

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-87044

(P2008-87044A)

(43) 公開日 平成20年4月17日(2008.4.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 35/368 (2006.01)	B 2 3 K 35/368 B	4 E 0 8 4
B 2 3 K 35/30 (2006.01)	B 2 3 K 35/30 3 2 O A	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-271316 (P2006-271316)	(71) 出願人	000001199
(22) 出願日	平成18年10月2日 (2006.10.2)		株式会社神戸製鋼所
			兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
		(74) 代理人	100090158
			弁理士 藤巻 正憲
		(72) 発明者	永見 正行
			神奈川県藤沢市宮前字裏河内100番1
			株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内
		Fターム(参考)	4E084 AA02 AA03 AA04 AA07 AA09
			AA18 AA36 BA02 BA03 BA04
			BA06 BA08 BA10 BA11 BA13
			BA14 BA15 BA18 BA23 BA25
			BA27 BA29 CA03 CA23 CA24
			CA26 DA10 EA06 FA02 GA02
			HA01 HA06

(54) 【発明の名称】 チタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ

(57) 【要約】

【課題】立向上進溶接においてルートギャップが広い場合にも熔融金属の垂れ落ちがなく、良好な溶接作業性を有し、更に溶接金属の機械的性質が優れた全姿勢溶接用に好適のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤを提供する。

【解決手段】ワイヤ全質量あたり、質量%で、TiO₂ : 6 ~ 12%、Al₂O₃ : 0.4 ~ 0.8%、SiO₂ : 0.1 ~ 0.5%、ZrO₂ : 0.05 ~ 0.2%、Mn : 1.0 ~ 3.0%、Si : 0.4 ~ 0.9%、Al : 0.1 ~ 0.3%、Mg : 0.4 ~ 0.8%、を含有し、更に、必要に応じて、C, F, Cr, Cu, Ni, V, Nb, Ti, 及び/又はZrを含有し、残部がFe及び不純物であり、(TiO₂ + Al₂O₃) / (SiO₂ + ZrO₂) : 10 ~ 20、Mg / (Si + Al) : 0.4 ~ 0.7、Na + K : 0.05 ~ 0.12%、Na / K : 0.3以上である。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軟鋼又は合金鋼製外皮にフラックスを充填してなるチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、外皮及びフラックスの全体で、ワイヤ全質量あたり、

TiO₂ : 6 乃至 12 質量%、
 Al₂O₃ : 0.4 乃至 0.8 質量%、
 SiO₂ : 0.1 乃至 0.5 質量%、
 ZrO₂ : 0.05 乃至 0.20 質量%、
 Mn : 1.0 乃至 3.0 質量%、
 Si : 0.4 乃至 0.9 質量%、
 Al : 0.1 乃至 0.3 質量%、
 Mg : 0.4 乃至 0.8 質量%、

を含有し、

残部が Fe 及び不可避的不純物であり、

(TiO₂ + Al₂O₃) / (SiO₂ + ZrO₂) : 1.0 乃至 2.0、

Mg / (Si + Al) : 0.4 乃至 0.7 (Mg 及び Si 及び Al が合金の形態で存在する場合は、Mg 及び Si 及び Al に換算した含有量)、

Na + K : 0.05 乃至 0.12 質量% (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

Na / K : 0.3 以上 (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

であることを特徴とするチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項 2】

軟鋼又は合金鋼製外皮にフラックスを充填してなるチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、外皮及びフラックスの全体で、ワイヤ全質量あたり、

TiO₂ : 6 乃至 12 質量%、
 Al₂O₃ : 0.4 乃至 0.8 質量%、
 SiO₂ : 0.1 乃至 0.5 質量%、
 ZrO₂ : 0.05 乃至 0.20 質量%、
 Mn : 1.0 乃至 3.0 質量%、
 Si : 0.4 乃至 0.9 質量%、
 Al : 0.1 乃至 0.3 質量%、
 Mg : 0.4 乃至 0.8 質量%、
 C : 0.01 乃至 0.12 質量%、
 F : 0.05 乃至 0.10 質量%、

を含有し、

更に、Cr、Cu、Ni、V、Nb、Ti、及び Zr からなる群から選択された少なくとも 1 種を夫々 0.1 質量% 以下含有し、

残部が Fe 及び不可避的不純物であり、

(TiO₂ + Al₂O₃) / (SiO₂ + ZrO₂) : 1.0 乃至 2.0、

Mg / (Si + Al) : 0.4 乃至 0.7 (Mg 及び Si 及び Al が合金の形態で存在する場合は、Mg 及び Si 及び Al に換算した含有量)、

Na + K : 0.05 乃至 0.12 質量% (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

Na / K : 0.3 以上 (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

であることを特徴とするチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、軟鋼、高張力鋼又は低合金鋼等の溶接に適用できるチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤに関し、特に、立向上進溶接性能が優れており、更にスラグ剥離性及びスパッタ発生量等の溶接作業性及び溶接金属の機械的性能等が向上したチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤに関する。

