(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
2025年6月5日(05.06.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/116039 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/042593

(22) 国際出願日： 2024年12月2日(02.12.2024)

(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 2023-204166 2023年12月1日(01.12.2023) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (**NIPPON STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 (JP).

(72) 発明者: 立花 隼人 (**TACHIBANA, Hayato**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 (JP). 松尾 孟 (**MATSUO, Hajime**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 (JP). 加茂 孝浩 (**KAMO, Takahiro**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所(**TAIYO, NAKAJIMA & KATO**); 〒1600022 東京都新宿区新宿４丁目３番１７号 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

(54) **Title:** WELD METAL, WELD JOINT, AND WELD STRUCTURE

(54) 発明の名称： 溶接金属、溶接継手、及び溶接構造物

(57) **Abstract:** Provided is a weld metal in which chemical components thereof are, in mass percentage with reference to the total mass of the weld metal, 0.2-0.8% of C, 0.03-0.5% of Si, 5.1-20% of Mn, 0-0.05% of P, 0-0.05% of S, 0-5% of Cu, 6-20% of Ni, 0-10% of Cr, 0-10% of Mo, 0-5% of Nb, 0-5% of V, 0-5% of Ta, 0-5% of Hf, 0-5% of Ti, 0-5% of Zr, 0-1% of Co, 0-1% of Pb, 0-1% of Sn, 0-5% of W, 0-0.1% of Mg, 0.001-0.1% of Al, 0-5% of Ca, 0-0.5% of B, 0-0.5% of REM, 0-0.5% of N, and 0.001-0.15% of O, the balance being Fe and impurities. The weld metal contains greater than 1% of Nb, greater than 1% of V, no less than 0.001% of Ta, no less than 0.001% of Hf, no less than 0.1% of Ti, and/or greater than 0.5% of Zr as at least one type of element selected from the group consisting of Nb, V, Ta, Hf, Ti, and Zr.

(57) 要約：溶接金属の全質量に対する質量％で、化学成分が、Ｃ０．２～０．８％、Ｓｉ０．０３～０．５％、Ｍｎ５．１～２０％、Ｐ０～０．０５％、Ｓ０～０．０５％、Ｃｕ０～５％、Ｎｉ６～２０％、Ｃｒ０～１０％、Ｍｏ０～１０％、Ｎｂ０～５％、Ｖ０～５％、Ｔａ０～５％、Ｈｆ０～５％、Ｔｉ０～５％、Ｚｒ０～５％、Ｃｏ０～１％、Ｐｂ０～１％、Ｓｎ０～１％、Ｗ０～５％、Ｍｇ０～０．１％、Ａｌ０．００１～０．１％、Ｃａ０～５％、Ｂ０～０．５％、ＲＥＭ０～０．５％、Ｎ０～０．５％、Ｏ０．００１～０．１５％、残部Ｆｅ及び不純物であり、Ｎｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素を、Ｎｂ１％超、Ｖ１％超、Ｔａ０．００１％以上、Ｈｆ０．００１％以上、Ｔｉ０．１％超、Ｚｒ０．５％超の含有量で含む、溶接金属。

WO 2025/116039 A1

［続葉有］

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 溶接金属、溶接継手、及び溶接構造物

技術分野

[0001] 本開示は、溶接金属、溶接継手、及び溶接構造物に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球温暖化の問題による二酸化炭素排出量規制強化により、石油及び石炭などに比べて二酸化炭素の排出がない水素燃料、並びに二酸化炭素の排出が少ない天然ガスなどの需要が高まっている。それに伴い、船舶や地上などで使用する液体水素タンク、液体炭酸ガスタンクおよびＬＮＧタンク等の建造の需要も世界的に高まっている。液体水素タンク、液体炭酸ガスタンクおよびＬＮＧタンクなどに使用される鋼材には、極低温度（例えば－１９６℃）での靭性確保の要求から、６～９％のＮｉを含むＮｉ系低温用鋼が使用されている。

そして、これらＮｉ系低温用鋼の溶接には、優れた低温靭性の溶接金属が得られるオーステナイト系の溶接材料を用いて溶接することで溶接金属が形成されている。この溶接材料は、主に、Ｎｉ含有量が７０％で設計されている。

[0003] 例えば、Ｎｉ含有量７０％の溶接材料として、特許文献１には、「Ｎｉ含有量が３５～７０％であり、フラックス中にワイヤ全質量に対して、TiO_2、SiO_2及びZrO_2を総量で４．０質量％以上含み、さらに、Ｍｎ酸化物をMnO_2換算で０．６～１．２質量％含み、かつ、TiO_2、SiO_2、ZrO_2及びMnO_2（換算量）の含有量を質量％で、それぞれ、［TiO_2］、［SiO_2］、［ZrO_2］及び［MnO_2］としたとき、［TiO_2］／［ZrO_2］が２．３～３．３、［SiO_2］／［ZrO_2］が０．９～１．５、及び、（［TiO_2］＋［SiO_2］＋［ZrO_2］）／［MnO_2］が５～１３である、Ｎｉ基合金を外皮とするフラックス入りワイヤ」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００８－２４６５０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 前述の通り、従来から低温靭性に優れた溶接金属が得られる溶接材料としてオーステナイト系溶接材料が用いられている。ただし、オーステナイト系溶接材料は高温割れを生じやすいという特性を有する。そのため、高温割れの発生が抑制された溶接金属が望まれている。

[0006] 本開示の課題は、高温割れの発生が抑制された溶接金属、該溶接金属を有する溶接継手、及び該溶接継手を有する溶接構造物を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 課題を解決するための手段は、次の態様を含む。

＜１＞

溶接金属の全質量に対する質量％で、化学成分が、

Ｃ　：０．２０～０．８０％、

Ｓｉ：０．０３～０．５０％、

Ｍｎ：５．１～２０．０％、

Ｐ　：０～０．０５０％、

Ｓ　：０～０．０５０％、

Ｃｕ：０～５．０％、

Ｎｉ：６．０～２０．０％、

Ｃｒ：０～１０．０％、

Ｍｏ：０～１０．０％、

Ｎｂ：０～５．００％、

Ｖ　：０～５．００％、

Ｔａ：０～５．０００％、

Ｈｆ：０～５．０００％、

Ｔｉ：０～５．００％、

Ｚｒ：０～５．０００％、

Ｃｏ：０～１．０％、

Ｐｂ：０～１．０％、

Ｓｎ：０～１．０％、

Ｗ　：０～５．０％、

Ｍｇ：０～０．１０％、

Ａｌ：０．００１～０．１００％、

Ｃａ：０～５．００％、

Ｂ　：０～０．５００％、

ＲＥＭ：０～０．５００％、

Ｎ　：０～０．５００％、

Ｏ　：０．００１～０．１５０％、並びに

残部：Ｆｅ及び不純物であり、

且つ前記Ｎｂ、前記Ｖ、前記Ｔａ、前記Ｈｆ、前記Ｔｉ、及び前記Ｚｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素を下記の含有量で含む、溶接金属。

Ｎｂ：１．００％超

Ｖ　：１．００％超

Ｔａ：０．００１％以上

Ｈｆ：０．００１％以上

Ｔｉ：０．１０％超

Ｚｒ：０．５００％超

＜２＞

前記Ｍｎの含有量と前記Ｎｉの含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ）が０．３３以上である、＜１＞に記載の溶接金属。

＜３＞

前記Ｎｂ、前記Ｖ、前記Ｔａ、前記Ｈｆ、前記Ｔｉ、及び前記Ｚｒからな

る群より選択される少なくとも二種の元素をそれぞれ前記の含有量で含む、＜１＞又は＜２＞に記載の溶接金属。

＜４＞

磁気誘導法により求められるｆｃｃ含有率が７０体積％以上である、＜１＞～＜３＞のいずれか一項に記載の溶接金属。

＜５＞

＜１＞～＜４＞のいずれか１項に記載の溶接金属を有する、溶接継手。

＜６＞

＜５＞に記載の溶接継手を有する溶接構造物。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、高温割れの発生が抑制された溶接金属、該溶接金属を有する溶接継手、及び該溶接継手を有する溶接構造物が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施例において用いた、開先を有する母材を示す概略断面図である。

[図2A]フィスコ割れ試験の試験装置を説明するための概略断面図である。

[図2B]フィスコ割れ試験の試験装置を説明するための概略断面図である。

[図2C]フィスコ割れ試験において溶接金属部に生じる高温割れを説明するための溶接継手サンプルを示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本開示の一例である実施形態について説明する。

なお、本明細書中において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値に「超」及び「未満」が付されていない場合は、これらの数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。また、「～」の前後に記載される数値に「超」又は「未満」が付されている場合の数値範囲は、これらの数値を下限値又は上限値として含まない範囲を意味する。

本明細書中に段階的に記載されている数値範囲において、ある段階的な数値範囲の上限値は、他の段階的な記載の数値範囲の上限値に置き換えてもよく、また、実施例に示されている値に置き換えてもよい。また、ある段階的

な数値範囲の下限値は、他の段階的な記載の数値範囲の下限値に置き換えてもよく、また、実施例に示されている値に置き換えてもよい。

また、含有量について、「％」は「質量％」を意味する。

含有量（％）として「０～」は、その成分は任意成分であり、含有しなくてもよいことを意味する。

[0011] ＜溶接金属＞

本開示の実施形態に係る溶接金属は、化学成分が所定の組成であり、且つＮｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素を後述の含有量で含む。

