

(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2009-18337

(P2009-18337A)

(43) 公開日 平成21年1月29日(2009.1.29)

(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 F	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-184878 (P2007-184878)	(71) 出願人	000001199 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
(22) 出願日	平成19年7月13日 (2007.7.13)	(74) 代理人	100075409 弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100115082 弁理士 菅河 忠志
		(74) 代理人	100125184 弁理士 二口 治
		(74) 代理人	100125243 弁理士 伊藤 浩彰
		(72) 発明者	石田 斉 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

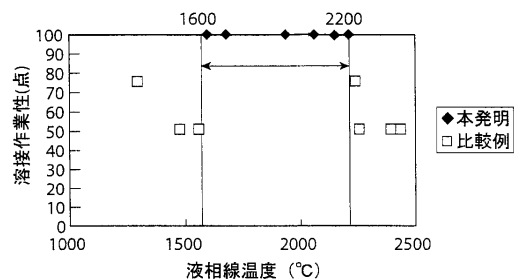
(54) 【発明の名称】 ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】強度として0.2%耐力($\sigma_{0.2}$)で600MPa以上、 -60°C でのVシャルピー衝撃値 vE_{-60} が30J以上を確保できるような溶接金属が実現できると共に、溶接作業性も良好であり、高張力鋼の溶接材料として最適な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】鋼製外皮の中にTiO₂系フラックスを主体とするフラックスを充填してなる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、ワイヤ全質量に対する質量%で、Mgを0.01%以上を含有し、溶接時に形成されるスラグがTiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグであり、このスラグの組成がスラグ全質量に対する質量%で、TiO₂:50%以上、Al₂O₃:1.0~25%、MgO:8~30%であるガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼製外皮の中に TiO_2 系フラックスを主体とするフラックスを充填してなる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、ワイヤ全質量に対する質量%で、 Mg : 0.01% 以上を含有し、溶接時に形成されるスラグが $TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$ 系スラグであり、このスラグの組成がスラグ全質量に対する質量%で、 TiO_2 : 50% 以上、 Al_2O_3 : 1.0 ~ 25%、 MgO : 8 ~ 30% であることを特徴とする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】

前記 $TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$ 系スラグの液相線温度が、1600 ~ 2200 である請求項 1 に記載のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

10

【請求項 3】

前記 $TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$ 系スラグの液相線温度が、1600 ~ 2200 であると共に、固相線温度が 1180 ~ 1420 であり、且つ固液共存温度幅（液相線温度 - 固相線温度）が 340 以上である請求項 1 に記載の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 4】

ワイヤ全質量に対する質量%で、 C : 0.02 ~ 0.15%、 Si : 0.3 ~ 1.4%、 Mn : 1.2 ~ 3.5%、 Ni : 0.2 ~ 3.4%、 Ti : 2.0 ~ 6.0%、 Mg : 0.01 ~ 1.0% および Mo : 0.1 ~ 2.2% を夫々含有するものである請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の高張力鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

20

【請求項 5】

フラックスの充填率が 10 ~ 30 質量%である請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の高張力鋼用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】

本発明は、鋼製外皮の中に TiO_2 を主体とする TiO_2 系（チタニア系）フラックスを充填してなる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、特に溶接作業性が良好であると共に、良好な靱性を発揮する溶接金属を得ることができ、高張力鋼の溶接に最適な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る。

30

【背景技術】

【0002】

船舶や海洋構造物などは、高張力鋼を溶接することによって構築されるが、こうした構造物を構築するには、高強度でしかも良好な靱性（特に低温靱性）を発揮する溶接材料の実現が望まれている。

【0003】

被覆アーク溶接やサブマージアーク溶接の分野では、低温靱性に優れた溶接材料が開発されているが、作業能率や溶接姿勢の点で問題がある。

40

【0004】

一方、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は、ビード外観が良好であることや優れた溶接作業性が得られることが知られている。この溶接作業性については、全姿勢溶接が可能であることが基本になるのであるが、特に「立向上進」の溶接が可能でしかも良好な形状の溶接金属が形成されることも溶接作業性の良否を判断する上で重要な要件となる。

【0005】

ところで、ガスシールドアーク溶接で用いられるフラックス入りワイヤに関しては、チタニア（ TiO_2 ）を主成分とするフラックスを鋼製外皮中に充填したチタニア系フラッ

50

クス入りワイヤが広く使用されている。しかしながら、チタニア系フラックスを充填したフラックス入りワイヤを用いてガスシールドアーク溶接を実施した場合には、溶接金属中の酸素濃度が500～600ppm程度と高くなりやすく、溶接金属の低温靱性が低下しやすいという問題がある。

