

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5387192号
(P5387192)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月18日(2013.10.18)

(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

請求項の数 3 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2009-168068 (P2009-168068)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成21年7月16日 (2009.7.16)		新日鐵住金株式会社
(65) 公開番号	特開2011-20154 (P2011-20154A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成23年2月3日 (2011.2.3)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成23年8月16日 (2011.8.16)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100106909
			弁理士 棚井 澄雄
		(74) 代理人	100129403
			弁理士 増井 裕士
		(72) 発明者	中村 修一
			東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新 日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスシールド溶接用フラックス入りワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼製外皮の内部に、フラックスを充填して製造されるガスシールド溶接用フラックス入りワイヤにおいて、ワイヤ全質量に対する質量%で、

CaO : 0.3 ~ 8.0 %、

CaF₂、NaF、MgF₂、SrF₂、BaF₂、K₂ZrF₆ のうちの1種または2種以上からなる金属弗化物 : 1.0 ~ 8.0 %

を必須とするスラグ剤を含有し、さらに合金成分として、

C : 0.03 ~ 0.30 %、

Si : 0.2 ~ 1.5 %、

Mn : 0.5 ~ 2.5 %、

P : 0.02 % 以下、

S : 0.02 % 以下、

Al : 0.002 ~ 0.05 %、

Nb : 0.010 % 以下、

V : 0.010 % 以下

を含有し、残部が鉄、アーク安定剤および不可避の不純物からなり、以下に示す(式1)で定義されるXが0.20 ~ 1.2 %であり、さらに、以下に示す(式2)で定義されるYが0.012 %以下になるように規制したことを特徴とする、ガスシールド溶接用フラックス入りワイヤ。

$$X = [C] + [Si] / 24 + [Mn] / 6 \cdots \cdots (式1)$$

$$Y = [Nb] + [V] / 2 \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (式2)$$

(式1)および(式2)において、[]付元素は、それぞれの元素の含有量(質量%)を表す。

【請求項2】

前記フラックス入りワイヤが、さらに、ワイヤ全質量に対する質量%で、

Ni : 0.1 ~ 1.2 %、

Cr : 0.1 ~ 4.0 %、

Mo : 0.1 ~ 2.0 %、

Cu : 0.01 ~ 1.5 %、

Ti : 0.005 ~ 0.20 %、

B : 0.001 ~ 0.015 %

のうちの1種または2種以上を含有し、以下に示す(式3)で定義されるXが0.20 ~ 1.2%であり、さらに、以下に示す(式4)で定義されるYが0.012%以下になるように規制したことを特徴とする、請求項1に記載のガスシールド溶接用フラックス入りワイヤ。

$$X = \frac{[C] + [Si] / 24 + [Mn] / 6 + [Ni] / 40 + [Cr] / 5 + [Mo] / 4 + [Cu] / 40 + [Ti] / 30 + 5 \times [B]}{\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots} \cdots \cdots (式3)$$

$$Y = \frac{[Nb] + [V] / 2 + [Ti] / 20}{\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots} \cdots \cdots (式4)$$

(式3)および(式4)において、[]付元素は、それぞれの元素の含有量(質量%)を表す。含有されていない元素の含有量は0質量%とする。

【請求項3】

前記フラックス入りワイヤが、さらに、ワイヤ全質量に対する質量%で、

Mg : 0.0002 ~ 3.0 %、

REM : 0.0002 ~ 0.01 %

のうちの1種または2種を含有することを特徴とする、請求項1または2に記載のガスシールド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】

本発明は、CaOと金属弗化物を必須とするスラグ組成のフラックスを充填した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、全姿勢溶接における溶接作業性及び靱性が優れ、さらに溶接後熱処理(以下、PWHTという)を行った後の溶接金属でも良好な靱性が得られるガスシールド溶接用フラックス入りワイヤに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、構造物の大型化や軽量化の要求が多くなるにともない、使用される鋼板の高張力及び高靱性の要求が高まり、溶接金属に対しても同様に、溶接部の高張力及び高靱性が要求されている。

また溶接施工として、溶接棒に比べて高能率であり、全姿勢溶接が可能で、さらに溶接ビード形状およびビード外観が優れることからフラックス入りワイヤを用いたガスシールドアーク溶接の採用が増加している。

【0003】

ルチル系フラックス入りワイヤは、全姿勢溶接において溶接作業性及び能率性が良好であるが、Ti酸化物をワイヤ中に多量に含有し、スラグの塩基性も酸性であるため、溶接金属の酸素量は高く、靱性面から劣っていた。一方、弗化物系ワイヤは溶接金属の酸素量が比較的低く、良好な靱性が得られるが、全姿勢溶接の作業性がルチル系フラックス入りワイヤと比較すると格段に劣っている。

このため、溶接金属の高張力及び高靱性への要求に対し、全姿勢溶接が可能で且つ良好な靱性が得られるフラックス入りワイヤの開発は困難なものになっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

さらに、高張力部材の溶接では溶接部の残留応力緩和や溶接熱影響部の軟化、溶接金属中の水素を拡散放出する等の目的で、溶接部にP W H Tを行うことが多い。しかし、ルチル系フラックス入りワイヤは、主原料のT i 酸化物に不可避的不純物であるN b及びVが多く含まれるため、ルチル系フラックス入りワイヤによって形成された溶接金属はN b及びVの含有量が高くなり、P W H Tによって脆化することが一般的に知られている。

【 0 0 0 5 】

特許文献1は、P W H Tによる脆化を抑制できる溶接ワイヤ中のN b及びV量の許容範囲を示したルチル系フラックス入りワイヤに関するものである。しかし、この許容範囲は、一般的に使用されるT i 酸化物では達成不可能であり、これを達成するためには、特殊な方法でT i 酸化物からN b及びVを取り除き、純度を高めたT i 酸化物を使用する必要があり、高コストになる問題がある。さらに、ルチル系フラックス入りワイヤによって形成される溶接金属の酸素量が高いことによる靱性面の根本的な課題については解決されていない。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特許第 2 7 5 6 0 8 4 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

20

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記背景技術の問題点に鑑み、全姿勢溶接が可能で、P W H Tを行った溶接金属でも脆化が生じず、良好な靱性を得ることができるフラックス入りワイヤを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明者らは、C a Oと金属弗化物を必須とするスラグ組成のフラックスを充填したフラックス入りワイヤを使用することで、全姿勢溶接が可能で且つ溶接金属の酸素量をルチル系フラックス入りワイヤと比較して大幅に低減することができることから良好な靱性が得られることを見出した。さらに、このスラグ組成では、ルチル系フラックス入りワイヤに必須であるT i 酸化物を使用する必要がないことから、T i 酸化物に含まれる不可避的不純物であるN b及びVを大幅に低減することができることを見出した。

30

本発明は、上記技術的課題を解決するものであり、その発明の要件は下記のとおりである。

【 0 0 0 9 】

(1) 鋼製外皮の内部に、フラックスを充填して製造されるガスシールド溶接用フラックス入りワイヤにおいて、ワイヤ全質量に対する質量%で、C a O : 0 . 3 ~ 8 . 0 %、金属弗化物 : 1 . 0 ~ 8 . 0 %を必須とするスラグ剤を含有し、さらに合金成分として、C : 0 . 0 3 ~ 0 . 3 0 %、S i : 0 . 2 ~ 1 . 5 %、M n : 0 . 5 ~ 2 . 5 %、P : 0 . 0 2 %以下、S : 0 . 0 2 %以下、A l : 0 . 0 0 2 ~ 0 . 0 5 %、N b : 0 . 0 1 0 %以下、V : 0 . 0 1 0 %以下を含有し、残部が鉄、アーク安定剤および不可避的不純物からなり、以下に示す(式1)で定義されるXが0 . 2 0 ~ 1 . 2 %であり、さらに、以下に示す(式2)で定義されるYが0 . 0 1 2 %以下になるように規制したことを特徴とする、ガスシールド溶接用フラックス入りワイヤ。