[0012] 本開示に係る溶接金属は、上記構成により、高温割れの発生が抑制される。

0060

[0013] 従来から、低温靭性に優れた溶接金属が得られる溶接材料としてオーステナイト系溶接材料が用いられており、例えばＬＮＧタンク用に用いられる６～９％のＮｉを含む鋼等に用いられている。ただし、オーステナイト系溶接材料は高温割れを生じやすいという特性を有する。これは、オーステナイト系溶接材料はγ相（面心立方格子ｆｃｃ）で凝固するため、Ｐ、Ｓ、Ｃ、及びＳｉなどの激しい凝固偏析が生じ、その結果（γ相＋液相）時における液相の融点が下がり、液相に対し凝固収縮による引張の応力が印加されて高温割れが生じるためと考えられる。

[0014] これに対して本発明者らは、凝固時の液相の融点を上げる方法として、液相中での炭化物の晶出に着目した。溶接金属における凝固の進行とともに凝固偏析が生じることで、液相の融点を下げることができる。この液相にはＰ、Ｓ、Ｃ、及びＳｉが濃化しており、この液相において炭化物を晶出させることで、液相中のＣ濃度を大きく下げることができる。その結果、液相の融点は上昇し、高温割れが抑制されるものと考えられる。

そこで本開示の実施形態に係る溶接金属では、炭化物を形成しやすい元素であるＴｉ、Ｚｒ、Ｖ、Ｈｆ、Ｎｂ、及びＴａからなる群より選択される少

なくとも一種の元素を、それぞれ所定の含有量で含む構成とした。溶接金属がＴｉ、Ｚｒ、Ｖ、Ｈｆ、Ｎｂ、及びＴａからなる群より選択される少なくとも一種の元素を所定量含むことで、炭化物の晶出により液相中のＣ濃度が低下し、液相の融点が上昇して高温割れが抑制される。

[0015] なお、高温割れの指標としては、ＪＩＳ　Ｚ　３１５５（１９９３）に規定されるフィスコ割れ試験が挙げられ、本開示の実施形態に係る溶接金属では、上記フィスコ割れ試験での割れ率が１５％以下であることが好ましい。

[0016] 以下、本開示に係る溶接金属を構成する要件（任意要件も含む要件）の限定理由について具体的に説明する。

[0017]（溶接金属の化学成分）

以下、溶接金属の化学成分について詳細に説明する。

なお、溶接金属の化学成分の説明において、「％」は、特に説明がない限り、「溶接金属の全質量に対する質量％」を意味する。

[0018] 溶接金属の化学成分は、

Ｃ　：０．２０～０．８０％、

Ｓｉ：０．０３～０．５０％、

Ｍｎ：５．１～２０．０％、

Ｐ　：０～０．０５０％、

Ｓ　：０～０．０５０％、

Ｃｕ：０～５．０％、

Ｎｉ：６．０～２０．０％、

Ｃｒ：０～１０．０％、

Ｍｏ：０～１０．０％、

Ｎｂ：０～５．００％、

Ｖ　：０～５．００％、

Ｔａ：０～５．０００％、

Ｈｆ：０～５．０００％、

Ｔｉ：０～５．００％、

Ｚｒ：０～５．０００％、

Ｃｏ：０～１．０％、

Ｐｂ：０～１．０％、

Ｓｎ：０～１．０％、

Ｗ　：０～５．０％、

Ｍｇ：０～０．１０％、

Ａｌ：０．００１～０．１００％、

Ｃａ：０～５．００％、

Ｂ　：０～０．５００％、

ＲＥＭ：０～０．５００％、

Ｎ　：０～０．５００％、

Ｏ　：０．００１～０．１５０％、並びに

残部：Ｆｅ及び不純物であり、

且つ前記Ｎｂ、前記Ｖ、前記Ｔａ、前記Ｈｆ、前記Ｔｉ、及び前記Ｚｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素を下記の含有量で含む。

Ｎｂ：１．００％超

Ｖ　：１．００％超

Ｔａ：０．００１％以上

Ｈｆ：０．００１％以上

Ｔｉ：０．１０％超

Ｚｒ：０．５００％超

[0019]（Ｃ　：０．２０～０．８０％）

Ｃは、溶接金属の強度を向上させる元素であり、溶接金属の強度を確保するための元素である。

一方で、溶接金属のＣ含有量が過剰であると、溶接金属の強度上昇による、靭性を劣化させる影響が大きく、溶接金属の低温靭性が低下する。

よって、溶接金属のＣ含有量は、０．２０～０．８０％とする。

溶接金属のＣ含有量の下限は、好ましくは、０．２２％、０．２５％、０

．２７％、０．３０％、０．３２％、０．３５％、０．３７％、又は０．４０％としてもよい。

溶接金属のＣ含有量の上限は、好ましくは、０．７５％、０．７０％、０．６５％、０．６０％、０．５５％、又は０．５０％である。

[0020]（Ｓｉ：０．０３～０．５０％）

Ｓｉは、脱酸元素である。溶接金属のＳｉ含有量が低すぎると、溶接金属のＯ含有量が増加する。

一方、Ｓｉは、オーステナイト相に対する固溶度が低く、Ｓｉを多量に含有するほど、凝固偏析が生じ高温割れが生じる。

よって、溶接金属のＳｉ含有量は、０．０３～０．５０％とする。

溶接金属のＳｉ含有量の下限は、好ましくは、０．０４％、０．０５％、又は０．０８％である。

溶接金属のＳｉ含有量の上限は、好ましくは、０．４８％、０．４５％、０．４０％、０．３５％、０．３０％、又は０．２０％である。

[0021]（Ｍｎ：５．１～２０．０％）

Ｍｎは、オーステナイト安定化元素である。溶接金属のＭｎ含有量が低すぎると、溶接金属のオーステナイト化が進行し難くなり、低温靭性が劣化する。また、Ｍｎは、脱酸剤として機能して溶接金属の清浄度を向上させる元素である。また、Ｍｎは、ＭｎＳを形成することで、溶接金属中のＳを無害化し、溶接金属の低温靭性を向上させる元素である。加えて、Ｍｎは高温割れを防ぐ効果も有する。

一方、溶接金属のＭｎ含有量が過剰であると、溶接金属中で偏析しやすく、偏析部で顕著な脆化が生じる。

よって、溶接金属のＭｎ含有量は、５．１～２０．０％とする。

溶接金属のＭｎ含有量の下限は、好ましくは、５．５％、５．７％、６．０％、７．０％、８．０％、９．０％、又は１０．０％である。

溶接金属のＭｎ含有量の上限は、好ましくは、１９．０％、１８．０％、１７．０％、１５．０％、又は１４．５％である。

[0022]（Ｐ　：０～０．０５０％）

Ｐは、不純物元素であり、高温割れを助長、または靭性を低下させるので、溶接金属のＰ含有量は極力低減させることが好ましい。よって、溶接金属のＰ含有量の下限は、０％とする。ただし、脱Ｐコストの低減の観点から、溶接金属のＰ含有量は、０．００３％以上がよい。

一方、溶接金属のＰ含有量が０．０５０％以下であれば、Ｐの悪影響が許容できる範囲内となる。

よって、溶接金属のＰ含有量は、０～０．０５０％とする。

高温割れ、または靭性の低下を効果的に抑制するために、溶接金属のＰ含有量は、０．０４０％以下、０．０３０％以下、０．０２０％以下、０．０１５％以下、又は０．０１０％以下が好ましい。

[0023]（Ｓ　：０～０．０５０％）

Ｓは、不純物元素であり、高温割れを助長、または靭性を低下させるので、溶接金属のＳ含有量は極力低減させることが好ましい。よって、溶接金属のＳ含有量の下限は、０％とする。ただし、脱Ｓコストの低減の観点から、溶接金属のＳ含有量は、０．００３％以上がよい。

一方、溶接金属のＳ含有量が０．０５０％以下であれば、Ｓの靭性への悪影響が許容できる範囲内となる。

よって、溶接金属のＳ含有量は、０～０．０５０％とする。

高温割れ、または靭性の低下を効果的に抑制するために、溶接金属のＳ含有量は、０．０４０％以下、０．０３０％以下、０．０２０％以下、０．０１５％以下、又は０．０１０％以下が好ましい。

[0024]（Ｃｕ：０～５．０％）

Ｃｕは、析出強化元素であり、溶接金属の強度向上のため、溶接金属に含有させてもよい。また、Ｃｕは、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靭性向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＣｕ含有量が過剰であると、上記の効果が飽和する。

よって、溶接金属のＣｕ含有量は、０～５．０％とする。

溶接金属のＣｕ含有量の下限は、好ましくは、０．３％、０．５％、又は０．７％である。

溶接金属のＣｕ含有量の上限は、好ましくは、４．５％、４．０％、又は３．５％である。

[0025]（Ｎｉ：６．０～２０．０％）

Ｎｉは、オーステナイト安定化元素である。溶接金属のＮｉ含有量が低すぎると、溶接金属のオーステナイト化が進行し難くなり、低温靭性が劣化する。

一方、溶接金属のＮｉ含有量を増やすと、溶接金属のコストが高くなる。

よって、溶接金属のＮｉ含有量は、６．０～２０．０％とする。

溶接金属のＮｉ含有量の下限は、好ましくは、６．５％、７．０％、７．５％、又は８．０％である。

溶接金属のＮｉ含有量の上限は、好ましくは、１９．０％、１７．０％、１５．０％、又は１３．０％である。

[0026]（Ｃｒ：０～１０．０％）

Ｃｒは、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靭性向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＣｒ含有量が過剰であると、溶融金属の固液共存温度範囲が広がるので、高温割れを起こしやすくなる。