【0006】

こうしたことから、フラックス入りワイヤに関して、これまでも溶接金属の機械的特性（特に、低温靱性）と溶接作業性の両立を目指して様々な溶接材料の開発が行われている。

【0007】

こうした技術として、例えば特許文献1には、塩基性フラックス入りワイヤにおいて、フラックスによって形成されるスラグをTiO₂-CaF₂系とし、Mg, Si, Mnその他の金属の酸化物を添加することによって、溶接作業性と機械的特性でKS（韓国国家規格）およびAWS（米国溶接協会）の規格を満足し得ることが示されている。またこの技術では、ワイヤ全質量に対して0.2～1.5%のAl₂O₃を含有させることにより、スラグ凝固点を上昇させ、溶滴を微細化させてスプレーアーク移行を形成させることによって溶接作業性が良好になり得ることも示唆されている。

10

【0008】

また特許文献2には、引張強度TSが490MPa級の鋼材を溶接する際に用いるチタニア系フラックス入りワイヤとして、フラックス中にSiO₂やAl₂O₃を添加することによって、溶接部（溶接金属）の残留応力を低減し、疲労強度を向上させ得ることが示されている。また、この技術ではワイヤ全質量に対して0.2～0.9%のAl₂O₃を含有させることによりスラグの融点を上げ、スラグの凝固を早めて溶融金属の垂れを防止することによって溶接作業性が良好になり得ることも示唆されている。

20

【0009】

更に、特許文献3には、ガスシールドアーク溶接に適用するチタニア系フラックス入りワイヤにおいて、TiO₂と共に、MgOとFeOのうちの1種以上、およびSiO₂, MnOを併用してフラックス中に添加することによって、溶接作業性と機械的特性（抗張力：約580MPa以上、0でのVシャルピー衝撃値vE₀が約150J以上）のいずれも良好な溶接金属が得られることが示されている。また、この技術ではワイヤ全質量に対して0.1～1.0%のAl₂O₃を含有させることによってスラグの流動性、剥離性を改善したり、スパッタ量を調整し得ることが開示されている。

30

【特許文献1】特開2003-154487号公報

【特許文献2】特開2002-307189号公報

【特許文献3】特開平7-314182号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記各種技術の開発によって、溶接金属の靱性が比較的良好な溶接構造物が得られたのであるが、溶接構造物には更に高強度および高靱性の溶接金属が得られるようなフラックス入りワイヤが望まれているのが実情である。即ち、溶接母材（被溶接材）として用いられる高張力鋼との強度バランス上、強度として0.2%耐力（ $\sigma_{0.2}$ ）で600MPa以上、-60でのVシャルピー衝撃値vE₆₀が30J以上を確保できるような溶接金属の実現が望まれている。しかしながら、これまで提案されている技術では、そのような高強度・高靱性の溶接金属が得られるようなガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤが実現できていないのが実情である。

40

【0011】

本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、強度として0.2%耐力（ $\sigma_{0.2}$ ）で600MPa以上、-60でのVシャルピー衝撃値vE₆₀が30J以上を確保できるような溶接金属が実現できると共に、溶接作業性も良好であり、高張力鋼の溶接材料として最適な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

50

ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成することのできた、本発明に係るガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤとは、鋼製外皮の中にTiO₂系フラックスを主体とするフラックスを充填してなる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、ワイヤ全質量に対する質量%で、Mg：0.01%以上を含有し、溶接時に形成されるスラグがTiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグであり、このスラグの組成がスラグ全質量に対する質量%で、TiO₂：50%以上、Al₂O₃：1.0~25%、MgO：8~30%である点に要旨を有するものである。

10

【0013】

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おいては、前記TiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグの液相線温度が、1600~2200であることが好ましく、特にこの液相線温度が、1600~2200であると共に、固相線温度が1180~1420であり、且つ固液共存温度幅(液相線温度-固相線温度)が340以上であることがより好ましい要件である。

【0014】

本発明に係るガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤの化学成分組成については、特に限定されないが、ワイヤ全質量に対する質量%で、C：0.02~0.15%、Si：0.3~1.4%、Mn：1.2~3.5%、Ni：0.2~3.4%、Ti：2.0~6.0%、Mg：0.01~1.0%およびMo：0.1~2.2%を夫々含有するものであることが好ましい。またフラックスの充填率は10~30質量%程度が適切である。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明のフラックス入りワイヤでは、フラックス入りワイヤ中のMgおよびAlの含有量を適切に調整すると共に、溶接時に主にフラックスによって形成されるTiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグの化学成分組成を適正に制御することによって、良好な特性を有する溶着金属を主構成部分とする溶接金属の靱性を著しく改善できると共に、良好な溶接作業性も確保できた。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

