

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7492184号
(P7492184)

(45)発行日 令和6年5月29日(2024.5.29)

(24)登録日 令和6年5月21日(2024.5.21)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 35/30 (2006.01)

B 2 3 K 35/30 3 2 0 C

請求項の数 4 (全20頁)

(21)出願番号	特願2023-570046(P2023-570046)	(73)特許権者	000006655
(86)(22)出願日	令和4年9月30日(2022.9.30)		日本製鉄株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/036863		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
審査請求日	令和5年11月10日(2023.11.10)	(74)代理人	110001519
早期審査対象出願			弁理士法人太陽国際特許事務所
		(72)発明者	松尾 孟
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
			日本製鉄株式会社内
		(72)発明者	加茂 孝浩
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
			日本製鉄株式会社内
		審査官	川村 裕二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ソリッドワイヤ及び溶接継手の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

サブマージアーク溶接用のソリッドワイヤであって、前記ソリッドワイヤの全質量に対する質量％で、前記ソリッドワイヤの化学成分が、

- C : 0 ~ 0 . 6 5 0 %、
- S i : 0 . 0 3 ~ 0 . 5 0 %、
- M n : 4 . 1 ~ 3 0 . 0 %、
- P : 0 ~ 0 . 0 5 0 %、
- S : 0 ~ 0 . 0 5 0 %、
- C u : 0 ~ 5 . 0 %、
- N i : 1 . 0 ~ 3 0 . 0 %、
- C r : 0 ~ 1 0 . 0 %、
- M o : 0 ~ 1 0 . 0 %、
- N b : 0 ~ 1 . 0 0 %、
- V : 0 ~ 1 . 0 0 %、
- C o : 0 ~ 1 . 0 0 %、
- P b : 0 ~ 1 . 0 0 %、
- S n : 0 ~ 1 . 0 0 %、
- A l : 0 ~ 0 . 1 0 %、
- T i : 0 ~ 0 . 1 0 %、

B : 0 ~ 0 . 1 0 0 0 % 、
N : 0 ~ 0 . 5 0 0 % 、
O : 0 ~ 0 . 0 0 5 0 % 、並びに
残部 : F e 及び不純物であり、
かつ前記 M n 含有量及び前記 N i 含有量の合計 (M n + N i) が 5 . 0 % 以上であり、
前記 M n 含有量、前記 N i 含有量及び前記 C r 含有量の合計 (M n + N i + C r) が 1 5 . 0 % 以上であり、
磁気誘導法により求められる f c c 割合が 7 0 % 以上であり、
前記 M n 含有量と前記 N i 含有量との質量比 (N i / M n) が 0 . 6 8 以上であるソリッドワイヤ。

10

【請求項 2】

前記質量比 (N i / M n) が、1 . 0 0 以上である請求項 1 に記載のソリッドワイヤ。

【請求項 3】

前記 T i の含有量が、T i : 0 . 0 0 3 ~ 0 . 1 0 % である請求項 1 に記載のソリッドワイヤ。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載のソリッドワイヤを用いて、鋼材をサブマージアーク溶接する工程を備える溶接継手の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本開示は、ソリッドワイヤ及び溶接継手の製造方法に関する。

【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、石油及び石炭などに比べて二酸化炭素の排出がない水素燃料、並びに二酸化炭素の排出が少ない天然ガスなどの需要が高まっている。それに伴い、船舶や地上などで使用する液体水素タンク、液体炭酸ガスタンクおよび L N G タンク等の建造の需要も世界的に高まっている。液体水素タンク、液体炭酸ガスタンクおよび L N G タンクなどに使用される鋼材には、 -196°C の極低温度での靱性確保の要求から、6 ~ 9 % N i を含む N i 系低温用鋼が使用されている。

30

そして、これら N i 系低温用鋼の溶接には、優れた低温靱性の溶接金属が得られるオーステナイト系のワイヤが用いられている。このワイヤは、主に、N i 含有量が 7 0 % で設計されている。

【0003】

例えば、N i 含有量 7 0 % のワイヤとして、特許文献 1 には、「N i 含有量が 3 5 ~ 7 0 % であり、フラックス中にワイヤ全質量に対して、 TiO_2 、 SiO_2 及び ZrO_2 を総量で 4 . 0 質量% 以上含み、さらに、Mn 酸化物を MnO_2 換算で 0 . 6 ~ 1 . 2 質量% 含み、かつ、 TiO_2 、 SiO_2 、 ZrO_2 及び MnO_2 (換算量) の含有量を質量% で、それぞれ、 $[\text{TiO}_2]$ 、 $[\text{SiO}_2]$ 、 $[\text{ZrO}_2]$ 及び $[\text{MnO}_2]$ としたとき、 $[\text{TiO}_2] / [\text{ZrO}_2]$ が 2 . 3 ~ 3 . 3、 $[\text{SiO}_2] / [\text{ZrO}_2]$ が 0 . 9 ~ 1 . 5、及び、 $([\text{TiO}_2] + [\text{SiO}_2] + [\text{ZrO}_2]) / [\text{MnO}_2]$ が 5 ~ 1 3 である、N i 基合金を外皮とするワイヤ」が開示されている。

40

【0004】

〔特許文献 1〕特開 2 0 0 8 - 2 4 6 5 0 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、溶接金属の低温靱性を確保するための、N i 含有量が 7 0 % で設計されたワイヤは、非常に高価であり、安価なものが求められている。

高価な N i は、オーステナイト安定化元素として知られているが、低廉な M n も同様の

50

効果がある。そのため、N i 含有量を低減し、M n 含有量を高めれば、安価で、低温靱性に優れた溶接金属が得られる。ただし、M n を高めただけでは靱性が劣化し、機械特性が確保できない。

