

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/164207 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 35/368 (2006.01) *B23K 35/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011339
- (22) 国際出願日: 2017年3月22日(22.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-062574 2016年3月25日(25.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 菊地 和幸(KIKUCHI Kazuyuki). 川崎 浩之(KAWASAKI Hiroyuki). 村西 良昌(MURANISHI Yoshimasa).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FLUX-CONTAINING WIRE FOR GAS SHIELD ARC WELDING

(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) Abstract: The TiO_2 content, Ni content, Mo content, C content, total Si and Si oxide (in terms of Si) content, ZrO_2 content, Mn content, Al content, NaF content, total B and B oxide (in terms of B) content, Mg content, MgO content, total non-NaF Na compound (in terms of Na) and K compound (in terms of K) content, and non-NaF F compound (in terms of F) content are within a specific range relative to the total mass of a wire. The expression $5.00 \leq [\text{TiO}_2]/[\text{Al}] \leq 70.00$ holds, where $[\text{TiO}_2]$ is the TiO_2 content and $[\text{Al}]$ is the Al content.

(57) 要約: ワイヤ全質量あたり、 TiO_2 、Ni、Mo、C、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計、 ZrO_2 、Mn、Al、NaF、B及びB酸化物のB換算量の合計、Mg、MgO、NaF以外のNa化合物のNa換算量とK化合物のK換算量との合計、NaF以外のF化合物のF換算量、が所定の範囲であるとともに、 TiO_2 の含有量を $[\text{TiO}_2]$ 、Alの含有量を $[\text{Al}]$ とした場合、 $5.00 \leq [\text{TiO}_2]/[\text{Al}] \leq 70.00$ を満たす。



WO 2017/164207 A1

明 細 書

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 技術分野

[0001] 本発明は、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] 従来から、溶接作業を高能率に行うために、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が様々な分野で行われている。

例えば、特許文献1では、溶接での入熱量が $30 \sim 50 \text{ kJ/cm}$ のような大入熱溶接において良好な溶接作業性を保ち、立向上進溶接で良好なビードを形成し、かつ良好な機械的性質の溶接金属を得ることができるガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤが開示されている。

[0003] しかしながら、特許文献1に係る技術は、Mgを添加することが必須となっており、フラックス入りワイヤの耐吸湿性に関して検討されておらず、フラックス入りワイヤの保管時に水分が増加してしまう。

[0004] フラックス入りワイヤの耐吸湿性の改善をする技術については、これまでも様々な技術が創出されており、例えば、特許文献2に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2015-205304号公報

特許文献2：日本国特開2009-255168号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 一般に、溶接金属中には水素が存在するが、その量が多くなると、低温割れが発生しやすくなる。しかしながら、従来のフラックス入りワイヤは保管時に吸湿してしまい、溶接金属中の水素量が増加するという問題点がある。これは、フラックス入りワイヤに内包されているフラックスが空気中の水分を吸湿するためである。

[0007] 特許文献1に係る技術は、フラックス入りワイヤ中の原料にMgを添加することが必須となっており、耐吸湿性が劣っている。

一方、特許文献2に係る技術は、フラックス入りワイヤ中の水分量を抑制するために、鋼製外皮において継ぎ目をなくすだけでなく、フラックス入りワイヤを直径が10.0mm以下となるまで縮径させた後、700℃以上1000℃以下の温度で焼鈍させている。

[0008] しかしながら、特許文献1、2に係る技術では、大入熱溶接での溶接作業性、得られる溶接金属の機械的性質、更には、フラックス入りワイヤの耐吸湿性について、これらを同時に良好なレベルに到達させることは困難である。

[0009] そこで、本発明は、大入熱溶接での溶接作業性が優れるとともに、得られる溶接金属の機械的性質が優れ、かつ、フラックス入りワイヤの耐吸湿性が良好なフラックス入りワイヤを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] すなわち、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は、ワイヤ全質量あたり、 TiO_2 ：4.0質量%以上10.0質量%以下、 Ni ：0.2質量%以上2.0質量%以下、 Mo ：0.01質量%以上0.50質量%以下、 C ：0.01質量%以上0.10質量%以下、 Si 及び Si 酸化物の Si 換算量の合計：0.20質量%以上1.70質量%以下、 ZrO_2 ：0.1質量%以上1.0質量%以下、 Mn ：1.3質量%以上3.5質量%以下、 Al ：0.10質量%以上1.00質量%以下、 NaF ：0.05質量%以上0.60質量%以下、 B 及び B 酸化物の B 換算量の合計：0.0003質量%以上0.0300質量%以下、 Mg ：0.10質量%未満、 MgO ：0.10質量%未満、 NaF 以外の Na 化合物の Na 換算量と K 化合物の K 換算量との合計：0.20質量%以下、 NaF 以外の F 化合物の F 換算量：0.10質量%以下、であるとともに、 TiO_2 の含有量を $[TiO_2]$ 、 Al の含有量を $[Al]$ とした場合、 $5.00 \leq [TiO_2] / [Al] \leq 70.00$ を満たす構成である。

[0011] このガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤによれば、NaFの含有量を所定範囲内に特定することで、溶接中のアークの溶滴移行が安定し、アーク安定性を向上させ、大入熱溶接において優れた溶接作業性を実現することができる。更に、Ni及びMoを所定範囲内に特定することにより、大入熱溶接で得られる溶接金属の機械的性質が良好となる。加えて、耐吸湿性を劣化させるMg及びMgOを所定値未満に特定することで、良好な耐吸湿性を得ることができる。

また、このガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤによれば、 $[TiO_2] / [Al]$ によって算出される値を所定範囲内に特定することで、高電流だけでなく低電流でも溶接作業性が向上するとともに、溶接金属の機械的性質をより向上させることができる。

[0012] また、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は、ワイヤ全質量あたり、 Al_2O_3 ：0.5質量%以下、Ca：0.10質量%以下、Ti：0.25質量%以下、であってもよい。

このガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤによれば、 Al_2O_3 、Ca、Tiの含有量を所定値以下に特定することで、溶接作業性をより良くするとともに、溶接金属の機械的性質をより向上させることができる。

発明の効果

[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は、大入熱溶接での溶接作業性が優れるとともに、得られる溶接金属の機械的性質が優れ、かつ、耐吸湿性が良好となる。

また、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は、溶接電流が高電流であろうと低電流であろうと優れた溶接作業性を発揮することができ、溶接姿勢については、特に、立向上進溶接において優れた溶接作業性を発揮することができる。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明を実施するための形態について、詳細に説明する。

本実施形態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（以下

、適宜「ワイヤ」という)は、ガスシールドアーク溶接に使用するワイヤであって、鋼製外皮内にフラックスが充填されたものである。

[0015] 詳細には、本実施形態に係るワイヤは、筒状を呈する鋼製外皮と、その鋼製外皮の内側に充填されるフラックスと、からなる。なお、ワイヤは、鋼製外皮に継目のないシームレスタイプ、鋼製外皮に継目のあるシームタイプのいずれの形態であってもよい。また、ワイヤは、表面(鋼製外皮の外側)にメッキなどが施されていても、施されていなくてもよい。

なお、本実施形態に係るワイヤのワイヤ径(直径)は、特に限定されないが、1.2～2.4 mmであればよい。

[0016] そして、本実施形態に係るワイヤは、ワイヤ全質量に対して各成分が所定の含有量となるとともに、一部の成分の含有量については、所定の関係式を満たす。

以下、本実施形態に係るワイヤの各成分の含有量を特定した理由について説明する。

[0017] なお、以下の説明において、例えば、単に「Si」と示す場合、「純金属Si」、「合金Si」のうち一種以上を意味する。

また、「酸化物」とは、「単一酸化物」および「複合酸化物」のうち的一种以上を意味する。「単一酸化物」とは、例えば、TiならばTi単独の酸化物(TiO_2)をいい、「複合酸化物」とは、これらの単一酸化物が複数種類集合したものと、例えば、Ti、Fe、Mnといった複数の金属成分を含む酸化物との双方をいう。