高強度化と低温靱性とは、相反する特性であり(強度を上げると靱性が低下する)、これらの両特性を兼ね備えることは困難であった。本発明者らは、溶接作業性が比較的良好とされるチタニア系フラックス入りワイヤにおいて、上記両特性を改善するために様々な角度から検討してきた。

【0017】

その研究の一環として、フラックス入りワイヤの全体としての化学成分組成を適切に調整すると共に、フラックスへ所定量のMgOを添加することによって、TiO₂の酸素に対する活量を低下させることができること、およびこれによってワイヤ全体としてのTi含有量を増加させても、最終的に溶着金属に移行する酸素濃度を低減することができて溶着金属中の介在物(酸化物)を低減することができ、その結果として良好な特性の溶着金属を主構成部分とする溶接金属の靱性を著しく改善できることを見出し、その技術的意義が認められたので先に出願している(特願2006-338941号)。

40

【0018】

上記技術によって、強度および靱性の両特性が改善されると共に、溶接作業性も良好となるチタニア系フラックス入りワイヤが実現できたのであるが、MgOを比較的多く含むことは、チタニア系フラックス入りワイヤの基本的特性である溶接作業性が若干低下することがあることが判明した。

【0019】

50

本発明者らは、先に改善した技術における中心的構成を維持しつつ、溶接作業性を更に改善するため、特にチタニア系フラックス成分（特に、溶接後のスラグ成分）が溶接作業性に与える影響について更に検討を重ねた。その結果、ワイヤ全質量に対する質量%でMg : 0.01%以上を含有させると共に、溶接時に主にフラックスによって形成されるTiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグの組成を適切は範囲となるように制御し、スラグの液相線温度、固相線温度および固液共存温度幅（液相線温度 - 固相線温度）を所定の範囲内となるようにすれば、強度および韌性に影響を与えることなく、溶接作業性が良好に改善されることを見出し、本発明を完成した。

【0020】

本発明のフラックス入りワイヤにおいては、Mgの含有量をワイヤ全質量に対する質量%で0.01%以上含有させる必要があるが、これらの範囲を特定した理由は下記の通りである。

10

【0021】

[Mg : 0.01%以上]

Mgには脱酸効果があり、Mg含有量（ワイヤ全体に対する質量%）が0.01%未満では、脱酸効果が不足して溶接金属の韌性が低下することになる。こうした効果は、その含有量が増加するにつれて増大するが、Mg含有量が過剰になると溶接時のヒューム量が増加して溶接作業性が低下するので、1.0%以下とすることが好ましい。尚、Mg含有量の好ましい下限は0.1%であり、より好ましい上限は0.8%である。

【0022】

本発明のフラックス入りワイヤにおいては、フラックスによって形成されるスラグがTiO₂-Al₂O₃-MgO系スラグの組成を適切な範囲となるように制御する必要があるが、この範囲を特定した理由は下記の通りである。

20

【0023】

[TiO₂ : 50%以上（スラグ全質量に対する質量%）]

本発明のフラックス入りワイヤにおけるフラックス成分は、少なくともTiO₂を主成分として含むものであるが、このTiO₂の含有量も適切な範囲にする必要がある。即ち、スラグ中のTiO₂含有量が少なくなれば、TiO₂系フラックス入りワイヤとしての作用（主に溶接作業性）が発揮されにくくなる。こうした観点からして、スラグ中のTiO₂含有量は、スラグ全質量に対する質量%で50%以上とする必要がある。

30

【0024】

[Al₂O₃ : 1.0 ~ 25%（スラグ全質量に対する質量%）]

スラグ中のAl₂O₃は、スラグの粘性を適切に調整すると共に、溶接作業性を確保する上でも有効な成分であり、こうした観点からスラグ中のAl₂O₃含有量はスラグ全質量に対する質量%で1.0%以上とする必要がある。しかしながら、スラグ中のAl₂O₃含有量が過剰になると、溶接作業性が低下するので25%以下とする必要がある。

【0025】

[MgO : 8 ~ 30%（スラグ全質量に対する質量%）]

本発明のフラックス入りワイヤでは、フラックスへMgOを添加することによって、フラックス中のTiO₂活量を低下させ、これによって溶着金属中の酸素濃度を低下させることができる。こうした現象を進行させることによって、溶着金属中の介在物（酸化物系介在物）を低減させ、特に低温韌性の良好な（具体的には、-60℃でのVシャルピー衝撃値vE₆₀が30J以上）溶接金属が実現できることになる。こうした効果（酸素濃度低減効果）は、スラグ中のMgO含有量が8%以上で有効に発揮されるが、溶接作業性の観点からすれば、酸素低減効果に相反して悪化することになる。少なくとも溶接作業性を確保するという観点からして、スラグ中のMgO含有量は30%以下とする必要がある。

