(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
2015 年 5 月 14 日(14.05.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/068273 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 35/368 (2006.01) *B23K 35/30* (2006.01)
B23K 35/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/080284

(22) 国際出願日: 2013 年 11 月 8 日(08.11.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 猿渡　周雄(SARUWATARI Suo); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 中村　修一(NAKAMURA Shuichi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 児嶋　一浩(KOJIMA Kazuhiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 熊谷　達也(KUMAGAI Tatsuya); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀　正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

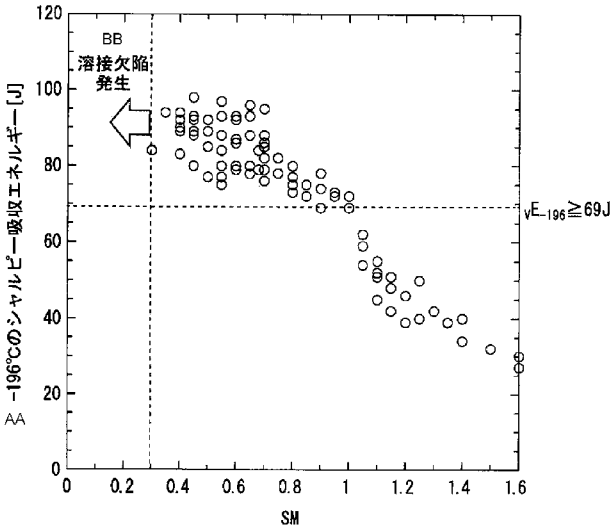
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) **Title**: FLUX-CORED WIRE FOR GAS SHIELD ARC WELDING, AND METHOD FOR WELDING CRYOGENIC STEEL USING SAME

(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及びそのワイヤを用いた極低温用鋼の溶接方法



AA Charpy absorption energy at -196 °C [J]
BB Occurrence of welding defect

(57) **Abstract**: This flux-cored wire contains one or more of CaF_2, BaF_2, SrF_2, MgF_2, and LiF, the total (α) of the amounts of the above compounds contained being 2.0-7.0% by mass relative to the total mass of the flux-cored wire, and contains one or more of a Ti oxide, an Si oxide, an Mg oxide, an Al oxide, a Zr oxide, and a Ca oxide, the total (β) of the amounts of the above oxides contained being 0.2-0.9% by mass relative to the total mass of the flux-cored wire, the ratio of the CaF_2 content relative to α being 0.90 or above, and the ratio of α relative to β being 3.0-15.0.

(57) 要約: このフラックス入りワイヤは、ＣａＦ２、ＢａＦ２、ＳｒＦ２、ＭｇＦ２、及びＬｉＦのうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をαとしたとき、前記αが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で２．０～７．０％であり、Ｔｉ酸化物、Ｓｉ酸化物、Ｍｇ酸化物、ＡＩ酸化物、Ｚｒ酸化物、及びＣａ酸化物のうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をβとしたとき、前記βが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２～０．９％であり、前記αに対する前記ＣａＦ２の含有量の比が０．９０以上であり、前記βに対する前記αの比が３．０以上１５．０以下である。

WO 2015/068273 A1

(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)）

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及びそのワイヤを用いた極低温用鋼の溶接方法

技術分野

[0001] 本発明は、ＬＮＧタンクや化学プラント等に使用される、極低温用６～９％Ｎｉ鋼のガスシールドアーク溶接に用いられるフラックス入りワイヤに関するもので、特に、低温靭性に優れる溶接金属が得られ、さらに溶接施工効率を向上でき、且つ耐低温割れ性に優れたガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ及びそのワイヤを用いた極低温用鋼の溶接方法に関する。

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・石炭などに比べて二酸化炭素の排出量が少ない天然ガスの需要が高まっており、それに伴いＬＮＧタンク建造の需要も世界的に高まっている。ＬＮＧタンクに使用される鋼材には、－１９６℃の極低温度での靭性確保の要求から、６～９％Ｎｉを含むＮｉ系低温用鋼が使用されている。

[0003] このＮｉ系低温用鋼の溶接に関しては、厳格な安全性を満足する必要性から６０～８０％のＮｉを含むＮｉ基合金溶接材料が使用されているが、多量のＮｉを含有しているため、この溶接材料は極めて高価である。さらに、Ｎｉ基合金溶接材料は、溶融金属の湯流れが悪いため、融合不良などの溶接欠陥を発生しやすく、溶接欠陥を防止するために低入熱での溶接が実施されており、溶接施工効率にも課題がある。

[0004] また、溶接材料のコスト低減を目的に、ＮｉをＮｉ系低温用鋼並みの６～９％程度まで低減すると、溶接金属は非常に硬いマルテンサイト組織となるため、低温割れの問題が発生する。低温割れは、溶接金属の組織がオーステナイトであるＮｉ基合金溶接材料では発生しないものであり、低温割れ抑制のために実施される予熱作業は、溶接施工コストの低減における新たな課題

となる。

[0005] このような現状に対し、極低温用鋼の溶接ワイヤとして例えば次のようなワイヤが提案されている。

特許文献１では、Ｎｉ基合金材を外皮として使用したフラックス入りワイヤが開示されているが、Ｎｉ量が６０～７０％含まれおり、溶接材料の低コスト化は達成されない。

特許文献２では、Ｎｉ量が７．５～１２．０％の溶接材料が開示されているが、溶接方法は溶接施工効率の低いＴＩＧ溶接であるため、溶接施工効率は向上されない。

特許文献３では、Ｎｉ量が８～１３％の溶接材料であり、溶材コスト低減を達成し、かつサブマージアーク溶接を適用することで、溶接施工効率も優れるワイヤを開示している。しかし、サブマージアーク溶接であるため、得られている溶接金属の酸素量は２５０ｐｐｍと高く、それに伴い－１９６℃の吸収エネルギーは低値となっており、十分な低温靭性は確保されていない。また、このＮｉ量で問題となる低温割れに関しては何ら検討されていない。

[0006] 非特許文献１には、Ｎｉを約１０％に低減した鉄合金のソリッドワイヤを使用し、１００％ＡｒシールドガスによるＭＩＧ溶接とすることで、ＴＩＧ溶接と同程度の低酸素な溶接金属が得られる技術が開示されている。この技術では、上記ワイヤ中のＰとＳ量を著しく低減しているため、靭性は確保されているが、本発明者らの実験では、非特許文献１の方法で得られた溶接金属中には拡散性水素量が多く、耐低温割れ性が悪い欠点がある。また、非特許文献１に記載のワイヤは、Ｒｅｍ添加を必須とするソリッドワイヤであるため、溶接施工時に、スパッタが激しく、溶接作業性が悪いという欠点がある。

[0007] 従って、極低温用鋼の溶接ワイヤとして、溶接材料の低コスト化に加え、溶接施工効率を向上でき、且つ、耐低温割れ性にも優れる溶接ワイヤの開発が強く望まれている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国特開２００８－２４６５０７号公報

特許文献2：日本国特開平０９－２５３８６０号公報

特許文献3：日本国特開２００８－１６１９３２号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：阿草一男、古生正昭ら、川崎製鉄技報、vol.14、No.3(1982)、9%Ｎｉ鋼の純アルゴンシールド共金ＭＩＧ溶接

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 溶接施工効率に優れる消耗電極式のガスシールドアーク溶接用の溶接ワイヤであって、Ｎｉの含有量を低減させても低温靭性に優れる溶接金属を得ようとする場合、シールドガス中に含まれる活性ガスから溶接金属中に侵入する酸素が問題となる。

ガスシールドアーク溶接では、シールドガスとして、一般にＡｒ－１０～３０％CO_2（つまり、体積分率で１０～３０％のCO_2で、残部がＡｒの混合ガス）、１００％CO_2、またはＡｒ－２％O_2などが使用されており、ガス中に活性ガスであるCO_2またはO_2が２％以上含まれている。その理由としては、不活性ガスだけでは、アークが不安定となり、溶接欠陥等がない健全な溶接金属が得られなくなるためである。

[0011] 一方で、これら活性ガスは、溶接アークで電離し、電離した酸素イオンが、溶接金属内に入るため、活性ガスを混合すると溶接金属中の酸素量が増加する。溶接金属の酸素量が増加すると、延性破壊の吸収エネルギーが低下する。

極低温用鋼の溶接材料として、Ｎｉ量を母材とする６～９％Ｎｉ鋼と同程度に低減した溶接材料では、この延性破壊の吸収エネルギーの確保が難しいことから、酸素量の少ない溶接金属が得られる溶接方法が必要とされる。し

かし、活性ガスの混合量を低減したシールドガスを用いた、あるいは不活性ガスのみを用いたガスシールドアーク溶接によって、健全な溶接金属を得ることができる溶接ワイヤは未だ実現されていない。

非消耗電極式のＴＩＧ溶接では、健全な溶接金属が得られ、溶接金属の酸素量も低いが、ＴＩＧ溶接は、消耗電極式のガスシールドアーク溶接に比べて溶接施工効率が極めて低く、溶接施工コストが増大する問題がある。

[0012] さらに、Ｎｉ量を６～９％Ｎｉ鋼並みに低減した溶接材料では、溶接金属は非常に硬いマルテンサイト組織となるため、低温割れの問題がある。

低温割れを抑制するためには、予熱作業が必要である。予熱作業も溶接施工効率が低下する要因となるが、従来技術では、耐低温割れ性については、まったく検討されていない。

[0013] 本発明は、上記背景技術の問題点に鑑み、Ｎｉ量が６～９％Ｎｉ鋼並みに低減することで溶接材料コストを大幅に低減し、かつ、溶接施工効率が優れるガスシールドアーク溶接を適用してもー１９６℃の低温靭性の優れた溶接金属が得られることを課題とする。さらに、低温割れを抑制するための予熱作業が不要、または、予熱作業を著しく低減す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及びそのワイヤを用いた極低温用鋼の溶接方法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

[0014] 本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、Ｎｉ量を６～９％Ｎｉ鋼並みに低減したフラックス入りワイヤにおいて、弗化物を主体としたスラグ成分組成とすることで、（ｉ）シールドガスとして、純Ａｒガスまたは純Ａｒガス中の酸素の割合が２％未満の混合ガスを用いたガスシールドアーク溶接であっても、アークが安定し、健全かつ低酸素量の溶接金属が得られること。（ｉｉ）６～１６％のＮｉを含有する鋼製外皮を用いて、フラックスに充填する合金成分を大幅に低減して、溶接金属の酸素量をさらに低減した上で、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、その他の合金元素を、この溶接法で得られる溶接金属に最適な組成にしたことで、優れたー１９６℃でのシャルピー

吸収エネルギーが得られることを見出した。

さらに、本発明のフラックス入りワイヤは、溶接金属の拡散性水素を大幅に低減することができることも見出した。

これによって、５．５～９．５％Ｎｉ鋼の溶接において、優れた低温靭性を有する溶接金属が得られ、かつ、溶接施工効率が高く、かつ、低温割れ抑制のために実施される予熱を省略、あるいは、簡略化できるフラックス入りワイヤを見出し、その知見を基にさらに検討を加えて本発明に到達した。

[0015] （１）本発明の第一の態様に係るフラックス入りワイヤは、鋼製外皮の内部にフラックスが充填されたフラックス入りワイヤであって、前記フラックス入りワイヤ中に、金属弗化物であるCaF_2、BaF_2、SrF_2、MgF_2、及びＬｉＦのうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をαとしたとき、前記αが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で２．０～７．０％であり、金属酸化物であるＴｉ酸化物、Ｓｉ酸化物、Ｍｇ酸化物、ＡｌＩ酸化物、Ｚｒ酸化物、及びＣａ酸化物のうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をβとしたとき、前記βが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２～０．９％であり、金属炭酸塩である$CaCO_3$、$BaCO_3$、$SrCO_3$、$MgCO_3$、及びLi_2CO_3のうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．６％未満であり、前記αに対する前記CaF_2の含有量の比が０．９０以上であり、前記βに対する前記αの比が３．０以上１５．０以下であり、前記Ｔｉ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０～０．４％であり、前記Ｓｉ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２～０．５％であり、前記Ｃａ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２０％未満であり、前記$CaCO_3$の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．６％未満であり、前記フラックス中のアーク安定剤の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０～０．５％であり、前記フラックス中の

鉄粉の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量%で５％未満であり、前記金属弗化物、前記金属酸化物、及び前記金属炭酸塩を除く化学成分が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量%で：Ｃ：０．００３～０．０４０％；Ｓｉ：０．０５～０．４０％；Ｍｎ：０．２～０．８％；Ａｌ：０．００３～０．０５０％；Ｎｉ：６．０～１６．０％；Ｐ：０．０２％以下；Ｓ：０．０１％以下；Ｃｕ：０～０．５％；Ｃｒ：０～０．５％；Ｍｏ：０～０．５％；Ｖ：０～０．２％；Ｔｉ：０～０．１％；Ｎｂ：０～０．１％；Ｂ：０～０．０１％；Ｍｇ：０～０．６％；ＲＥＭ：０～０．０５００％；残部：Ｆｅおよび不純物；からなり、下記の式ａで定義されるＳＭが０．３～１．０％であり、下記の式ｂで定義されるＣｅｑが０．２５～０．５２％である。

ＳＭ＝［Ｓｉ］＋［Ｍｎ］　・・・（式ａ）

Ｃｅｑ＝［Ｃ］＋１／２４［Ｓｉ］＋１／６［Ｍｎ］＋１／４０［Ｎｉ］＋１／５［Ｃｒ］＋１／４［Ｍｏ］＋１／１４［Ｖ］　・・・（式ｂ）

但し、式ａ及び式ｂの［］付元素は、それぞれの元素の含有量（質量%）を表す。

[0016] （２）上記（１）に記載のフラックス入りワイヤは、Ｎｉを含有する前記鋼製外皮の内部に前記フラックスが充填された前記フラックス入りワイヤであって、前記鋼製外皮の前記Ｎｉの含有量が、前記鋼製外皮の全質量に対する質量%で６～１８％であってもよい。

[0017] （３）上記（１）または（２）に記載のフラックス入りワイヤは、前記フラックス入りワイヤ中の前記ＲＥＭの含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量%で０．０１００％以下であってもよい。

[0018] （４）上記（１）～（３）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤは、前記フラックス入りワイヤ中の前記ＣａＯの含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量%で０．２０％未満であってもよい。

[0019] （５）上記（１）～（４）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤは、前記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における、

日本工業規格ＪＩＳ　Ｚ３１１１－２００５に規定された溶接金属の引張試験において、前記溶接金属の引張強さが６６０～９００ＭＰａであってもよい。

[0020] （６）上記（１）～（５）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤは、前記鋼製外皮にスリット状の隙間が無くてもよい。

[0021] （７）上記（１）～（６）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤは、前記鋼製外皮の表面にパーフルオロポリエーテル油が塗布されていてもよい。

[0022] （８）本発明の第二の態様に係る溶接方法は、上記（１）～（７）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤを用いて、シールドガスとして、純Ａｒガス、Ａｒと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガス、純Ｈｅガス、Ｈｅと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガスのいずれか１種を用いて溶接する。

[0023] （９）本発明の第三の態様に係る溶接継手の製造方法は、板厚が６～１００ｍｍであり、Ｎｉの含有量が５．５～９．５質量％であり、引張強さが６６０～９００ＭＰａである鋼板に対し、上記（１）～（７）のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤを用いて、シールドガスとして、純Ａｒガス、Ａｒと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガス、純Ｈｅガス、Ｈｅと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガスのいずれか１種を用いて溶接する。

発明の効果

[0024] 本発明の上記各態様によれば、Ｎｉを５．５～９．５％程度含有するＮｉ系低温用鋼の溶接に用いられるフラックス入りワイヤにおいて、Ｎｉ系低温用鋼並みにＮｉ量を低減することで溶接材料コストを大幅に低減し、かつ、溶接施工効率に優れるガスシールドアーク溶接を適用でき、さらにワイヤ内に充填するフラックスの合金成分を低減し、溶接金属の酸素量を低減することで、－１９６℃の低温靭性の優れる溶接金属が得られる。さらに、低温割れを抑制するための予熱作業が不要、または、予熱作業を著しく低減できる

フラックス入りワイヤを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]ＳＭとー１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとの関係を示す図である（鋼製外皮は全て軟鋼）。

[図2]ＳＭとー１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとの関係を示す図である（鋼製外皮は全てＮｉ含有鋼）。

[図3]ＣａＯ含有量と拡散性水素量との関係を示す図である（鋼製外皮は全て軟鋼）。

[図4]ＣａＯ含有量と拡散性水素量との関係を示す図である（鋼製外皮は全てＮｉ含有鋼）。

[図5]溶接金属中の酸素量とー１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとの関係を示す図である（鋼製外皮は全て軟鋼）。

[図6]溶接金属中の酸素量とー１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとの関係を示す図である（鋼製外皮は全てＮｉ含有鋼）。

[図7]実施例における試験片の採取位置を示す図である（ＪＩＳ　Ｚ３１１１－２００５）。

発明を実施するための形態

[0026] Ｎｉ系低温用鋼の溶接金属にはー１９６℃の低温靭性が要求され、ー１９６℃の吸収エネルギーを確保するためには溶接金属の酸素量を低減する必要がある。

溶接金属の酸素量を低減する方法として、不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接が考えられるが、アークが不安定となり、溶接欠陥がない健全な溶接金属を得ることができないため使用できなかった。

そのため、Ｎｉ基合金溶接材料を用いるか、またはＴＩＧ溶接のような極めて溶接施工効率の低い方法を用いるしか手段が無かった。前者は溶接材料コストが極めて高く、後者は溶接施工効率が極めて低いという問題があり、溶接材料コストと溶接施工行効率を両立する溶接材料は実現されていない。

[0027] 本発明者らは、Ｎｉ含有量がＮｉ系低温用鋼と同程度まで低減したフラッ

クス入りワイヤにおいて、CaF_2と金属酸化物の含有量とを種々の割合で変化させ、さらにC、Si、Mn及びその他合金元素の含有量を種々の割合で変化させ、このようにして試作したワイヤを用いて、不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接によってNi系低温用鋼の溶接を実施した。

[0028] その結果、（i）CaF_2及び金属酸化物の特定の含有範囲において、不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接であってもアークが安定し、健全な溶接金属が得られる。（ii）不活性ガスを用いることができることに加え、Niを含む鋼製外皮を使用することで、溶接金属の酸素量を大幅に低減できる。（iii）C、Si、Mn及びその他合金元素の特定の含有範囲において、－196℃での優れた低温靭性が得られる。（iv）CaF_2の特定の含有範囲において、溶接金属の拡散性水素量を大幅に低減することができる。（v）NiをNi系低温用鋼程度まで低減した場合に問題となる低温割れを抑制するのに必要な予熱作業を不要、または予熱作業を著しく低減できる。上記の（i）～（v）のことを見出した。

[0029] 本発明は以上のような検討の結果なされたものであり、以下、本実施形態のフラックス入りワイヤについて、特徴とする技術要件の限定理由や好ましい態様について順次説明する。

先ず、本実施形態のフラックス入りワイヤを構成する鋼製外皮およびフラックス中に含有される合金成分、金属脱酸成分および各成分の含有量の限定理由について説明する。

以下の説明において、「%」は特に説明がない限り、「質量%」を意味し、各成分の含有量は、ワイヤ全質量に対する鋼製外皮およびフラックス中の各成分の質量%の合計となる成分含有量を意味するものとする。

[0030] （C：0．003～0．040%）

Cは、強度を向上させる元素であり、強度を確保するには0．003%以上含有させる必要がある。強度の向上のため、C含有量の下限を0．005%、0．008%、0．010%、又は0．013%としてもよい。一方で、6～16%のNiを含有する溶接金属は、硬いマルテンサイト組織となる

。マルテンサイトの硬さに及ぼすＣの影響は非常に大きく、Ｃ含有量が０．０４０％を超えると、溶接金属が極めて硬化し、靭性が大きく低下するため、Ｃ含有量の上限を０．０４０％とする。安定して靭性を確保するためには、Ｃ含有量の上限を０．０３５％又は、０．０３０％としてもよい。

[0031] （Ｓｉ：０．０５～０．４０％）

Ｓｉは、溶接金属の清浄度を向上し、ブローホールなどの溶接欠陥の発生を抑制するのに必要な元素である。これらの効果を得るには、０．０５％以上の含有が必要である。溶接欠陥の発生をより防止するため、Ｓｉ含有量の下限を０．０９％又は０．１４％としてもよい。一方で、６～１６％のＮｉを含有する溶接金属では、Ｓｉはミクロ偏析しやすく、Ｓｉ含有量が０．４０％を超えると、偏析部で顕著な脆化が生じるため、これを上限とする。また、溶接金属の靭性を安定して確保するには、Ｓｉ含有量の上限を０．３５％又は、０．３０％としてもよい。