よって、溶接金属のＣｒ含有量は、０～１０．０％とする。

溶接金属のＣｒ含有量の下限は、好ましくは、１．０％、２．０％、又は３．０％である。

溶接金属のＣｒ含有量の上限は、好ましくは、９．０％、８．０％、又は７．０％である。

[0027]（Ｍｏ：０～１０．０％）

Ｍｏは、析出強化元素であり、溶接金属の強度向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＭｏ含有量が過剰であると、溶接金属の強度が過剰とな

り、低温靭性が低下する。

よって、溶接金属のＭｏ含有量は、０～１０．０％とする。

溶接金属のＭｏ含有量の下限は、好ましくは、１．０％、２．０％、又は３．０％である。

溶接金属のＭｏ含有量の上限は、好ましくは、９．０％、８．０％、又は７．０％である。

[0028]（Ｎｂ：０～５．００％）

Ｎｂは、溶接金属中で炭化物を形成し、溶接金属の強度を上昇させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方で、溶接金属のＮｂ含有量が過剰であると、溶接金属の高温割れが発生する懸念がある。

よって、溶接金属のＮｂ含有量は、０～５．００％とする。

溶接金属のＮｂ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０５％、０．１０％、０．１５％、又は０．２０％である。

溶接金属のＮｂ含有量の上限は、好ましくは、４．５０％、４．００％、３．５０％、３．００％、又は２．５０％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＮｂを添加する場合には、溶接金属のＮｂ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0029]（Ｖ　：０～５．００％）

Ｖは、溶接金属中で炭窒化物を形成し、溶接金属の強度を上昇させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方で、溶接金属のＶ含有量が過剰であると、溶接金属の高温割れが発生する可能性がある。

よって、溶接金属のＶ含有量は、０～５．００％とする。

溶接金属のＶ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０５％、０．１０％、０．１５％、又は０．２０％である。

溶接金属のＶ含有量の上限は、好ましくは、４．５０％、４．００％、３

．５０％、又は３．００％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＶを添加する場合には、溶接金属のＶ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0030]（Ｔａ：０～５．０００％）

Ｔａは、溶接金属中で炭化物を形成し、溶接金属の強度を上昇させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方で、溶接金属のＴａ含有量が過剰であると、炭窒化物が多量かつ粗大に析出し、かえって溶接金属の靭性の低下を招く可能性がある。

よって、溶接金属のＴａ含有量は、０～５．０００％とする。

溶接金属のＴａ含有量の下限は、好ましくは、０．００１％、０．００３％、０．００５％、０．０１０％、０．０２０％、０．０３０％、又は０．０５０％である。

溶接金属のＴａ含有量の上限は、好ましくは、４．５００％、４．０００％、３．５００％、３．０００％、２．０００％、１．０００％、０．５００％、０．２００％、又は０．１００％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＴａを添加する場合には、溶接金属のＴａ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0031]（Ｈｆ：０～５．０００％）

Ｈｆは、溶接金属中で炭化物を形成し、溶接金属の強度を上昇させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方で、溶接金属のＨｆ含有量が過剰であると、溶接金属の靭性の低下を招く可能性がある。

よって、溶接金属のＨｆ含有量は、０～５．０００％とする。

溶接金属のＨｆ含有量の下限は、好ましくは、０．００１％、０．００２％、０．００５％、０．０１０％、０．０２０％、０．０３０％、又は０．０４０％である。

溶接金属のＨｆ含有量の上限は、好ましくは、４．５００％、４．０００％、３．５００％、３．０００％、２．０００％、１．０００％、０．５００％、０．２００％、又は０．１００％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＨｆを添加する場合には、溶接金属のＨｆ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0032]（Ｔｉ：０～５．００％）

Ｔｉは、脱酸元素であり、溶接欠陥抑制、及び溶接金属の清浄度向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＴｉ含有量が過剰であると、溶接金属に炭化物が生成し、溶接金属の靭性を劣化させる可能性がある。

よって、溶接金属のＴｉ含有量は、０～５．００％とする。

溶接金属のＴｉ含有量の下限は、好ましくは、０．００３％、０．０１％、０．０２％、又は０．０３％である。

溶接金属のＴｉ含有量の上限は、好ましくは、４．５０％、４．００％、３．５０％、又は３．００％、２．００％、又は１．５０％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＴｉを添加する場合には、溶接金属のＴｉ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0033]（Ｚｒ：０～５．０００％）

Ｚｒは、溶接金属を得るための溶接作業時においてビード形状を安定化させることができるので、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＺｒ含有量が過剰であると、溶接金属の酸素量を増加させ、低温靭性を劣化させる可能性がある。

よって、溶接金属のＺｒ含有量は、０～５．０００％とする。

溶接金属のＺｒ含有量の下限は、好ましくは、０．００３％、０．０１％、０．０２％、又は０．０３％である。

溶接金属のＺｒ含有量の上限は、好ましくは、４．５０％、４．００％、

３．５０％、又は３．００％、２．００％、１．５０％、又は１．００％である。

なお、高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＺｒを添加する場合には、溶接金属のＺｒ含有量の下限は後述の範囲であることが好ましい。

[0034]（Ｃｏ：０～１．０％）

Ｃｏは、固溶強化により、溶接金属の強度を上昇させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＣｏ含有量が過剰であると、溶接金属の延性が低下し、靭性を確保できない。

よって、溶接金属のＣｏ含有量は、０～１．０％とする。

溶接金属のＣｏ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０５％、０．１％、０．１５％、又は０．２％である。

溶接金属のＣｏ含有量の上限は、好ましくは、０．９５％、０．９％、０．８５％、又は０．８％である。

[0035]（Ｐｂ：０～１．０％）

Ｐｂは、母材である鋼材と溶接金属との間の止端成形性を向上させ溶接金属の切削性を向上させる効果があるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＰｂ含有量が過剰であると、高温割れが発生する。

よって、溶接金属のＰｂ含有量は、０～１．０％とする。

溶接金属のＰｂ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０５％、０．１％、０．１５％、又は０．２％である。

溶接金属のＰｂ含有量の上限は、好ましくは、０．９５％、０．９％、０．８５％、又は０．８％である。

[0036]（Ｓｎ：０～１．０％）

Ｓｎは、溶接金属の耐食性を向上させる元素であるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＳｎ含有量が過剰であると、溶接金属での割れ発生の懸

念がある。

よって、溶接金属のＳｎ含有量は、０～１．０％とする。

溶接金属のＳｎ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０５％、０．１％、０．１５％、又は０．２％である。

溶接金属のＳｎ含有量の上限は、好ましくは、０．９５％、０．９％、０．８５％、又は０．８％である。

[0037]（Ｗ　：０～５．０％）

Ｗは、固溶強化元素であり、強度向上のために溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＷ含有量が過剰であると、溶接金属の強度が過剰となり、靭性低下が発生する可能性がある。

よって、溶接金属のＷ含有量は、０～５．０％とする。

溶接金属のＷ含有量の下限は、好ましくは、０．１％、０．２％、０．５％、０．８％、又は１．０％である。

溶接金属のＷ含有量の上限は、好ましくは、４．８％、４．５％、４．３％、又は４．０％である。

[0038]（Ｍｇ：０～０．１０％）

Ｍｇは、脱酸元素であり、酸素を低減し、靭性の改善に効果があるため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＭｇ含有量が過剰であると、溶接金属を得るための溶接作業時においてアークが不安定化して、スパッタおよびブローホールが増加し、溶接作業性を劣化させる。

よって、溶接金属のＭｇ含有量は、０～０．１０％とする。

溶接金属のＭｇ含有量の下限は、好ましくは、０．００５％、０．０１％、０．０２％、０．０３％、又は０．０４％である。

溶接金属のＭｇ含有量の上限は、好ましくは、０．０９％、０．０８％、０．０７％、又は０．０６％である。

[0039]（Ａｌ：０．００１～０．１００％）

ＡｌＩは、脱酸元素であり、溶接欠陥抑制、及び溶接金属の清浄度向上のため、溶接金属に含有させる。

一方、溶接金属のＡｌＩ含有量が過剰であると、ＡｌＩが溶接金属中で窒化物又は酸化物を形成して、溶接金属の低温靭性が低下する可能性がある。

よって、溶接金属のＡｌＩ含有量は、０．００１～０．１００％とする。

溶接金属のＡｌＩ含有量の下限は、好ましくは、０．００３％、０．００５％、０．０１０％、０．０２０％、又は０．０３０％である。

溶接金属のＡｌＩ含有量の上限は、好ましくは、０．０９０％、０．０８０％、又は０．０７０％である。

[0040] （Ｃａ：０～５．００％）

Ｃａは、溶接金属中で硫化物の構造を変化させ、また溶接金属中での硫化物及び酸化物のサイズを微細化する働きを有するので、溶接金属の延性及び靭性向上に有効である。そのため、Ｃａを溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＣａ含有量が過剰であると、硫化物及び酸化物の粗大化が生じ、溶接金属の低温靭性の劣化を招く可能性がある。

よって、溶接金属のＣａ含有量は、０～５．００％とする。

溶接金属のＣａ含有量の下限は、好ましくは、０．０１％、０．０２％、又は０．０３％である。

溶接金属のＣａ含有量の上限は、好ましくは、４．８％、４．５％、４．３％、４．０％、３．０％、２．０％、１．０％、又は０．５％である。

[0041] （Ｂ　：０～０．５００％）

Ｂは、オーステナイト安定化元素であり、侵入型固溶強化元素でもあり、溶接金属の低温靭性及び強度の向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＢ含有量が過剰であると、M_{23}（Ｃ，Ｂ）$_6$が析出し、靭性劣化の原因となる。

