

(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2017-100171

(P2017-100171A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 35/362 (2006.01)	B 2 3 K 35/362 3 1 0 B	4 E 0 0 1
B 2 3 K 35/30 (2006.01)	B 2 3 K 35/30 3 2 0 B	4 E 0 8 4
B 2 3 K 9/18 (2006.01)	B 2 3 K 35/362 3 1 0 C	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	B 2 3 K 9/18 G	
C 2 2 C 38/58 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 2 H	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-236630 (P2015-236630)
 (22) 出願日 平成27年12月3日 (2015.12.3)

(71) 出願人 302040135
 日鐵住金溶接工業株式会社
 東京都江東区東陽二丁目4番2号
 (74) 代理人 100120868
 弁理士 安彦 元
 (72) 発明者 千葉 竜太郎
 東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
 金溶接工業株式会社内
 (72) 発明者 行方 飛史
 東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
 金溶接工業株式会社内
 (72) 発明者 大塚 貴之
 東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
 金溶接工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法

(57) 【要約】

【課題】強度及び靱性が優れた溶接金属が得られ、かつ溶接作業性等を向上させる二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法を提供する。

【解決手段】溶接用ワイヤ及びフラックスに含有するSi、Mn、Ni、Cr、Mo及びNの(1)式から求められる各成分の換算値Mが、Si:0.1~0.9、Mn:1.0~2.5、Ni:8~12、Cr:21.5~25.0、Mo:2.5~4.0、N:0.08~0.25であり、溶接用ワイヤのC:0.03%以下、焼成型フラックスのSiO₂換算値:15~25%、CaO:5~10%、Al₂O₃:17~24%、MgO:25~33%、Na₂O換算値及びK₂O換算値の合計:0.9~2.3%、F換算値:3.3~7.7%、Bi換算値:0.005~0.04%、CaCO₃:3.5~6%を含有する。M = M_w + 0.6 × M_f · · (1)

但し、M_wはワイヤの各成分の含有量、M_fはフラックスの各成分の含有量

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶接用ワイヤと焼成型フラックスとを組み合わせる二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法において、

溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの何れか一方または両方に含有する Si、Mn、Ni、Cr、Mo 及び N における溶接用ワイヤ中の上記各成分元素の含有量を溶接用ワイヤ全質量に対する質量%で M_W とし、焼成型フラックス中の上記各成分元素の含有量を焼成型フラックス全質量に対する質量%で M_F としたとき、(1)式から求められる換算値 M は、

Si : 0.1 ~ 0.9、

Mn : 1.0 ~ 2.5、

Ni : 8 ~ 12、

Cr : 21.5 ~ 25.0、

Mo : 2.5 ~ 4.0、

N : 0.08 ~ 0.25 であり、

溶接用ワイヤ全質量に対する質量%で、溶接用ワイヤ中に、

C : 0.03% 以下で、残部は Fe 分及び不可避不純物であり、

焼成型フラックス全質量に対する質量%で、焼成型フラックス中に

Si 酸化物の SiO₂ 換算値 : 15 ~ 25%、

CaO : 5 ~ 10%、

Al₂O₃ : 17 ~ 24%、

MgO : 25 ~ 33%、

Na 化合物及び K 化合物における Na₂O 換算値及び K₂O 換算値の合計 : 0.9 ~ 2.3%、

弗素化合物の F 換算値 : 3.3 ~ 7.7%、

Bi 酸化物の Bi 換算値 : 0.005 ~ 0.040%、

CaCO₃ : 3.5 ~ 6.0% を含有し、残部は鉄合金分の Fe 分及び不可避不純物であることを特徴とする二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法。

$M = M_W + 0.6 \times M_F \dots (1)$

【請求項 2】

溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの何れか一方または両方に含有する W の換算値 M は、W : 0.05 ~ 0.40 であることを特徴とする請求項 1 に記載の二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法に関し、強度及び靱性が優れた溶接金属が得られ、かつ、溶接作業性、特にスラグ剥離性が良好な二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法に関する。

【背景技術】

【0002】

SUS329J3L、SUS329J4L、UNS S31803 等に代表される二相ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼とフェライト系ステンレス鋼の特徴を合わせ持ち、一般的なオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304等)に比べ、高い強度と耐食性を有している。二相ステンレス鋼は、化学成分に含まれる Cr、Mo、N、W を基にして、耐孔食性指数 PRE (Cr% + 3.3Mo% + 16N%) や PREW (Cr% + 3.3(Mo% + 0.5W%) + 1.6N%) で分類されている。二相ステンレス鋼は、耐食性が要求される化学プラント、化学機器、油井及びガス井等の耐食材料として使用され、また強度も高いことから、鋼構造部材としても用いられている。

【0003】

10

20

30

40

50

このような状況の中、溶接部の機械性能に優れ、かつ、溶接作業性が良好な二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接材料の開発が望まれている。しかし、Nを多く含有する二相ステンレス鋼をサブマージーク溶接した場合、ブローホール等の溶接欠陥が発生するという問題がある。加えて、スラグ剥離性が極度に悪く、ジェットタガネ等によるスラグ除去の工程を追加する必要がある等の問題点があった。