[0032] （Ｍｎ：０．２～０．８％）

Ｍｎは、溶接金属の清浄度を向上し、さらにＭｎＳを形成することで、Ｓを無害化し、靭性を向上させるのに必要な元素である。その効果を得るには、０．２％以上含有させる必要がある。靭性の一層の向上のため、Ｍｎ含有量の下限を０．３％、０．３５％又は０．４％としてもよい。一方、６～１６％のＮｉを含有する溶接金属では、Ｍｎはミクロ偏析しやすく、Ｍｎ含有量が０．８％を超えると、偏析部で顕著な脆化が生じるため、これを上限とする。また、溶接金属の靭性を安定して確保するには、Ｍｎ含有量の上限を０．７％、０．６％、又は０．５％としてもよい。

[0033] （Ｐ：０．０２％以下）

Ｐは不純物元素であり、靭性を劣化させるため極力低減する必要があるが、この悪影響が許容できる範囲として、Ｐ含有量は０．０２％以下に制限する。靭性の一層の向上のため、Ｐ含有量の上限を０．０１５％、０．０１％、０．００８％又は０．００６％としてもよい。Ｐ含有量の下限を制限する必要はなく、Ｐ含有量の下限は０％である。

[0034] （Ｓ：０．０１％以下）

Ｓは、不純物元素であるが、靭性を著しく劣化させるため、極力低減することが好ましい。靭性への悪影響が許容できる範囲として、Ｓ含有量は０．０１％以下に制限する。靭性の一層の向上のため、Ｓ含有量の上限を０．００８％、０．００６％、０．００４％又は０．００３％としてもよい。Ｓ含有量の下限を制限する必要はなく、Ｓ含有量の下限は０％である。

[0035] （Ａｌ：０．００３～０．０５０％）

Ａｌは脱酸元素であり、Ｓｉ、Ｍｎと同様、清浄度向上に効果があり、その効果を発揮するために０．００３％以上含有させる。一方、０．０５０％を超えて含有させると、窒化物や酸化物を形成して、溶接金属の靭性を阻害するため、これを上限とする。また、溶接金属の靭性を向上する効果を十分に得るには、Ａｌ含有量の下限を０．００５％、０．００７％、０．００９％又は０．０１１％としてもよく、また、酸化物の生成抑制のため、Ａｌ含有量の上限を、０．０４０％、０．０３５％、０．０３０％又は０．０２５％としてもよい。

[0036] （Ｎｉ：６．０～１６．０％）

Ｎｉは、固溶靭化（固溶により靭性を高める作用）により組織、成分によらず靭性を向上できる唯一の元素であり、特に－１９６℃の低温靭性を確保するには必須の元素である。この効果を得るためには、Ｎｉ含有量は６．０％以上にする必要がある。一方、Ｎｉ含有量が１６．０％を超えると、その効果が飽和するのに加え、溶接材料コストが過大となるため好ましくない。Ｎｉ含有量の上限を１４％又は１２％に制限してもよい。安定して低温靭性を確保するためには、Ｎｉ含有量の下限を６．５％、７．０％又は、７．５％、更には、８．０％としてもよい。

また、Ｎｉは主に鋼製外皮から溶接金属に添加してもよい。フラックスとして添加する金属粉には、薄い酸化層が存在しており、これが溶接金属の酸素源となる。軟鋼の鋼製外皮を用いた場合、Ｎｉを添加するためには、大量の金属粉をフラックスとして添加させる必要があり、金属粉によって溶接金

属の酸素が増加する。この酸素増加を抑制し、靭性を向上させるため、Ｎｉは主に鋼製外皮に含有させてもよい。このため、鋼製外皮には、Ｎｉ含有量が鋼製外皮の質量に対する質量％で６．０％以上含有させてもよい。鋼製外皮のＮｉ含有量の上限を特に定める必要はない。しかし、ワイヤ全質量に対し１６％以下となるようにするために、鋼製外皮のＮｉ含有量の上限を１８％としてもよい。必要に応じて、鋼製外皮のＮｉ含有量の上限を１７％又は１６％としてもよい。

軟鋼の融点よりＮｉ合金の融点が低いため、Ｎｉ合金を外皮とすると、外皮とフラックスとの融点差が大きくなる。これによりフラックスが芯として安定するため、溶滴移行がより安定する。相対比較としてＮｉ合金の鋼製外皮の方が、溶接金属の酸素量が低減し、低温靭性が高くなる。

[0037] 本発明では、以下の目的で、Ｃｕ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｖ、Ｔｉ、Ｎｂ、Ｂ、Ｍｇ、ＲＥＭの各元素を、選択元素として１種または２種以上含有させることができる。

（Ｃｕ：０～０．５％）

Ｃｕは、ワイヤの外皮表面のめっき、および、フラックスに単体または合金として含有された場合には、溶接金属の強度を向上させる効果がある。Ｃｕ含有量の下限は０％とするが、Ｃｕを含有してもよい。この場合、Ｃｕ含有量が０．５％を超えると靭性が低下するため、Ｃｕ含有量は０．５％以下とする。靭性の向上のため、Ｃｕ含有量の上限を０．３％、０．２％又は０．１％としてもよい。なお、Ｃｕの含有量については、外皮自体やフラックス中に含有されている分に加えて、ワイヤ表面に銅めっきされる場合にはその分も含む。含有の効果を得るためには、Ｃｕ含有量の下限を０．０１％としてもよい。

[0038] （Ｃｒ：０～０．５％）

Ｃｒは、溶接金属の強度を高めるのに有効な元素である。Ｃｒの含有量の下限は０％とするが、Ｃｒを添加する場合、Ｃｒ含有量が０．５％を超えると靭性が低下するため、Ｃｒ含有量は０．５％以下とする。靭性の向上のた

め、Ｃｒ含有量の上限を０．３％、０．２％又は０．１％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｃｒ含有量の下限を０．０１％としてもよい。

[0039] （Ｍｏ：０～０．５％）

Ｍｏは、析出強化により溶接金属の強度を高めるのに有効な元素である。Ｍｏの含有量の下限は０％とするが、Ｍｏを添加する場合、Ｍｏ含有量が０．５％を超えると靭性が低下するため、Ｍｏ含有量は０．５％以下とする。靭性の向上のため、Ｍｏ含有量の上限を０．３％、０．２％又は０．１％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｍｏ含有量の下限を０．０１％としてもよい。

[0040] （Ｖ：０～０．２％）

Ｖは、析出強化により溶接金属の強度を高めるのに有効な元素である。Ｖの含有量の下限は０％とするが、Ｖを添加する場合、Ｖ含有量が０．２％を超えると靭性が低下するため、Ｖを含有させる場合のＶ含有量は０．２％以下とする。靭性の向上のため、Ｖ含有量の上限を０．１５％、０．１％又は０．０５％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｖ含有量の下限を０．０１％としてもよい。

[0041] （Ｔｉ：０～０．１％）

Ｔｉは、固溶Ｎを固定して靭性への悪影響を緩和するのに有効である。また、脱酸元素としても有効であり、溶接金属中のＯ量を低減させる効果がある。Ｔｉの含有量の下限は０％とするが、Ｔｉを添加する場合、Ｔｉ含有量が０．１％を超えて過剰になると、炭化物が生成し、靭性を劣化させるため、Ｔｉを含有させる場合のＴｉ含有量は、０．１％以下とする。靭性の向上のため、Ｔｉ含有量の上限を０．０６％、０．０４％又は０．０２％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｔｉ含有量の下限を０．００５％としてもよい。

[0042] （Ｎｂ：０～０．１％）

Ｎｂは析出強化により溶接金属の強度を高めるのに有効である。Ｎｂの含有量の下限は０％とするが、Ｎｂを添加する場合、Ｎｂ含有量が０．１％を

超えて含有させると、溶接金属中に粗大な析出物を形成して靭性を劣化させるため、Ｎｂを含有させる場合のＮｂ含有量は０．１％以下とする。靭性の向上のため、Ｔｉ含有量の上限を０．０６％、０．０４％又は０．０２％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｎｂ含有量の下限を０．００２％としてもよい。

[0043] （Ｂ：０～０．０１％）

Ｂは、溶接金属中に適正量含有させると、固溶Ｎと結びついてＢＮを形成して、固溶Ｎの靭性に対する悪影響を減じる効果がある。Ｂの含有量の下限は０％とするが、Ｂを添加する場合、Ｂ含有量が０．０１％を超えると、溶接金属中のＢが過剰となり、粗大なＢＮやFe_{23}（Ｃ、Ｂ）$_6$等のＢ化合物を形成して靭性を逆に劣化させるため、Ｂを含有させる場合のＢ含有量は０．０１％以下とする。靭性の向上のため、Ｂ含有量の上限を０．００６％、０．００４％又は０．００２％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｂ含有量の下限を０．０００３％としてもよい。

[0044] （Ｍｇ：０～０．６％）

Ｍｇは、強脱酸元素であり、溶接金属の酸素を低減し、靭性の改善に効果がある。Ｍｇの含有量の下限は０％とするが、Ｍｇを添加する場合、Ｍｇ含有量が０．６％を超えて含有させるとスパッタが増加し、溶接作業性を劣化させるため、Ｍｇを含有させる場合のＭｇ含有量は０．６％以下とする。溶接作業性の向上のため、Ｍｇ含有量の上限を０．４％、０．２％又は０．１％としてもよい。含有の効果を得るためには、Ｍｇ含有量の下限を０．０５％としてもよい。

[0045] （ＲＥＭ：０～０．０５００％）

ＲＥＭは、過剰に含有するとスパッタが激しくなり、溶接作業性が劣悪となる。このため、ＲＥＭ含有量の下限は０％とする。添加する場合でも、スパッタが低減し、アークが安定となる効果的なＲＥＭ含有量は、０．０５００％以下である。またよりスパッタの低減およびアークの安定に寄与するために、ＲＥＭ含有量の上限を０．０３００％、０．０２００％、０．０１０

０％、０．００５０％、又は０．００１０％としてもよい。

[0046] 本実施形態のフラックス入りワイヤでは、合金成分あるいは金属脱酸成分として以上のように各元素を含有するが、－１９６℃の低温靭性を確保するために、下記式１で表されるＳｉとＭｎの含有量の合計ＳＭが、０．３～１．０％である必要がある。

ＳＭ＝［Ｓｉ］＋［Ｍｎ］ ・・・（式１）

但し、［］付元素は、それぞれの元素の含有量（質量％）を示す。

[0047] 本実施形態のフラックス入りワイヤは、純ＡｒやＨｅをシールドガスとした、または、ＡｒやＨｅ中のO_2またはCO_2の割合が２体積％未満の混合ガスをシールドガスとしたガスシールドアーク溶接でも安定した溶接を可能とするが、フラックス入りワイヤに充填する金属粉の周りには薄い酸化層が存在しており、少量ではあるが溶接金属中に酸素が入り込む。

その際、溶接金属の清浄度を向上させるＳｉ、Ｍｎの量が十分でないと、ワイヤからの酸素によって溶接金属中にブローホールのような溶接欠陥が生じる。この溶接欠陥を抑制するために、上記ＳＭが０．３％以上となるようにＳｉとＭｎを含有させる必要がある。一方で、６～１６％のＮｉを含有する溶接金属では、Ｓｉ、Ｍｎはミクロ偏析しやすく、その偏析部では、顕著な脆化を生じる。ＳＭが１．０％以下であれば、偏析部の脆化が許容されるため、これを上限とする。より確実に溶接欠陥を抑制するため、ＳＭの下限を０．３５％又は０．４％としてもよい。

[0048] このような知見が得られた実験について図１、図２に示す。図１に用いたフラックス入りワイヤの鋼製外皮は全て軟鋼であり、図２に用いたフラックス入りワイヤの鋼製外皮は全てＮｉ含有鋼である。図１、図２は、ＳＭの値が異なる以外は本発明の要件を満たすフラックス入りワイヤを試作し、そのワイヤを用いて後述の実施例と同様にして溶接を行い、得られた溶接金属から試験片を作成し、その試験片を用いて得られた－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとワイヤのＳＭとの関係を示している。

図１より、ＳＭが０．３～１．０になるようにＳｉとＭｎとを添加したワ

イヤは、－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーが５０Ｊ以上得られていることが分かった。図２より、ＳＭが０．３～１．０になるようにＳｉとＭｎとを添加したワイヤは、－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーが６９Ｊ以上得られていることが分かった。鋼製外皮が全て軟鋼の場合、安定して５０Ｊ以上を確保するために、ＳＭの上限を０．９％、０．８％、０．７５％又は０．７０％としてもよい。鋼製外皮が全てＮｉ含有鋼の場合、安定して６９Ｊ以上を確保するために、ＳＭの上限を０．９％、０．８％、０．７５％又は０．７０％としてもよい。

[0049]（炭素当量Ｃｅｑ：０．２５～０．５２％）

さらに本実施形態のフラックス入りワイヤでは、下記式２で表される日本溶接協会（ＷＥＳ）で定める炭素当量Ｃｅｑが０．２５～０．５２％となるように、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｖの含有量をさらに調整する。

Ｃｅｑ＝［Ｃ］＋［Ｓｉ］／２４＋［Ｍｎ］／６＋［Ｎｉ］／４０＋［Ｃｒ］／５＋［Ｍｏ］／４＋［Ｖ］／１４　・・・（式２）

但し、［］付元素は、それぞれの元素の質量％での含有量を示す。

[0050] Ｃｅｑは、その値が高い程、溶接金属の引張強さが向上するが、一方で靭性が低下し、また溶接割れ感受性が高くなるため、低温割れ抑制のための対策が必要となる。このＣｅｑの値が０．２５％未満では、溶接金属において目的とする強度（引張強さ）６６０ＭＰａ以上を満足できない。一方でＣｅｑの値が０．５２％を超えると、溶接金属の引張強さが過剰となり、溶接金属の靭性が低下する。そのため、Ｃｅｑの範囲は、０．２５～０．５２％とする。安定して強度確保するために、Ｃｅｑの下限を０．２９％、０．３３％又は０．３７％としてもよい。靭性向上のため、Ｃｅｑの上限を０．４９％、０．４６％又は０．４３％としてもよい。

[0051] なお、以上の合金成分あるいは金属脱酸成分として含有される元素の含有量には、それらの元素が金属弗化物、金属酸化物及び金属炭酸塩として含有される場合の含有量は含めない。

また、それらの元素は必ずしも純物質（不純物の含有は可）である必要はなく、Ｆｅ－Ｍｎ、Ｃｕ－Ｎｉ等の合金の形態で含有されていても何ら問題はない。また、それらの元素は鋼製外皮中に含有されていても、フラックスとして含有されていても、その効果は同じであるため、鋼製外皮とフラックスの何れでも含有することが可能である。

[0052] 続いて、ワイヤの鋼製外皮の内部に挿入されるフラックス成分について説明する。

（CaF_2を主成分とする金属弗化物の含有量の合計α：２．０～７．０％）

従来、不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接では、溶接時に発生する熱的ピンチ力、電磁ピンチ力が小さいため、ワイヤ先端に形成された溶滴がワイヤから離脱せず、溶融部が液柱のように伸びた状態となり、それがプラズマ気流や磁気吹きの影響によって鞭のように揺らぐことで、非常に不安定なアーク状態となるため、溶接が不可能であった。

[0053] 本実施形態では、フラックス入りワイヤとし、CaF_2を主体とする金属弗化物をフラックス成分とすることで、不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接であっても安定した溶接を可能にした。金属弗化物は電気伝導性が低いため、アーク下において、鋼製外皮は溶融するが、ワイヤ内部のフラックスは完全に溶融せずに芯のように残り、そのフラックスの芯が、鞭のように揺らぐことなく真っ直ぐに溶融池に入り込む。その際、溶融した鋼製外皮は、このフラックスの芯に沿うように溶融池に移行するため、安定した溶接が可能となる。

[0054] このように不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接でも安定した溶接を可能にするには、CaF_2を含む金属弗化物を、その含有量の合計をαとしたとき、上記αが２．０％以上で、かつ、上記αに対するCaF_2の含有量［CaF_2］の比（［CaF_2］／α）が０．９０以上となるように含有させる必要がある。CaF_2の含有量が多い方が好ましく、この比の下限を０．９３、０．９６、０．９８又は０．９９としてもよい。この比を１．０とし、CaF_2だけとしても問題はない。

[0055] 金属弗化物の合計量αが２．０％未満では、溶接時にフラックスの芯が十分に残らなくなるため、溶接が不安定となる。一方で、金属弗化物の合計量αが７．０％を超えると、溶接ヒュームが過剰に生成することで、溶接が不安定となるため好ましくない。

不活性ガスを使用したガスシールドアーク溶接でも、より一層安定した溶接性を確保するために金属弗化物の合計量αの下限を２．２％、２．４％、２．６％、２．８％、３．０％、３．２％又は３．４％としてもよく、また、金属弗化物の合計量αの上限を６．５％、６．０％、５．５％又は５．０％としてもよい。

[0056] 金属弗化物としては、CaF_2の他に、BaF_2、SrF_2、MgF_2、ＬｉＦのうちの１種または２種以上を必要に応じて含有することができるが、アーク安定性の確保、スパッタ抑制の観点からCaF_2の含有量の、CaF_2、BaF_2、SrF_2、MgF_2、及びＬｉＦの合計量に対する比は０．９０以上でなければならない。０．９０未満では、アーク安定性が低下する。CaF_2の割合が高い方が望ましく、０．９３％以上、０．９６％以上、０．９８％以上又は０．９９％としてもよい。１００％CaF_2としても何ら問題はない。

[0057] 金属弗化物は、以上の作用に加え、溶接金属の拡散性水素量を低減する作用を有する。

６～１６％のＮｉを含有する溶接金属は、硬いマルテンサイト組織となる。そのため低温割れを抑制するために予熱作業が必要となるが、金属弗化物は、溶接金属の拡散性水素量を低減することができるので、低温割れを抑制するのに必要な予熱を省略または簡略化して溶接することを可能にする。

[0058] 金属弗化物が拡散性水素量を低減する作用をすることは、被覆アーク溶接棒などで知られているが、フラックス入りワイヤで拡散性水素の低減を詳細に検討した例は無い。本実施形態では、他のフラックス成分、溶接金属の機械特性、溶接作業性などを勘案して、拡散性水素を低減するのに最適な形態を見出した。

金属弗化物が拡散性水素を低減する理由については、金属弗化物が溶接アークにより分解し、生成されたフッ素が水素と結合してＨＦガスとして大気中に散逸したか、あるいは、そのまま溶接金属中に水素がＨＦとして固定されたためと考えられる。

[0059] （TiO_2：０～０．４％）

TiO_2は、溶接金属中の酸素量を低減することによって、低温靭性を改善するためには、TiO_2はできるだけ低減した方が好ましい。このため、TiO_2の下限は０％とする。一方、ビード成形性、スラグ剥離性およびアーク安定性を良好にするためには、TiO_2を添加した方が好ましい。このために、TiO_2含有量の下限を０．０５％、０．１％、０．１３％、０．１６又は０．１９％としてもよい。TiO_2含有量が０．４％を超えると、TiO_2に含まれる酸素が溶融池に入りこむことで溶接金属の酸素量が増加し、延性破壊の吸収エネルギーが低下するため、０．４％を上限とする。必要に応じて、TiO_2含有量の上限を０．３５％、０．３１、０．２７％又は０．２４％としてもよい。低温靭性を重視する場合には、TiO_2含有量の上限を０．２％、０．１５％、０．１２％又は０．０９％としても差し支えない。

[0060] （SiO_2：０．２～０．５％）

SiO_2は、スラグ形状を整え、溶接後のスラグ剥離を容易にするために必要である。この効果を発揮するためには、SiO_2含有量は、０．２％以上にする必要がある。SiO_2含有量の下限を０．２３％、０．２６又は０．２９％としてもよい。しかし、SiO_2が０．５％を超えて含有されると、SiO_2に含まれる酸素が溶融池に入りこむことで溶接金属の酸素量が増加し、延性破壊の吸収エネルギーが低下するため、これを上限とする。SiO_2含有量の上限を０．４５％、０．３９、０．３７％又は０．３４％としてもよい。

[0061] （金属酸化物の含有量の合計：０．２～０．９％）

本実施形態のフラックス入りワイヤでは、スラグ形成剤として、Ｔｉ酸化物、Ｓｉ酸化物、Ｍｇ酸化物、Ａｌ酸化物、Ｚｒ酸化物およびＣａ酸化物、例えば、TiO_2、SiO_2、ＭｇＯ、Al_2O_3、ZrO_2、ＣａＯなどの金属

