

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5005309号
(P5005309)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 35/368 (2006.01)	B 2 3 K 35/368 B
B 2 3 K 35/30 (2006.01)	B 2 3 K 35/30 A
	B 2 3 K 35/30 3 2 O A

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-271314 (P2006-271314)	(73) 特許権者	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
(65) 公開番号	特開2008-87043 (P2008-87043A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
(43) 公開日	平成20年4月17日 (2008.4.17)	(74) 代理人	100090158
審査請求日	平成20年12月10日 (2008.12.10)		弁理士 藤巻 正憲
		(72) 発明者	日▲高▼ 武史
			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
		(72) 発明者	未永 和之
			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
		(72) 発明者	石田 斉
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイヤ全質量に対して、C；0.02乃至0.14質量%、Si；0.4乃至1.1質量%、Mn；0.8乃至3.0質量%、Ni；0.2乃至3.1質量%、Ti；0.2質量%以下、Cr及びMoの少なくとも1種；総量で0.1乃至4.0質量%を含有し、TiO₂及びMgOを総量で5.0乃至7.2質量%含有し、更に、N；0.0150質量%以下に規制し、残部が不可避免的不純物及びFeからなり、MgOの含有量とTiO₂の含有量との比をx(=MgO/TiO₂)とし、関数F(x)をF(x)=37.2x^{-0.0665}-30で表したとき、0.05 ≤ x ≤ 0.22、11 ≤ F(x) ≤ 15であることを特徴とする高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ。

10

【請求項2】

ワイヤ全質量に対して、C；0.02乃至0.14質量%、Si；0.4乃至1.1質量%、Mn；0.8乃至3.0質量%、Ni；0.2乃至3.1質量%、Ti；0.2質量%以下、Cr及びMoの少なくとも1種；総量で0.1乃至4.0質量%を含有し、TiO₂及びMgOを総量で5.0乃至7.2質量%含有し、更に、アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al及びMgの少なくとも1つを総量で2.0質量%以下含有し、更に、N；0.0150質量%以下に規制し、残部が不可避免的不純物及びFeからなり、MgOの含有量とTiO₂の含有量との比をx(=MgO/TiO₂)とし、関数F(x)をF(x)=37.2x^{-0.0665}-30で表したとき、0.05 ≤ x ≤ 0.22、11 ≤ F(x) ≤ 15で

20

あることを特徴とする高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、耐力が620MPa級以上の高張力鋼のガスシールドアーク溶接に使用するのに好適のフラックス入りワイヤに関し、特に、低温靱性が優れた溶接金属が得られ、全姿勢溶接での溶接作業性及び耐割れ性が優れた高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤに関する。

【背景技術】

【0002】

近時の鋼構造物の大型化に伴い、構造物の軽量化が図られるようになり、このため、鋼構造物への高張力鋼の適用が進んでいる。特に、海洋構造物及び圧力容器等の分野では、鋼構造物の良好な低温靱性が必要であり、これを満足する溶接材料の需要が高まっている。これまで、被覆アーク溶接及びサブマージアーク溶接等では、低温靱性が優れた溶接材料が適用されているが、作業能率、溶接作業性及び適用姿勢等の面で課題があるのが現状である。このため、高能率、優れた低温靱性及び全姿勢溶接で良好な溶接作業性の3特性が優れたフラックス入りワイヤが強く要望されている。

【0003】

このような高性能のフラックス入りワイヤとして、種々のものが開発されている。その一例として、特許文献1には、引張強度：690MPa級の高張力鋼用のガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤが開示されているが、このフラックス入りワイヤは、ワイヤ全重量に対し、TiO₂、金属フッ化物、C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、Cu、Mg、Ti及びBの含有量、並びにワイヤ中のMg量/金属フッ化物量比の適正範囲を規定し、良好な溶接作業性と、長時間PWH T（溶接後熱処理：Post Weld Heat Treatment）後の高温強度及び低温靱性を確保するというものである。

【0004】

また、特許文献2には、TiO₂、MgO及びMnOを主成分とするチタニヤ系フラックスが充填された高張力鋼用フラックス入りワイヤが開示されている。この従来技術は、高張力鋼用フラックス入りワイヤのC、Mn、Ni及びMoの含有量を規定し、更にTiO₂/MgO比の最適化並びにCo及びCr添加により、良好な溶接作業性及び靱性を確保するというものである。