【0006】

そこで、本発明の課題は、安価で、低温靱性に優れた溶接金属が得られるサブマージアーク溶接用のソリッドワイヤ、及び、当該ソリッドワイヤを用いた溶接継手の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

課題を解決するための手段は、次の態様を含む。

<1> サブマージアーク溶接用のソリッドワイヤであって、前記ソリッドワイヤの全質量に対する質量%で、前記ソリッドワイヤの化学成分が、

C : 0~0.650%、

Si : 0.03~0.50%、

Mn : 4.1~30.0%、

P : 0~0.050%、

S : 0~0.050%、

Cu : 0~5.0%、

Ni : 1.0~30.0%、

Cr : 0~10.0%、

Mo : 0~10.0%、

Nb : 0~1.00%、

V : 0~1.00%、

Co : 0~1.00%、

Pb : 0~1.00%、

Sn : 0~1.00%、

Al : 0~0.10%、

Ti : 0~0.10%、

B : 0~0.1000%、

N : 0~0.500%、

O : 0~0.0050%、並びに

残部：Fe 及び不純物であり、

かつ前記Mn含有量及び前記Ni含有量の合計(Mn+Ni)が5.0%以上であり、

前記Mn含有量、前記Ni含有量及び前記Cr含有量の合計(Mn+Ni+Cr)が15.0%以上であり、

磁気誘導法により求められるfcc割合が70%以上であるソリッドワイヤ。

<2> 前記Mn含有量と前記Ni含有量との質量比(Ni/Mn)が、0.10以上である<1>に記載のソリッドワイヤ。

<3> 前記質量比(Ni/Mn)が、1.00以上である<2>に記載のソリッドワイヤ。

<4> 前記Tiの含有量が、Ti : 0.003~0.10%である<1>~<3>のいずれか1項に記載のソリッドワイヤ。

<5> <1>~<4>のいずれか1項に記載のソリッドワイヤを用いて、鋼材をサブマージアーク溶接する工程を備える溶接継手の製造方法。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、安価で、低温靱性に優れた溶接金属が得られるサブマージアーク溶接用のソリッドワイヤ、及び、当該ソリッドワイヤを用いた溶接継手の製造方法が提供できる。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0009】

本開示の一例である実施形態について説明する。

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

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

また、含有量について、「%」は「質量%」を意味する。

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

【0010】

<ソリッドワイヤ>

本開示に係るソリッドワイヤは、ワイヤの化学成分が所定の組成である。

本開示に係るソリッドワイヤは、上記構成により、安価で、低温靱性に優れた溶接金属が得られるサブマージアーク溶接用のワイヤとなる。

そして、本開示に係るソリッドワイヤは、次の知見により見出された。

【0011】

発明者らは、Ni含有量を低減し、Mn含有量を高めても、溶接金属の低温靱性が向上できるサブマージアーク溶接用のワイヤを得る技術について検討した。その結果、次の知見を得た。

低温靱性を確保するには、溶接金属の組織をオーステナイト単相にすることが好ましい。NiとMnはいずれもオーステナイト安定化元素である。ただし、過度にNiを減らしたり、Mnを増やしたりすると、積層欠陥エネルギーが低くなり、靱性が劣化した。そこで、NiおよびMnの含有量を制御することで、積層欠陥エネルギーの低下を防いだ。これにより、ワイヤ全体でのNi含有量を低減し、Mn含有量を高めても、低温靱性に優れた溶接金属が得られた。

以上の知見から、本開示に係るサブマージアーク溶接用のソリッドワイヤは、安価で、低温靱性に優れた溶接金属が得られるワイヤとなることが見出された。

【0012】

以下、本開示に係るソリッドワイヤを構成する要件（任意要件も含む要件）の限定理由について具体的に説明する。

なお、本開示に係るサブマージアーク溶接用のソリッドワイヤは、サブマージアーク溶接によって溶接に供される鋼材の一部やフラックスとともに熔融し、凝固後、溶接金属となる。

【0013】

(ソリッドワイヤの化学成分)

以下、本開示に係るソリッドワイヤの化学成分について説明する。

なお、ソリッドワイヤの化学成分の説明において、「%」は、特に説明がない限り、「ソリッドワイヤの全質量に対する質量%」を意味する。

また、本開示に係るソリッドワイヤが外表面にめっき層を有する場合は、ソリッドワイヤの化学成分はめっき層の化学成分も含まれる。

【0014】

本開示に係るソリッドワイヤの化学成分は、

C : 0～0.650%、

Si : 0.03～0.50%、

Mn : 4.1 ~ 30.0 %、
P : 0 ~ 0.050 %、
S : 0 ~ 0.050 %、
Cu : 0 ~ 5.0 %、
Ni : 1.0 ~ 30.0 %、
Cr : 0 ~ 10.0 %、
Mo : 0 ~ 10.0 %、
Nb : 0 ~ 1.0 %、
V : 0 ~ 1.0 %、
Co : 0 ~ 1.0 %、
Pb : 0 ~ 1.0 %、
Sn : 0 ~ 1.0 %、
Al : 0 ~ 0.10 %、
Ti : 0 ~ 0.10 %、
B : 0 ~ 0.1000 %、
N : 0 ~ 0.500 %、
O : 0 ~ 0.0050 %、並びに

残部 : Fe 及び不純物であり、

かつ前記 Mn 含有量及び前記 Ni 含有量の合計 (Mn + Ni) が 5.0 % 以上であり、
前記 Mn 含有量、前記 Ni 含有量及び前記 Cr 含有量の合計 (Mn + Ni + Cr) が 15.0 % 以上であり、

磁気誘導法により求められる fcc 割合が 70 % 以上である。

【0015】

(C : 0 ~ 0.650 %)

