

(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  
2019年5月23日(23.05.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/098034 A1

- (51) 国際特許分類:  
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)  
B23K 35/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/040656
- (22) 国際出願日: 2018年11月1日(01.11.2018)
- (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 2017-219656 2017年11月15日(15.11.2017) JP  
特願 2017-219657 2017年11月15日(15.11.2017) 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: 栗原 伸之佑 (KURIHARA, Shinnosuke); 〒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). 平田 弘征 (HIRATA, Hiroyuki); 〒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). 仙波 潤之 (SEMBA, Hiroyuki); 〒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
- (74) 代理人: 上羽 秀敏, 外 (UEBA, Hidetoshi et al.); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島1丁目1番5号 ザイマックス梅田新道ビル インテリクス国際特許事務所 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, 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, 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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: AUSTENITIC HEAT-RESISTANT STEEL WELDING METAL, WELDED JOINT, WELDING MATERIAL FOR AUSTENITIC HEAT-RESISTANT STEEL, AND METHOD FOR PRODUCING WELDED JOINT

(54) 発明の名称: オーステナイト系耐熱鋼溶接金属、溶接継手、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、および溶接継手の製造方法

(57) Abstract: Provided is an austenitic heat-resistant steel welding metal which has low high-temperature cracking sensitivity and excellent creep strength. This austenitic heat-resistant steel welding metal has a chemical composition which contains, in mass%, 0.06% to 0.14% of C, 0.1% to 0.6% of Si, 0.1% to 1.8% of Mn, 0.025% or less of P, 0.003% or less of S, 25% to 35% of Ni, 20% to 24% of Cr, more than 4.5% but 7.5% or less of W, 0.05% to 0.5% of Nb, 0.05% to 0.4% of V, 0.1% to 0.35% of N, 0.08% or less of Al, 0.08% or less of O and 0.0005% to 0.005% of B, and wherein  $f_{n1}$  as expressed by formula (1) is 10 or more. (1):  $f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si$  In formula (1), the contents of corresponding elements, which are expressed in mass%, are plugged in for Nb, V, W, N, B and Si.

(57) 要約: 高温割れ感受性が低く、クリープ強度に優れるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属を提供する。オーステナイト系耐熱鋼溶接金属は、化学組成が、質量%で、C: 0.06%~0.14%、Si: 0.1%~0.6%、Mn: 0.1%~1.8%、P: 0.025%以下、S: 0.003%以下、Ni: 25%~35%、Cr: 20%~24%、W: 4.5%を超え7.5%以下、Nb: 0.05%~0.5%、V: 0.05%~0.4%、N: 0.1%~0.35%、Al: 0.08%以下、O: 0.08%以下、B: 0.0005~0.005%を含み、下記式(1)で表される $f_{n1}$ が10以上である。 $f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si$  (1)式(1)中のNb、V、W、N、B、およびSiには、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

WO 2019/098034 A1

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))

## 明 細 書

発明の名称：

オーステナイト系耐熱鋼溶接金属、溶接継手、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、および溶接継手の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属、溶接継手、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、および溶接継手の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、環境負荷軽減の観点から火力発電用ボイラ等では運転条件の高温・高圧化が世界的規模で進められている。過熱器管および再熱器管に使用される材料には、より優れた高温強度、耐食性等の特性を有することが求められている。

[0003] このような要求を満たす材料として、従来、多量の窒素および多量のニッケルを含有させた種々のオーステナイト系耐熱鋼（以下、多量の窒素および多量のニッケルを含有させたオーステナイト系耐熱鋼を「高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼」とも称する）が開発されてきた。

[0004] 例えば、特許文献1には、Nを0.02%~0.3%、Niを17%~50%、およびCrを18%~25%とするとともに、Nbを0.05%~0.6%、Tiを0.03%~0.3%、およびMoを0.3%~5%含有する高温強度に優れたオーステナイト系耐熱鋼が提案されている。

[0005] また、特許文献2には、Nを0.1%~0.30%、Niを22.5%~32%、およびCrを20%~27%に加え、強化元素としてWを0.4%~4%、Nbを0.20%~0.60%含む高温強度に優れるオーステナイト系耐熱鋼が提案されている。