40

$$X = [C] + [S i] / 2 4 + [M n] / 6 + [N i] / 4 0 + [C r] / 5 + [M o] / 4 + [C u] / 4 0 + [T i] / 3 0 + 5 \times [B] \cdots (式 1)$$

$$Y = [N b] + [V] / 2 + [T i] / 2 0 \cdots \cdots (式 2)$$

(式1)および(式2)において、[]付元素は、それぞれの元素の含有量(質量%)を表す。

【 0 0 1 0 】

50

(2) 前記フラックス入りワイヤが、さらに、ワイヤ全質量に対する質量%で、Ni : 0.1 ~ 12%、Cr : 0.1 ~ 4.0%、Mo : 0.1 ~ 2.0%、Cu : 0.01 ~ 1.5%、Ti : 0.005 ~ 0.20%、B : 0.001 ~ 0.015%のうち1種または2種以上を含有することを特徴とする、上記(1)に記載のガスシールド溶接用フラックスワイヤ。

(3) 前記フラックス入りワイヤが、さらに、ワイヤ全質量に対する質量%で、Mg : 0.0002 ~ 3.0%、REM : 0.0002 ~ 0.01%のうち1種または2種を含有することを特徴とする、上記(1)または(2)に記載のガスシールド溶接用フラックス入りワイヤ。

【発明の効果】

10

【0011】

本発明のフラックス入りワイヤによれば、高張力鋼の溶接において、全姿勢溶接が可能で、かつ、溶接部の酸素量をルチル系フラックス入りワイヤよりも大幅に低減できることから、靱性面でも優れる。さらに、PWH Tを行った溶接金属でも脆化が生じず、良好な靱性を得ることができることから、産業上の効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の効果を確認する実施例の溶接での開先の断面形状を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

20

以下に本発明の実施の形態について説明する。

まず、本発明のフラックス入りワイヤ成分の規定理由を説明する。各成分についての%はワイヤ全質量に対する質量%を意味する。本発明のフラックス入りワイヤは、スラグ剤と合金成分とを含有するものである。

【0014】

(スラグ剤)

[CaO : 0.3 ~ 8.0%]

CaOは高融点物質であり、CaOを必須成分として含有させることでスラグの融点を高め、立向き溶接及び上向き溶接を可能にする。また、CaOは酸化物であるが強い塩基性物質であり、ワイヤ中に含有されていても溶接金属の酸素量を著しく増加させない。立向き溶接及び上向き溶接を可能とする程度にスラグの融点を高めるには0.3%以上は必要である。しかし、8.0%を超えて過剰に含有させるとスラグ融点が高くなりすぎるためにスラグの凝固が早くなり、スラグの流動性が確保できない。このため、CaOの含有量は0.3 ~ 8.0%とする。また、CaOの含有量は、1.5%以上であることが好ましく、2.5%以上であることがより好ましい。CaOの含有量は、5.5%以下であることが好ましく、4.5%以下であることがより好ましい。

30

【0015】

[金属弗化物 : 1.0 ~ 8.0%]

CaF₂、NaF、MgF₂、SrF₂、BaF₂、K₂ZrF₆等の金属弗化物は、スラグの塩基度を高め、溶接金属の酸素量を低減する効果がある。また、スラグの粘性に大きく影響し、CaOと複合添加されることで、スラグ融点を適切な温度に調整することが可能である。これら効果を発現するためには、ワイヤに含有されている金属弗化物のワイヤ全質量に対する合計質量が1.0%以上である必要があり、1.5%以上であることが好ましく、2.5%以上であることがより好ましい。しかし、8.0%を超えて含有させるとスラグ量が過剰となると共に、アークが不安定となり溶接姿勢性が劣化する。金属弗化物のワイヤ全質量に対する合計質量は、5.5%以下であることが好ましく、5.0%以下であることがより好ましい。

40

【0016】

(合金成分)

[C : 0.03 ~ 0.30%]

50

Cは溶接金属の引張強さを高める元素であり、含有量が少ないと十分な溶接金属の引張強さが得られないため、溶接ワイヤ中のC含有量を0.03%以上とする必要がある。しかし、0.30%を超えて過剰に含有させると、溶接金属の靱性を劣化させる。このため、本発明において溶接ワイヤ中のC含有量は、0.03~0.30%とする。

【0017】

[Si:0.2~1.5%]

Siは、脱酸元素であり、溶接金属中のO量を低減して清浄度を高める。さらにビード外観及びビード形状を良好なものにする。これら効果を得るには溶接ワイヤ中のSi含有量を0.2%以上とする必要がある。一方、溶接ワイヤ中のSi含有量が1.5%を超えて過剰になると、粗大な酸化物を生成し溶接金属の靱性を著しく劣化させる。このため、

10

【0018】

[Mn:0.5~2.5%]

Mnは、脱酸及び溶接金属の焼入性を高める。また、組織を微細化して靱性向上にも有効な元素であり、これらの効果を得るためには0.5%以上溶接ワイヤに含有する必要がある。一方、溶接ワイヤ中のMn含有量が2.5%を超えると、溶接金属中に残留オーステナイトが過剰に生成するため粒界脆化感受性が増加して溶接金属の靱性劣化や、強度が必要以上に高まり、溶接割れが発生しやすくなる。このため、本発明においては、溶接ワイヤ中のMn含有量は0.5~2.5%とする。

20

【0019】

[P:0.02%以下]

Pは不純物元素であり、靱性を劣化させる。また、PはPWH Tを行うと結晶粒界に脆いPの化合物が析出するため、さらに靱性を劣化させる。このため、Pは極力低減する必要があるが、溶接ワイヤ中の含有量が0.02%以下では靱性への悪影響が許容できるため、本発明では溶接ワイヤ中のP含有量は0.02%以下とする。

【0020】

[S:0.02%以下]

Sも不純物元素であり、溶接金属中に過大に存在すると靱性と延性をともに劣化させるため、極力低減することが好ましい。溶接ワイヤ中の含有量0.02%以下では靱性、延性への悪影響が許容できるため、本発明では溶接ワイヤ中のS含有量は0.02%以下とする。

30

【0021】

[Al:0.002~0.05%]

Alは脱酸元素であり、Si及びMnと同様、溶接金属中の酸素量を低減し、清浄度向上に効果がある。効果を発揮するためには溶接ワイヤ中にAlを0.002%以上含有させる必要がある。一方、溶接ワイヤ中に0.05%を超えてAlを過剰に含有させると、溶接金属中に粗大な酸化物を形成して、この粗大酸化物が靱性を著しく劣化させるため、好ましくない。従って、本発明においては、溶接ワイヤ中のAl含有量を0.002~0.05%以下とする。

【0022】

[Nb:0.010%以下]

Nbは析出硬化元素であり、PWH Tのように高温で長時間保持されると著しく脆化する。溶接ワイヤ中のNb含有量が0.010%以下になれば、PWH Tによる脆化がなく、良好な靱性が得られる。従って、本発明においては、溶接ワイヤ中のNb含有量を0.010%以下に制限する。

40

【0023】

[V:0.010%以下]

VもNb同様に析出硬化元素であり、PWH Tのように高温で長時間保持されると著しく脆化する。溶接ワイヤ中のV含有量が0.010%以下になれば、PWH Tによる靱性の脆化がほとんどなく、良好な靱性が得られる。従って、本発明においては、溶接ワイヤ

50

中のV含有量を0.010%以下に制限する。

【0024】

以上が本発明のガスシールド溶接用フラックス入りワイヤの基本成分である。なお、残部は鉄、アーク安定剤及び不可避不純物である。

アーク安定剤としては従来知見で知られているようなLi、Na、K、Rb、Srなどを含む酸化物を選択して用いることができる。また、アーク安定剤の質量はワイヤ全質量に対する質量比で0.01~1.0%以下程度の含有量が適切であるとされており、この範囲での含有が好ましい。

