

(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
2021年2月25日(25.02.2021)



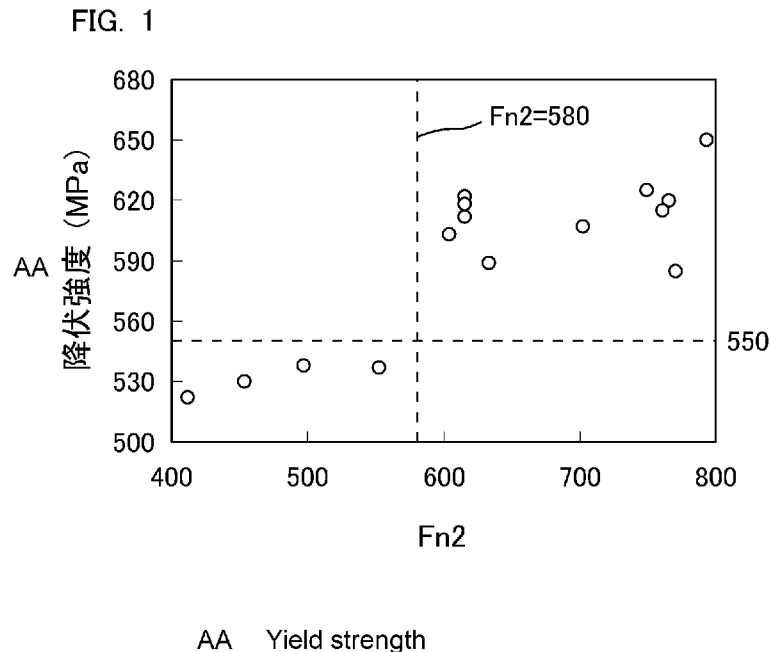
(10) 国際公開番号

WO 2021/033672 A1

- (51) 国際特許分類:
C21D 9/08 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/031050
- (22) 国際出願日: 2020年8月18日(18.08.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-149844 2019年8月19日(19.08.2019) JP
- (71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野口 美紀子 (NOGUCHI, Mikiko); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 富尾 悠索 (TOMIO, Yusaku); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 餅月 俊雄 (MOCHIZUKI, Toshio); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: アセンド特許業務法人 (ASCEND IP LAW FIRM); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島一丁目5番17号 Osaka (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,

(54) Title: DUPLEX STAINLESS STEEL MATERIAL

(54) 発明の名称: 二相ステンレス鋼材



(57) Abstract: Provided is a duplex stainless steel material having high strength, excellent pitting corrosion resistance, and excellent hot workability. A duplex stainless steel material according to the present disclosure has a chemical composition that: contains, in terms of mass%, at most 0.030% of C, 0.20-1.00% of Si, 0.50-7.00% of Mn, at most 0.040% of P, at most 0.0100% of S, at most 0.100% of Al, 4.20-9.00% of Ni, 20.00-28.00% of Cr, 0.50-2.00% of Mo, 1.90-4.00% of Cu, 0.150-0.350% of N, 0.01-1.50% of V, and one or more types selected from the group consisting of 0.0001-0.0200% of Ca and 0.0001-0.0200% of Mg, with the balance consisting of Fe and impurities; and satisfies formulae (1) and (2) indicated



WO 2021/033672 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

in the description. The duplex stainless steel material also has a microstructure comprising 35.0 to less than 50.0 volume% of ferrite, with the balance being austenite, and has a yield strength of 550 MPa or more.

(57) 要約: 高強度と優れた耐孔食性と優れた熱間加工性とを有する二相ステンレス鋼材を提供する。本開示による二相ステンレス鋼材は、質量%で、C: 0.030%以下、Si: 0.20~1.00%、Mn: 0.50~7.00%、P: 0.040%以下、S: 0.0100%以下、Al: 0.100%以下、Ni: 4.20~9.00%、Cr: 20.00~28.00%、Mo: 0.50~2.00%、Cu: 1.90~4.00%、N: 0.150~0.350%、及び、V: 0.01~1.50%と、Ca: 0.0001~0.0200%及びMg: 0.0001~0.0200%からなる群から選択される1種以上とを含有し、残部がFe及び不純物からなり、明細書に記載の式(1)及び(2)を満たす化学組成と、35.0~50.0体積%未満のフェライト、及び、残部がオーステナイトからなるマイクロ組織と、550MPa以上の降伏強度とを有する。

明 細 書

発明の名称：二相ステンレス鋼材

技術分野

[0001] 本開示は、二相ステンレス鋼材に関する。

背景技術

[0002] 油井やガス井（以下、油井及びガス井を総称して、単に「油井」という）は、腐食性ガスを含有した腐食環境となっている場合がある。ここで、腐食性ガスとは、炭酸ガス、及び／又は、硫化水素ガスを意味する。すなわち、油井で用いられる鋼材には、腐食環境における優れた耐食性が求められる。

[0003] これまでに、鋼材の耐食性を高める手法として、クロム（C r）含有量高め、C r酸化物を主体とする不動態被膜を、鋼材の表面に形成する手法が知られている。そのため、優れた耐食性が求められる環境下では、C r含有量を高めた二相ステンレス鋼材が用いられる場合がある。一方、フェライト相とオーステナイト相との二相組織を有する二相ステンレス鋼材は、塩化物を含有する水溶液中で問題となる、孔食及び／又はすきま腐食に対する耐食性（以下、「耐孔食性」という）に優れる。

[0004] 近年さらに、海面下の深井戸についても、開発が活発になってきている。そのため、二相ステンレス鋼材の高強度化が求められてきている。すなわち、高強度と優れた耐孔食性とを両立する二相ステンレス鋼材が、求められてきている。

[0005] 特開平5-132741号公報（特許文献1）、特開平9-195003号公報（特許文献2）、特開2014-043616号公報（特許文献3）、及び、特開2016-003377号公報（特許文献4）は、高強度と優れた耐食性とを有する二相ステンレス鋼を提案する。

[0006] 特許文献1に開示されている二相ステンレス鋼は、重量%で、C：0.03%以下、Si：1.0%以下、Mn：1.5%以下、P：0.040%以下、S：0.008%以下、sol. Al：0.040%以下、Ni：5.

0～9.0%、Cr：23.0～27.0%、Mo：2.0～4.0%、W：1.5超～5.0%、N：0.24～0.32%、残部がFe及び不可避不純物からなる化学組成を有し、PREW(=Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N)が40以上である。この二相ステンレス鋼は、優れた耐食性と高強度とを発揮する、と特許文献1には記載されている。

[0007] 特許文献2に開示されている二相ステンレス鋼は、重量%で、C：0.12%以下、Si：1%以下、Mn：2%以下、Ni：3～12%、Cr：20～35%、Mo：0.5～10%、W：3超～8%、Co：0.01～2%、Cu：0.1～5%、N：0.05～0.5%を含み、残部がFe及び不可避不純物からなる。この二相ステンレス鋼は、強度を低下させることなく、さらに優れた耐食性を備える、と特許文献2には記載されている。

[0008] 特許文献3に開示されている二相ステンレス鋼は、質量%で、C：0.03%以下、Si：0.3%以下、Mn：3.0%以下、P：0.040%以下、S：0.008%以下、Cu：0.2～2.0%、Ni：5.0～6.5%、Cr：23.0～27.0%、Mo：2.5～3.5%、W：1.5～4.0%、N：0.24～0.40%、及び、Al：0.03%以下を含有し、残部はFe及び不純物からなり、 σ 相感受性指数X(=2.2Si+0.5Cu+2.0Ni+Cr+4.2Mo+0.2W)が52.0以下であり、強度指数Y(=Cr+1.5Mo+10N+3.5W)が40.5以上であり、耐孔食性指数PREW(=Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N)が40以上である化学組成を有する。鋼の組織は、圧延方向に平行な厚さ方向断面において、表層から1mm深さまでの厚さ方向に平行な直線を引いた時、該直線に交わるフェライト相とオーステナイト相との境界の数が160以上である。この二相ステンレス鋼は、耐食性を損なうことなく高強度化でき、高加工度の冷間加工を組み合わせることで優れた耐水素脆化特性を発揮する、と特許文献3には記載されている。