【0004】

これらの問題点を解決する技術として、例えば特許文献1には、溶接材料の鋼中水素含有量とフェライト量との積を所定値以下に抑えこむことにより、比較的低温で施工するTIG溶接用溶接材料が開示されている。しかし、この特許文献1の開示技術によれば、入熱が高いサブマージーク溶接とは異なる技術であり、サブマージーク溶接材料には適用できない。

10

【0005】

また、特許文献2には、二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接に関し、溶接用フラックス中のCaF₂、SiO₂、CaO、MgOの含有量を規制することで溶接金属の機械性能を向上させる技術が開示されている。しかし、特許文献2に記載の溶接用フラックスは、熔融型フラックスに関する技術であり、Nの含有量が多い二相ステンレス鋼を適用した場合、十分な溶接作業性、特に、良好なスラグ剥離性が得られないという問題点があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0006】

【特許文献1】特開2001-9589号公報

【特許文献2】特開昭61-14097号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで本発明は、上述した問題点を鑑みて案出されたものであり、二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法に関し、強度及び靱性が優れた溶接金属が得られ、かつ、溶接作業性、特にスラグ剥離性が良好な二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上述した課題を解決するために、各種成分組成の溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスを種々試作して詳細に検討した。その結果、溶接用ワイヤ成分及び焼成型フラックスの成分組成を適正化することにより、強度及び靱性に優れた溶接金属が得られ、かつ、溶接作業性、特に優れたスラグ剥離性が得られることを見出して、本発明を完成させた。

【0009】

すなわち、本発明の要旨は、溶接用ワイヤと焼成型フラックスとを組み合わせる二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法において、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの何れか一方または両方に含有するSi、Mn、Ni、Cr、Mo及びNにおける溶接用ワイヤ中の上記各成分元素の含有量を溶接用ワイヤ全質量に対する質量%でM_wとし、焼成型フラックス中の上記各成分元素の含有量を焼成型フラックス全質量に対する質量%でM_fとしたとき、(1)式から求められる換算値Mは、Si:0.1~0.9、Mn:1.0~2.5、Ni:8~12、Cr:21.5~25.0、Mo:2.5~4.0、N:0.08~0.25であり、溶接用ワイヤ全質量に対する質量%で、溶接用ワイヤ中に、C:0.03%以下で、残部はFe分及び不可避不純物であり、焼成型フラックス全質量に対する質量%で、焼成型フラックス中にSi酸化物のSiO₂換算値:15~25%、CaO:5~10%、Al₂O₃:17~24%、MgO:25~33%、Na化合物及びK化合物におけるNa₂O換算値及びK₂O換算値の合計:0.9~2.3%、弗

40

50

素化合物のF換算値：3.3～7.7%、Bi酸化物のBi換算値：0.005～0.040%、CaCO₃：3.5～6.0%を含有し、残部は鉄合金分のFe分及び不可避不純物であることを特徴とする。 $M = M_W + 0.6 \times M_F \dots (1)$

【0010】

また、本発明の要旨は、更に溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの何れか一方または両方に含有するWの換算値Mは、W：0.05～0.40であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明を適用した二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法によれば、強度、靱性が優れた溶接金属が得られ、かつ溶接作業性、特に良好なスラグ剥離性を得ることができるので、溶接能率の向上及び品質の向上を図ることができる。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明者らは、上述した課題を解決するために、各種成分組成のステンレス鋼の溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスを試作して詳細に検討した。その結果、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスのSi、Mn、Ni、Cr、Mo、N及び焼成型フラックス中のSi酸化物、MgO、弗素化合物を適性化することにより、溶接金属の強度と靱性が向上することを見出した。また、Wを適量添加することで、溶接金属の強度を更に向上できることも見出した。

20

【0013】

一方、Nは含有量が高くなるにつれ、ブローホールが多発する等の耐溶接欠陥性が劣下するといった問題が生じたので、更なる検討を加えた。その結果、フェライト生成元素であるCr、Mo、Siや、オーステナイト生成元素であるNiを調整することによって、オーステナイトの晶出を安定化させ、オーステナイト相にNを固溶させることでスラグ剥離性やブローホール等の耐溶接欠陥性の向上させることを見出した。

【0014】

溶接作業性に関しては、スラグ剥離性は、Si酸化物、CaO、MgO、Biを適正化することで、高N含有の二相ステンレス鋼板を用いても、ビード表面にスラグが焼き付かず、スラグ剥離性を向上させることができ、ジェットタガネ等によるスラグ除去工程を省略することができることを見出した。また、アーク安定性は、Al₂O₃、Na化合物及びK化合物、CaCO₃を適量添加することで良好にでき、ビード外観及びビード形状は、Si酸化物、CaO、MgO、Na化合物及びK化合物、弗素化合物、Bi酸化物、CaCO₃を適量添加することで良好にできることを見出した。

30

【0015】

なお、本発明では、溶接用ワイヤと焼成型フラックスの各成分組成の含有量を定義する上で換算値Mという概念を用いている。換算値Mは、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの何れか一方または両方に含有するSi、Mn、Ni、Cr、Mo及びNにおける溶接用ワイヤ中の各成分元素の含有量を溶接用ワイヤ全質量に対する質量%でM_Wとし、焼成型フラックス中の各成分元素の含有量を焼成型フラックス全質量に対する質量%でM_Fとしたとき、下記(1)式に基づいて求められる。