よって、溶接金属のＢ含有量は、０～０．５０００％とする。

溶接金属のＢ含有量の下限は、好ましくは、０．０００５％、０．００１％、又は０．００２％である。

溶接金属のＢ含有量の上限は、好ましくは、０．４８０％、０．４５０％、０．４３０％、０．４００％、０．３００％、０．２００％、０．１００％、又は０．０５０％である。

[0042]（ＲＥＭ：０～０．５００％）

ＲＥＭは、溶接金属を得るための溶接作業時においてアークを安定化させる元素であるので、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＲＥＭ含有量が過剰であると、溶接金属を得るための溶接作業時においてスパッタが激しくなり、溶接作業性が劣悪となる可能性がある。

よって、溶接金属のＲＥＭ含有量は、０～０．５００％とする。

溶接金属のＲＥＭ含有量の下限は、好ましくは、０．００１％、０．００２％、又は０．００５％である。

溶接金属のＲＥＭ含有量の上限は、好ましくは、０．４８０％、０．４５０％、０．４３０％、０．４００％、０．３００％、０．２００％、０．１００％、又は０．０５０％である。

[0043]（Ｎ　：０～０．５００％）

Ｎは、オーステナイト安定化元素であり、侵入型固溶強化元素でもあり、溶接金属の低温靭性及び強度の向上のため、溶接金属に含有させてもよい。

一方、溶接金属のＮ含有量が過剰であると、ブローの発生が増大し、溶接欠陥の原因となる。

よって、溶接金属のＮ含有量は、０～０．５００％とする。

溶接金属のＮ含有量の下限は、好ましくは、０．００１％、０．００５％、０．０１０％、０．０２０％、又は０．０５０％である。

溶接金属のＮ含有量の上限は、好ましくは、０．４５０％、０．４００％、又は０．３５０％、０．３００％、０．２００％、又は０．１００％である。

[0044]（Ｏ　：０．００１～０．１５０％）

Ｏは、不純物として溶接金属中に含有される。しかしながら、Ｏの含有量

が過剰になると、靭性および延性の劣化を招くため、溶接金属のＯ含有量の上限は、０．１５０％以下とする。

一方、Ｏの含有量の極端な低減は製造コストの上昇を招くため、溶接金属のＯ含有量の下限は、０．００１％以下とする。

溶接金属のＯ含有量の下限は、好ましくは、０．００２％、又は０．００３％である。

溶接金属のＯ含有量の上限は、好ましくは、０．１３０％、又は０．１００％である。

[0045] （残部：Ｆｅ及び不純物）

溶接金属の化学成分におけるその他の残部成分は、Ｆｅ及び不純物である。

不純物とは、溶接金属を工業的に製造する際に、鉱石若しくはスクラップ等のような原料、又は製造工程の種々の要因によって混入する成分であって、溶接金属の特性に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。

[0046] （Ｎｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒ）

溶接金属は、Ｎｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素（以下、単に「特定元素」と称す）を下記の含有量で含む。特定元素を下記の含有量で含むことで、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げることができ、高温割れを抑制することができる。

Ｎｂ：１．００％超

Ｖ　：１．００％超

Ｔａ：０．００１％以上

Ｈｆ：０．００１％以上

Ｔｉ：０．１０％超

Ｚｒ：０．５００％超

[0047] ・Ｎｂ：１．００％超

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ

濃度を下げるためにＮｂを添加する場合には、溶接金属のＮｂ含有量の下限は１．００％超とする。溶接金属のＮｂ含有量の下限は、好ましくは、１．１０％、１．２０％、１．３０％、又は１．５０％である。

[0048] ・Ｖ　：１．００％超

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＶを添加する場合には、溶接金属のＶ含有量の下限は１．００％超とする。溶接金属のＶ含有量の下限は、好ましくは、１．１０％、１．２０％、１．３０％、１．５０％、１．８０％、又は２．００％である。

[0049] ・Ｔａ：０．００１％以上

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＴａを添加する場合には、溶接金属のＴａ含有量の下限は０．００１％以上とする。溶接金属のＴａ含有量の下限は、好ましくは、０．００２％、０．００５％、０．０１０％、０．０３０％、０．０５０％、又は０．０６０％である。

[0050] ・Ｈｆ：０．００１％以上

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＨｆを添加する場合には、溶接金属のＨｆ含有量の下限は０．００１％以上とする。溶接金属のＨｆ含有量の下限は、好ましくは、０．００２％、０．００５％、０．０１０％、０．０３０％、０．０４０％、０．０５０％、又は０．０６０％である。

[0051] ・Ｔｉ：０．１０％超

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＴｉを添加する場合には、溶接金属のＴｉ含有量の下限は０．１０％超とする。溶接金属のＴｉ含有量の下限は、好ましくは、０．１１％、０．１３％、０．２０％、０．３０％、０．５０％、０．８０％、又は１．００％である。

[0052] ・Ｚｒ：０．５００％超

高温割れを抑制する目的で、液相において炭化物を晶出させて液相中のＣ濃度を下げるためにＺｒを添加する場合には、溶接金属のＺｒ含有量の下限は０．５００％超とする。溶接金属のＺｒ含有量の下限は、好ましくは、０．５１０％、０．５３０％、０．５５０％、０．６００％、又は０．６３０％である。

[0053] 特定元素の中でも、溶接金属は、Ｔａ及びＨｆの少なくとも一方の元素を下記の含有量で含むことが好ましい。より炭化物形成能の高いと考えられるＴａ及びＨｆの少なくとも一方を含むことで炭化物の形成が促進され、その結果高温割れをより抑制することができる。

Ｔａ：０．００１％以上

Ｈｆ：０．００１％以上

[0054] ・特定元素の二種以上の含有

特定元素（つまりＮｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒからなる群より選択される元素）のうち、二種以上の元素を、それぞれ前記の含有量で含むことが好ましい。特定元素を二種以上含有することで、溶接金属における高温割れがより抑制される。

特定元素のうち一種の元素のみを前記含有量で添加した場合に比べて、特定元素を二種以上含有することで炭化物の形成がより促進されるためである。なぜなら、特定元素のうち一種の元素のみを添加した場合にはその一種の元素を含む炭化物が形成されるが、反応の平衡が存在するため炭化物の生成量には限界がある。一方で、特定元素を二種以上含有することで、炭化物の活量が下げられ（炭化物形成元素の活量が上げられ）、反応が促進されると考えられる。

[0055] （Ｍｎ含有量及びＮｉ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ））

Ｍｎ及びＮｉは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靭性を向上させる。一方、Ｎｉは高価な金属であるため、溶接金属のコストを抑えつつ、溶接金属の低温靭性を向上させるには、溶接金属におけるＭｎ含有量及びＮｉ含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Ｍｎ含有量及びＮｉ

含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ）を１１．５％以上とすることが好ましく、さらには１２．０％以上、１３．０％以上、又は１５．０％以上とすることが好ましい。

[0056] また、過度にＭｎを増やすと、積層欠陥エネルギーが低くなり靭性が劣化する。そのため、溶接金属のコストを抑え、溶接金属の低温靭性を向上させる観点から、溶接金属におけるＭｎ含有量及びＮｉ含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Ｍｎ含有量及びＮｉ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ）は、３７．０％以下とすることが好ましい。

溶接金属におけるＭｎ含有量及びＮｉ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ）は、より好ましくは、３５．０％以下、３２．０％以下、又は３０．０％以下である。

[0057]（Ｍｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ＋Ｃｒ））

Ｍｎ、Ｎｉ及びＣｒは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靭性を向上させる。一方、Ｎｉは高価な金属であるため、溶接金属のコストを抑えつつ、溶接金属の低温靭性を向上させるには、溶接金属におけるＭｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Ｍｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ＋Ｃｒ）を１５．０％以上とすることが好ましい。

溶接金属におけるＭｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ＋Ｃｒ）は、より好ましくは、１７．０％以上、１９．０％以上、２０．０％以上、２２．０％以上、２４．０％以上、２６．０％以上、２８．０％以上、又は３０．０％以上である。

[0058] 一方、Ｍｎ含有量が過度な量でないことにより、積層欠陥エネルギーが低くなり過ぎず靭性が確保できる。また、Ｃｒ含有量が過度な量でないことにより、溶融金属における低融点化合物の量を低減でき、さらに溶融金属の固液共存温度範囲が広がることを抑制できるので、高温割れの発生を抑制できる。そのため、溶接金属のコストを抑え、溶接金属の低温靭性を向上させつつ、且つ溶融金属における低融点化合物の発生量を低減し、高温割れの発生

を抑制する観点から、溶接金属におけるＭｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Ｍｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ＋Ｃｒ）は、４７．０％以下とすることが好ましい。

溶接金属におけるＭｎ含有量、Ｎｉ含有量及びＣｒ含有量の合計（Ｍｎ＋Ｎｉ＋Ｃｒ）は、より好ましくは、４５．０％以下、４２．０％以下、又は４０．０％以下である。

[0059]（Ｍｎ含有量とＮｉ含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ））

Ｍｎ及びＮｉは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靭性を向上させる。一方、Ｎｉは高価な金属であり、さらに過度にＭｎを増やすと積層欠陥エネルギーが低くなり靭性が劣化する。

そのため、溶接金属のコストを抑えつつ、溶接金属の低温靭性を向上する観点から、溶接金属におけるＭｎ含有量とＮｉ含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ）を０．３３以上とすることが好ましい。

溶接金属におけるＭｎ含有量とＮｉ含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ）の下限は、より好ましくは、０．５０、０．７０、１．００、１．１０、又は１．２０である。