[0018] [TiO_2 : 4.0質量%以上10.0質量%以下]

TiO_2 は、溶接金属を支える重要な役割を担っている。ただし、 TiO_2 の含有量が4.0質量%未満であると、大入熱溶接時に溶接作業性が劣化し良好なビード形状及びビード外観を確保できない。一方、 TiO_2 の含有量が10.0質量%を超えると、スラグ融点が高くなり、立向上進溶接でウィーピングを行った場合にスラグが早く固まる。これにより、その運棒に沿い溶接金属が形成され、うろこ状(波目状)のビードとなってしまうとともに、

良好なビード形状を確保できない。

したがって、 TiO_2 の含有量は、ワイヤ全質量あたり4.0質量%以上10.0質量%以下である。

なお、 TiO_2 の含有量は、大入熱溶接時のビード形状をより良好なものとする観点から、6.0質量%以上が好ましい。また、 TiO_2 の含有量は、大入熱溶接時のビード形状をより良好なビード形状及びビード外観とする観点から、8.0質量%以下が好ましい。

[0019] [Ni : 0.2質量%以上2.0質量%以下]

Niは、溶接金属の機械的性質を向上させる効果がある。ただし、Niの含有量が0.2質量%未満では、溶接金属の靱性が劣化する。一方、Niの含有量が2.0質量%を超えると、溶接金属は強度過多となる。

したがって、Niの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.2質量%以上2.0質量%以下である。

なお、大入熱溶接における溶接金属の靱性及び強度をとにより良好とするためには、0.5質量%以上が好ましく、1.0質量%未満が好ましい。

[0020] [Mo : 0.01質量%以上0.50質量%以下]

Moは、溶接金属の機械的性質を向上させる効果がある。ただし、Moの含有量が0.01質量%未満では、大入熱施工時の溶接金属の引張強さが十分に得られない。一方、Moの含有量が0.50質量%を超えると、溶接金属は強度過多となる。

したがって、Moの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.01質量%以上0.50質量%以下である。また、好ましくは0.10質量%以上0.30質量%以下である。

[0021] [C : 0.01質量%以上0.10質量%以下]

Cは、溶接金属の焼き入れ性と靱性を向上させる効果を発揮する成分である。ただし、Cの含有量が0.01質量%未満であると、溶接金属の焼き入れ性が不足し、溶接金属の引張強さが十分に得られない。一方、Cの含有量が0.10質量%を超えると、アークの吹きつけが強く、溶接の際に母材を

アーク力で掘ってしまうため、良好なビード形状及びビード外観を確保できない。

したがって、C含有量は、ワイヤ全質量あたり0.01質量%以上0.10質量%以下である。また、好ましくは0.03質量%以上0.07質量%以下である。

[0022] [Si及びSi酸化物のSi換算量の合計：0.20質量%以上1.70質量%以下]

Siは、溶接作業性を向上させる。ただし、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計が0.20質量%未満であると、溶接作業性が劣化し良好なビード形状及びビード外観を確保できない。一方、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計が1.70質量%を超えると、粒界フェライト析出が促進され、溶接金属の靱性が劣化する。

したがって、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計は、ワイヤ全質量あたり0.20質量%以上1.70質量%以下である。

なお、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計は、より良好なビード形状及びビード外観とする観点から、0.30質量%以上が好ましい。また、Si及びSi酸化物のSi換算量の合計は、溶接金属の靱性の劣化を抑制する観点から、1.40質量%以下が好ましい。

[0023] 前記のとおり、Si、Si酸化物のどちらも溶接作業性を向上させる効果を発揮するが、厳密には作用が異なる。すなわち、Siは、溶接中に溶接金属の粘性を向上させ、溶接金属を垂れ難くする。一方、Si酸化物は、スラグで溶接金属を覆い、溶接金属の垂れを防ぐ。

なお、Si、Si酸化物の其々の含有量については、特に限定されないものの、仮に其々の含有量を規定する場合は、以下のとおりである。

[0024] [Si：0.10質量%以上1.00質量%以下]

Siは、溶接金属の粘性を向上させ溶接金属を垂れ難くすることにより、溶接作業性を向上させる。ただし、Siの含有量が0.10質量%未満であると、溶接金属の粘性が低下し、ビード形状が劣化する可能性がある。一方

、 Si の含有量が1.00質量%を超えると、オーステナイト粒が粗大となり溶接金属の靱性の劣化を招く可能性がある。

したがって、 Si の含有量を規定する場合、ワイヤ全質量あたり0.10質量%以上1.00質量%以下が好ましい。

なお、 Si の含有量は、より良好なビード形状及びビード外観とする観点から、0.20質量%以上がより好ましい。また、 Si の含有量は、溶接金属の靱性の劣化を抑制する観点から、0.80質量%以下がより好ましい。

[0025] [SiO_2 : 0.20質量%以上1.50質量%以下]

SiO_2 はスラグ形成剤として溶接金属を支える役割を担っている。ただし、 SiO_2 含有量が0.20質量%未満であると、スラグ量が不十分となり、ビードが垂れた形状となる可能性がある。一方、 SiO_2 の含有量が1.50質量%を超えると、フラックスの脱酸力が低下し溶接金属の靱性が劣化する可能性がある。

したがって、 SiO_2 の含有量を規定する場合、ワイヤ全質量あたり0.20質量%以上1.50質量%以下が好ましい。

なお、 SiO_2 の含有量は、より良好なビード形状及びビード外観とする観点から、0.40質量%以上がより好ましい。また、 SiO_2 の含有量は、溶接金属の機械的性質の劣化を抑制する観点から、1.30質量%以下がより好ましい。

[0026] [ZrO_2 : 0.1質量%以上1.0質量%以下]

ZrO_2 は、 SiO_2 と同様、スラグ形成剤として溶接金属を支える役割を担っている。

ただし、 ZrO_2 の含有量が0.1質量%未満であると、スラグ融点が低くなり、ビードは垂れた形状となるとともに、良好なビード外観を確保できない。一方、 ZrO_2 の含有量が1.0質量%を超えると、スラグ融点が高くなり過ぎて凸型のようなビード形状となるとともに、良好なビード外観を確保できない。

したがって、 ZrO_2 の含有量は、ワイヤ全質量あたり0.1質量%以上1

、0質量%以下である。

なお、 ZrO_2 の含有量は、より良好なビード形状及びビード外観とする観点から、0.2質量%以上が好ましい。また、 ZrO_2 の含有量は、より良好なビード形状とする観点から、0.6%未満が好ましい。

[0027] [Mn : 1.3質量%以上3.5質量%以下]

Mnは、溶接金属の焼き入れ性と靱性を向上させる効果を発揮する成分である。ただし、Mnの含有量が1.3質量%未満であると、溶接金属の焼き入れ不足となり、靱性が十分に得られない。一方、Mnの含有量が3.5質量%を超えると、溶接金属の引張強さが過多となり、靱性不足となる。

したがって、Mnの含有量は、ワイヤ全質量あたり1.3質量%以上3.5質量%以下である。

なお、Mnの含有量は、溶接金属の機械的性質をより良好とする観点から、2.0質量%以上が好ましい。また、Mnの含有量は、溶接金属の靱性の劣化を抑制する観点から、3.1質量%以下が好ましい。