40

【0016】

$$M = M_W + 0.6 \times M_F \dots (1)$$

M_W：溶接用ワイヤ中の各成分元素の含有量（溶接用ワイヤ全質量に対する質量%）

M_F：焼成型フラックス中の各成分元素の含有量（焼成型フラックス全質量に対する質量%）

【0017】

この換算値Mは、溶接用ワイヤ中のSi、Mn、Ni、Cr、Mo及びNの各成分の質量%と、焼成型フラックス中の上記各成分の質量%から、溶接金属への歩留に寄与する重み付けを1：0.6として換算した値である。溶接用ワイヤの各成分の質量%と焼成型フラックスの各成分の質量%との重み付けを1：0.6とした理由は、サブマージーク溶

50

接において、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスから溶接金属中に各成分を添加する場合の成分歩留は溶接用ワイヤに対して焼成型フラックスが約6割であることに基づくものである。

【0018】

すなわち、本発明では、サブマージアーク溶接方法に関するものであるので、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスのそれぞれの成分組成を規定するのではなく、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスにおけるSi、Mn、Ni、Cr、Mo及びNの含有量を成分歩留に応じて重み付けしたパラメータである換算値Mで規定するものである。

【0019】

以下、Si、Mn、Ni、Cr、Mo及びNにおける換算値Mの限定理由について説明する。

【0020】

[Siの換算値M：0.1～0.9]

Siは、溶接金属の強度の向上を目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの金属シリコン、フェロシリコン及びフェロシリコンマンガン等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるSiの換算値Mが0.1未満では、その効果が得られず、溶接金属の強度が低下する。また、脱酸不足によりビード表面にポックマークが生じるようになる。一方、Siの換算値Mが0.9を超えると、溶接金属の靱性が低下する。したがって、前記(1)式で求められるSiの換算値Mは0.1～0.9とする。

【0021】

[Mnの換算値M：1.0～2.5]

Mnは、溶接金属の脱酸元素及び溶接金属中の低融点硫化物のSを固定し、MnSとなって溶接金属の耐割れ性を高めることを目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの金属マンガン、フェロマンガン及びフェロマンガンシリコン等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるMnの換算値Mが1.0未満では、その効果が得られず、溶接金属に割れが発生する。一方、Mnの換算値Mが2.5を超えると、Mn酸化物を多く生成してしまうため、溶接金属の靱性が低下する。したがって、前記(1)式で求められるMnの換算値Mは1.0～2.5とする。

【0022】

[Niの換算値M：8～12]

Niは、オーステナイト相を安定化させて溶接金属の靱性の改善や強度を調整することを目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの金属ニッケル及びフェロニッケル等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるNiの換算値Mが8未満では、オーステナイトの晶出量が減少して溶接金属の靱性が低化する。一方、Niの換算値Mが12を超えると、オーステナイトの晶出量が増加して、フェライトの形態が変化し、溶接金属の強度が低下する。したがって、前記(1)式で求められるNiの換算値Mは8～12とする。

【0023】

[Crの換算値M：21.5～25.0]

Crは、フェライト相を安定化させる元素であり、溶接金属の強度の向上や耐割れ性の改善を目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの金属クロム、フェロクロム及び窒化Cr等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるCrの換算値Mが21.5未満では、フェライトの晶出量が減少してオーステナイト量が多くなり、溶接金属の強度が低下する。一方、Crの換算値Mが25.0を超えると、液相線温度の上昇に伴って固液共存領域の幅が増加し、割れ感受性が増加して溶接金属に割れが発生する。したがって、前記(1)式で求められるCrの換算値Mは21.5～25.0とする。

【0024】

[Moの換算値M：2.5～4.0]

Moは、オーステナイト相中に固溶され、溶接金属の強度の向上を目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの金属モリブデン及びフェロモリブデン等の一方または両方から

10

20

30

40

50

添加する。前記(1)式で求められるM_oの換算値Mが2.5未満では、固溶強化の効果は得られず、溶接金属の強度が低下する。一方、M_oの換算値Mが4.0を超えると、フェライト中に極めて硬く脆い相が析出されるため、溶接金属の靱性が低下する。したがって、前記(1)式で求められるM_oの換算値Mは2.5~4.0とする。

【0025】

[Nの換算値M：0.08~0.25]

Nは、オーステナイト中に固溶され溶接金属の強度を向上させることを目的に、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスの窒化クロム及び窒化マンガン等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるNの換算値Mが0.08未満では、その効果は得られず、溶接金属の強度が低下する。一方、Nの換算値Mが0.25を超えると、ブローホールが多発するとともに、溶接金属の靱性が低下する。したがって、前記(1)式で求められるNの換算値Mは0.08~0.25とする。

10

【0026】

以下、溶接用ワイヤの成分組成の限定理由について説明する。溶接用ワイヤの各成分組成の含有量は、溶接用ワイヤ全質量に対する質量%で表すこととし、その質量%を表すときには単に%と記載して表すこととする。

【0027】

[溶接用ワイヤ中のC：0.03%以下]

