

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 17678

(54) Charge pour fils de soudage en poudre.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). B 23 K 35/24, 9/16.

(22) Date de dépôt..... 11 août 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 12-2-1982.

(71) Déposant : INSTITUT ELEKTROSVARKI IMENI E.O. PATONA AKADEMII NAUK UKRAINSKOI
SSR, résidant en URSS.

(72) Invention de : Boris Sergeevich Kasatkin, Igor Konstantinovich Pokhodnya, Valentin Fedoro-
vich Musiyachenko, Vladimir Nikolaevich Golovko, Ljudmila Nikolaevna Kolomiets, Jury
Alexandrovich Simonenko et Anatoly Vladimirovich Gulyar.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne les matériaux de soudage à l'arc et a notamment pour objet une charge pour les fils en poudre utilisés en particulier pour le soudage et le rechargement d'aciers alliés à haute
 5 résistance sous gaz de protection.

L'invention peut être utilisée avec le plus d'efficacité dans les fils en poudre destinés en particulier au soudage automatique et semi-automatique, en position basse, inclinée et horizontale des soudures sur un plan vertical.

10 On connaît des compositions de charges pour fils de poudre destinés au soudage et au rechargement d'aciers alliés à haute résistance en différentes positions dans l'espace, sous protection de gaz carbonique, ces fils se présentant sous forme d'une gaine d'acier remplie d'une
 15 charge en poudre, cette dernière constituant l'âme du fil. On connaît notamment un fil de poudre dont l'âme est constituée par une charge de composition suivante (% en poids) :

	ferrochrome à bas carbone	18,7 à 75,0
20	ferromolybdène	2,1 à 8,4
	manganèse	0,8 à 2,9
	ferrosilicium	3,0 à 13,7
	poudre de fer	69,0 à 0

(voir brevet USA N° 3253120).

25 Or, il est universellement connu qu'au cours du soudage, à la température de fusion, une grande quantité d'hydrogène se dissout dans le métal de la soudure, ce qui réduit fortement la résistance de celle-ci aux fissures. Etant donné que la soudure obtenue lors du soudage d'aciers
 30 alliés à haute résistance est fortement sujette à la fissuration, on doit veiller à ce qu'il ne contienne qu'une quantité minimale d'hydrogène. Du fait que le fil de poudre dont l'âme est constituée par une telle charge ne protège pas le métal de la soudure contre l'hydrogène,
 35 la teneur du métal en ce dernier est considérable.

D'autre part, les soudures obtenues au moyen d'un tel fil ont une forme bombée, ce qui réduit leur résistance à la fatigue. Il convient de noter que les soudures ainsi obtenues ont une surface oxydée sous
 5 forme d'une pellicule, fine et difficile à enlever, d'oxydes difficilement fusibles.

La meilleure composition de charge connue pour fils en poudre destinés au soudage d'aciers alliés à haute résistance est la suivante (% en poids) :

10	fluorure de calcium	5 à 25
	oxyde de magnésium	5 à 15
	bioxyde de silicium	0 à 25
	ferrosilicium	5 à 10
	ferromanganèse	2 à 5
15	ferrochrome	0 à 5
	ferromolybdène	0 à 20
	nickel	0 à 20
	poudre aluminium-magnésium	0 à 15

(voir brevet USA N° 3424892).

20 Le soudage avec le fil dont l'âme est constituée par une telle charge permet d'obtenir une soudure possédant de hautes propriétés mécaniques. Outre cela, le fluorure de calcium contenu dans ladite charge empêche la formation, sur la surface de la soudure, d'une pellicule, difficile
 25 à enlever, d'oxydes difficilement fusibles. De plus, il fixe quelque peu l'hydrogène qui se dissout dans le métal de la soudure pendant le soudage, en le transformant en fluorures volatiles et en réduisant ainsi la teneur en hydrogène du métal de la soudure. Toutefois, le soudage
 30 à l'aide d'un tel fil donne lieu à de fortes projections du métal de l'électrode, étant donné que le fluorure de calcium faisant partie de la charge est un puissant déstabilisateur de l'arc.

On entend par "projection du métal de l'électrode"
 35 les projections de gouttes du fil en poudre fondant au

cours du soudage.

Il convient d'ajouter que les soudures obtenues à l'aide du fil de poudre ayant une âme à base de ladite charge ont une structure à grandes écailles et une forme bombée, ce qui compromet leur résistance à la fatigue. Aussi, pour accroître cette dernière, doit-on effectuer un travail supplémentaire de traitement des soudures. De plus, la soudure obtenue à l'aide d'un tel fil contient de l'oxygène à raison de 0,040 à 0,045 % en poids et de l'hydrogène, malgré la fixation partielle de celui-ci par le fluorure de calcium (à raison de 4 ou 5 cm³ par 100 g de métal déposé). De telles quantités de gaz dans le métal de la soudure réduisent la résistance de cette dernière à la fissuration à froid et compromettent en outre sa résilience dans le domaine des températures positives et négatives.