【背景技術】

【0002】

造船所においては、工程の約3割を占める溶接作業について、省人化及び高能率化を促進するために、溶接の自動化及び高能率化の開発が進められている。特に、下向突合せ溶接及び水平すみ肉溶接については、溶接ロボット及びラインウェルダ等が導入され、更に専用の溶接材料が数多く開発されていることから、高能率化が比較的進んでいる。一方、主に造船におけるブロック継ぎなどでの使用比率が高い立向上進溶接姿勢については、その適用溶接箇所が狭隘部であると共に、構造物の反転が不可能であるなどの理由で、自動化が進んでおらず、また、極めて高度な溶接技量が必要とされるために、高能率化及び脱技能化が極めて困難である。

10

【0003】

これに対し、特許文献1には、 Al_2O_3 、 MgO 、 ZrO_2 を必須成分として多量に含有させることにより、高電流による立向上進溶接が可能なフラックス入りワイヤが提案されている(従来技術1)。また、特許文献2には、全姿勢溶接における作業性及び溶接金属性能等を維持しつつ、立向上進性を更に向上させ、全姿勢溶接に適したチタニヤ系アーク溶接用フラックス入りワイヤが提案されている(従来技術2)。また、特許文献3には、同様に立向上進溶接性に優れ、且つ溶接金属の低温靱性が良好なフラックス入りワイヤが提案されている(従来技術3)。

20

【0004】

【特許文献1】特開平8 99192

【特許文献2】特開2004 34078

【特許文献3】特開2005 319508

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上記従来技術では、立向上進すみ肉溶接においてルート間隔が広い場合には、スラグ及び溶融金属自体の粘性不足により、溶融金属の垂れ落ちが発生しやすく、ビード形状が不良となる。これは、実際の造船などにおける構造物の開先精度の悪さが考慮されておらず、適用条件範囲が極めて狭いものである。また、従来技術1においては、スラグ剥離性が良好でないなどの問題点があり、従来技術2においては、スパッタ発生量が依然多いなどの問題点がある。このように、従来のフラックス入りワイヤは、立向上進溶接性に問題があるため、全姿勢溶接に有効に使用できるものではなかった。

30

【0006】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、立向上進溶接においてルートギャップが広いなどの厳しい溶接条件下においても溶融金属の垂れ落ちがなく、また、スラグ剥離性が良好でスパッタ発生量が少ない良好な溶接作業性を有し、更に溶接金属の機械的性質が優れた全姿勢溶接用に好適のチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係るチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤは、軟鋼又は合金鋼製外皮にフラックスを充填してなるチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、外皮及びフラックスの全体で、ワイヤ全質量あたり、

TiO_2 : 6乃至12質量%、

Al_2O_3 : 0.4乃至0.8質量%、

SiO_2 : 0.1乃至0.5質量%、

50

ZrO₂ : 0.05 乃至 0.20 質量%、

Mn : 1.0 乃至 3.0 質量%、

Si : 0.4 乃至 0.9 質量%、

Al : 0.1 乃至 0.3 質量%、

Mg : 0.4 乃至 0.8 質量%、

を含有し、

残部が Fe 及び不可避的不純物であり、

$(TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2) : 10$ 乃至 20 、

$Mg / (Si + Al) : 0.4$ 乃至 0.7 (Mg 及び Si 及び Al が合金の形態で存在する場合は、Mg 及び Si 及び Al に換算した含有量)、

Na + K : 0.05 乃至 0.12 質量% (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

Na / K : 0.3 以上 (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

であることを特徴とする。

【0008】

本発明に係る他のチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤは、軟鋼又は合金鋼製外皮にフラックスを充填してなるチタニヤ系ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、外皮及びフラックスの全体で、ワイヤ全質量あたり、

TiO₂ : 6 乃至 12 質量%、

Al₂O₃ : 0.4 乃至 0.8 質量%、

SiO₂ : 0.1 乃至 0.5 質量%、

ZrO₂ : 0.05 乃至 0.20 質量%、

Mn : 1.0 乃至 3.0 質量%、

Si : 0.4 乃至 0.9 質量%、

Al : 0.1 乃至 0.3 質量%、

Mg : 0.4 乃至 0.8 質量%、

C : 0.01 乃至 0.12 質量%、

F : 0.05 乃至 0.10 質量%、

を含有し、

更に、Cr、Cu、Ni、V、Nb、Ti、及び Zr からなる群から選択された少なくとも1種を夫々0.1質量%以下含有し、

残部が Fe 及び不可避的不純物であり、

$(TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2) : 10$ 乃至 20 、

$Mg / (Si + Al) : 0.4$ 乃至 0.7 (Mg 及び Si 及び Al が合金の形態で存在する場合は、Mg 及び Si 及び Al に換算した含有量)、

Na + K : 0.05 乃至 0.12 質量% (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

Na / K : 0.3 以上 (Na 及び K は化合物又は合金の形態で存在する場合は、Na 及び K に換算した含有量)、

であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、立向上進溶接において、ルートギャップが広い等の厳しい溶接条件下においても、熔融金属の垂れ落ちがなく、また、スラグ剥離性が良好で、スパッタ発生量が少なく、良好な溶接作業性が得られる。これにより、本発明によれば、全姿勢溶接に好適なガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤが得られ、機械的性質が優れた溶接金属が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