40

【0026】

本発明のフラックス入りワイヤでは、スラグ中のTiO₂、Al₂O₃およびMgOの含有量を適切に規定することによって、溶接作業性に優れたものとなるのであるが、スラグ中のTiO₂含有量[TiO₂]とMgO含有量[MgO]が下記(1)式の関係を満たす

50

ることも好ましい要件となる。

$[TiO_2] / [MgO] = 4.7 \dots (1)$

但し、 $[TiO_2]$ および $[MgO]$ は、スラグ中に含まれる TiO_2 および MgO の含有量（スラグ全質量に対する質量％）

【0027】

上記した作用（酸素濃度低減効果）は、 MgO 含有量が多いほど有効に発揮されるが、溶接作業性の観点からすれば、酸素低減効果に相反して悪化することになる。こうした観点からこれらの含有量は上記のように調整する必要があるが、少なくとも溶接作業性を確保するという観点からして、これらの含有量の比 $[TiO_2] / [MgO]$ を 4.7 以上とすることが好ましい。しかしながら、 TiO_2 に対する MgO 含有量の割合が少なくなると、溶接作業性は良好であるが、酸素低減効果が却って低下して溶接金属の靱性が劣化するので、 TiO_2 / MgO は 16.9 となる程度までとすることが好ましい。また TiO_2 / MgO の好ましい下限は 8.0 程度である。

10

【0028】

本発明のフラックス入りワイヤでは、ワイヤ中の Mg 含有量、およびスラグ中の TiO_2 、 Al_2O_3 並びに MgO の含有量が上記の範囲内に設定されていれば、その目的を達成することができるのであるが、フラックス成分としては TiO_2 および MgO 以外に他の酸化物（例えば、 SiO_2 、 B_2O_3 、 CaO 、 K_2SiF_6 、 ZrO_2 、 K_2O 、 Na_2O 等の造滓剤やアーク安定剤）も含み得るものである。

【0029】

20

本発明のフラックス入りワイヤでは、上記のような要件を満足することによって、良好な溶接作業性が確保できたのであるが、こうした効果が得られる理由について検討したところ、上記のように制御した $TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$ 系スラグでは、スラグの液相線温度、固相線温度および固液共存温度幅（液相線温度 - 固相線温度）が適切な範囲に調整され、これらが溶接作業性に好ましい結果をもたらしているものと思われた。このうち、液相線温度が所定の範囲となることが特に好ましい結果をもたらすものと考えられる。これらの好ましい範囲、これらに関して得られた知見は下記の通りである。

【0030】

[スラグの液相線温度：1600～2200]

スラグの液相線温度は、立向上進溶接の作業性に影響を及ぼし、スラグの液相線温度がある程度高い状態では、溶着金属における溶融金属部分よりも先にスラグの凝固が進行し、溶着金属部の溶融金属がスラグの凝固殻で覆われて保持される。こうした現象によって、立向上進溶接の場合に、溶着金属部の溶融金属が垂れでしまうことが防止できることになる。こうした観点から、スラグの液相線温度は 1600 以上であることが好ましい。

30

【0031】

しかしながら、スラグの液相線温度が高くなり過ぎると、スラグが早く固まり過ぎて、溶着金属部の溶融金属部分上にスラグが均一に広がらなくなり、溶接ビード表面に凹凸が発生し、溶接作業性とスラグ剥離性が悪くなる。こうした観点から、スラグの液相線温度は 2200 以下であることが好ましい。

【0032】

40

[スラグの固相線温度：1180～1420]

スラグの固相線温度は、上記液相線温度と同様に、立向上進溶接の作業性に影響を及ぼし、スラグの固相線温度が高くなり過ぎると、溶着金属部における溶融金属部分よりも先にスラグの凝固が進行し、溶着金属部の溶融金属部分上にスラグが均一に広がらなくなり、溶接ビード表面が凹凸状になり、溶接作業性とスラグ剥離性が悪くなる。逆に、固相線温度が低くなり過ぎると、スラグが完全に凝固しにくくなって、スラグが垂れ易くなり、立向上進溶接の場合に溶着金属部における溶融金属が垂れてしまうことが防止できなくなる。こうした観点から、スラグの固相線温度は 1180～1420 の範囲内であることが好ましい。

【0033】

50

[スラグの固液共存温度幅：340 以上]

スラグの固液共存温度幅は溶接作業の安定性に影響し、温度幅が広くなると、温度変化の影響を受けにくくなり、溶接時に多少の温度変化が起こっても、スラグの凝固状態が変化しにくくなるため、溶接作業性が安定することになる。逆に、温度幅が狭くなると、凝固進行が温度変化に敏感になって、溶接作業が不安定となる。こうした観点からして、この温度幅は340 以上であることが好ましい。