L'invention vise donc une charge pour fils en poudre destinés au soudage et au rechargement d'aciers alliés à haute résistance, qui permettrait grâce à une modification de sa composition qualitative et quantitative, d'améliorer les propriétés technologiques de soudage du fil en poudre, et aussi, tout en conservant les hautes propriétés mécaniques du métal de la soudure, de réduire la teneur de cette dernière en oxygène et en hydrogène, améliorant ainsi sa résilience dans le domaine des températures positives et négatives et augmentant sa résistance à la fissuration à froid et à chaud.

Ce problème est résolu du fait que la charge pour fils en poudre destinés au soudage et au rechargement d'aciers sous gaz de protection, du type contenant du fluorure de calcium, du ferrosilicium, du ferromanganèse, du chrome, du ferromolybdène et du nickel, est caractérisée, selon l'invention, en ce que, outre les ingrédients mentionnés, elle contient un concentré de rutile, du

fluosilicate de sodium et de la poudre de fer, le fluorure de calcium étant introduit sous forme de concentré de fluorine, la composition de ladite charge étant la suivante (% en poids) :

	concentré de rutile	14,0 à 23,0
5	concentré de fluorine	7,0 à 12,0
	fluosilicate de sodium	2,0 à 6,0
	ferromanganèse	6,0 à 10,0
	ferrosilicium	1,5 à 4,0
	ferromolybdène	1,0 à 2,5
10	chrome	1,0 à 2,5
	nickel	4,0 à 9,0
	poudre de fer	31,0 à 63,5.

Le fil de poudre dont l'âme est constituée par la charge proposée permet de réaliser le soudage en position basse, inclinée et horizontale des joints sur un plan vertical. Les projections du métal de l'électrode ne constituent que 4 à 6 % en poids, les soudures ont une surface lisse et passent d'une manière douce en métal de base (à souder). Le métal de la soudure ainsi obtenue est bien désoxydé, ne contient que 0,020 à 0,030 % en poids d'oxygène, la teneur en hydrogène n'est pas élevée et se situe dans une plage de 0,8 à 1,5 cm³ par 100 g de métal déposé. Il convient de signaler que le métal de la soudure se distingue par sa résistance à la fissuration à froid et à chaud et par une haute résilience dans le domaine des températures positives et négatives.

En particulier, l'introduction dans la charge proposée d'un concentré de rutile dans les proportions indiquées assure, lors du soudage à l'aide d'un tel fil de poudre, un maintien stable de l'arc, une bonne formation de la soudure. Cette dernière a une surface lisse et passe en douceur en métal de base (à souder).

Une quantité de concentré de rutile inférieure à la limite inférieure proposée entraîne la formation d'une soudure de mauvaise qualité, une augmentation de sa

forme bombée, un accroissement des projections du métal de l'électrode.

5 Quand la charge contient une quantité de concentré de rutil plus grande que la limite supérieure présentée, on constate une dégradation des propriétés technologiques du laitier qui se traduit par une altération de sa perméabilité aux gaz, ainsi que par un rétrécissement sensible de son étendue de cristallisation, ce qui compromet la formation d'une bonne soudure.

10 La quantité proposée de fluosilicate de sodium à introduire dans la charge permet de réduire la teneur en hydrogène du métal de la soudure jusqu'à 0,8 à 1,5 cm³ par 100 g de métal déposé. Toute diminution de la quantité de fluosilicate de sodium en dessous de la
15 limite inférieure indiquée s'accompagne d'une augmentation, dans le métal de la soudure, de la quantité d'hydrogène. Le dépassement de la limite supérieure conduit à de fortes projections du métal de l'électrode.

20 L'introduction des quantités indiquées d'additifs d'alliage tels que ferromolybdène, nickel et chrome dans la charge proposée permet d'améliorer le métal de la soudure au point de vue de la combinaison de ses propriétés mécaniques (limite d'élasticité, résistance temporaire à la rupture ou résistance à la traction et résilience
25 dans le domaine des températures positives et négatives). Lesdits additifs confèrent également aux joints soudés la résistance la plus élevée desdits joints à la fissuration à froid.

30 Lorsque la charge proposée contient lesdits additifs d'alliage en quantités plus petites que la limite inférieure préconisée, on constate une dégradation des propriétés mécaniques de la soudure (limite d'élasticité et résistance temporaire à la rupture ou résistance à la traction).