[0009] 特許文献4に開示されている二相ステンレス鋼は、質量%で、C：0.03%以下、Si：0.2～1%、Mn：0.5～2.0%、P：0.040

%以下、S：0.010%以下、Sol. Al：0.040%以下、Ni：4～6%未満、Cr：20～25%未満、Mo：2.0～4.0%、N：0.1～0.35%、O：0.003%以下、V：0.05～1.5%、Ca：0.0005～0.02%、B：0.0005～0.02%、残部がFeと不純物である化学組成を有し、金属組織が、フェライト相とオーステナイト相の二相組織にて構成され、シグマ相の析出がなく、かつ、面積率で、金属組織に占めるフェライト相の割合が50%以下であり、300mm²視野中に存在する粒径30μm以上の酸化物個数が15個以下である。この二相ステンレス鋼は、強度、耐孔食性及び低温韌性に優れる、と特許文献4には記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開平5-132741号公報
- 特許文献2：特開平9-195003号公報
- 特許文献3：特開2014-043616号公報
- 特許文献4：特開2016-003377号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 上述のとおり、近年、従来よりも高強度を有し、優れた耐孔食性を示す二相ステンレス鋼材が要求されつつある。具体的に、550MPa以上の降伏強度を有し、かつ、優れた耐孔食性を示す二相ステンレス鋼材が求められつつある。そのため、上記特許文献1～4に開示された技術以外の他の技術によって、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性とを有する、二相ステンレス鋼材が得られてもよい。
- [0012] 二相ステンレス鋼材ではさらに、製造時に熱間圧延や熱間押出等の熱間加工が実施される場合がある。そのため、二相ステンレス鋼材には、高強度と優れた耐孔食性に加えて、優れた熱間加工性も求められる。しかしながら、

上記特許文献1～4では、熱間加工性について、検討がされていない。

[0013] 本開示の目的は、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性とを有する、二相ステンレス鋼材を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本開示による二相ステンレス鋼材は、

質量%で、

C : 0.030%以下、

Si : 0.20～1.00%、

Mn : 0.50～7.00%、

P : 0.040%以下、

S : 0.0100%以下、

Al : 0.100%以下、

Ni : 4.20～9.00%、

Cr : 20.00～28.00%、

Mo : 0.50～2.00%、

Cu : 1.90～4.00%、

N : 0.150～0.350%、

V : 0.01～1.50%、

Nb : 0～0.100%、

Ta : 0～0.100%、

Ti : 0～0.100%、

Zr : 0～0.100%、

Hf : 0～0.100%、

B : 0～0.0200%、及び、

希土類元素 : 0～0.200%を含有し、

Ca : 0.0001～0.0200%、及び、

Mg : 0.0001～0.0200%からなる群から選択される1種以上の元素を含有し、

残部がFe及び不純物からなり、
式(1)及び(2)を満たす化学組成と、
体積率で35.0～50.0%未満のフェライト、及び、残部がオーステナイトからなるミクロ組織と、
550MPa以上の降伏強度とを有する。

$$4.50 \leq Mn + Cu \leq 9.50 \quad (1)$$

$$13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N \geq 580 \quad (2)$$

ここで、式(1)及び(2)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

発明の効果

[0015] 本開示による二相ステンレス鋼材は、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性とを有する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本実施例におけるFn2の値と、鋼材の降伏強度(MPa)との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明者らは、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性とを有する二相ステンレス鋼材について、調査及び検討を行った。その結果、本発明者らは次の知見を得た。

[0018] まず、本発明者らは、質量%で、C:0.030%以下、Si:0.20～1.00%、Mn:0.50～7.00%、P:0.040%以下、S:0.0100%以下、Al:0.100%以下、Ni:4.20～9.00%、Cr:20.00～28.00%、Mo:0.50～2.00%、Cu:1.90～4.00%、N:0.150～0.350%、V:0.01～1.50%、Nb:0～0.100%、Ta:0～0.100%、Ti:0～0.100%、Zr:0～0.100%、Hf:0～0.100%、B:0～0.0200%、及び、希土類元素:0～0.200%を含有し、Ca

: 0.0001~0.0200%、及び、Mg : 0.0001~0.0200%からなる群から選択される1種以上を含有し、残部がFe及び不純物からなる化学組成を有する二相ステンレス鋼材であれば、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性とを有する二相ステンレス鋼材が得られる可能性があると考えた。

[0019] 上述のとおり、二相ステンレス鋼材は、耐孔食性が優れるという特徴を有する。ここで、上述の化学組成を有する二相ステンレス鋼材のミクロ組織は、フェライト及びオーステナイトからなる。なお、本明細書において「フェライト及びオーステナイトからなる」とは、フェライト及びオーステナイト以外の相が、無視できるほど少ないことを意味する。

[0020] まず、ミクロ組織がフェライト及びオーステナイトからなる、上述の化学組成を有する二相ステンレス鋼材では、フェライトとオーステナイトとの体積率を適切に制御することで、耐孔食性が高まることを、本発明者らは知見した。具体的に、本発明者らは、フェライトの体積率を35.0~50.0%未満にすることで、二相ステンレス鋼材の耐孔食性が高まることを知見した。そこで、本実施形態による二相ステンレス鋼材のミクロ組織は、体積率で35.0~50.0%未満のフェライト、及び、残部がオーステナイトからなることとする。

[0021] このように、上述の化学組成とミクロ組織とを有する本実施形態による二相ステンレス鋼材では、オーステナイトの体積率をフェライトの体積率以上とする。一方、オーステナイトはフェライトよりも強度が低い。すなわち、上述の化学組成とミクロ組織とを有する二相ステンレス鋼材では、強度が低いオーステナイトの方が、強度が高いフェライトよりも多く含まれているため、鋼材全体としての強度が低くなりやすい。そこで本発明者らは、上述の化学組成とミクロ組織とを有する二相ステンレス鋼材において、強度を高める手法を種々検討した。その結果、本発明者らは次の知見を得た。

[0022] 二相ステンレス鋼材の降伏強度を高める化学組成として、本発明者らは最初に、マンガン(Mn)及び銅(Cu)に着目した。Mnは鋼材に固溶して

、鋼材の降伏強度を高める。また、Cuは鋼材中に微細なCu析出物として析出して、鋼材の降伏強度を高める。すなわち、Mn含有量及びCu含有量を高めれば、鋼材の降伏強度が高まるのではないかと本発明者らは考えた。

[0023] ここで、 $F_{n1} = Mn + Cu$ と定義する。 F_{n1} を高めれば、鋼材の降伏強度が高まる。しかしながら、上述の化学組成とマイクロ組織とを有する二相ステンレス鋼材では、 F_{n1} が高すぎれば、鋼材の降伏強度は高まるものの、鋼材の熱間加工性が低下することが明らかになった。そこで本実施形態による二相ステンレス鋼材は、次の式(1)を満たす。その結果、本実施形態の二相ステンレス鋼材は、本実施形態のその他の構成を満たすことを条件に、高い降伏強度と、優れた熱間加工性とを両立することができる。

$$4.50 \leq Mn + Cu \leq 9.50 \quad (1)$$

ここで、式(1)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0024] 一方、上述の化学組成とマイクロ組織とを有し、式(1)を満たす二相ステンレス鋼材であっても、550MPa以上の降伏強度を安定して得られない場合があった。そこで、次に本発明者らは、上述の F_{n1} を調整する以外の方法によって、上述の化学組成とマイクロ組織とを有する二相ステンレス鋼材の降伏強度を高めることについて、詳細に調査及び検討を行った。その結果、本発明者らは次の知見を得た。

[0025] 上述のとおり、オーステナイトを多く含む本実施形態による二相ステンレス鋼材は、オーステナイトの特性により、鋼材全体の降伏強度が低くなりやすい。すなわち、オーステナイトの強度を高めることができれば、二相ステンレス鋼材の降伏強度を高めることができる。具体的に、オーステナイトの強度を高める手法として、本発明者らは、固溶窒素(N)量に着目した。Nは鋼材中に固溶して、鋼材の強度を高める。すなわち、Nをオーステナイトに選択的に固溶させることができれば、オーステナイトの強度を選択的に高めることができ、その結果、二相ステンレス鋼材の降伏強度を高められる可能性がある。

[0026] 以上の知見を考慮して、上述の化学組成とマイクロ組織とを有し、式（１）を満たす二相ステンレス鋼材では、化学組成がさらに次の式（２）を満たせば、二相ステンレス鋼材の降伏強度を高められることを、本発明者らは見出した。

$$13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N \geq 580 \quad (2)$$

ここで、式（２）中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量％で代入される。

[0027] $F_{n2} = 13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N$ と定義する。図１は、本実施例における F_{n2} の値と、鋼材の降伏強度（MPa）との関係を示す図である。図１は、後述する実施例のうち、上述の化学組成とマイクロ組織とを有し、式（１）を満たす実施例について、 F_{n2} の値と、降伏強度（MPa）とを用いて作成した。なお、降伏強度は後述の方法で求めた。