C は、スパッタを発生させる元素である。スパッタ低減には、ワイヤの C 含有量は低ければ低いほど有利である。また、C は、侵入型固溶強化元素でもある。ワイヤの C 含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、スパッタも増大する。

よって、ワイヤの C 含有量は、0 ~ 0.650 % とする。

ただし、ワイヤの C 含有量を 0 % にするには脱 C コストが上がる。また、ワイヤの C 含有量が不足し、溶接金属の強度が不足する懸念がある。よって、ワイヤの C 含有量の下限は、0.003 %、0.005 %、又は 0.008 % としてもよい。

ワイヤの C 含有量の上限は、好ましくは、0.600 %、0.500 %、0.400 %、0.300 %、0.200 %、0.200 % 未満、0.190 %、0.180 %、0.150 %、又は 0.120 % である。

【0016】

(Si : 0.03 ~ 0.50 %)

Si は、脱酸元素である。ワイヤの Si 含有量が低すぎると、ワイヤの P 含有量が増加する。

一方、Si は、オーステナイト相に対する固溶度が低く、Si を多量に含有するほど、高温で金属間化合物、 δ フェライト等の脆化相が生成して高温延性が劣化する。

よって、ワイヤの Si 含有量は、0.03 ~ 0.50 % とする。

ワイヤの Si 含有量の下限は、好ましくは、0.04 %、0.05 %、又は 0.08 % である。

ワイヤの Si 含有量の上限は、好ましくは、0.50 % 未満、0.48 %、0.45 %、0.40 %、0.35 %、0.30 %、又は 0.20 % である。

【0017】

(Mn : 4.1 ~ 30.0 %)

Mn を過剰に添加すると積層欠陥エネルギーが低下し、靱性が劣化する。

一方で、Mn は、オーステナイト安定化元素である。ワイヤの Mn 含有量が低すぎると、溶接金属のオーステナイト化が進行し難くなり、低温靱性が劣化する。

10

20

30

40

50

よって、ワイヤのMn含有量は、4.1～30.0%とする。

ワイヤのMn含有量の下限は、好ましくは、4.2%、5.0%、5.0%超、5.2%、6.0%超、6.2%、7.0%、7.0%超、7.2%、10.0%超、又は10.2%である。

ワイヤのMn含有量の上限は、好ましくは、28.0%、26.0%、25.0%、23.0%、21.0%、20.0%、19.0%、18.0%、16.8%、15.0%、14.8%、又は12.0%である。

【0018】

(P : 0～0.050%)

Pは、不純物元素であり、溶接金属の靱性を低下させるので、ワイヤのP含有量は極力低減させることが好ましい。よって、ワイヤのP含有量の下限は、0%とする。ただし、脱Pコストの低減の観点から、ワイヤのP含有量は、0.003%以上がよい。

一方、ワイヤのP含有量が0.050%以下であれば、Pの靱性への悪影響が許容できる範囲内となる。

よって、ワイヤのP含有量は、0～0.050%とする

溶接金属の靱性の低下を効果的に抑制するために、ワイヤのP含有量は、0.040%以下、0.030%以下、0.020%以下、0.015%以下、又は0.010%以下が好ましい。

【0019】

(S : 0～0.050%)

Sは、不純物元素であり、溶接金属の靱性を低下させるので、ワイヤのS含有量は極力低減させることが好ましい。よって、ワイヤのS含有量の下限は、0%とする。ただし、脱Sコストの低減の観点から、ワイヤのS含有量は、0.003%以上がよい。

一方、ワイヤのS含有量が0.050%以下であれば、Sの靱性への悪影響が許容できる範囲内となる。

よって、ワイヤのS含有量は、0～0.050%とする。

溶接金属の靱性の低下を効果的に抑制するために、ワイヤのS含有量は、0.040%以下、0.030%以下、0.020%以下、0.015%以下、又は0.010%以下が好ましい。

【0020】

(Cu : 0～5.0%)

Cuは、析出強化元素であり、溶接金属の強度向上のため、ワイヤに含有させてもよい。また、Cuは、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靱性向上のため、ワイヤに含有させてもよい。一方、ワイヤのCu含有量が過剰であると、上記の効果が飽和する。また、ワイヤのCu含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。

よって、ワイヤのCu含有量は、0～5.0%とする。

ワイヤのCu含有量の下限は、好ましくは、0.3%、0.5%、又は0.7%である。

ワイヤのCu含有量の上限は、好ましくは、4.5%、4.0%、又は3.5%である。

【0021】

(Ni : 1.0～30.0%)

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

一方、ワイヤのNi含有量を増やすと、ワイヤのコストが高くなる。

よって、ワイヤのNi含有量は、1.0～30.0%とする。

ワイヤのNi含有量の下限は、好ましくは、2.0%、3.0%、3.2%、3.6%、3.7%、4.2%、4.7%、5.0%、5.2%、6.0%超、6.2%、7.0%、8.0%超、又は8.2%である。

ワイヤのNi含有量の上限は、好ましくは、28.0%、26.0%、24.0%、22.0%、20.0%、19.0%、18.0%、15.0%、又は12.0%である。

10

20

30

40

50

【0022】

(Cr: 0~10.0%)

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

一方、ワイヤのCr含有量が過剰であると、ワイヤにマルテンサイト組織が形成され、芯線加工が困難になる。また、ワイヤのCr含有量が過剰であると、溶融金属における低融点化合物の量が増大し、さらに溶融金属の固液共存温度範囲が広がるので、高温割れを起こしやすくなる。

よって、ワイヤのCr含有量は、0~10.0%とする。

ワイヤのCr含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.02%、1.0%、2.0%、又は3.0%である。