溶接金属におけるＭｎ含有量とＮｉ含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ）の上限は、好ましくは、３．８０、３．５０、３．３０、又は３．００である。

[0060]（磁気誘導法により求められるｆｃｃ含有率）

溶接金属における低温靭性を高めるためには、溶接金属の組織におけるオーステナイトの割合を高めることが好ましい。そのため、溶接金属におけるｆｃｃ含有率を、７０体積％以上とすることが好ましい。ｆｃｃ含有率は、より好ましくは、８０体積％以上、又は９０体積％以上であり、１００体積％であってもよい。なお、組織の残部はｂｃｃである。

[0061] 溶接金属の組織におけるｆｃｃ含有率は、次の方法で求めることができる。

溶接金属からサンプルを採取し、サンプル表面において、磁気誘導法によりｂｃｃ含有率（体積％）を測定し、測定されたｂｃｃ含有率の算術平均値

を求める。得られたｂｃｃ含有率の平均値を用いて、以下の式により、溶接金属の組織におけるｆｃｃ含有率（体積%）を求める。

ｆｃｃ含有率＝１００－ｂｃｃ含有率

なお、溶接金属からのサンプルは、溶接金属の中央位置において母材が含まれない様に採取を行う。

[0062]（引張強さ）

溶接金属の引張強さは、例えば５９０～１２００ＭＰａとすることが好ましい。なお、引張強さはＪＩＳ　Ｚ３１１１：２００５に準じて溶接金属の引張試験を行うことで測定できる。

[0063]＜溶接継手および溶接構造物＞

次に、本開示に係る溶接継手および溶接構造物について説明する。

本開示に係る溶接継手は、本開示に係る溶接金属を有する。例えば本開示に係る溶接継手は、母材となる鋼材と、溶接金属及び溶接熱影響部から構成される溶接部とを備える。

また、本開示に係る溶接構造物は、本開示に係る溶接継手を有する。

[0064] 本開示に係る溶接継手は、本開示に係る溶接金属を有しているので、安価であり、且つ低温靭性に優れる。

[0065] ここで、本開示に係る溶接継手の製造方法について説明する。

なお、以下に説明する製造方法は一例であり、本開示に係る溶接継手を製造する方法は、以下の方法に限定されるものではない。

[0066] 本開示に係る溶接継手は、溶接材料を用いて母材となる鋼材を溶接することで製造することができる。

[0067] 例えば、本開示に係る溶接継手の製造方法は、フラックス入りワイヤを用いて、鋼材をガスシールドアーク溶接することで得られる。この場合、溶接金属の化学成分には、溶接材料であるフラックス入りワイヤ、及び母材である鋼材に由来する成分が含まれる。

[0068] また、本開示に係る溶接継手の製造方法は、ソリッドワイヤ及びフラックスを用いて、サブマージアーク溶接することで得られる。例えばサブマージ

アーク溶接では、溶接線上にあらかじめ顆粒状のフラックスを散布しておき、その中にソリッドワイヤを送り込み、フラックス中においてソリッドワイヤと鋼材との間のアークから生じるアーク熱で溶接する、一般的なサブマージアーク溶接機器を適用することができる。この場合、溶接金属の化学成分には、溶接材料であるソリッドワイヤ及びフラックス、並びに母材である鋼材に由来する成分が含まれる。

[0069] また、本開示に係る溶接継手の製造方法は、例えば、被覆アーク溶接、簡易エレクトロガスアーク溶接、エレクトスラグ溶接、ＴＩＧ溶接、およびソリッドワイヤを用いたガスシールド溶接等の溶接方法により得られる。この場合、溶接金属の化学成分には、溶接材料、及び母材である鋼材に由来する成分が含まれる。

[0070] 本開示に係る溶接継手が有する母材、つまり上記の溶接継手の製造方法に用いる鋼材（被溶接材）の種類は特に限定されないが、例えば、板厚２０ｍｍ以上の６～９％Ｎｉを含むＮｉ系低温用鋼を好適に用いることができる。

実施例

[0071] 次に、本開示例及び比較例により、本開示の実施可能性及び効果についてさらに詳細に説明するが、下記実施例は本開示を限定するものではなく、前・後記の趣旨に徹して設計変更することはいずれも本開示の技術的範囲に含まれるものである。

[0072] 以下に示す方法により、ソリッドワイヤおよびフラックスを用いたサブマージアーク溶接（Submerged Arc Welding：SAW）、被覆アーク溶接棒を用いた被覆アーク溶接（Shielded Metal Arc Welding：SMAW）、フラックス入りワイヤを用いたアーク溶接（Flux Cored Arc Welding：FCAW）、及び溶加材を用いたガスアーク溶接（Tungsten Inert Gas：TIG）により、溶接金属を得た。

[0073] ＜１．ソリッドワイヤおよびフラックスを用いたサブマージアーク溶接（SAW）＞

（ソリッドワイヤの製造）

ソリッドワイヤは、以下に説明する方法により製造した。

まず、鋼を溶解した後に鍛造加工を施し、その後圧延加工を経てこの鋼を棒状に加工し、この棒状の鋼を伸線することで、ソリッドワイヤを得た。このようにして、最終のワイヤ径がφ２．４ｍｍのソリッドワイヤを試作した。試作後、ワイヤ表面には潤滑剤を塗布した。

[0074]（溶接継手の製造）

得られたソリッドワイヤを用いて、サブマージアーク溶接により溶接することで溶接金属を有する溶接継手を製造した。具体的には、ソリッドワイヤを、サブマージアーク溶接用フラックスである日鉄溶接工業社製ＮＩＴＴＥＴＳＵ　ＦＬＵＸ　１０Ｈと組合せて用いてサブマージアーク溶接した。

溶接する鋼板（母材）として表１に示す成分の鋼板（２０ｍｍｔ×１２０ｍｍｗ×３００ｍｍｌ）を用いた。図１に示すように、母材２Ａ、２Ｂに対し、開先角度が９０°になるように板厚の半分まで開先を形成した。なお、母材２Ａと母材２Ｂの間隔が１ｍｍになるように調整して母材同士を突き合せた。この母材２Ａ、２Ｂに対し、シングルビードの溶接を行った。溶接条件は表２に記載の「サブマージアーク溶接（SAW）」の条件とした。こうして、溶接金属を有する溶接継手を製造した。

なお、得られた溶接金属の化学成分は、ソリッドワイヤの成分の調整によって制御した。製造した溶接継手における溶接金属の化学成分を表３－１～表３－４に示す（Ｎｏ．１～８、３３、３４、及び３９）。

[0075]＜２．被覆アーク溶接棒を用いた被覆アーク溶接（SMAW）＞

（被覆アーク溶接棒の製造）

被覆アーク溶接棒は、以下に説明する方法により製造した。

まず、芯線に対してフラックスを塗布し、３００～５００℃の温度範囲内で１～３時間の範囲で焼成することで、被覆アーク溶接棒を試作した。得られた被覆アーク溶接棒の最終の溶接棒径はφ６．０ｍｍ、フラックスの平均厚さは１．０ｍｍであった。

[0076]（溶接継手の製造）

得られた被覆アーク溶接棒を用いて、被覆アーク溶接することにより溶接金属を有する溶接継手を製造した。

溶接する鋼板（母材）として、表１に示す成分の鋼板（２０ｍｍｔ×１２０ｍｍｗ×３００ｍｍｌ）を用いた。図１に示すように、母材２Ａ、２Ｂに対し、開先角度が９０°になるように板厚の半分まで開先を形成した。なお、母材２Ａと母材２Ｂの間隔が１ｍｍになるように調整して母材同士を突き合せた。この母材２Ａ、２Ｂに対し、シングルビードの溶接を行った。溶接条件は表２に記載の「被覆アーク溶接（SMAW）」の条件とした。こうして、溶接金属を有する溶接継手を製造した。

なお、得られた溶接金属の化学成分は、被覆アーク溶接棒の成分の調整によって制御した。製造した溶接継手における溶接金属の化学成分を表３－１～表３－４に示す（Ｎｏ．９～１６、３５、３６、及び４０）。

[0077]＜３．フラックス入りワイヤを用いたアーク溶接（FCAW）＞

（フラックス入りワイヤの製造）

フラックス入りワイヤは、以下に説明する方法により製造した。

まず、鋼帯を長手方向に送りながら、成形ロールを用いて成形してＵ型のオープン管を得た。このオープン管の開口部を通じてオープン管内にフラックスを供給し、オープン管の開口部の相対するエッジ部を突合わせ溶接してシームレス管を得た。このシームレス管を伸線して、スリット状の隙間がないフラックス入りワイヤを得た。

このようにして、最終のワイヤ径がφ１．２ｍｍのフラックス入りワイヤを試作した。

なお、これらフラックス入りワイヤの伸線作業の途中で、フラックス入りワイヤを６５０～９５０℃の温度範囲内で４時間以上焼鈍した。試作後、ワイヤ表面には潤滑剤を塗布した。

[0078]（溶接継手の製造）

得られ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するこ

とにより溶接金属を有する溶接継手を製造した。

溶接する鋼板（母材）として、表１に示す成分の鋼板（２０ｍｍｔ×１２０ｍｍｗ×３００ｍｍｌ）を用いた。図１に示すように、母材２Ａ、２Ｂに対し、開先角度が９０°になるように板厚の半分まで開先を形成した。なお、母材２Ａと母材２Ｂの間隔が１ｍｍになるように調整して母材同士を突き合せた。この母材２Ａ、２Ｂに対し、シングルビードの溶接を行った。溶接条件は表２に記載の「フラックス入りワイヤ（FCAW）」の条件とした。こうして、溶接金属を有する溶接継手を製造した。