【0025】

本発明は、さらに、溶接金属の特定の機械的性質の調整のために、必要に応じて、ワイヤ中にさらに、Ni、Cr、Mo、Cu、Ti、B、MgおよびREMのうちの1種または2種以上を以下の含有量の範囲で溶接ワイヤ中に含有させた場合、引張強さ、または、韌性に影響を与える。以下に述べる成分を必要に応じて含有させる事ができる。

【0026】

[Ni: 0.1~12%]

Niは、固溶強化により溶接金属の他の成分、組織によらず安定して韌性を向上できる唯一の元素であり、特に、高強度の溶接金属で韌性を確保するには必要な元素であり、0.1%以上含有させることが好ましい。Ni含有量が多いほど韌性を向上する上で有利ではあるが、溶接ワイヤ中の含有量が12%を超えると、韌性向上効果が飽和する。従って、本発明においては、溶接ワイヤ中のNi含有量を0.1~12%にすることが好ましい。

【0027】

[Cr: 0.1~4.0%]

Crは、焼入れ性を高めることにより高強度化に有効な元素である。そのために溶接ワイヤ中に含有させる場合は、0.1%以上必要である。一方、4.0%を越えて過剰に含有させると、ベイナイトやマルテンサイトを不均一に硬化させ、韌性を著しく劣化させるため、本発明においては、溶接ワイヤ中のCr含有量の上限を4.0%とすることが好ましい。

【0028】

[Mo: 0.1~2.0%]

Moは、溶接金属の引張強さTSを高めるための焼入性向上元素である。また、Moは、焼もどし抵抗性を増すことにより強度と韌性を確保することができる。これらの効果を発揮するためには、ワイヤ中にMoを0.1%以上含有させることが好ましい。一方、Moを溶接ワイヤ中に2.0%を超えて含有させると、溶接金属中に粗大な析出物が生じて溶接金属の韌性を劣化させる。このため、本発明において、溶接ワイヤ中のMo含有量は0.1~2.0%とすることが好ましい。

【0029】

[Cu: 0.01~1.5%]

Cuは強度向上には有効な元素であり、溶接金属の強度向上効果を十分に得るためには、ワイヤ中に含有するCuの含有量、さらに表面にCuがメッキされる場合にはワイヤ中に含有するCuとメッキされるCuの合計含有量を0.01%以上とすることが好ましい。一方、ワイヤ中のCu含有量が1.5%を超えると、ワイヤ表面にメッキされる場合、あるいは、ワイヤ中に含有する場合のいずれも、溶接金属の韌性が劣化するため好ましくない。したがって、本発明では、ワイヤ中のCu含有量を0.01~1.5%とするのが好ましい。

【0030】

[Ti: 0.005~0.20%]

Tiは溶接金属において脱酸元素として有効であり、かつ溶接金属中の固溶Nを窒化物として固定して固溶Nの韌性への悪影響を緩和でき、さらにはTiNを形成して多層盛溶接の場合に溶接金属の再加熱領域における加熱オーステナイト粒を微細化する作用もある

10

20

30

40

50

。また、P W H Tした溶接金属でも酸素量と窒素量に適したT iを含有することで溶接金属の靱性低下を抑制することもできる。これらのT iの作用により溶接金属の靱性向上効果を発揮するためには溶接ワイヤ中にT iを0.005%以上含有させることが好ましい。一方、溶接ワイヤ中のT i含有量が0.20%を超えて過剰になると、固溶T i量が増加し、溶接まま及びP W H Tした溶接金属においても靱性劣化が顕著に生じる。このため、本発明においては、溶接ワイヤ中のT i含有量を0.005~0.20%とすることが好ましい。

【0031】

[B : 0.001 ~ 0.015 %]

Bは、焼入れ性を高めて溶接金属の強度向上に寄与する元素であり、また、溶接金属中の固溶Nと結びついてBNを形成して、溶接金属の靱性を向上する作用も有する。これらの効果を確実に発揮するためには、溶接ワイヤ中のB含有量は0.001%以上であることが好ましい。一方、溶接ワイヤ中のB含有量が0.015%超となると、溶接金属中のBが過剰となり、粗大なBNやFe₂O₃(C、B)₆等のB化合物を形成して靱性を逆に劣化させるため、好ましくない。そこで、本発明においては、溶接ワイヤ中にBを含有させる場合は、B含有量を0.001~0.015%に限定するのが好ましい。

10

【0032】

本発明では、上記成分に加えて、さらに、必要に応じて、Mg、および、REMのうちの1種または2種以上を以下の範囲内でワイヤ中に含有させることができる。

[Mg : 0.0002 ~ 3.0 %]

20

Mgは、金属Mg単体、他の金属元素との合金、及びMg酸化物の形態で添加され、脱酸剤として溶接金属の酸素量を低減する効果がある。また、Mgは、溶融プール内でMgOとなりスラグの粘性に影響を与える。脱酸の効果を得るにはワイヤ中のMgの含有量は0.0002%以上必要であり、一方、3.0%を超えて過剰に含有すると、スラグの粘性を低下させ、溶接作業性を劣化させる。このため、本発明においては、溶接ワイヤ中のMg含有量を0.0002~3.0%とすることが好ましい。

【0033】

[REM : 0.0002 ~ 0.01 %]

REMは硫化物の構造を変化させ、また溶接金属中での硫化物、酸化物のサイズを微細化して延性及び靱性向上に有効である。これらの効果を十分に発揮するためには、REMの含有量は0.0002%以上とするのが好ましい。一方、ワイヤ中にREMを0.01%を超えて過剰に含有すると、硫化物や酸化物の粗大化を生じ、延性、靱性の劣化を招き、また、溶接ビード形状の劣化、溶接性の劣化の可能性も生じる。このため、ワイヤ中のREMの含有量の上限はいずれも0.01%以下とするのが好ましい。

30

【0034】

また、本発明ではC、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、Cu、TiおよびBの成分をそれぞれの含有量の規定範囲内で含有させる際に、引張強さを確保するために、さらに、下記(式1)で定義されるXを0.20~1.2%に限定する。Xが0.20%未満では、P W H Tを行った溶接金属が必要以上に軟化するため強度を維持できない。また、Xが1.2%を超えて過剰となると、溶接金属の靱性が劣化するため好ましくない。

40

$$X = [C] + [Si] / 24 + [Mn] / 6 + [Ni] / 40 + [Cr] / 5 + [Mo] / 4 + [Cu] / 40 + [Ti] / 30 + 5 \times [B] \cdots (式1)$$

(式1)において、[]付元素は、それぞれの元素の含有量(質量%)を表す。

なお、(式1)は引張強さに影響を及ぼす元素の含有量を限定するものであり、(式1)の各元素の含有量とは、合金成分として本発明のフラックス入りワイヤに含有されている各元素の含有量を意味する。したがって、金属酸化物または金属弗化物として本発明のフラックス入りワイヤに含まれている元素は、(式1)に記載の元素であっても対象外であり、(式1)の各元素の含有量には加えられない。

【0035】

さらに、P W H Tを行った溶接金属を脆化させる元素としてNb、VおよびTiが良く

50

知られており、それぞれの含有量が規定範囲内であっても下記(式2)で定義されるYが0.012%を超えるとP W H Tによる脆化が生じる。このため、Yは0.012%以下に規制する必要がある。

$$Y = [N b] + [V] / 2 + [T i] / 20 \quad \dots \dots \dots (式2)$$

【0036】

本発明のフラックス入りワイヤは、フラックスを鋼製外皮内に充填することで製造される。この鋼製外皮には、加工性が良い熱間圧延鋼材又は冷間圧延鋼材を使用すればよい。

フラックスの充填率は特に限定しないが、ワイヤの製造性、安定した溶接作業性を得るのに必要なスラグ量を考慮するとワイヤ全質量に対する質量%で、5.0~30%の範囲が好ましい。