Cは、溶接金属の強度を向上させる効果があるが、その含有量が0.03%を超えるとCr炭化物を形成して溶接金属の靱性を著しく低下させるので、溶接用ワイヤ中のCは0.03%以下とする。

20

【0028】

残部は、Fe分及び不可避不純物である。Fe分は、ステンレス鋼外皮のFe分、フラックスの鉄粉、鉄合金(フェロシリコン、フェロマンガン、フェロシリコンマンガン等のフェロアロイ)粉などからのFe分である。不可避不純物は、P、S等の不可避に混入される不純物をいい、0%であることが望ましいが、0%にすることは生産コストが高くなるという問題もあるために難しい。

【0029】

特に、この不可避不純物であるP、Sは、耐割れ性の観点から、溶接用ワイヤ全質量に対する質量%でP：0.04%以下、S：0.02%以下であることが好ましい。

30

【0030】

以下、焼成型フラックスの成分組成の限定理由について説明する。焼成型フラックス中の各成分組成の含有量は、焼成型フラックス全質量に対する質量%で表すこととし、その質量%を表すときには単に%と記載して表すこととする。

【0031】

[焼成型フラックス中のSi酸化物のSiO₂換算値：15~25%]

珪砂、ジルコンサンド、珪灰石、水ガラス(珪酸ソーダ、珪酸カリウム)等を原料とするSi酸化物は、スラグの粘性を調整し、良好なビード外観及びビード形状を得るために重要な成分であるが、過剰に添加すると、溶接金属中の酸素量が増加して溶接金属の靱性が低下する。Si酸化物のSiO₂換算値が15%未満では、ビード止端部のなじみが悪くなり、スラグ剥離性が劣化し、ビード外観及びビード形状が不良となる。一方、Si酸化物のSiO₂換算値が25%を超えると、溶接金属中の酸素量が増加して靱性が低下する。したがって、焼成型フラックス中のSi酸化物のSiO₂換算値は15~25%とする。

40

【0032】

[焼成型フラックス中のCaO：5~10%]

珪灰石、珪酸カルシウム等を原料とするCaOは、スラグ流動性を調整するために重要な成分である。CaOが5%未満では、ビード止端部のなじみが悪く、ビード外観及びビード形状が不良となる。一方、CaOが10%を超えると、スラグ流動性が悪くなるので、ビード形状の平滑さが不均一となり、スラグ剥離性が不良になる。したがって、焼成型

50

フラックス中のCaOは5～10%とする。

【0033】

[焼成型フラックス中のAl₂O₃: 17～24%]

アルミナを主原料とするAl₂O₃は、ビードのなじみ性を改善するとともに、良好なスラグ剥離性及びビード外観を得るために重要な成分である。またAl₂O₃は、アーク安定性を良好にする効果もある。Al₂O₃が17%未満では、その効果が得られず、アーク状態が不安定になり、スラグ剥離性及びビード外観が不良になる。一方、Al₂O₃が24%を超えると、ビード形状が不均一となり、スラグ剥離性も不良になる。したがって、焼成型フラックス中のAl₂O₃は17～24%とする。

【0034】

[焼成型フラックス中のMgO: 25～33%]

マグネシアリンカーを主成分とするMgOは、スラグの塩基度を向上させるとともに、スラグ流動性を調整する効果がある。MgOが25%未満では、ビード止端部のなじみが悪く、ビード外観及びビード形状が不良となる。また、フラックスの塩基度が低くなり、溶接金属中の酸素量が増加して靱性が低下する。一方、MgOが33%を超えると、ビード形状が不均一になるため、スラグ剥離性及びビード外観が不良となる。したがって、焼成型フラックス中のMgOは25～33%とする。

【0035】

[焼成型フラックス中のNa化合物及びK化合物のNa₂O換算値及びK₂O換算値の合計: 0.9～2.3%]

Na及びKは、カリ長石または珪酸ソーダや珪酸カリからなる水ガラスの固質成分、弗化ソーダや珪酸化カリ等の弗素化合物より添加され、平滑なビード形状にする効果がある。Na化合物及びK化合物のNa₂O換算値及びK₂O換算値の合計が0.9%未満では、アークが不安定となり、ビード形状が不均一となる。一方、Na₂O換算値及びK₂O換算値の合計が2.3%を超えると、ビード表面の光沢が失われ、ビード外観及びスラグ剥離性が不良となる。したがって、焼成型フラックス中のNa化合物及びK化合物のNa₂O換算値及びK₂O換算値の合計は0.9～2.3%とする。

【0036】

[焼成型フラックス中の弗素化合物のF換算値: 3.3～7.7%]

金属弗化物は、溶接金属の靱性改善に効果があるが、融点が低いために過剰に添加すると、ビードの平滑性が損なわれる。弗素化合物のF換算値が3.3%未満では、靱性改善の効果が得られず、溶接金属の靱性が低下する。一方、弗素化合物のF換算値が7.7%を超えると、ビード外観が不良となる。したがって、焼成型フラックス中の弗素化合物のF換算値は3.3～7.7%とする。なお、弗素化合物としては、CaF₂、BaF₂、NaF、LiF、MgF₂、K₂SiF₆、Na₃AlF₆、AlF₃等が含まれる。