[0006] さらに、特許文献3には、Nを0.05%超~0.3%、Niを15%超~55%およびCrを20%超~28%未満含むとともに、Nbを0.1%~0.8%、Vを0.02%~1.5%、およびWを0.05%~10%含

有する、クリープ特性と熱間加工性に優れるオーステナイト系耐熱鋼が提案されている。

[0007] さらに、特許文献4には、Nを0.13%超～0.35%、Niを26%超～35%およびCrを20%～26%含むとともに、Nbを0.01%～0.1%、Vを0.01%～1%、およびWを1%～5.5%含有する、クリープ特性に優れるオーステナイト系耐熱鋼が提案されている。

[0008] これらのオーステナイト系耐熱鋼は、一般には溶接構造物として使用される。そのため、これらオーステナイト系耐熱鋼の性能を活用し得る溶接金属や溶接材料についても種々提案されてきた。

[0009] 例えば、特許文献5には、Nbを0.25%～0.7%、Nを0.15%～0.35%含むとともに、NiをCr、Si、C、およびN量に応じて含有し、かつP、およびSを規制したオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、高温強度と耐凝固割れ性を両立することが開示されている。

[0010] 特許文献6には、Nを0.2%～0.4%、Nbを0.01%～0.7%、Moを0.5%～1.5%、およびNiを18%～30%含有するとともに、PとSとの合計を0.02%以下に規制したオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、高温強度と溶接性を両立することが開示されている。

[0011] 特許文献7には、Nb：0.5%～3.5%、N：0.1%～0.35%、Mo：0.2%～1.8%、およびNi：30%～45%等を含有するオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、ならびにNb：0.3%～3.5%、N：0.1%～0.35%、Mo：0.2%～1.8%、およびNi：35%～45%等を含有するオーステナイト系耐熱鋼溶接金属が開示されている。

[0012] 特許文献8には、Nb：0.8%～4.5%、N：0.1%～0.35%、Mo：0.2%～1.8%、およびNi：30%～50%等を含有するオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、ならびにNb：0.5%～4%、N：0.1%～0.35%、Mo：0.2%～1.8%、およびNi：30%～50%を含有するオーステナイト系耐熱鋼溶接金属が開示されている。

[0013] 特許文献9には、Nb：0.15%～1.5%、W：0.5%～3%、N

: 0.1%~0.35%、およびNi: 15%~25%を含有するオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、ならびにNb: 0.1%~1.5%、W: 0.5%~3%、N: 0.1%~0.35%、およびNi: 15%~25%を含有するオーステナイト系耐熱鋼溶接金属が開示されている。

[0014] 特許文献10には、Nb: 0.1%~0.6%、W: 1%~5%、N: 0.1%~0.35%、およびNi: 23%~32%を含有するオーステナイト系耐熱鋼が開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0015] 特許文献1: 特開昭59-173249号公報  
特許文献2: 特表2002-537486号公報  
特許文献3: 特許第3838216号公報  
特許文献4: 特開2017-88957号公報  
特許文献5: 特許第2722893号公報  
特許文献6: 特開平07-060481号公報  
特許文献7: 特許第3329262号公報  
特許文献8: 特許第3918670号公報  
特許文献9: 特許第3329261号公報  
特許文献10: 特開2017-14576号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0016] 特許文献2に開示されているオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、および特許文献10に開示されているオーステナイト系耐熱鋼溶接金属は、700℃において優れたクリープ強度を有する。しかしながら、より高温での使用を想定した場合は、特許文献2に開示されているオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料や特許文献10に開示されているオーステナイト系耐熱鋼溶接金属ではクリープ強度の確保が困難である。

[0017] また、特許文献7～9に開示されているオーステナイト系耐熱鋼溶接金属および溶接材料は、析出強化元素としてNbを主に活用しているため、確かに優れた高強度、耐食性等の特性を満足する。しかしながら、特許文献7～9に開示されているオーステナイト系耐熱鋼溶接金属および溶接材料は、強化能が非常に大きいため、高温での使用時に、粒内が過剰強化され、相対的な粒界強度の低下や使用初期の急激な靱性低下、さらには溶接高温割れ感受性増大が生じる場合がある。

