⑤⑦ Electrodes de soudage dont l'enrobage contient des éléments oxydants tels que le Fe_2O_3 ou le SiO_2 , et le corps même de la baguette métallique comporte des éléments tels que l'oxyde d'aluminium qui, après dépôt du cordon de soudure, conduisent dans celui-ci à la formation d'éléments durcissants. De façon avantageuse, le corps métallique comporte de l'oxyde d'aluminium sous forme de grains dont les dimensions ne dépassent pas 400 Å. Avantageusement aussi, il contient suffisamment d'azote pour saturer lors du soudage, sous forme de niture, tout l'aluminium présent dans le fil, la teneur en métal en aluminium ne dépassant toutefois pas 0,5 %. Le fil comporte en outre, par voie préférentielle, du cuivre métallique dans une proportion comprise entre 1 % et 2 %. Des comparaisons montrent l'amélioration des propriétés des électrodes qui contiennent dans leur âme, des précipités d'oxyde d'aluminium ou de nitrures d'aluminium, ou environ 1 % de cuivre.

REVENDICATIONS

1. Electrode de soudage, caractérisée en ce que, d'une part, son enrobage contient des éléments oxydants et en ce que, d'autre part, le corps même de la baguette métallique de soudage comporte plusieurs éléments qui, après dépôt du cordon de soudure, conduisent dans celui-ci à la formation d'éléments durcissants.

2. Electrode suivant la revendication 1, caractérisée en ce que son corps métallique comporte de l'oxyde d'aluminium sous une forme granulaire fine, les dimensions des grains de cet oxyde ne dépassant pas de préférence 400 Å.

3. Electrode suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que son corps métallique contient suffisamment d'azote pour saturer, lors du soudage, sous forme de nitrure, tout l'aluminium présent dans le fil, la teneur du métal en aluminium ne dépassant pas toutefois 0,5%.

4. Electrode suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comporte dans son fil une proportion de cuivre métallique comprise entre 1 et 2%.

La présente invention se rapporte à une électrode de soudage destinée spécialement à être utilisée sous eau.

Les techniques modernes de constructions métalliques, ainsi que celles correspondantes de transformations et de réparations, font souvent appel à des opérations de soudage sous eau. Parmi ces opérations, celles pour lesquelles l'arc est en présence directe de l'eau (soudage mouillé) nécessitent le minimum d'équipement immergé. Leur domaine d'application potentielle est plus vaste et elles conduisent à une mise en œuvre moins coûteuse que dans le cas du soudage hyperbarique.

L'utilisation sous eau d'électrodes de soudage se heurte, comme on le sait, à des difficultés propres à ce genre d'application, difficultés qui ne permettent généralement que l'obtention d'une qualité relativement médiocre des cordons de soudure que l'on peut déposer.

Parmi ces inconvénients, on peut citer tout spécialement la fissuration des cordons déposés, due essentiellement à la présence d'hydrogène, lequel provient de la dissociation de l'eau par l'arc électrique au voisinage immédiat de la partie du cordon en cours de dépôt. Cet hydrogène a une forte propension à s'occlure dans le métal déposé, le rendant ainsi particulièrement sensible à la fissuration.

Les électrodes commercialisées actuellement en vue du soudage sous eau comportent généralement un enrobage à base de rutile. Il est ainsi possible de maintenir un arc assez stable et d'obtenir un cordon de soudure de bel aspect. Ce type d'enrobage présente cependant, comme déjà mentionné plus haut, l'inconvénient d'introduire une forte teneur en hydrogène dans le métal déposé. Le risque de fissuration est donc important et peut conduire à la ruine de l'assemblage.

On a également essayé de réaliser un tel soudage sous eau, de manière semi-automatique, en agissant par injection d'un gaz inerte sous pression pour maintenir autour de l'endroit de soudage une atmosphère de protection, non néfaste au cordon déposé. Il semble que cette technique n'ait pas davantage donné de résultats que l'on pourrait juger comme satisfaisants, notamment par suite de difficultés opérationnelles.

La présente invention a pour objet de révéler une composition d'électrode de soudage à enrobage oxydant conduisant à une résistance accrue du métal déposé. Cela présente l'avantage de réduire le nombre de passes de soudage pour atteindre la résistance de l'acier assemblé.

L'électrode objet de la présente invention est essentiellement caractérisée en ce que, d'une part, l'enrobage de ladite électrode contient des éléments oxydants destinés à neutraliser l'effet de

2

l'apparition de tout hydrogène naissant et en ce que, d'autre part, le corps même de la baguette métallique de soudure comporte plusieurs éléments qui, après dépôt du cordon de soudure, conduisent dans celui-ci à la formation d'éléments durcissants.

Des essais effectués par le titulaire ont montré qu'un enrobage de type oxydant permettait de réduire la teneur en hydrogène dans le métal fondu et, par là même, le risque de fissuration à froid, ainsi que le montrent les tableaux I et II.

La liste suivante donne à titre d'exemple une composition possible pour les éléments oxydants de l'enrobage:

FeO = 5,4%	Fe ₂ O ₃ = 46%	Fe métal = 0,4%
SiO ₂ = 34%	CaO = 2%	Al ₂ O ₃ = 3%
MgO = 1%	TiO ₂ = nul	MnO = 0,1%
K ₂ O = 6%	Na ₂ O = 2%	

Tableau I

Teneurs en hydrogène diffusible en conditions de soudage sous eau

Dosages effectués selon la méthode de l'Institut international de la soudure et exprimés en millilitres de H₂ par 100 g de métal déposé.