酸化物のうちの１種または２種以上が含まれる。これら金属酸化物は、溶接ビード形状を良好に維持するために含まれる。金属酸化物の適正な効果を得るためには、金属酸化物の含有量の合計をβとしたとき、上記βの下限を０．２％とする必要がある。しかし、金属酸化物の含有量の合計βが０．９％を超えると、溶接金属の酸素量が増加し、靭性を劣化させるので好ましくない。

[0062] これら金属酸化物の合計含有量は、TiO_2、SiO_2、MgO、Al_2O_3、ZrO_2、CaOの合計含有量に加え、フラックスの造粒に使用されるバインダーなどに含まれる金属酸化物の含有量も含んだ含有量とする。これら金属酸化物の効果を確実に得るために、金属酸化物の合計含有量の下限を０．２５％、０．３％、０．３５％、０．４％、０．４５％又は０．５％としてもよい。また、金属酸化物の含有による溶接金属の靭性の劣化を極力抑制するために、金属酸化物の含有量の合計βの上限を０．８％、０．７％又は０．６％としてもよい。

[0063]（アーク安定剤：０～０．５０％）

以上の他、アーク安定剤をさらにフラックス中に含有させてもよい。アーク安定剤としては、Ｎａ、又はＫの酸化物又は弗化物（例えば、Na_2O、ＮａＦ、K_2O、ＫＦ、K_2SiF_6、K_2ZrF_6）などがあり、その含有量の合計は０～０．５０％である。必ずしもアーク安定剤を含有しなくてもよいので、Ｎａ、又はＫの酸化物又は弗化物の合計含有量の下限は０％である。また、アークが強くなりスパッタ等が増加するので上限は０．５０％である。なお、ここで例示したアーク安定剤としての酸化物及び弗化物は、上述されたスラグ形成剤としての金属酸化物、及び拡散性水素を低減させるための金属弗化物には含めない。ＮａおよびＫの酸化物及び弗化物が多いと、アークが強くなりスパッタ等が増加するので、必要に応じて、これらの含有量の合計を０．４０％以下、０．３０％以下、０．２０％未満、０．１０％以下に制限してもよい。

[0064] 上記の金属弗化物と金属酸化物とのそれぞれの含有量に加え、質量％で表

される金属酸化物の含有量の合計βに対する金属弗化物の含有量の合計αの比（α／β）の値が、３．０以上１５．０以下を満たすようにする必要がある。

α／βの値が３．０未満では、溶接金属の酸素量が増加することで、吸収エネルギーが低下し、α／βの値が１５．０を超えると、不活性ガスを用いたガスシールドアーク溶接においては、アークが不安定になりやすくなる。必要に応じて、α／βの下限を３．５又は４．０としてもよく、その上限を１４．０、１３．０又は１２．０としてもよい。また、この比α／βの値を規制することは、拡散性水素を低減させる効果を得るためにも重要であり、本実施形態の範囲であれば拡散性水素を低減する効果が得られる。

[0065] （ＣａＯ：０．２０％未満）

なお、本実施形態においては、フラックスに含有されるＣａＯの含有量を制限する。フラックスの原料にＣａＯが含有されている場合がある。その場合でも、フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で、ＣａＯ含有量を０．２０％未満に制限する。ＣａＯ含有量を、０．２０％未満に制限すれば、本発明の効果は得られる。つまり、ＣａＯ含有量の上限が０．２０％未満となるように、フラックスの原料を選定することが好ましい。なお、必要に応じて、ＣａＯ含有量の上限を０．１８％未満、０．１５％未満、０．１２％未満、０．１０％未満または０．０６％未満に制限してもよい。ＣａＯ含有量の下限は０％である。フラックスの原料の選定の都合上、ＣａＯの下限を０．０１％としても、差し支えない。

ＣａＯは、大気に触れることで、水素を含む化合物であるＣａＯＨに変化するため、溶接金属の拡散性水素を増加させる。このような知見が得られた実験について図３、図４に示す。

[0066] 図３は、ＣａＯの値が異なる以外は本発明の要件を満たす鋼製外皮が全て軟鋼であるフラックス入りワイヤを試作し、そのワイヤを用いて溶接を実施し、得られた溶接金属の拡散性水素量を後述の実施例と同様に測定して、フラックス入りワイヤ中のＣａＯ含有量と拡散性水素量との関係を示したもの

である。

図４は、ＣａＯの値が異なる以外は本発明の要件を満たす鋼製外皮が全てＮｉ含有鋼であるフラックス入りワイヤを試作し、そのワイヤを用いて溶接を実施し、得られた溶接金属の拡散性水素量を後述の実施例と同様に測定して、フラックス入りワイヤ中のＣａＯ含有量と拡散性水素量との関係を示したものである。

図３、図４から、ＣａＯが増加するにつれて溶接金属中の拡散性水素量が増加し、０．２０％までは、１．５ｍｌ／１００ｇ以下が得られている。１．５ｍｌ／１００ｇ以下では、予熱作業を低減する効果が得られるため、ＣａＯは０．２０％未満とする。つまり、この範囲を満たすように、フラックスの原料を選定する。

[0067]（金属炭酸塩：０．６０％未満）

本実施形態のフラックス入りワイヤは、アーク安定化作用とアーク集中性とを高める目的で、$CaCO_3$、$BaCO_3$、$SrCO_3$、$MgCO_3$、Li_2CO_3のうちの１種または２種以上からなる金属炭酸塩を含有してもよい。金属炭酸塩の含有量の合計が０．６０％以上となると、アークの集中性が強すぎてスパッタ発生量が多くなる。このため、金属炭酸塩の含有量の合計は０．６０％未満とする。必要に応じて、この合計を０．４０％以下、０．２０％以下、０．１０％以下又は０．０７％以下としてもよい。これらの金属炭酸塩を含有する必要はなく、その下限は０％である。

[0068]（鉄粉：５％未満）

鉄粉は、フラックス入りワイヤにおけるフラックスの充填率の調整のために、または溶着効率の向上のために必要に応じて含有させる場合がある。しかし、鉄粉の表層は酸化されているので、フラックスが鉄粉を過剰に含有すると、溶接金属の酸素量を増加させて靭性を低下させる場合がある。したがって、鉄粉は含有させなくてもよい。つまり、その下限は０％である。充填率の調整のために鉄粉を含有させる場合には、溶接金属の靭性を確保するために、鉄粉の含有量の上限を５％未満とする。

[0069] 以上が本実施形態のフラックス入りワイヤの化学組成に関する限定理由である。その他の残部の合金の化学成分は、鉄と不純物である。鉄成分としては、鋼製外皮の鉄、フラックス中に含まれる鉄粉及び合金成分中の鉄が含まれる。また、鉄を主成分とする残部が本発明の特性を阻害しない範囲で、製造過程等で混入する不純物を含有してもよい。

[0070] （充填率：５．０～３０．０％）

鋼製外皮の内側にある中空の空間にフラックスを埋めるため、充填率には上限がある。充填率の上限は、鋼製外皮の板厚によってその値は増減するが、安定的にフラックスを添加するのに望ましい値は３０．０％である。充填率の上限を２５．０％、２０．０％又は１５．０％としてもよい。また充填率の下限については、あまりにもその充填率が低すぎる場合、鋼製外皮の内側に入れたフラックスが鋼製外皮との摩擦力がなく、移動できてしまい、フラックスの疎密が生じてしまう恐れがある。よって充填率の下限は５％が望ましい。

[0071] 続いて、フラックス入りワイヤの形態について説明する。

フラックス入りワイヤには、鋼製外皮にスリット状の継目がないシームレスワイヤと、鋼製外皮の継目にスリット状の隙間を有するシームを有するワイヤとに大別できる。

本発明ではいずれの断面構造も採用することができるが、溶接金属の低温割れを抑制するためには、シームレスワイヤとすることが好ましい。

また、溶接時のワイヤの送給性を向上させるために、ワイヤ表面に潤滑剤を塗布することができる。溶接ワイヤ用の潤滑剤としては、様々な種類のものを使用できるが、溶接金属の低温割れを抑制するためには、パーフルオロポリエーテル油(ＰＦＰＥ油)を使用することが好ましい。

[0072] 溶接時に溶接部に侵入する水素は、溶接金属内及び鋼材側に拡散し、応力集中部に集積して低温割れの発生原因となる。この水素源としては溶接材料が保有する水分、大気から混入する水分、鋼表面に付着した錆びやスケール等が上げられるが、十分に溶接部の清浄性、ガスシールドの条件が管理され

た溶接の下では、ワイヤ中に主として水分で含有される水素が、溶接継ぎ手中に存在する拡散性水素の主要因となる。

[0073] このため、鋼製外皮をシームレスの管とし、ワイヤ製造後から使用するまでの間に、鋼製外皮からフラックスへの大気中の水素の侵入を抑制することが望ましい。

鋼製外皮にシームを有する管とした場合、大気中の水分は外皮のシーム部からフラックス中に侵入しやすく、そのままでは、水分等の水素源の侵入を防止することはできない。従って、製造後使用するまでの期間が長い場合、ワイヤ全体を真空包装するか、乾燥した状態に保持できる容器内で保存することが望ましい。

本発明において、溶接金属の引張強さは、６６０～９００ＭＰａの引張強さを有する高張力鋼と同等レベルの引張強さとしている。溶接金属の引張強さは、当該のフラックス入りワイヤを用いて製作された溶接継手の溶接金属に、日本工業規格ＪＩＳ　Ｚ３１１１－２００５に規定された溶接金属の引張試験を行うことで測定できる。また、硬さと引張強さとの間にはよい相関関係があることが知られている。この相関関係を利用して、溶接継手の溶接金属の硬さを測定し、硬さから換算して溶接金属の引張強さを求めてもよい。なお、必要があれば、溶接金属の引張強さの下限を６８５ＭＰａに、上限を８３０ＭＰａに制限してもよい。

[0074] 本実施形態で用いるフラックス入りワイヤは、通常のフラックス入りワイヤの製造方法と同様の製造工程によって製造することができる。

すなわち、まず、外皮となる鋼帯、及び、金属弗化物、合金成分、金属酸化物、金属炭酸塩及びアーク安定剤が所定の含有量になるように配合したフラックスを準備する。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（Ｕ字型）に成形して鋼製外皮とし、この成形途中でオープン管の開口部からフラックスを供給し、開口部の相対するエッジ面を突合せシーム溶接する。溶接により得られた継目無し管を伸線し、伸線途中あるいは伸線工程完了後に焼鈍処理して、所望の線径を有し、鋼製外皮の内部にフラックスが

充填されたシームレスワイヤを得る。また、シームを有するワイヤは、オープン管の開口部からフラックスを供給した後、シーム溶接をしない継目有りの管とし、それを伸線することで得られる。

[0075] 本実施形態のフラックス入りワイヤは、５．５～９．５％のＮｉを含むＮｉ系低温用鋼をガスシールドアーク溶接するのに使用される。ＬＮＧタンクにはＮｉ含有量が５．５～９．５％で、板厚は６ｍｍ以上１００ｍｍで、引張強さが６６０～９００ＭＰａの鋼材が使用されている。この鋼材の溶接に、本実施形態のフラックス入りワイヤを使用することができる。溶接の際に用いるシールドガスは、純Ａｒガスまたは純Ｈｅガスが使用できる。また、１．５体積％以下の範囲内であれば、純Ａｒガスまたは純Ｈｅガスのそれぞれに、O_2またはCO_2を混合させても本発明の効果を得ることができる。

このような知見が得られた実験結果を図５および図６に示す。図５および図６は、本実施形態の化学組成のフラックス入りワイヤを用い、シールドガスとして、純Ａｒガス、Ａｒ＋種々の濃度のO_2混合ガス、Ａｒ＋種々の濃度のCO_2混合ガス、純Ｈｅガス、Ｈｅ＋種々の濃度のO_2混合ガス、Ｈｅ＋種々の濃度のCO_2混合ガスを用いて９％Ｎｉ鋼を溶接した後、溶接金属中の酸素量と－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーとを測定した結果である。なお、図５に用いたフラックス入りワイヤの鋼製外皮は全て軟鋼であり、図６に用いたフラックス入りワイヤの鋼製外皮は全てＮｉ含有鋼である。Ｎｉ含有鋼のＮｉ含有量は６～１８％である。

[0076] 図５において、純Ａｒまたは純Ｈｅに１．５体積％までの範囲内でO_2またはCO_2を含有した混合ガスの場合は、全て溶接金属中の酸素量が１６０ｐｐｍ以下となった。また、溶接金属中の酸素量が、１６０ｐｐｍ以下のものは、－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーが５０Ｊ以上になった。

図６において、純Ａｒまたは純Ｈｅに１．５体積％までの範囲内でO_2またはCO_2を含有した混合ガスの場合は、全て溶接金属中の酸素量が８０ｐｐｍ以下となった。また、溶接金属中の酸素量が、８０ｐｐｍ以下のものは、－１９６℃のシャルピー吸収エネルギーが６９Ｊ以上になった 。

実施例

[0077] 次に、実施例により本発明の実施可能性及び効果についてさらに詳細に説明する。

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、この成形途中でオープン管の開口部からフラックスを供給し、開口部の相対するエッジ面を突合わせシーム溶接することで継目無し管とし、造管したワイヤの伸線作業の途中で焼鈍を加え、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。試作後、ワイヤ表面には潤滑剤を塗布した。

鋼製外皮（フープ）には、Ｃ：０．００３％、Ｓｉ：０．０３％、Ｍｎ：０．１１％、Ｐ：０．００６％、Ｓ：０．００３％、ＡＩ：０．００３％、残部は鉄および不純物からなる成分の軟鋼の鋼製外皮または、表１に示すＮｉ含有鋼の鋼製外皮を用いた。ここで、％はすべて、外皮全質量に対する質量％を意味する。

表２－１、表２－３、表２－５、表２－７、表２－９、表２－１１、表２－１３、表２－１５において、ＰＦＰＥ油塗布と記載していないものは、すべて、植物油を塗布した。また、一部は、シーム溶接をしない継目有りの管とし、それを伸線することで、ワイヤ径がφ１．２ｍｍのフラックス入りワイヤを試作した。

フラックス入りワイヤの分析は以下のように行った。ワイヤより充填したフラックスを取り出し、鋼製外皮とフラックスとに分けた。鋼製外皮は化学分析にて金属成分を測定した。フラックスはＸ線回折、蛍光Ｘ線分析にて構成物と成分の定量評価をした後、浮遊選鉱、磁力選鉱などの選鉱法を用いてスラグ分と合金分とを分離し、それぞれを化学分析、ガス分析などを行うことで分析した。

試作したフラックス入りワイヤの化学組成を表２－１～表２－１６、表３－１～表３－１６に示す。また、表３－９、表３－１１、表３－１３、表３－１５には、ワイヤの鋼製外皮に使用した表１のフープ材番号を併せて示す。表２－１～表２－１６、表３－１～表３－１６に示したフラックス入りワ

イヤの化学組成は、上記の分析方法により分析した結果である。表２－１～表２－１６、表３－１～表３－１６に記載する質量％は、ワイヤ（外皮とフラックスとを全て含めた）の全質量に対する質量％を意味する。例えば、表３－１、表３－３、表３－５、表３－７のＮｉは、外皮ではなく、もっぱら、Ｎｉ粉として含有されている。

[0078] 表２－１～表２－１６、表３－１～表３－１６に示すフラックス入りワイヤを用いて、ＪＩＳ　Ｚ３１１１（２００５年）に準拠して溶接金属の機械特性を評価した。すなわち、図７（試験板の記号１．３）に示すような要領とした。板厚が２０ｍｍの鋼板１を、ルートギャップ１６ｍｍ、開先角度２０°で突き合わせ、裏当金２を用いた。鋼板１及び裏当金２にはＳＭ４９０Ａを使用したが、鋼板１の開先面及び裏当金２の表面には、試験を行うフラックス入りワイヤを用いて２層以上、かつ余盛高さ３ｍｍ以上のバタリングを実施した。その後、１及び２層目は１又は２パス、３層目から最終層までは２又は３パスで溶接を行い、試験体を作製した。溶接条件を表４－１～表４－７（シールドガスの組成は、体積％で表記した）に示す。表２－１～表２－８、表３－１～表３－８の軟鋼の鋼製外皮を用いたフラックス入りワイヤの溶接条件は、表４－１～表４－４である。表４－１～表４－４より、溶接条件は、電流値２８０Ａ、電圧値２５Ｖ、溶接速度３０ｃｍ／分、パス間温度１５０℃以下、シールドガスとして、純Ａｒガス、ＡｒとO$_2$またはCO$_2$との混合ガス、純Ｈｅガス、ＨｅとO$_2$またはCO$_2$との混合ガスのいずれか１種を用いて、ガス流量２５Ｌ／分で行った。表２－９～表２－１６、表３－９～表３－１６のＮｉ含有鋼の鋼製外皮を用いたフラックス入りワイヤの溶接条件は、表４－５～表４－７である。表４－５～表４－７より、溶接条件は、電流値２８０Ａ、電圧値２５Ｖ、溶接速度３０ｃｍ／分、パス間温度１５０℃以下、シールドガスとして、純Ａｒガス、ＡｒとO$_2$またはCO$_2$との混合ガス、ＨｅとO$_2$またはCO$_2$との混合ガスのいずれか１種を用いて、ガス流量２５Ｌ／分で行った。

[0079] 作製した試験体から、図７に示すように、機械試験片としてＪＩＳ　Ｚ３

１１１（２００５年）に準拠したＡ０号引張り試験片（丸棒）５（径＝１０ｍｍ）とシャルピー衝撃試験片（２ｍｍＶノッチ）４を採取し、それぞれの機械特性試験を行って、溶接金属の引張強さ及びシャルピー吸収エネルギーを測定した。軟鋼の鋼製外皮を用いたフラックス入りワイヤ使用時の得られた機械特性の測定結果と評価結果とを、表５－１～表５－４に示し、Ｎｉ含有鋼の鋼製外皮を用いたフラックス入りワイヤ使用時の得られた機械特性の測定結果と評価結果とを、表５－５～表５－８に示す。

図５より、鋼製外皮が軟鋼のフラックス入りワイヤを用いた場合の機械特性の評価は、引張強さが６６０～９００ＭＰａであり、且つ靭性が、－１９６℃でのシャルピー衝撃試験で、吸収エネルギーが５０Ｊ以上であるものを合格とした。

図６より、鋼製外皮がＮｉ含有鋼のフラックス入りワイヤを用いた場合の機械特性の評価は、引張強さが６６０～９００ＭＰａであり、且つ靭性が、－１９６℃でのシャルピー衝撃試験で、吸収エネルギーが６９Ｊ以上であるものを合格とした。

[0080] また、得られた溶接金属から試験片を採取して、溶接金属中の酸素量を測定した。溶接金属中の酸素量測定は、インパルス加熱炉-不活性ガス溶解赤外線吸収法により測定した。測定した溶接金属中の酸素量を表５－１～表５－８に示す。

本発明のワイヤにおいては、溶接金属中の酸素量を低減することで靭性を向上させているが、鋼製外皮が全て軟鋼であるフラックス入りワイヤの場合、酸素量が１６０ｐｐｍ以下のものは、－１９６℃でのシャルピー吸収エネルギーを確保することができた。また、鋼製外皮が全てＮｉ含有鋼であるフラックス入りワイヤの場合、酸素量が８０ｐｐｍ以下のものは、－１９６℃でのシャルピー吸収エネルギーを確保することができた。

[0081] 次に、表５－１～表５－８の評価結果で引張強さ、－１９６℃でのシャルピー吸収エネルギーの両方が合格であったフラックス入りワイヤについて、耐低温割れ性を評価した。耐低温割れ性の評価は、拡散性水素量の測定とｙ

形溶接割れ試験にて評価した。但し、表５－４のワイヤ番号Ｂ４１については、Ｃａ酸化物の含有量が高かったため、拡散性水素量の測定を行った。

[0082] 拡散性水素量の測定は、機械特性試験と同じ溶接条件でＪＩＳ　Ｚ３１１８（鋼溶接部の水素量測定方法）に準拠したガスクロマトグラフ法にて実施した。拡散性水素量の測定結果を表５－１～表５－８に示す。

[0083] ｙ形溶接割れ試験は、温度０℃、湿度６０％の一定雰囲気管理下において、表６に示す板厚２５ｍｍの鋼板（母材番号：Ｐ１）を用いて、表４－１～表４－７の溶接条件でＪＩＳ　Ｚ３１５８（ｙ形溶接割れ試験）に準拠した方法で実施した。

得られたｙ形溶接割れ試験結果を表５－１～表５－８に示す。拡散性水素量が１．５ｍｌ／１００ｇ以下のものは試験温度が０℃と非常に低温、且つ予熱無しの条件でもｙ形溶接割れ試験のすべての断面において、断面割れ無し（断面割れが発生していないこと）であり、極めて高い耐低温割れ性が証明された。