[0018] したがって、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼の性能を十分に活用し得る溶接金属、およびそれを有する溶接継手の開発が待望されていた。

[0019] 本発明は、上記現状に鑑みてなされたものであり、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼を溶接構造物として使用する場合に、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼の性能を十分に活用し得る、高温割れ感受性が低く、クリープ強度に優れるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびそれを有する溶接継手を提供することを目的とする。本発明はまた、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼を溶接するのに好適な溶接材料、および溶接継手の製造方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0020] 本発明者らは、WやNbを含有させた高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼に関して、種々の検討を実施した。その結果、以下に述べる事項が判明した。

[0021] Nbと同様、炭窒化物を析出するVを添加することで長時間使用中のクリープ強度を確保し得ることができる。

[0022] また高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼では、高温域でCr、NiおよびNからなる窒化物が析出し、母相中の固溶窒素量低下が生じる場合がある。この窒化物は組織安定上、Si量が高くなると析出量が多くなることから、Si量が高くなると母相中の固溶窒素が低下し、クリープ強度の低下を招く。したがって、Si量を低下させることで長時間使用中のクリー

プ強度を確保し得ることができる。

[0023] さらに700℃を超える高温で必要なクリープ強度を確保するには、高含有量のWを添加させる必要がある。

[0024] Nb、V、W、NおよびBはクリープ強度向上に寄与し、Siは低減させることでクリープ強度向上に寄与する。これら元素について、種々実験を重ねた結果、各元素のクリープ強度への寄与度を係数に当てはめ、クリープ強度を示す指標として、 $f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si$ で整理できることを知見した。高温でのクリープ強度を確保するためには $f_{n1}$ で求められる値を10以上とする必要がある。

[0025] 本発明は、以上の検討を重ねることにより完成するに至ったものである。すなわち、本発明の要旨は、以下のとおりである。

[0026] <1>化学組成が、質量%で、

C : 0.06%~0.14%、

Si : 0.1%~0.6%、

Mn : 0.1%~1.8%、

P : 0.025%以下、

S : 0.003%以下、

Ni : 25%~35%、

Cr : 20%~24%、

W : 4.5%を超え7.5%以下、

Nb : 0.05%~0.5%、

V : 0.05%~0.4%、

N : 0.1%~0.35%、

Al : 0.08%以下、

O : 0.08%以下、

B : 0.0005~0.005%、

Ti : 0%~0.25%、

Cu : 0%~4%、

Co : 0%~2%、

Mo : 0%~2%、

Ta : 0%~1%、

Ca : 0%~0.02%、

Mg : 0%~0.02%、

REM : 0%~0.06%、

残部 : Fe および不純物であり、

下記式(1)で表される  $f_{n1}$  が 10 以上である、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属。

$$f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si \dots (1)$$

式(1)中の Nb、V、W、N、B、および Si には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0027] <2> <1>に記載のオーステナイト系耐熱鋼溶接金属であって、

前記化学組成が、質量%で、

Ti : 0.01%~0.25%、

Cu : 0.01%~4%、

Co : 0.01%~2%、

Mo : 0.01%~2%、

Ta : 0.01%~1%、

Ca : 0.0005%~0.02%、

Mg : 0.0005%~0.02%、および

REM : 0.0005%~0.06%、

からなる群から選択される 1 種または 2 種以上の元素を含有する、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属。