10

ワイヤのCr含有量の上限は、好ましくは、9.0%、8.0%、8.0%未満、7.8%、7.0%、6.0%未満、5.8%、又は4.8%である。

【0023】

(Mo: 0~10.0%)

Moは、析出強化元素であり、溶接金属の強度向上のため、ワイヤに含有させてもよい。一方、ワイヤのMo含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、ワイヤのMo含有量が過剰であると、溶接金属の強度が過剰となり、低温靱性が低下する。

よって、ワイヤのMo含有量は、0~10.0%とする。

20

ワイヤのMo含有量の下限は、好ましくは、1.0%、2.0%、又は3.0%である。

ワイヤのMo含有量の上限は、好ましくは、9.0%、8.0%、又は7.0%である。

【0024】

(Nb: 0~1.00%)

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

一方で、ワイヤのNb含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、ワイヤのNb含有量が過剰であると、溶接金属の高温割れが発生する懸念がある。

よって、ワイヤのNb含有量は、0~1.00%とする。

30

ワイヤのNb含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、又は0.2%である。

ワイヤのNb含有量の上限は、好ましくは、0.95%、0.90%、0.85%、又は0.80%である。

【0025】

(V: 0~1.00%)

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

一方で、ワイヤのV含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、ワイヤのV含有量が過剰であると、溶接金属の高温割れが発生する可能性がある。

40

よって、ワイヤのV含有量は、0~1.00%とする。

ワイヤのV含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、又は0.20%である。

ワイヤのV含有量の上限は、好ましくは、0.95%、0.90%、0.85%、又は0.80%である。

【0026】

(Co: 0~1.00%)

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

一方、ワイヤのCo含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる

50

。また、ワイヤのC o含有量が過剰であると、溶接金属の延性が低下し、靱性を確保できない。

よって、ワイヤのC o含有量は、0～1.00%とする。

ワイヤのC o含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、又は0.20%である。

ワイヤのC o含有量の上限は、好ましくは、0.95%、0.90%、0.85%、又は0.80%である。

【0027】

(P b：0～1.00%)

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

一方、ワイヤのP b含有量が過剰であると、アーク状態が劣化しスパッタを増大させる。

よって、ワイヤのP b含有量は、0～1.00%とする。

ワイヤのP b含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、又は0.20%である。

ワイヤのP b含有量の上限は、好ましくは、0.95%、0.90%、0.85%、又は0.80%である。

【0028】

(S n：0～1.00%)

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

一方、ワイヤのS n含有量が過剰であると、溶接金属での割れ発生の懸念がある。

よって、ワイヤのS n含有量は、0～1.00%とする。

ワイヤのS n含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、又は0.20%である。

ワイヤのS n含有量の上限は、好ましくは、0.95%、0.90%、0.85%、又は0.80%である。

【0029】

(A l：0～0.10%)

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

一方、ワイヤのA l含有量が過剰であると、ワイヤ中に粗大介在物が生成され、芯線加工が困難になる。また、ワイヤのA l含有量が過剰であると、A lが溶接金属中で窒化物又は酸化物を形成して、溶接金属の低温靱性が低下する可能性がある。

よって、ワイヤのA l含有量は、0～0.10%とする。

ワイヤのA l含有量の下限は、好ましくは、0.01%、0.02%、又は0.03%である。

ワイヤのA l含有量の上限は、好ましくは、0.09%、0.08%、又は0.07%である。

【0030】

(T i：0～0.10%)

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

一方、ワイヤのT i含有量が過剰であると、ワイヤ中に粗大介在物が生成され、芯線加工が困難になる。また、ワイヤのT i含有量が過剰であると、溶接金属に炭化物が生成し、溶接金属の靱性を劣化させる可能性がある。

よって、ワイヤのT i含有量は、0～0.10%とする。

ワイヤのT i含有量の下限は、好ましくは、0.003%、0.01%、0.02%、又は0.03%である。

ワイヤのT i含有量の上限は、好ましくは、0.09%、0.08%、0.07%、又は0.05%である。

10

20

30

40

50

【0031】

(B : 0 ~ 0.1000%)

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

一方、ワイヤのB含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、ワイヤのB含有量が過剰であると、 $M_{23}(C, B)_6$ が析出し、靱性劣化の原因となる。

よって、ワイヤのB含有量は、0 ~ 0.1000%とする。

ワイヤのB含有量の下限は、好ましくは、0.0005%、0.0010%、又は0.0020%である。

ワイヤのB含有量の上限は、好ましくは、0.0800%、0.0500%、又は0.0100%である。

【0032】

(N : 0 ~ 0.500%)

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

一方、ワイヤのN含有量が過剰であると、ワイヤが硬くなり、芯線加工が困難となる。また、ワイヤのN含有量が過剰であると、ブローの発生が増大し、溶接欠陥の原因となる。

よって、ワイヤのN含有量は、0 ~ 0.500%とする。

ワイヤのN含有量の下限は、好ましくは、0.0001%、0.0002%、又は0.0004%である。

ワイヤのN含有量の上限は、好ましくは、0.400%、0.200%、0.100%、0.050%、又は0.020%である。

【0033】

(O : 0 ~ 0.0050%)

Oは、不純物としてワイヤ中に含有されることがある。しかしながら、Oの含有量が過剰になると、溶接金属における靱性および延性の劣化を招くため、ワイヤのO含有量の上限は、0.0050%以下とする。

ワイヤのO含有量の上限は、好ましくは、0.0040%、又は0.0030%である。

一方、Oの含有量の低減による製造コストの上昇を抑制する観点から、ワイヤのO含有量の下限は、好ましくは、0.0003%、又は0.0005%である。

【0034】

(残部：Fe及び不純物)

ワイヤの化学成分におけるその他の残部成分は、Fe及び不純物である。

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

【0035】

(Mn含有量及びNi含有量の合計(Mn+Ni))