【0034】

尚、上記液相線温度、固相線温度および固液共存温度幅は、計算力学研究センター製、熱力学ソフト「Fact Sage」（商品名）を使用して計算することができる。また、液相線温度は液相率が100%の状態、固相線温度は液相率が0%の状態を意味する。

10

【0035】

本発明のフラックス入りワイヤは、上記のようなフラックスを鋼製外皮内に充填することによって構成されるのであるが、フラックスの充填率（以下、「フラックス充填率」と呼ぶ）も適切な範囲にすることが好ましい。フラックス充填率は10～30質量%程度が適切である。フラックス充填率が10質量%未満では、必要な合金元素の添加がフラックスのみから添加することが困難になり、それら元素を外皮から添加することは原材料のコストアップとなり、また合金元素の添加による外皮強度の増加で伸線性の劣化を招くことになる。またフラックス充填率が30質量%を超えると、外皮が薄くなり、断線しやすくなって伸線性の劣化を招くことになる。フラックス充填率の好ましい下限は12質量%程度であり、好ましい上限は20質量%程度である。

20

【0036】

尚、上記フラックス充填率は、下記の式によって定義される値である。

フラックス充填率（質量%）＝{（フラックスの質量）／（フラックス入りワイヤ全体の質量）}×100

【0037】

本発明に係る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は、AlおよびMgが上記した範囲で含有する必要があるが、基本成分であるC、Si、Mn、Ni、TiおよびMo等の含有量（ワイヤ全質量に対する質量%）を適切に規定することも好ましい。これらの成分の含有量の好ましい範囲限定理由は下記の通りである。尚、これらの成分は、ワイヤ全体としての含有量が溶着金属の特性に影響を与えるものであり、同一の成分はその形態（金属もしくは酸化物）を問わずその合計量を意味する。例えば、TiやMgについては、酸化物の形態としても含有するものであるが、下記含有量は酸化物を形成する金属元素量をも含めた値である。

30

【0038】

[C：0.02～0.15%]

Cは、溶接金属（上記溶着金属と母材の一部が融合して「溶接金属」を形成する）の強度を確保する上で重要な元素である。0.2%耐力（ $\sigma_{0.2}$ ）で600MPa以上を確保するためには、C含有量は0.02%以上とすることが好ましい。しかしながら、C含有量が過剰となると、強度過多となって低温割れ感受性が高くなるので、0.15%以下とするのがよい。尚、C含有量のより好ましい下限は0.04%であり、より好ましい上限は0.08%である。

40

【0039】

[Si：0.3～1.4%]

Siは、脱酸剤として機能し、溶接金属の強度確保と酸素低減に有効な元素である。こうした効果を発揮させるためには、Si含有量は0.3%以上とすることが好ましい。しかしながら、Si含有量が過剰になって1.4%を超えると、溶着金属の粘性が高くなって溶接作業性が低下することになる。尚、Si含有量のより好ましい下限は0.4%であり、より好ましい上限は0.9%である。

【0040】

[Mn：1.2～3.5%]

50

Mnは、溶接金属の強度確保と酸素低減に有効な元素である。Mn含有量が1.2%未満では、脱酸不足となって溶接金属の強度・靱性が確保できなくなる。一方、Mn含有量が3.5%を超えて過剰になると、強度が高くなって低温割れ感受性が高くなる。尚、Mn含有量の好ましい下限は1.7%であり、好ましい上限は2.9%である。

【0041】

[Ni: 0.2 ~ 3.4%]

Niは、溶接金属の強度と靱性を確保する上で重要な元素である。Ni含有量が0.2%未満では、十分な靱性改善効果が発揮されず、3.4%を超える高温割れ感受性が高くなる。尚、Ni含有量の好ましい下限は1.7%であり、好ましい上限は2.4%である。

10

【0042】

[Ti: 2.0 ~ 6.0%]

Tiは、脱酸効果を有する元素であり、また結晶粒の微細化に有効な元素である。これらの効果を発揮させるためには、Ti含有量は2.0%以上とすることが好ましい。しかしながら、Ti含有量が過剰になると強度が高くなり過ぎると共に、スラグ発生量が多くなって溶接作業性が低下することになる。尚、Ti含有量のより好ましい下限は3.3%であり、より好ましい上限は4.0%である。

【0043】

[Mo: 0.1 ~ 2.2%]

Moは、溶接金属の強度を確保する上で有用な元素である。Mo含有量が0.1%未満では、十分な強度を確保することができず、2.2%を超えると著しく硬化して靱性が却って低下することになる。尚、Mo含有量のより好ましい下限は0.2%であり、より好ましい上限は1.0%である。