【0005】

また、特許文献3には、引張強度が680N/mm²級以上の高張力鋼用のガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤが開示されている。この従来技術は、ワイヤ全重量に対し、C、Si、Mn、P、S、Ni、Cr及びMoの含有量の適正範囲を規定し、Taの添加量を規制することにより、小入熱から大入熱までの広い使用範囲において母材強度に相当した強度及び良好な靱性を確保し、更に作業能率向上のため、フラックス中の金属粉の重量比率を規定するというものである。

【0006】

更に、特許文献4には、チタニヤ系の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ものであり、このフラックス入りワイヤに対し、MgO及び金属フッ化物を添加することにより、熔融金属からの熔融スラグの浮上分離を促進し、溶接金属中の酸素量を低減し、溶接金属の低温靱性を改善するという方法が提案されている。

【0007】

【特許文献1】特開平9-253886号公報

【特許文献2】特開平3-047695号公報

【特許文献3】特開平8-174275号公報

【特許文献4】特開平3-294093号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上述の各従来技術においては、 $-30 \sim -40$ におけるシャルピー衝撃値により低温靱性を評価しているため、その目的も、 $-30 \sim -40$ 程度の低温靱性の確保にある。しかしながら、海洋構造物等の極低温下で使用される構造物への適用を考慮した場合、上述の温度域で高靱性が得られても不十分であり、 -60 程度の極低温域での高靱性の確保が必要である。

【 0 0 0 9 】

また、特許文献1及び特許文献3に開示された技術では、チタニヤ系フラックスに対するMgO添加による作用効果が開示されていない。更に、特許文献4では全姿勢溶接での溶接作業性の向上は課題とされており、また特許文献4で規定されているTiO₂/MgO比では、立向上進溶接でのビード形状が不良になってしまう。このため、ポジション等での溶接箇所の展開による姿勢の変更が不可能な大型構造物を現地で溶接する際には、その溶接ワイヤの適用が困難であるという問題点がある。

10

【 0 0 1 0 】

特許文献2では、150A程度の比較的低電流において立向上進溶接での溶接作業性を評価し、TiO₂/MgO比の範囲を決定しているが、150A程度の低電流では、溶接施工能率向上を目的としてフラックス入りワイヤ(FCW)を適用することの効果を得にくい。一方、溶接施工能率の向上のために、220A程度の高電流を使用すると、特許文献2に規定されているTiO₂/MgO比では、ビード形状不良が発生し、又は溶接不可になる可能性が極めて高い。

20

【 0 0 1 1 】

このように、従来技術では、更に一層の低温域での靱性確保、全姿勢溶接での良好な溶接作業性、溶接施工能率向上、優れた耐割れ性を満足する高張力鋼用フラックス入りワイヤは得られておらず、その開発が強く要望されている。

【 0 0 1 2 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、耐力620MPa級以上の高張力鋼の溶接において、 -60 程度での低温靱性に優れた溶接金属が得られ、また、全姿勢溶接において良好な溶接作業性を確保でき、溶接施工能率が向上し、且つ溶接金属の耐割れ性が優れた高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤは、ワイヤ全質量に対して、C；0.02乃至0.14質量%、Si；0.4乃至1.1質量%、Mn；0.8乃至3.0質量%、Ni；0.2乃至3.1質量%、Ti；0.2質量%以下、Cr及びMoの少なくとも1種；総量で0.1乃至4.0質量%を含有し、TiO₂及びMgOを総量で5.0乃至7.2質量%含有し、更に、N；0.0150質量%以下に規制し、残部が不可避免的不純物及びFeからなり、MgOの含有量とTiO₂の含有量との比を $x (= MgO / TiO_2)$ とし、関数 $F(x)$ を $F(x) = 37.2 x x^{-0.0665} - 30$ で表したとき、 $0.05 \leq x \leq 0.22$ 、 $1.1 \leq F(x) \leq 1.5$ であることを特徴とする。

40

【 0 0 1 4 】

また、本発明に係る他の高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤは、ワイヤ全質量に対して、C；0.02乃至0.14質量%、Si；0.4乃至1.1質量%、Mn；0.8乃至3.0質量%、Ni；0.2乃至3.1質量%、Ti；0.2質量%以下、Cr及びMoの少なくとも1種；総量で0.1乃至4.0質量%を含有し、TiO₂及びMgOを総量で5.0乃至7.2質量%含有し、更に、アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al及びMgの少なくとも1つを総量で2.0質量%以下含有し、更に、N；0.0150質量%以下に規制し、残部が不可避免的不純物及びFeからなり、MgOの含有量とTiO₂の