[0028] 図１を参照して、 F_{n2} と降伏強度との関係において、 $F_{n2} = 580$ 近傍には変曲点が存在する。そして、 F_{n2} が580以上になれば、降伏強度が顕著に高まることが確認できる。したがって、本実施形態による二相ステンレス鋼材は、上述の化学組成と、体積率で35.0～50.0%未満のフェライト及び残部がオーステナイトからなるマイクロ組織とを有し、 F_{n1} が4.50～9.50であり、さらに、 F_{n2} を580以上とする。その結果、本実施形態による二相ステンレス鋼材は、550MPa以上の高い降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性を有する。

[0029] 以上の知見に基づいて完成した本実施形態による二相ステンレス鋼材の要旨は、次のとおりである。

[0030] [1]

質量％で、

C : 0.030%以下、

Si : 0.20～1.00%、

Mn : 0.50~7.00%、
P : 0.040%以下、
S : 0.0100%以下、
Al : 0.100%以下、
Ni : 4.20~9.00%、
Cr : 20.00~28.00%、
Mo : 0.50~2.00%、
Cu : 1.90~4.00%、
N : 0.150~0.350%、
V : 0.01~1.50%、
Nb : 0~0.100%、
Ta : 0~0.100%、
Ti : 0~0.100%、
Zr : 0~0.100%、
Hf : 0~0.100%、
B : 0~0.0200%、及び、
希土類元素 : 0~0.200%を含有し、
Ca : 0.0001~0.0200%、及び、
Mg : 0.0001~0.0200%からなる群から選択される1種以上
の元素を含有し、
残部がFe及び不純物からなり、
式(1)及び(2)を満たす化学組成と、
体積率で35.0~50.0%未満のフェライト、及び、残部がオーステ
ナイトからなるミクロ組織と、
550MPa以上の降伏強度とを有する、
二相ステンレス鋼材。
$$4.50 \leq \text{Mn} + \text{Cu} \leq 9.50 \quad (1)$$
$$13 \times \text{Cr} - 19 \times \text{Ni} + 21 \times \text{Mo} - 17 \times \text{Cu} + 63 \times \text{Mn} + 8 \times \text{S}$$

$$i + 984 \times N \geq 580 \quad (2)$$

ここで、式(1)及び(2)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0031] [2]

[1]に記載の二相ステンレス鋼材であって、
前記化学組成は、
Nb : 0.001~0.100%、
Ta : 0.001~0.100%、
Ti : 0.001~0.100%、
Zr : 0.001~0.100%、及び、
Hf : 0.001~0.100%からなる群から選択される1種以上の元素を含有する、
二相ステンレス鋼材。

[0032] [3]

[1]又は[2]に記載の二相ステンレス鋼材であって、
前記化学組成は、
B : 0.0005~0.0200%、及び、
希土類元素 : 0.001~0.200%からなる群から選択される1種以上の元素を含有する、
二相ステンレス鋼材。

[0033] 以下、本実施形態による二相ステンレス鋼材について詳述する。なお、元素に関する「%」は、特に断りがない限り、質量%を意味する。

[0034] [化学組成]

本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成は、次の元素を含有する。

[0035] C : 0.030%以下

炭素(C)は不可避に含有される。すなわち、C含有量の下限は0%超である。C含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であつ

ても、Cが結晶粒界にCr炭化物を形成し、粒界での腐食感受性を高める。その結果、鋼材の耐孔食性が低下する。したがって、C含有量は0.030%以下である。C含有量の好ましい上限は0.028%であり、より好ましくは0.025%である。C含有量はなるべく低い方が好ましい。しかしながら、C含有量の極端な低減は、製造コストを大幅に高める。したがって、工業生産を考慮した場合、C含有量の好ましい下限は0.001%であり、より好ましくは0.005%である。

[0036] Si : 0.20~1.00%

ケイ素(Si)は、鋼を脱酸する。Si含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Si含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の低温靱性及び熱間加工性が低下する。したがって、Si含有量は0.20~1.00%である。Si含有量の好ましい下限は0.25%であり、より好ましくは0.30%である。Si含有量の好ましい上限は0.80%であり、より好ましくは0.60%である。

[0037] Mn : 0.50~7.00%

マンガン(Mn)は、鋼を脱酸し、鋼を脱硫する。Mnはさらに、鋼材に固溶して、鋼材の強度を高める。Mnはさらに、鋼材の熱間加工性を高める。Mn含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Mn含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、MnがP及びS等の不純物とともに粒界に偏析して、高温環境における鋼材の耐食性が低下する。したがって、Mn含有量は0.50~7.00%である。Mn含有量の好ましい下限は0.75%であり、より好ましくは0.90%であり、さらに好ましくは1.75%であり、さらに好ましくは2.00%であり、さらに好ましくは2.20%である。Mn含有量の好ましい上限は6.50%であり、より好ましくは6.20%である。

[0038] P : 0.040%以下

燐（P）は不純物である。すなわち、P含有量の下限は0%超である。P含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、Pが粒界に偏析して、鋼材の低温靱性が低下する。したがって、P含有量は0.040%以下である。P含有量の好ましい上限は0.035%であり、より好ましくは0.030%である。P含有量はなるべく低い方が好ましい。ただし、P含有量の極端な低減は、製造コストを大幅に高める。したがって、工業生産を考慮した場合、P含有量の好ましい下限は0.001%であり、より好ましくは0.003%である。

[0039] S : 0.0100%以下

硫黄（S）は不純物である。すなわち、S含有量の下限は0%超である。S含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、Sが粒界に偏析して、鋼材の低温靱性及び熱間加工性が低下する。したがって、S含有量は0.0100%以下である。S含有量の好ましい上限は0.0085%であり、より好ましくは0.0030%である。S含有量はなるべく低い方が好ましい。ただし、S含有量の過剰な低減は、製鋼工程の精錬コストを大幅に高める。したがって、工業生産を考慮した場合、S含有量の好ましい下限は0.0001%であり、より好ましくは0.0002%である。

[0040] Al : 0.100%以下

アルミニウム（Al）は不可避に含有される。すなわち、Al含有量の下限は0%超である。Alは、鋼を脱酸する。一方、Al含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、粗大な酸化物系介在物が生成して、鋼材の低温靱性が低下する。したがって、Al含有量は0.100%以下である。Al含有量の好ましい下限は0.001%であり、より好ましくは0.005%であり、さらに好ましくは0.010%である。Al含有量の好ましい上限は0.090%であり、より好ましくは0.085%である。なお、本明細書にいうAl含有量は、「酸可溶Al」、つまり、sol. Alの含有量を意味する。

[0041] Ni : 4.20 ~ 9.00%

ニッケル (Ni) は、鋼材のオーステナイト組織を安定化させる。すなわち、Ni は安定したフェライト及びオーステナイトからなるミクロ組織を得るために必要な元素である。Ni はさらに、高温環境における鋼材の耐食性を高める。Ni 含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Ni 含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、オーステナイトの体積率が高くなりすぎ、鋼材の強度が低下する。したがって、Ni 含有量は 4.20 ~ 9.00% である。Ni 含有量の好ましい下限は 4.30% であり、より好ましくは 4.35% であり、さらに好ましくは 4.40% であり、さらに好ましくは 4.50% であり、さらに好ましくは 4.60% である。Ni 含有量の好ましい上限は 8.50% であり、より好ましくは 8.00% であり、さらに好ましくは 7.50% であり、さらに好ましくは 7.00% であり、さらに好ましくは 6.75% である。

[0042] Cr : 20.00 ~ 28.00%

クロム (Cr) は、高温環境における鋼材の耐食性を高める。具体的に、Cr は酸化物として鋼材の表面に不動態被膜を形成し、鋼材の耐食性を高める。Cr はさらに、鋼材のフェライト組織の体積率を高める。十分なフェライト組織を得ることで、鋼材の耐食性が安定化する。Cr 含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Cr 含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の熱間加工性が低下する。したがって、Cr 含有量は 20.00 ~ 28.00% である。Cr 含有量の好ましい下限は 20.50% であり、より好ましくは 21.00% であり、さらに好ましくは 21.50% である。Cr 含有量の好ましい上限は 27.50% であり、より好ましくは 27.00% であり、さらに好ましくは 26.50% である。