10

20

30

40

50

以下、本発明のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤについて詳細に説明する。先ず、本願発明者等は、スラグの剥離性を向上させつつ、ビード形状不良の原因となる溶融金属の垂れ落ちを防止するために、一般的に行われるスラグの組成を変更し、スラグの凝固点を高める手段を検討した。

【0011】

高融点スラグとするためには、特許文献1に記載のとおり、 $Al_2O_3 \cdot MgO \cdot ZrO_2$ が有効であるが、 $Al_2O_3 \cdot MgO$ はスラグの剥離性を劣化させる作用があり、また、 ZrO_2 はスパッタ発生量が増加する作用がある。よって、スラグの剥離性及びスパッタ発生量を劣化させることなく、ビード形状不良を防止するための手段として、(1)高融点スラグを生成し、且つスラグ剥離性を劣化させない TiO_2 の添加量増量、(2)高融点スラグを生成する Al_2O_3 のスラグ剥離性が劣化しない範囲の添加、(3)アーク安定性を確保するが低融点スラグを生成する SiO_2 の添加量抑制、(4)高融点スラグを生成するがスパッタ発生量が増大するという短所を併せ持つ ZrO_2 の添加量抑制を図り、これら TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 のそれぞれの含有量を調整した結果、 SiO_2 と ZrO_2 の合計含有量に対する TiO_2 と Al_2O_3 の合計含有量の比率を調整することがより効果的であることを見出した。

10

【0012】

更に、スラグの凝固を早めること以外に、溶融金属そのものの垂れ落ちが発生しにくい組成及び特性が必要であり、そのためには一般的に溶融金属中の酸素量を低下させ、溶融金属の高温での粘性を増加させることが効果的である。特許文献1には脱酸剤として Al 、 Si が効果的であるとの記述があるが、 Al は添加量によっては、 Al_2O_3 生成によりスラグの剥離性を劣化させ、且つ溶接金属の靱性を劣化させる。また、 Si は添加量によっては SiO_2 生成によるスラグ凝固点の低下、溶接金属の強度の増加、靱性の劣化を招く。本発明においては、溶接金属の強度、靱性に悪影響を与えずに、溶融金属中の酸素量を低下させる強脱酸剤として Mg が効果的であり、 Al と Si の合計含有量に対する Mg の含有量の比率を調整することが効果的であることを見出した。

20

【0013】

また、溶融金属の垂れ落ちを無くすためには、溶融プールの振動を抑制することも効果的であり、またスパッタ発生量を低減するという観点からも、アーク安定性を向上させる Na 及び K (Na 、 K が化合物又は合金で存在する場合は、夫々 Na 、 K に換算した含有量)のアルカリ金属の合計含有量及び K 含有量に対する Na 含有量の比率を調整することが効果的であることを見出した。

30

【0014】

次に、本発明のフラックス入りワイヤの組成について、その成分添加理由及び組成限定理由について説明する。但し、これらの各成分の含有量は、ワイヤ全質量あたりの含有量である。また、このフラックスワイヤの組成は、フラックス及び外皮を含む全構成物に含まれる成分の組成である。

【0015】

「 TiO_2 ：6乃至12質量%」

TiO_2 は、スラグ形成剤及びアーク安定剤として作用する。 TiO_2 が6質量%未満では、溶融金属を支えるだけのスラグ量を確保できず、溶融金属が垂れ落ちてしまう。また、 TiO_2 が12質量%を超えると、スラグ生成量が多くなりすぎ、スラグ巻き込みが発生しやすくなる。

40

【0016】

「 Al_2O_3 ：0.4乃至0.8質量%」

Al_2O_3 は、スラグ凝固点を上昇させる作用を有する。 Al_2O_3 が0.4質量%未満ではその効果はなく、 Al_2O_3 が0.8質量%を超えると、スラグの剥離性が劣化する。

【0017】

「 SiO_2 ：0.1乃至0.5質量%」

50

SiO_2 は、スラグ形成剤及びアーク安定剤としての作用がある。 SiO_2 が 0.1 質量%未満では、アークが不安定となって、スパッタの発生が増加し、 SiO_2 が 0.5 質量%を超えると、スラグの凝固点が低下し、溶融金属が垂れ落ちてしまう。

【0018】

「 ZrO_2 : 0.05 乃至 0.20 質量%」

ZrO_2 はスラグ凝固点を上昇させるとともに、スラグの剥離性を向上させる作用がある。 ZrO_2 が 0.05 質量%未満では、スラグの焼き付きによりスラグの剥離性が劣化し、 ZrO_2 が 0.20 質量%を超えると、スパッタの発生が増加する。

【0019】

「 Mn : 1.0 乃至 3.0 質量%」

Mn は脱酸剤として作用するとともに、溶接金属における強度及び靱性を向上させる作用がある。 Mn が 1.5 質量%未満では脱酸不足のため、粘性低下による溶融金属の垂れ落ち、ブローホール等の溶接欠陥が発生したり、強度及び靱性が劣化したりする。 Mn が 3 質量%を超えると、溶接金属の強度が高くなりすぎる。より好ましくは、 Mn は 1.5 乃至 2.05 質量%である。この Mn は、金属 Mn 又は鉄合金等 ($\text{Fe}-\text{Mn}$ 、 $\text{Fe}-\text{Si}-\text{Mn}$ 等) で添加できる。