20

【0044】

本発明のフラックス入りワイヤにおいて、ワイヤ全体に対する元素含有量は、基本的にフラックス中の酸化物に含まれる金属元素量、および鋼製外皮中に含まれる含有量等に影響されることとなるのであるが、フラックス中に含み得る酸化物量や充填率、および鋼製外皮中に含み得る元素量などの制約からして、フラックス中の酸化物中の金属元素量や鋼製外皮中に含まれる含有量だけではワイヤ全体の元素含有量を調整しにくい場合がある。特に、本発明のフラックス入りワイヤにおけるTi含有量は、酸化物中の元素含有量や鋼製外皮中の含有量だけでは調整しにくいことがある。このような場合には、フラックス中にTi, Al, Mgの金属粉末を添加することによって、ワイヤ全体としてのTi含有量、Al含有量およびMg含有量を調整することができる。

30

【実施例】

【0045】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0046】

[実施例1]

まず、軟鋼製フープ(鋼製外皮: HT80相当鋼)を円筒状に曲げながら、各種酸化物(TiO₂, MgO, Al₂O₃, SiO₂, ZrO₂その他: 下記表2参照)および鉄粉並びに合金粉を下記表2となるように配合したフラックスを充填し、次に伸線加工を行い、フラックス充填率: 13.5%、ワイヤ径: 1.2mmのフラックス入りワイヤを作製した。こうした構成を基本とし、鋼製外皮の化学成分を調整したものを用いたり、フラックス中に金属粉末を混合したものをを用いることによって、ワイヤ全体としての各元素含有量を調整した各種フラックス入りワイヤを作製した。作製した各フラックス入りワイヤの化学成分組成を下記表1(ワイヤ全体に対する割合)、フラックス中の酸化物の配合割合(ワイヤ全体に対する質量%)を下記表2に夫々示す。

40

50

【 0 0 4 7 】

【 表 1 】

試験 No.	フラックス入りワイヤの化学成分組成* (質量%)										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Ti	Al	Mg	
1	0.036	0.31	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	4.0	0.01	0.46	
2	0.039	0.61	2.1	0.008	0.003	1.7	0.1	2.7	0.01	0.46	
3	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
4	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
5	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
6	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
7	0.038	0.61	2.1	0.008	0.003	1.7	0.1	2.7	0.01	0.46	
8	0.038	0.61	2.1	0.008	0.003	1.7	0.1	2.7	0.01	0.46	
9	0.038	0.61	2.1	0.008	0.003	1.7	0.1	2.7	0.01	0.46	
10	0.038	0.61	2.1	0.008	0.003	1.7	0.1	2.7	0.01	0.46	
11	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
12	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
13	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.11	0.46	
14	0.038	0.61	2.1	0.007	0.003	1.7	0.1	2.7	0.02	0.46	

* 残部:フラックス成分(表2)、およびP、S以外の不可避的不純物

【 0 0 4 8 】

【表 2】

試験 No.	ワイヤ中のフラックスの化学成分組成(質量%:ワイヤ全体に対する割合)											[TiO ₂] /[MgO]	フラックス充填率 (質量%)
	TiO ₂	ZrO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	K ₂ SiF ₆	K ₂ O	Na ₂ O			
1	6.50	0.01	0.31	0	0.05	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
2	4.51	0.04	0.29	0.5	0.05	0.027	0.01	0.30	0.02	0.04	9.0	13.5	
3	4.51	0.04	0.29	0	0.41	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
4	4.51	0.04	0.29	1.5	0.81	0.026	0	0.30	0.02	0.04	3.0	13.5	
5	4.51	0.04	0.29	2.0	1.2	0.026	0	0.30	0.02	0.04	2.3	13.5	
6	4.51	0.04	0.29	2.5	1.6	0.026	0	0.30	0.02	0.04	1.8	13.5	
7	4.51	0.04	0.30	2.0	0.05	0.028	0.03	0.30	0.02	0.04	2.2	13.5	
8	4.51	0.04	0.30	0	0.05	0.028	24	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
9	4.51	0.04	0.30	0	0	0	0	0.30	0	2.9	-	13.5	
10	4.51	0.04	0.30	0	0	0	0	0.30	3.2	0	-	13.5	
11	4.51	0.04	0.29	0	2.0	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
12	4.51	0.04	0.29	0	2.6	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
13	4.51	0.04	0.29	0	3.2	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	
14	4.51	0.04	0.29	0	4.5	0.026	0	0.30	0.02	0.04	-	13.5	

10

20

30

40

【0049】

作製した各フラックス入りワイヤを用い、下記の条件にて溶接を行い、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)およびシャルピー衝撃試験片(JIS Z3111 A4号)を採取し、各試験を行って0.2%耐力(σ_{0.2})および-60℃の低温でのVシャルピー衝撃値(V E₆₀)を測定した。

【0050】

[溶接条件]