- Electrode à enrobage rutile: 73
- Electrode à enrobage oxydant: 38

Tableau II

Essais de fissuration à froid par la méthode des implants sur des aciers de construction en soudage sous eau

Aciers étudiés:

- Limite d'élasticité supérieure à 350 N/mm² et comprise entre 370 et 420 N/mm².
- Composition chimique: C compris entre 0,10 et 0,20%. Carbone équivalent =

$$C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Mo + V + Cr}{5}$$

compris entre 0,26 et 0,435%.

Contrainte appliquée à l'implant: 350 N/mm².

Implant: Ø 6 mm – non entaillé.

- Electrode à enrobage rutile: ruptures instantanées des implants dans la majorité des cas, sinon forte fissuration.
- Electrode à enrobage oxydant: ni rupture ni fissuration des implants sur la gamme des aciers étudiés.

Cependant, les caractéristiques mécaniques du métal déposé sont relativement faibles, phénomène dû à l'oxydation des éléments d'alliages du métal déposé.

Des essais de traction à 0°C sur grandes éprouvettes soudées sous eau (largeur 200 mm) ont démontré que, en dépit de cet inconvénient, une électrode à enrobage oxydant permettait de réaliser des assemblages présentant à la fois une bonne ductilité et la résistance du métal de base moyennant un renforcement de la soudure par une surépaisseur de métal déposé. Un comportement similaire de l'éprouvette n'a pu être atteint au moyen d'électrodes rutiles, lesquelles conduisent à une fragilité excessive à l'endroit de la soudure, résultant du phénomène de fissuration à froid.

L'exemple suivant établit une comparaison entre les deux types d'électrodes:

Acier soudé: Composition chimique sur produit

C = 0,17%	Mn = 1,3%	Si = 0,33%
P = 0,022%	S = 0,022%	N = 0,006%

Propriétés mécaniques:

$$Re = 420 \text{ N/mm}^2 \quad Rm = 580 \text{ N/mm}^2$$

Essai de traction sur grandes éprouvettes soudées sous eau

- Electrode à enrobage rutile: Rm = 503 N/mm² (87% résistance du métal de base).

Allongement après rupture de l'éprouvette soudée: 2,3%
(base de mesure 200 mm centrée sur la soudure).

— Electrode à enrobage oxydant: $R_m = 580 \text{ N/mm}^2$ (100% résistance du métal de base).

Allongement après rupture: 5,6%

(base de mesure 200 mm centrée sur la soudure).

Il est à noter que pour les deux types d'électrodes (rutiles et oxydantes), les grandes éprouvettes soumises à traction se sont rompues à l'endroit de la soudure. Ce mode de rupture est normal dans la mesure où, dans le métal, le soudage sous eau conduit, causées par l'arc de soudage, à des morsures plus nombreuses qu'en soudage à l'air. Ces morsures constituent dès lors des défauts naturels, si bien que ces essais de traction sont à considérer comme des essais de mécanique de rupture.

Dans le cas de l'électrode rutile, la présence de fissures à froid a conduit à une fragilité exagérée de la soudure, caractérisée par une diminution importante de la résistance de l'assemblage par rapport au métal de base et à une faible valeur de l'allongement.

Au contraire, pour l'électrode oxydante, aucun signe de fragilité par des fissures à froid ne s'est manifesté. En dépit des défauts naturels créés par les morsures de l'arc de soudage, la soudure réalisée par l'électrode oxydante atteint la résistance du métal de base et conduit à un allongement important de l'éprouvette, indicatif de sa bonne ductilité.

Suivant une première modalité de constitution de l'électrode, son corps métallique comporte de l'oxyde d'aluminium sous une forme particulièrement fine, les dimensions des grains de cet oxyde ne dépassant pas de préférence 400 Å.

Suivant une deuxième modalité constructive de l'électrode, son corps métallique contient suffisamment d'azote pour saturer, lors du soudage, sous forme de nitrure, tout l'aluminium présent dans le fil, la teneur du métal en aluminium ne dépassant pas 0,5%.

Suivant une troisième modalité constitutive de cette électrode, celle-ci comporte dans son fil une proportion de cuivre métallique comprise

entre 1 et 2%. Au cours de l'opération de soudage, le cuivre s'oxyde pour former des précipités dont la taille est suffisamment petite pour avoir un effet durcissant sur le cordon de soudure déposé.

Les résultats du tableau III indiquent les gains de dureté et de résistance obtenus par ces diverses additions, par rapport aux caractéristiques de dépôts réalisés par une électrode courante à enrobage oxydant.

Tableau III

Dureté et propriétés mécaniques du métal fondu
en conditions de soudage sous eau

	Dureté HV 5	Limite d'élasticité $R_e \text{ (N/mm}^2\text{)}$	Résistance à la traction $R_m \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Electrode courante à enrobage oxydant	165	350	430
Electrode à enrobage oxydant comportant des précipités d'oxydes d'aluminium dans l'âme métallique	180	380	450
Electrode à enrobage oxydant comportant des précipités de nitrures d'aluminium dans l'âme métallique	180	380	450
Electrode à enrobage oxydant comportant 1 % de cuivre dans l'âme métallique	210	400	480