Mn及びNiは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靱性を向上させる。一方、Niは高価な金属であるため、ワイヤのコストを抑えつつ、溶接金属の低温靱性を向上させるには、ワイヤにおけるMn含有量及びNi含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Mn含有量及びNi含有量の合計(Mn+Ni)を5.0%以上とする。

ワイヤにおけるMn含有量及びNi含有量の合計(Mn+Ni)は、好ましくは、5.4%以上、5.6%以上、5.7%以上、6.0%以上、6.2%以上、6.7%以上、6.9%以上、7.0%以上、7.2%以上、10.0%以上、又は15.0%以上である。

【0036】

また、Mnは過剰に添加することで積層欠陥エネルギーを低下させて靱性の低下の原因となる元素である。そのため、ワイヤのコストを抑え、溶接金属の低温靱性を向上させる

10

20

30

40

50

観点から、ワイヤにおけるMn含有量及びNi含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Mn含有量及びNi含有量の合計(Mn+Ni)は、37.0%以下とすることが好ましい。

ワイヤにおけるMn含有量及びNi含有量の合計(Mn+Ni)は、より好ましくは、35.0%以下、32.0%以下、又は30.0%以下である。

【0037】

(Mn含有量、Ni含有量及びCr含有量の合計(Mn+Ni+Cr))

Mn、Ni及びCrは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靱性を向上させる。一方、Niは高価な金属であるため、ワイヤのコストを抑えつつ、溶接金属の低温靱性を向上させるには、ワイヤにおけるMn含有量、Ni含有量及びCr含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Mn含有量、Ni含有量及びCr含有量の合計(Mn+Ni+Cr)を15.0%以上とする。

10

ワイヤにおけるMn含有量、Ni含有量及びCr含有量の合計(Mn+Ni+Cr)は、好ましくは、17.0%以上、19.0%以上、20.0%以上、22.0%以上、24.0%以上、26.0%以上、28.0%以上、又は30.0%以上である。

【0038】

Mnは過剰に添加することで積層欠陥エネルギーを低下させて靱性の低下の原因となる元素である。Crはマルテンサイト組織を形成させる元素であり、ワイヤの芯線加工性に影響を与える。また、Crは溶接金属における低融点化合物の量を増大させる原因となる。そのため、ワイヤのコストを抑え、溶接金属の低温靱性を向上させつつ、芯線加工性を高め、且つ溶接金属における低融点化合物の発生量を低減する観点から、ワイヤにおけるMn含有量、Ni含有量及びCr含有量が各々上記範囲を満たしつつ、Mn含有量、Ni含有量及びCr含有量の合計(Mn+Ni+Cr)は、47.0%以下とすることが好ましい。

20

ワイヤにおけるMn含有量、Ni含有量及びCr含有量の合計(Mn+Ni+Cr)は、より好ましくは、45.0%以下、42.0%以下、又は40.0%以下である。

【0039】

(Mn含有量とNi含有量との質量比(Ni/Mn))

Mn及びNiは、各々、オーステナイト安定化元素であり、溶接金属の低温靱性を向上させる。一方、Niは高価な金属であり、Mnは過剰に添加することで積層欠陥エネルギーを低下させて靱性の低下の原因となる元素である。なお、Niは積層欠陥エネルギーを上げることで、靱性を向上させる。

30

そのため、ワイヤのコストを抑えつつ、溶接金属の低温靱性を向上する観点から、ワイヤにおけるMn含有量とNi含有量との質量比(Ni/Mn)を0.10以上とすることが好ましい。

ワイヤにおけるMn含有量とNi含有量との質量比(Ni/Mn)の下限は、より好ましくは、0.20、0.30、0.50、0.60、0.68、1.00、1.10、又は1.20である。

ワイヤにおけるMn含有量とNi含有量との質量比(Ni/Mn)の上限は、好ましくは、25.00、20.00、15.00、10.00、8.00、又は5.00である。

【0040】

40

(磁気誘導法により求められるfcc割合)

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

【0041】

ワイヤの組織におけるfcc割合は、次の方法で求めることができる。

ワイヤからサンプルを採取し、サンプル表面において、FERITSCOPE(登録商標) FMP30(株式会社フィッシャー・インストルメンツ製)を用い、当該測定器のプロープに株式会社フィッシャー・インストルメンツ製プロープ(FGAB 1.3-F

50

e)を用いて、磁気誘導法によりb c c割合(%)を測定し、測定されたb c c割合の算術平均値を求める。得られたb c c割合の平均値を用いて、以下の式により、ワイヤの組織におけるf c c割合(%)を求める。

$$f\ c\ c\ 割合 = 100 - b\ c\ c\ 割合$$

【0042】

本開示に係るソリッドワイヤは、ワイヤ表面に塗布された潤滑剤をさらに備えてもよい。ワイヤ表面に塗布された潤滑剤は、溶接時のワイヤの送給性を向上させる効果を有する。溶接ワイヤ用の潤滑剤としては、様々な種類のもの(例えばパーム油等の植物油)を使用できるが、溶接欠陥を抑制するためには、Hを含有しないポリテトラフルオロエチレン油(P T F E油)及びパーフルオロポリエーテル油(P F P E油)の一方又は両方を使用することが好ましい。また、上述したように、本開示に係るソリッドワイヤは、ワイヤ表面に形成されためっき層をさらに備えてもよい。この場合、潤滑剤はめっき層の表面に塗布される。

【0043】

(ワイヤ直径)

本開示に係るソリッドワイヤの直径は特に限定されないが、例えば $\phi 1.6 \sim \phi 2.4$ mmである。なお、一般的なソリッドワイヤの直径は $\phi 1.6 \sim \phi 6.4$ mmである。