35 Une diminution des quantités de ferromolybdène et de nickel dans la charge proposée au-dessous de leurs limites inférieures respectives conduit à une réduction

de la résilience du métal de la soudure dans le domaine des températures négatives . Le dépassement de la limite supérieure de la quantité de ferromolybdène et de nickel dans la charge proposée conduit à une réduction des indices de plasticité (allongement relatif et résilience) de la soudure. Le dépassement de la limite supérieure de la quantité de chrome dans la charge proposée a pour effet de compromettre la résistance du joint soudé à la fissuration à froid.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description, qui va suivre, de plusieurs exemples de réalisation concrets mais non limitatifs.

Exemple 1

On a utilisé pour le soudage des fils de poudre (désignés conventionnellement A, B et C) à âme obtenue à partir de la charge conforme à l'invention, ces fils ayant un diamètre de 2,2 mm. La gaine d'acier de chacun des fils constituait 70 % en poids de la masse totale du fil et avait la composition suivante (% en poids) : carbone : 0,05 ; manganèse : 0,20 ; silicium : 0,12 ; soufre : 0,020 ; phosphore 0,020.

Des échantillons d'acier à haute résistance ont été soumis au soudage en position basse par le procédé semi-automatique en courant continu de polarité inversée. Le régime de soudage était le suivant :

courant de soudage	350 A
tension d'arc	27 V

En tant que milieu de protection on a employé du gaz carbonique.

L'acier à souder, d'une épaisseur de 20 mm, avait la composition suivante (% en poids) : carbone : 0,12 ; manganèse : 1,1 ; silicium : 0,25 ; chrome : 1,5 ; nickel : 0,2 ; molybdène : 0,50 ; bore : 0,004.

La composition de la charge constituant l'âme des

fils de poudre utilisés pour le soudage est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1

5	Ingrédients de la charge constituant l'âme	Fil de poudre		
		A	B	C
		Composition quantitative de la charge % en poids		
	concentré de rutile	14,0	20,0	23,0
	concentré de fluorine	7,0	10,3	12,0
10	fluosilicate de sodium	2,0	4,0	6,0
	ferromanganèse	6,0	9,0	10,0
	ferrosilicium	1,5	2,8	4,0
	ferromolybdène	1,0	1,8	2,5
	chrome	1,0	1,8	2,5
15	nickel	4,0	7,0	9,0
	poudre de fer	63,5	43,3	31,0

Le métal des soudures obtenues à l'aide des fils de poudre dont l'âme était constituée par la charge ayant la composition mentionnée a été soumis à des essais mécaniques portant sur la résilience, l'allongement relatif, la résistance temporaire à la rupture ou résistance à la traction et la limite d'élasticité, ainsi qu'à une analyse physico-chimique visant à déterminer la teneur en gaz, oxygène, azote et hydrogène du métal déposé.

Les essais mécaniques du joint soudé ont été conduits par les méthodes connues.

La teneur en oxygène, azote et hydrogène résiduel du métal a été déterminée par la méthode connue de la fusion sous vide, la teneur en hydrogène diffusé ayant été déterminée d'après la norme internationale ISO 3690.

Pour illustrer les avantages des fils en poudre à âme constituée par la charge conforme à l'invention, ci-dessous sont donnés les résultats comparatifs des

essais mécaniques que l'on a fait subir aux soudures, ainsi que de l'analyse physico-chimique de détermination de la teneur du métal déposé en gaz, d'une part, et les résultats analogues obtenus en utilisant la solution technique connue (brevet USA N° 3424892), d'autre part.

Lesdits résultats sont donnés dans les Tableaux 2 et 3 ci-dessous.

Tableau 2

10 Fil de poudre	Limite d'élasticité, kgf/mm ²	Résistance temporelle à la rupture kgf/mm ²	Allongement relatif, %	Résilience (entaille Mesnager), kgf.cm/cm ²		
				+20°C	-40°C	-50°C
15 A	65,1	77,0	18,1	10,8	8,3	6,0
B	68,4	81,0	20,0	13,7	12,2	9,0
C	84,5	73,4	19,0	12,7	11,0	7,6
20 Fil selon brevet USA N° 3424892	91,2	94,5	16,0	8,2	4,0	3,5

Tableau 3

25 Fil de poudre	Teneur en gaz, % en poids		Teneur en hydrogène, cm ³ /100 g	
	oxygène	azote	résiduel	total résiduel + diffusé
30 A	0,030	0,015	0,8	1,5
B	0,025	0,010	0,6	0,8
C	0,029	0,012	0,9	1,3
fil selon brevet USA N° 3424892	0,045	0,015	2,0	4,0

35

Les tableaux donnés ci-dessus montrent que les
soudures réalisées à l'aide des fils de poudre à âme
fabriquée à partir de la charge conforme à l'invention
possèdent une résilience accrue, surtout dans le
5 domaine des températures négatives, ainsi qu'une moindre
teneur en gaz, surtout en hydrogène.