50

含有量との比を $x (= MgO / TiO_2)$ とし、関数 $F(x)$ を $F(x) = 37.2 \times x - 0.0665 - 30$ で表したとき、 $0.05 < x < 0.22$ 、 $1.1 < F(x) < 1.5$ であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、 -60 程度の低温においても溶接金属の良好な低温靱性が得られ、全姿勢溶接での優れた溶接作業性及び溶接施工能率が得られ、耐割れ性が優れた溶接金属を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について具体的に説明する。本発明者等は、高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤの低温靱性を向上させるために有効な合金成分及びスラグ造滓剤について、種々の検討を行い、この結果、高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ中の合金成分の添加量と溶接金属の低温靱性との関係を明らかにした。更に、良好な低温靱性及び溶接作業性を確保する TiO_2 量と MgO 量との関係を見出した。また、溶接金属の靱性は、合金成分の相互的な作用による影響があるため、溶接金属の低温靱性に及ぼす高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ中の各種合金成分の影響について調査した結果、以下の知見を得た。

【0017】

先ず、耐力 $620 MPa$ 級以上の高張力鋼の溶接においては、高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ中の C 、 Cr 、 Ti 、 Mo の増加に伴って靱性が低下する傾向があり、特に C 、 Ti の含有による影響が大きい。

【0018】

Ti の増加により、溶接金属中の固溶 Ti が増大し、再熱部では TiC が析出するため、核生成能が低下する。これにより、粗大なラス状ベイナイトが支配的となり、靱性が大きく低下する。なお、再熱部とは溶接金属の後続パス（後続電極による溶接パス）による熱影響部を指す。また、 C の増加により、溶接金属に島状マルテンサイトが生成し、靱性が劣化する。

【0019】

逆に、 Si 、 Mn 、 Ni の添加は靱性が向上する傾向があり、特に Si 及び Mn の含有による靱性向上効果が大きい。 Mn 及び Si の含有量の増加により、溶接金属中の酸素量が低減され、良好な靱性を確保することができる。

【0020】

MgO は、種々のスラグ造滓剤の中でも最も脱酸力の強い塩基性スラグ造滓剤の1つである。チタニヤ系 FCW において、スラグ造滓剤として MgO を添加することで、溶接金属中の酸素濃度を大幅に低減することができ、低温靱性が大幅に改善する。

【0021】

一方、チタニヤ系フラックスにおける MgO 添加では、スラグ粘性及び融点が低下するため、全姿勢溶接、特に立向上進溶接でのビード形状が凸になる等、溶接作業性を劣化させる要因となる。スラグの粘性及び融点低下により溶融スラグが凝固しにくく、流れ落ちやすくなる。それによって、スラグによる溶融金属の垂れ落ち抑制が難しくなり、 MgO 多量添加では垂れ落ちが発生し、溶接困難になる。

【0022】

そこで、本発明者等による種々の検討の結果、 TiO_2 量と MgO 量の関係を MgO / TiO_2 比として整理することで、低温靱性改善に効果があり、全姿勢溶接での溶接作業性が確保できる最適バランスを見出すことが可能になった。ここで、 MgO は MgO の量と、金属 Mg 及び Mg 化合物の量を酸化物量に換算した値との合計である。金属 Mg 及び Mg 化合物は、 MgO と同様溶接金属の脱酸効果が強く、低温靱性改善には大きな効果があるが、多量添加するとビード形状不良、垂れ落ちによる溶接不可を招くものである。そのため、この金属 Mg 及び Mg 化合物の量を酸化物量に換算し、 MgO 量として整理する

10

20

30

40

50

ことで、低温靱性及び全姿勢溶接での溶接作業性に影響を与える因子を明らかにすることができた。

【0023】

しかしながら、 MgO/TiO_2 比の最適化だけでは、全姿勢溶接での溶接作業性を評価するには十分ではない。立向上進溶接でのビード形状には、スラグ量が大きく関係しており、このスラグ量を規定することが重要である。

【0024】

スラグ量過少の場合、立向上進溶接において溶融金属を抑えるスラグの絶対量が確保できないため、凸ビード又は垂れ落ちが発生してしまう。逆に、スラグ量過多の場合、アークが溶融スラグ中に埋もれてしまい、アーク安定性が劣化し、スパッタ発生量が著しく増加する傾向が認められる。

10

【0025】

このことから、 MgO/TiO_2 比（各化合物の質量比）の最適バランスを確保した上で、最適スラグ量を規定することによって、全姿勢溶接での良好な溶接作業性が確保できる。加えて、上述の合金成分最適化と合わせることにより、低温靱性との両立が可能となる。