【0020】

「 Si : 0.4 乃至 0.9 質量%」

Si は脱酸剤として作用するとともに、溶接金属における強度及び靱性を向上させる作用がある。 Si が 0.4 質量%未満では、脱酸不足のため、粘性低下による溶融金属の垂れ落ち、ブローホール等の溶接欠陥が発生したり、強度及び靱性が劣化したりする。 Si が 0.9 質量%を超えると、溶接金属の強度が高くなり、且つ靱性が低下する。この Si 量は、金属 Si 又は鉄合金等 ($\text{Fe}-\text{Si}$ 、 $\text{Fe}-\text{Si}-\text{Mn}$ 、 $\text{Ca}-\text{Si}$ 等) に含まれる Si の換算値である。

【0021】

「 Al : 0.1 乃至 0.3 質量%」

Al は脱酸剤及びスラグ形成剤として作用する。 Al が 0.1 質量%未満では、溶融金属の垂れ落ちが生じやすくなる。 Al が 0.3 質量%を超えると、スラグの剥離性が劣化し、また溶接金属の靱性が低下する。より好ましくは、 Al は 0.2 乃至 0.3 質量%である。この Al 量は、金属 Al 又は鉄合金 ($\text{Fe}-\text{Al}$) に含まれる Al の換算値である。

【0022】

「 Mg : 0.4 乃至 0.8 質量%」

Mg は強脱酸剤として作用する。 Mg が 0.4 質量%未満では、脱酸不足による粘性低下による溶融金属の垂れ落ちが発生し、また溶接金属の靱性が劣化する。 Mg が 0.8 質量%を超えると、脱酸生成物である MgO が溶融スラグ中に過剰に増加し、溶融金属の垂れ落ち量及びスパッタの発生量も増加する。この Mg は、金属 Mg 又は各種合金 ($\text{Al}-\text{Mg}$ 、 $\text{Ni}-\text{Mg}$ 等) に含まれる Mg の換算値である。

【0023】

「 C : 0.01 乃至 0.12 質量%」

C は溶接金属の強度及び靱性を向上させる作用を有するので、添加することができる。 C を添加する場合は、その含有量は 0.01 乃至 0.12 質量%、好ましくは、0.03 乃至 0.10 質量%とする。 C を過剰に添加すると、溶接金属の強度が過剰に上昇して、耐割れ性が劣化する。

【0024】

「 F : 0.05 乃至 0.10 質量%」

F は溶融プールに侵入した水素ガスの放出を促進し、ピット及びガス溝の発生を防止するので、添加することができる。 F を添加する場合は、0.05 乃至 0.10 質量%とする。 F を過剰に添加すると、スパッタの増加を招く。

【0025】

10

20

30

40

50

「Cr, Cu, Ni, V, Nb, Ti, 及びZrからなる群から選択された少なくとも1種：夫々0.1質量%以下」

Cr, Cu, Ni, V, Nb, Ti, 及びZrは、合金成分として、溶接金属の強度向上に寄与し、耐食性向上に寄与する。しかし、Cr, Cu, Ni, V, Nb, Ti, 及びZrの過剰添加により、溶接金属の強度が過剰に上昇して、耐割れ性が劣化するので、これらの成分を含有する場合は、夫々0.1質量%以下にする。上述のC, Fを含めて、Cr, Cu, Ni, V, Nb, Ti, 及びZrは、含有されていてもよいが、含有されていなくてもよい。

【0026】

「 $x = (TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2) : 10$ 乃至 20 」

TiO₂、Al₂O₃、SiO₂、ZrO₂が夫々前述の範囲内であっても、SiO₂とZrO₂の合計含有量に対するTiO₂とAl₂O₃の合計含有量の比率xが10未満では、スラグの流動性が増し、溶融金属を支えることができない。一方、比率xが20を超えると、スラグの焼き付きが多くなり、スラグの剥離性が劣化する。つまり、低融点スラグを生成するSiO₂及びスパッタ発生量を増大させるZrO₂の合計含有量を分母とし、高融点スラグを生成するTiO₂及びAl₂O₃の合計含有量を分子としたときのその比率xを、10乃至20という適正な範囲内に調整することにより、スラグ剥離性及びスパッタ発生量を劣化させることなく、立向上進性の向上を図ることができる。

【0027】

「 $y = Mg / (Si + Al) : 0.4$ 乃至 0.7 (Mg及びSi及びAlが合金の形態で存在する場合は、Mg及びSi及びAlに換算した含有量)」