[0028] <3> <1>または<2>に記載のオーステナイト系耐熱鋼溶接金属と、

オーステナイト系耐熱鋼の母材とを備える、溶接継手。

[0029] <4> <3>に記載の溶接継手であって、

前記母材の化学組成が、質量%で、

C : 0.02%~0.14%、

Si : 0.05%~1%、

Mn : 0.1%~3%、

P : 0.04%以下、

S : 0.002%以下、

Ni : 26%~35%、

Cr : 20%~26%、

W : 1%~7%、

Nb : 0.01%~1%、

V : 0.01%~1%、

N : 0.1%~0.6%、

B : 0.0005%~0.008%、

REM : 0.003%~0.06%、

Al : 0.3%以下、

O : 0.02%以下、

Ti : 0%~0.5%、

Co : 0%~2%、

Cu : 0%~4%、

Mo : 0%~4%、

Ta : 0%~1%、

Ca : 0%~0.02%、

Mg : 0%~0.02%、

残部 : Fe および不純物である、溶接継手。

[0030] <5> <4>に記載の溶接継手であって、

前記母材の化学組成が、質量%で、

Ti : 0.01%~0.5%、

Co : 0.01%~2%、

Cu : 0.01%~4%、

Mo : 0.01%~4%、

Ta : 0.01%~1%、

Ca : 0.0005%~0.02%、および

Mg : 0.0005%~0.02%、

からなる群から選択される1種または2種以上を含有する、溶接継手。

[0031] <6>化学組成が、質量%で、

C : 0.06%~0.14%、

Si : 0.1%~0.4%、

Mn : 0.1%~1.2%、

P : 0.01%以下、

S : 0.003%以下、

Ni : 28%~35%、

Cr : 20%~24%、

W : 4.5%を超え7.5%以下、

Nb : 0.05%~0.5%、

V : 0.05%~0.35%、

N : 0.1%~0.35%、

Al : 0.08%以下、

O : 0.08%以下、

B : 0.0005~0.005%、

Ti : 0%~0.25%、

Cu : 0%~4%、

Co : 0%~2%、

Mo : 0%~2%、

Ta : 0%~1%、

Ca : 0%~0.02%、

Mg : 0%~0.02%、

REM : 0%~0.06%、

残部 : Fe および不純物であり、

下記式 (1) で表される  $f_{n1}$  が 10 以上である、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料。

$$f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si \dots (1)$$

式 (1) 中の Nb、V、W、N、B、および Si には、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[0032] <7> <6> に記載のオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料であって、

前記化学組成が、質量%で、

Ti : 0.01%~0.25%、

Cu : 0.01%~4%、

Co : 0.01%~2%、

Mo : 0.01%~2%、

Ta : 0.01%~1%、

Ca : 0.0005%~0.02%、

Mg : 0.0005%~0.02%、および

REM : 0.0005%~0.06%、

からなる群から選択される 1 種または 2 種以上の元素を含有する、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料。

[0033] <8> <4> に記載の溶接継手を製造する方法であって、

<4> に記載の化学組成を有する母材を、<6> に記載のオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料を用いて溶接する、溶接継手の製造方法。

## 発明の効果

[0034] 本発明によれば、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼の溶接に好適な溶接材料、ならびに、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼の性能を十分に活用し得る、高温割れ感受性が低く、クリープ強度に優れるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびそれを有する溶接継手が提供される

。

### 発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明の一実施形態によるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料、ならびに溶接継手およびその製造方法を説明する。本明細書中において、「～」を用いて表される数値範囲は、特に断りのない限り、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。ただし、「超」および「未満」等の断りがある場合は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値の少なくとも一方として含まないことを意味する。

[0036] <溶接金属および溶接材料>

本発明において、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料の化学組成を限定する理由は次のとおりである。

[0037] 以下の説明において、各元素の含有量の「%」表示は「質量%」を意味する。また、溶接金属の化学組成は、溶接金属のうち母材の希釈の影響が顕著ではない部分の化学組成を定量したものとする。溶接金属の化学組成は、より具体的には、溶接金属の中央部付近の化学組成を定量したものとし、可能な場合には、フュージョンラインから0.5 mm以上離れた部分の化学組成を定量したものとする。また、「不純物」とはオーステナイト系耐熱鋼を工業的に製造する際に、原料としての鉱石、スクラップまたは製造環境などから混入する成分であり、意図的に含有させたものではない成分を指す。

[0038] C : 0.06%～0.14% (溶接金属)

0.06%～0.14% (溶接材料)

炭素 (C) は、オーステナイト組織を安定にするとともに、微細な炭化物を形成し、高温使用中のクリープ強度を向上させる。これらの効果を十分に得るために、Cは0.06%以上含有させる必要がある。しかしながら、C含有量が過剰である場合、溶接金属中に炭化物が多量に存在するため、延性および靱性が低下する。そのため、C含有量の上限は0.14%以下とする。C含有量の下限は、望ましくは0.07%以上であり、さらに望ましくは