【0037】

[焼成型フラックス中のBi酸化物のBi換算値: 0.005～0.040%]

Biは、酸化Bi等により添加され、スラグ剥離性を向上させ、ビード表面に光沢を出し、ビード外観を良好にする作用を有する。Bi酸化物のBi換算値が0.005%未満では、その効果が得られず、スラグ剥離性及びビード外観が不良になる。一方、Bi酸化物のBi換算値が0.040%を超えると、ビード外観及びビード形状が不良となる。したがって、焼成型フラックス中のBi酸化物のBi換算値は0.005～0.040%とする。

【0038】

[焼成型フラックス中のCaCO₃: 3.5～6.0%]

CaCO₃(炭酸カルシウム)は、アークを安定にするとともに、溶接金属の靱性向上に重要な元素であり、溶接中にCaCO₃が分解してCOまたはCO₂ガスとなり、アークを安定にするとともに、アーク雰囲気中の窒素分圧を下げて溶接金属の窒素量を低減して靱性を改善する効果がある。CaCO₃が3.5%未満では、アークが不安定となり、ビード形状及びビード外観が不良となり、また溶接金属の靱性が低下する。一方、CaCO

10

20

30

40

50

が6.0%を超えると、COまたはCO₂ガスが過剰に発生してビード表面にポックマークが生じる。したがって、焼成型フラックス中のCaCO₃は3.5~6.0%とする。

【0039】

また焼成型フラックスにおいて、残部は鉄合金分のFe分及び不可避不純物である。Fe分は、ステンレス鋼外皮のFe分、フラックスの鉄粉、鉄合金（フェロシリコン、フェロマンガ、フェロシリコンマンガ等のフェロアロイ）粉などからのFe分である。不可避不純物は、P、S等の不可避に混入される不純物をいい、0%であることが望ましいが、0%にすることは生産コストが高くなるという問題もあるために難しい。

【0040】

以下、溶接金属の更なる強度向上のため、Wの添加理由及び換算値Mの限定理由について説明する。

【0041】

[Wの換算値M：0.05~0.40]

Wは、溶接金属の強度を更に向上させる効果を持ち、Si、Cr、Mo及びNの添加量を増やすことなく、更なる溶接金属の強度の向上が可能であり、溶接用ワイヤ及び焼成型フラックスのフェロタングステン等の一方または両方から添加する。前記(1)式で求められるWの換算値Mが0.05未満では、さらなる溶接金属の強度向上効果が得られない。一方、Wの換算値Mが0.40を超えると、ラーベス相の析出が生じやすくなり、溶接金属の靱性が低下する。したがって、前記(1)式で求められるWの換算値Mは0.05~0.40とする。

【実施例】

【0042】

以下、本発明を適用した二相ステンレス鋼のサブマージーク溶接方法の実施例について詳細に説明する。

【0043】

各種試作した溶接用ワイヤの成分組成を表1に、焼成型フラックスの成分組成を表2に示す。

【0044】

【表1】

ワイヤ 記号	ワイヤ成分（質量%）								
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	W	その他 ※
W1	0.020	0.45	1.50	8.8	20.5	3.30	0.090	-	残部
W2	0.020	0.40	1.71	8.7	23.4	3.52	0.073	-	残部
W3	0.020	0.42	1.36	8.9	24.1	3.31	0.115	0.22	残部
W4	0.015	0.33	1.56	6.8	22.3	2.90	0.142	0.05	残部
W5	0.020	0.34	1.07	9.4	22.0	2.25	0.120	0.23	残部
W6	0.025	0.36	2.00	9.3	22.1	3.33	0.120	-	残部
W7	0.020	0.60	1.59	10.7	22.7	3.91	0.085	-	残部
W8	0.020	0.04	1.74	9.1	23.1	3.10	0.090	-	残部
W9	0.020	0.11	1.52	8.9	24.1	3.40	0.147	-	残部
W10	0.035	0.41	0.92	8.2	23.9	3.10	0.160	0.30	残部
W11	0.025	0.28	1.31	11.9	23.4	2.60	0.154	-	残部
W12	0.010	0.36	1.49	10.3	22.5	3.45	0.140	-	残部