[0084] 表５－１、表５－２、表５－５、表５－６の試験結果に示されるように、本発明例であるワイヤ番号Ａ１～Ａ１０２は、引張強さ、靭性、耐低温割れ性のすべてが優れ、合格であった。

一方、表５－３、表５－４、表５－７、表５－８の試験結果に示されるように、比較例であるワイヤ番号Ｂ１～Ｂ１０３は、本発明で規定する要件を満たしていないため、引張強さ、靭性、耐低温割れ性を一項目以上満足できず、総合判定で不合格となった。

[0085] [表1]

フープ材番号	ワイヤ外皮化学成分(外皮全質量に対する質量%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ai	Ni
F1	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	6.0
F2	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	9.0
F3	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	12.5
F4	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	14.5
F5	0.020	0.15	0.2	0.007	0.004	0.002	12.5
F6	0.002	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	8.5

[0086]

［表2-1］

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 ［ワイヤの全質量に対する質量%］												
				金属弗化物						金属酸化物						
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量［α］	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量［β］
A1	実施例		15.7	2.0					2.0	0.25	0.38				0.02	0.65
A2	実施例		21.8	7.0					7.0	0.22	0.25				0.02	0.49
A3	実施例	PFPE油塗布	16.4	2.8					2.8	0.10	0.20				0.03	0.33
A4	実施例		18.7	3.7					3.7	0.40	0.48				0.02	0.90
A5	実施例		15.9	2.0					2.1	0.30	0.36				0.02	0.68
A6	実施例		19.5	6.0					6.0	0.10	0.30				0.02	0.42
A7	実施例	PFPE油塗布	16.5	2.6					2.6	0.12	0.25				0.03	0.40
A8	実施例		18.6	4.8					4.8	0.15	0.22	0.12			0.02	0.51
A9	実施例		16.4	3.2					3.2	0.20	0.26		0.18		0.03	0.67
A10	実施例		16.5	3.5			0.2	0.1	3.8	0.15	0.25				0.03	0.43
A11	実施例		17.0	3.0					3.0	0.22	0.28		0.12		0.02	0.64
A12	実施例		16.8	3.6					3.6	0.16	0.36	0.12			0.02	0.66
A13	実施例		16.7	4.6	0.2	0.1			4.9	0.14	0.32				0.06	0.52
A14	実施例		16.3	4.5					4.5	0.34	0.34				0.02	0.70
A15	実施例		14.7	3.0					3.0	0.16	0.24	0.12	0.10		0.02	0.64
A16	実施例		19.9	2.9		0.2	0.1		3.2	0.36	0.20				0.02	0.58
A17	実施例		17.3	4.5					4.5	0.20	0.32				0.18	0.70
A18	実施例	PFPE油塗布	16.5	3.2		0.1			3.3	0.12	0.32	0.20			0.02	0.66
A19	実施例		15.0	3.6					3.6	0.26	0.25		0.12		0.02	0.65
A20	実施例		14.6	3.2	0.2				3.4	0.15	0.35	0.12			0.02	0.64
A21	実施例		14.1	3.3					3.3	0.12	0.22		0.25		0.02	0.61
A22	実施例		14.3	3.6					3.6	0.31	0.39				0.02	0.72
A23	実施例		18.5	3.2			0.2		3.4	0.18	0.46				0.02	0.66
A24	実施例		19.8	4.2	0.1			0.1	4.4	0.13	0.33	0.15	0.08		0.02	0.71
A25	実施例		18.5	4.0	0.1	0.1	0.1	0.1	4.4	0.16	0.21				0.02	0.39
A26	実施例		11.0	2.8					2.8	0.22	0.34				0.05	0.61
A27	実施例		17.8	4.0					4.0	0.12	0.20	0.10	0.12		0.05	0.59

[0087] [表2-2]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
A1	0.01					0.01		0.08	3.1	1.00
A2	0.01					0.01		0.08	14.3	1.00
A3	0.01					0.01		0.08	8.5	1.00
A4	0.01					0.01		0.08	4.1	1.00
A5	0.01					0.01		0.08	3.1	0.95
A6	0.01					0.01		0.08	14.3	1.00
A7	0.01					0.01		0.08	6.5	1.00
A8	0.01					0.01		0.08	9.4	1.00
A9	0.01					0.01		0.08	4.8	1.00
A10	0.01					0.01		0.08	8.8	0.92
A11		0.01				0.01		0.08	4.7	1.00
A12			0.01			0.01		0.08	5.5	1.00
A13				0.01		0.01		0.08	9.4	0.94
A14	0.01				0.01	0.02		0.08	6.4	1.00
A15	0.01					0.01	4.80	0.08	4.7	1.00
A16	0.01					0.01		0.08	5.5	0.91
A17	0.01	0.01				0.02		0.08	6.4	1.00
A18		0.01				0.01		0.08	5.0	0.97
A19		0.01				0.01		0.08	5.5	1.00
A20		0.01	0.01			0.02		0.08	5.3	0.94
A21			0.01			0.01	2.50	0.08	5.4	1.00
A22			0.01			0.01	1.50	0.08	5.0	1.00
A23			0.01			0.01		0.08	5.2	0.94
A24				0.01		0.01		0.10	6.2	0.95
A25					0.01	0.01		0.10	11.3	0.91
A26					0.01	0.01		0.10	4.6	1.00
A27					0.01	0.01		0.10	6.8	1.00

[0088]

[表2-3]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 ［ワイヤの全質量に対する質量%］												
				金属弗化物						金属酸化物						
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量［α］	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量［β］
A28	実施例		14.1	2.5				0.1	2.6	0.25	0.40				0.02	0.67
A29	実施例		16.3	4.8		0.1			4.9	0.12	0.24	0.05			0.02	0.43
A30	実施例	PFPE油塗布	16.7	2.4	0.2				2.6	0.18	0.25	0.12	0.10		0.02	0.67
A31	実施例		18.9	4.6			0.1	0.2	4.9	0.10	0.22				0.12	0.44
A32	実施例		13.8	3.0					3.0	0.12	0.32				0.02	0.46
A33	実施例		18.5	4.5					4.5	0.15	0.35				0.02	0.52
A34	実施例	PFPE油塗布	14.0	2.9		0.1		0.1	3.1	0.20	0.28		0.12		0.02	0.62
A35	実施例		18.6	4.6					4.6	0.15	0.33	0.15			0.02	0.65
A36	実施例		13.0	3.0					3.0	0.15	0.32		0.10		0.02	0.59
A37	実施例		13.3	3.2					3.2	0.20	0.35				0.02	0.57
A38	実施例		14.5	4.5					4.5	0.15	0.30	0.23			0.02	0.70
A39	実施例		16.0	5.8					5.8	0.20	0.35				0.02	0.57
A40	実施例		17.8	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A41	実施例		17.9	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A42	実施例		17.6	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A43	実施例	PFPE油塗布	18.6	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A44	実施例		18.2	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A45	実施例		18.0	4.0					4.0	0.15	0.30				0.19	0.64
A46	実施例		19.0	5.0					5.0	0.15	0.30				0.19	0.64
A47	実施例		16.9	3.6					3.6	0.11	0.22	0.12			0.02	0.47
A48	実施例		16.0	4.2	0.2	0.1			4.5	0.14	0.32				0.06	0.52
A49	実施例	PFPE油塗布	17.9	3.8					3.8	0.34	0.34				0.02	0.70
A50	実施例		17.6	4.0			0.4		4.4	0.01	0.20			0.10	0.02	0.33
A51	実施例		16.8	3.1					3.1	0.01	0.20					0.21
A52	実施例		18.2	4.5					4.5	0.01	0.20		0.10		0.02	0.33
A53	実施例	PFPE油塗布	20.2	5.8					5.8	0.01	0.20	0.10		0.10	0.02	0.43

[0089] [表2-4]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
A28					0.01	0.01		0.10	3.9	0.96
A29	0.01					0.01		0.10	11.4	0.98
A30	0.01					0.01		0.10	3.9	0.92
A31	0.01					0.01		0.10	11.1	0.94
A32	0.01					0.01		0.10	6.5	1.00
A33	0.01					0.01		0.10	8.7	1.00
A34	0.01					0.01		0.10	5.0	0.94
A35	0.01					0.01		0.10	7.1	1.00
A36	0.01					0.01		0.10	5.1	1.00
A37	0.01					0.01		0.10	5.6	1.00
A38	0.01					0.01		0.10	6.4	1.00
A39	0.01					0.01		0.10	10.2	1.00
A40	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00
A41	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00
A42	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00
A43	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00
A44	0.44			0.10	0.05	0.59	0.60	0.10	8.5	1.00
A45	0.01					0.01		0.10	6.3	1.00
A46	0.01					0.01		0.10	7.8	1.00
A47	0.01					0.01		0.08	7.7	1.00
A48	0.01					0.01		0.08	8.7	0.93
A49	0.01					0.01		0.08	5.4	1.00
A50	0.01					0.01		0.08	13.3	0.91
A51	0.01					0.01		0.08	14.8	1.00
A52	0.01					0.01		0.08	13.6	1.00
A53	0.01					0.01		0.08	13.5	1.00

[0090]

[表2-5]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]												
				金属弗化物					合計量 [α]	金属酸化物						合計量 [β]
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF		TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	
B1	比較例		11.8	1.8					1.8	0.15	0.20				0.02	0.37
B2	比較例	PFPE油塗布	17.4	7.3					7.3	0.15	0.30				0.02	0.47
B3	比較例		16.5	3.0					3.0	0.06	0.30				0.02	0.38
B4	比較例		16.3	2.5					2.5	0.45	0.20				0.02	0.67
B5	比較例		16.6	3.5					3.5	0.15	0.15				0.02	0.32
B6	比較例		16.8	3.5					3.5	0.15	0.56				0.02	0.73
B7	比較例		18.5	3.8					3.8	0.15	0.15				0.35	0.65
B8	比較例		17.5	2.8					2.8	0.05	0.20				0.02	0.27
B9	比較例		19.6	5.5					5.5	0.40	0.50	0.10			0.02	1.02
B10	比較例		16.6	2.4					2.4	0.28	0.42	0.15			0.02	0.87
B11	比較例		18.1	5.8					5.8	0.12	0.24				0.02	0.38
B12	比較例	PFPE油塗布	16.8	3.8	0.5	0.3	0.1		4.7	0.20	0.32				0.02	0.54
B13	比較例		16.8	2.8					2.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B14	比較例		17.0	3.2					3.2	0.20	0.28				0.02	0.50
B15	比較例		15.7	3.2	0.1				3.3	0.15	0.24				0.10	0.49
B16	比較例	PFPE油塗布	15.9	2.8			0.2		3.0	0.15	0.24	0.18	0.12		0.02	0.71
B17	比較例		16.2	3.0		0.1			3.1	0.25	0.25				0.02	0.52
B18	比較例		15.8	3.0					3.0	0.25	0.24				0.02	0.51
B19	比較例		13.6	3.6		0.1			3.7	0.10	0.33	0.20			0.02	0.65
B20	比較例		13.8	3.6					3.6	0.10	0.32	0.15			0.02	0.59
B21	比較例		16.6	3.6			0.1	0.1	3.8	0.20	0.36				0.05	0.61
B22	比較例		15.7	3.2					3.2	0.25	0.36				0.02	0.63
B23	比較例		12.7	3.2			0.2		3.4	0.15	0.32		0.15		0.02	0.64
B24	比較例		13.0	3.4					3.4	0.15	0.25		0.15		0.02	0.57
B25	比較例	PFPE油塗布	12.8	3.4	0.1	0.1			3.6	0.24	0.23				0.02	0.49
B26	比較例		13.6	2.8					2.8	0.24	0.23				0.02	0.49
B27	比較例		15.8	2.8				0.1	2.9	0.16	0.36	0.12			0.02	0.66

[0091]

[表2-6]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
B1	0.01					0.01		0.08	4.9	1.00
B2	0.01					0.01		0.08	15.5	1.00
B3	0.01					0.01		0.08	7.9	1.00
B4	0.01					0.01		0.08	3.7	1.00
B5	0.01					0.01		0.08	10.9	1.00
B6	0.01					0.01		0.08	4.8	1.00
B7	0.01					0.01		0.08	5.8	1.00
B8	0.01					0.01		0.08	10.4	1.00
B9	0.01					0.01		0.08	5.4	1.00
B10	0.01					0.01		0.08	2.8	1.00
B11		0.01				0.01		0.08	15.3	1.00
B12			0.01			0.01		0.08	8.7	0.81
B13				0.01		0.01		0.08	4.7	1.00
B14	0.01				0.01	0.02		0.08	6.4	1.00
B15	0.01					0.01		0.08	6.7	0.97
B16	0.01					0.01		0.08	4.2	0.93
B17	0.01	0.01				0.02		0.08	6.0	0.97
B18		0.01				0.01		0.08	5.9	1.00
B19		0.01				0.01		0.08	5.7	0.97
B20		0.01	0.01			0.02		0.08	6.1	1.00
B21			0.01			0.01		0.08	6.2	0.95
B22			0.01			0.01		0.08	5.1	1.00
B23			0.01			0.01	3.00	0.08	5.3	0.94
B24				0.01		0.01		0.08	6.0	1.00
B25					0.01	0.01		0.08	7.3	0.94
B26					0.01	0.01		0.08	5.7	1.00
B27					0.01	0.01		0.08	4.4	0.97

[0092]

[表2-7]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]												
				金属弗化物					金属酸化物							
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量 [α]	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量 [β]
B28	比較例		16.7	3.2			0.2		3.4	0.16	0.36		0.13		0.02	0.67
B29	比較例		14.2	3.2					3.2	0.15	0.32	0.10	0.12		0.02	0.71
B30	比較例		17.8	3.4		0.2			3.6	0.15	0.36				0.02	0.53
B31	比較例	PFPE油塗布	17.2	3.4		0.1			3.5	0.22	0.25				0.05	0.52
B32	比較例		17.7	3.2	0.1		0.1		3.4	0.22	0.24				0.02	0.48
B33	比較例	PFPE油塗布	14.0	3.2				0.1	3.3	0.25	0.26				0.02	0.53
B34	比較例		10.8	2.8	0.1	0.1			3.0	0.25	0.26				0.02	0.53
B35	比較例		17.5	3.3					3.3	0.15	0.32		0.10		0.02	0.59
B36	比較例		11.2	2.6		0.1			2.7	0.15	0.30	0.10			0.02	0.57
B37	比較例		20.2	5.7			0.1		5.8	0.20	0.26				0.02	0.48
B38	比較例		16.9	5.5					5.5	0.01	0.41				0.02	0.44
B39	比較例		16.3	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B40	比較例		16.3	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B41	比較例		19.8	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.65	1.05
B42	比較例		17.8	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B43	比較例		14.7	1.8	0.1				1.9	0.15	0.20				0.02	0.37
B44	比較例		12.8	1.7	0.1				1.8	0.15	0.20				0.02	0.37
B45	比較例		18.0	7.0		0.5			7.5	0.30	0.20		0.05		0.02	0.57
B46	比較例		13.6	3.5	0.1		0.1		3.7	0.15	0.35		0.05		0.02	0.57
B47	比較例		16.3	4.0	0.1		0.1		4.2	0.15	0.35		0.05		0.02	0.57
B48	比較例		20.6	3.0	0.1		0.1		3.2	0.12	0.23		0.05		0.02	0.42
B49	比較例		18.9	5.8					5.8	0.18	0.24			0.05	0.02	0.49
B50	比較例	PFPE油塗布	19.6	4.5	0.3	0.1	0.1		5.0	0.20	0.32				0.02	0.54
B51	比較例		17.3	2.8					2.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B52	比較例		18.2	3.8					3.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B53	比較例		16.6	2.4			0.1	0.1	2.6	0.01	0.13		0.02		0.02	0.18
B54	比較例		19.4	2.2			0.1	0.1	2.4	0.01	0.20		0.01		0.01	0.23

[0093]

[表2-8]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
B28					0.01	0.01		0.08	5.1	0.94
B29	0.01					0.01		0.08	4.5	1.00
B30	0.01					0.01		0.08	6.8	0.94
B31	0.01					0.01		0.08	6.7	0.97
B32	0.01					0.01		0.08	7.1	0.94
B33	0.01					0.01		0.08	6.2	0.97
B34	0.01					0.01		0.08	5.7	0.93
B35	0.01					0.01		0.08	5.6	1.00
B36	0.01					0.01		0.08	4.7	0.96
B37	0.01					0.01		0.08	12.1	0.98
B38	0.01					0.01		0.03	12.5	1.00
B39	0.01					0.01		0.09	11.4	1.00
B40	0.01					0.01		0.09	11.4	1.00
B41	0.01					0.01		0.09	4.6	1.00
B42	0.50			0.10	0.05	0.65	0.65	0.09	11.4	1.00
B43	0.01					0.01		0.09	5.1	0.95
B44	0.01					0.01		0.09	4.9	0.94
B45	0.01					0.01		0.09	13.2	0.93
B46	0.01					0.01		0.09	6.5	0.95
B47	0.01					0.01		0.60	7.4	0.95
B48	0.01					0.01		0.08	7.6	0.94
B49	0.01					0.01		0.08	11.8	1.00
B50	0.01					0.01		0.08	9.3	0.90
B51	0.01					0.01		0.08	4.7	1.00
B52	1.01					1.01		1.08	6.3	1.00
B53	0.02					0.02	1.00	0.08	14.4	0.92
B54	0.02					0.02	5.50	0.08	10.4	0.92

[0094]

[表2-9]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 ［ワイヤの全質量に対する質量%］												
				金属弗化物						金属酸化物						
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量［α］	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量［β］
A54	実施例		8.0	2.0					2.0	0.15	0.32				0.02	0.49
A55	実施例		14.0	7.0					7.0	0.15	0.32				0.02	0.49
A56	実施例		8.0	4.5					4.5	0.10	0.20				0.02	0.32
A57	実施例		8.0	2.7					2.7	0.40	0.47				0.03	0.90
A58	実施例		8.0	4.0					4.0	0.20	0.35				0.03	0.58
A59	実施例		8.0	3.5		0.2		0.1	3.8	0.20	0.35				0.03	0.58
A60	実施例		6.0	4.4	0.1				4.5	0.10	0.28				0.02	0.40
A61	実施例		8.0	3.2					3.2	0.10	0.30				0.02	0.42
A62	実施例	PFPE油塗布	8.0	2.8					2.8	0.12	0.28				0.03	0.43
A63	実施例		8.0	2.8					2.8	0.30	0.25	0.15			0.03	0.73
A64	実施例		8.0	3.4					3.4	0.15	0.30	0.10	0.10		0.03	0.68
A65	実施例		8.0	3.4			0.1	0.1	3.6	0.24	0.32		0.15		0.03	0.74
A66	実施例		8.0	3.7			0.2		3.9	0.24	0.25				0.10	0.59
A67	実施例		8.0	4.0					4.0	0.15	0.36				0.03	0.54
A68	実施例		5.5	4.3					4.3	0.35	0.35	0.15			0.03	0.88
A69	実施例		10.0	3.8					3.8	0.24	0.28				0.02	0.54
A70	実施例		11.0	3.8		0.1		0.1	4.0	0.34	0.20				0.02	0.56
A71	実施例		12.0	3.8					3.8	0.10	0.23		0.24		0.05	0.62
A72	実施例	PFPE油塗布	9.0	4.8	0.1	0.1			5.0	0.18	0.24	0.22			0.02	0.66
A73	実施例		8.0	5.6	0.2				5.8	0.12	0.23	0.10	0.12		0.02	0.59
A74	実施例		10.0	6.0					6.0	0.13	0.22	0.15			0.03	0.53
A75	実施例		12.0	6.3					6.3	0.15	0.33		0.05		0.03	0.56
A76	実施例		12.0	4.6					4.6	0.24	0.35	0.11			0.03	0.73
A77	実施例		11.0	4.9					4.9	0.18	0.34				0.02	0.54
A78	実施例		8.0	4.7	0.2	0.1	0.1	0.1	5.2	0.20	0.22	0.12	0.10		0.05	0.69