【0044】

<ソリッドワイヤの製造方法>

次に、本開示に係るソリッドワイヤの製造方法について説明する。

なお、以下に説明する製造方法は一例であり、本開示に係るソリッドワイヤを製造する方法は、以下の方法に限定されるものではない。

【0045】

本開示に係るソリッドワイヤは、通常のソリッド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、まず上述された化学成分を有する鋼を溶解し、その後、必要であれば鍛造加工をする。その後、圧延加工を経て、この鋼を棒状に加工する。この棒状の鋼を伸線することで、ソリッドワイヤが得られる。なお、送給性が損なわれないようにソリッドワイヤに適宜熱処理を行ってもよい。

さらに、このソリッドワイヤの表面にめっき層を形成してもよい。この場合、めっき層の化学成分を含めたソリッドワイヤ全体の平均的な化学成分が上述の範囲内となるようにされる必要がある。また、このソリッドワイヤの表面に潤滑剤を塗布してもよい。

【0046】

<溶接継手の製造方法>

次に、本開示に係る溶接継手の製造方法(溶接方法)について説明する。

本開示に係る溶接継手の製造方法は、上述された本開示に係るソリッドワイヤを用いて、鋼材を、サブマージアーク溶接する工程を備える。

本開示に係るソリッドワイヤは、サブマージアーク溶接によって溶接に供される鋼材の一部やフラックスとともに熔融し、凝固後、溶接金属となる。

本開示に係る溶接継手の製造方法にて製造された溶接継手は、高強度、および高靱性を有する。また、本開示に係る溶接継手の製造方法にて製造された溶接継手を有する溶接構造物も、溶接継手において高強度、および高靱性を有する。

【0047】

サブマージアーク溶接では、溶接線上にあらかじめ顆粒状のフラックスを散布しておき、その中に本開示に係るソリッドワイヤを送り込み、フラックス中においてワイヤと鋼材との間のアークから生じるアーク熱で溶接する、一般的なサブマージアーク溶接機器を適用することができる。サブマージアーク溶接条件は、一般の方法であればよい。

【0048】

本開示に係る溶接継手の製造方法において、溶接継手の母材となる鋼材(被溶接材)の種類は特に限定されないが、例えば、板厚20 mm以上の6%~9%のNiを含むNi系

10

20

30

40

50

低温用鋼を好適に用いることができる。

【0049】

本開示に係る溶接継手の製造方法では、1パスから最終パスのいずれか1つ以上において、本開示に係るソリッドワイヤを用いて鋼材を溶接する工程を備えることがよい。溶接が1パスのみである場合、その1パスにおいて本開示に係るソリッドワイヤが用いられる。

ソリッドワイヤの極性は、溶接金属の拡散性水素量及びスパッタ発生量に及ぼす影響が無視できる程度に小さいので、プラス及びマイナスのいずれであってもよいが、プラスであることが好ましい。

【0050】

本開示に係る溶接継手の製造方法によって得られる溶接継手は、母材となる鋼材と、溶接金属及び溶接熱影響部から構成される溶接部とを備える。本開示に係る溶接継手は、本開示に係るソリッドワイヤを用いて製造されるので、良好なビード形状を有する溶接金属を備える。そのため、本開示に係る溶接継手の製造方法にて製造された溶接継手を有する溶接構造物も、良好なビード形状を有する溶接金属を備える。得られる溶接金属の引張強さは、例えば590～900MPaの高強度とすることが好ましい。

【実施例】

【0051】

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

【0052】

(ソリッドワイヤの製造)

本開示例及び比較例のソリッドワイヤは、以下に説明する方法により製造した。

まず、表1-A～表1-Dに示す化学成分を有する鋼を溶解し、その後鍛造加工を施した。その後、圧延加工を経てこの鋼を棒状に加工し、この棒状の鋼を伸線することで、ソリッドワイヤを得た。このようにして、最終のワイヤ径がφ2.4mmのソリッドワイヤを試作した。

なお、得られたソリッドワイヤの化学成分を分析したところ、表1-A～表1-Dに示す化学成分を有していた。

【0053】

表1-A～表1-Dに示された、ワイヤの化学成分の含有量の単位は、ソリッドワイヤ全質量に対する質量%である。

【0054】

10

20

30

40

50

【表 1 - A】

ワイヤ 番号	区分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Co
1	本開示例	0.051	0.05	18.0	0.011	0.021	3.0	5.0	6.0		0.03	0.06	0.40
2	本開示例	0.004	0.04	20.0	0.029	0.010		1.0	10.0	6.0			
3	本開示例	0.003	0.04	20.0	0.018	0.021		1.0	10.0	9.0	0.09		
4	本開示例	0.010	0.04	20.0	0.019	0.019		1.0	10.0	8.0	0.01		
5	本開示例	0.003	0.04	20.0	0.010	0.008		1.2		4.0	0.08		0.34
6	本開示例	0.010	0.05	8.0	0.022	0.008		10.0	3.0	10.0		0.03	0.17
7	本開示例	0.050	0.20	10.0	0.008	0.004		13.0	7.0	3.0	0.01	0.01	0.02
8	本開示例	0.024	0.17	17.0	0.018	0.024		10.0				0.07	0.18
9	本開示例	0.161	0.19	17.0	0.014	0.029		16.0		6.0	0.09	0.05	0.49
10	本開示例	0.190	0.10	20.0	0.021	0.007		16.0		3.0	0.06		0.16
11	本開示例	0.197	0.45	18.0	0.025	0.006		16.0	5.0	3.0	0.09	0.07	
12	本開示例	0.197	0.15	16.0	0.026	0.017		16.0	7.0	2.0	0.05		0.05
13	本開示例	0.150	0.20	13.0	0.008	0.004		13.0	7.0	3.0	0.01	0.01	0.02
14	本開示例	0.125	0.18	10.0	0.009	0.015		20.0	5.0	4.0			0.02
15	本開示例	0.163	0.17	16.0	0.028	0.021		16.0		3.0			
16	本開示例	0.110	0.09	16.0	0.020	0.030	2.0	19.0					0.02
17	本開示例	0.043	0.05	11.0	0.027	0.022	2.0	20.0		5.0	0.02		
18	本開示例	0.041	0.05	19.0	0.012	0.005	5.0	12.0					
19	本開示例	0.113	0.05	20.0	0.022	0.025	5.0	20.0	10.0	6.0			0.29