10

【0037】

また、フラックス入りワイヤは、製造過程で繋ぎ目にシーム溶接を行いスリット状の隙間のないワイヤ(以下、シームレスワイヤという。)と、かしめによる機械締結したワイヤ(以下、かしめワイヤという。)の大きく分けて二種類があり、シームレスワイヤが好ましいが、かしめワイヤであっても本発明の効果についてなんら影響はない。また、シームレスワイヤ表面にAl又はCu等のメッキ処理を施してもよい。

さらに、適用するシールドガスもCO₂単独ガス、ArまたはHeとCO₂の混合ガスさらに、これらのガスに少量のO₂を添加したものの等の通常のMAG溶接に使用されるシールドガスであれば何れも使用可能である。

【0038】

本発明者が今回新たに知見した具体的な内容を以下に説明する。

従来から、弗化物系フラックス入りワイヤが立向き及び上向き溶接が出来ない原因は、スラグの融点が低く熔融プールを保持出来ないためである。本発明は、高融点物質であるCaOに着目し、CaOによって融点を適正に調整することで、全姿勢溶接を可能にした。さらに、CaOは酸化物ではあるが強い塩基性物質であり、ワイヤ中に添加しても溶接金属酸素量を著しく増加させることはなく、ルチル系フラックス入りワイヤよりも溶接金属内の酸素を低減できることから、靱性面でも優れる。

20

【0039】

また、従来は全姿勢溶接性を確保するためにはTi酸化物が不可欠であった。しかし、Ti酸化物には、不可避的不純物としてNb及びVが含まれており、これがP W H Tをした後の溶接金属を脆化させる問題を抱えていた。

本発明のCaOを用いたスラグ組成ならば、Ti酸化物を使用しなくても全姿勢溶接が可能となることから、Nb及びVを大幅に低減でき、P W H Tをした後の溶接金属でも脆化が抑制されることを知見した。また、P W H Tの過程で粒内にNb及びVなどが析出することで粒内強度が高まり、粒内変形に先行する粒界すべりが粒界割れを発生させる、いわゆる再熱割れに対しても割れ抑制の効果があることを見出した。

30

【実施例】

【0040】

以下本発明の効果を実施例により具体的に説明する。

鋼帯をこれの長手方向に送りながら成形ロールによりオープン管に成形し、この成形途中でオープン管の開口部からフラックスを供給し、開口部の相対するエッジ面を突合わせシーム溶接することで継ぎ目無し(シームレス)とし、ワイヤ径が1.2mmのフラックス入りワイヤを試作した。一部のワイヤについては、シーム溶接をせずにかしめによる機械締結したかしめのフラックス入りワイヤにした。試作したフラックス入りワイヤのスラグ剤、アーク安定剤の含有量を表1~表6に示し、合金成分を表7~表12に示す。

40

【0041】

【表 1】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)														アーケ 安定剤 合計							
			CaO	弗化物						アーケ安定剤														
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO										
1	本発明	シームレス	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.20	-	-	0.20
2	本発明	シームレス	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.20	-	-	0.20
3	本発明	シームレス	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.20	-	-	0.20
4	本発明	シームレス	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.20	-	-	0.20
5	本発明	シームレス	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	0.20	-	-	0.20
6	本発明	シームレス	3.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.20	-	-	0.20
7	本発明	シームレス	3.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.20	-	-	0.20
8	本発明	シームレス	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.20	-	-	0.20
9	本発明	シームレス	3.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	0.20	-	-	0.20
10	本発明	シームレス	3.0	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.0	0.20	-	-	0.20
11	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
12	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
13	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
14	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
15	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
16	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
17	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
18	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
19	本発明	シームレス	2.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.30	-	-	0.30
20	本発明	シームレス	3.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	0.30	-	-	0.30

注1:ワイヤ全体に対する質量%

10

20

30

40

【表 2】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)														アーケ 安定剤 合計			
			CaO	弗化物						アーケ安定剤										
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO						
21	本発明	シームレス	3.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
22	本発明	シームレス	3.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
23	本発明	シームレス	3.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
24	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
25	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
26	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
27	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
28	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
29	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
30	本発明	シームレス	5.5	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
31	本発明	シームレス	1.0	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
32	本発明	シームレス	1.0	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
33	本発明	シームレス	1.0	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
34	本発明	シームレス	2.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
35	本発明	シームレス	2.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
36	本発明	かしめ	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05
37	本発明	かしめ	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05
38	本発明	かしめ	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05
39	本発明	かしめ	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05

注1:ワイヤ全体に対する質量%

【表 3】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)																					
			CaO	弗化物						弗化物 合計	アーケ安定剤					アーケ 安定剤 合計								
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆		Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO									
40	本発明	かしめ	3.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	
41	本発明	かしめ	3.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
42	本発明	かしめ	3.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
43	本発明	かしめ	3.0	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
44	本発明	かしめ	5.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
45	本発明	かしめ	5.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
46	本発明	かしめ	5.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
47	本発明	かしめ	5.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
48	本発明	シームレス	5.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
49	本発明	シームレス	5.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
50	本発明	シームレス	5.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
51	本発明	シームレス	5.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
52	本発明	シームレス	3.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
53	本発明	シームレス	3.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
54	本発明	シームレス	3.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
55	本発明	シームレス	3.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
56	本発明	シームレス	7.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
57	本発明	シームレス	7.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
58	本発明	シームレス	7.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
59	本発明	シームレス	7.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
60	本発明	シームレス	7.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02

注1:ワイヤ全体に対する質量%

【表 4】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)																	
			CaO	弗化物						弗化物 合計					アーケ安定剤					アーケ 安定剤 合計
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO						
61	本発明	シームレス	7.0	3.0	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
62	本発明	シームレス	7.0	3.0	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
63	本発明	シームレス	1.5	2.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5	0.10	0.10	0.01	0.10	0.10	0.50	0.10	0.10	0.50
64	本発明	シームレス	1.5	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00	0.20	0.20	1.00
65	本発明	シームレス	1.5	-	-	2.0	-	-	-	-	2.0	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
66	本発明	シームレス	1.5	-	-	-	2.0	-	-	-	2.0	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.04
67	本発明	シームレス	1.5	-	-	-	-	-	-	2.0	2.0	-	-	0.02	0.01	-	0.03	-	-	0.03
68	本発明	シームレス	1.5	-	-	-	-	-	-	-	2.0	2.0	0.02	0.02	0.02	-	0.04	-	-	0.04
69	本発明	シームレス	1.5	2.0	-	0.5	-	-	-	-	3.5	-	-	0.02	-	-	0.03	0.01	-	0.03
70	本発明	シームレス	1.5	2.0	0.5	-	0.5	-	-	-	3.0	-	-	0.02	-	-	0.03	0.01	-	0.03
71	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	1.0	-	-	-	-	4.5	-	-	0.02	0.01	-	0.03	-	-	0.03
72	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	0.5	-	-	-	-	4.5	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
73	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	0.5	-	-	-	-	4.5	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02
74	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	-	1.0	-	-	-	4.5	0.5	-	-	0.02	-	0.02	-	-	0.02
75	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	0.5	-	-	-	-	4.5	-	-	-	-	-	0.03	-	-	0.03
76	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	0.5	-	-	-	0.5	4.5	-	-	-	-	-	0.02	0.02	-	0.02
77	本発明	シームレス	2.5	3.5	0.2	-	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
78	本発明	シームレス	2.5	3.5	0.2	-	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
79	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	0.2	-	-	3.7	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02