【0026】

本発明は、以上の知見をもとにワイヤ中の合金成分の適正化及びスラグ造滓剤の成分最適化（ MgO/TiO_2 比、スラグ量）により、本発明の課題を解決するものである。

【0027】

20

次に、本発明の高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤについて、成分添加理由及びその組成限定理由について説明する。なお、以下に示す成分は、ワイヤ全重量あたりの成分を示す。本発明に係る高張力鋼用フラックス入りワイヤは、鋼製外皮と充填フラックスとからなり、以下に示す成分は、鋼製外皮の組成成分及び/又は充填フラックスの含有成分として、添加されるものである。

【0028】

「C：0.02乃至0.14質量%」

Cは、溶接金属の強度確保において極めて重要な成分である。本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、C含有量が0.02質量%未満では、620MPa級以上の耐力を確保することができない。また、C含有量が0.14%を超えると溶接金属の強度が増加し、低温割れ感受性が著しく高まる。従って、本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのC含有量は0.02乃至0.14質量%とし、より好ましくは0.02乃至0.08質量%とする。

30

【0029】

「Si：0.4乃至1.1質量%」

Siは、脱酸剤であり、溶接金属の強度確保及び酸素量低減の効果を有する元素である。本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、Si含有量が0.4質量%未満では、脱酸不足となりブローホール発生及び靱性不良となる。一方、Si含有量が1.1質量%を超えると、溶接金属の粘性が高くなり、母材へのなじみが悪くなる等溶接作業性が劣化する。従って、本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのSi含有量は0.4乃至1.1質量%とし、より好ましくは0.4乃至0.9質量%とする。

40

【0030】

「Mn：0.8乃至3.0質量%」

Mnは、Siと同じく脱酸剤として使用する他、溶接金属の靱性向上に有効である。本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、Mn含有量が0.8質量%未満では、脱酸不足となり、ブローホール発生及び靱性不良となる。一方、Mn含有量が3.0質量%を超えると、溶接金属の強度が増加し、低温割れ感受性が著しく高まる。従って、本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのMn含有量は0.8乃至3.0質量%とし、より好ましくは2.1乃至

50

2.9 質量%とする。

【0031】

「Ni：0.2乃至3.1質量%」

Niは、溶接金属の強度及び靱性確保において極めて重要な成分である。本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、Ni含有量が0.2質量%未満では、十分な靱性改善効果が得られず、Ni含有量が3.1%を超えると高温割れの危険性が高まる。従って、本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのNi含有量は0.2乃至3.1質量%とし、より好ましくは0.8乃至2.7質量%とする。

【0032】

「Ti：0.2質量%以下」

Tiの少量添加は、結晶粒の微細化に効果があるが、0.2質量%を超えるTi添加では、溶接金属中の固溶Tiが増大し、再熱部ではTiCが析出するため、核生成能が低下する。これにより、粗大なラス状ベイナイトが支配的となり、靱性が大きく低下する。従って、本実施形態に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのTi含有量は0.2質量%以下に規制する。但し、本発明では、Ti無添加であっても、他合金成分の適正化により良好な低温靱性を確保することが可能である。なお、Tiは金属Ti、Fe-Ti等のTi合金で添加することとする。

【0033】

「N：0.0150質量%以下」

Nは0.0150質量%を超えると、溶接金属中のN量が増加し、ブローホールが発生し、更に、靱性劣化の原因となる。このため、Nは0.0150質量%以下とする。

【0034】

「Cr+Mo：0.1乃至4.0質量%」

Crは、安定的に強度を確保することができ、また、Moは安定的な強度確保が可能であり、また、その添加により、結晶粒の微細化を図ることができ、低温靱性が向上する成分である。本発明に係る高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、Cr及びMoのいずれか一方又は双方を含有するが、Cr+Mo含有量（Cr又はMoの単独添加であればその量、Cr及びMoの複合添加であれば総量）が0.1質量%未満では、十分な強度を確保することができない。一方、Cr+Mo含有量が4.0質量%を超えると、溶接金属の強度が増加するとともに靱性が劣化し、また低温割れの原因にもなる。従って、本発明の高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのCr+Mo含有量は0.1乃至4.0質量%とし、より好ましくは0.2乃至1.1質量%とする。