0.08%以上である。C含有量の上限は、望ましくは0.13%以下であり、さらに望ましくは0.12%以下である。

[0039] Si : 0.1%~0.6% (溶接金属)

0.1%~0.4% (溶接材料)

ケイ素 (Si) は、脱酸作用を有するとともに、高温での耐食性および耐酸化性の向上に有効な元素である。その効果を得るために、Siは0.1%以上含有させる必要がある。しかしながら、Siが過剰に含有された場合には、組織安定上、Cr、NiおよびNからなる窒化物が析出し、母相中の固溶窒素量低下が生じ、クリープ強度の低下を招く。そのため、Si含有量の上限は、溶接金属では0.6%以下、溶接材料で0.4%以下とする。Si含有量の下限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは0.12%以上であり、さらに望ましくは0.15%以上である。溶接金属のSi含有量の上限は、望ましくは0.58%以下であり、さらに望ましくは0.55%以下であり、さらに望ましくは0.40%以下である。溶接材料のSi含有量の上限は、望ましくは0.38%以下であり、さらに望ましくは0.35%以下である。

[0040] Mn : 0.1%~1.8% (溶接金属)

0.1%~1.2% (溶接材料)

マンガン (Mn) は、Siと同様、脱酸作用を有する。また、Mnは、オーステナイト組織を安定にし、クリープ強度の向上に寄与する。これらの効果を得るために、Mnは0.1%以上含有させる必要がある。しかしながら、Mn含有量が過剰になると脆化を招き、さらに、クリープ延性の低下も生じる。また、溶接材料として用いられる場合、溶接時の凝固割れ感受性が高まる。そのため、Mn含有量の上限は、溶接金属では1.8%以下、溶接材料では1.2%以下とする。Mn含有量の下限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは0.15%以上であり、さらに望ましくは0.2%以上である。溶接金属のMn含有量の上限は、望ましくは1.6%以下であり、さらに望ましくは1.4%以下である。溶接材料のMn含有量の上限は、望

ましくは1. 1%以下であり、さらに望ましくは1. 0%以下である。

[0041] P : 0. 025%以下 (溶接金属)

0. 01%以下 (溶接材料)

リン (P) は、不純物として含まれ、クリープ延性を低下させる元素である。また、溶接材料として用いられる場合、Pは溶接時の凝固割れ感受性を高める。そのため、Pの含有量に上限を設けて、溶接金属では0. 025%以下、溶接材料では0. 01%以下とする。溶接金属のP含有量の上限は、望ましくは0. 023%以下、さらに望ましくは0. 020%以下である。溶接材料のP含有量の上限は、望ましくは0. 008%以下、さらに望ましくは0. 006%以下である。なお、P含有量は可能な限り低減することが望ましいが、極度の低減は製造コストの増大を招く。そのため、P含有量の下限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは0. 0005%以上、さらに望ましくは0. 0008%以上である。

[0042] S : 0. 003%以下 (溶接金属)

0. 003%以下 (溶接材料)

硫黄 (S) は、Pと同様に、不純物として含まれ、高温での使用初期に溶接金属の柱状晶境界に偏析して靱性を低下させる。さらに、溶接時の凝固割れ感受性をも高める。これらを安定して抑制するためには、Sの含有量にも上限を設けて0. 003%以下とする必要がある。S含有量は、望ましくは0. 0025%以下、さらに望ましくは0. 002%以下である。なお、Sの含有量は可能な限り低減することが望ましいが、極度の低減は溶接材料の製造コストの増大を招く。そのため、S含有量の下限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは0. 0001%以上、さらに望ましくは0. 0002%以上である。

[0043] Ni : 25%~35% (溶接金属)

28%~35% (溶接材料)

ニッケル (Ni) は、長時間使用時のオーステナイト組織の安定性を高め、クリープ強度の向上に寄与する。その効果を十分に得るために、溶接金属

では25%以上、溶接材料では28%以上のNiを含有させる必要がある。しかしながら、Niは高価な元素であり、多量の含有はコストの増大を招く。そのため、Ni含有量には上限を設けて、溶接金属および溶接材料ともに、35%以下とする。溶接金属のNi含有量の下限は、望ましくは25.5%以上であり、さらに望ましくは26%以上である。溶接材料のNi含有量の下限は、望ましくは28.5%以上であり、さらに望ましくは29%以上である。Ni含有量の上限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは34.5%以下であり、さらに望ましくは34%以下である。