[0043] Mo : 0.50 ~ 2.00%

モリブデン (Mo) は、高温環境における鋼材の耐食性を高める。Mo 含

有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Mo含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の熱間加工性が低下する。したがって、Mo含有量は0.50~2.00%である。Mo含有量の好ましい下限は0.60%であり、より好ましくは0.70%であり、さらに好ましくは0.80%である。Mo含有量の好ましい上限は2.00%未満であり、より好ましくは1.85%であり、さらに好ましくは1.50%である。

[0044] Cu : 1.90~4.00%

銅 (Cu) は、析出強化により、鋼材の強度を高める。Cuはさらに、高温環境での鋼材の耐食性を高める。Cu含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、Cu含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の熱間加工性が低下する。したがって、Cu含有量は1.90~4.00%である。Cu含有量の好ましい下限は2.00%であり、より好ましくは2.00%超であり、さらに好ましくは2.10%であり、さらに好ましくは2.20%であり、さらに好ましくは2.50%である。Cu含有量の好ましい上限は3.90%であり、より好ましくは3.75%であり、さらに好ましくは3.50%である。

[0045] N : 0.150~0.350%

窒素 (N) は、鋼材のオーステナイト組織を安定化する。すなわち、Nは安定したフェライト及びオーステナイトからなるミクロ組織を得るために必要な元素である。Nはさらに、鋼材の耐食性を高める。N含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、N含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の靱性及び熱間加工性が低下する。したがって、N含有量は0.150~0.350%である。N含有量の好ましい下限は0.170%であり、より好ましくは0.180%であり、さらに好ましくは0.200%である。N含有量の好ましい上限は、0.340%であり、より好

ましくは0.330%である。

[0046] V : 0.01~1.50%

バナジウム (V) は炭窒化物を形成し、鋼材の強度を高める。V含有量が低すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。一方、V含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、V含有量は0.01~1.50%である。V含有量の好ましい下限は0.02%であり、より好ましくは0.03%であり、さらに好ましくは0.05%である。V含有量の好ましい上限は1.20%であり、より好ましくは1.00%である。

[0047] 本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成は、Ca、及び、Mgからなる群から選択される1種以上の元素を含有する。すなわち、本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成は、Ca、及び、Mgのうち、少なくとも一方を含有してもよく、両方含有してもよい。言い換えると、Ca、及び、Mgのいずれか一方は、含有されなくてもよい。要するに、Ca、及び、Mgのいずれか一方は、その含有量が0%であってもよい。これらの元素はいずれも、鋼材の熱間加工性を高める。

[0048] Ca : 0.0001~0.0200%

カルシウム (Ca) は鋼材中のSを硫化物として固定することで無害化し、鋼材の熱間加工性を高める。一方、Ca含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材中の酸化物が粗大化して、鋼材の靱性が低下する。したがって、含有される場合、Ca含有量は0.0001~0.0200%である。上記効果をより有効に得るための、Ca含有量の好ましい下限は0.0003%であり、より好ましくは0.0005%であり、さらに好ましくは0.0008%であり、さらに好ましくは0.0010%である。Ca含有量の好ましい上限は0.0180%であり、より好ましくは0.0150%である。

[0049] Mg : 0.0001~0.0200%

マグネシウム (Mg) は鋼材中のSを硫化物として固定することで無害化し、鋼材の熱間加工性を高める。一方、Mg含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材中の酸化物が粗大化して、鋼材の靱性が低下する。したがって、含有される場合、Mg含有量は0.0001~0.0200%である。上記効果をより有効に得るための、Mg含有量の好ましい下限は0.0003%であり、より好ましくは0.0005%であり、さらに好ましくは0.0008%であり、さらに好ましくは0.0010%である。Mg含有量の好ましい上限は0.0180%であり、より好ましくは0.0150%である。

[0050] 本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成の残部は、Fe及び不純物からなる。ここで、化学組成における不純物とは、二相ステンレス鋼材を工業的に製造する際に、原料としての鉱石、スクラップ、又は製造環境などから混入されるものであって、本実施形態による二相ステンレス鋼材に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。

[0051] なお、不純物としては、様々な元素が挙げられる。不純物は1種であってもよく、2種以上であってもよい。不純物は、たとえば、Co、W、Sb、及び、Sn等である。これらの元素は、不純物として、たとえば、次の含有量となる場合があり得る。

Co : 0.30%以下、W : 0.30%以下、Sb : 0.30%以下、及び、Sn : 0.30%以下。

[0052] [任意元素について]

上述の二相ステンレス鋼材の化学組成はさらに、Feの一部に代えて、Nb、Ta、Ti、Zr、及び、Hfからなる群から選択される1種以上の元素を含有してもよい。これらの元素はいずれも任意元素であり、鋼材の強度を高める。

[0053] Nb : 0~0.100%

ニオブ (Nb) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、Nb含有量は0%であってもよい。含有される場合、Nbは炭窒化物を形成し

、鋼材の強度を高める。Nbが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、Nb含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、Nb含有量は0～0.100%である。Nb含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.001%であり、さらに好ましくは0.002%である。Nb含有量の好ましい上限は0.080%であり、より好ましくは0.070%である。

[0054] Ta : 0～0.100%

タンタル (Ta) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、Ta含有量は0%であってもよい。含有される場合、Taは炭窒化物を形成し、鋼材の強度を高める。Taが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、Ta含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、Ta含有量は0～0.100%である。Ta含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.001%であり、さらに好ましくは0.002%であり、さらに好ましくは0.003%である。Ta含有量の好ましい上限は0.080%であり、より好ましくは0.070%である。

[0055] Ti : 0～0.100%

チタン (Ti) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、Ti含有量は0%であってもよい。含有される場合、Tiは炭窒化物を形成し、鋼材の強度を高める。Tiが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、Ti含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、Ti含有量は0～0.100%である。Ti含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.001%であり、さらに好ましくは0.002%である。Ti含有量の好ましい上限は0.080%であり、より好ましくは0.070%である。

[0056] Zr : 0 ~ 0.100%

ジルコニウム (Zr) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、Zr含有量は0%であってもよい。含有される場合、Zrは炭窒化物を形成し、鋼材の強度を高める。Zrが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、Zr含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、Zr含有量は0~0.100%である。Zr含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.001%であり、さらに好ましくは0.002%であり、さらに好ましくは0.003%である。Zr含有量の好ましい上限は0.080%であり、より好ましくは0.070%である。

[0057] Hf : 0 ~ 0.100%

ハフニウム (Hf) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、Hf含有量は0%であってもよい。含有される場合、Hfは炭窒化物を形成し、鋼材の強度を高める。Hfが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、Hf含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。したがって、Hf含有量は0~0.100%である。Hf含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.001%であり、さらに好ましくは0.002%である。Hf含有量の好ましい上限は0.080%であり、より好ましくは0.070%である。

[0058] 上述の二相ステンレス鋼材の化学組成はさらに、Feの一部に代えて、B、及び、希土類元素からなる群から選択される1種以上の元素を含有してもよい。これらの元素はいずれも任意元素であり、鋼材の熱間加工性を高める。

[0059] B : 0 ~ 0.0200%

ホウ素 (B) は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、B含有量は0%であってもよい。含有される場合、Bは鋼材中のSの粒界への偏

析を抑制し、鋼材の熱間加工性を高める。Bが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、B含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、ボロン窒化物（BN）が生成し、鋼材の低温靱性を低下させる。したがって、B含有量は0～0.0200%である。B含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.0005%であり、さらに好ましくは0.0010%であり、さらに好ましくは0.0015%であり、さらに好ましくは0.0020%である。B含有量の好ましい上限は0.0180%であり、より好ましくは0.0150%であり、さらに好ましくは0.0100%である。

[0060] 希土類元素：0～0.200%

希土類元素（REM）は任意元素であり、含有されなくてもよい。すなわち、REM含有量は0%であってもよい。含有される場合、REMは鋼材中のSを硫化物として固定することで無害化し、鋼材の熱間加工性を高める。REMが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。しかしながら、REM含有量が高すぎれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材中の酸化物が粗大化して、鋼材の靱性が低下する。したがって、REM含有量は0～0.200%である。REM含有量の好ましい下限は0%超であり、より好ましくは0.005%であり、さらに好ましくは0.010%である。REM含有量の好ましい上限は0.180%であり、より好ましくは0.150%であり、さらに好ましくは0.120%であり、さらに好ましくは0.100%である。

[0061] なお、本明細書におけるREMとは、原子番号21番のスキャンジウム（Sc）、原子番号39番のイットリウム（Y）、及び、ランタノイドである原子番号57番のランタン（La）～原子番号71番のルテチウム（Lu）からなる群から選択される1種以上の元素である。また、本明細書におけるREM含有量とは、これら元素の合計含有量である。