なお、得られた溶接金属の化学成分は、フラックス入りワイヤの成分の調整によって制御した。製造した溶接継手における溶接金属の化学成分を表３－１～表３－４に示す（Ｎｏ．１７～２４、３７、及び４１）。

[0079] ＜４．溶加材を用いたガスタングステンアーク溶接（TIG）＞

（溶加材の製造）

溶加材として、＜１．ソリッドワイヤおよびフラックスを用いたサブマージアーク溶接（SAW）＞と同じ製法により、ソリッドワイヤを製造した。

[0080] （溶接継手の製造）

得られた溶加材（ソリッドワイヤ）を用いて、ガスタングステンアーク溶接により溶接することで溶接金属を有する溶接継手を製造した。

溶接する鋼板（母材）として表１に示す成分の鋼板（２０ｍｍｔ×１２０ｍｍｗ×３００ｍｍｌ）を用いた。図１に示すように、母材２Ａ、２Ｂに対し、開先角度が９０°になるように板厚の半分まで開先を形成した。なお、母材２Ａと母材２Ｂの間隔が１ｍｍになるように調整して母材同士を突き合せた。この母材２Ａ、２Ｂに対し、シングルビードの溶接を行った。溶接条件は表２に記載の「タングステンアーク溶接（TIG）」の条件とした。こうして、溶接金属を有する溶接継手を製造した。

なお、得られた溶接金属の化学成分は、溶加材の成分の調整によって制御した。製造した溶接継手における溶接金属の化学成分を表３－１～表３－４に示す（Ｎｏ．２５～３２、３８、及び４２）。

[0081] なお、表３－１～表３－４に示された溶接金属の化学成分の含有量の単位は「溶接金属の全質量に対する質量％」である。

表３－１～表３－４に示された溶接金属の残部（すなわち、表に示された各成分以外の成分）は、鉄及び不純物である。

表３－１～表３－４において、溶接金属の化学成分の含有量に係る表中の空欄は、その化学成分の含有量が有効桁数未満であることを意味する。これらの化学成分が有効桁数未満の含有量で不可避的に混入されるか生成することもある。

[0082] Ｎｏ．１～４２において得られた溶接継手について、溶接金属の組織におけるｆｃｃ含有率を次の方法で求めた。

まず、溶接金属からサンプルを採取した。溶接金属からのサンプルは、溶接金属の中央位置において母材が含まれない様に採取を行った。サンプル表面において、ＦＥＲＩＴＳＣＯＰＥ（登録商標） ＦＭＰ３０（株式会社フィッシャー・インストルメンツ製）を用い、当該測定器のプローブに株式会社フィッシャー・インストルメンツ製プローブ（ＦＧＡＢ １．３－Ｆｅ）を用いて、磁気誘導法によりｂｃｃ含有率（体積％）を測定した。

なお、正確な測定値を得るため、サンプルに対してＦＥＲＩＴＳＣＯＰＥのプローブを当てる位置は、溶接部のビード長手方向に対し垂直方向に切った面の中央位置とし、且つ出来る限り平坦な面にプローブをあてることとした。プローブ径は７ｍｍとした。

測定されたｂｃｃ含有率の算術平均値を求め、得られたｂｃｃ含有率の平均値を用いて、以下の式により、溶接金属の組織におけるｆｃｃ含有率（体積％）を求めた。

ｆｃｃ含有率＝１００－ｂｃｃ含有率

[0083] ＜評価試験＞

・フィスコ割れ評価方法

耐高温割れ性は、フィスコ割れ試験（ＪＩＳ Ｚ ３１５５（１９９３）：「Ｃ形ジグ拘束突合わせ溶接割れ試験方法」（Ｍｅｔｈｏｄ ｏｆ Ｆｌ

ＳＣＯ　ｔｅｓｔ））を行うことにより、液相から凝固する際の割れ（高温割れ）について評価した。

フィスコ割れ試験では、まず２枚の鋼板１０Ａ（母材）を突き合せた状態で、図２Ａに示すようにＣ型治具１２における粗面１２２上に設置し、それぞれ端部を固定用ボルト１４で固定した。なお、突き合せ部が粗面１２２中央の非粗面部１２４上に配置されるように２枚の鋼板１０Ａを設置する。この状態で、突き合せ部を溶接して溶接金属部１００を形成した。溶接は、前述の＜１．ソリッドワイヤおよびフラックスを用いたサブマージアーク溶接（SAW）＞、＜２．被覆アーク溶接棒を用いた被覆アーク溶接（SMAW）＞、＜３．フラックス入りワイヤを用いたアーク溶接（FCAW）＞、及び＜４．溶加材を用いたガスタングステンアーク溶接（TIG）＞のそれぞれに記載の条件で行った。

溶接後に溶接金属部１００が凝固すると、一部に図２Ｂに示すような高温割れ１１０が発生することがある。この高温割れ１１０は、図２Ｃに示すように、溶接金属部１００において凝固が生じる際に引張応力が働くことで、発生する割れである。

[0084] Ｎｏ．１～４２において得られた溶接継手における溶接金属について、溶接金属部に発生する割れ長さを測定した。

高温割れの判定については、溶接長をＬ（ｍｍ）とし、Ｌのうち総割れ長さをＬｃ（ｍｍ）として、割れ率Ｒ（％）を以下の式で算出し、割れ率Ｒ≦１５％の場合を合格とし、割れ率Ｒ＞１５％の場合を不合格と判定した。

Ｒ＝Ｌｃ／Ｌ×１００（％）

[0085] [表1]

母材成分(mass%)					
C	Si	Mn	P	S	Ni
0.05	0.18	0.61	0.002	0.001	9.14

[0086]

[表2]

溶接条件							
溶接方法	電流	電圧	速度	ワイヤ送給速度	シールドガス	流量
	A	V	mm/min	mm/min		L/min
サブマージアーク溶接(SAW)	360	30	350			
被覆アーク溶接(SMAW)	140	22	160			
フラックス入りワイヤ(FCAW)	200	31	350		Ar+20%CO2	25
タングステンアーク溶接(TIG)	160	10	100	60	Ar	15

[0087]

[表3-1]

No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ta	Hf	Ti	Zr	Co	Pb
1	0.39	0.50	11.1	0.006	0.003		7.5	2.2	3.9		1.10						
2	0.52	0.21	10.8	0.012	0.008		14.5	1.0	4.2	1.20							
3	0.40	0.27	5.9	0.018	0.008	0.2	18.6	5.4	2.1						0.530	0.3	
4	0.34	0.50	14.0	0.010	0.009		7.6	8.4	3.9				0.080				0.2
5	0.63	0.30	12.1	0.018	0.021		14.2	3.4	2.7					0.11			
6	0.38	0.49	11.0	0.003	0.005		11.4	4.1	3.7			0.061				0.1	0.1
7	0.40	0.36	8.9	0.015	0.005		11.7	6.5	2.6					0.51			
8	0.69	0.25	17.8	0.023	0.008		8.4	8.3	3.7		1.20	0.003					
9	0.29	0.28	8.8	0.028	0.001		9.6	7.2	5.2			0.070					
10	0.62	0.37	13.6	0.007	0.021		13.8	1.5	0.4				0.010				
11	0.39	0.29	8.4	0.005	0.020		14.8	7.2	2.7					0.34			
12	0.46	0.29	16.6	0.028	0.014		14.0	1.4	4.6		2.10						
13	0.70	0.07	14.7	0.006	0.018		12.3	5.6	2.7	1.30							
14	0.48	0.12	13.9	0.017	0.025		7.0	6.1	1.4		1.80			0.14			
15	0.53	0.28	7.7	0.017	0.001		18.6	6.5	4.0			0.003	0.002				
16	0.34	0.26	10.5	0.007	0.009		11.7	6.9	3.6						0.940		
17	0.41	0.15	9.4	0.017	0.026		12.8	6.0	2.8	0.01	0.01						
18	0.24	0.43	18.4	0.002	0.029		17.3	8.2	4.3	0.02	0.01		0.002	0.03			0.1
19	0.23	0.21	17.3	0.010	0.007		17.8	5.3	1.0	0.02	0.02	0.010		0.03	0.510	0.1	
20	0.28	0.10	14.8	0.020	0.023		9.5	4.6	7.1	0.02	0.01	0.090		0.01			
21	0.72	0.36	12.8	0.006	0.019		13.0	6.9	2.0	2.10	0.01			0.05			

[0088] [表3-2]

No.	Mg	Al	Ca	B	REM	N	O	FCC	Ni/Mn	割れ率	溶接方法	備考
1		0.021				0.027	0.024	100	0.68	4	SAW	本発明例
2	0.01	0.041			0.001	0.011	0.026	100	1.34	0	SAW	本発明例
3		0.047		0.001		0	0.028	100	3.15	0	SAW	本発明例
4		0.041				0.023	0.019	100	0.54	9	SAW	本発明例
5		0.021	0.05			0.001	0.030	100	1.17	5	SAW	本発明例
6		0.038				0.059	0.024	100	1.04	3	SAW	本発明例
7		0.027				0.054	0.026	100	1.31	0	SAW	本発明例
8	0.01	0.037				0.034	0.018	100	0.47	7	SAW	本発明例
9	0.02	0.034		0.001		0.031	0.021	100	1.09	5	SMAW	本発明例
10		0.019	0.05			0.021	0.029	100	1.01	6	SMAW	本発明例
11		0.017				0.017	0.035	100	1.76	2	SMAW	本発明例
12	0.02	0.018		0.001		0.020	0.034	100	0.84	1	SMAW	本発明例
13		0.021			0.001	0.080	0.027	100	0.84	5	SMAW	本発明例
14		0.030				0.054	0.028	100	0.50	8	SMAW	本発明例
15	0.05	0.031				0.040	0.029	100	2.42	0	SMAW	本発明例
16		0.009				0.031	0.033	100	1.11	0	SMAW	本発明例
17		0.050				0.041	0.047	100	1.36	0	FCAW	本発明例
18	0.01	0.011				0.007	0.055	100	0.94	7	FCAW	本発明例
19		0.015			0.002	0.004	0.080	100	1.03	6	FCAW	本発明例
20		0.017	0.05			0.066	0.042	100	0.64	4	FCAW	本発明例
21	0.05	0.024		0.001		0.016	0.057	100	1.02	9	FCAW	本発明例