[0028] Mn源としては、Mn金属粉、Fe-Mn、Fe-Se-Si-Mn等の金属粉、合金粉で投入するが、これらの他、Mn酸化物を加えてもよい。

[0029] [Al : 0.10質量%以上1.00質量%以下]

Alは、強力な脱酸元素であり、酸素と親和力のある溶接金属成分の歩留りを向上させることで機械的性質を向上させる役割がある。また、Alは、脱窒元素としても効果があり、溶接金属中のNの歩留まりを下げることで、機械的性質を向上させる効果がある。ただし、Alの含有量が0.10質量%未満であると、酸素と親和力のある溶接金属成分の歩留りが低く、脱窒効果も不十分であり、靱性が十分に得られない。一方、Alの含有量が1.00質量%を超えると、溶接金属成分の歩留りが過大となり靱性が劣化する。

したがって、Alの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.10質量%以上1.00質量%以下である。

なお、Alの含有量は、溶接金属の靱性の劣化を抑制する観点から、0.40質量%未満が好ましい。

[0030] [NaF : 0.05質量%以上0.60質量%以下]

Naは、溶接中におけるアークの溶滴移行を安定化させる役割があるが、過剰なNaの添加はワイヤの耐吸湿性を劣化させる。一方、Fは、フラックス中にフッ素化合物として存在し、溶接雰囲気下の水素分圧を減少させ、溶接金属中の拡散性水素量を低下させる効果があるが、過剰なFは溶接時のヒューム発生量を増加させ、かつ、低電流領域でのアークの溶滴移行を劣化させる。

しかし、NaFであれば溶接中におけるアークの溶滴移行を安定化（特に低電流領域において安定化）させる効果を発揮するとともに、フッ化物による拡散水素量低減の効果を両立することができる。ただし、NaFの含有量が0.05質量%未満であると、低電流領域での溶接中におけるアークの溶滴移行が不安定となり、スパッタ発生量が増加し、更には溶接金属の拡散性水素量が上昇する。一方、NaFの含有量が0.60質量%を超えると、ワイヤの耐吸湿性が劣化し、更にはヒューム発生量が増加する。

したがって、NaFの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.05質量%以上0.60質量%以下である。

なお、NaFの含有量は、アークの安定性の向上、スパッタ発生量の抑制、拡散性水素量の抑制の観点から、0.15質量%以上が好ましい。また、NaFの含有量は、耐吸湿性の劣化の抑制、ヒューム発生量の抑制の観点から、0.40質量%以下が好ましい。

[0031] [B及びB酸化物のB換算量の合計 : 0.0003質量%以上0.0300質量%以下]

B及びB酸化物 (B_2O_3) は、溶接金属にBを添加するためにフラックスに添加される。また、Bは、オーステナイト粒界に偏析することで初析フェライトの生成を抑制する効果があり、溶接金属の靱性改善に有効である。ただし、B及びB酸化物のB換算量の合計が0.0003質量%未満であると、大部分のBがBNとして窒化物に固定化され、初析フェライトの生成を抑制する効果が無く、溶接金属の靱性の向上が期待できない。一方、B及びB

酸化物のB換算量の合計が0.0300質量%を超えると、溶接金属の強度が著しく増加し、靱性が低下する。

したがって、B及びB酸化物のB換算量の合計は、ワイヤ全質量あたり0.0003質量%以上0.0300質量%以下である。尚、B酸化物のみの含有も可能である。

[0032] [Mg : 0.10質量%未満、MgO : 0.10質量%未満]

Mg及びMgOは酸化チタン等の天然原料から不純物として含まれる可能性がある成分である。そして、Mgの含有量が0.10質量%以上であると、スパッタ発生量が増加するとともに、Naと化合物を形成することでワイヤの耐吸湿性が劣化する。また、MgOの含有量が0.10質量%以上であると、スラグ粘度が高くなることでビードが凸状となるとともにビード外観の不良が発生し、更に、Mgと同様の理由によりワイヤの耐吸湿性が劣化する。

したがって、Mgの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.10質量%未満であり、0質量%でもよい。また、MgOの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.10質量%未満であり、0質量%でもよい。

[0033] [NaF以外のNa化合物のNa換算量とK化合物のK換算量との合計 : 0.20質量%以下]

Na及びKは溶接中におけるアークの溶滴移行を安定化させる効果があるが、この効果はNaFが担っている。一方、過剰なNa及びKの添加はワイヤの耐吸湿性を劣化させる。具体的には、NaF以外のNa化合物のNa換算量とK化合物のK換算量との合計が0.20質量%を超えると、ワイヤの耐吸湿性が劣化するとともに、溶接金属の拡散性水素量が増加する。

したがって、NaF以外のNa化合物のNa換算量とK化合物のK換算量との合計は、ワイヤ全質量あたり0.20質量%以下である。

なお、NaF以外のNa化合物中のNa換算量およびK化合物中のK換算量は、いずれか一方が0質量%であってもよく、両方が0質量%であってもよい。

[0034] [NaF以外のF化合物のF換算量：0.10質量%以下]

Fは、フラックス中にフッ素化合物として存在し、溶接雰囲気下の水素分圧を減少させ、溶接金属中の拡散性水素量を低下させる効果があるが、この効果はNaFが担っている。一方、過剰なFの添加は溶接中のヒューム発生量を増加させる。具体的には、NaF以外のF化合物のF換算量が0.10質量%を超えると、ヒューム発生量が増加するだけでなく、スパッタ発生量も増加し、アーク安定性も劣化する。

したがって、NaF以外のF化合物のF換算量は、ワイヤ全質量あたり0.10質量%以下であり、0質量%でもよい。

[0035] $5.00 \leq [\text{TiO}_2] / [\text{Al}] \leq 70.00$

TiO₂の含有量を[TiO₂]、Alの含有量を[Al]とした場合の[TiO₂] / [Al]は、溶接金属の機械的性質と良好な溶接作業性を両立させる重要な指標である。そして、この式によって算出される値を所定範囲内とすることにより、高電流のみならず低電流における短絡移行溶接においても良好な溶接作業性（特に、立向上進溶接）を保つことができる。ただし、[TiO₂] / [Al]によって算出される値が5.00未満であると、Alの脱酸力過大による溶接金属の引張強さの過大と靱性の劣化が発生し、更には立向上進溶接でビードが垂れ、ビード外観の不良も発生する。一方、[TiO₂] / [Al]によって算出される値が70.00を超えると、Alの脱酸力不足による溶接金属の引張強さと靱性の劣化が発生する。

したがって、[TiO₂] / [Al]によって算出される値は、5.00以上70.00以下である。

なお、[TiO₂] / [Al]によって算出される値は、溶接作業性と溶接金属の機械的性質をより良好なものとする観点から、7.00以上が好ましく、14.00以上がより好ましい。また、[TiO₂] / [Al]によって算出される値は、溶接金属の機械的性質をより良好なものとする観点から、60.00以下が好ましく、40.00以下がより好ましい。

[0036] 本実施形態に係るワイヤは、任意成分として、以下の成分（Al₂O₃、C

a、Ti)を含有していてもよい。

[0037] Al_2O_3 : 0.5質量%以下]

Al_2O_3 はスラグ形成剤としてビード形成に必要な成分であるが、この効果は他のスラグ形成剤が担っている。そして、 Al_2O_3 の含有量が0.5質量%を超えると、アークが不安定となりスパッタ発生量が増加する。

したがって、 Al_2O_3 をワイヤに含有させる場合、 Al_2O_3 の含有量は、ワイヤ全質量あたり0.5質量%以下である。

[0038] Ca : 0.10質量%以下]

Caは、Mgと同様、酸化チタン等の天然原料から不純物として含まれる可能性がある成分である。そして、Caの含有量が0.10質量%を超えると、アークが不安定となりスパッタ発生量が増加する。