【0035】

「TiO₂+MgO：5.0乃至7.2質量%」

本発明の高張力鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤにおいて、TiO₂+MgO含有量（TiO₂及びMgOの含有量合計）が5.0質量%未満では、スラグ量過少により、立向上進溶接において、溶接金属をスラグにより抑えることができず、垂れ落ちてしまう。一方、TiO₂+MgO含有量が7.2質量%を超えると、スラグ量過多により、アークが熔融スラグ中に埋もれてしまい、アーク安定性が劣化し、スパッタ発生量が増加する。従って、TiO₂+MgO含有量は5.0乃至7.2質量%とする。

【0036】

「アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al及び/又はMg：含有する場合は総量で2.0質量%以下」

アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al及びMgは、含有されていても良いが、含有されていなくてもよい。しかし、これらの元素又は化合物を含有する場合は、総量で2.0質量%以下にする。アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物は、アーク安定性を向上させ、スパッタを減少させる。また、Bは溶接金属

10

20

30

40

50

の靱性を向上させる。Al及びMgは脱酸剤として添加される。これらの物質は、総量で2.0質量%を超えて含有されると、本発明の効果を阻害するので、これらの物質の含有量は総量で2.0質量%以下とする。

【0037】

「MgO/TiO₂比x:0.05乃至0.22」

MgOの含有量と、TiO₂の含有量との比x(=MgO/TiO₂)が0.22を超えると、立向上進溶接において、溶接金属を垂れ落ちさせやすい成分であるMgO量がTiO₂量に比べて相対的に過大となるため、溶接中にスラグが流れ落ちやすくなり、スラグにより溶融金属の垂れ落ちを抑制することが難しくなる。そのため、ビード形状が凸となるか又は垂れ落ちする。一方、後述する関数F(x)の上限値が15であるため、必然的にMgO/TiO₂比xの下限値は0.05となる。従って、MgO/TiO₂比xは0.05乃至0.22とする。

10

【0038】

「F(x):11乃至15」

F(x)は下記数式1によって与えられる。ここで、x=MgO/TiO₂であり、MgOはMgOと金属Mg、Mg化合物の酸化物換算の合計である。TiO₂は、TiO₂として添加されたものの量である。

【0039】

【数1】

$$F(x) = 37.2 \times x^{-0.0665} - 30$$

20

【0040】

F(x)は、実験的に求めたMgO/TiO₂比xと低温靱性との関係を示す式である。この関係式は、以下に示す各種合金及びスラグ造滓剤の成分範囲において、十数種類のワイヤを使用し、その溶着金属の-60でのシャルピー衝撃試験結果とワイヤ成分中のMgO/TiO₂比xとの関係を統計処理により算出したものである。

C:0.02乃至0.14質量%

Si:0.4乃至1.1質量%

Mn:0.8乃至3.0質量%

Ni:0.2乃至3.1質量%

Cr:0.1乃至4.0質量%

Mo:0.1乃至4.0質量%

Ti:0乃至0.2質量%

Fe:84.1乃至90.1質量%

N:0.0150質量%以下

その他の成分(B, Na, F, K, Li, Al, Ca, Mg, P, S):0.10乃至3.25質量%

TiO₂:3.5乃至7.8質量%

MgO:0.1乃至5.0質量%

【0041】

図1は、本発明者等の実験により求めたF(x)値と-60でのシャルピー衝撃値(以下、vE-60という)との関係を示すグラフ図である。F(x)とvE-60とは単調減少の関係にあり、F(x)15ではvE-6047Jとなり、優れた低温靱性を有することが分かる。また、MgO/TiO₂比xの上限値が0.22であるため、必然的にF(x)の下限値は11となる。従って、このF(x)により高強度鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤのワイヤ成分と溶接金属の低温靱性の関係を高精度で推定することが可能である。

30

40

【0042】

本発明に係るフラックス入りワイヤの残りの主要成分は、鋼製外皮、充填フラックス中に含まれる各種Fe合金(Fe-Si、Fe-Mn、Fe-Cr、Fe-Mo、Fe-T

50

i等)及び鉄粉から由来するFeである。このFeは、ワイヤ全重量あたり80質量%以上含まれる。その他、本発明のフラックス入りワイヤには、アルカリ金属フッ化物、同酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、同酸化物、B、Al、Mg等が含有されている。

【0043】

本試験に使用したフラックス入りワイヤのN量は0.0150質量%以下である。このN量が0.0150質量%を超える場合、溶接金属中のN量が増加し、ブローホールが多発する。