注1:ワイヤ全体に対する質量%

【表 5】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)															
			CaO	弗化物						弗化物 合計	アーケ安定剤					アーケ 安定剤 合計		
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆		Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO			
80	本発明	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	-	-	0.3	3.8	-	0.10	0.20	-	-	0.30
81	本発明	シームレス	4.5	3.5	0.1	0.1	-	-	0.3	-	-	4.0	-	0.10	0.20	-	-	0.30
82	本発明	シームレス	4.5	3.5	0.1	0.3	-	-	-	-	-	3.9	-	0.10	0.20	-	-	0.30
83	本発明	シームレス	4.5	3.5	0.2	-	0.1	0.1	0.1	0.2	-	4.1	0.02	-	0.02	-	-	0.04
84	本発明	シームレス	1.5	3.0	-	0.3	-	-	-	-	-	3.3	0.01	-	0.02	-	-	0.03
85	本発明	シームレス	1.5	3.0	-	0.3	-	-	-	-	-	3.3	0.01	-	0.02	-	-	0.03
86	本発明	シームレス	1.5	3.0	-	0.2	-	-	-	-	-	3.2	0.01	-	0.02	-	-	0.03
88	比較例	シームレス	8.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-	0.02	-	-	0.02
89	比較例	シームレス	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.02	-	-	0.02
90	比較例	シームレス	1.5	8.5	-	-	-	-	-	-	-	8.5	-	-	0.02	-	-	0.02
91	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.01	-	-	0.01	0.02
92	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.01	-	-	0.01	0.02
93	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.01	-	-	0.01	0.02
94	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.01	-	-	0.01	0.02
95	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.01	-	-	0.01	0.02
96	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.02	-	0.03	-	-	0.05
97	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.01	-	0.03	-	-	0.04
98	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.02	-	0.05	-	-	0.07
99	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	0.02	0.05	-	-	0.07

注1:ワイヤ全体に対する質量%

【表6】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)																
			CaO	弗化物						弗化物 合計	アーケ安定剤					アーケ 安定剤 合計			
				CaF ₂	NaF	MgF ₂	SrF ₂	BaF ₂	K ₂ ZrF ₆		Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	SrO				
100	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.03	-	-	-	0.05
101	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.05	-	-	-	0.07
102	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.01	-	0.04	
103	比較例	シームレス	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.01	-	0.04	
104	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	0.02	0.05	
105	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	0.01	0.04	
106	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	0.02	
107	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	0.02	
108	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.01	
109	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.01	
110	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	
111	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	
112	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
113	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
114	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
115	比較例	シームレス	2.5	3.5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	

注1:ワイヤ全体に対する質量%

10

20

30

40

【表7】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]
			合金成分																		
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM			
1	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.010	0.004	0.010	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
2	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.007	0.005	0.008	0.003	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
3	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.009	0.004	0.008	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.007	
4	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.006	0.008	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.005	
5	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.006	0.009	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.005	
6	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.006	0.005	0.008	0.003	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
7	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.004	0.005	0.004	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
8	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
9	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.005	0.004	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
10	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.007	0.005	0.010	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.005	
11	本発明	シームレス	0.03	0.5	1.8	0.008	0.004	0.008	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.007	
12	本発明	シームレス	0.07	0.5	1.8	0.008	0.005	0.009	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.006	
13	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.8	0.009	0.007	0.009	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.005	
14	本発明	シームレス	0.20	0.5	1.8	0.008	0.005	0.008	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.006	
15	本発明	シームレス	0.30	0.5	1.8	0.008	0.004	0.009	0.004	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	0.62	0.007	
16	本発明	シームレス	0.09	0.2	1.8	0.010	0.004	0.008	0.005	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.007	
17	本発明	シームレス	0.08	0.8	1.8	0.007	0.005	0.010	0.003	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	0.41	0.006	
18	本発明	シームレス	0.08	1.3	1.8	0.009	0.004	0.008	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	0.007	
19	本発明	シームレス	0.08	1.5	1.8	0.008	0.006	0.008	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.005	
20	本発明	シームレス	0.10	0.4	0.5	0.008	0.006	0.008	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.006	

注1:ワイヤ全体に対する質量%
注2:必要に応じて嵩増しのためFe粉も添加

【表 8】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]
			合金成分																		
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM			
21	本発明	シームレス	0.10	0.5	1.0	0.009	0.005	0.007	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.006		
22	本発明	シームレス	0.10	0.5	1.5	0.008	0.008	0.008	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.005		
23	本発明	シームレス	0.10	0.5	2.5	0.008	0.007	0.009	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	0.54	0.005		
24	本発明	シームレス	0.08	0.5	0.9	0.020	0.005	0.010	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.005		
25	本発明	シームレス	0.08	0.6	0.8	0.007	0.020	0.008	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.005		
26	本発明	シームレス	0.08	0.6	1.2	0.010	0.005	0.002	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.31	0.005		
27	本発明	シームレス	0.09	0.5	0.8	0.006	0.006	0.034	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.005		
28	本発明	シームレス	0.09	0.4	1.4	0.006	0.005	0.050	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.005		
29	本発明	シームレス	0.09	1.2	1.6	0.008	0.004	0.005	0.010	0.003	-	-	-	-	-	-	-	0.41	0.012		
30	本発明	シームレス	0.12	0.8	1.2	0.008	0.006	0.004	0.004	0.010	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.009		
31	本発明	シームレス	0.08	0.8	1.2	0.008	0.005	0.005	0.006	0.005	2.8	0.3	0.4	0.05	0.02	0.002	0.0002	0.56	0.010		
32	本発明	シームレス	0.10	0.8	1.2	0.008	0.005	0.006	0.003	0.003	0.1	-	-	-	-	-	-	0.34	0.005		
33	本発明	シームレス	0.10	0.8	1.2	0.007	0.005	0.005	0.003	0.003	4.8	-	-	-	-	-	-	0.45	0.005		
34	本発明	シームレス	0.10	0.8	1.2	0.008	0.006	0.005	0.003	0.003	8.9	-	-	-	-	-	-	0.56	0.005		
35	本発明	シームレス	0.10	0.8	1.2	0.007	0.004	0.005	0.003	0.003	11.8	-	-	-	-	-	-	0.63	0.005		
36	本発明	かしめ	0.10	0.5	1.2	0.007	0.004	0.006	0.004	0.005	-	0.1	-	-	-	-	-	0.34	0.007		
37	本発明	かしめ	0.10	0.5	1.2	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	-	0.5	-	-	-	-	-	0.42	0.008		
38	本発明	かしめ	0.10	0.5	1.2	0.008	0.006	0.009	0.003	0.004	-	1.8	-	-	-	-	-	0.68	0.005		
39	本発明	かしめ	0.10	0.5	1.2	0.008	0.005	0.008	0.004	0.004	-	3.9	-	-	-	-	-	1.10	0.006		
40	本発明	かしめ	0.12	0.5	1.2	0.008	0.004	0.004	0.003	0.006	-	-	0.1	-	-	-	-	0.37	0.006		

注1:ワイヤ全体に対する質量%
注2:必要に応じて高増しのためFe粉も添加

【表 9】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]					
			合金成分																							
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM								
41	本発明	かしめ	0.12	0.5	1.2	0.008	0.005	0.005	0.005	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	0.008
42	本発明	かしめ	0.12	0.5	1.2	0.008	0.004	0.006	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59	0.005
43	本発明	かしめ	0.12	0.5	1.2	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	0.006
44	本発明	かしめ	0.20	0.3	1.6	0.009	0.005	0.008	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48	0.005
45	本発明	かしめ	0.20	0.3	1.6	0.008	0.006	0.008	0.008	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.49	0.010
46	本発明	かしめ	0.20	0.3	1.6	0.008	0.006	0.010	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.006
47	本発明	かしめ	0.20	0.3	1.6	0.009	0.004	0.008	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.006
48	本発明	シームレス	0.30	0.3	1.6	0.008	0.004	0.009	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.006
49	本発明	シームレス	0.30	0.3	1.6	0.008	0.007	0.008	0.005	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.012
50	本発明	シームレス	0.30	0.3	1.6	0.008	0.004	0.008	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.012
51	本発明	シームレス	0.30	0.3	1.6	0.010	0.005	0.005	0.002	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59	0.012
52	本発明	シームレス	0.08	0.5	1.2	0.008	0.005	0.005	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31	0.007
53	本発明	シームレス	0.08	0.5	1.2	0.008	0.005	0.005	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.005
54	本発明	シームレス	0.08	0.5	1.2	0.007	0.006	0.010	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.005
55	本発明	シームレス	0.08	0.5	1.2	0.009	0.005	0.009	0.004	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	0.007
56	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.008	0.004	0.008	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.005
57	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.013	0.006	0.012	0.006	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.008
58	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.012	0.006	0.014	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.005
59	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.013	0.005	0.012	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.005
60	本発明	シームレス	0.15	0.6	1.0	0.011	0.006	0.013	0.003	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.006