したがって、Caをワイヤに含有させる場合、Caの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.10質量%以下である。

[0039] Ti : 0.25質量%以下]

Tiは、溶接金属の機械的性質を向上させる成分である。ただし、Tiの含有量が0.25質量%を超えると、溶接金属の著しい硬化を引き起こし、靱性の劣化が顕著となる。したがって、Tiをワイヤに含有させる場合、Tiの含有量は、ワイヤ全質量あたり0.25質量%以下である。

なお、Tiの含有量は、溶接金属の靱性の劣化を抑制する観点から、0.10質量%以下が好ましい。

[0040] Fe : 75.0質量%以上92.0質量%以下]

Feは、ワイヤの主要成分である。溶着量や、他の成分組成の関係から、Feの含有量は、ワイヤ全質量あたり75.0質量%以上92.0質量%以下であることが好ましく、より好ましくは、80.0質量%以上90.0質量%以下である。

[0041] [残部 : Fe及び不可避免の不純物]

本実施形態に係るワイヤの残部は、前記したFe及び不可避免の不純物である。そして、前記したワイヤの成分の他、フラックス中に、Cu、Crを溶

接金属のさらなる硬化剤として、 MnO 、 FeO 、 V_2O_5 をスラグ形成剤として少量含有させることもできる。これらの元素は、本発明の目的には影響を及ぼさない。

また、不可避免の不純物として、 Cu 、 Cr 等が各々0.1質量%未満、 MnO 、 FeO 、 V_2O_5 が各々0.5質量%未満、含有してもよい。これらの上限を超えると、強度過剰や溶接作業性の劣化などを招くおそれがある。また、 P 、 S 等が各々0.030質量%以下、含有してもよい。これらの上限を超えると、高温割れや靱性低下を招くおそれがある。

加えて、前記した含有量の上限値のみ規定している成分や任意成分については、積極的に添加してもよいが、不可避免の不純物として含まれていてもよい。

なお、前述した各元素が酸化物や窒化物として添加された場合は、本実施形態のフラックス入りワイヤの残部には、 O や N も含まれる。

[0042] [その他：フラックス充填率]

本実施形態に係るワイヤのフラックス充填率（＝フラックス質量／ワイヤ全質量 $\times 100$ ）は、特に限定されない。ただし、フラックス充填率が10質量%未満であると、アークの安定性が悪くなるとともにスパッタ発生量が増加し、溶接作業性が劣化する。一方、フラックス充填率が25質量%を超えると、ワイヤの断線が発生したり、フラックスの充填中に粉がこぼれ落ちたりする等、生産性が著しく劣化する。

したがって、フラックス充填率は、10質量%以上25質量%以下が好ましい。

[0043] 次に、本実施形態に係るワイヤの製造方法を説明する。

[ワイヤの製造方法]

本実施形態に係るワイヤの製造方法としては、特に限定されるものではないが、例えば、以下に示す方法で製造することができる。

まず、鋼製外皮を構成する鋼帯を準備し、この鋼帯を長手方向に送りながら成形ロールにより成形して、U字状のオープン管にする。次に、所定の化

学組成となるように、各種原料を配合したフラックスを鋼製外皮に充填し、その後、断面が円形になるように加工する。その後、冷間加工により伸線し、例えば1.2～2.4 mmのワイヤ径のフラックス入りワイヤとする。なお、冷間加工途中に焼鈍を施してもよい。また、製造の過程で成形した鋼製外皮の合わせ目を溶接した継ぎ目が無いワイヤと、前記合わせ目を溶接せず隙間のまま残すワイヤのいずれの構造も採用することができる。

実施例

[0044] 以下、本発明の実施例及び比較例を挙げて、本発明の効果について具体的に説明する。

[各種試験に使用するワイヤの製造方法]

鋼帯を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た。次に、表1、2の化学組成となるようにフラックス中に金属、合金、Fe粉、各種原料を適宜、所定量添加した。次に、断面が円形になるように加工した後、加工したワイヤに対して冷間引き抜き加工を施しワイヤ径を約1.2 mmとした。

以上の製造方法によってフラックス入りワイヤを製造した。

[0045] なお、表1、2に示す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、表1、2に示す「T. Si」はSi及びSi酸化物のSi換算量の合計を示し、「T. B」はB及びB酸化物のB換算量の合計を示し、「Na + K」はNaF以外のNa化合物のNa換算量とK化合物のK換算量との合計を示し、「F」はNaF以外のF化合物のF換算量を示す。

[0046]

[表1]