50

姿勢：立向上進

シールドガス：80% Ar + 20% CO₂ (ガス流量：25 L / 分)

溶接電流：220 A

溶接電圧：22 ~ 24 V

溶接速度：14 cm / min

開先形状：T隅肉

ウイーピング幅：7 mm

予熱・パス間温度：150

入熱量：1.7 kJ / mm

供試鋼板 (溶接母材)：JIS G 3128 SHY685 (C：0.30%、Mn 10
：1.40%、P：0.010%、S：0.005%、Cu：0.002%、Ni：1.
20%、Cr：0.30%、Mo：0.10%、V：0.07%、B：0.003%；残
部鉄および不可避不純物)

母材形状料：厚さ12 mm × 幅100 mm × 長さ300 mm

【0051】

溶接後のフラックス成分組成 (スラグの成分組成)、液相線温度、固相線温度および固
液共存温度幅を下記表3に示す。

【0052】

【表 3】

試験 No.	スラグの化学成分組成(質量%:スラグ全体に対する割合)											液相線温 度(°C)	固相線温度 (°C)	固液共存 温度幅(°C)
	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	ZrO ₂	B ₂ O ₃	K ₂ SiF ₆				
1	74.0	4.0	1.0	12.0	9.0	0	0	0.2	0.4	4.1		1680	1220	460
2	70.0	5.0	1.0	10.0	14.0	0	0	0.7	0.5	5.2		1600	1260	340
3	72.5	4.9	5.0	9.1	8.3	0.2	0	0.7	0.5	5.3		1940	1180	760
4	67.5	4.9	10.1	9.1	8.3	0.2	0	0.5	0.3	4.0		2060	1200	860
5	62.4	4.9	15.1	9.1	8.3	0.2	0	0.5	0.3	3.5		2140	1180	960
6	57.4	4.9	20.1	9.1	8.3	0.2	0	0.4	0.3	3.2		2200	1180	1020
7	53.0	8.0	1.0	7.0	31.0	0	0	0.6	0.4	4.1		1560	1420	140
8	32.5	10.4	0.7	14.4	17.6	23.6	0.4	0.1	0.1	1.0		1480	1180	300
9	40.6	16.9	0.6	13.1	12.3	12.0	0.9	0.5	0	0		1300	1000	300
10	41.9	16.4	0.7	12.5	11.4	12.8	3.4	0.5	0	0		1300	1180	120
11	52.4	4.9	25.2	9.1	8.3	0.2	0	0.6	0.4	4.1		2240	1200	1040
12	47.3	4.9	30.2	9.1	8.3	0.2	0	0.5	0.3	3.8		2260	1240	1020
13	37.9	4.5	39.8	8.1	9.6	0.2	0	0.5	0.3	3.6		2400	1580	820
14	24.2	4.0	55.8	7.3	8.5	0.2	0	0.4	0.3	3.1		2440	1580	860

【0053】

また溶接時の溶接作業性についても評価した。溶接作業性の評価は、立向上進が可能で溶接後の溶着金属表面が滑らかな場合を良好(100点と評価)、立向上進が可能である

10

20

30

40

50

が溶接後の溶着金属表面に大きな凹凸が発生する場合はやや不良（75点と評価）、スラグおよび溶融金属（溶滴）が垂れ落ちて溶接ができない場合を不良（50点と評価）とした。

【0054】

測定結果（ $\sigma_{0.2}$ 、 $vE_{.60}$ および溶接作業性）を、溶着金属の化学成分組成と共に下記表4に一括して示す（評価基準： $\sigma_{0.2}$ 600MPa、 $vE_{.60}$ 30Jで合格）。尚、表4には、不活性ガス融解法によって求めた溶着金属中の酸素濃度についても示した。