【実施例】

【0044】

以下、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する。まず、本発明の実施例及び比較例のワイヤとして、下記表3乃至表5に示すワイヤ成分(ワイヤ全質量に対する割合)及びF(x)値のワイヤを使用した。これらの供試ワイヤのフープ組成を下記表6に示す。表7は、実施例及び比較例のワイヤで使用したフープ種類を示す対照表である。この表7に示すように、表3及び表4に示す各ワイヤはこの表6に記載のA又はBのフープを使用した。なお、実施例及び比較例のワイヤにおいて、その他の添加成分はP、S、Nb、Vである。

10

【0045】

(下向溶接)

表1は下向溶接のときの溶接条件を示す。この表1に示す溶接条件にてHT780鋼を溶接して、溶着金属を作製した。この溶着金属から引張試験片(JIS Z3111 A1号)及びシャルピー衝撃試験片(JIS Z3111 A4号)を採取し、機械試験を実施した。その結果、得られた0.2%耐力及びシャルピー衝撃値の測定値、並びに溶接作業性の評価結果を下記表8及び表9に示す。表8及び表9において、総合評価欄は、が良好、×が不可である。

20

【0046】

なお、溶着金属の0.2%耐力が620MPa以上、-60でのシャルピー衝撃値が27J以上であれば機械的性質が良好と判断した。更に、-60でのシャルピー衝撃値が47J以上であれば、優れた低温靱性を有していると判断した。

【0047】

【表1】

30

溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (mm/分)	予熱・パス間温度 (℃)	入熱 (kJ/mm)
280	30	300	150	1.7

【0048】

溶接条件は以下のとおりである。

シールドガス：80%Ar-20%CO₂、25リットル/分

ワイヤ径：1.2mm

溶接姿勢：下向

供試鋼板：JIS G 3128 SHY685(板厚：20mm)

40

開先形状：45°V

開先ギャップ：12mm

【0049】

(すみ肉溶接)

表2はすみ肉溶接における溶接条件を示す。表2に示す溶接条件にて、立向上進すみ肉溶接を行い、立向上進溶接における溶接作業性を評価した。図2はビード形状の評価方法を示す図である。この際、すみ肉ビードの脚長Lと余盛高さHに関し、ビードの垂れ易さを評価するため、L/Hを使用し、このL/Hの値が10以上であれば良好と判断した。なお、ビードが垂れ落ち、溶接不可となった場合はL/Hの値を0とした。

【0050】

50

【表 2】

溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (mm/分)	ウィービング幅 (mm)	入熱 (kJ/mm)
220	24	150	10	2.1

【0051】

溶接条件は以下のとおりである。

シールドガス：80%Ar - 20%CO₂、25リットル/分

ワイヤ径：1.2mm

溶接姿勢：立向上進

供試鋼板：JIS G 3128 SHY685 (板厚：12mm)

開先ギャップ：0mm

10

【0052】

また、これらの下向溶接及びすみ肉溶接の溶接試験において、低温割れ、高温割れの評価方法は以下のとおりである。即ち、低温割れは、溶接後96時間放置した後、裏当て金を切削し、超音波探傷試験(JIS Z 3060)、磁粉探傷試験(JIS G 0565)により欠陥の有無を確認した。更に、破面をSEM(Scanning Electron Microscope)により観察し、割れの形態を確認した。

【0053】

また、高温割れは、溶接後、裏当て金を切削し、超音波探傷試験(JIS Z 3060)、放射線透過試験(JIS Z 3104)により欠陥の有無を確認した。更に、破面をSEMにより観察し、割れの形態を確認した。