[0089]

[表3-3]

No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ta	Hf	Ti	Zr	Co	Pb
22	0.47	0.20	19.2	0.008	0.019	0.2	10.0	9.0	1.3	0.03	1.50			0.04			
23	0.43	0.49	14.5	0.012	0.015		15.3	3.7	2.3	0.01	0.01		0.090	0.02	0.640		
24	0.51	0.22	16.5	0.024	0.019		8.0	3.9	1.5	0.01	0.01			1.10			
25	0.40	0.49	7.1	0.007	0.011		9.7	7.7	4.6	1.50							
26	0.80	0.17	18.7	0.017	0.014		11.5	3.5	7.9		2.80					0.1	
27	0.24	0.30	6.4	0.016	0.001		8.1	2.3	0.9	1.10					0.940		
28	0.65	0.49	19.8	0.005	0.010	0.1	9.1	6.4	9.8			0.050					
29	0.53	0.09	19.6	0.003	0.008		7.3	2.0	1.4						0.940		
30	0.37	0.21	10.7	0.024	0.006		10.2	1.0	6.3					1.40			
31	0.40	0.13	11.5	0.003	0.009		12.3	6.7	2.3					0.68			
32	0.47	0.09	17.3	0.008	0.025		17.2	7.2	6.8				0.040				
33	0.45	0.44	13.4	0.006	0.003		8.4	4.1	2.3						4.600		
34	0.34	0.15	5.6	0.007	0.005	0.2	17.4	1.5	3.4			4.900				0.1	
35	0.44	0.22	5.9	0.006	0.008	0.1	18.6	5.4	2.1		4.50						
36	0.39	0.37	15.1	0.006	0.009		11.6	1.4	1.5	4.70							
37	0.57	0.38	11.6	0.004	0.006		13.4	1.6	1.3	0.01	0.01			4.800			
38	0.61	0.33	13.6	0.005	0.009		18.9	2.4	2.8				3.900				
39	0.48	0.31	19.0	0.006	0.016		12.7	3.1	4.1	0.10							
40	0.39	0.37	15.5	0.029	0.017		15.8	6.4	1.1								
41	0.77	0.40	18.5	0.021	0.030		10.8	7.1	0.8					0.02			
42	0.63	0.42	11.1	0.021	0.019		18.1	4.8	2.1								

[0090]

[表3-4]

No.	Mg	Al	Ca	B	REM	N	O	FCC	Ni/Mn	割れ率	溶接方法	備考
22		0.034				0.033	0.041	100	0.52	1	FCAW	本発明例
23		0.024				0.031	0.051	100	1.06	1	FCAW	本発明例
24	0.10	0.027				0.056	0.047	100	0.48	0	FCAW	本発明例
25		0.031	0.05			0.023	0.001	100	1.37	0	TIG	本発明例
26		0.002				0.050	0.002	100	0.61	6	TIG	本発明例
27	0.03	0.001		0.002		0.033	0.002	100	1.27	0	TIG	本発明例
28	0.08	0.016				0.040	0.001	100	0.46	1	TIG	本発明例
29		0.011			0.002	0.029	0.001	100	0.37	4	TIG	本発明例
30		0.010				0.014	0.002	100	0.95	6	TIG	本発明例
31		0.001				0.036	0.003	100	1.07	0	TIG	本発明例
32	0.10	0.010				0.031	0.002	100	0.99	6	TIG	本発明例
33		0.060				0.024	0.026	100	0.63	0	SAW	本発明例
34		0.050				0.015	0.028	100	3.11	0	SAW	本発明例
35		0.030				0.025	0.029	100	3.15	0	SMAW	本発明例
36		0.070				0.028	0.031	100	0.77	0	SMAW	本発明例
37		0.060				0.030	0.034	100	1.16	0	FCAW	本発明例
38	0.1	0.040			0.002	0.006	0.002	100	1.39	0	TIG	本発明例
39		0.017				0.044	0.025	100	0.67	35	SAW	比較例
40		0.012				0.024	0.031	100	1.02	36	SMAW	比較例
41		0.016				0.031	0.055	100	0.58	31	FCAW	比較例
42		0.045				0.033	0.002	100	1.63	41	TIG	比較例

[0091] 表３－１～表３－４に示す結果から、本開示例の溶接金属は、耐高温割れ性に優れることがわかる。

一方、Ｎｂ、Ｖ、Ｔａ、Ｈｆ、Ｔｉ、及びＺｒの元素を前述の含有量で含んでいない比較例の溶接金属は、フィスコ割れ評価において不合格の判定となっている。

[0092] なお、日本出願２０２３－２０４１６６の開示はその全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

符号の説明

[0093] ２Ａ、２Ｂ　母材

１０Ａ　鋼板（母材）

１０Ｂ　溶接継手サンプル

１２　Ｃ型治具

１４　固定用ボルト

１００　溶接金属部

１１０　高温割れ

１２２　粗面

１２４　非粗面部

請求の範囲

［請求項1］　溶接金属の全質量に対する質量％で、化学成分が、

Ｃ　：０．２０～０．８０％、

Ｓｉ：０．０３～０．５０％、

Ｍｎ：５．１～２０．０％、

Ｐ　：０～０．０５０％、

Ｓ　：０～０．０５０％、

Ｃｕ：０～５．０％、

Ｎｉ：６．０～２０．０％、

Ｃｒ：０～１０．０％、

Ｍｏ：０～１０．０％、

Ｎｂ：０～５．００％、

Ｖ　：０～５．００％、

Ｔａ：０～５．０００％、

Ｈｆ：０～５．０００％、

Ｔｉ：０～５．００％、

Ｚｒ：０～５．０００％、

Ｃｏ：０～１．０％、

Ｐｂ：０～１．０％、

Ｓｎ：０～１．０％、

Ｗ　：０～５．０％、

Ｍｇ：０～０．１０％、

Ａｌ：０．００１～０．１００％、

Ｃａ：０～５．００％、

Ｂ　：０～０．５００％、

ＲＥＭ：０～０．５００％、

Ｎ　：０～０．５００％、

Ｏ　：０．００１～０．１５０％、並びに

残部：Ｆｅ及び不純物であり、

且つ前記Ｎｂ、前記Ｖ、前記Ｔａ、前記Ｈｆ、前記Ｔｉ、及び前記Ｚｒからなる群より選択される少なくとも一種の元素を下記の含有量で含む、溶接金属。

Ｎｂ：１．００％超

Ｖ　：１．００％超

Ｔａ：０．００１％以上

Ｈｆ：０．００１％以上

Ｔｉ：０．１０％超

Ｚｒ：０．５００％超

[請求項2] 前記Ｍｎの含有量と前記Ｎｉの含有量との質量比（Ｎｉ／Ｍｎ）が０．３３以上である、請求項１に記載の溶接金属。

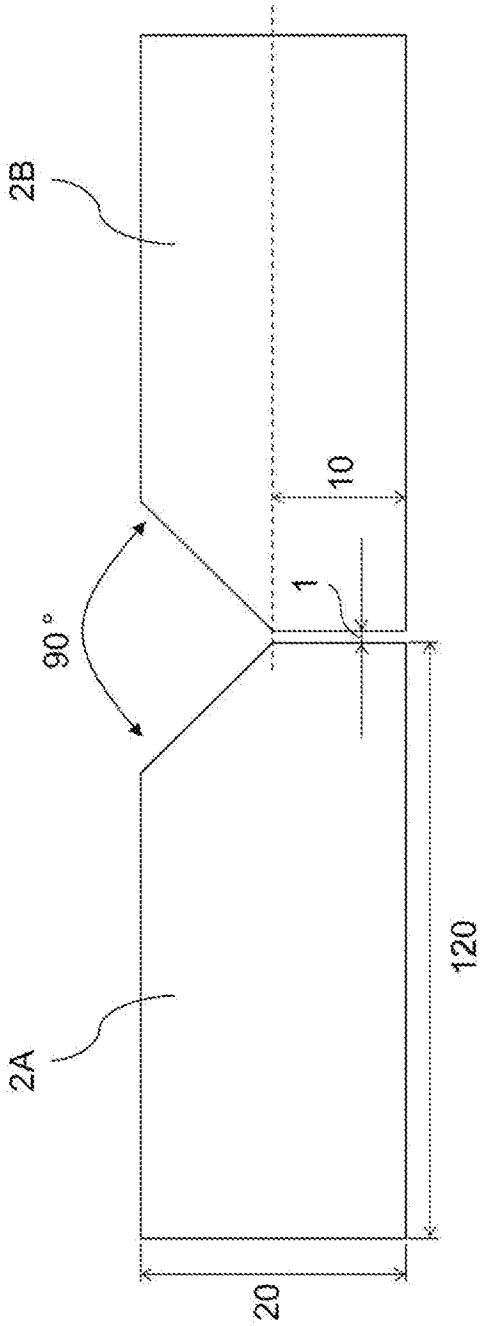
[請求項3] 前記Ｎｂ、前記Ｖ、前記Ｔａ、前記Ｈｆ、前記Ｔｉ、及び前記Ｚｒからなる群より選択される少なくとも二種の元素をそれぞれ前記の含有量で含む、請求項１に記載の溶接金属。