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

【表 1 - B】

ワイヤ 番号	区分	Pb	Sn	Al	Ti	B	N	O	Mn+Ni	Mn+Ni +Cr	Ni/Mn	fcc割合 (%)	備考
1	本開示例			0.08	0.07	0.0029	0.494	0.0011	23.0	29.0	0.28	98	
2	本開示例							0.0027	21.0	31.0	0.05	99	
3	本開示例			0.06		0.0038		0.0025	21.0	31.0	0.05	96	塗布
4	本開示例			0.08				0.0020	21.0	31.0	0.05	99	
5	本開示例	0.26		0.02			0.495	0.0010	21.2	21.2	0.06	97	
6	本開示例				0.05		0.286	0.0010	18.0	21.0	1.25	97	塗布
7	本開示例					0.0010	0.015	0.0030	23.0	30.0	1.30	100	
8	本開示例				0.02		0.459	0.0014	27.0	27.0	0.59	100	
9	本開示例			0.03	0.06		0.001	0.0014	33.0	33.0	0.94	100	
10	本開示例			0.03		0.0041	0.061	0.0029	36.0	36.0	0.80	100	
11	本開示例		0.02	0.10	0.01			0.0025	34.0	39.0	0.89	100	塗布
12	本開示例			0.09			0.026	0.0012	32.0	39.0	1.00	96	
13	本開示例					0.0010	0.015	0.0026	26.0	33.0	1.00	96	
14	本開示例	0.39					0.021	0.0019	30.0	35.0	2.00	95	
15	本開示例							0.0014	32.0	32.0	1.00	100	
16	本開示例						0.042	0.0018	35.0	35.0	1.19	100	塗布
17	本開示例		0.35	0.04		0.0010		0.0027	31.0	31.0	1.82	100	
18	本開示例							0.0030	31.0	31.0	0.63	100	
19	本開示例						0.325	0.0020	40.0	50.0	1.00	100	

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

【表 1 - C】

ワイヤ 番号	区分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Co
20	本開示例	0.160	0.05	15.0	0.028	0.022	2.0	16.0	1.0	9.0	0.03		0.47
21	本開示例	0.059	0.05	10.0	0.030	0.027	4.0	20.0	3.0	6.0	0.04		
22	本開示例	0.124	0.04	14.0	0.014	0.011		20.0	7.0	2.0	0.10	0.08	0.04
23	本開示例	0.350	0.20	10.0	0.008	0.004		13.0	1.0	3.0	0.01		0.02
24	本開示例	0.098	0.03	17.0	0.026	0.029		14.0	4.0	8.0	0.00	0.10	0.43
25	本開示例	0.024	0.05	12.0	0.028	0.010	5.0	13.0	2.0	10.0	0.06		0.15
26	本開示例	0.044	0.05	14.0	0.015	0.021	5.0	17.0	7.0		0.00		0.22
27	本開示例	0.188	0.03	17.0	0.028	0.008	2.0	13.0	8.0		0.08	0.08	0.46
28	本開示例	0.400	0.20	10.0	0.007	0.008		13.0	3.0	3.0	0.01		
29	本開示例	0.500	0.20	10.0	0.014	0.027		12.0		3.0		0.04	0.02
30	本開示例	0.650	0.20	10.0	0.022	0.011		13.0	0.5	3.0	0.01		0.02
31	本開示例	0.500	0.03	5.0	0.014	0.027		4.0	7.0				
32	本開示例	0.400	0.20	29.0	0.007	0.008		1.0			0.01		
33	本開示例	0.400	0.20	4.5	0.007	0.008		29.0	7.0	3.0	0.01		
A1	比較例	0.075	0.03	2.0	0.006	0.026		2.0		1.0			
A2	比較例	0.097	0.20	0.5	0.022	0.006	2.0	0.5	0.1		0.35		0.01
A3	比較例	0.058	0.77	32.0	0.021	0.020		1.0	0.4	2.0			0.01
A4	比較例	0.400	0.03	5.0	0.014	0.027		4.0	4.0				

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

【表 1 - D】

ワイヤ 番号	区分	Pb	Sn	Al	Ti	B	N	O	Mn+Ni	Mn+Ni +Cr	Ni/Min	fcc割合 (%)	備考
20	本開示例	0.00		0.00			0.226	0.0025	31.0	32.0	1.07	100	
21	本開示例			0.04				0.0021	30.0	33.0	2.00	100	
22	本開示例	0.17		0.04	0.07		0.001	0.0027	34.0	41.0	1.43	100	
23	本開示例						0.015	0.0030	23.0	24.0	1.30	100	
24	本開示例			0.00	0.05		0.180	0.0021	31.0	35.0	0.82	100	
25	本開示例		0.01	0.07			0.186	0.0024	25.0	27.0	1.08	100	塗布
26	本開示例			0.03			0.434	0.0018	31.0	38.0	1.21	100	
27	本開示例			0.08	0.07		0.009	0.0018	30.0	38.0	0.76	100	
28	本開示例					0.0010		0.0028	23.0	26.0	1.30	100	
29	本開示例			0.01			0.100	0.0006	22.0	22.0	1.20	100	
30	本開示例				0.07		0.015	0.0039	23.0	23.5	1.30	100	
31	本開示例							0.0002	9.0	16.0	0.80	98	
32	本開示例			0.03			0.040	0.0036	30.0	30.0	0.03	100	
33	本開示例						0.040	0.0036	33.5	40.5	6.44	100	
A1	比較例						0.162	0.0010	4.0	4.0	1.00	1	
A2	比較例			0.03	0.03	0.0080	0.016	0.0009	1.0	1.1	1.00	5	塗布
A3	比較例					0.0110	0.008	0.0028	33.0	33.4	0.03	97	
A4	比較例							0.0002	9.0	13.0	0.80	60	