20

【0054】

また、引張試験及びシャルピー衝撃試験は、JIS Z 3111溶着金属の引張及び衝撃試験方法に準拠した。

【0055】

【表 3】

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cr+ Mo	Ti	Fe	N	その他	TiO ₂	MgO	
実施例	1	0.07	0.4	2.3	2.4	0	0.2	0.2	0	88.4	0.0022	0.2	6.0	0
	2	0.08	0.6	2.9	0.8	0.7	1.5	2.2	0.1	86.1	0.0011	0.7	6.5	0
	3	0.08	0.9	1.7	2.7	0.4	0.2	0.6	0.2	87.3	0.0056	1.0	5.5	0
	4	0.02	0.5	2.1	1.7	0.2	0.3	0.5	0.1	88.1	0.0111	1.0	6.0	0
	5	0.04	0.5	2.1	1.7	0	1.0	1.0	0	89.0	0.0032	0.5	5.2	0
比較例	6	0.01	0.4	2.1	1.9	0.1	0.9	1.0	0.3	88.1	0.0056	0.7	5.4	0
	7	0.15	0.4	2.3	2.4	0.3	0.4	0.7	0.1	87.2	0.0023	0.7	6.1	0
	8	0.07	0.2	2.1	1.8	0.3	0.1	0.4	0.1	88.5	0.0045	1.2	5.6	0
	9	0.07	1.3	2.3	2.4	0.6	0.4	1.0	0.4	86.8	0.0090	0.2	5.5	0
	10	0.09	0.7	0.7	1.7	0.3	0.5	0.8	0.1	89.3	0.0098	0.3	6.3	0
	11	0.08	0.7	3.2	1.5	0.6	0.8	1.4	0	87.1	0.0011	0.4	5.6	0
	12	0.09	0.7	2.2	0.1	0.3	1.4	1.7	0	89.0	0.0034	0.8	5.4	0
	13	0.04	.4	2.4	3.3	0.3	0.8	1.1	0	85.8	0.0055	0.6	6.3	0
	14	0.04	0.8	2.1	1.4	0	0	0	0	89.1	0.0019	0.3	6.3	0
	15	0.03	0.3	2.3	2.0	2.2	1.9	4.1	0	85.1	0.0044	0.9	5.3	0
	16	0.07	0.5	2.2	2.1	0.5	0.9	1.4	0.4	86.7	0.0045	1.3	5.3	0

30

40

【0056】

【表 4】

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cr+ Mo	Ti	Fe	N	その他	TiO ₂	MgO	
実施例	17	0.05	0.6	2.5	2.0	0	0.2	0.2	0.1	86.5	0.0012	1.0	6.5	0.5
	18	0.05	0.6	2.2	2.1	0.1	0.5	0.6	0.0	88.7	0.0025	0.4	4.5	0.8
	19	0.05	0.5	2.6	2.2	0.1	0.3	0.4	0.0	87.1	0.0056	0.5	5.5	1.1
	20	0.06	0.5	2.6	1.9	0.2	0.2	0.4	0.0	88.1	0.0148	0.1	6.0	0.3
	21	0.05	0.4	2.5	1.7	0.1	1.0	1.1	0.0	86.9	0.0023	0.6	5.5	1.2
比較例	22	0.05	0.6	2.7	2.1	0.2	0.6	0.8	0.1	86.9	0.0029	0.6	3.1	3.0
	23	0.05	0.6	2.8	2.2	0.1	0.4	0.5	0.2	85.8	0.0046	1.3	2.5	4.0
	24	0.06	0.7	2.3	2.0	0.3	0.2	0.5	0.1	88.0	0.0085	1.6	4.1	0.6
	25	0.06	0.5	2.5	1.8	0.5	0.4	0.9	0.0	86.5	0.0023	0.2	6.4	1.1
	26	0.07	0.6	2.2	2.5	0.2	0.6	0.8	0.0	87.1	0.0099	0.6	4.7	1.4
	27	0.06	0.8	2.5	1.5	0.3	1.0	1.3	0.0	86.9	0.0122	0.8	6.0	0.1
	28	0.07	0.4	2.5	2.0	0.2	1.0	1.2	0.0	88.1	0.0019	0.6	4.9	0.2
	29	0.06	0.5	2.6	2.3	0.1	0.5	0.6	0.0	86.4	0.0065	0.8	5.4	1.3
	30	0.05	0.6	2.5	2.0	0	0.2	0.2	0.0	86.5	0.0013	1.1	7.0	0.0

10

【 0 0 5 7 】

なお、表 3 及び表 4 において、その他の欄に記載の数値の内訳は、アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al 及び Mg と、不可避的不純物 (P, S, V, Nb) との総量である。但し、不可避的不純物の量は全て 0.1 質量%であり、従って、例えば、表 4 の実施例 17 は、その他が 1.0 質量%であるが、アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al 及び Mg の総量が 0.9 質量%、不可避的不純物が 0.1 質量%である。また、実施例 20 は、アルカリ金属フッ化物、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属フッ化物、アルカリ土類金属酸化物、B、Al 及び Mg が含まれておらず、その他の欄の数値は、不可避的不純物の量である。

20

【 0 0 5 8 】

【表 5】

	TiO ₂ +MgO	MgO/TiO ₂	F(x)	
実施例	17	7.0	0.08	14
	18	5.3	0.18	12
	19	6.6	0.20	11
	20	6.3	0.05	15
	21	6.7	0.22	11
比較例	22	6.1	0.97	7
	23	6.5	1.60	6
	24	4.7	0.15	12
	25	7.5	0.17	12
	26	6.1	0.30	10
	27	6.1	0.02	19
	28	5.1	0.04	16
	29	6.7	0.24	11
	30	7.0	0.00	解なし