※:その他残部はFe分および不可避不純物

【0045】

【表 2】

フラックス 記号	フラックス中の合金元素成分											フラックス中のスラグ成分						
	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	W	SiO ₂ 換算値	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O (A)	K ₂ O (B)	(A)+(B)	F換算値	B換算値	CaCO ₃	その他 ※
BF1	0.3	0.7	-	2.0	-	-	-	16.9	5.3	21.3	30.1	1.76	0.50	2.26	6.41	0.021	3.71	残部
BF2	0.4	1.0	0.5	0.7	-	0.02	-	19.4	7.1	17.4	25.2	1.60	0.60	2.20	7.68	0.030	4.10	残部
BF3	0.3	0.7	-	2.0	-	-	-	20.1	8.6	23.7	25.9	0.73	0.20	0.93	5.10	0.030	4.09	残部
BF4	0.3	-	1.2	-	0.7	-	-	19.6	5.8	17.9	28.1	1.40	0.50	1.90	6.34	0.015	5.71	残部
BF5	0.2	0.2	0.5	0.4	0.5	0.18	-	21.0	8.4	22.8	30.1	1.00	1.00	2.00	3.33	0.031	4.52	残部
BF6	0.4	-	-	4.2	0.7	-	-	15.3	6.5	18.1	32.8	0.50	1.50	2.00	5.92	0.006	3.52	残部
BF7	0.3	-	-	1.1	0.4	0.09	-	18.4	7.1	19.4	28.4	1.50	0.75	2.25	6.60	0.025	3.88	残部
BF8	-	-	1.1	2.1	0.5	-	0.15	24.6	5.9	18.6	29.0	1.00	0.40	1.40	4.60	0.036	3.60	残部
BF9	0.3	0.5	2.2	2.7	-	0.14	0.01	18.4	9.6	18.7	25.1	0.80	0.40	1.20	5.30	0.025	5.97	残部
BF10	0.4	0.4	1.2	-	0.4	0.05	0.23	15.3	7.9	19.6	28.6	1.80	0.40	2.20	6.74	0.030	4.89	残部
BF11	-	-	1.1	2.1	0.5	-	0.15	16.7	7.1	16.3	30.4	1.60	0.50	2.10	5.60	0.021	5.10	残部
BF12	1.0	0.7	0.4	2.1	-	0.11	-	18.7	6.5	18.9	26.0	0.80	1.40	2.20	6.64	0.047	5.31	残部
BF13	0.4	-	-	1.2	-	0.04	-	14.4	6.2	20.7	29.1	1.40	0.65	2.05	7.43	0.023	4.22	残部
BF14	0.4	1.0	0.5	0.7	-	-	-	20.4	7.1	18.4	33.9	1.50	0.60	2.10	4.10	0.018	3.89	残部
BF15	0.3	-	0.8	1.1	0.4	0.09	-	19.0	10.7	19.8	27.3	1.40	0.65	2.05	5.21	0.026	3.79	残部
BF16	0.3	-	1.2	-	0.7	-	-	20.2	8.4	20.7	32.5	0.80	1.050	1.85	3.22	0.017	4.87	残部
BF17	0.3	-	0.8	1.1	0.4	0.09	-	17.9	4.3	22.4	28.6	0.90	0.90	1.80	5.60	0.032	5.84	残部
BF18	0.3	0.5	1.2	2.7	-	0.14	-	16.3	6.1	18.6	26.8	1.20	0.35	1.55	7.84	0.015	4.12	残部
BF19	0.4	-	-	1.2	-	0.04	-	19.4	9.4	22.3	25.4	0.58	0.25	0.83	6.23	0.020	3.63	残部
BF20	0.3	-	-	4.0	1.3	0.03	-	15.4	6.4	20.6	30.2	1.60	0.50	2.10	5.88	0.002	3.64	残部
BF21	0.3	0.7	-	2.0	-	-	-	24.7	7.4	18.5	24.2	1.70	0.50	2.20	5.67	0.030	4.60	残部
BF22	0.2	0.2	-	0.4	0.5	0.18	-	17.2	7.1	24.7	26.7	1.60	0.60	2.20	5.78	0.021	4.10	残部
BF23	0.3	-	1.2	-	0.7	-	-	25.6	8.2	18.2	27.4	1.40	0.60	2.00	3.43	0.024	6.13	残部
BF24	0.4	0.4	2.2	-	0.4	0.05	0.61	19.4	6.4	18.1	29.0	2.00	0.38	2.38	5.70	0.015	4.78	残部
BF25	0.4	0.3	0.7	1.4	-	-	0.07	15.7	5.7	23.5	28.7	1.80	0.40	2.20	5.34	0.018	5.66	残部
BF26	0.3	0.5	1.2	2.7	-	0.14	-	20.1	6.3	19.4	26.9	1.15	0.46	1.61	6.11	0.015	3.42	残部

※:その他残部はFe分および不可避不純物

表 1 の溶接用ワイヤと表 2 の焼成型フラックスとを組合せ、表 3 に示す化学成分からなる板厚 25 mm の二相ステンレス鋼板を用い、J I S Z 3 1 1 1 に準じ、開先角度 30 °、ルート間隔 13 mm に開先加工した試験体に、溶接電流 500 A、アーク電圧 33 V、溶接速度 40 cm / 分、予熱なしで、パス間温度 150 以下の溶接条件で溶着金属試験を実施した。また溶接用ワイヤと焼成型フラックスの組み合わせ、並びに Si、Mn、Ni、Cr、Mo 及び N における換算値 M は表 4 に示す。

【 0 0 4 7 】

【表 3】

二相ステンレス鋼 化学成分 (質量%)								
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
0.020	0.45	1.50	0.020	0.011	8.2	23.8	3.12	0.020

10

【 0 0 4 8 】

溶接作業性の評価は、溶着金属試験時に、アーク安定性、スラグ剥離性、ビード外観、ビード形状及びポックマークの有無について評価した。

【 0 0 4 9 】

溶接割れ及びブローホールの評価は、溶着金属試験後の溶接試験体に、J I S Z 3 1 0 6 に準じて X 線透過試験を実施し、割れ及びブローホールの有無を調査した。