[0095] [表2-10]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
A54	0.01					0.01	3.8	0.09	4.1	1.00
A55	0.01					0.01	4.8	0.09	14.3	1.00
A56	0.01					0.01	2.6	0.09	14.1	1.00
A57	0.01					0.01	2.8	0.09	3.0	1.00
A58	0.01					0.01	2.8	0.09	6.9	1.00
A59	0.01					0.01	2.6	0.09	6.6	0.92
A60	0.01					0.01	1.9	0.09	11.3	0.98
A61	0.01					0.01	3.6	0.08	7.6	1.00
A62	0.01					0.01	4.2	0.08	6.5	1.00
A63	0.01					0.01	3.6	0.08	3.8	1.00
A64	0.01					0.01	3.2	0.08	5.0	1.00
A65	0.01					0.01	2.5	0.08	4.9	0.94
A66	0.01					0.01	2.7	0.08	6.6	0.95
A67	0.01					0.01	2.7	0.08	7.4	1.00
A68	0.01					0.01	1.2	0.08	4.9	1.00
A69	0.01					0.01		0.08	7.0	1.00
A70		0.01				0.01	2.4	0.08	7.1	0.95
A71		0.01				0.01	2.7	0.08	6.1	1.00
A72		0.01				0.01	1.2	0.08	7.6	0.96
A73		0.01				0.01		0.08	9.8	0.97
A74		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A75		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A76		0.01				0.01	1.6	0.08	6.3	1.00
A77			0.01			0.01	1.2	0.08	9.1	1.00
A78				0.01		0.01		0.08	7.5	0.90

[0096]

［表2-11］

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 ［ワイヤの全質量に対する質量%］												
				金属弗化物						金属酸化物						
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量［α］	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量［β］
A79	実施例	PFPE油塗布	12.0	5.2					5.2	0.22	0.34				0.02	0.58
A80	実施例		8.0	6.0					6.0	0.35	0.22				0.02	0.59
A81	実施例		8.0	6.2					6.2	0.14	0.28	0.10			0.03	0.55
A82	実施例		8.0	4.6			0.2		4.8	0.15	0.25				0.03	0.43
A83	実施例		8.0	5.3					5.3	0.18	0.28				0.03	0.49
A84	実施例		8.0	4.8				0.1	4.9	0.23	0.28	0.15			0.02	0.68
A85	実施例		6.5	4.6		0.2			4.8	0.16	0.26				0.19	0.61
A86	実施例		10.0	5.0					5.0	0.24	0.25		0.16		0.02	0.67
A87	実施例	PFPE油塗布	10.0	4.8	0.1				4.9	0.16	0.22	0.10			0.02	0.50
A88	実施例		8.0	5.0					5.0	0.24	0.32		0.10		0.02	0.68
A89	実施例		8.0	3.0					3.0	0.15	0.24		0.13		0.03	0.55
A90	実施例		8.0	5.8					5.8	0.16	0.26		0.11		0.03	0.56
A91	実施例		8.0	3.1				0.1	3.2	0.30	0.36	0.10			0.03	0.79
A92	実施例		8.0	5.7					5.7	0.33	0.34	0.12			0.02	0.81
A93	実施例		12.0	4.2					4.2	0.22	0.31		0.10		0.02	0.65
A94	実施例		10.0	4.2					4.2	0.15	0.30				0.02	0.47
A95	実施例		12.0	3.8					3.8	0.20	0.35				0.03	0.58
A96	実施例		8.0	4.5					4.5	0.15	0.25				0.03	0.43
A97	実施例		10.0	4.8					4.8	0.15	0.30				0.03	0.48
A98	実施例		14.0	4.2					4.2	0.20	0.30		0.10		0.19	0.79
A99	実施例		8.0	3.5					3.5	0.01	0.20			0.10	0.03	0.24
A100	実施例		8.0	3.2			0.3		3.5	0.01	0.20	0.08			0.02	0.31
A101	実施例		8.0	3.0			0.1	0.1	3.2	0.01	0.20			0.10	0.02	0.23
A102	実施例		8.0	2.9			0.2		3.1	0.01	0.20				0.02	0.23

[0097] [表2-12]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
A79					0.01	0.01	4.5	0.08	9.0	1.00
A80	0.01					0.01		0.08	10.2	1.00
A81		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A82		0.01				0.01	1.4	0.08	11.2	0.96
A83			0.01			0.01	1.1	0.08	10.8	1.00
A84			0.01			0.01	1.7	0.08	7.2	0.98
A85				0.01		0.01	1.2	0.08	7.9	0.96
A86					0.01	0.01	3.6	0.08	7.5	1.00
A87	0.01					0.01	3.3	0.08	9.8	0.98
A88		0.01				0.01	1.6	0.08	7.4	1.00
A89		0.01				0.01	3.9	0.08	5.5	1.00
A90			0.01			0.01	0.6	0.08	10.4	1.00
A91			0.01			0.01	2.6	0.08	4.1	0.97
A92				0.01		0.01	0.6	0.08	7.0	1.00
A93					0.01	0.01	2.2	0.08	6.5	1.00
A94	0.01					0.01	2.2	0.08	8.9	1.00
A95		0.01				0.01	2.6	0.08	6.6	1.00
A96		0.01				0.01	2.5	0.08	10.5	1.00
A97	0.50	0.02	0.02	0.02	0.02	0.58	1.6	0.08	10.0	1.00
A98	0.01					0.01	3.1	0.08	5.3	1.00
A99	0.01					0.01	2.6	0.08	14.6	1.00
A100	0.01			0.10		0.11	2.1	0.08	11.3	0.91
A101	0.01					0.01	2.4	0.08	13.9	0.94
A102	0.01				0.10	0.11	2.2	0.08	13.5	0.94

[0098]

[表2-13]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]												
				金属弗化物						金属酸化物						
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF	合計量 [α]	TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	合計量 [β]
B53	比較例		8.0	1.8					1.8	0.12	0.22				0.02	0.36
B54	比較例		8.0	7.1					7.1	0.10	0.40				0.03	0.53
B55	比較例		15.0	7.5			1.5		9.0	0.05	0.30				0.02	0.37
B56	比較例		10.0	2.7					2.7	0.48	0.20				0.05	0.73
B57	比較例		12.0	3.7					3.7	0.18	0.16				0.02	0.36
B58	比較例		10.0	3.7					3.7	0.14	0.55				0.03	0.72
B59	比較例	PFPE油塗布	9.0	4.0					4.0	0.18	0.18				0.38	0.74
B60	比較例		12.0	3.0					3.0	0.06	0.20				0.03	0.29
B61	比較例		10.0	5.7					5.7	0.40	0.50		0.10		0.05	1.05
B62	比較例		8.0	2.5					2.5	0.34	0.40	0.15			0.03	0.92
B63	比較例		10.0	6.2			0.5		6.7	0.18	0.22				0.03	0.43
B64	比較例		8.0	4.6	0.4	0.4	0.2		5.6	0.18	0.34				0.03	0.55
B65	比較例		5.5	3.9	0.2				4.1	0.20	0.32				0.08	0.60
B66	比較例	PFPE油塗布	8.0	4.5					4.5	0.24	0.27	0.16			0.02	0.69
B67	比較例		8.0	4.2					4.2	0.29	0.23				0.02	0.54
B68	比較例		8.0	3.7		0.1	0.1	0.1	4.0	0.15	0.37	0.20			0.03	0.75
B69	比較例		8.0	4.0					4.0	0.14	0.36				0.10	0.60
B70	比較例		8.0	3.5		0.2			3.7	0.23	0.34	0.16	0.10		0.03	0.86
B71	比較例		8.0	4.9					4.9	0.36	0.24				0.05	0.65
B72	比較例		8.0	3.8				0.2	4.0	0.39	0.22				0.04	0.65
B73	比較例		8.0	4.6					4.6	0.28	0.34		0.18		0.04	0.84
B74	比較例		8.0	4.2	0.1	0.1			4.4	0.16	0.24	0.24	0.10		0.02	0.76
B75	比較例	PFPE油塗布	5.5	4.5					4.5	0.20	0.30				0.02	0.52
B76	比較例		8.0	3.9					3.9	0.14	0.34				0.03	0.51
B77	比較例		8.0	3.8		0.1			3.9	0.15	0.28	0.15			0.03	0.61

[0099] [表2-14]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
B53	0.01					0.01	5.3	0.09	5.0	1.00
B54	0.01					0.01		0.09	13.4	1.00
B55	0.01					0.01	3.3	0.09	24.3	0.83
B56	0.01					0.01	3.9	0.09	3.7	1.00
B57	0.01					0.01	3.1	0.09	10.3	1.00
B58	0.01					0.01	3.0	0.09	5.1	1.00
B59	0.01					0.01	2.4	0.09	5.4	1.00
B60	0.01					0.01	3.9	0.09	10.3	1.00
B61	0.01					0.01		0.09	5.4	1.00
B62	0.01					0.01	3.9	0.09	2.7	1.00
B63	0.01					0.01	0.5	0.09	15.6	0.93
B64	0.01					0.01	1.2	0.09	10.2	0.82
B65	0.01					0.01	2.3	0.09	6.8	0.95
B66	0.01					0.01	2.0	0.09	6.5	1.00
B67	0.01					0.01	2.7	0.09	7.8	1.00
B68	0.01					0.01	2.5	0.09	5.3	0.93
B69		0.01				0.01	2.7	0.09	6.7	1.00
B70		0.01				0.01	2.1	0.09	4.3	0.95
B71		0.01				0.01	1.5	0.09	7.5	1.00
B72		0.01				0.01	2.4	0.09	6.2	0.95
B73		0.01				0.01	2.1	0.09	5.5	1.00
B74		0.01				0.01	2.4	0.09	5.8	0.95
B75		0.01				0.01	2.1	0.09	8.7	1.00
B76			0.01			0.01	2.2	0.09	7.6	1.00
B77				0.01		0.01	2.3	0.09	6.4	0.97

[0100]

[表2-15]

ワイヤ番号	区分	備考	充填率（%）	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]												
				金属弗化物					合計量 [α]	金属酸化物						合計量 [β]
				CaF_2	BaF_2	SrF_2	MgF_2	LiF		TiO_2	SiO_2	MgO	Al_2O_3	ZrO_2	CaO	
B78	比較例		8.0	4.4					4.4	0.18	0.30		0.12		0.03	0.63
B79	比較例		8.0	3.6			0.1	0.1	3.8	0.24	0.28				0.02	0.54
B80	比較例		12.0	3.5	3.1				6.6	0.18	0.25	0.18	0.10		0.03	0.74
B81	比較例		8.0	4.0					4.0	0.25	0.36				0.02	0.63
B82	比較例		8.0	3.8			0.2		4.0	0.15	0.40				0.10	0.65
B83	比較例		8.0	4.2					4.2	0.23	0.32		0.08		0.02	0.65
B84	比較例		8.0	4.8					4.8	0.18	0.29	0.24			0.02	0.73
B85	比較例		8.0	4.0	0.1	0.1			4.2	0.22	0.31				0.03	0.56
B86	比較例		8.0	4.1		0.1		0.1	4.3	0.16	0.32		0.08		0.10	0.66
B87	比較例	PFPE油塗布	6.0	4.1	0.1		0.1		4.3	0.16	0.34				0.03	0.53
B88	比較例		10.0	2.6		0.1			2.7	0.18	0.32	0.22			0.03	0.75
B89	比較例		8.0	3.0					3.0	0.18	0.28	0.12			0.03	0.61
B90	比較例		11.0	5.8					5.8	0.18	0.28		0.15		0.02	0.63
B91	比較例		8.0	5.8					5.8	0.18	0.28		0.15		0.02	0.63
B92	比較例		8.0	5.0					5.0	0.10	0.20				0.62	0.92
B93	比較例		8.0	5.5					5.5	0.18	0.28		0.15		0.03	0.64
B94	比較例		8.0	1.8	0.1				1.9	0.18	0.25				0.03	0.46
B95	比較例		8.0	1.7	0.1				1.8	0.18	0.25				0.02	0.45
B96	比較例		14.0	7.0		0.5			7.5	0.18	0.20		0.12		0.02	0.52
B97	比較例		10.0	7.0	0.1		0.1		7.2	0.18	0.20		0.15		0.03	0.56
B98	比較例		10.0	4.8	0.1		0.1		5.0	0.18	0.20		0.15		0.03	0.56
B99	比較例		13.0	5.0	0.1			0.3	5.4	0.15	0.20				0.10	0.45
B100	比較例		10.0	3.5		0.2			3.7	0.15	0.20				0.10	0.45
B101	比較例		10.0	4.9					4.9	0.15	0.20				0.10	0.45
B102	比較例		10.0	3.8				0.2	4.0	0.15	0.20				0.10	0.45
B103	比較例		9.0	2.3				0.2	2.5	0.01	0.11				0.05	0.17

[0101]

[表2-16]

ワイヤ番号	フラックス組成 [ワイヤの全質量に対する質量%]								α/β	CaF_2/α
	金属炭酸塩						鉄粉	アーク安定剤		
	$CaCO_3$	$BaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	Li_2CO_3	合計量				
B78					0.01	0.01	1.7	0.09	7.0	1.00
B79	0.01					0.01	2.4	0.09	7.0	0.95
B80		0.01				0.01	2.7	0.09	8.9	0.53
B81		0.01				0.01	2.2	0.09	6.3	1.00
B82			0.01			0.01	2.4	0.09	6.2	0.95
B83			0.01			0.01	1.8	0.09	6.5	1.00
B84				0.01		0.01	1.8	0.09	6.6	1.00
B85					0.01	0.01	1.7	0.09	7.5	0.95
B86	0.01					0.01	2.5	0.09	6.5	0.95
B87		0.01				0.01	1.5	0.09	8.1	0.95
B88						0.00	5.4	0.09	3.6	0.96
B89						0.00	3.2	0.09	4.9	1.00
B90						0.00	0.4	0.09	9.2	1.00
B91						0.00	1.0	0.09	9.2	1.00
B92						0.00	1.5	0.09	5.4	1.00
B93	0.65				0.01	0.66	1.2	0.09	8.6	1.00
B94						0.00	5.0	0.09	4.1	0.95
B95						0.00	5.2	0.09	4.0	0.94
B96					0.05	0.05	4.3	0.09	14.4	0.93
B97			0.01			0.01	1.5	0.09	12.9	0.97
B98	0.01					0.01	3.2	0.60	8.9	0.96
B99	0.01					0.01	0.3	0.10	12.0	0.93
B100	0.01			0.10		0.11	1.6	0.10	8.2	0.95
B101	0.01					0.01	3.8	0.09	10.9	1.00
B102	0.01				0.10	0.11	3.0	0.09	8.9	0.95
B103	0.01				0.10	0.11	3.0	0.09	14.7	0.92

[0102]

[表3-1]

ワイヤ番号	区分	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A1	実施例	0.015	0.10	0.2	0.007	0.004	0.012	13.0
A2	実施例	0.015	0.10	0.2	0.007	0.004	0.012	14.0
A3	実施例	0.020	0.25	0.5	0.007	0.004	0.012	13.0
A4	実施例	0.020	0.25	0.5	0.007	0.004	0.012	14.0
A5	実施例	0.025	0.30	0.7	0.007	0.004	0.012	13.0
A6	実施例	0.025	0.30	0.7	0.007	0.004	0.012	13.0
A7	実施例	0.003	0.20	0.5	0.006	0.003	0.010	13.0
A8	実施例	0.040	0.20	0.5	0.006	0.003	0.010	13.0
A9	実施例	0.015	0.05	0.5	0.006	0.003	0.012	12.0
A10	実施例	0.015	0.40	0.5	0.006	0.003	0.012	12.0
A11	実施例	0.020	0.15	0.2	0.006	0.003	0.010	13.0
A12	実施例	0.020	0.15	0.8	0.006	0.003	0.010	12.0
A13	実施例	0.025	0.10	0.6	0.006	0.003	0.003	11.0
A14	実施例	0.025	0.10	0.6	0.006	0.003	0.050	11.0
A15	実施例	0.030	0.20	0.5	0.006	0.003	0.012	6.0
A16	実施例	0.030	0.20	0.5	0.006	0.003	0.012	16.0
A17	実施例	0.010	0.10	0.4	0.006	0.003	0.010	11.5
A18	実施例	0.010	0.10	0.4	0.006	0.003	0.010	11.5
A19	実施例	0.015	0.20	0.5	0.006	0.003	0.006	10.0
A20	実施例	0.015	0.20	0.5	0.006	0.003	0.006	10.0
A21	実施例	0.030	0.10	0.4	0.006	0.003	0.008	7.5
A22	実施例	0.030	0.10	0.4	0.006	0.003	0.008	7.5
A23	実施例	0.005	0.15	0.3	0.006	0.003	0.010	14.0
A24	実施例	0.010	0.30	0.3	0.006	0.003	0.010	14.0
A25	実施例	0.010	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	13.0
A26	実施例	0.010	0.15	0.3	0.006	0.003	0.015	7.5
A27	実施例	0.015	0.15	0.3	0.006	0.003	0.015	12.5

[0103]

[表3-2]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A1										0.30	0.38
A2	0.2									0.30	0.40
A3	0.2									0.75	0.44
A4										0.75	0.46
A5										1.00	0.48
A6										1.00	0.48
A7	0.2							0.2		0.70	0.42
A8	0.2									0.70	0.46
A9	0.3				0.10					0.55	0.40
A10			0.2							0.90	0.47
A11		0.2			0.03					0.35	0.42
A12	0.2					0.02		0.2		0.95	0.46
A13	0.2						0.001			0.70	0.40
A14										0.70	0.40
A15	0.2									0.70	0.27
A16					0.02					0.70	0.52
A17	0.5									0.50	0.37
A18		0.5		0.10				0.4		0.50	0.48
A19	0.2		0.5							0.70	0.48
A20	0.1			0.20				0.2		0.70	0.37
A21					0.10					0.50	0.29
A22	0.1		0.3			0.10		0.4		0.50	0.36
A23	0.1	0.2			0.02		0.010			0.45	0.45
A24								0.6		0.60	0.42
A25	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02	0.01	0.002	0.1		0.70	0.46
A26					0.02					0.45	0.25
A27		0.2	0.4							0.45	0.52

[0104]

[表3-3]

ワイヤ番号	区分	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A28	実施例	0.020	0.10	0.8	0.006	0.003	0.030	10.5
A29	実施例	0.020	0.40	0.5	0.006	0.003	0.030	10.5
A30	実施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A31	実施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A32	実施例	0.020	0.15	0.5	0.006	0.003	0.008	10.0
A33	実施例	0.020	0.15	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A34	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	10.0
A35	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A36	実施例	0.010	0.10	0.6	0.006	0.003	0.008	9.0
A37	実施例	0.010	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	9.0
A38	実施例	0.030	0.10	0.6	0.006	0.003	0.008	9.0
A39	実施例	0.030	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	9.0
A40	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A41	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A42	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A43	実施例	0.035	0.30	0.7	0.006	0.003	0.008	14.0
A44	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A45	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A46	実施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A47	実施例	0.020	0.10	0.8	0.006	0.003	0.030	12.5
A48	実施例	0.020	0.40	0.5	0.006	0.003	0.030	10.5
A49	実施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A50	実施例	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	12.8
A51	実施例	0.030	0.11	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A52	実施例	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A53	実施例	0.030	0.12	0.4	0.006	0.004	0.011	13.5

[0105]

[表3-4]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A28	0.2				0.01		0.002			0.90	0.42
A29	0.2				0.01	0.01		0.2		0.90	0.38
A30	0.2		0.1	0.05						0.65	0.45
A31	0.2	0.1	0.1		0.04					0.65	0.46
A32	0.2									0.65	0.36
A33	0.2							0.2		0.65	0.43
A34	0.2				0.01					0.70	0.36
A35	0.2				0.01					0.70	0.44
A36			0.3							0.70	0.41
A37	0.2	0.2			0.01					0.70	0.35
A38	0.2									0.70	0.36
A39			0.1	0.04				0.4		0.70	0.36
A40	0.2			0.03	0.01					0.70	0.44
A41	0.2			0.03	0.01				0.050	0.70	0.44
A42					0.01				0.010	0.70	0.44
A43									0.001	1.00	0.51
A44				0.05	0.01					0.70	0.44
A45	0.2				0.01					0.70	0.44
A46	0.2				0.01					0.70	0.44
A47	0.2				0.01		0.002			0.90	0.47
A48	0.2				0.01	0.01		0.2		0.90	0.38
A49	0.2		0.1	0.05						0.65	0.45
A50					0.02					0.48	0.42
A51					0.02			0.3		0.51	0.43
A52					0.02					0.48	0.43
A53					0.02			0.4		0.52	0.44

[0106]

[表3-5]