Mg、Al、Siの含有量が夫々前述の範囲内であっても、SiとAlの合計含有量に対するMgの比率yが0.4未満では、溶接金属の強度が増加し、靱性が低下する。yが0.7を超えると、溶融金属が垂れ落ち、スパッタの発生が増加する。つまり、立向上進性に効果的であるが、溶接金属の機械的性質を劣化させうるSi及びAlの合計含有量を分母とし、溶融金属の粘性を向上させ、且つその強力な脱酸性能により溶接金属の特に靱性を向上させるMg含有量を分子としたときの比率yを、0.4乃至0.7という適正な範囲内に調整することにより、溶接金属の機械的性質を劣化させることなく立向上進性の向上を図ることができる。

【0028】

「Na + K : 0.05乃至0.12質量%、Na / K : 0.3以上 (Na、Kが化合物又は合金で存在する場合は夫々Na、Kに換算した含有量)」

Na及びKはアーク安定剤としての作用があり、溶融プールの振動を抑制することによる溶融金属の垂れ落ちを防止することができる。NaとKの合計含有量が0.05質量%未満では、前述の作用が得られず、NaとKの合計含有量が0.12質量%を超えると、低融点スラグの生成過多による溶融金属の垂れ落ちが生じやすくなる。また、K含有量に対するNa含有量の比率が0.3未満では、アーク安定性が劣化し、スパッタの発生量が増加し、また溶融金属の垂れ落ちが生じやすくなる。

【0029】

なお、Si、Mn等の合金元素は外皮及び/又はフラックスから添加することができる。また、溶接部の耐食性、高強度及び耐高温腐食性等を向上させるために、上記以外の合金成分(Cr、Cu、Ni、V、Nb等)を添加することができる。その他、フッ化物等も添加できる。また、ワイヤ表面の状態及びワイヤ断面におけるフラックスの充填形状には制限はない。なお、上記以外の成分としては、外皮、Fe-Mn、Fe-Si等の鉄合金及び鉄粉等の構成成分であるFeがあり、残部は不可避不純物である。不可避的不純物としては、P, S, Sb, As, Pb等があり、これらの不可避的不純物は、総計で0.1質量%以下に規制する必要がある。

【実施例】

【0030】

次に、本発明の実施例の効果について、本発明の範囲から外れる比較例と比較して説明

10

20

30

40

50

する。下記表 1 は、本発明で規定する各成分の原料の例示を示す。この表 1 に示す原料を適宜配合し、鋼製 (J I S G 2 3 3 1 4 1、S P C C) 外皮中に充填し、ワイヤ全重量に対するフラックスの割合が 1 5 質量 % となるようにして、ワイヤ径 1 . 2 m m のフラックス入りワイヤを作製した。表 2 及び表 3 に実施例及び比較例のフラックス入りワイヤの成分含有量の分析値を示す。表 2 及び表 3 中の成分以外の残部の主成分は F e であり、不可避不純物として P、S、N 及び C u 等を含む。

【 0 0 3 1 】

【表 1】

T i O ₂	ルチール、ルコキシシ、チタンスラグ等	10
A l ₂ O ₃	アルミナ等	
Z r O ₂	ジルコニア、ジルコンサンド等	
S i O ₂	珪砂等	
S i	F e - S i 合金、F e - S i - M n 合金等	
M n	F e - M n 合金、F e - S i - M n 合金、金属 M n 等	
A l	金属 A l、A l - M n 合金、F e - A l 合金、アルミナ等	
M g	金属 M g、A l - M g 合金、N i - M g 合金、マグネシア等	
N a	フッ化ソーダ、氷晶石、ソーダ長石、ケイ酸チタン酸ソーダガラス、ケイ酸チタン酸ソーダカリガラス等	
K	ケイフッ化カリ、カリ長石、ケイ酸チタン酸カリガラス、ケイ酸チタン酸ソーダカリガラス等	20

【 0 0 3 2 】

【表 2 - 1】

		TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZrO ₂	(TiO ₂ +Al ₂ O ₃) /(SiO ₂ +ZrO ₂)	Mn	Si	Al	Mg
比較例	1	5.50	0.50	0.40	0.10	12.0	2.05	0.70	0.20	0.55
	2	12.50	0.50	0.50	0.20	18.6	2.05	0.70	0.20	0.55
	3	7.00	0.35	0.40	0.10	14.7	2.05	0.70	0.20	0.55
	4	7.00	0.84	0.40	0.10	15.7	2.05	0.70	0.20	0.55
	5	6.00	0.40	0.05	0.20	25.6	2.05	0.70	0.20	0.55
	6	7.00	0.50	0.55	0.10	11.5	2.05	0.70	0.20	0.55
	7	7.00	0.50	0.40	0.00	18.8	2.05	0.70	0.20	0.55
	8	7.00	0.50	0.40	0.25	11.5	2.05	0.70	0.20	0.55
	9	6.00	0.40	0.50	0.20	9.1	2.05	0.70	0.20	0.55
	10	10.00	0.65	0.35	0.17	20.5	2.05	0.70	0.20	0.55
	11	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	3.30	0.70	0.20	0.55
	12	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	1.45	0.70	0.20	0.55
	13	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.35	0.28	0.43
	14	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.92	0.28	0.43
	15	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.80	0.05	0.55
	16	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.80	0.34	0.55
	17	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.60	0.25	0.36
	18	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.90	0.28	0.83
	19	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.85	0.25	0.42
	20	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.70	0.20	0.70
	21	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.70	0.20	0.55
	22	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.70	0.20	0.55
	23	7.00	0.60	0.40	0.10	15.20	2.05	0.70	0.20	0.55