30

40

【 0 0 5 9 】

【表 6】

フープ種類	Fe	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	N	その他
A	99.3	0.05	0.05	0.50	0	0	0	0.02	0.0020	0.1
B	98.4	0.03	0.02	0.70	0.50	0.10	0.10	0	0.0100	0.1

【 0 0 6 0 】

【表 7】

	フープ種類		フープ種類		フープ種類
実施例1	A	比較例11	B	実施例21	A
実施例2	B	比較例12	A	比較例22	A
実施例3	B	比較例13	A	比較例23	A
実施例4	A	比較例14	A	比較例24	A
実施例5	A	比較例15	B	比較例25	B
比較例6	A	比較例16	A	比較例26	A
比較例7	A	実施例17	A	比較例27	B
比較例8	A	実施例18	A	比較例28	B
比較例9	B	実施例19	A	比較例29	A
比較例10	A	実施例20	B	比較例30	A

10

【 0 0 6 1 】

【表 8】

	PS (0.2%耐力)	vE-60	L/H	溶接作業性	その他	総合評価	
実施例	1	708	38	15.1	良好	—	○
	2	778	42	12.5	良好	—	○
	3	742	48	13.5	良好	—	○
	4	633	28	16.1	良好	—	○
	5	685	35	12.4	良好	—	○
比較例	6	567	52	15.1	良好	—	×
	7	944	17	12.1	良好	低温割れ	×
	8	501	45	14.3	ブローホール	—	×
	9	825	22	8.9	なじみ不良	—	×
	10	556	25	15.6	ブローホール	—	×
	11	921	8	14.6	良好	低温割れ	×
	12	608	21	15.1	良好	—	×
	13	755	31	13.2	良好	高温割れ	×
	14	596	24	12.2	良好	—	×
	15	934	8	15.4	良好	—	×
	16	898	7	13.2	良好	—	×

30

【 0 0 6 2 】

40

【表 9】

		PS (0.2%耐力)	vE-60	L/H	溶接作業性	総合評価
実施例	17	670	53	12.4	良好	○
	18	723	75	10.5	良好	○
	19	694	73	11.0	良好	○
	20	699	49	14.3	良好	○
	21	741	54	10.8	良好	○
比較例	22	755	98	0	垂れ落ち	×
	23	701	101	0	垂れ落ち	×
	24	712	45	0	垂れ落ち	×
	25	760	51	12.0	アーク不安定、スパッタ増加	×
	26	766	55	5.8	ビード形状凸	×
	27	644	32	15.4	良好	×
	28	689	28	10.1	良好	×
	29	705	66	8.9	ビード形状凸	×
	30	681	28	15.4	良好	×

10

【0063】

上記表 8 及び表 9 は、これらの試験結果を示す。実施例 1 乃至 5 及び実施例 17 乃至 21 は、0.2%耐力 (PS) と、-60 における低温靱性と、ビード形状を含む溶接作業性との全てで、優れた特性が得られた。これに対し、比較例 6 乃至 16 及び比較例 22 乃至 30 は、これらの特性のいずれかが低いものであった。

20

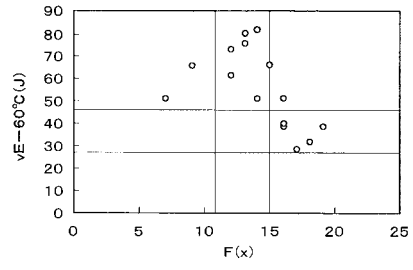
【図面の簡単な説明】

【0064】

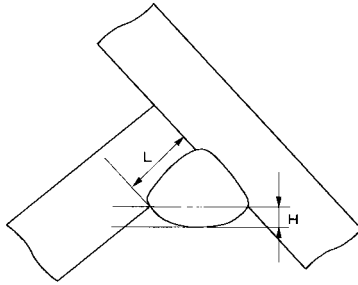
【図 1】F(x) と vE-60 との関係を示すグラフ図である。

【図 2】ビード形状の評価方法を示す図である。

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 喜臣

兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

審査官 長谷山 健

(56)参考文献 特開昭 6 2 - 0 3 3 0 9 4 (J P , A)

特開昭 6 1 - 2 8 6 0 8 9 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 0 5 8 0 8 6 (J P , A)

特開昭 6 2 - 0 3 3 0 9 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B 2 3 K 3 5 / 3 6 8

B 2 3 K 3 5 / 3 0