20

【 0 0 5 0 】

溶着金属試験の評価は、溶着金属の厚板方向の中心部から J I S Z 3 1 1 1 に準じた引張試験片及び J I S Z 2 2 4 2 に準じた衝撃試験片を採取し、引張試験及び衝撃試験を実施した。引張強さの評価は、常温にて 690 MPa 以上を良好とした。靱性の評価は、試験温度 - 20 で測定した吸収エネルギーの 3 本の平均値が 60 J 以上を良好とした。

【 0 0 5 1 】

なお、表 1 に示す溶接用ワイヤは、原線の素線を縮径、焼鈍して素線とし、それら素線を 4.0 mm 径まで伸線したものを使用した。

【 0 0 5 2 】

また、表 2 に示す焼成型フラックスは、水ガラスを固着剤として造粒した後、焼成温度 450 ~ 550 で焼成し、粒度構成が 300 μm ~ 1.4 mm となるものを使用した。上述した各試験結果を表 4 にまとめて示す。

30

【 0 0 5 3 】

【表 4】

区分	試験 No.	組合せ		各元素の換算値M										溶接作業性試験						X線透過試験			機械的性質		総合評価
		ワイヤ	フラックス	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	W	アーク安定性	スラッグ剥離性	ビード外観	ビード形状	ホックマーク	ブローホールの有無	割れの有無	引張強さ (MPa)	吸収エネルギー vE-20(J)						
本発明例	TP1	W6	BF1	0.54	2.42	9.30	23.30	3.33	0.120	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	760	81	○					
	TP2	W2	BF2	0.64	2.31	9.00	23.82	3.52	0.085	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	786	74	○					
	TP3	W1	BF3	0.63	1.92	8.80	21.70	3.30	0.090	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	730	75	○					
	TP4	W3	BF4	0.60	1.36	9.62	24.10	3.73	0.115	0.220	安定	良好	良好	良好	無	無	無	811	69	○					
	TP5	W8	BF5	0.16	1.86	9.40	23.34	3.40	0.198	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	760	72	○					
	TP6	W5	BF6	0.58	1.07	9.40	24.52	2.67	0.120	0.230	安定	良好	良好	良好	無	無	無	847	65	○					
	TP7	W11	BF7	0.46	1.31	11.90	24.06	2.84	0.208	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	778	83	○					
	TP8	W12	BF8	0.36	1.49	10.96	23.76	3.75	0.140	0.090	安定	良好	良好	良好	無	無	無	780	81	○					
	TP9	W4	BF9	0.51	1.86	8.12	23.92	2.90	0.226	0.056	安定	良好	良好	良好	無	無	無	802	66	○					
	TP10	W3	BF10	0.66	1.60	9.62	24.10	3.55	0.145	0.358	安定	良好	良好	良好	無	無	無	861	71	○					
比較例	TP11	W8	BF11	0.04	1.74	9.76	24.36	3.40	0.090	0.090	不安定	不良	不良	不良	有	無	無	660	81	x					
	TP12	W12	BF12	0.96	1.91	10.54	23.76	3.45	0.206	-	安定	良好	不良	不良	無	無	無	772	54	x					
	TP13	W10	BF13	0.65	0.92	8.20	24.62	3.10	0.184	0.300	安定	不良	不良	不良	無	有	無	822	56	x					
	TP14	W6	BF14	0.60	2.60	9.60	22.52	3.33	0.120	-	安定	不良	不良	不良	無	無	無	682	51	x					
	TP15	W4	BF15	0.51	1.56	7.28	22.96	3.14	0.196	0.050	安定	不良	不良	不良	無	無	無	741	52	x					
	TP16	W11	BF16	0.46	1.31	12.62	23.40	3.02	0.154	-	安定	良好	良好	良好	無	無	無	669	49	x					
	TP17	W1	BF17	0.63	1.50	9.28	21.16	3.54	0.144	-	安定	良好	不良	不良	無	無	無	684	71	x					
	TP18	W9	BF18	0.29	1.82	9.62	25.72	3.40	0.231	-	安定	良好	不良	良好	無	有	無	764	71	x					
	TP19	W5	BF19	0.58	1.07	9.40	22.72	2.25	0.144	0.230	不安定	良好	良好	不良	無	無	無	670	82	x					
	TP20	W6	BF20	0.54	2.00	9.30	24.50	4.11	0.138	-	安定	不良	不良	不良	無	無	無	769	54	x					
	TP21	W2	BF21	0.58	2.13	8.70	24.60	3.52	0.073	-	安定	良好	不良	不良	無	無	無	674	54	x					
	TP22	W11	BF22	0.40	1.43	11.90	23.64	2.90	0.262	-	安定	不良	良好	不良	有	無	無	739	55	x					
	TP23	W3	BF23	0.60	1.36	9.62	24.10	3.73	0.115	0.220	安定	良好	良好	良好	有	無	無	812	45	x					
	TP24	W4	BF24	0.57	1.80	8.12	22.30	3.14	0.172	0.416	安定	不良	不良	良好	無	無	無	843	57	x					
	TP25	W1	BF25	0.69	1.68	9.22	21.34	3.30	0.090	0.042	安定	良好	良好	良好	無	無	無	688	72	x					
	TP26	W1	BF26	0.63	1.80	9.52	22.12	3.30	0.174	-	不安定	良好	不良	不良	無	無	無	742	54	x					