注1:ワイヤ全体に対する質量%
 注2:必要に応じて嵩増しのためFe粉も添加

【表 10】

番号	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]						
		合金成分																								
		C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM									
61	本発明	シームレス	0.15	0.6	1.0	0.012	0.004	0.009	0.005	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.008
62	本発明	シームレス	0.15	0.6	1.0	0.011	0.005	0.009	0.004	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.009
63	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.011	0.005	0.009	0.006	0.004	2.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	0.008
64	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.013	0.004	0.009	0.003	0.006	2.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	0.006
65	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.009	0.006	0.009	0.004	0.006	2.8	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60	0.009
66	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.008	0.007	0.008	0.005	0.005	2.8	-	1.0	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73	0.008
67	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.010	0.004	0.007	0.003	0.006	4.8	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.69	0.007
68	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.008	0.005	0.009	0.006	0.004	4.8	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.65	0.011
69	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.009	0.004	0.008	0.006	0.005	4.8	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60	0.009
70	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.008	0.004	0.008	0.006	0.005	4.8	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73	0.009
71	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.006	0.005	0.008	0.003	0.004	8.7	0.5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73	0.005
72	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.008	0.004	0.009	0.003	0.006	8.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.62	0.008
73	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.008	0.006	0.008	0.005	0.005	8.7	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70	0.009
74	本発明	シームレス	0.12	0.5	1.2	0.009	0.006	0.008	0.004	0.004	8.7	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70	0.006
75	本発明	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.007	0.005	0.004	0.004	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.007
76	本発明	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.006	0.008	0.003	0.006	1.0	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	0.007
77	本発明	シームレス	0.10	0.5	0.8	0.008	0.006	0.012	0.004	0.004	-	-	1.2	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.62	0.008
78	本発明	シームレス	0.08	0.5	0.8	0.009	0.004	0.014	0.004	0.004	-	-	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.89	0.008
79	本発明	シームレス	0.06	0.5	0.8	0.008	0.005	0.012	0.003	0.004	-	-	2.8	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.03	0.007
80	本発明	シームレス	0.06	0.5	0.8	0.007	0.005	0.013	0.005	0.003	-	-	3.9	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.12	0.009

注1:ワイヤ全体に対する質量%
 注2:必要に応じて嵩増しのためFe粉も添加

10

20

30

40

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]
			合金成分																		
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM			
81	本発明	シームレス	0.25	0.5	1.6	0.008	0.005	0.010	0.004	0.003	3.2	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-	0.80	0.006
82	本発明	シームレス	0.25	0.5	1.6	0.008	0.005	0.008	0.005	0.004	3.2	-	-	-	0.04	0.003	-	-	-	0.63	0.009
83	本発明	シームレス	0.25	0.5	1.6	0.007	0.005	0.008	0.003	0.004	3.2	0.5	0.8	-	-	-	0.8	-	-	0.92	0.005
84	本発明	シームレス	0.14	0.5	1.2	0.008	0.006	0.007	0.003	0.006	-	-	-	0.02	-	-	0.3	-	-	0.36	0.006
85	本発明	シームレス	0.14	0.5	1.2	0.008	0.005	0.009	0.005	0.005	0.5	-	0.2	-	-	-	1.2	-	-	0.42	0.008
86	本発明	シームレス	0.14	0.5	1.2	0.007	0.005	0.008	0.005	0.004	1.2	0.2	0.1	-	0.05	0.003	2.8	-	-	0.47	0.010
88	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.004	0.012	0.003	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.006
89	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.005	0.007	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.006
90	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.007	0.005	0.008	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.006
91	比較例	シームレス	0.02	0.5	1.2	0.009	0.004	0.008	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.005
92	比較例	シームレス	0.35	0.5	1.2	0.008	0.005	0.009	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57	0.007
93	比較例	シームレス	0.10	0.08	1.2	0.013	0.005	0.008	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.006
94	比較例	シームレス	0.10	1.8	1.2	0.012	0.004	0.008	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	0.006
95	比較例	シームレス	0.12	0.5	0.4	0.007	0.006	0.010	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	0.005
96	比較例	シームレス	0.10	0.5	2.8	0.006	0.005	0.007	0.005	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59	0.007
97	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.024	0.004	0.009	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.006
98	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.004	0.023	0.008	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.005
99	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.004	0.001	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.006
100	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.007	0.006	0.060	0.004	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.007

注1:ワイヤ全体に対する質量%
注2:必要に応じて高増しのためFe粉も添加

【表 1 2】

番号	区分	ワイヤ 形態	ワイヤ全質量に対する質量%(注1)(注2)																	X [質量%]	Y [質量%]
			合金成分																		
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	B	Mg	REM			
101	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.008	0.009	0.011	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.012	
102	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.006	0.007	0.012	0.003	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.009	
103	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.009	0.008	0.013	0.009	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.015	
104	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.006	0.008	0.004	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	1.18	0.006	
105	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.007	0.008	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.94	0.005	
106	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.007	0.004	0.008	0.004	0.005	2.8	-	-	-	-	-	-	-	0.51	0.008	
107	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.010	0.005	0.007	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.020	
108	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.006	0.006	0.006	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.008	
109	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.008	0.004	0.008	0.003	0.004	1.8	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.006	
110	比較例	シームレス	0.10	0.5	1.2	0.009	0.006	0.005	0.003	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.005	
111	比較例	シームレス	0.12	0.5	1.6	0.008	0.004	0.006	0.003	0.003	3.2	1.8	1.5	0.2	-	-	-	-	1.23	0.005	
112	比較例	シームレス	0.07	0.5	0.6	0.008	0.004	0.008	0.004	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19	0.006	
113	比較例	シームレス	0.15	0.5	1.6	0.010	0.005	0.005	0.014	0.010	3.5	1.5	0.5	-	-	-	-	-	0.95	0.019	
114	比較例	シームレス	0.15	0.5	1.6	0.010	0.005	0.005	0.016	0.006	3.5	1.5	0.5	-	-	-	-	-	0.95	0.019	
115	比較例	シームレス	0.15	0.5	1.6	0.010	0.005	0.005	0.008	0.015	3.5	1.5	0.5	-	-	-	-	-	0.95	0.017	

注1:ワイヤ全体に対する質量%
 注2:必要に応じて嵩増しのためFe粉も添加

【 0 0 5 3】

これらの試作ワイヤを表 1 3 の溶接条件で溶接した。溶接は J I S G 3 1 0 6 に定める S M 4 9 0 B 鋼板に図 1 に示す開先を加工して溶接した。

10

20

30

40

50

溶接作業性は、下向き、立向き、上向きの各溶接姿勢でのアーク安定性、スパッタ発生量、ビード形成状態を評価した。溶接途中でアークが不安定になることによるアークの消弧、スパッタ発生量が多く溶接トーチが詰まることでガスシールドが不十分となり大気を巻き込むことによるピットの発生、スラグによる溶融金属の保持が不十分で溶融金属が垂れ落ちることによるビード形成不能など、溶接が不可能となる問題があるものを不良、無いものを合格と判断した。

【 0 0 5 4 】

【 表 1 3 】

溶接条件		シールドガス	入熱(kJ/cm)	溶接速度(cm/分)	電圧(V)	電流(A)	溶接姿勢
下向		Ar+20%CO ₂	16.9	24	25	270	
立向		Ar+20%CO ₂	28.0	9	21	200	
上向		Ar+20%CO ₂	28.0	9	21	200	