D'autre part, de tels fils en poudre assurent une
bonne formation du métal de la soudure (soudure concave,
passant doucement en métal principal à souder), une
10 séparation facile de la croûte de laitier, ainsi qu'une
haute résistance aux criques à froid et à chaud. Il
est également à noter que les projections du métal de
l'électrode au cours du soudage sont insignifiantes.

Exemple 2 (négatif)

15 Le soudage a été réalisé essentiellement comme
décrit dans l'exemple 1. Cependant on a utilisé pour le
soudage un fil de poudre dont l'âme était constituée par
une charge composée d'ingrédients introduits en quantités
plus faibles que leur limite inférieure proposée dans la
20 présente invention.

Ledit fil de poudre avait la composition suivante
(% en poids) :

	concentré de rutile	12,8
	fluosilicate de sodium	1,8
25	concentré de fluorine	6,8
	ferromanganèse	5,8
	ferrosilicium	1,4
	ferromolybdène	0,8
	chrome	0,8
30	nickel	3,8
	poudre de fer	66,0

Ci-dessous sont donnés les résultats des essais
mécaniques et de l'analyse physico-chimique auxquels on
a soumis le métal de la soudure :

	limite d'élasticité , kgf/mm ²	60,0
35	résistance temporaire à la rupture, kgf/mm ²	72,0

	allongement relatif, %	14,0
	résilience (entaille Mesnager, kgf. cm/cm ² :	
	à +20°C	-
5	à -40°C	1,5
	à -50°C	-
	teneur en oxygène, % en poids	0,05
	teneur en azote, % en poids	0,018
10	teneur en hydrogène résiduel, cm ³ /100 g	2,5
	teneur totale en hydrogène diffusé et résiduel, cm ³ /100 g	4,5

Les résultats des essais mécaniques et de l'analyse physico-chimique donnés ci-dessus montrent qu'en utilisant pour le soudage un fil de poudre constitué de la charge qui vient d'être décrite on obtient une soudure à propriétés mécaniques dégradées et à teneur accrue en gaz. D'autre part, le métal de la soudure devient plus sujet à la formation de pores et de criques, et les projections du métal de l'électrode lors du soudage augmentent.

Exemple 3 (négatif)

Le soudage a été réalisé essentiellement comme décrit dans l'exemple 1. On a utilisé à cette fin un fil de poudre dont l'âme était constituée par une charge dont les composants avaient été introduits en quantités dépassant leurs limites supérieures proposées dans l'invention.

Ledit fil de poudre avait la composition suivante (% en poids) :

	concentré de rutile	23,5
	concentré de fluorine	12,2
30	fluosilicate de sodium	6,2
	ferromanganèse	10,2
	ferrosilicium	4,2
	ferromolybdène	2,7
	chrome	2,6
	nickel	9,2
35	poudre de fer	29,2

Ci-dessous sont donnés les résultats des essais mécaniques et de l'analyse physico-chimique que l'on a fait subir au métal de la soudure : limite d'élasticité, kgf/mm^2 68,0

5	résistance temporaire à la rupture, kgf/mm^2	80,0
	allongement relatif, %	13,0
	résilience (entaille Mesnager, kgf.cm/cm^2) :	
	à +20°C	7,5
	à -40°C	2,0
10	à -50°C	-
	teneur en oxygène, % en poids	0,050
	teneur en azote, % en poids	0,016
	teneur en hydrogène résiduel, $\text{cm}^3/100 \text{ g}$	2,5
15	et résiduel, $\text{cm}^3/100 \text{ g}$	4,5

Ces résultats montrent qu'en utilisant pour le soudage un fil de poudre à âme de composition décrite, les propriétés plastiques du métal de la soudure (allongement relatif et résilience) baissent et que leur teneur en gaz augmente. D'autre part, le soudage avec un tel fil donne lieu à un fort accroissement des projections du métal de l'électrode, il y a dégradation de la formation de la soudure, qui devient imbriquée (structure à grandes écailles) et prend une forme bombée.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits, ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Charge pour fils en poudre destinés notamment au soudage et au rechargement d'aciers à haute résistance sous gaz de protection, du type contenant du fluorure de calcium, du ferrosilicium, du ferromanganèse, du chrome, du ferromolybdène et du nickel, caractérisé en ce qu'elle
 5 contient en outre un concentré de rutil, du fluosilicate de sodium et de la poudre de fer, le fluorure de calcium étant introduit sous forme de concentré de fluorine.

2. Charge conforme à la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante (% en poids) :

10	concentré de rutil	14,0 à 23,0
	concentré de fluorine	7,0 à 12,0
	fluosilicate de sodium	2,0 à 6,0
	ferromanganèse	6,0 à 10,0
	ferrosilicium	1,5 à 4,0
15	ferromolybdène	1,0 à 2,5
	chrome	1,0 à 2,5
	nickel	4,0 à 9,0
	poudre de fer	31,0 à 63,5