[0062] [式（1）について]

本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成はさらに、次の式（1）

を満たす。

$$4.50 \leq Mn + Cu \leq 9.50 \quad (1)$$

ここで、式(1)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0063] F_{n1} ($=Mn + Cu$) は、二相ステンレス鋼材の強度と熱間加工性に関する指標である。 F_{n1} が低すぎれば、他の構成が本実施形態の範囲内であっても、550MPa以上の降伏強度が得られない。一方、 F_{n1} が高すぎれば、他の構成が本実施形態の範囲内であっても、二相ステンレス鋼材の熱間加工性が低下する。そこで本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成では、 F_{n1} を4.50~9.50とする。その結果、本実施形態の他の構成を満たすことを条件に、二相ステンレス鋼材は、降伏強度と熱間加工性とを両立することができる。

[0064] F_{n1} の好ましい下限は4.55であり、より好ましくは4.60であり、さらに好ましくは4.70であり、さらに好ましくは5.00である。 F_{n1} の好ましい上限は9.20であり、より好ましくは9.00であり、さらに好ましくは8.70であり、さらに好ましくは8.50である。

[0065] [式(2)について]

本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成はさらに、次の式(2)を満たす。

$$13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N \geq 580 \quad (2)$$

ここで、式(2)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0066] F_{n2} ($=13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N$) は、フェライトとオーステナイトにおけるNの分布状態を示す指標である。 F_{n2} が低すぎれば、他の構成が本実施形態の範囲内であっても、Nがフェライトに多く分布して、オーステナイト中の固溶N量が低下する。その結果、二相ステンレス鋼材の降伏強度が低下する

。そこで本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成では、F n 2 を 5 8 0 以上とする。その結果、本実施形態の他の構成を満たすことを条件に、オーステナイト中の固溶N量が高まり、二相ステンレス鋼材の降伏強度を 5 5 0 M P a 以上にまで高めることができる。

[0067] F n 2 の好ましい下限は 5 9 0 であり、より好ましくは 6 0 0 であり、さらに好ましくは 6 1 0 である。F n 2 の上限は特に限定されない。しかしながら、上述の化学組成の範囲においては、F n 2 の上限は実質的に 1 0 8 7 である。

[0068] [ミクロ組織]

本実施形態による二相ステンレス鋼材のミクロ組織は、体積率で 3 5 . 0 ~ 5 0 . 0 % 未満のフェライト、及び、残部がオーステナイトからなる。本明細書において、「フェライト及び残部がオーステナイトからなる」とは、フェライト及びオーステナイト以外の相が無視できるほど少ないことを意味する。たとえば、本実施形態による二相ステンレス鋼材の化学組成においては、析出物や介在物の体積率は、フェライト及びオーステナイトの体積率と比較して、無視できるほど小さい。すなわち、本実施形態による二相ステンレスのミクロ組織は、フェライト及びオーステナイト以外に、析出物や介在物等を微量含んでもよい。

[0069] 本実施形態による二相ステンレス鋼材のミクロ組織はさらに、フェライトの体積率が 3 5 . 0 ~ 5 0 . 0 % 未満である。フェライトの体積率が低すぎれば、鋼材の強度、及び／又は、耐食性が低下する可能性がある。一方、フェライトの体積率が高すぎれば、鋼材の耐食性が低下する。フェライトの体積率が高すぎればさらに、鋼材の低温靱性、及び／又は、熱間加工性が低下する可能性がある。したがって、本実施形態による二相ステンレス鋼材のミクロ組織において、フェライトの体積率は 3 5 . 0 ~ 5 0 . 0 % 未満である。

[0070] フェライトの体積率の好ましい下限は 3 5 . 5 % であり、より好ましくは 3 6 . 5 % である。フェライトの体積率の好ましい上限は 4 8 . 0 % であり、より好ましくは 4 7 . 0 であり、さらに好ましくは 4 5 . 0 % である。

[0071] 本実施形態において、二相ステンレス鋼材のフェライトの体積率は、ASTM E562(2011)に準拠した方法で求めることができる。本実施形態による二相ステンレス鋼材の任意の位置から、マイクロ組織観察用の試験片を作製する。ここで、試験片を作製する任意の位置とは特に限定されない。たとえば、鋼材の厚さ方向中央部から試験片を作製する。マイクロ組織観察を実施する観察面は、特に限定されない。たとえば、二相ステンレス鋼材の圧延方向に垂直な断面を観察面とする。なお、試験片の大きさは特に限定されず、5mm×5mmの観察面が得られればよい。

[0072] 採取した試験片の観察面を鏡面研磨する。鏡面研磨された観察面を7%水酸化カリウム腐食液中で電解腐食し組織現出を行う。現出された観察面を、光学顕微鏡を用いて10視野観察する。視野面積は特に限定されないが、たとえば、1.00mm²(倍率100倍)である。各視野において、コントラストからフェライトを特定する。特定したフェライトの面積率をASTM E562(2011)に準拠した点算法で測定する。本実施形態では、得られたフェライトの面積率の10視野における算術平均値を、フェライトの体積率(%)と定義する。

[0073] [二相ステンレス鋼材の降伏強度]

本実施形態による二相ステンレス鋼材の降伏強度は、550MPa以上である。本実施形態による二相ステンレス鋼材は、上述の化学組成とマイクロ組織とを有することにより、降伏強度が550MPa以上であっても、優れた耐孔食性と優れた熱間加工性を示す。

[0074] 本実施形態による二相ステンレス鋼材の降伏強度の好ましい下限は560MPaであり、より好ましくは570MPaである。なお、本実施形態による二相ステンレス鋼材の降伏強度の上限は特に限定されない。本実施形態による二相ステンレス鋼材の降伏強度の上限は、たとえば、700MPaである。降伏強度の上限は、690MPaであってもよく、680MPaであってもよく、670MPaであってもよい。

[0075] 本実施形態による二相ステンレス鋼材の降伏強度を求める場合、次の方法

で求めることができる。具体的に、ASTM E8/E8M (2013) に準拠した方法で、引張試験を行う。本実施形態による鋼材から、丸棒試験片を作製する。鋼材が鋼板である場合、板厚中央部から丸棒試験片を作製する。鋼材が鋼管である場合、肉厚中央部から丸棒試験片を作製する。丸棒試験片の大きさは、たとえば、平行部直径6 mm、平行部長さ30 mmである。なお、丸棒試験片の軸方向は、鋼材の圧延方向と平行である。丸棒試験片を用いて、常温(25℃)、大気中で引張試験を実施して、得られた0.2%オフセット耐力を、降伏強度(MPa)と定義する。

[0076] [二相ステンレス鋼材の耐孔食性]

本実施形態による二相ステンレス鋼材は、上述の化学組成と、上述のミクロ組織とを有することにより、優れた耐孔食性を示す。本実施形態において、優れた耐孔食性とは、以下のとおりに定義される。

[0077] 具体的に、本実施形態による二相ステンレス鋼材に対して、ASTM G48 (2015) Method Eに準拠した腐食試験を実施する。本実施形態による鋼材から、腐食試験用の試験片を作製する。鋼材が鋼板である場合、板厚中央部から試験片を作製する。鋼材が鋼管である場合、肉厚中央部から試験片を作製する。試験片の大きさは、たとえば、厚さ3 mm、幅25 mm、長さ50 mmである。試験片の長手方向は、鋼材の圧延方向と平行である。

[0078] 試験溶液は6% FeCl₃+1% HClとする。試験片を比液量5 mL/cm²以上の試験溶液に浸漬させる。試験開始温度は20℃とし、24時間毎に試験溶液の温度を5℃ずつ上昇させる。試験片に孔食が発生したときの温度を臨界孔食温度(CPT: Critical Pitting Temperature)と定義する。得られたCPTが25℃以上の場合、二相ステンレス鋼材は優れた耐孔食性を示すと判断する。

[0079] [二相ステンレス鋼材の熱間加工性]

本実施形態による二相ステンレス鋼材は、上述の化学組成と、上述のミクロ組織とを有することにより、優れた熱間加工性を示す。本実施形態におい

て、優れた熱間加工性とは、以下のとおりに定義される。

[0080] 具体的に、本実施形態による二相ステンレス鋼材に対して、熱間加工性試験（グリーンブル試験）を実施する。本実施形態による鋼材から、グリーンブル試験用の試験片を作製する。鋼材が鋼板である場合、板厚中央部から試験片を作製する。鋼材が鋼管である場合、肉厚中央部から試験片を作製する。試験片は、たとえば、直径10mm、長さ130mmの丸棒試験片である。試験片の長手方向は、鋼材の圧延方向と平行である。