10

20

【 0 0 3 3 】

30

【表 2 - 2】

		Mg/(Si+Al)	Na+K	Na/K	Na	K
比較例	1	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	2	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	3	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	4	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	5	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	6	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	7	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	8	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	9	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	10	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	11	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	12	0.61	0.095	0.46	0.030	0.065
	13	0.68	0.095	0.46	0.030	0.065
	14	0.36	0.095	0.46	0.030	0.065
	15	0.65	0.095	0.46	0.030	0.065
	16	0.48	0.095	0.46	0.030	0.065
	17	0.42	0.095	0.46	0.030	0.065
	18	0.70	0.095	0.46	0.030	0.065
	19	0.38	0.095	0.46	0.030	0.065
	20	0.78	0.095	0.46	0.030	0.065
	21	0.61	0.045	2.00	0.030	0.015
	22	0.61	0.125	0.32	0.030	0.095
	23	0.61	0.115	0.28	0.025	0.090

10

20

【 0 0 3 4 】

30

【表 2 - 3】

	C	F	その他	鉄粉、外皮、不純物	
比較例	1	0.04	0.075	(Cr) 0.050	89.6
	2	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	82.5
	3	0.04	0.075	(Ni) 0.100	88.2
	4	0.04	0.075	(Cu) 0.010	87.8
	5	0.04	0.075	(Cu) 0.010	89.5
	6	0.05	0.075	(Ti) 0.005	88.0
	7	0.05	0.065	(Zr) 0.005	88.3
	8	0.05	0.065	(Cu) 0.010	88.0
	9	0.05	0.065	(Cu) 0.010	89.1
	10	0.05	0.065	(Cu) 0.010	85.0
	11	0.04	0.075	(Cu) 0.010	86.8
	12	0.04	0.075	(Cu) 0.010	88.7
	13	0.04	0.075	—	88.5
	14	0.04	0.075	—	87.9
	15	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	88.1
	16	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	87.8
	17	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	88.3
	18	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	87.5
	19	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	88.0
	20	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	87.9
	21	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	88.2
	22	0.03	0.085	(Nb+V) 0.025	88.0
	23	0.03	0.085	(Nb+V) 0.025	88.0

10

20

【 0 0 3 5】

【表 3 - 1】

	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	ZrO ₂	(TiO ₂ +Al ₂ O ₃) /(SiO ₂ +ZrO ₂)	Mn	Si	Al	Mg	
実施例	1	6.20	0.50	0.40	0.10	13.40	2.05	0.75	0.20	0.55
	2	6.20	0.50	0.40	0.10	13.40	2.05	0.75	0.20	0.55
	3	6.20	0.50	0.40	0.10	13.40	2.05	0.75	0.20	0.55
	4	11.50	0.43	0.48	0.15	18.94	2.05	0.75	0.20	0.55
	5	11.50	0.43	0.48	0.15	18.94	2.05	0.75	0.20	0.55
	6	11.50	0.43	0.48	0.15	18.94	2.05	0.90	0.30	0.80
	7	7.00	0.43	0.40	0.07	15.81	2.05	0.90	0.30	0.80
	8	6.00	0.43	0.13	0.20	19.48	2.05	0.90	0.30	0.80
	9	6.00	0.43	0.13	0.20	19.48	2.05	0.80	0.20	0.42
	10	7.00	0.43	0.50	0.20	10.61	2.05	0.90	0.30	0.80
	11	7.00	0.43	0.50	0.20	10.61	2.05	0.80	0.20	0.42
	12	7.00	0.75	0.40	0.20	12.92	1.55	0.75	0.20	0.55
	13	7.00	0.75	0.40	0.20	12.92	2.05	0.75	0.20	0.55
	14	7.00	0.75	0.40	0.20	12.92	2.05	0.75	0.20	0.55
	15	7.00	0.75	0.40	0.20	12.92	2.05	0.40	0.30	0.48

40

【 0 0 3 6】

50

【表 3 - 2】

		Mg/(Si+Al)	Na+K	Na/K	Na	K
実施例	1	0.58	0.095	0.46	0.030	0.065
	2	0.58	0.050	0.67	0.020	0.030
	3	0.58	0.117	0.34	0.030	0.087
	4	0.58	0.095	0.46	0.030	0.065
	5	0.58	0.050	0.67	0.020	0.030
	6	0.67	0.095	0.46	0.030	0.065
	7	0.67	0.095	0.46	0.030	0.065
	8	0.67	0.095	0.46	0.030	0.065
	9	0.42	0.095	0.46	0.030	0.065
	10	0.67	0.095	0.46	0.030	0.065
	11	0.42	0.095	0.46	0.030	0.065
	12	0.58	0.095	0.46	0.030	0.065
	13	0.58	0.050	0.67	0.020	0.030
	14	0.58	0.117	0.34	0.030	0.087
	15	0.69	0.085	0.31	0.020	0.065