[請求項4] 磁気誘導法により求められるｆｃｃ含有率が７０体積％以上である、請求項１に記載の溶接金属。

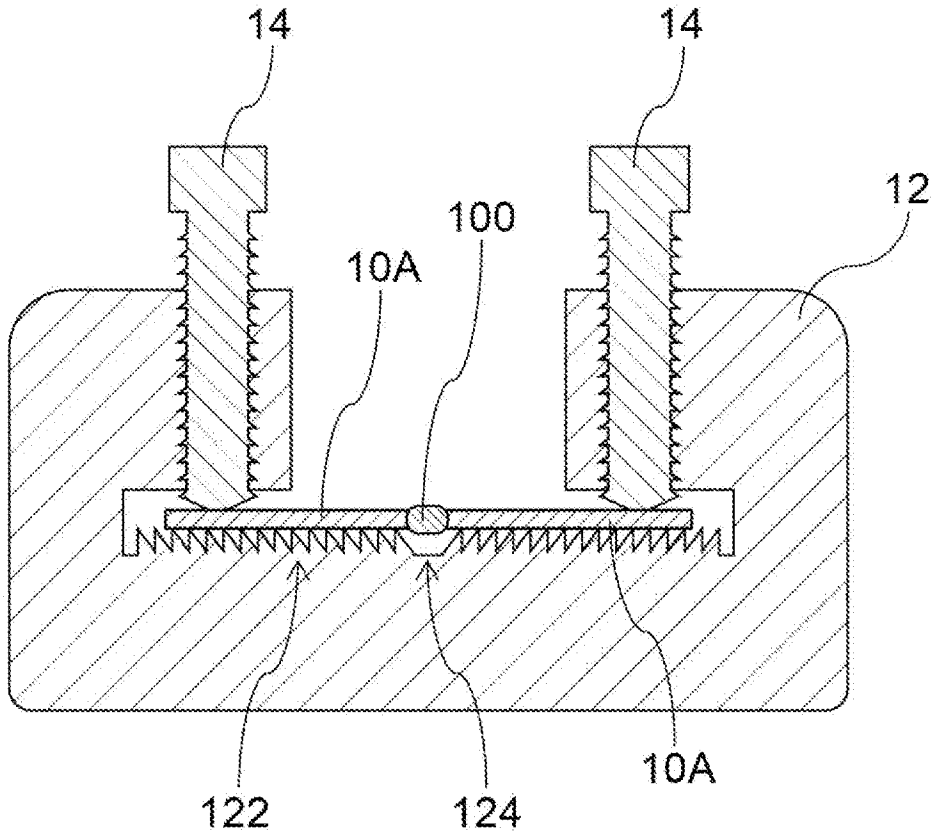
[請求項5] 請求項１～請求項４のいずれか１項に記載の溶接金属を有する、溶接継手。

[請求項6] 請求項５に記載の溶接継手を有する溶接構造物。

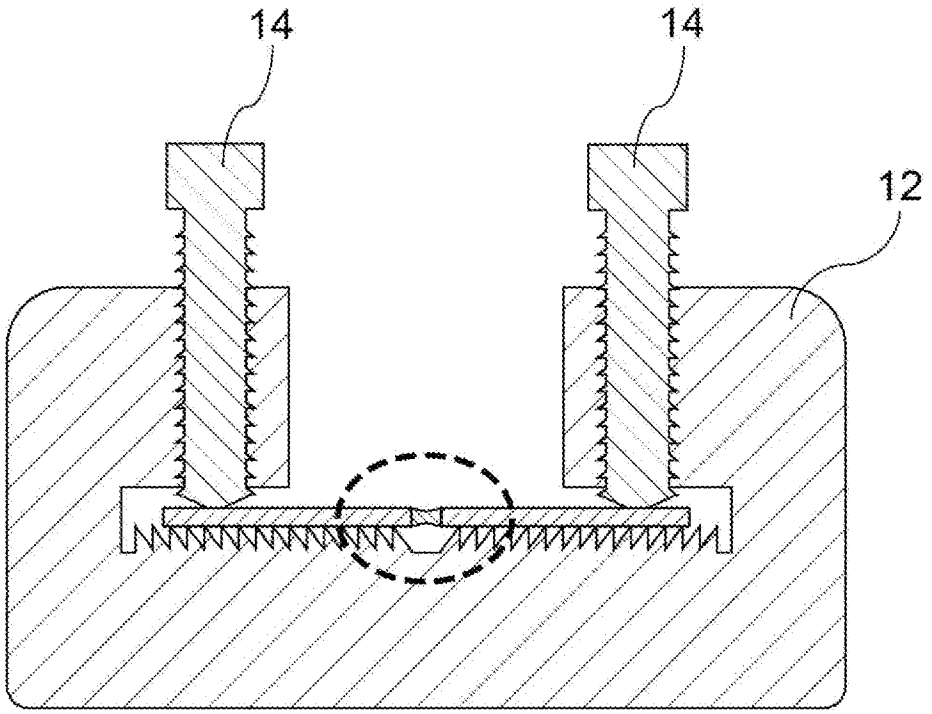
[図1]



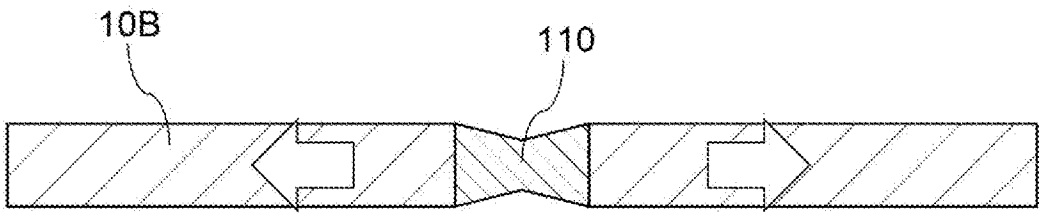
[図2A]



[図2B]



[図2C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/042593

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/00(2006.01)i; ***C22C 38/58***(2006.01)i; ***C22C 38/60***(2006.01)i
FI: C22C38/00 302A; C22C38/58; C22C38/60

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)

C22C38/00-38/60

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2025
Registered utility model specifications of Japan 1996-2025
Published registered utility model applications of Japan 1994-2025

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 7188646 B1 (JFE STEEL CORP.) 13 December 2022 (2022-12-13)	1-6
A	JP 7029034 B1 (JFE STEEL CORP.) 02 March 2022 (2022-03-02)	1-6
A	WO 2022/030200 A1 (JFE STEEL CORP.) 10 February 2022 (2022-02-10)	1-6
P, A	JP 7510104 B1 (NIPPON STEEL CORP.) 03 July 2024 (2024-07-03)	1-6
P, A	JP 7492185 B1 (NIPPON STEEL CORP.) 29 May 2024 (2024-05-29)	1-6

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
10 February 2025	**25 February 2025**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/042593

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 7188646 B1	13 December 2022	US 2024/0051070 A1	
		WO 2022/186096 A1	
		EP 4253588 A1	
		KR 10-2023-0133347 A	
		CN 116981540 A	
JP 7029034 B1	02 March 2022	US 2024/0003367 A1	
		WO 2022/113473 A1	
		EP 4252959 A1	
		TW 202220779 A	
		KR 10-2023-0070296 A	
		CN 116529407 A	
WO 2022/030200 A1	10 February 2022	US 2023/0211441 A1	
		EP 4159884 A1	
		KR 10-2023-0025882 A	
		CN 116137872 A	
JP 7510104 B1	03 July 2024	WO 2024/069986 A1	
JP 7492185 B1	29 May 2024	WO 2024/069984 A1	
		KR 10-2024-0046707 A	
		CN 118119475 A	
		TW 202423598 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/042593

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i
FI: C22C38/00 302A; C22C38/58; C22C38/60

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））

C22C38/00-38/60

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	１９７１－２０２５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２５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 7188646 B1 (ＪＦＥスチール株式会社) 13.12.2022 (2022-12-13)	1-6
A	JP 7029034 B1 (ＪＦＥスチール株式会社) 02.03.2022 (2022-03-02)	1-6
A	WO 2022/030200 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 10.02.2022 (2022-02-10)	1-6
P, A	JP 7510104 B1 (日本製鉄株式会社) 03.07.2024 (2024-07-03)	1-6
P, A	JP 7492185 B1 (日本製鉄株式会社) 29.05.2024 (2024-05-29)	1-6

☐ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
10.02.2025	25.02.2025

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
川口　由紀子 4K 5798
電話番号 03-3581-1101 内線 3435

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/042593

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 7188646 B1	13.12.2022	US 2024/0051070 A1	
		WO 2022/186096 A1	
		EP 4253588 A1	
		KR 10-2023-0133347 A	
		CN 116981540 A	
JP 7029034 B1	02.03.2022	US 2024/0003367 A1	
		WO 2022/113473 A1	
		EP 4252959 A1	
		TW 202220779 A	
		KR 10-2023-0070296 A	
		CN 116529407 A	
WO 2022/030200 A1	10.02.2022	US 2023/0211441 A1	
		EP 4159884 A1	
		KR 10-2023-0025882 A	
		CN 116137872 A	
JP 7510104 B1	03.07.2024	WO 2024/069986 A1	
JP 7492185 B1	29.05.2024	WO 2024/069984 A1	
		KR 10-2024-0046707 A	
		CN 118119475 A	
		TW 202423598 A	