[0081] 1000℃に加熱された試験片に対して、ひずみ速度10s⁻¹で引張試験を実施して、試験片を破断させる。破断した試験片から絞り値（%）を求める。得られた絞り値が40%以上の場合、二相ステンレス鋼材は優れた熱間加工性を示すと判断する。

[0082] [二相ステンレス鋼材の形状]

本実施形態による二相ステンレス鋼材の形状は、特に限定されない。二相ステンレス鋼材はたとえば、鋼管であってもよく、鋼板であってもよく、棒鋼であってもよく、線材であってもよい。好ましくは、本実施形態による二相ステンレス鋼材は、継目無鋼管である。本実施形態による二相ステンレス鋼材が継目無鋼管の場合、肉厚が5mm以上であっても、550MPa以上の降伏強度と、優れた耐孔食性と、優れた熱間加工性とを有する。

[0083] [二相ステンレス鋼材の製造方法]

上述の構成を有する本実施形態による二相ステンレス鋼材の製造方法の一例として、鋼管の製造方法を説明する。なお、本実施形態による二相ステンレス鋼材の製造方法は、以下に説明する製造方法に限定されない。

[0084] 本実施形態の二相ステンレス鋼材の製造方法の一例は、素材準備工程と、熱間加工工程と、溶体化処理工程とを含む。以下、各製造工程について詳述する。

[0085] [素材準備工程]

素材準備工程では、上述の化学組成を有する素材を準備する。素材は製造して準備してもよいし、第三者から購入することにより準備してもよい。す

なわち、素材を準備する方法は特に限定されない。

[0086] 素材を製造する場合、たとえば、次の方法で製造する。上述の化学組成を有する溶鋼を製造する。溶鋼を用いて連続鑄造法により鑄片（スラブ、ブルーム、又は、ビレット）を製造する。溶鋼を用いて造塊法により鋼塊（インゴット）を製造してもよい。必要に応じて、スラブ、ブルーム又はインゴットを分塊圧延して、ビレットを製造してもよい。以上の工程により素材を製造する。

[0087] [熱間加工工程]

熱間加工工程では、上記準備工程で準備された素材を熱間加工して、鋼材を製造する。熱間加工は、熱間鍛造であってもよく、熱間押出であってもよく、熱間圧延であってもよい。熱間加工の方法は、特に限定されず、周知の方法でよい。

[0088] 鋼材が鋼管である場合、たとえば、ユジーン・セジュールネ法、又は、エルハルトプッシュベンチ法（すなわち、熱間押出）を実施してもよい。鋼材が鋼管である場合、たとえば、マンネスマン法による穿孔圧延（すなわち、熱間圧延）を実施してもよい。なお、熱間加工は、1回のみ実施してもよく、複数回実施してもよい。たとえば、素材に対して、上述の穿孔圧延を実施した後、上述の熱間押出を実施してもよい。

[0089] [溶体化処理工程]

溶体化処理工程では、上記熱間加工工程で製造された鋼材に対して、溶体化処理を実施する。溶体化処理の方法は、特に限定されず、周知の方法でよい。たとえば、鋼材を熱処理炉に装入し、所望の温度で保持した後、急冷する。なお、鋼材を熱処理炉に装入し、所望の温度で保持した後、急冷して溶体化処理を実施する場合、溶体化処理を実施する温度（溶体化処理温度）とは、溶体化処理を実施するための熱処理炉の温度（℃）を意味する。同様に、溶体化処理温度で保持する時間（溶体化処理時間）とは、溶体化処理を実施するための熱処理炉内に素材が装入されてから、取り出されるまでの時間を意味する。

- [0090] 好ましくは、本実施形態の溶体化処理工程における溶体化処理温度を900～1200℃とする。溶体化処理温度が低すぎれば、溶体化処理後の鋼材に析出物（たとえば、金属間化合物である σ 相等）が残存する場合がある。この場合、鋼材の耐孔食性が低下する。溶体化処理温度が低すぎればさらに、溶体化処理後の鋼材のフェライト体積率が35.0%未満になり、鋼材の強度、及び／又は、耐食性が低下する場合がある。一方、溶体化処理温度が高すぎれば、溶体化処理後の鋼材のフェライトの体積率が50.0%以上になり、鋼材の耐孔食性が低下する場合がある。この場合さらに、鋼材の低温靱性及び熱間加工性が低下することがある。
- [0091] したがって、鋼材を熱処理炉に装入し、所望の温度で保持した後、急冷して溶体化処理を実施する場合、溶体化処理温度は900～1200℃とするのが好ましい。溶体化処理温度のより好ましい下限は920℃であり、さらに好ましくは940℃である。溶体化処理温度のより好ましい上限は1180℃であり、さらに好ましくは1160℃である。
- [0092] 鋼材を熱処理炉に装入し、所望の温度で保持した後、急冷して溶体化処理を実施する場合、溶体化処理時間は特に限定されず、周知の条件で実施すればよい。溶体化処理時間は、たとえば、5～180分である。急冷方法は、たとえば、水冷である。
- [0093] なお、溶体化処理が実施された鋼材に対して、必要に応じて、酸洗処理を実施してもよい。この場合、酸洗処理は、周知の方法で実施されればよく、特に限定されない。また、溶体化処理が実施された鋼材に対して、冷間加工を実施した場合、鋼材の強度が高くなりすぎ、鋼材の靱性が低下する。そのため、本実施形態による二相ステンレス鋼材に対しては、冷間加工は実施しないことが好ましい。
- [0094] 以上の工程により、本実施形態による二相ステンレス鋼材が製造できる。なお、上述の二相ステンレス鋼材の製造方法は一例であり、他の方法によって二相ステンレス鋼材が製造されてもよい。以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明する。

実施例

[0095] 表 1 に示す化学組成を有する溶鋼を、50kg の真空溶解炉を用いて溶製し、造塊法により鋼塊（インゴット）を製造した。なお、表 1 中の「—」は、該当する元素の含有量が不純物レベルであったことを意味する。また、表 1 に記載の化学組成と、上述の定義から求めた F_{n1} 及び F_{n2} を表 2 に示す。

[0096]

[表1]

TABLE 1

鋼		化学組成(単位は質量%、残部はFe及び不純物)																				
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Cu	N	V	Ca	Mg	Nb	Ta	Ti	Zr	Hf	B	REM
A	0.015	0.52	3.10	0.020	0.0005	0.080	4.81	25.20	0.99	3.20	0.216	0.10	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	0.013	0.56	4.45	0.019	0.0005	0.075	5.29	26.21	1.12	3.62	0.218	0.11	-	0.0019	-	-	-	-	-	-	-	-
C	0.015	0.52	5.06	0.019	0.0005	0.081	4.82	25.17	0.99	3.19	0.228	0.09	0.0027	0.0023	-	-	-	-	-	-	-	-
D	0.014	0.54	4.32	0.019	0.0003	0.075	5.00	22.25	0.98	3.20	0.199	0.10	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	0.015	0.53	5.58	0.020	0.0002	0.070	4.91	25.01	1.02	3.20	0.242	0.11	0.0020	-	0.003	-	-	-	0.001	-	-	-
F	0.016	0.56	3.09	0.020	0.0002	0.081	4.82	25.11	0.99	2.99	0.203	0.11	-	0.0023	-	-	0.001	-	-	0.001	-	-
G	0.015	0.51	5.05	0.019	0.0005	0.077	4.80	25.13	0.99	2.50	0.233	0.10	0.0020	-	-	-	-	-	-	-	0.0020	-
H	0.015	0.52	3.10	0.020	0.0005	0.080	4.81	25.20	0.99	3.20	0.216	0.10	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	0.0019	-
I	0.015	0.52	5.06	0.019	0.0005	0.081	4.82	25.17	1.48	3.19	0.228	0.09	0.0027	0.0020	-	-	-	-	-	-	0.0020	0.012
J	0.015	0.51	5.05	0.019	0.0005	0.077	4.80	25.13	0.99	2.21	0.233	0.10	0.0020	-	0.002	-	-	-	-	-	0.0020	-
K	0.015	0.52	3.10	0.020	0.0005	0.080	4.81	25.20	0.99	3.20	0.216	0.10	0.0022	-	-	0.003	-	0.003	0.002	0.0019	-	-
L	0.015	0.52	1.61	0.016	0.0003	0.029	4.59	27.88	1.57	2.78	0.231	0.10	0.0020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	0.014	0.49	6.90	0.017	0.0005	0.040	5.73	27.64	1.13	3.80	0.194	0.09	0.0023	-	0.002	-	-	-	-	-	0.0021	0.010
N	0.014	0.51	2.78	0.019	0.0004	0.075	5.98	25.00	0.98	2.52	0.187	0.11	0.0027	0.0023	0.002	-	-	-	-	-	0.0021	-
O	0.014	0.50	2.59	0.023	0.0002	0.012	4.83	23.25	0.99	3.40	0.159	0.05	0.0020	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	-
P	0.014	0.52	0.65	0.021	0.0002	0.014	5.03	25.00	1.10	3.97	0.187	0.05	0.0023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q	0.014	0.50	2.05	0.023	0.0002	0.012	4.83	23.25	0.99	3.89	0.159	0.05	0.0020	0.0023	-	0.001	-	0.001	-	-	-	-
R	0.014	0.50	1.01	0.023	0.0002	0.012	4.83	23.25	0.99	2.29	0.159	0.05	0.0020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	0.014	0.52	0.97	0.021	0.0002	0.014	5.03	25.00	1.10	2.44	0.187	0.05	0.0023	-	0.002	-	-	-	-	-	0.0023	-
T	0.015	0.44	2.53	0.016	0.0005	0.023	3.04	22.62	0.89	2.13	0.205	0.11	0.0017	-	-	-	-	-	-	-	0.0021	-
U	0.014	0.54	3.64	0.021	0.0004	0.031	5.38	18.47	1.14	2.46	0.238	0.12	0.0022	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	-
V	0.015	0.50	2.22	0.016	0.0002	0.033	5.57	24.56	0.98	2.44	0.053	0.10	0.0021	-	-	-	0.003	-	-	-	0.0020	-