本発明例である試験 No. TP1 ~ TP10 は、(1)式で求められる換算値 M の Si、Mn、Ni、Cr、Mo、N、W 及び焼成型フラックス BF-1 ~ BF-10 の SiO₂ 換算値、CaO、Al₂O₃、MgO、Na₂O 換算値及び K₂O 換算値の合計、F 換算値、Bi 換算値が本発明において規定した範囲内にあるので、X線透過試験においてブローホールや割れは無く、溶着金属の引張強さ及び吸収エネルギーも良好であった。また、アーク安定性が良好で、ビード表面にポックマークの発生がなく、ビード形状、ビード外観、スラグ剥離性も良好であった。

【0055】

なお、試験 No. TP4、TP6、TP9、TP10 は、W が本発明において規定した範囲内に亘り添加されているので、引張強さが 790 MPa 以上で極めて良好であった。

10

【0056】

比較中試験 No. TP11 は、(1)式で求められる Si の換算値 M が少ないので、ビード表面にポップマークが発生した。また、溶着金属の引張強さが低かった。さらに、焼成型フラックス BF11 の Al₂O₃ が少ないので、アークが不安定で、ビード外観及びスラグ剥離性が不良であった。

【0057】

試験 No. TP12 は、Si の換算値 M が多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。また、焼成型フラックス BF12 の Bi 換算値が多いので、ビード外観及びビード形状が不良であった。

【0058】

試験 No. TP13 は、Mn の換算値 M が少ないので、割れが発生した。また、溶接用ワイヤ W10 の C が多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。さらに、焼成型フラックス BF13 の SiO₂ 換算値が少ないので、ビード止端部のなじみが悪く、スラグ剥離性、ビード外観及びビード形状が不良であった。

20

【0059】

試験 No. TP14 は、Mn の換算値 M が多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。また、焼成型フラックス BF14 の MgO が多いので、ビード止端部のなじみが悪く、スラグ剥離性、ビード外観及びビード形状が不良であった。

【0060】

試験 No. TP15 は、Ni の換算値 M が少ないので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。また、焼成型フラックス BF15 の CaO が多いので、ビード形状が不均一で、スラグ剥離性が不良であった。

30

【0061】

試験 No. TP16 は、Ni の換算値 M が多いので、溶着金属の引張強さが低かった。また、焼成型フラックス BF16 の F 換算値が少ないので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。

【0062】

試験 No. TP17 は、Cr の換算値 M が少ないので、溶着金属の引張強さが低かった。また、焼成型フラックス BF17 の CaO が低いので、ビードのなじみが悪く、ビード外観及びビード形状が不良であった。

40

【0063】

試験 No. TP18 は、Cr の換算値 M が多いので、割れが発生した。また、焼成型フラックス BF18 の F 換算値が多いので、ビード外観が不良であった。

【0064】

試験 No. TP19 は、Mo の換算値 M が少ないので、溶着金属の引張強さが低かった。また、焼成型フラックス BF19 の Na₂O 換算値及び K₂O 換算値の合計が少ないので、アークが不安定で、ビード形状が不良であった。

【0065】

試験 No. TP20 は、Mo の換算値 M が多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。また、焼成型フラックス BF20 の Bi 換算値が少ないので、スラグ剥離性及びビ

50

ード外観が不良であった。

【0066】

試験No. TP21は、Nの換算値Mが少ないので、溶接金属の引張強さが低かった。また、焼成型フラックスBF21のMgOが少ないので、ビード形状及びビード外観が不良で、溶着金属の吸収エネルギーも不良であった。

【0067】

試験No. TP22は、Nの換算値Mが多いので、溶着金属部の吸収エネルギーが低く、またブローホールが発生した。さらに、焼成型フラックスBF22の Al_2O_3 が多いので、ビード形状が不均一で、スラグ剥離性が不良であった。

【0068】

試験No. TP23は、焼成型フラックスBF23の SiO_2 換算値が多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。また、 $CaCO_3$ が多いので、ビード表面にボックマークが発生した。

【0069】

試験No. TP24は、焼成型フラックスBF24の Na_2O 換算値及び K_2O 換算値の合計が多いので、スラグ剥離性及びビード外観が不良であった。また、Wの換算値Mが多いので、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。

【0070】

試験No. TP25は、Crの換算値Mが少ないので、溶着金属の引張強さが低かった。また、Wが添加されているが、Wの換算値Mが少ないので、十分な溶着金属の引張強さは得られなかった。

【0071】

試験No. TP26は、焼成型フラックスBF26の $CaCO_3$ が少ないので、アークが不安定で、ビード外観及びビード形状が不良であった。また、溶着金属の吸収エネルギーが低かった。

10

20

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

C 2 2 C 38/58

Fターム(参考) 4E001 AA03 BB05 CA03 DC07 DF05 DG03 EA01 EA03 EA05 EA07
EA09
4E084 AA01 AA03 AA07 AA09 AA11 AA12 AA17 AA26 BA03 BA04
BA06 BA08 BA09 BA29 CA03 CA12 CA16 CA23 CA25 CA26
DA18 GA07 HA03