ワイヤ		ワイヤの成分組成(質量%)																					
No.		TiO ₂	Ni	Mo	C	T.Si	Si	SiO ₂	ZrO ₂	Mn	Al	NaF	T.B	[TiO ₂]/[Al]	Mg	MgO	Na+K	F	Al ₂ O ₃	Ca	Ti	Fe	その他
J1		6.6	0.7	0.13	0.02	1.56	0.93	1.34	0.4	1.3	0.20	0.33	0.0057	33.00	0.04	0.09	0.19	0.03	0.0	0.00	0.00	87.6	0.08
J2		6.7	0.3	0.18	0.09	0.95	0.85	0.21	0.2	2.4	0.10	0.26	0.0181	67.00	0.00	0.04	0.18	0.03	0.0	0.00	0.00	88.3	0.12
J3		7.7	0.4	0.37	0.06	1.62	1.00	1.33	0.7	1.6	0.20	0.16	0.0045	38.50	0.02	0.06	0.03	0.06	0.0	0.00	0.00	86.2	0.12
J4		7.2	0.4	0.34	0.03	0.35	0.26	0.20	0.2	3.1	0.30	0.22	0.0017	24.00	0.08	0.08	0.17	0.06	0.0	0.00	0.00	87.2	0.11
J5		6.6	0.6	0.09	0.10	0.70	0.34	0.77	0.1	2.5	0.30	0.28	0.0112	22.00	0.06	0.01	0.12	0.06	0.0	0.00	0.00	87.9	0.15
J6		6.1	0.5	0.18	0.07	0.44	0.30	0.31	0.4	3.0	0.30	0.25	0.0290	20.33	0.09	0.07	0.04	0.01	0.0	0.00	0.00	88.3	0.10
J7		7.6	0.7	0.35	0.01	0.67	0.46	0.45	0.6	3.2	0.30	0.21	0.0075	25.33	0.06	0.02	0.02	0.05	0.0	0.00	0.00	85.8	0.18
J8		6.1	0.9	0.36	0.09	1.23	0.78	0.96	0.5	3.1	0.20	0.37	0.0028	30.50	0.09	0.08	0.18	0.02	0.0	0.00	0.00	86.2	0.02
J9		7.0	0.5	0.04	0.08	1.36	0.74	1.33	0.7	3.3	0.30	0.27	0.0137	23.33	0.03	0.04	0.14	0.02	0.0	0.00	0.00	85.5	0.03
J10		6.2	1.0	0.37	0.03	0.84	0.70	0.31	1.0	1.6	0.10	0.32	0.0139	62.00	0.05	0.06	0.11	0.01	0.0	0.00	0.00	88.0	0.15
J11		6.1	0.8	0.19	0.08	1.30	0.60	1.50	0.1	2.7	0.20	0.25	0.0034	30.50	0.04	0.08	0.06	0.09	0.0	0.00	0.00	87.2	0.02
J12		7.3	0.3	0.26	0.01	1.10	0.81	0.61	0.4	2.7	0.20	0.17	0.0204	36.50	0.06	0.05	0.03	0.00	0.0	0.00	0.00	86.9	0.18
J13		7.7	0.7	0.37	0.05	0.45	0.26	0.40	0.6	2.1	0.20	0.39	0.0085	38.50	0.05	0.03	0.10	0.02	0.0	0.00	0.00	86.9	0.10
J14		7.8	0.4	0.23	0.03	1.37	0.79	1.24	0.3	3.0	0.20	0.35	0.0096	39.00	0.01	0.03	0.10	0.04	0.0	0.00	0.00	85.4	0.09
J15		7.7	0.3	0.19	0.10	1.04	0.65	0.84	0.5	3.0	0.20	0.35	0.0188	38.50	0.03	0.07	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	86.0	0.08
J16		8.0	0.5	0.18	0.09	0.80	0.10	1.50	0.3	1.9	0.20	0.22	0.0149	40.00	0.09	0.09	0.02	0.06	0.0	0.00	0.00	86.6	0.15
J17		7.0	0.4	0.27	0.04	0.66	0.40	0.55	0.7	1.7	0.10	0.26	0.0125	70.00	0.01	0.06	0.17	0.01	0.0	0.00	0.00	88.2	0.08
J18		6.9	0.7	0.09	0.01	0.67	0.39	0.60	0.4	1.9	0.30	0.28	0.0049	23.00	0.09	0.06	0.16	0.09	0.0	0.00	0.00	87.9	0.11
J19		7.3	0.8	0.40	0.02	1.05	0.49	1.20	0.3	2.7	0.30	0.27	0.0090	24.33	0.06	0.07	0.09	0.02	0.0	0.00	0.00	85.9	0.05
J20		7.6	0.6	0.48	0.02	0.84	0.34	1.06	0.7	2.1	0.20	0.25	0.0094	38.00	0.00	0.03	0.06	0.01	0.0	0.00	0.00	86.5	0.05
J21		6.9	0.5	0.43	0.05	1.43	0.80	1.34	0.6	2.8	0.20	0.28	0.0274	34.50	0.05	0.05	0.06	0.08	0.0	0.00	0.00	85.7	0.16
J22		6.3	0.7	0.34	0.10	1.09	0.48	1.30	0.4	1.4	0.10	0.25	0.0191	63.00	0.04	0.07	0.19	0.03	0.0	0.00	0.00	88.1	0.15
J23		6.1	0.9	0.21	0.09	1.44	0.80	1.36	0.4	1.8	0.30	0.16	0.0292	20.33	0.08	0.01	0.15	0.03	0.0	0.00	0.00	87.6	0.02
J24		6.9	1.0	0.21	0.07	0.74	0.27	1.00	0.3	2.7	0.60	0.17	0.0152	11.50	0.03	0.07	0.10	0.01	0.0	0.00	0.00	86.5	0.06
J25		7.9	1.0	0.38	0.05	0.83	0.47	0.76	0.7	2.1	0.30	0.26	0.0042	26.33	0.08	0.09	0.02	0.07	0.0	0.00	0.00	85.7	0.15
J26		8.8	0.8	0.23	0.07	1.08	0.80	0.60	0.9	2.3	0.50	0.19	0.0032	17.60	0.09	0.09	0.18	0.06	0.0	0.00	0.00	84.3	0.10
J27		4.3	1.2	0.43	0.10	1.00	0.44	1.20	0.1	3.1	0.70	0.21	0.0076	6.14	0.02	0.04	0.11	0.04	0.0	0.00	0.00	87.9	0.10
J28		9.1	1.8	0.40	0.04	1.43	0.78	1.40	0.8	2.4	0.20	0.11	0.0292	45.50	0.04	0.02	0.12	0.02	0.5	0.00	0.01	82.1	0.15
J29		5.1	1.3	0.42	0.09	0.96	0.41	1.17	1.0	2.1	0.20	0.09	0.0093	25.50	0.05	0.09	0.13	0.03	0.2	0.05	0.17	87.2	0.10
J30		6.5	0.3	0.04	0.10	0.62	0.53	0.20	0.8	1.3	0.10	0.20	0.0068	65.00	0.07	0.05	0.10	0.07	0.3	0.00	0.25	89.0	0.05
J31		7.2	1.5	0.44	0.08	1.40	0.76	1.36	0.5	1.6	0.90	0.52	0.0006	8.00	0.01	0.04	0.14	0.06	0.5	0.10	0.14	84.0	0.17

[0047] [表2]

ワイヤ No.	ワイヤの成分組成(質量%)																						その他
	TiO ₂	Ni	Mo	C	T.Si	Si	SiO ₂	ZrO ₂	Mn	Al	NaF	T.B	[TiO ₂]/[Al]	Mg	MgO	Na+K	F	Al ₂ O ₃	Ca	Ti	Fe	その他	
H1	10.5	1.0	0.47	0.05	0.63	0.94	1.03	0.5	1.6	0.60	0.34	0.0050	17.50	0.05	0.09	0.12	0.04	0.0	0.00	0.00	82.5	0.16	
H2	3.2	1.3	0.24	0.02	0.66	0.36	1.34	0.4	2.0	0.20	0.16	0.0285	16.00	0.06	0.05	0.07	0.10	0.0	0.00	0.00	90.3	0.13	
H3	7.3	2.3	0.13	0.09	1.29	0.28	0.93	0.4	2.2	0.40	0.32	0.0035	18.25	0.04	0.03	0.11	0.09	0.0	0.00	0.00	85.4	0.02	
H4	6.2	0.0	0.39	0.08	0.41	0.76	1.24	0.2	2.0	0.30	0.56	0.0092	20.67	0.00	0.03	0.15	0.03	0.0	0.00	0.00	88.0	0.06	
H5	7.9	2.0	0.55	0.10	0.70	0.64	1.15	0.9	1.7	0.40	0.13	0.0042	19.75	0.01	0.09	0.14	0.07	0.0	0.00	0.00	84.2	0.04	
H6	6.0	1.7	0.00	0.03	0.53	1.00	1.42	0.7	2.8	1.00	0.13	0.0140	6.00	0.07	0.07	0.02	0.04	0.0	0.00	0.00	85.0	0.02	
H7	6.6	0.6	0.19	0.13	0.47	0.40	0.32	0.7	3.0	0.10	0.11	0.0039	66.00	0.02	0.05	0.01	0.08	0.0	0.00	0.00	87.6	0.10	
H8	7.5	0.8	0.15	0.00	1.02	1.00	1.00	0.2	1.9	0.60	0.25	0.0011	12.50	0.07	0.01	0.20	0.02	0.0	0.00	0.00	86.3	0.00	
H9	7.5	0.6	0.45	0.04	1.85	0.64	0.45	1.0	2.7	0.40	0.22	0.0008	18.75	0.03	0.03	0.06	0.08	0.0	0.00	0.00	85.6	0.17	
H10	6.2	1.7	0.31	0.02	0.13	0.20	1.01	0.8	2.3	0.70	0.38	0.0106	8.86	0.03	0.08	0.14	0.09	0.0	0.00	0.00	85.9	0.14	
H11	5.7	0.5	0.49	0.05	0.89	0.20	0.75	1.6	2.2	0.70	0.51	0.0088	8.14	0.01	0.03	0.13	0.01	0.0	0.00	0.00	87.0	0.14	
H12	7.3	0.5	0.18	0.05	0.91	1.00	1.39	0.0	1.9	0.80	0.31	0.0177	9.13	0.05	0.01	0.08	0.09	0.0	0.00	0.00	86.2	0.09	
H13	7.1	0.4	0.02	0.01	1.37	0.65	0.36	0.1	4.2	0.80	0.57	0.0224	8.88	0.09	0.08	0.15	0.06	0.0	0.00	0.00	85.3	0.13	
H14	7.4	1.2	0.19	0.07	1.10	0.36	1.50	0.4	0.9	0.50	0.42	0.0112	14.80	0.00	0.00	0.09	0.09	0.0	0.00	0.00	86.7	0.19	
H15	9.5	1.4	0.04	0.09	0.71	0.10	0.81	0.6	2.2	1.30	0.35	0.0265	7.31	0.07	0.06	0.06	0.02	0.0	0.00	0.00	83.3	0.07	
H16	4.5	1.4	0.45	0.04	0.71	0.85	0.20	0.7	2.4	0.05	0.60	0.0293	90.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.00	0.00	88.7	0.02	
H17	7.7	1.4	0.33	0.04	0.59	0.26	1.11	0.8	3.1	0.50	0.76	0.0054	15.40	0.01	0.09	0.16	0.06	0.0	0.00	0.00	83.5	0.15	
H18	7.9	0.7	0.45	0.05	0.50	1.00	0.31	0.7	3.1	0.30	0.0	0.0208	26.33	0.07	0.05	0.09	0.04	0.0	0.00	0.00	85.0	0.19	
H19	7.1	0.5	0.49	0.05	1.12	0.85	0.54	0.7	2.9	0.50	0.58	0.0350	14.20	0.01	0.02	0.18	0.04	0.0	0.00	0.00	85.4	0.07	
H20	8.9	1.7	0.18	0.05	1.36	0.21	1.13	0.9	1.8	0.40	0.27	0.0001	22.25	0.03	0.02	0.02	0.04	0.0	0.00	0.00	84.3	0.00	
H21	7.5	1.6	0.13	0.09	0.34	0.44	0.20	0.8	2.1	0.10	0.22	0.0192	75.00	0.05	0.02	0.02	0.06	0.0	0.00	0.00	86.5	0.20	
H22	4.1	2.0	0.01	0.10	0.60	0.50	0.45	0.2	3.1	1.00	0.40	0.0010	4.10	0.07	0.01	0.13	0.08	0.0	0.00	0.00	87.8	0.04	
H23	9.2	1.2	0.40	0.03	0.70	0.96	1.50	0.6	2.9	0.80	0.30	0.0220	11.50	0.20	0.04	0.04	0.10	0.0	0.00	0.00	81.6	0.13	
H24	9.2	1.6	0.50	0.03	0.60	0.85	0.47	0.5	2.7	0.90	0.20	0.0218	10.22	0.05	0.20	0.01	0.00	0.0	0.00	0.00	82.7	0.11	
H25	9.1	0.9	0.50	0.10	1.70	1.00	0.63	0.2	1.6	0.80	0.30	0.0277	11.38	0.03	0.01	0.30	0.09	0.0	0.00	0.00	84.3	0.08	
H26	7.8	1.4	0.30	0.03	0.40	0.25	0.32	0.2	2.4	0.70	0.40	0.0115	11.14	0.02	0.01	0.07	0.20	0.1	0.01	0.23	85.4	0.14	