[0097] [表2]

TABLE 2

試験番号	鋼	Fn1	Fn2	溶体化処理温度(°C)	フェライト体積率(%)	YS (MPa)	CPT (°C)	熱間加工性試験
1	A	6.30	615	980	46.4	622	30	E
2	B	8.07	702	1000	45.7	607	35	E
3	C	8.25	749	1050	48.5	625	35	E
4	D	7.52	633	1050	44.8	589	30	E
5	E	8.78	793	950	48.3	650	30	E
6	F	6.08	604	1000	45.0	603	35	E
7	G	7.55	765	980	46.1	620	30	E
8	H	6.30	615	980	46.4	618	30	E
9	I	8.25	760	1000	47.6	615	35	E
10	J	7.26	770	1050	43.8	585	35	E
11	K	6.30	615	1050	46.7	612	35	E
12	L	4.39	594	980	48.9	531	30	E
13	M	10.70	839	1050	43.5	642	35	NA
14	N	5.30	552	1000	36.8	537	30	E
15	O	5.99	497	1050	38.8	538	35	E
16	P	4.62	414	1000	39.1	522	30	E
17	Q	5.94	455	1000	38.4	530	35	E
18	R	3.30	416	1050	39.9	524	40	E
19	S	3.41	460	1070	36.0	513	40	E
20	T	4.66	584	1050	58.0	594	20	E
21	U	6.10	587	1050	38.9	588	20	E
22	V	4.66	389	1000	38.6	518	30	E
23	G	7.55	765	750	33.0	640	20	E

[0098] 各試験番号のインゴットに対して、1200°Cで加熱して、熱間鍛造及び熱間加工を実施して、厚さ10mmの鋼板を製造した。各試験番号の鋼板に対して、表2に記載の溶体化処理温度で15分保持する溶体化処理を実施した。溶体化処理が実施された各試験番号の鋼板を水冷した。

[0099] [評価試験]

上記溶体化処理が実施された各試験番号の鋼板に対して、以下に説明する

ミクロ組織観察と、引張試験と、腐食試験と、熱間加工性試験とを実施した。

[0100] [ミクロ組織観察]

各試験番号の鋼板に対して、ASTM E 562 (2011) に準拠した上述の方法でミクロ組織観察を実施して、フェライト体積率 (%) を求めた。なお、本実施例では、ミクロ組織観察用の試験片は、各試験番号の鋼板の厚さ中央部から作製し、圧延方向と垂直な断面を観察面とした。また、各試験番号の鋼板のミクロ組織は、いずれもフェライト及びオーステナイトからなるミクロ組織であった。各試験番号の鋼板について、求めたフェライト体積率 (%) を表 2 に示す。

[0101] [引張試験]

各試験番号の鋼板に対して、ASTM E 8 / E 8 M (2013) に準拠した上述の方法で引張試験を実施して、降伏強度 (MPa) を求めた。なお、本実施例では、引張試験用の丸棒試験片は、各試験番号の鋼板の厚さ中央部から作製し、丸棒試験片の軸方向は圧延方向と平行とした。引張試験で得られた 0.2% オフセット耐力を、降伏強度 (MPa) とした。各試験番号の鋼板について、求めた降伏強度を「YS (MPa)」として表 2 に示す。

[0102] [腐食試験]

各試験番号の鋼板に対して、ASTM G 48 (2015) Method E に準拠した上述の方法で腐食試験を実施して、耐孔食性を評価した。なお、本実施例では、腐食試験用の試験片は、各試験番号の鋼板の厚さ中央部から作製した。試験片の大きさは、厚さ 3 mm、幅 25 mm、長さ 50 mm であり、試験片の長手方向は、圧延方向と平行とした。

[0103] 各試験番号の試験片を、比液量 5 mL / cm² 以上であり、20°C の試験溶液 (6% FeCl₃ + 1% HCl) に浸漬させた。試験片を試験溶液に浸漬してから 24 時間毎に、試験溶液の温度を 5°C ずつ上昇させ、孔食の発生の有無を肉眼で確認した。孔食が発生したときの温度を CPT (°C) とした。各試験番号の鋼板について、腐食試験で得られた CPT (°C) を表 2 に示す。

[0104] [熱間加工性試験]

各試験番号の鋼板に対して、熱間加工性試験（グリーンブル試験）を実施して、熱間加工性を評価した。具体的に、各試験番号の鋼板から、直径10mm、長さ130mmの丸棒試験片を作製した。丸棒試験片は、各試験番号の鋼板の厚さ中央部から作製した。なお、丸棒試験片の長手方向は、圧延方向と平行とした。

[0105] 各試験番号の丸棒試験片を1000℃まで加熱した後、ひずみ速度10s⁻¹で引張試験を実施して、各試験番号の丸棒試験片を破断させた。破断した各試験番号の丸棒試験片から、絞り値（%）を求めた。得られた絞り値が40%以上である場合、優れた熱間加工性を示す（表2中の「E」（Excellent））と判断した。一方、得られた絞り値が40%未満である場合、優れた熱間加工性を示さない（表2中の「NA」（Not Acceptable））と判断した。各試験番号の鋼板について、熱間加工性試験の評価結果を表2に示す。

[0106] [評価結果]

表1及び表2を参照して、試験番号1～11の鋼板は、化学組成が適切であり、Fn1が4.50～9.50であり、Fn2が580以上であった。さらに、試験番号1～11の鋼板に実施した製造方法は、明細書に記載の好ましい製造方法であった。その結果、試験番号1～11の鋼板は、フェライトの体積率が35.0～50.0%未満であり、残部がオーステナイトからなるミクロ組織を有していた。試験番号1～11の鋼板はさらに、降伏強度が550MPa以上であった。試験番号1～11の鋼板はさらに、CPTが25℃以上であり、優れた耐孔食性を示した。試験番号1～11の鋼板はさらに、熱間加工性試験において、優れた熱間加工性を示した。

[0107] 一方、試験番号12の鋼板は、Fn1が4.50未満であった。その結果、試験番号12の鋼板は、降伏強度が550MPa未満となり、所望の降伏強度が得られなかった。