ワイヤ番号	区分	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B1	比較例	0.010	0.20	0.3	0.008	0.004	0.012	9.5
B2	比較例	0.010	0.25	0.4	0.008	0.004	0.012	9.5
B3	比較例	0.015	0.25	0.3	0.008	0.004	0.010	13.0
B4	比較例	0.020	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	13.0
B5	比較例	0.020	0.15	0.4	0.008	0.004	0.012	12.5
B6	比較例	0.010	0.10	0.3	0.008	0.004	0.012	12.5
B7	比較例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0
B8	比較例	0.015	0.10	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0
B9	比較例	0.025	0.25	0.3	0.008	0.004	0.012	13.0
B10	比較例	0.025	0.20	0.4	0.008	0.004	0.012	13.0
B11	比較例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	11.5
B12	比較例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	11.5
B13	比較例	0.002	0.20	0.4	0.008	0.004	0.008	13.0
B14	比較例	0.045	0.20	0.4	0.008	0.004	0.008	13.0
B15	比較例	0.015	0.03	0.3	0.008	0.004	0.008	11.5
B16	比較例	0.015	0.48	0.3	0.008	0.004	0.008	11.5
B17	比較例	0.020	0.10	0.1	0.007	0.005	0.008	12.0
B18	比較例	0.020	0.10	0.9	0.007	0.005	0.008	12.0
B19	比較例	0.015	0.20	0.5	0.022	0.004	0.012	9.0
B20	比較例	0.015	0.20	0.5	0.008	0.012	0.012	9.0
B21	比較例	0.020	0.25	0.4	0.007	0.004	0.002	11.5
B22	比較例	0.020	0.25	0.4	0.008	0.004	0.056	11.5
B23	比較例	0.025	0.10	0.6	0.008	0.004	0.012	5.5
B24	比較例	0.025	0.10	0.6	0.008	0.004	0.012	8.0
B25	比較例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.008	8.0
B26	比較例	0.015	0.15	0.5	0.007	0.005	0.008	9.0
B27	比較例	0.020	0.35	0.3	0.007	0.005	0.008	11.5

[0107]

[表3-6]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B1										0.50	0.31
B2										0.65	0.32
B3										0.55	0.40
B4										0.65	0.43
B5	0.2									0.55	0.41
B6										0.40	0.38
B7										0.65	0.45
B8	0.3									0.60	0.45
B9										0.55	0.41
B10	0.2									0.60	0.43
B11	0.3				0.02					0.65	0.39
B12										0.65	0.39
B13	0.2	0.1			0.02					0.60	0.42
B14	0.2									0.60	0.45
B15		0.1	0.2	0.05						0.33	0.43
B16	0.3				0.02		0.003	0.3		0.78	0.37
B17	0.3		0.2							<u>0.20</u>	0.39
B18								0.2		1.00	0.47
B19		0.1			0.05	0.02				0.70	0.35
B20	0.2	0.2		0.10			0.004			0.70	0.38
B21	0.2		0.2					0.2		0.65	0.43
B22	0.1		0.1	0.03	0.02					0.65	0.41
B23				0.04		0.01				0.70	0.27
B24	<u>0.6</u>	0.1					0.003	0.2		0.70	0.35
B25		<u>0.6</u>			0.02					0.65	0.42
B26	0.2		<u>0.6</u>		0.03			0.4		0.65	0.48
B27	0.2	0.1		<u>0.30</u>		0.02				0.65	0.41

[0108]

[表3-7]

ワイヤ番号	区分	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B28	比較例	0.020	0.35	0.3	0.007	0.005	0.008	12.0
B29	比較例	0.025	0.30	0.3	0.007	0.005	0.008	9.5
B30	比較例	0.025	0.30	0.2	0.007	0.005	0.008	13.5
B31	比較例	0.015	0.20	0.2	0.007	0.004	0.012	12.0
B32	比較例	0.015	0.05	0.2	0.007	0.004	0.012	13.5
B33	比較例	0.010	0.30	0.8	0.007	0.004	0.012	10.0
B34	比較例	0.020	0.15	0.2	0.007	0.004	0.012	7.0
B35	比較例	0.020	0.20	0.5	0.008	0.004	0.012	13.0
B36	比較例	0.015	0.05	0.6	0.008	0.004	0.010	7.5
B37	比較例	0.015	0.20	0.4	0.008	0.004	0.010	13.5
B38	比較例	0.056	0.36	0.4	0.011	0.002	0.006	10.6
B39	比較例	0.041	0.12	0.6	0.002	0.008	0.384	10.6
B40	比較例	0.025	0.10	0.6	0.002	0.008	0.030	10.5
B41	比較例	0.035	0.20	0.6	0.002	0.008	0.025	13.5
B42	比較例	0.025	0.25	0.6	0.002	0.008	0.020	11.5
B43	比較例	0.040	0.20	0.6	0.002	0.008	0.027	12.0
B44	比較例	0.022	0.15	0.6	0.002	0.008	0.019	10.2
B45	比較例	0.035	0.25	0.6	0.002	0.008	0.022	9.5
B46	比較例	0.030	0.20	0.6	0.002	0.008	0.034	8.9
B47	比較例	0.030	0.20	0.6	0.002	0.008	0.034	10.5
B48	比較例	0.030	0.20	0.6	0.002	0.008	0.034	16.5
B49	比較例	0.010	0.10	0.3	0.008	0.004	0.012	12.5
B50	比較例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0
B51	比較例	0.015	0.10	0.5	0.008	0.004	0.010	13.5
B52	比較例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
B53	比較例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
B54	比較例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	10.5

[0109]

[表3-8]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分［ワイヤの全質量に対する質量%］									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B28	0.1				0.15			0.3		0.65	0.38
B29	0.3	0.1	0.2			0.15				0.60	0.40
B30				0.05			0.012			0.50	0.41
B31	0.2		0.2		0.02			0.7		0.40	0.41
B32	0.2									0.25	0.39
B33				0.08						1.10	0.41
B34	0.2					0.02				0.35	0.23
B35		0.2	0.3							0.70	0.55
B36	0.2		0.1		0.02		0.004			0.65	0.33
B37		0.1		0.03				0.2		0.60	0.45
B38	0.3				0.01					0.76	0.40
B39	0.4						0.002			0.72	0.41
B40	0.4								0.06	0.70	0.39
B41	0.4									0.80	0.48
B42	0.4									0.85	0.42
B43	0.4									0.80	0.45
B44	0.4									0.75	0.38
B45	0.4									0.85	0.38
B46	0.4									0.80	0.36
B47	0.4									0.80	0.40
B48	0.4									0.80	0.55
B49										0.40	0.38
B50										0.65	0.45
B51	0.3									0.60	0.44
B52	0.2									0.55	0.40
B53	0.2									0.55	0.40
B54	0.2					0.04		0.4	0.02	0.55	0.35

[0110]

[表3-9]

ﾜｲﾔ番号	区分	ﾌｰﾌﾟ材番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A54	実施例	F4	0.010	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	14.5
A55	実施例	F4	0.010	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A56	実施例	F4	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A57	実施例	F4	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	14.5
A58	実施例	F4	0.030	0.10	0.2	0.006	0.004	0.011	13.3
A59	実施例	F4	0.030	0.40	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
A60	実施例	F6	0.003	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	7.8
A61	実施例	F3	0.040	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
A62	実施例	F3	0.015	0.05	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
A63	実施例	F3	0.015	0.40	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
A64	実施例	F3	0.015	0.20	0.2	0.006	0.004	0.011	11.5
A65	実施例	F3	0.015	0.15	0.8	0.006	0.004	0.011	11.5
A66	実施例	F5	0.030	0.18	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
A67	実施例	F5	0.030	0.18	0.5	0.006	0.004	0.003	11.5
A68	実施例	F1	0.030	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	6.0
A69	実施例	F4	0.030	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	16.0
A70	実施例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A71	実施例	F4	0.015	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A72	実施例	F3	0.015	0.20	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
A73	実施例	F4	0.025	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	13.8
A74	実施例	F4	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	13.9
A75	実施例	F4	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	13.6
A76	実施例	F4	0.025	0.30	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A77	実施例	F4	0.025	0.30	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A78	実施例	F2	0.010	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	9.0
A79	実施例	F2	0.010	0.20	0.2	0.006	0.004	0.011	8.3

[0111]

[表3-10]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A54										0.55	0.45
A55										0.55	0.42
A56	0.2									0.45	0.41
A57										0.45	0.44
A58	0.1	0.2		0.02						0.30	0.44
A59			0.1							1.00	0.50
A60	0.2	0.3			0.03					0.70	0.35
A61	0.2									0.60	0.40
A62				0.01			0.004	0.2		0.45	0.37
A63		0.1	0.1							0.70	0.41
A64	0.2		0.2			0.02				0.40	0.39
A65	0.1							0.2		0.95	0.44
A66						0.01		0.4		0.68	0.41
A67		0.2		0.06						0.68	0.45
A68	0.2		0.3	0.05	0.02					0.65	0.35
A69	0.2				0.02		0.004	0.2		0.65	0.52
A70	0.5									0.55	0.43
A71		0.5								0.45	0.50
A72	0.2		0.5		0.01					0.50	0.49
A73	0.1	0.2	0.1	0.20						0.60	0.52
A74	0.2		0.1		0.10					0.55	0.46
A75				0.04		0.10	0.003	0.2		0.55	0.43
A76	0.2						0.010	0.3		0.60	0.42
A77			0.2		0.03			0.6		0.60	0.47
A78	0.2	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.001	0.2		0.70	0.39
A79	0.2									0.40	0.26

[0112]

[表3-11]

ﾜｲﾔ番号	区分	ﾌｰﾌﾟ材番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A80	実施例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
A81	実施例	F3	0.025	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.8
A82	実施例	F3	0.030	0.30	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
A83	実施例	F2	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A84	実施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A85	実施例	F2	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	8.3
A86	実施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A87	実施例	F2	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	8.1
A88	実施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A89	実施例	F2	0.010	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	8.3
A90	実施例	F2	0.010	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A91	実施例	F2	0.030	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	9.0
A92	実施例	F2	0.030	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A93	実施例	F4	0.025	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
A94	実施例	F4	0.020	0.10	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A95	実施例	F4	0.035	0.25	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
A96	実施例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A97	実施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A98	実施例	F3	0.030	0.05	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
A99	実施例	F3	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	12.8
A100	実施例	F3	0.030	0.11	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A101	実施例	F3	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A102	実施例	F3	0.030	0.12	0.4	0.006	0.004	0.011	13.5

[0113]

[表3-12]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分［ワイヤの全質量に対する質量%］									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A80	0.3	0.1	0.2	0.12						0.70	0.52
A81	0.2			0.10	0.02					0.70	0.42
A82		0.1	0.2					0.2		0.90	0.50
A83	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02		0.002			0.70	0.35
A84	0.2									0.55	0.42
A85	0.2		0.2	0.05				0.3		0.70	0.37
A86	0.2				0.02					0.55	0.42
A87	0.2							0.4		0.70	0.31
A88	0.2				0.02		0.002			0.55	0.42
A89		0.1	0.1							0.45	0.32
A90	0.2	0.2				0.01				0.70	0.34
A91	0.2			0.05						0.45	0.31
A92			0.2							0.70	0.37
A93	0.2			0.06	0.02					0.70	0.45
A94					0.02				0.050	0.50	0.42
A95	0.2		0.1						0.010	0.85	0.50
A96	0.1				0.02				0.001	0.55	0.43
A97										0.55	0.42
A98					0.02			0.5		0.45	0.41
A99					0.02					0.48	0.42
A100					0.02			0.3	0.020	0.51	0.43
A101					0.02					0.48	0.43
A102					0.02			0.4		0.52	0.44

[0114]

[表3-13]

ﾜｲﾔ番号	区分	ﾌｰﾌﾟ材番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B53	比較例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B54	比較例	F4	0.025	0.15	0.2	0.006	0.004	0.011	13.3
B55	比較例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B56	比較例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B57	比較例	F4	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B58	比較例	F4	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B59	比較例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B60	比較例	F4	0.010	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B61	比較例	F4	0.025	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B62	比較例	F4	0.025	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B63	比較例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B64	比較例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B65	比較例	F6	0.002	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	7.8
B66	比較例	F3	0.044	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B67	比較例	F3	0.025	0.03	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B68	比較例	F3	0.025	0.46	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B69	比較例	F3	0.020	0.30	0.1	0.006	0.004	0.011	11.5
B70	比較例	F3	0.020	0.10	0.9	0.006	0.004	0.011	11.5
B71	比較例	F3	0.030	0.20	0.6	0.022	0.004	0.011	11.5
B72	比較例	F3	0.030	0.20	0.6	0.006	0.012	0.011	11.5
B73	比較例	F5	0.020	0.20	0.3	0.006	0.004	0.002	11.5
B74	比較例	F5	0.020	0.20	0.3	0.006	0.004	0.056	11.5
B75	比較例	F1	0.015	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	5.5
B76	比較例	F3	0.020	0.25	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B77	比較例	F3	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B78	比較例	F3	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B79	比較例	F3	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5

[0115]

[表3-14]

ﾜｲﾔ番号	ワイヤの合金の化学成分［ワイヤの全質量に対する質量%］									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B53										0.55	0.43
B54					0.02					0.35	0.40
B55				0.04				0.4		0.70	0.45
B56										0.70	0.44
B57	0.2									0.65	0.43
B58					0.02					0.65	0.43
B59								0.2		0.70	0.45
B60	0.2									0.70	0.43
B61	0.2			0.05				0.4		0.65	0.44
B62					0.03					0.65	0.43
B63	0.2									0.70	0.45
B64										0.70	0.45
B65	0.2	0.2			0.02					0.65	0.33
B66			0.2							0.65	0.47
B67	0.2				0.02					0.33	0.36
B68				0.05						0.76	0.39
B69	0.3			0.03						0.40	0.34
B70	0.2					0.02		0.2		1.00	0.46
B71		0.1	0.1		0.02					0.80	0.47
B72	0.2			0.04						0.80	0.43
B73			0.2			0.02	0.003			0.50	0.42
B74		0.1		0.04						0.50	0.39
B75			0.1		0.02			0.2		0.60	0.25
B76	0.6	0.1								0.75	0.42
B77		0.6			0.03					0.65	0.50
B78			0.6		0.02			0.2		0.45	0.51
B79	0.3			0.30			0.003			0.70	0.42

[0116]

[表3-15]

ワイヤ番号	区分	フープ材番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B80	比較例	F3	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B81	比較例	F3	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B82	比較例	F3	0.020	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B83	比較例	F3	0.020	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B84	比較例	F3	0.010	0.05	0.2	0.006	0.004	0.011	11.5
B85	比較例	F3	0.010	0.30	0.8	0.006	0.004	0.011	11.5
B86	比較例	F6	0.005	0.10	0.2	0.006	0.004	0.011	7.8
B87	比較例	F2	0.030	0.20	0.7	0.006	0.004	0.011	8.3
B88	比較例	F2	0.025	0.20	0.6	0.006	0.004	0.011	8.1
B89	比較例	F2	0.015	0.15	0.8	0.006	0.004	0.011	8.3
B90	比較例	F4	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B91	比較例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B92	比較例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B93	比較例	F3	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B94	比較例	F3	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B95	比較例	F3	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B96	比較例	F3	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B97	比較例	F3	0.030	0.15	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
B98	比較例	F3	0.030	0.15	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
B99	比較例	F4	0.030	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	16.5
B100	比較例	F2	0.030	0.30	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
B101	比較例	F1	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
B102	比較例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B103	比較例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5

[0117]

[表3-16]

ワイヤ番号	ワイヤの合金の化学成分 [ワイヤの全質量に対する質量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B80	0.2				0.15					0.70	0.38
B81						0.15		0.4		0.70	0.38
B82	0.1	0.1	0.1				0.012			0.65	0.44
B83				0.05				0.7		0.65	0.40
B84	0.2	0.2			0.03					0.25	0.37
B85			0.1					0.4		1.10	0.47
B86	0.2					0.02				0.30	0.24
B87		0.3	0.4	0.15						0.90	0.53
B88	0.2		0.2				0.002			0.80	0.39
B89	0.2			0.08	0.02					0.95	0.37
B90			0.2					0.3		0.70	0.48
B91		0.1		0.03				0.2	0.055	0.55	0.40
B92				0.03						0.55	0.38
B93		0.1		0.03				0.2		0.70	0.42
B94										0.70	0.40
B95	0.2		0.1					0.1		0.55	0.41
B96					0.02					0.55	0.37
B97	0.1									0.75	0.42
B98	0.1									0.75	0.47
B99	0.1									0.45	0.50
B100		0.1	0.2					0.2		0.90	0.50
B101	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02		0.002			0.70	0.35
B102	0.2									0.55	0.42
B103	0.2									0.55	0.40

[0118]

[表4-1]

ワイヤ番号	区分	溶接条件							
		電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [cm/min]	入熱 [kJ/cm]	予熱温度 [℃]	パス間温度 [℃]	シールドガス	ガス流量 [L/min]
A1	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A2	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A3	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A4	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A5	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A6	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A7	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A8	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A9	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A10	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A11	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A12	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A13	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A14	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A15	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A16	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A17	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A18	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A19	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A20	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A21	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A22	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A23	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A24	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A25	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A26	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0119]

[表4-2]

ワイヤ番号	区分	溶接条件							
		電流[A]	電圧[V]	溶接速度[cm/min]	入熱[kJ/cm]	予熱温度[℃]	パス間温度[℃]	シールドガス	ガス流量[L/min]
A27	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A28	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A29	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A30	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A31	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A32	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%O_2	25
A33	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%O_2	25
A34	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.5%O_2	25
A35	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.5%O_2	25
A36	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A37	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A38	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A39	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A40	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He	25
A41	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A42	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A43	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A44	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A45	実施例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar	25
A46	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A47	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%CO_2	25
A48	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-1.0%O_2	25
A49	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-1.0%CO_2	25
A50	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A51	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A52	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A53	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0120]

[表4-3]

ワイヤ番号	区分	溶接条件							
		電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [cm/min]	入熱 [kJ/cm]	予熱温度 [℃]	パス間温度 [℃]	シールドガス	ガス流量 [L/min]
B1	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B2	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B3	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B4	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B5	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B6	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B7	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B8	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B9	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B10	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B11	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B12	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B13	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B14	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B15	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B16	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B17	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B18	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B19	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B20	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B21	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B22	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B23	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B24	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B25	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B26	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B27	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0121]

[表4-4]

ワイヤ番号	区分	溶接条件							
		電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [cm/min]	入熱 [kJ/cm]	予熱温度 [℃]	パス間温度 [℃]	シールドガス	ガス流量 [L/min]
B28	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B29	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B30	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B31	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B32	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B33	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B34	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B35	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B36	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-2.0%O_2	25
B37	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-2.0%O_2	25
B38	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B39	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B40	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B41	比較例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar	25
B42	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B43	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B44	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B45	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B46	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B47	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B48	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B49	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-2.0%CO_2	25
B50	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-2.0%O_2	25
B51	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-2.0%CO_2	25
B52	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B53	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B54	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0122]

[表4-5]

ワイヤ番号	区分	溶接条件							
		電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [cm/min]	入熱 [kJ/cm]	予熱温度 [℃]	パス間温度 [℃]	シールドガス	ガス流量 [L/min]
A54	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A55	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A56	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A57	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A58	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A59	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A60	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A61	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A62	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A63	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A64	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A65	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A66	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A67	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A68	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A69	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A70	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A71	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A72	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A73	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A74	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A75	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A76	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A77	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A78	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A79	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A80	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A81	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A82	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A83	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%O_2	25
A84	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%O_2	25
A85	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0%O_2	25
A86	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.5%O_2	25
A87	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.5%O_2	25
A88	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.5%O_2	25
A89	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-1.0CO_2	25
A90	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A91	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He	25
A92	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-1.0%O_2	25
A93	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-1.0%CO_2	25
A94	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A95	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A96	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A97	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A98	実施例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar	25
A99	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A100	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A101	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
A102	実施例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0123] [表4-6]

ﾜｲﾔ番号	区分	溶接条件							
		電流[A]	電圧[V]	溶接速度[cm/min]	入熱[kJ/cm]	予熱温度[℃]	パス間温度[℃]	ｼｰﾙﾄﾞｶﾞｽ	ガス流量[L/min]
B53	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B54	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B55	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B56	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B57	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B58	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B59	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B60	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B61	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B62	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B63	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B64	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B65	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B66	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B67	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B68	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B69	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B70	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B71	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B72	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B73	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B74	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B75	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B76	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B77	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B78	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0124]

[表4-7]

ﾜｲﾔ番号	区分	溶接条件							
		電流[A]	電圧[V]	溶接速度[cm/min]	入熱[kJ/cm]	予熱温度[℃]	パス間温度[℃]	ｼｰﾙﾄﾞｶﾞｽ	ガス流量[L/min]
B79	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B80	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B81	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B82	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B83	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B84	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B85	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B86	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B87	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B88	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B89	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-2.0%O_2	25
B90	比較例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar-2.0%O_2	25
B91	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B92	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B93	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B94	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B95	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B96	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B97	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B98	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B99	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25
B100	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar-2.0%CO_2	25
B101	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-2.0%O_2	25
B102	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	He-2.0%CO_2	25
B103	比較例	280	25	30	14.0	無し	150以下	Ar	25

[0125]

[表5-1]