10

【0037】

20

【表 3 - 3】

	C	F	その他	鉄粉、外皮、不純物	
実施例	1	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	88.9
	2	0.04	0.075	(Nb+V) 0.025	89.0
	3	0.03	0.075	(Nb+V) 0.025	88.9
	4	0.04	0.075	(Ti) 0.005	83.6
	5	0.04	0.075	(Zr) 0.005	83.7
	6	0.04	0.075	(Cr) 0.050	83.0
	7	0.06	0.075	(Cr) 0.050	87.7
	8	0.04	0.075	(Cr) 0.100	88.8
	9	0.04	0.075	(Ni) 0.100	89.4
	10	0.04	0.075	(Cu) 0.010	87.5
	11	0.05	0.085	(Cu) 0.030	88.0
	12	0.04	0.085	(Nb+V) 0.025	88.3
	13	0.04	0.085	(Nb+V) 0.025	87.9
	14	0.04	0.065	—	87.8
	15	0.04	0.065	—	88.1

30

【0038】

40

上記表 2 及び表 3 に示した比較例 1 乃至 22 及び実施例 1 乃至 15 のフラックス入りワイヤを使用し、被溶接材として JIS G 3106、SM490A の鋼板を使用し、シールドガスとして 100 質量% CO₂ を流量 25 リットル/分で供給して、下記 (1) 乃至 (3) の各溶接試験を実施し、その溶接性について評価した。

【0039】

(1) 立向上進溶接性の評価

下記表 4 に示す方法で、立向上進溶接でのビード垂れ性試験を行い、立向上進溶接性を評価した。

【0040】

【表 4】

溶接姿勢	立向上進
供試鋼板	T型すみ肉試験板（鋼種SM490A、板厚12mm、長さ400mm）
ルートギャップ	6mm
溶接電流	300A
アーク電圧	30V
溶接速度	8乃至14cm/分

10

【0041】

(2) 溶接作業性及びスラグ剥離性の評価

溶接作業性の評価を立向上進すみ肉溶接にて行い、スパッタ発生量の官能評価及びスラグ剥離性について評価した。評価基準は次のとおりである。

(2-1) 溶接作業性の評価

スパッタ発生量が少ないもの（スパッタ発生量：1.5g/分未満）：

スパッタ発生量がやや多いもの（スパッタ発生量：1.5g/分以上）：×

(2-2) スラグ剥離性の評価

スラグ剥離性が良好なもの（スラグ自然剥離率（=スラグ自然剥離長さ/溶接長）：25%以上）：

20

スラグ剥離性が不良なもの（スラグ自然剥離率（=スラグ自然剥離長さ/溶接長）：25%未満）：×

【0042】

(3) JIS G 3106 (SM490A) に該当する供試鋼板を使用し、JIS Z 3313 に規定されている全溶着金属についての試験方法に準じ、下記表5に示す試験方法で溶接した。

評価基準は次のとおりである。

シャルピー衝撃試験による吸収エネルギーが60J以上90J未満のもの：

シャルピー衝撃試験による吸収エネルギーが60J未満のもの：×

上述の各溶接試験の評価結果を下記表6及び表7に示す。

30

【0043】

【表 5】

鋼板寸法	厚さ20mm×幅(150+150)mm×長さ30mm
開先条件	V型開先、当て金付き
	開先角度：45°
	開先深さ：20mm
	ルート間隔：12mm
溶接電流	280A
積層方法	6層12パス
試験繰り返し数	N=2
衝撃試験方法	JIS Z 3111による

40

【0044】

【表 6】

		立向上進性	スラグ剥離性	スパッタ発生量	機械的性質
比較例	1	×	○	○	○
	2	×	×	×	×
	3	×	○	○	○
	4	○	×	○	○
	5	×	○	○	○
	6	×	○	○	○
	7	○	×	○	○
	8	△	○	○	○
	9	×	○	○	○
	10	×	×	○	○
	11	×	○	×	×
	12	○	○	○	×
	13	×	○	×	×
	14	○	○	○	×
	15	×	○	○	○
	16	○	×	○	×
	17	×	○	○	×
	18	×	×	×	×
	19	○	○	○	×
	20	×	×	○	○
	21	×	○	×	○
	22	×	○	○	○
	23	○	○	×	○

10

20

【0045】

【表 7】

		立向上進性	スラグ剥離性	スパッタ発生量	機械的性質
実施例	1	○	○	○	○
	2	○	○	○	○
	3	○	○	○	○
	4	○	○	○	○
	5	○	○	○	○
	6	○	○	○	○
	7	○	○	○	○
	8	○	○	○	○
	9	○	○	○	○
	10	○	○	○	○
	11	○	○	○	○
	12	○	○	○	○
	13	○	○	○	○
	14	○	○	○	○
	15	○	○	○	○