[0048] [溶接作業性]

(溶接条件)

溶接作業性を確認するため、実施例及び比較例の各ワイヤを用いて、表3に示す組成の鋼板を母材とし、表4に示す条件にて溶接を行った。

なお、表3に示す鋼板の成分組成における残部は、Fe及び不可避免的不純物である。

[0049] [表3]

母材の成分組成(質量%) ^(※)						板厚 (mm)	長さ (mm)
JIS G 3106:2015 SM490A	C	Si	Mn	P	S		
	0.14	0.20	1.10	0.015	0.005	12	400

(※)残部はFe及び不可避免的不純物

[0050] [表4]

溶接条件	〔1〕	溶接電流:約150A アーク電圧:約23V 約4.1kJ/mm
		溶接電流:約230A アーク電圧:約26V 約5.5kJ/mm
	〔2〕	溶接電流:約280A アーク電圧:約32V 約6.7kJ/mm
		溶接電流:約280A アーク電圧:約32V 約6.7kJ/mm
	〔3〕	溶接電流:約280A アーク電圧:約32V 約6.7kJ/mm
		溶接電流:約280A アーク電圧:約32V 約6.7kJ/mm
溶接電源、極性		350A仕様サイリスタ電源、DCEP
溶接姿勢		水平すみ肉、及び、立向上進
シールドガス種類		100体積%CO ₂
シールドガス流量		25L/min
ワイヤ直径		1.2mm
ワイヤ突出し長さ		〔1〕=15mm 〔2〕=20mm 〔3〕=25mm

[0051] (アーク安定性)

アーク安定性については、表4に示す〔1〕～〔3〕の3種の溶接条件について、其々、水平すみ肉・立向上進の2種の姿勢の溶接を実施、つまり、合計6種の溶接試験を実施した。そして、各溶接条件について、2種の姿勢でのアークが安定であったものを「○」、1種の姿勢でのアークが安定かつ1種の姿勢でのアークがやや不安定であったもの、又は、2種の姿勢でのアークがやや不安定であったものを「△」、少なくとも1種の姿勢でのアークが不安定であったものを「×」と評価した。

なお、アーク安定性については、「○」又は「△」を合格と判断し、「×」を不合格と判断した。

[0052] (ビード形状)

ビード形状については、表4に示す〔1〕～〔3〕の3種の溶接条件において、其々、水平すみ肉・立向上進の2種の姿勢の溶接を実施、つまり、合計6種の溶接試験を実施した後、形成した各溶接部を観察し、視覚的に評価した。具体的には、6種の溶接試験で得られた全ての溶接部のビード形状が平滑で良好であったものを「○」、6種の溶接試験で得られた各溶接部のうち1つでもビード形状が凸状や垂れた形状等のような不良であったものを「×」と評価した。

[0053] (ビード外観)

ビード外観については、表4に示す〔1〕～〔3〕の3種の溶接条件において、其々、水平すみ肉・立向上進の2種の姿勢の溶接を実施、つまり、合計6種の溶接試験を実施した後、形成した各溶接部を観察し、視覚的に評価した。具体的には、6種の溶接試験で得られた全ての溶接部のビード外観が波目状ではなく良好であったものを「○」、6種の溶接試験で得られた各溶接部のうち1つでもビード外観が波目状等となり不良であったものを「×」と評価した。

[0054] (スパッタ発生量)

スパッタ発生量については、表4に示す〔1〕～〔3〕の3種の溶接条件において、其々、水平すみ肉・立向上進の2種の姿勢の溶接を実施、つまり、合計6種の溶接試験を実施した後、各溶接試験の際に生じたスパッタの量に基づいて定量的に評価した。具体的には、WES 2807:2000に準じて、スパッタを確保する捕集箱を設置した環境内で溶接を行った。アークタイムは60秒とし、溶接完了後、捕集箱のスパッタを採取し重量を計測し、これを2回繰り返し、平均値をスパッタ発生量とした。6種の溶接試験について全てのスパッタの発生量が2g/min未満であったものを「○」、6種の溶接試験のうち1つでもスパッタの発生量が2g/min以上であつ

たものを「×」と評価した。

[0055] (ヒューム発生量)

ヒューム発生量については、表4に示す〔1〕～〔3〕の3種の溶接条件において、其々、水平すみ肉・立向上進の2種の姿勢の溶接を実施、つまり、合計6種の溶接試験を実施した後、各溶接試験の際に生じたヒュームの量に基づいて定量的に評価した。具体的には、JIS Z 3930:2013に準じて、ヒューム発生量に影響を及ぼさない環境内で溶接を行った。アークタイムは60秒とし、溶接開始と同時にろ過材と装着したサンプルによる吸引を開始し、溶接完了後、30秒間の吸引を行った。そして、ろ過材のヒューム捕集前後の質量差からヒューム発生量を算出し、これを2回繰り返し、平均値をヒューム発生量とした。6種の溶接試験について全てのヒュームの発生量が1.5g/min未満であったものを「○」、6種の溶接試験のうち1つでもヒュームの発生量が1.5g/min以上であったものを「×」と評価した。