【0058】

表 1 - A ~ 表 1 - D に示されたワイヤの残部（すなわち、表に示された各成分以外の成分）は、鉄及び不純物である。

表 1 - A ~ 表 1 - D に示されたソリッドワイヤのうち、「備考」欄で特に断りが無い限り、潤滑剤は塗布していない。また、「塗布」と記載されたワイヤは潤滑剤が塗布されたワイヤである。

なお、表 1 - A ~ 表 1 - D においては、本開示で規定される範囲から外れる数値に下線を付してある。

また、表 1 - A ~ 表 1 - D において、化学成分の含有量に係る表中の空欄は、その化学

10

20

30

40

50

成分の含有量が有効桁数未満であることを意味する。これらの化学成分が有効桁数未満の含有量で不可避免的に混入されるか生成することもある。

【 0 0 5 9 】

〔評価〕

本開示例及び比較例のソリッドワイヤを用いて、サブマージアーク溶接することにより評価を行った。

具体的には、本開示例及び比較例のソリッドワイヤを、サブマージアーク溶接用フラックスである日鉄溶工製 N I T T E T S U F L U X 1 0 H と組合せて用いてサブマージアーク溶接した。

溶接する鋼板として板厚が 4 0 mm である 9 % N i 鋼 (J I S G 3 1 2 7 : 2 0 1 3 S L 9 N 5 9 0 に準じた鋼板) を用いた。また、評価の際に、溶接電流は全て直流とし、ワイヤの極性は全てプラスとした。

なお、評価する際の溶接条件は表 2 に記載の条件とし、下向で溶接した。図 1 に開先形状と試験片採取位置を示す。

【 0 0 6 0 】

〔表 2〕

電流	電圧	速度	入熱
A	V	mm/min	kJ/mm
360	30	350	1.9

【 0 0 6 1 】

(低温靱性の評価)

本開示例及び比較例のソリッドワイヤを用いて、鋼板をサブマージアーク溶接し、溶接金属の表下 1 mm から衝撃試験片 (ノッチ深さ 2 mm の V ノッチ試験片) を 3 本採取した。

3 本の衝撃試験片に対して、- 1 9 6 ° C で J I S Z 2 2 4 2 : 2 0 0 5 に準拠したシャルピー衝撃試験を実施した。

そして、3 本の衝撃試験片の、- 1 9 6 ° C でのシャルピー吸収エネルギー平均値が 3 4 J 以上である場合を「優」とし、2 7 J 以上 3 4 J 未満である場合を「合格」とし、2 7 J 未満である場合を「不合格」とした。

【 0 0 6 2 】

【表 3】

ワイヤ 番号	区分	低温靱性
1	本開示例	合格
2	本開示例	合格
3	本開示例	合格
4	本開示例	合格
5	本開示例	合格
6	本開示例	優
7	本開示例	優
8	本開示例	合格
9	本開示例	合格
10	本開示例	合格
11	本開示例	合格
12	本開示例	優
13	本開示例	優
14	本開示例	優
15	本開示例	優
16	本開示例	優
17	本開示例	優
18	本開示例	合格
19	本開示例	優
20	本開示例	優
21	本開示例	優
22	本開示例	優
23	本開示例	優
24	本開示例	合格
25	本開示例	優
26	本開示例	優
27	本開示例	合格
28	本開示例	優
29	本開示例	優
30	本開示例	優
31	本開示例	合格
32	本開示例	合格
33	本開示例	優
A1	比較例	不合格
A2	比較例	不合格
A3	比較例	不合格
A4	比較例	不合格

【 0 0 6 3 】

本開示例のサブマージアーク溶接用ソリッドワイヤは、溶接金属低温靱性に優れることがわかる。

一方、比較例は、本開示で規定する要件のいずれかを満たしていなかったため、1つ以上の評価項目において不合格となった。

10

20

30

40

50

【要約】

サブマージアーク溶接用のソリッドワイヤであって、前記ソリッドワイヤの全質量に対する質量%で、前記ソリッドワイヤの化学成分が、C：0～0.650%、Si：0.03～0.50%、Mn：4.1～30.0%、P：0～0.050%、S：0～0.050%、Cu：0～5.0%、Ni：1.0～30.0%、Cr：0～10.0%、Mo：0～10.0%、Nb：0～1.00%、V：0～1.00%、Co：0～1.00%、Pb：0～1.00%、Sn：0～1.00%、Al：0～0.10%、Ti：0～0.10%、B：0～0.1000%、N：0～0.5000%、O：0～0.0050%、並びに残部：Fe及び不純物であり、(Mn+Ni)が5.0%以上であり、(Mn+Ni+Cr)が15.0%以上であり、fcc割合が70%以上であるソリッドワイヤ。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2022/130759 (WO, A1)
 特開2009-50866 (JP, A)
 中国特許出願公開第114227063 (CN, A)
 特表2022-516181 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- B23K 35/00-35/40
 C22C 38/00-38/60