30

40

【0046】

この表 6 及び表 7 に示すように、比較例 1 は、 TiO_2 がその下限値を外れているため

50

、立向上進性のみが劣り、比較例 2 は、 TiO_2 のみはその上限値を外れているため、スラグ形成剤量過多による溶融金属の垂れ、大粒スパッタの増加、及び脱酸不良による機械的性質の劣化が発生した。比較例 3 は、 Al_2O_3 のみはその下限値を外れているため、スラグの粘性低下により立向上進性が劣り、比較例 4 は、 Al_2O_3 のみはその上限値を外れているため、溶接金属へのスラグの焼き付きによるスラグ剥離性不良が生じている。比較例 5 は、 SiO_2 がその下限値を外れ、且つ $(TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2)$ 比率 x もその上限値を外れているため、凝固が早くなりすぎ、逆にスラグが邪魔をすることによる立向上進性の劣化が見られた。比較例 6 は、 SiO_2 のみはその上限値を外れるため、スラグの凝固が遅くなり、スラグが溶融金属を保持することができず、溶融金属の垂れが発生した。

10

【0047】

比較例 7 は、 ZrO_2 のみはその下限値を外れているため、溶接金属へのスラグの焼き付きによるスラグ剥離性不良が生じている。比較例 8 は、 ZrO_2 のみはその上限値を外れているため、スラグの凝固が遅れ、溶融金属の垂れが発生した。比較例 9 は、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 はその規定範囲内にあるが、 $(TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2)$ 比率 x のみはその下限値を外れており、スラグの凝固が遅く、かつ粘性が低いために溶融金属の垂れが発生した。比較例 10 は、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 はその規定範囲内にあるが、 $(TiO_2 + Al_2O_3) / (SiO_2 + ZrO_2)$ 比率 x のみはその上限値を外れており、スラグの凝固が早くなりすぎ、逆にスラグが邪魔をすることによる立向上進性の劣化が見られ、且つ溶接金属へのスラグの焼き付きによるスラグ剥離性不良が生じた。

20

【0048】

比較例 11 は、 Mn のみはその上限値を外れているため、溶接金属の Mn 量が過多となり、引張強度が低いものであった。また、比較例 11 は、スラグ中に低融点化合物である MnO が過剰に生成することによる立向上進性の劣化が見られ、且つ大粒のスパッタも発生した。比較例 12 は、 Mn のみはその下限値を外れているため、脱酸性能が劣り、溶接金属の衝撃性能が劣るとともに、脱酸不良による溶接欠陥が発生した。比較例 13 は、 Si のみはその下限値を外れているため、脱酸性能が劣り、溶接金属の衝撃性能が劣っている。また、比較例 13 は、アークの集中性が強く、立向上進性が劣るものであった。比較例 14 は、 Si のみはその上限値を外れているため、溶接金属の Si 量が過多となり、引張強度が高くなり過ぎることによる衝撃性能の劣化が見られた。

30

【0049】

比較例 15 は、 Al のみその下限値を外れているため、溶融金属の粘性低下による立向上進性の劣化が見られた。比較例 16 は、 Al のみはその上限値を外れているため、溶接金属の衝撃性能が劣るとともに、スラグ中への Al_2O_3 の過剰生成によるスラグ剥離性の劣化が見られた。比較例 17 は、 Mg のみはその下限値を外れているため、脱酸性能が劣り、溶接金属の衝撃性能が劣るとともに、溶融金属の粘性低下による立向上進性の劣化が見られた。比較例 18 は、 Mg のみはその上限値を外れているため、脱酸性能が過剰による Mn 及び Si の溶接金属中の歩留りが高くなりすぎ、引張強度が高くなり過ぎることによる衝撃性能の劣化が見られた。また、大粒のスパッタが増加するとともに、スラグ中への MgO 過剰生成によるスラグ剥離性の劣化が見られた。

40

【0050】

比較例 19 は、 Si 、 Al 、 Mg はその規定範囲にあるが、 $Mg / (Si + Al)$ 比率 y がその下限値を外れているため、溶接金属の引張強度が増加し過ぎることによる衝撃性能の劣化が見られた。比較例 20 は、 Si 、 Al 、 Mg はその規定範囲にあるが、 $Mg / (Si + Al)$ 比率 y がその上限値を外れているため、溶融金属の粘性不足による立向上進性の劣化が見られた。比較例 21 は、 $Na + K$ がその下限値を外れているため、アーク集中性が強く、立向上進性が劣化するとともに大粒スパッタが発生した。比較例 22 は、 $Na + K$ がその上限値を外れているため、低融点化合物である Na_2O 及び K_2O の過剰生成による立向上進性の劣化が見られた。比較例 23 は、 $Na + K$ はその規定範囲にある

50

が、Na + Kがその下限値を外れているため、大粒のスパッタが増加した。

【0051】

これに対し、実施例1乃至15は、いずれも上記本発明の規定範囲を全て満たしている
ので、上記全ての溶接特性が良好であった。

【0052】

なお、下向及び水平すみ肉溶接の溶接作業性についても、同様の試験により確認したが、
本発明の実施例は、いずれも良好であった。

【0053】

以上詳述したように、本発明によれば、スパッタ発生量及びスラグ剥離性といった溶接
作業性、及び溶接金属の機械的性質が劣化することなく、立向上進溶接姿勢により、高溶
接電流及び広ルート間隔といった過酷な溶接条件下であっても、溶融金属及びスラグの垂
れ落ちを防止することができる。