[0056] [溶接金属の評価]

(溶接条件)

溶接金属の評価を行うため、実施例及び比較例の各ワイヤを用いて、表5に示す組成の鋼板を母材とし、表6に示す条件にて溶接を行った。

なお、表5に示す鋼板の成分組成における残部は、Fe及び不可避免の不純物である。

[0057] [表5]

母材の成分組成(質量%) ^(※)						板厚 (mm)	長さ (mm)
JIS G 3115:2015 SPV490	C	Si	Mn	P	S		
	0.15	0.34	1.31	0.013	0.002	20	300

(※)残部はFe及び不可避免の不純物

[0058]

[表6]

溶接電流	270A～290A
溶接電圧	32V
溶接電源、極性	350A仕様サイリスタ電源、DCEP
溶接姿勢	下向溶接
シールドガス種類	100体積%CO ₂
シールドガス流量	25L/min
パス間温度	150°C±10°C
入熱	約6.0kJ/mm
ワイヤ直径	1.2mm
ワイヤ突出し長さ	25mm

[0059] (機械的性質)

溶接金属の機械的性質は、JIS Z 3111:2005に規定される「溶着金属の引張及び衝撃試験方法」に準拠した引張試験及び衝撃試験により評価した。

引張試験片は、溶接金属中央で板厚中央の位置から採取したA0号試験片を用いた。また、衝撃試験片は、溶接金属中央で板厚中央の位置から採取したVノッチ試験片を用いた。

[0060] 引張強さは、610～710MPaのものを「○」、590～790MPa（610～710MPaのものは除く）を「△」、590MPa未満又は790MPaを超えるものを「×」と評価した。

靱性は、-5°Cでの吸収エネルギーが80J以上のものを「○」、47J以上80J未満のものを「△」、47J未満のものを「×」と評価した。

なお、引張強さと靱性については、「○」又は「△」を合格と判断し、「×」を不合格と判断した。

[0061] [耐吸湿性]

耐吸湿性の評価は、まず、製造したワイヤを3cmに切断した試料を3本用意し、110°C×1時間の試験前乾燥を施し、30°C×相対湿度80%RHの雰囲気中で24時間吸湿させた。その後、ワイヤをアルゴン雰囲気中で750°Cの加熱によって発生した水分量を計測した。吸湿後のワイヤの水分量が800ppm未満のものを「○」、800ppm以上のものを「×」と評価した。

[0062] 以上の各種試験の結果を、下記表 7、8 に示す。

[0063] [表7]

No.	ワイヤ No.	溶接作業性						耐 吸湿性	機械的性質			
		アーク安定性			ビード 形状	ビード 外観	スパッタ 発生量	ヒューム 発生量	引張強さ MPa	評価	J	評価
		150A	230A	280A								
1	J1	○	○	○	○	○	○	○	630	○	99	○
2	J2	○	○	○	○	○	○	○	709	○	82	○
3	J3	○	○	○	○	○	○	○	642	○	84	○
4	J4	○	○	○	○	○	○	○	619	○	109	○
5	J5	○	○	○	○	○	○	○	702	○	109	○
6	J6	○	○	○	○	○	○	○	699	○	98	○
7	J7	○	○	○	○	○	○	○	649	○	98	○
8	J8	○	○	○	○	○	○	○	688	○	100	○
9	J9	○	○	○	○	○	○	○	641	○	116	○
10	J10	○	○	○	○	○	○	○	628	○	89	○
11	J11	○	○	○	○	○	○	○	682	○	113	○
12	J12	○	○	○	○	○	○	○	556	○	85	○
13	J13	○	○	○	○	○	○	○	693	○	111	○
14	J14	○	○	○	○	○	○	○	690	○	109	○
15	J15	○	○	○	○	○	○	○	685	○	112	○
16	J16	○	○	○	○	○	○	○	689	○	84	○
17	J17	○	○	○	○	○	○	○	643	○	96	○
18	J18	○	○	○	○	○	○	○	624	○	112	○
19	J19	○	○	○	○	○	○	○	647	○	115	○
20	J20	○	○	○	○	○	○	○	612	○	100	○
21	J21	○	○	○	○	○	○	○	622	○	116	○
22	J22	○	○	○	○	○	○	○	693	○	103	○
23	J23	○	○	○	○	○	○	○	704	○	86	○
24	J24	○	○	○	○	○	○	○	636	○	97	○
25	J25	○	○	○	○	○	○	○	677	○	92	○
26	J26	○	○	○	○	○	○	○	684	○	87	○
27	J27	○	○	○	○	○	○	○	683	○	89	○
28	J28	○	○	○	○	○	○	○	692	○	107	○
29	J29	○	○	○	○	○	○	○	699	○	91	○
30	J30	○	○	○	○	○	○	○	656	○	109	○
31	J31	○	○	○	○	○	○	○	661	○	108	○

[0064]

[表8]

No.	ワイヤ No.	溶接作業性						耐 吸湿性	機械的性質				
		アーク安定性			ビード 形状	ビード 外観	スパッタ 発生量		ヒューム 発生量	引張強さ MPa	J	vE-5℃ 評価	
		150A	230A	280A									
32	H1	○	○	○	×	×	○	○	○	651	○	65	△
33	H2	○	○	○	×	×	○	○	○	626	○	72	△
34	H3	○	○	○	○	○	○	○	○	820	×	104	○
35	H4	○	○	○	○	○	○	○	○	600	△	39	×
36	H5	○	○	○	○	○	○	○	○	796	×	51	△
37	H6	○	○	○	○	○	○	○	○	577	×	68	△
38	H7	△	△	△	×	×	○	○	○	765	△	56	△
39	H8	○	○	○	○	○	○	○	○	541	×	61	△
40	H9	○	○	○	○	○	○	○	○	725	△	31	×
41	H10	○	○	○	×	×	○	○	○	603	△	86	○
42	H11	○	○	○	×	×	○	○	○	674	○	108	○
43	H12	○	○	○	×	×	○	○	○	679	○	118	○
44	H13	○	○	○	○	○	○	○	○	812	×	43	×
45	H14	○	○	○	○	○	○	○	○	636	○	39	×
46	H15	△	△	△	○	○	○	○	○	665	○	36	×
47	H16	○	○	○	○	○	○	○	○	590	△	22	×
48	H17	○	○	○	○	○	○	×	×	630	○	112	○
49	H18	×	×	×	○	○	×	○	○	685	○	83	○
50	H19	○	○	○	○	○	○	○	○	864	×	33	×
51	H20	○	○	○	○	○	○	○	○	599	△	23	×
52	H21	○	○	○	○	○	○	○	○	570	×	15	×
53	H22	○	○	○	×	×	○	○	○	861	×	34	×
54	H23	○	○	○	○	○	×	○	○	663	○	114	○
55	H24	○	○	○	○	×	○	○	○	643	○	103	○
56	H25	○	○	○	○	○	○	○	○	684	○	113	○
57	H26	△	△	△	○	○	×	×	×	680	○	100	○

[0065] 表7に示すように、本発明の発明特定事項を満足するワイヤNo. J1～J31を用いたNo. 1～31では、大入熱溶接での溶接作業性が優れるとともに、得られた溶接金属の機械的性質が優れ、かつ、耐吸湿性が良好となった。

なお、本発明における大入熱溶接とは、例えば、4.1kJ/mm以上の入熱の溶接（より厳しい条件としては入熱が5.5kJ/mm以上の溶接）

を想定している。

[0066] 一方、表8に示すように、N o. 32～57は、使用したワイヤN o. H1～H26が本発明の発明特定事項を満足しなかったことから、いずれかの評価項目において合格の結果が得られなかった。詳細には、以下のとおりである。