[0108] 試験番号13の鋼板は、Fn1が9.50を超えた。その結果、試験番号

- 13の鋼板は、熱間加工性試験において、優れた熱間加工性を示さなかった。
- [0109] 試験番号14～17の鋼板は、 $F_n 2$ が580未満であった。その結果、試験番号14～17の鋼板は、降伏強度が550MPa未満となり、所望の降伏強度が得られなかった。
- [0110] 試験番号18及び19の鋼板は、 $F_n 1$ が4.50以下であった。試験番号18及び19の鋼板はさらに、 $F_n 2$ が580未満であった。その結果、試験番号18及び19の鋼板は、降伏強度が550MPa未満となり、所望の降伏強度が得られなかった。
- [0111] 試験番号20の鋼板は、Ni含有量が低すぎた。その結果、試験番号20の鋼板は、フェライトの体積率が50.0%以上となった。その結果、試験番号20の鋼板は、CPTが25℃未満となり、優れた耐孔食性を示さなかった。
- [0112] 試験番号21の鋼板は、Cr含有量が低すぎた。その結果、試験番号21の鋼板は、CPTが25℃未満となり、優れた耐孔食性を示さなかった。
- [0113] 試験番号22の鋼板は、N含有量が低すぎた。試験番号22の鋼板はさらに、 $F_n 2$ が580未満であった。その結果、試験番号22の鋼板は、降伏強度が550MPa未満となり、所望の降伏強度が得られなかった。
- [0114] 試験番号23の鋼板は、製造工程における溶体化処理温度が低すぎた。その結果、試験番号23の鋼板は、フェライトの体積率が35.0%未満となった。その結果、試験番号23の鋼板は、CPTが25℃未満となり、優れた耐孔食性を示さなかった。
- [0115] 以上、本開示の実施の形態を説明した。しかしながら、上述した実施の形態は本開示を実施するための例示に過ぎない。したがって、本開示は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変更して実施することができる。

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 0.030%以下、

Si : 0.20~1.00%、

Mn : 0.50~7.00%、

P : 0.040%以下、

S : 0.0100%以下、

Al : 0.100%以下、

Ni : 4.20~9.00%、

Cr : 20.00~28.00%、

Mo : 0.50~2.00%、

Cu : 1.90~4.00%、

N : 0.150~0.350%、

V : 0.01~1.50%、

Nb : 0~0.100%、

Ta : 0~0.100%、

Ti : 0~0.100%、

Zr : 0~0.100%、

Hf : 0~0.100%、

B : 0~0.0200%、及び、

希土類元素 : 0~0.200%を含有し、

Ca : 0.0001~0.0200%、及び、

Mg : 0.0001~0.0200%からなる群から選択される1種以上の元素を含有し、

残部がFe及び不純物からなり、

式(1)及び(2)を満たす化学組成と、

体積率で35.0~50.0%未満のフェライト、及び、残部がオーステナイトからなるミクロ組織と、

550MPa以上の降伏強度とを有する、
二相ステンレス鋼材。

$$4.50 \leq Mn + Cu \leq 9.50 \quad (1)$$

$$13 \times Cr - 19 \times Ni + 21 \times Mo - 17 \times Cu + 63 \times Mn + 8 \times Si + 984 \times N \geq 580 \quad (2)$$

ここで、式(1)及び(2)中の元素記号には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[請求項2]

請求項1に記載の二相ステンレス鋼材であって、
前記化学組成は、

Nb : 0.001~0.100%、

Ta : 0.001~0.100%、

Ti : 0.001~0.100%、

Zr : 0.001~0.100%、及び、

Hf : 0.001~0.100%からなる群から選択される1種以上の元素を含有する、

二相ステンレス鋼材。

[請求項3]

請求項1又は請求項2に記載の二相ステンレス鋼材であって、
前記化学組成は、

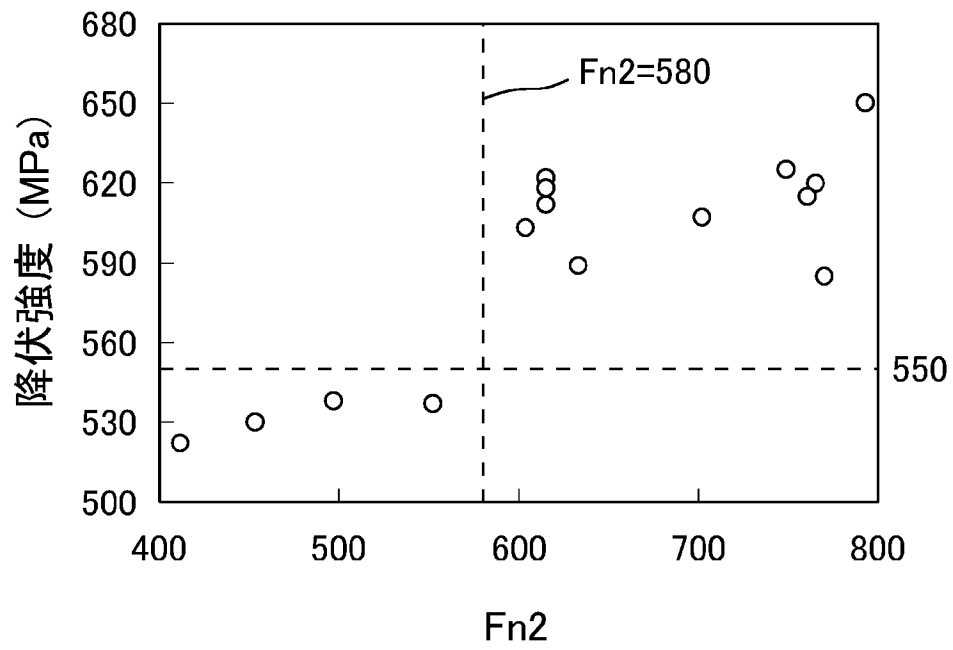
B : 0.0005~0.0200%、及び、

希土類元素 : 0.001~0.200%からなる群から選択される
1種以上の元素を含有する、

二相ステンレス鋼材。

[図1]

FIG. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/031050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 9/08 (2006.01) i; C22C 38/00 (2006.01) i; C22C 38/58 (2006.01) i
 FI: C22C38/00 302H; C22C38/58; C21D9/08 E

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)

C21D9/08; C22C38/00; C22C38/58

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	WO 2012/111536 A1 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 23 August 2012 (2012-08-23) entire text	1-3
A	JP 2012-197509 A (NIPPON STEEL & SUMIKIN STAINLESS STEEL CORPORATION) 18 October 2012 (2012-10-18) entire text	1-3
A	WO 2013/035588 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 14 March 2013 (2013-03-14) entire text	1-3
A	WO 2012/111537 A1 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 23 August 2012 (2012-08-23) entire text	1-3

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 19 October 2020 (19.10.2020)

Date of mailing of the international search report
 02 November 2020 (02.11.2020)

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

Authorized officer

 Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/031050

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2012/111536 A1	23 Aug. 2012	US 2013/0312880 A1 entire text EP 2677054 A1 entire text CN 103370436 A entire text	
JP 2012-197509 A	18 Oct. 2012	US 2013/0343948 A1 entire text WO 2012/121380 A1 entire text EP 2684973 A1 entire text KR 10-2013-0123434 A entire text CN 103562424 A entire text	
WO 2013/035588 A1	14 Mar. 2013	US 2014/0212322 A1 entire text EP 2754726 A1 entire text CN 103781931 A entire text	
WO 2012/111537 A1	23 Aug. 2012	US 2013/0315776 A1 entire text EP 2677056 A1 entire text CN 103370435 A entire text	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21D 9/08(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i FI: C22C38/00 302H; C22C38/58; C21D9/08 E		
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）） C21D9/08; C22C38/00; C22C38/58 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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	WO 2012/111536 A1（住友金属工業株式会社）23.08.2012（2012-08-23） 全文	1-3
A	JP 2012-197509 A（新日鐵住金ステンレス株式会社）18.10.2012（2012-10-18） 全文	1-3
A	WO 2013/035588 A1（新日鐵住金株式会社）14.03.2013（2013-03-14） 全文	1-3
A	WO 2012/111537 A1（住友金属工業株式会社）23.08.2012（2012-08-23） 全文	1-3
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日	19.10.2020	国際調査報告の発送日 02.11.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 瀧澤 佳世 4K 4426 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/031050

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2012/111536	A1	23.08.2012	US	2013/0312880	A1	
				全文			
				EP	2677054	A1	
				全文			
				CN	103370436	A	
				全文			

JP	2012-197509	A	18.10.2012	US	2013/0343948	A1	
				全文			
				WO	2012/121380	A1	
				全文			
				EP	2684973	A1	
				全文			
				KR	10-2013-0123434	A	
				全文			
				CN	103562424	A	
				全文			

WO	2013/035588	A1	14.03.2013	US	2014/0212322	A1	
				全文			
				EP	2754726	A1	
				全文			
				CN	103781931	A	
				全文			

WO	2012/111537	A1	23.08.2012	US	2013/0315776	A1	
				全文			
				EP	2677056	A1	
				全文			
				CN	103370435	A	
				全文			