ﾜｲﾔ番号	区分	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃ ｼｬﾙﾋﾟｰ吸収ｴﾈﾙｷﾞｰ[J]	溶接金属中の酸素量[ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量[ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定	備考
A1	実施例	675	721	60	94	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A2	実施例	669	709	61	104	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A3	実施例	687	736	63	97	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A4	実施例	672	725	60	102	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A5	実施例	720	766	52	109	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A6	実施例	719	778	50	89	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A7	実施例	616	662	68	99	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A8	実施例	769	828	54	90	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A9	実施例	682	733	61	96	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A10	実施例	700	745	57	105	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A11	実施例	671	716	63	93	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A12	実施例	706	752	53	93	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A13	実施例	699	740	62	87	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A14	実施例	685	736	59	99	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A15	実施例	626	695	67	104	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A16	実施例	728	793	56	90	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A17	実施例	716	772	58	105	割れ無し	1.4	合格	合格	合格	合格	
A18	実施例	720	786	56	93	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A19	実施例	742	794	59	82	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A20	実施例	724	779	60	94	割れ無し	0.3	合格	合格	合格	合格	
A21	実施例	749	802	55	88	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A22	実施例	726	782	57	97	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A23	実施例	744	791	54	95	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A24	実施例	703	743	61	100	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A25	実施例	727	760	58	106	割れ無し	0.7	合格	合格	合格	合格	

[0126] [表5-2]

ﾜｲﾔ番号	区分	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃ｼｬﾙﾋﾟｰ吸収ｴﾈﾙｷﾞｰ[J]	溶接金属中の酸素量[ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量[ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定	備考
A26	実施例	619	666	68	94	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A27	実施例	772	819	54	90	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A28	実施例	672	719	52	99	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A29	実施例	659	702	54	85	割れ無し	0.7	合格	合格	合格	合格	
A30	実施例	710	744	62	94	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A31	実施例	713	751	60	108	割れ無し	0.9	合格	合格	合格	合格	
A32	実施例	645	698	63	118	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A33	実施例	721	764	59	129	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A34	実施例	697	741	54	153	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A35	実施例	736	787	53	149	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A36	実施例	673	725	65	94	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A37	実施例	669	713	63	89	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A38	実施例	732	783	55	99	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A39	実施例	741	791	58	83	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A40	実施例	722	769	62	95	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A41	実施例	655	752	55	101	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A42	実施例	670	800	58	110	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A43	実施例	785	890	51	96	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A44	実施例	698	768	60	93	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A45	実施例	680	742	55	110	割れ無し	1.4	合格	合格	合格	合格	予熱温度50℃で割れなし
A46	実施例	703	756	65	94	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格	
A47	実施例	720	766	52	85	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A48	実施例	719	778	50	81	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格	
A49	実施例	616	662	68	84	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	
A50	実施例	670	742	84	78	割れ無し	0.8	合格	合格	合格	合格	
A51	実施例	658	752	72	76	割れ無し	0.7	合格	合格	合格	合格	
A52	実施例	663	774	95	72	割れ無し	0.8	合格	合格	合格	合格	
A53	実施例	710	831	79	76	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格	

[0127] [表5-3]

ワイヤ番号	区分	降伏強度 [MPa]	引張強さ [MPa]	-196℃ シャルピー吸収エネルギー [J]	溶接金属中の酸素量 [ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量 [ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定	備考
B1	比較例	アークク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B2	比較例	ヒュームが多量発生し、溶接作業性が悪いため評価せず						—	—	—	不合格	
B3	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B4	比較例	710	753	42	176	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B5	比較例	スラグ剥離が悪いため評価せず						—	—	—	不合格	
B6	比較例	653	706	39	193	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B7	比較例	708	749	59	110	割れ有り	1.9	合格	合格	不合格	不合格	
B8	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B9	比較例	689	735	36	206	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B10	比較例	705	756	46	169	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B11	比較例	アークク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B12	比較例	アークク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B13	比較例	599	642	68	120	—	-	不合格	合格	—	不合格	
B14	比較例	811	864	45	99	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B15	比較例	溶接欠陥発生のため評価せず						—	—	—	不合格	
B16	比較例	718	762	32	103	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B17	比較例	720	769	42	148	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B18	比較例	727	778	46	92	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B19	比較例	708	752	37	100	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B20	比較例	712	755	40	98	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B21	比較例	719	780	43	176	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B22	比較例	715	761	46	105	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B23	比較例	724	771	38	102	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B24	比較例	698	744	42	98	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B25	比較例	726	787	46	109	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B26	比較例	781	821	43	95	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B27	比較例	725	770	45	93	—	-	合格	不合格	—	不合格	

[0128]

［表5-4］

ワイヤ番号	区分	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃シャルピー吸収エネルギー[J]	溶接金属中の酸素量[ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量[ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定	備考
B28	比較例	729	782	41	87	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B29	比較例	737	794	40	96	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B30	比較例	747	807	42	104	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B31	比較例	スパッタ多発のため評価せず						—	—	—	不合格	
B32	比較例	溶接欠陥発生のため評価せず						—	—	—	不合格	
B33	比較例	734	782	35	84	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B34	比較例	605	649	62	107	—	-	不合格	合格	—	不合格	
B35	比較例	820	871	44	100	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B36	比較例	716	769	30	194	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B37	比較例	722	774	33	205	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B38	比較例	863	907	38	98	—	-	不合格	不合格	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B39	比較例	794	843	23	108	—	-	合格	不合格	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B40	比較例	スパッタ多発のため評価せず						—	—	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B41	比較例	755	845	35	158	割れ有り	2.2	合格	不合格	—	不合格	
B42	比較例	スパッタ多発のため評価せず						—	—	—	不合格	
B43	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B44	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B45	比較例	スラグ剥離が悪いため評価せず						—	—	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B46	比較例	スラグ剥離が悪いため評価せず						—	—	—	不合格	アーク不安定、溶接ビード不良
B47	比較例	740	795	42	150	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B48	比較例	580	640	80	98	—	-	不合格	合格	—	不合格	
B49	比較例	715	761	35	175	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B50	比較例	724	771	39	196	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B51	比較例	698	744	37	168	—	-	合格	不合格	—	不合格	
B52	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格	
B53	比較例	スラグ剥離が悪いため評価せず						—	—	—	不合格	
B54	比較例	712	755	24	185	—	—	合格	不合格	—	不合格	

[0129] [表5-5]

ワイヤ番号	区分	降伏強度 [MPa]	引張強さ [MPa]	-196℃ シャルピー吸収エネルギー [J]	溶接金属中の酸素量 [ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量 [ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定
A54	実施例	654	708	93	62	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A55	実施例	652	695	97	51	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A56	実施例	693	730	89	65	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A57	実施例	690	736	92	56	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A58	実施例	751	796	84	55	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A59	実施例	763	802	72	75	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A60	実施例	620	665	95	53	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A61	実施例	757	828	79	59	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A62	実施例	692	744	88	55	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A63	実施例	687	732	85	69	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A64	実施例	706	751	90	65	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A65	実施例	685	736	73	57	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A66	実施例	723	784	84	68	割れ無し	0.9	合格	合格	合格	合格
A67	実施例	729	790	79	63	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A68	実施例	746	796	78	64	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A69	実施例	735	786	80	55	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A70	実施例	722	769	84	54	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A71	実施例	734	777	80	55	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A72	実施例	721	784	77	59	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A73	実施例	719	769	93	42	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A74	実施例	735	782	77	56	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A75	実施例	749	794	88	49	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A76	実施例	723	771	80	64	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A77	実施例	745	789	79	65	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格

[0130] [表5-6]

ワイヤ番号	区分	降伏強度 [MPa]	引張強さ [MPa]	-196℃ シャルピー吸収エネルギー [J]	溶接金属中の酸素量 [ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量 [ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定
A78	実施例	681	720	86	59	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A79	実施例	669	712	94	55	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A80	実施例	701	743	88	64	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A81	実施例	724	764	82	58	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A82	実施例	764	805	78	65	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A83	実施例	712	752	79	68	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A84	実施例	694	735	80	63	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A85	実施例	697	739	84	65	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A86	実施例	695	740	75	75	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A87	実施例	659	722	72	78	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A88	実施例	666	726	73	76	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A89	実施例	659	715	92	54	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A90	実施例	671	724	87	59	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A91	実施例	723	778	76	63	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A92	実施例	729	789	79	60	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A93	実施例	719	760	82	63	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A94	実施例	702	765	79	70	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A95	実施例	775	895	71	65	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A96	実施例	692	798	82	56	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格
A97	実施例	687	745	80	61	割れ無し	0.5	合格	合格	合格	合格
A98	実施例	708	786	78	68	割れ無し	0.4	合格	合格	合格	合格
A99	実施例	670	742	84	78	割れ無し	0.8	合格	合格	合格	合格
A100	実施例	658	752	72	76	割れ無し	0.7	合格	合格	合格	合格
A101	実施例	663	774	95	72	割れ無し	0.8	合格	合格	合格	合格
A102	実施例	710	831	79	76	割れ無し	0.6	合格	合格	合格	合格

[0131]

[表5-7]

ワイヤ番号	区分	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃シャルピー吸収エネルギー[J]	溶接金属中の酸素量[ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量[ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定
B53	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格
B54	比較例	ヒュームが多量発生し、溶接作業性が悪いため評価せず						—	—	—	不合格
B55	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格
B56	比較例	722	775	62	106	—	-	合格	不合格	—	不合格
B57	比較例	スラグ剥離が悪いため評価せず						—	—	—	不合格
B58	比較例	721	769	54	97	—	-	合格	不合格	—	不合格
B59	比較例	758	804	79	62	割れ有り	1.9	合格	合格	不合格	不合格
B60	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格
B61	比較例	727	778	43	68	—	-	合格	不合格	—	不合格
B62	比較例	744	789	64	93	—	-	合格	不合格	—	不合格
B63	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格
B64	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格
B65	比較例	602	640	99	66	—	-	不合格	合格	—	不合格
B66	比較例	816	884	55	72	—	-	合格	不合格	—	不合格
B67	比較例	溶接欠陥発生のため評価せず						—	—	—	不合格
B68	比較例	710	759	37	77	—	-	合格	不合格	—	不合格
B69	比較例	702	746	48	72	—	-	合格	不合格	—	不合格
B70	比較例	713	755	40	69	—	-	合格	不合格	—	不合格
B71	比較例	749	801	29	64	—	-	合格	不合格	—	不合格
B72	比較例	748	795	33	60	—	-	合格	不合格	—	不合格
B73	比較例	716	762	53	79	—	-	合格	不合格	—	不合格
B74	比較例	709	753	66	75	—	-	合格	不合格	—	不合格
B75	比較例	700	746	52	74	—	-	合格	不合格	—	不合格
B76	比較例	726	779	63	70	—	-	合格	不合格	—	不合格
B77	比較例	753	804	65	65	—	-	合格	不合格	—	不合格

[0132]

[表5-8]

ﾜｲﾔ番号	区分	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃ｼｬﾙﾋﾟｰ吸収ｴﾈﾙｷﾞｰ[J]	溶接金属中の酸素量[ppm]	y形溶接割れ試験	拡散性水素量[ml/100g]	引張強さ	靭性	耐低温割れ性	総合判定
B78	比較例	762	818	61	60	—	-	合格	不合格	—	不合格
B79	比較例	751	792	60	63	—	-	合格	不合格	—	不合格
B80	比較例	716	762	44	72	—	-	合格	不合格	—	不合格
B81	比較例	720	756	54	75	—	-	合格	不合格	—	不合格
B82	比較例	726	782	62	76	—	-	合格	不合格	—	不合格
B83	比較例	スパッタ多発のため評価せず						—	—	—	不合格
B84	比較例	溶接欠陥発生のため評価せず						—	—	—	不合格
B85	比較例	671	729	41	74	—	-	合格	不合格	—	不合格
B86	比較例	613	652	106	69	—	-	不合格	合格	—	不合格
B87	比較例	804	858	62	76	—	-	合格	不合格	—	不合格
B88	比較例	751	796	68	88	—	-	合格	不合格	—	不合格
B89	比較例	712	759	61	106	—	-	合格	不合格	—	不合格
B90	比較例	726	778	59	99	—	-	合格	不合格	—	不合格
B91	比較例	675	805	42	65	—	-	合格	不合格	—	不合格
B92	比較例	665	725	39	85	—	-	合格	不合格	—	不合格
B93	比較例	780	905	30	60	—	-	不合格	不合格	—	不合格
B94	比較例	745	705	45	130	—	-	合格	不合格	—	不合格
B95	比較例	710	720	32	123	—	-	合格	不合格	—	不合格
B96	比較例	655	702	42	88	—	-	合格	不合格	—	不合格
B97	比較例	680	720	37	98	—	-	合格	不合格	—	不合格
B98	比較例	680	720	37	98	—	-	合格	不合格	—	不合格
B99	比較例	591	712	32	102	—	-	合格	不合格	—	不合格
B100	比較例	720	780	29	192	—	-	合格	不合格	—	不合格
B101	比較例	712	759	28	185	—	-	合格	不合格	—	不合格
B102	比較例	712	759	29	186	—	-	合格	不合格	—	不合格
B103	比較例	アーク不安定のため評価せず						—	—	—	不合格

[0133]

[表6]

母材番号	板厚[mm]	鋼板の化学成分［質量%］											機械特性		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Mo	N	O	Ceq	降伏強度[MPa]	引張強さ[MPa]	-196℃ｼｬﾙﾋﾟｰ吸収ｴﾈﾙｷﾞｰ[J]
P1	25	0.06	0.2	0.6	0.002	0.001	9.12	0.04	0.01	0.004	0.001	0.40	675	725	178

産業上の利用可能性

[0134] Ｎｉを５．５～９．５％程度含有するＮｉ系低温用鋼の溶接に用いられるフラックス入りワイヤにおいて、Ｎｉ系低温用鋼並みにＮｉ量を低減することで溶接材料コストを大幅に低減し、かつ、溶接施工効率に優れるガスシールドアーク溶接を適用でき、さらにワイヤ内に充填するフラックスの合金成分を低減し、溶接金属の酸素量を低減することで、－１９６℃の低温靭性の優れる溶接金属が得られる。さらに、低温割れを抑制するための予熱作業が不要、または、予熱作業を著しく低減できるフラックス入りワイヤを提供することができ、産業界における価値はきわめて高い。

符号の説明

[0135] １ 鋼板

２ 裏当金

３ 溶接ビード

４ シャルピー衝撃試験片（２ｍｍＶノッチ）

５ ＡＯ号引張り試験片（丸棒）

請求の範囲

［請求項1］ 鋼製外皮の内部にフラックスが充填されたフラックス入りワイヤであって、前記フラックス入りワイヤ中に、

金属弗化物であるCaF_2、BaF_2、SrF_2、MgF_2、及びＬｉＦのうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をαとしたとき、前記αが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で２．０～７．０％であり、

金属酸化物であるＴｉ酸化物、Ｓｉ酸化物、Ｍｇ酸化物、ＡｌＩ酸化物、Ｚｒ酸化物、及びＣａ酸化物のうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計をβとしたとき、前記βが前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２～０．９％であり、

金属炭酸塩である$CaCO_3$、$BaCO_3$、$SrCO_3$、$MgCO_3$、及びLi_2CO_3のうちの１種または２種以上が含有され、その含有量の合計が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．６％未満であり、

前記αに対する前記CaF_2の含有量の比が０．９０以上であり、

前記βに対する前記αの比が３．０以上１５．０以下であり、

前記Ｔｉ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０～０．４％であり、

前記Ｓｉ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２～０．５％であり、

前記Ｃａ酸化物の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２０％未満であり、

前記$CaCO_3$の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．６％未満であり、

前記フラックス中のアーク安定剤の含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０～０．５％であり、

前記フラックス中の鉄粉の含有量が、前記フラックス入りワイヤの

全質量に対する質量％で５％未満であり、

前記金属弗化物、前記金属酸化物、及び前記金属炭酸塩を除く化学成分が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で：

Ｃ：０．００３～０．０４０％；

Ｓｉ：０．０５～０．４０％；

Ｍｎ：０．２～０．８％；

Ａｌ：０．００３～０．０５０％；

Ｎｉ：６．０～１６．０％；

Ｐ：０．０２％以下；

Ｓ：０．０１％以下；

Ｃｕ：０～０．５％；

Ｃｒ：０～０．５％；

Ｍｏ：０～０．５％；

Ｖ：０～０．２％；

Ｔｉ：０～０．１％；

Ｎｂ：０～０．１％；

Ｂ：０～０．０１％；

Ｍｇ：０～０．６％；

ＲＥＭ：０～０．０５００％；

残部：Ｆｅおよび不純物；

からなり、

下記の式ａで定義されるＳＭが０．３～１．０％であり、

下記の式ｂで定義されるＣｅｑが０．２５～０．５２％である

ことを特徴とするフラックス入りワイヤ。

ＳＭ＝［Ｓｉ］＋［Ｍｎ］　・・・（式ａ）

Ｃｅｑ＝［Ｃ］＋１／２４［Ｓｉ］＋１／６［Ｍｎ］＋１／４０［Ｎｉ］＋１／５［Ｃｒ］＋１／４［Ｍｏ］＋１／１４［Ｖ］　・・・（式ｂ）

但し、式ａ及び式ｂの［］付元素は、それぞれの元素の含有量（質量％）を表す。

［請求項2］ Ｎｉを含有する前記鋼製外皮の内部に前記フラックスが充填された前記フラックス入りワイヤであって、前記鋼製外皮の前記Ｎｉの含有量が、前記鋼製外皮の全質量に対する質量％で６～１８％であることを特徴とする請求項１に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項3］ 前記フラックス入りワイヤ中の前記ＲＥＭの含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．０１００％以下であることを特徴とする請求項１または２に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項4］ 前記フラックス入りワイヤ中の前記ＣａＯの含有量が、前記フラックス入りワイヤの全質量に対する質量％で０．２０％未満であることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項5］ 前記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における、日本工業規格ＪＩＳ　Ｚ３１１１－２００５に規定された溶接金属の引張試験において、前記溶接金属の引張強さが６６０～９００ＭＰａであることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項6］ 前記フラックス入りワイヤは、前記鋼製外皮にスリット状の隙間が無いことを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項7］ 前記フラックス入りワイヤは、前記鋼製外皮の表面にパーフルオロポリエーテル油が塗布されていることを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤ。

［請求項8］ 請求項１～７のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤを用いて、シールドガスとして、純Ａｒガス、Ａｒと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガス、純Ｈｅガス、Ｈｅと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガスのいずれか１種を用いて溶接するこ