[0067] N o. 32（ワイヤN o. H1）は、ワイヤのTiO₂の含有量が上限値を超えていたため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 33（ワイヤN o. H2）は、ワイヤのTiO₂の含有量が下限値未満であったため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 34（ワイヤN o. H3）は、ワイヤのNiの含有量が上限値を超えていたため、引張強さが上昇し過ぎた。

N o. 35（ワイヤN o. H4）は、ワイヤのNiの含有量が下限値未満であったため、靱性が低下した。

N o. 36（ワイヤN o. H5）は、ワイヤのMoの含有量が上限値を超えていたため、引張強さが上昇し過ぎた。

N o. 37（ワイヤN o. H6）は、ワイヤのMoの含有量が下限値未満であったため、引張強さが低下した。

N o. 38（ワイヤN o. H7）は、ワイヤのCの含有量が上限値を超えていたため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 39（ワイヤN o. H8）は、ワイヤのCの含有量が下限値未満であったため、引張強さが低下した。

N o. 40（ワイヤN o. H9）は、ワイヤのT. Siの含有量が上限値を超えていたため、靱性が低下した。

N o. 41（ワイヤN o. H10）は、ワイヤのT. Siの含有量が下限値未満であったため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 42（ワイヤN o. H11）は、ワイヤのZrO₂の含有量が上限値を超えていたため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 43（ワイヤN o. H12）は、ワイヤのZrO₂の含有量が下限値

未満であったため、ビード形状、ビード外観が劣化した。

N o. 44 (ワイヤN o. H13) は、ワイヤのMnの含有量が上限値を超えていたため、引張強さが上昇し過ぎ、靱性が低下した。

N o. 45 (ワイヤN o. H14) は、ワイヤのMnの含有量が下限値未満であったため、靱性が低下した。

N o. 46 (ワイヤN o. H15) は、ワイヤのAlの含有量が上限値を超えていたため、靱性が低下した。

N o. 47 (ワイヤN o. H16) は、ワイヤのAlの含有量が下限値未満であるとともに、ワイヤの $[TiO_2] / [Al]$ によって算出される値が上限値を超えていたため、靱性が低下した。

N o. 48 (ワイヤN o. H17) は、ワイヤのNaFの含有量が上限値を超えていたため、ヒューム発生量が増加し、耐吸湿性が劣化した。

N o. 49 (ワイヤN o. H18) は、ワイヤのNaFの含有量が下限値未満であったため、アーク安定性が劣化し、スパッタ発生量が増加した。

N o. 50 (ワイヤN o. H19) は、ワイヤのT. Bの含有量が上限値を超えていたため、引張強さが上昇し過ぎ、靱性が低下した。

N o. 51 (ワイヤN o. H20) は、ワイヤのT. Bの含有量が下限値未満であったため、靱性が低下した。

N o. 52 (ワイヤN o. H21) は、ワイヤの $[TiO_2] / [Al]$ によって算出される値が上限値を超えていたため、引張強さが低下し、靱性が低下した。

N o. 53 (ワイヤN o. H22) は、ワイヤの $[TiO_2] / [Al]$ によって算出される値が下限値未満であったため、ビード形状、ビード外観が劣化し、加えて、引張強さが上昇し、靱性が低下した。

N o. 54 (ワイヤN o. H23) は、ワイヤのMgの含有量が上限値を超えていたため、スパッタ発生量が増加し、耐吸湿性が劣化した。

N o. 55 (ワイヤN o. H24) は、ワイヤのMgOの含有量が上限値を超えていたため、ビード外観が劣化し、耐吸湿性が劣化した。

№. 56 (ワイヤ№. H25) は、ワイヤのNa+Kの含有量が上限値を超えていたため、耐吸湿性が劣化した。

№. 57 (ワイヤ№. H26) は、ワイヤのFの含有量が上限値を超えていたため、スパッタ発生量及びヒューム発生量が増加した。

[0068] 以上、本発明について実施の形態及び実施例を示して詳細に説明したが、本発明の趣旨は前記した内容に限定されることなく、その権利範囲は特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈しなければならない。なお、本発明の内容は、前記した記載に基づいて広く改変・変更等することが可能であることはいうまでもない。

[0069] 本出願は、2016年3月25日出願の日本特許出願（特願2016-062574）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0070] 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は、大入熱溶接での溶接作業性に優れ、耐吸湿性及び溶接金属の機械的性質も良好であり、特に立向上進溶接において優れた溶接作業性を発揮する。

請求の範囲

[請求項1]

ワイヤ全質量あたり、
 TiO_2 : 4.0質量%以上10.0質量%以下、
 Ni : 0.2質量%以上2.0質量%以下、
 Mo : 0.01質量%以上0.50質量%以下、
 C : 0.01質量%以上0.10質量%以下、
 Si 及び Si 酸化物の Si 換算量の合計 : 0.20質量%以上1.70質量%以下、
 ZrO_2 : 0.1質量%以上1.0質量%以下、
 Mn : 1.3質量%以上3.5質量%以下、
 Al : 0.10質量%以上1.00質量%以下、
 NaF : 0.05質量%以上0.60質量%以下、
 B 及び B 酸化物の B 換算量の合計 : 0.0003質量%以上0.0300質量%以下、
 Mg : 0.10質量%未満、
 MgO : 0.10質量%未満、
 NaF 以外の Na 化合物の Na 換算量と K 化合物の K 換算量との合計 : 0.20質量%以下、
 NaF 以外の F 化合物の F 換算量 : 0.10質量%以下、
であるとともに、
 TiO_2 の含有量を $[TiO_2]$ 、 Al の含有量を $[Al]$ とした場合、 $5.00 \leq [TiO_2] / [Al] \leq 70.00$ を満たす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]

ワイヤ全質量あたり、
 Al_2O_3 : 0.5質量%以下、
 Ca : 0.10質量%以下、
 Ti : 0.25質量%以下、
であることを特徴とする請求項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。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/011339

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K35/368(2006.01)i, B23K35/30(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K35/368, B23K35/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-151001 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 08 August 2013 (08.08.2013), (Family: none)	1-2
A	JP 2013-226577 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 07 November 2013 (07.11.2013), (Family: none)	1-2
A	JP 2015-217393 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 07 December 2015 (07.12.2015), (Family: none)	1-2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 June 2017 (19.06.17)

Date of mailing of the international search report
27 June 2017 (27.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/011339

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-158777 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 19 August 2013 (19.08.2013), (Family: none)	1-2
A	JP 2014-113615 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 26 June 2014 (26.06.2014), (Family: none)	1-2
A	JP 2013-18012 A (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 31 January 2013 (31.01.2013), (Family: none)	1-2
A	JP 61-286089 A (Daido Steel Co., Ltd.), 16 December 1986 (16.12.1986), (Family: none)	1-2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K35/368(2006.01)i, B23K35/30(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K35/368, B23K35/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-151001 A (日鐵住金溶接工業株式会社) 2013.08.08, (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2013-226577 A (日鐵住金溶接工業株式会社) 2013.11.07, (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2015-217393 A (日鐵住金溶接工業株式会社) 2015.12.07, (ファミリーなし)	1-2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.06.2017

国際調査報告の発送日

27.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大畑 通隆

4 K

9443

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-158777 A (日鐵住金溶接工業株式会社) 2013. 08. 19, (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2014-113615 A (日鐵住金溶接工業株式会社) 2014. 06. 26, (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2013-18012 A (新日鐵住金株式会社) 2013. 01. 31, (ファミリーなし)	1-2
A	JP 61-286089 A (大同特殊鋼株式会社) 1986. 12. 16, (ファミリーなし)	1-2