【 0 0 5 5 】

機械特性試験は、下向き溶接を行った試験体について評価した。試験体のビード長手方向の中央部を目安に鋸によって二つに切断し、片方は620 × 10時間のPWH Tを行った。それぞれの試験体の板厚中央部からJ I S Z 3 1 1 1に準拠したA 1号引張り試験片と4号シャルピー試験片を採取し、溶接金属の強度と靱性を評価した。なお、その評価は、PWH Tが行われる可能性がある引張強さの溶接金属を対象とし、溶接したままの溶接金属、PWH Tを行った溶接金属の両方が、引張り強さT Sが450以上であり、且つ、-30でのシャルピー衝撃試験で吸収エネルギーが27以上、さらに、溶接したままとPWH Tを行った後のシャルピー衝撃試験で得られる吸収エネルギーの低下が10 J以下であるものを合格とした。

【 0 0 5 6 】

溶接金属の酸素量測定は、下向き溶接をした溶接金属から分析試料を採取し、不活性ガス溶解赤外線吸収法により測定した。酸素量の評価は、Ar + 20% CO₂ ガスを使用したシールドガス溶接を一般のルチル系フラックス入りワイヤで行った際に得られる溶接金属の酸素量 600 ~ 900 質量 ppm と比較して、明確な靱性の改善が見られる 400 質量 ppm 以下のものを合格とした。

その結果を表 14 ~ 表 19 に示す。

【 0 0 5 7 】

【表 1 4】

ワイヤ 番号	区分	溶接作業性			溶接金属の機械特性						溶接金属 酸素量 [ppm]	総合 判定	備考	
		下向	立向	上向	溶接したまま			PWHT後						
					降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]				吸収 エネルギーの 差(注3) [J]
1	本発明	合格	合格	合格	524	645	176	491	587	187	-11	301	合格	
2	本発明	合格	合格	合格	518	634	189	491	573	196	-7	330	合格	
3	本発明	合格	合格	合格	538	656	161	497	597	187	-26	304	合格	
4	本発明	合格	合格	合格	571	694	153	509	616	184	-31	282	合格	
5	本発明	合格	合格	合格	548	658	179	486	587	188	-9	306	合格	
6	本発明	合格	合格	合格	560	670	178	500	596	186	-8	265	合格	
7	本発明	合格	合格	合格	601	703	159	517	622	177	-18	306	合格	
8	本発明	合格	合格	合格	518	611	172	440	542	194	-22	336	合格	
9	本発明	合格	合格	合格	533	634	175	464	558	198	-23	271	合格	
10	本発明	合格	合格	合格	557	674	166	501	597	180	-14	300	合格	
11	本発明	合格	合格	合格	428	523	203	358	469	211	-8	263	合格	
12	本発明	合格	合格	合格	509	605	168	428	548	187	-19	343	合格	
13	本発明	合格	合格	合格	651	786	124	625	734	133	-9	259	合格	
14	本発明	合格	合格	合格	814	951	48	753	881	59	-11	303	合格	
15	本発明	合格	合格	合格	850	1053	32	813	960	38	-6	336	合格	
16	本発明	合格	合格	合格	558	678	178	517	617	189	-11	398	合格	
17	本発明	合格	合格	合格	546	650	173	508	602	179	-6	341	合格	
18	本発明	合格	合格	合格	590	681	186	553	644	193	-7	268	合格	
19	本発明	合格	合格	合格	571	666	175	528	629	187	-12	289	合格	
20	本発明	合格	合格	合格	400	496	209	363	456	213	-4	384	合格	

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

【表 15】

ワイヤ 番号	区分	溶接作業性			溶接金属の機械特性						溶接金属 酸素量 [ppm]	総合 判定	備考	
		下向	立向	上向	溶接したまま			PWHT後						
					降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30°C シャルピー エネルギー [J]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30°C シャルピー エネルギー [J]				吸収 エネルギーの 差(注3) [J]
21	本発明	合格	合格	合格	584	697	174	529	625	187	-13	291	合格	
22	本発明	合格	合格	合格	651	765	149	600	704	152	-3	346	合格	
23	本発明	合格	合格	合格	711	824	111	646	753	124	-13	269	合格	
24	本発明	合格	合格	合格	576	677	126	527	621	129	-3	304	合格	
25	本発明	合格	合格	合格	584	688	110	524	623	116	-6	266	合格	
26	本発明	合格	合格	合格	587	687	197	519	622	211	-14	306	合格	
27	本発明	合格	合格	合格	528	613	204	485	579	229	-25	349	合格	
28	本発明	合格	合格	合格	599	694	191	551	653	199	-8	277	合格	
29	本発明	合格	合格	合格	613	705	198	575	677	188	10	268	合格	
30	本発明	合格	合格	合格	611	715	191	585	682	182	9	313	合格	
31	本発明	合格	合格	合格	827	937	81	808	905	92	-11	324	合格	
32	本発明	合格	合格	合格	683	798	156	627	736	171	-15	337	合格	
33	本発明	合格	合格	合格	723	831	89	708	800	93	-4	252	合格	
34	本発明	合格	合格	合格	790	894	102	718	832	106	-4	259	合格	
35	本発明	合格	合格	合格	816	929	85	783	888	93	-8	261	合格	
36	本発明	合格	合格	合格	540	637	183	485	584	206	-23	301	合格	
37	本発明	合格	合格	合格	581	683	184	542	635	198	-14	272	合格	
38	本発明	合格	合格	合格	796	906	88	772	875	93	-5	269	合格	
39	本発明	合格	合格	合格	850	951	71	804	918	75	-4	325	合格	
40	本発明	合格	合格	合格	646	758	147	627	721	153	-6	259	合格	

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

【表 16】

ワイヤ 番号	区分	溶接作業性			溶接金属の機械特性						溶接金属 酸素量 [ppm]	総合 判定	備考	
		下向	立向	上向	溶接したまま			PWHT後						
					降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]				吸収 エネルギーの 差(注3) [J]
41	本発明	合格	合格	合格	797	904	84	789	888	88	-4	265	合格	
42	本発明	合格	合格	合格	831	949	71	822	934	73	-2	262	合格	
43	本発明	合格	合格	合格	854	1010	48	821	989	51	-3	293	合格	
44	本発明	合格	合格	合格	787	894	65	743	842	64	1	277	合格	
45	本発明	合格	合格	合格	778	876	61	754	851	62	-1	263	合格	
46	本発明	合格	合格	合格	787	891	58	754	854	64	-6	264	合格	
47	本発明	合格	合格	合格	813	925	49	768	876	52	-3	316	合格	
48	本発明	合格	合格	合格	907	1027	48	786	934	46	2	277	合格	
49	本発明	合格	合格	合格	917	1056	45	780	990	48	-3	315	合格	
50	本発明	合格	合格	合格	926	1104	40	918	1059	51	-11	287	合格	
51	本発明	合格	合格	合格	1014	1264	32	963	1187	36	-4	346	合格	
52	本発明	合格	合格	合格	551	656	187	501	597	197	-10	317	合格	
53	本発明	合格	合格	合格	588	697	178	527	634	194	-16	274	合格	
54	本発明	合格	合格	合格	628	726	161	580	685	178	-17	318	合格	
55	本発明	合格	合格	合格	650	753	132	615	712	134	-2	346	合格	
56	本発明	合格	合格	合格	613	706	179	551	652	190	-11	326	合格	
57	本発明	合格	合格	合格	630	731	168	568	677	173	-5	299	合格	
58	本発明	合格	合格	合格	579	678	188	539	640	192	-4	333	合格	
59	本発明	合格	合格	合格	585	687	176	544	644	188	-12	305	合格	
60	本発明	合格	合格	合格	643	742	161	598	694	172	-11	265	合格	