とを特徴とする溶接方法。

[請求項9] 板厚が６～１００ｍｍであり、

Ｎｉの含有量が５．５～９．５質量％であり、

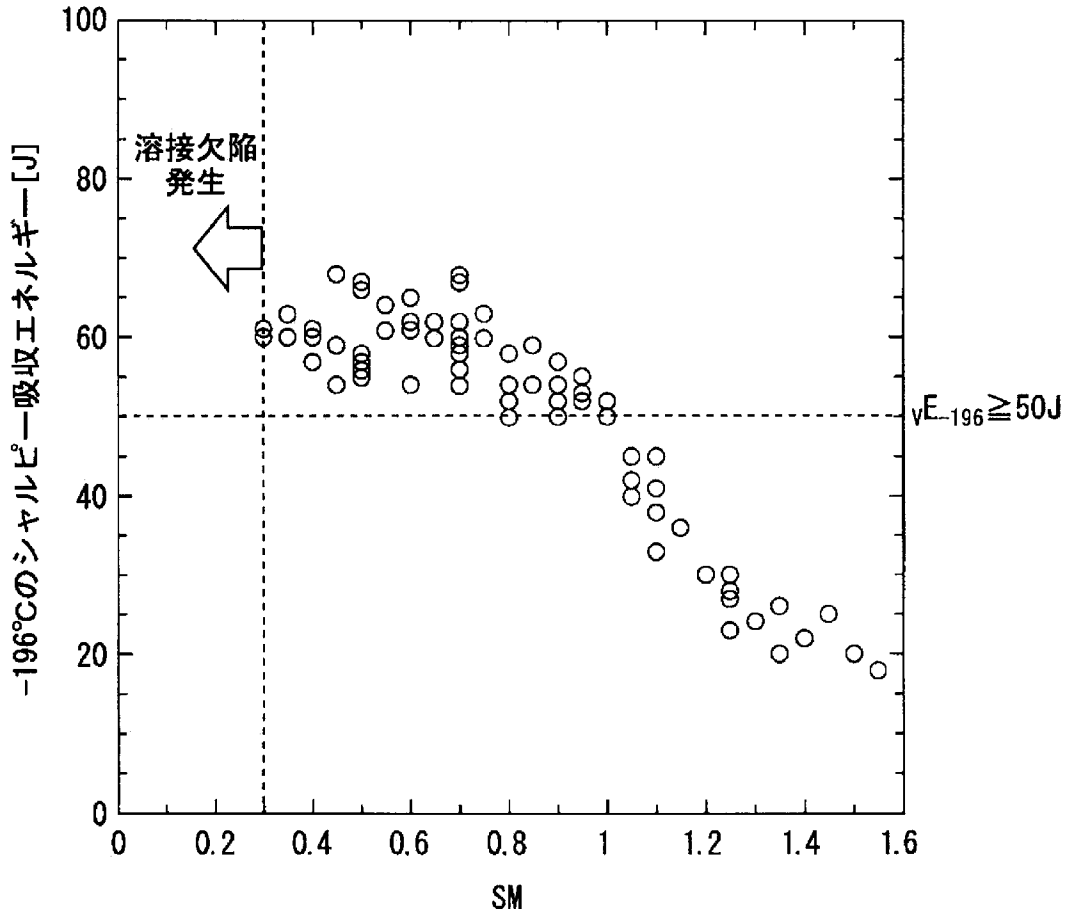
引張強さが６６０～９００ＭＰａである鋼板に対し、

請求項１～７のいずれか１項に記載のフラックス入りワイヤを用いて、

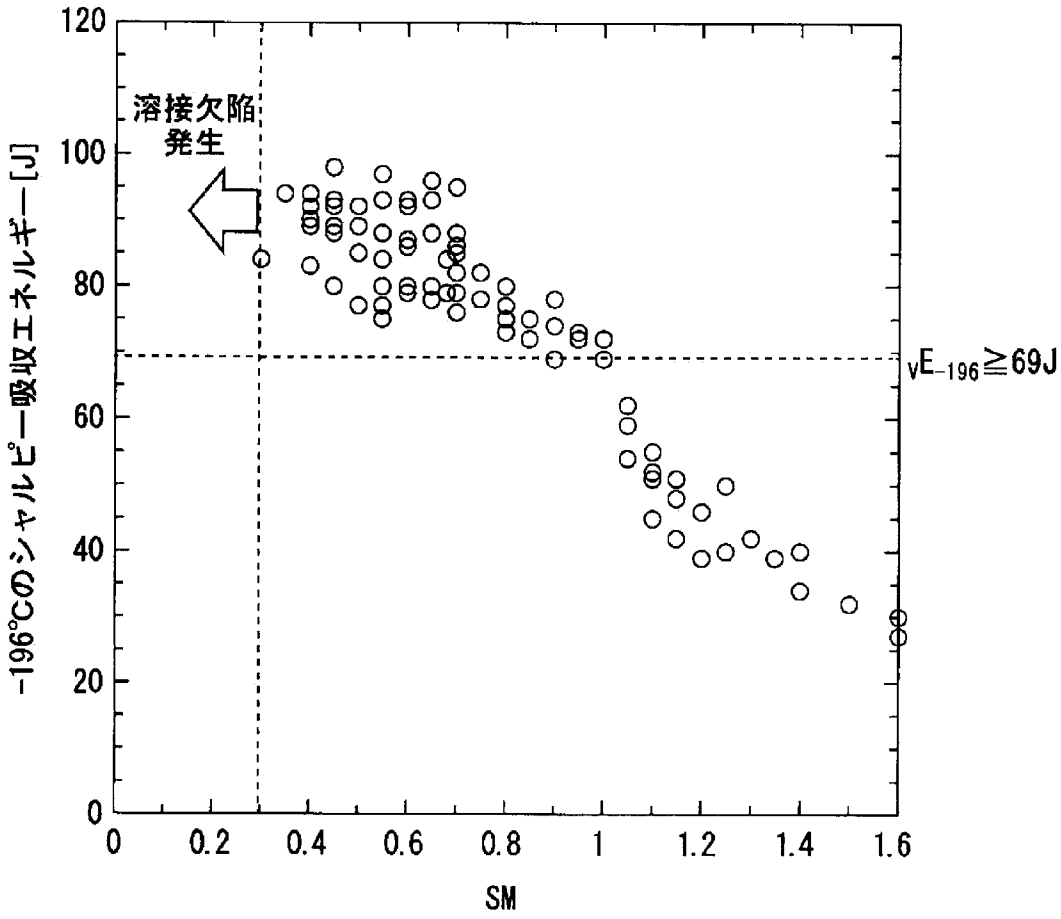
シールドガスとして、純Ａｒガス、Ａｒと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガス、純Ｈｅガス、Ｈｅと１．５体積％以下のO_2またはCO_2との混合ガスのいずれか１種を用いて溶接する

ことを特徴とする溶接継手の製造方法。

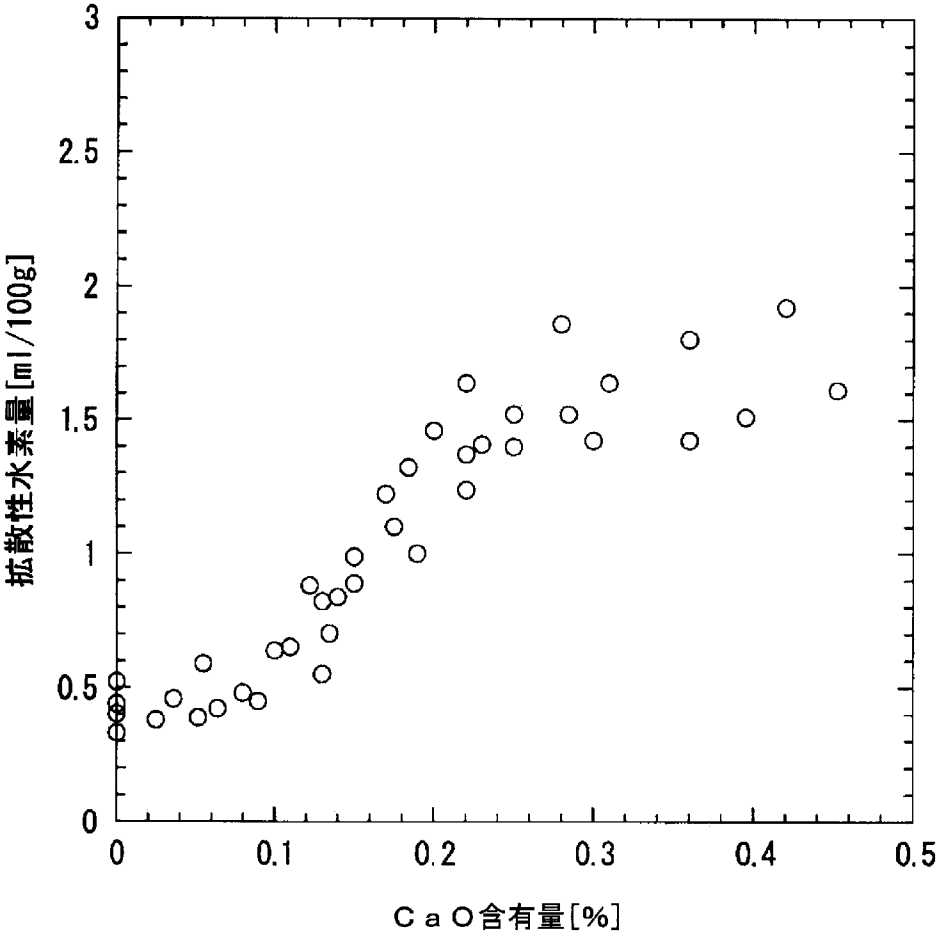
[図1]


100
80
60
40
20
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
溶接欠陥
発生
-196℃のシャルピー吸収エネルギー[J]
SM
vE-196≧50J

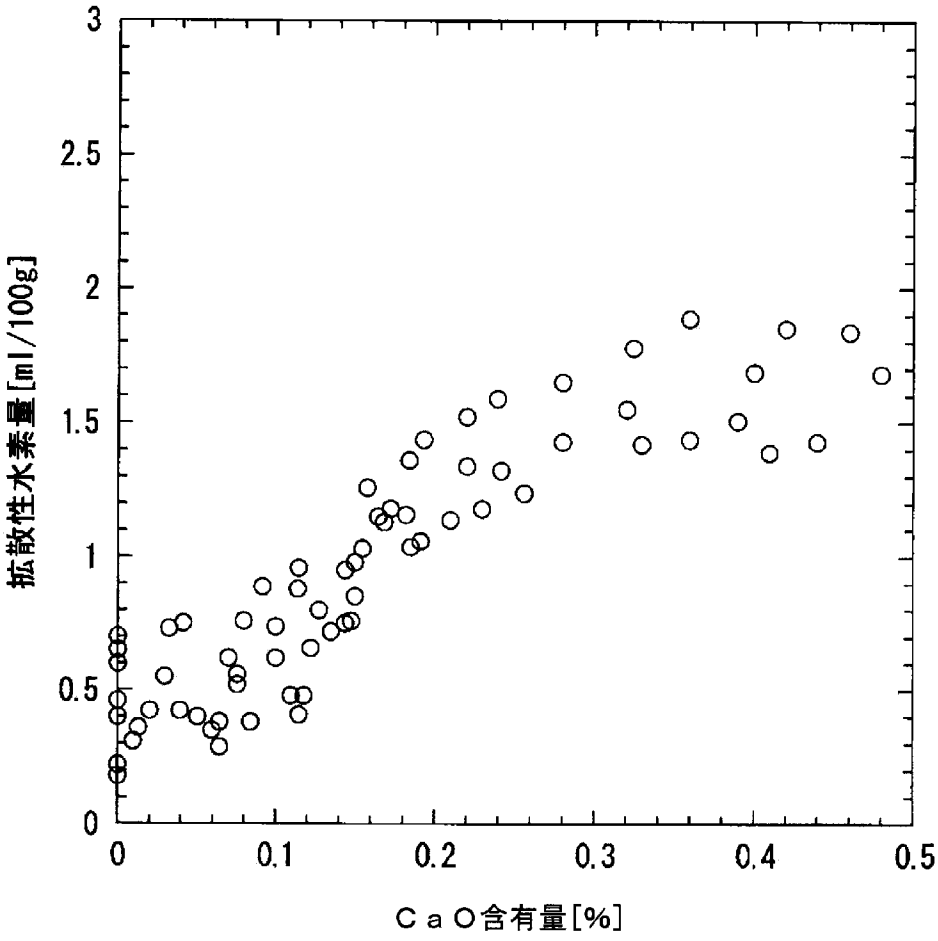
[図2]


溶接欠陥
発生
-196℃のシャルピー吸収エネルギー[J]
SM
vE-196≧69J
120
100
80
60
40
20
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6

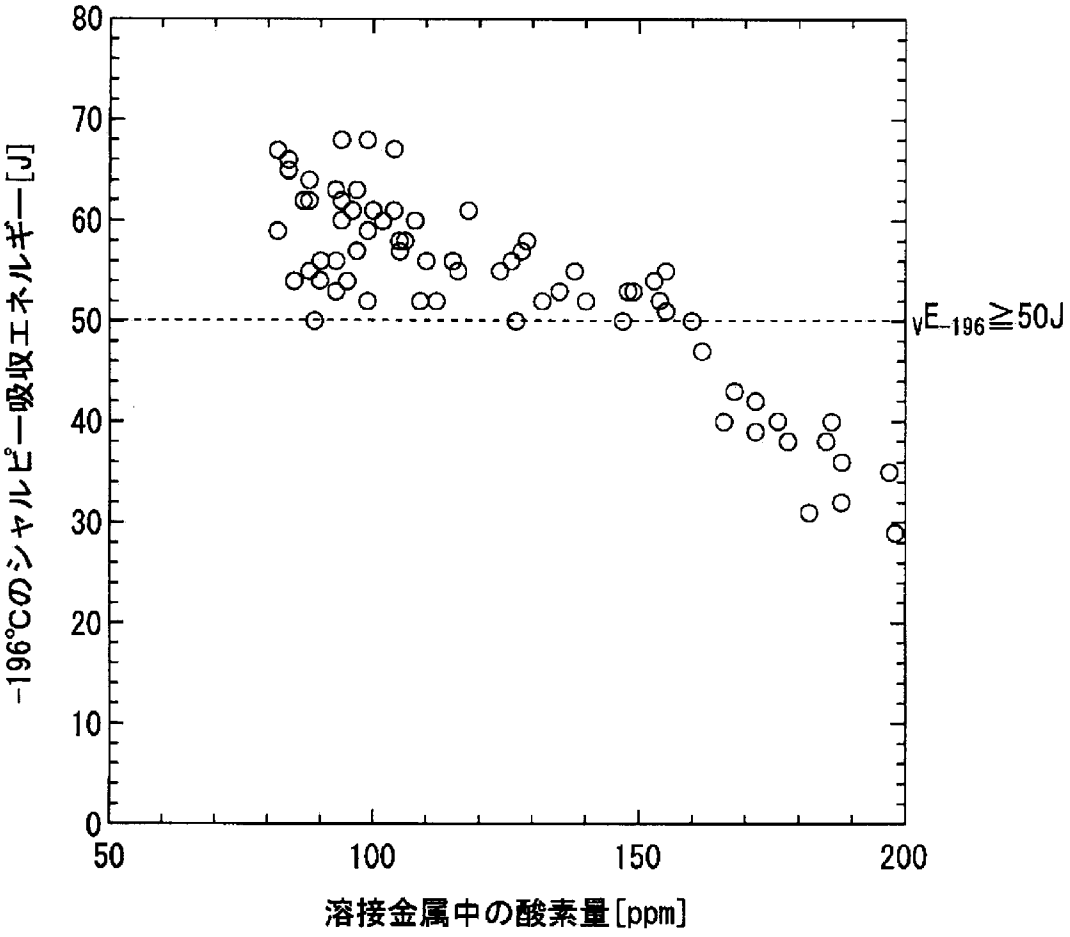
[図3]



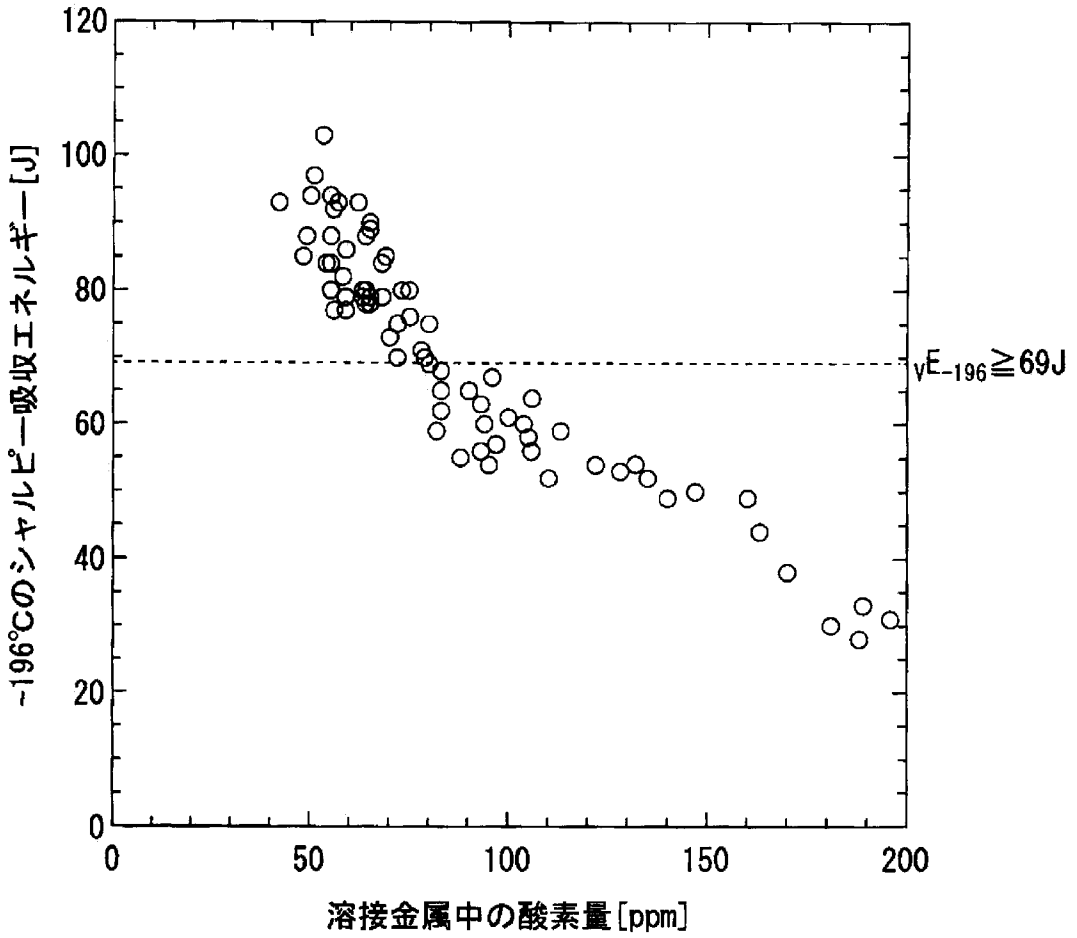
[図4]



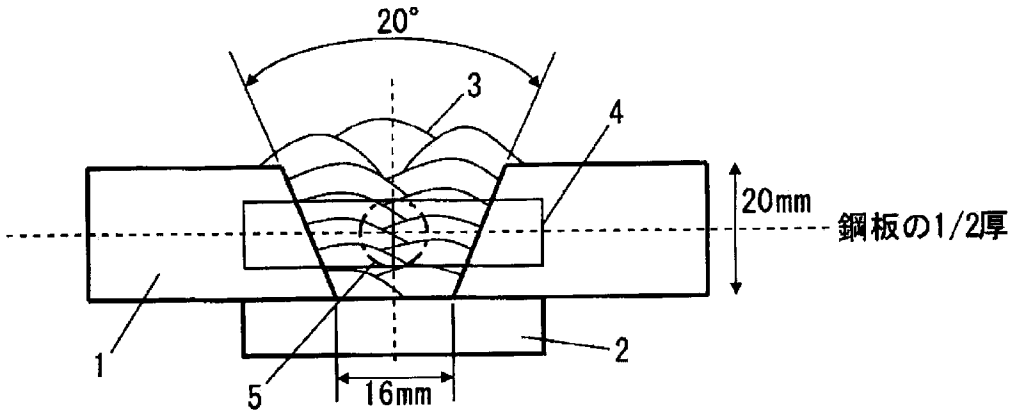
[図5]


80
70
60
50
40
30
20
10
0
50
100
150
200
-196℃のシャルピー吸収エネルギー[J]
溶接金属中の酸素量[ppm]
vE-196≧50J

[図6]


120
100
80
60
40
20
0
0
50
100
150
200
-196℃のシャルピー吸収エネルギー[J]
溶接金属中の酸素量[ppm]
vE-196≧69J

[図7]


20°
3
4
20mm
鋼板の1/2厚
1
2
5
16mm

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/080284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K35/368(2006.01)i, *B23K35/02*(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, B23K35/02, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2001-205483 A (Nippon Steel Welding Products & Engineering Co., Ltd.), 31 July 2001 (31.07.2001), claims; table 1 (Family: none)	1-9
A	JP 9-57488 A (Nippon Steel Corp.), 04 March 1997 (04.03.1997), claims; tables 1 to 4 (Family: none)	1-9
A	JP 9-239587 A (Nippon Steel Welding Products & Engineering Co., Ltd.), 16 September 1997 (16.09.1997), claims; tables 1-1, 1-2 (Family: none)	1-9

☒ 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	Date of mailing of the international search report
17 January, 2014 (17.01.14)	28 January, 2014 (28.01.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/080284

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 50-115141 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 09 September 1975 (09.09.1975), claims; page 3, upper right column (Family: none)	1-9
A	JP 2013-91082 A (Nippon Steel & Sumikin Welding Co., Ltd.), 16 May 2013 (16.05.2013), claims (Family: none)	1-9
E,A	WO 2013/168670 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 14 November 2013 (14.11.2013), claims (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８０２８４

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, B23K35/02(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, B23K35/02, 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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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 2001-205483 A（日鐵溶接工業株式会社）2001.07.31, 特許請求の範囲，表１（ファミリーなし）	1-9
A	JP 9-57488 A（新日本製鐵株式会社）1997.03.04, 特許請求の範囲，表1-表４（ファミリーなし）	1-9
A	JP 9-239587 A（日鐵溶接工業株式会社）1997.09.16, 特許請求の範囲，表1-1，表1-2（ファミリーなし）	1-9

☑　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	国際調査報告の発送日
１７．０１．２０１４	２８．０１．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｋ　４６６３
田口　裕健
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 50-115141 A（住友金属工業株式会社）1975.09.09, 特許請求の範囲，第３頁右上欄（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2013-91082 A（日鐵住金溶接工業株式会社）2013.05.16, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1-9
E,A	WO 2013/168670 A1（新日鐵住金株式会社）2013.11.14, 請求の範囲（ファミリーなし）	1-9