【0055】

【表 4】

試験 No.	溶着金属の化学成分組成(質量%)														$\sigma_{0.2}$ (MPa)	vE-60 (J)	溶接作業 性(点)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Al	B	O	N			
1	0.05	0.31	1.37	0.010	0.007	1.78	0.03	0.10	0.06	0.02	0.003	0.0036	0.047	0.0048	619	50	100
2	0.05	0.52	1.46	0.007	0.007	1.86	0.02	0.12	0.05	0.02	0.002	0.0039	0.044	0.0043	652	46	100
3	0.04	0.44	1.43	0.006	0.008	1.70	0.02	0.12	0.05	0.02	0.006	0.0045	0.065	0.0064	616	35.5	100
4	0.04	0.28	1.67	0.005	0.007	1.64	0.02	0.11	0.05	0.01	0.007	0.0037	0.047	0.0045	603	96.2	100
5	0.05	0.79	1.77	0.006	0.007	1.84	0.03	0.12	0.35	0.03	0.15	0.0062	0.044	0.0042	752	2.7	100
6	0.05	0.81	1.63	0.006	0.008	1.76	0.03	0.12	0.21	0.03	0.16	0.0060	0.047	0.0043	874	3.8	100
7	0.05	0.46	1.70	0.009	0.006	1.83	0.03	0.11	0.06	0.02	0.002	0.0030	0.039	0.0037	703	66	50
8	0.06	0.24	1.75	0.007	0.008	1.93	0.03	0.12	0.05	0.02	<0.002	0.0030	0.039	0.0051	691	101	50
9	0.05	0.27	1.31	0.007	0.013	1.86	0.02	0.13	0.02	0.01	<0.002	0.0014	0.050	0.0046	570	52	75
10	0.05	0.25	1.46	0.007	0.010	1.80	0.02	0.13	0.03	0.01	<0.002	0.0011	0.044	0.0042	552	54	75
11	0.05	0.59	1.53	0.006	0.009	1.80	0.02	0.11	0.09	0.02	0.023	0.0042	0.064	0.0043	736	19	75
12	0.05	0.60	1.60	0.006	0.007	1.73	0.02	0.10	0.10	0.01	0.040	0.0041	0.063	0.0050	759	13	50
13	0.05	0.60	1.60	0.006	0.007	1.73	0.02	0.10	0.10	0.01	0.040	0.0041	0.063	0.0050	759	13	50
14	0.06	0.64	1.71	0.007	0.009	1.86	0.03	0.11	0.09	0.01	0.050	0.0040	0.066	0.0045	756	14	50

このデータに基づき、スラグの液相線温度と溶接作業性の関係を図1に示す。スラグの固相線温度と溶接作業性の関係を図2に示す。固液共存温度幅と溶接作業性の関係を図3に示す。

【0057】

この結果から明らかなように、本発明で規定する要件を満足するもの（試験No. 1～6）では、強度および靱性のいずれも良好な溶着金属が得られており、しかも溶接作業性も良好であることが分かる。また良好な溶接作業性を実現するためには、スラグの液相線温度、固相線温度、固液共存温度幅を適切は範囲に制御することが好ましいことが分かる。

【0058】

これに対して本発明で規定する要件にいずれかを欠くもの（試験No. 7～14）では強度的には満足していても、靱性および溶接作業性の少なくともいずれかの性能が劣化していることが分かる。

【図面の簡単な説明】

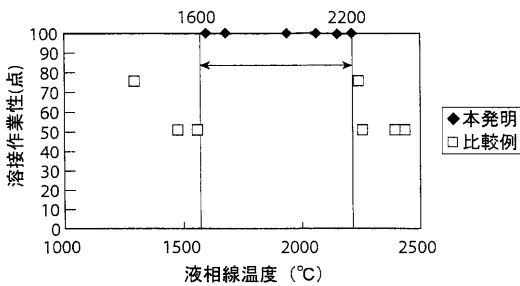
【0059】

【図1】スラグの液相線温度と溶接作業性の関係を示すグラフである。

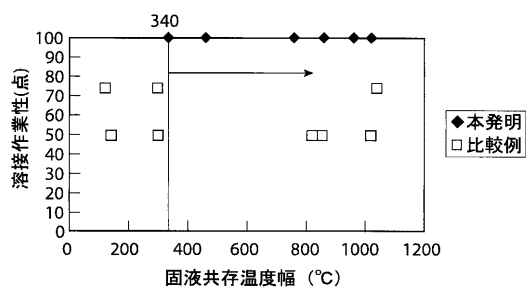
【図2】スラグの固相線温度と溶接作業性の関係を示すグラフである。

【図3】固液共存温度幅と溶接作業性の関係を示すグラフである。

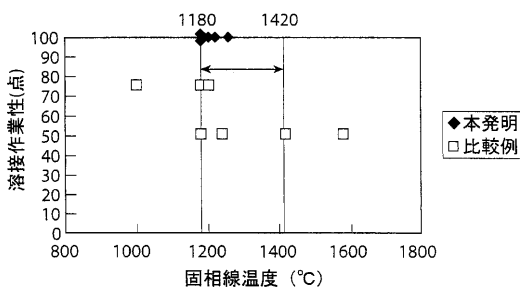
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 日 高 武史

神奈川県藤沢市宮前字裏河内 1 0 0 番 1 株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

(72)発明者 末永 和之

神奈川県藤沢市宮前字裏河内 1 0 0 番 1 株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

(72)発明者 岡崎 喜臣

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

Fターム(参考) 4E084 AA02 AA03 AA04 AA07 AA08 AA09 AA11 AA12 AA18 BA03

BA04 BA05 BA06 BA09 BA11 BA18 CA03 CA23 DA10 EA06

GA03 HA06