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

【表 17】

ワイヤ 番号	区分	溶接作業性			溶接したまま				溶接金属の機械特性				溶接金属 酸素量 [ppm]	総合 判定	備考
		下向	立向	上向	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	PWHT後		吸収 エネルギーの 差(注3) [J]						
							降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]							
61	本発明	合格	合格	合格	631	724	168	591	696	173	-5	272	合格		
62	本発明	合格	合格	合格	634	733	161	589	692	159	2	260	合格		
63	本発明	合格	合格	合格	682	785	149	644	748	156	-7	323	合格		
64	本発明	合格	合格	合格	676	770	155	648	743	162	-7	255	合格		
65	本発明	合格	合格	合格	669	764	163	652	749	169	-6	321	合格		
66	本発明	合格	合格	合格	704	805	116	699	796	136	-20	332	合格		
67	本発明	合格	合格	合格	694	794	126	690	781	137	-11	261	合格		
68	本発明	合格	合格	合格	689	784	132	671	770	140	-8	295	合格		
69	本発明	合格	合格	合格	670	769	146	667	758	153	-7	300	合格		
70	本発明	合格	合格	合格	745	846	102	730	832	113	-11	323	合格		
71	本発明	合格	合格	合格	789	924	67	768	884	70	-3	322	合格		
72	本発明	合格	合格	合格	798	905	63	784	871	65	-2	303	合格		
73	本発明	合格	合格	合格	821	989	59	833	922	62	-3	261	合格		
74	本発明	合格	合格	合格	602	684	161	587	642	163	-2	285	合格		
75	本発明	合格	合格	合格	603	712	167	598	670	167	0	322	合格		
76	本発明	合格	合格	合格	587	734	159	578	686	162	-3	339	合格		
77	本発明	合格	合格	合格	579	694	163	566	635	168	-5	340	合格		
78	本発明	合格	合格	合格	598	690	155	545	639	158	-3	308	合格		
79	本発明	合格	合格	合格	576	684	153	580	658	159	-6	349	合格		
80	本発明	合格	合格	合格	559	678	158	561	635	160	-2	317	合格		

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

ワイヤ 番号	区分	溶接作業性			溶接金属の機械特性						溶接金属 酸素量 [ppm]	総合 判定	備考	
		下向	立向	上向	溶接したまま			PWHT後						吸収 エネルギーの 差(注3) [J]
					降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]	降伏 強度 [MPa]	引張 強度 [MPa]	-30℃ シャルピー 吸収 エネルギー [J]				
81	本発明	合格	合格	合格	1106	1457	28	1098	1368	32	-4	321	合格	
82	本発明	合格	合格	合格	1087	1246	33	1051	1188	36	-3	315	合格	
83	本発明	合格	合格	合格	1213	1486	29	1187	1403	33	-4	259	合格	
84	本発明	合格	合格	合格	587	656	174	498	604	184	-10	296	合格	
85	本発明	合格	合格	合格	559	682	179	508	624	183	-4	342	合格	
86	本発明	合格	合格	合格	594	702	168	534	653	175	-7	271	合格	
88	比較例	不良	不良	不良				作業性不良のため測定せず					不合格	作業性不良
89	比較例	合格	不良	不良	448	584	89	432	558	95	-6	488	不合格	作業性不良
90	比較例	合格	不良	不良	426	564	148	415	542	156	-8	315	不合格	作業性不良
91	比較例	合格	合格	合格	322	410	243	302	389	256	-13	298	不合格	引張り強さ不足
92	比較例	合格	合格	合格	903	1135	21	870	1087	26	-5	349	不合格	韌性不足
93	比較例	不良	不良	不良				作業性不良のため測定せず					不合格	作業性不良
94	比較例	合格	合格	合格	503	624	25	457	588	26	-1	324	不合格	韌性不足
95	比較例	合格	合格	合格	477	598	120	448	578	121	-1	534	不合格	酸素量過剰
96	比較例	合格	合格	合格				割れ発生のため測定不可					不合格	溶接割れ発生
97	比較例	合格	合格	合格	554	654	23	520	604	25	-2	349	不合格	韌性不足
98	比較例	合格	合格	合格	505	624	19	488	578	23	-4	316	不合格	韌性不足
99	比較例	合格	合格	合格	487	608	71	471	587	73	-2	457	不合格	酸素量過剰
100	比較例	合格	合格	合格	457	597	24	480	571	25	-1	343	不合格	韌性不足

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

【表 19】

ワイヤ番号	区分	溶接作業性			溶接金属の機械特性						溶接金属酸素量 [ppm]	総合判定	備考	
		下向	立向	上向	溶接したまま			PWHT後						
					降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	-30℃シャルピー吸収エネルギー [J]	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]	-30℃シャルピー吸収エネルギー [J]				吸収エネルギーの差(注3) [J]
101	比較例	合格	合格	合格	484	587	184	444	558	123	61	272	不合格	PWHTによる脆化大
102	比較例	合格	合格	合格	443	577	175	425	551	105	70	283	不合格	PWHTによる脆化大
103	比較例	合格	合格	合格	438	557	194	402	525	106	88	336	不合格	PWHTによる脆化大
104	比較例	合格	合格	合格	905	1135	18	954	1098	19	-1	282	不合格	韌性不足
105	比較例	合格	合格	合格	921	1157	24	923	1141	24	0	309	不合格	韌性不足
106	比較例	合格	合格	合格	851	987	21	784	931	23	-2	330	不合格	韌性不足
107	比較例	合格	合格	合格	905	1034	20	879	997	24	-4	340	不合格	韌性不足
108	比較例	合格	合格	合格	984	1104	12	951	1052	13	-1	332	不合格	韌性不足
109	比較例	不良	不良	不良	作業性不良のため測定せず							不合格	作業性不良	
110	比較例	合格	合格	合格	558	591	22	526	574	24	-2	331	不合格	韌性不足
111	比較例	合格	合格	合格	1086	1432	13	1067	1387	15	-2	273	不合格	韌性不足
112	比較例	合格	合格	合格	354	432	222	350	412	224	-2	281	不合格	強度不足
113	比較例	合格	合格	合格	945	1044	71	割れの発生のため測定不可			-	273	不合格	再熱割れ発生
114	比較例	合格	合格	合格	901	1035	76	割れの発生のため測定不可			-	324	不合格	再熱割れ発生
115	比較例	合格	合格	合格	906	1061	74	割れの発生のため測定不可			-	346	不合格	再熱割れ発生

注3:(吸収エネルギーの差)=(溶接したままの溶接金属の吸収エネルギー)-(PWHT後の溶接金属の吸収エネルギー)

【0063】

以上の試験結果から、本発明のガスシールド溶接用フラックス入りワイヤは、全姿勢溶接が可能で、かつ、従来のルチル系フラックス入りワイヤに比べて溶接金属の酸素量を大

10

20

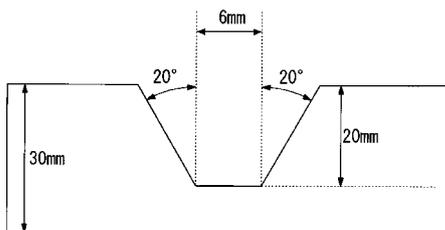
30

40

50

幅に低減できることから靱性が優れる。さらに、本発明のフラックス入りワイヤによって形成された溶接金属はP W H Tを行った後でも脆化が起こらず、優れた靱性を得ることができることから、産業上での利用価値は極めて高い。

【図1】



フロントページの続き

- (72)発明者 児嶋 一浩
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 長谷川 俊永
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 志村 竜一
東京都中央区築地4丁目7番5号 日鐵住金溶接工業株式会社内
- (72)発明者 笹木 聖人
東京都中央区築地4丁目7番5号 日鐵住金溶接工業株式会社内

審査官 宮澤 尚之

- (56)参考文献 特開平07-100692(JP,A)
特開平09-248694(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 35/00 - 35/40