[0044] Cr : 20%~24% (溶接金属)

20%~24% (溶接材料)

クロム (Cr) は、高温での耐酸化性および耐食性の確保のために必須の元素である。また、微細な炭化物を形成してクリープ強度の確保にも寄与する。十分にその効果を得るために、Crは20%以上含有させる必要がある。しかしながら、Cr含有量が24%を超えると、高温でのオーステナイト組織の安定性が劣化して著しいクリープ強度の低下を招く。したがって、Cr含有量は、20%~24%とする。Cr含有量の下限は、望ましくは20.5%以上であり、さらに望ましくは21%以上である。Cr含有量の上限は、望ましくは23.5%以下であり、さらに望ましくは23%以下である。

[0045] W : 4.5%を超え7.5%以下 (溶接金属)

4.5%を超え7.5%以下 (溶接材料)

タングステン (W) は、マトリックスに固溶して、高温でのクリープ強度および引張強さの向上に大きく寄与する元素である。その効果を十分に発揮させるために、Wは少なくとも4.5%を超えた含有が必要である。しかしながら、Wは高価な元素であるため、Wの過剰の含有はコストの増大を招くとともに、組織安定性が低下する。そのため、W含有量の上限は7.5%以下とする。W含有量の下限は、望ましくは4.7%以上であり、さらに望ましくは5%以上であり、さらに望ましくは5.5%以上である。W含有量の

上限は、望ましくは7.3%以下であり、さらに望ましくは7%以下である。

- [0046] Nb : 0.05%~0.5% (溶接金属)  
0.05%~0.5% (溶接材料)

ニオブ (Nb) は、炭素および窒素との親和力が強く、微細な炭窒化物として粒内に析出し、溶接金属の高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。その効果を十分に得るために、Nbは0.05%以上含有させる必要がある。しかしながら、Nbの含有量が過剰になると、高温での使用初期の析出量が増加し、靱性の低下を招く。そのため、Nb含有量の上限は0.5%以下とする。Nb含有量の下限は、溶接金属および溶接材料ともに、望ましくは0.08%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。溶接金属のNb含有量の上限は、望ましくは0.48%以下であり、さらに望ましくは0.45%以下である。溶接材料のNb含有量の上限は、0.47%以下であり、さらに望ましくは0.4%以下である。

- [0047] V : 0.05%~0.4% (溶接金属)  
0.05%~0.35% (溶接材料)

バナジウム (V) は、Nbと同様、微細な炭窒化物を形成するが、Nbに比べて、炭素および窒素との親和力が弱い。そのため、Vは使用初期の靱性にNbほど影響を与えることなく、溶接金属のクリープ強度の向上に寄与する。この効果を得るために、Vは0.05%以上含有させる必要がある。しかしながら、Vを過剰に含有すると多量に析出するとともに、析出物の粗大化が著しくなり、クリープ強度および延性の低下を招く。そのため、V含有量の上限は、溶接金属では0.4%以下、溶接材料では0.35%以下とする。V含有量の下限は、望ましくは0.08%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。溶接金属のV含有量の上限は、望ましくは0.38%以下であり、さらに望ましくは0.35%以下である。溶接材料のV含有量の上限は、望ましくは0.32%以下であり、さらに望ましくは0.3%以下である。

[0048] N : 0.1%~0.35% (溶接金属)

0.1%~0.35% (溶接材料)

窒素 (N) は、オーステナイト組織を安定にするとともに、固溶強化または析出強化により高温強度の向上に寄与する。その効果を得るために、Nは0.1%以上含有させる必要がある。しかしながら、Nが0.35%を超えて含有されると、多量の窒化物が析出して、靱性の低下を招く。そのため、N含有量は0.1%~0.35%とする。N含有量の下限は、望ましくは0.12%以上であり、さらに望ましくは0.15%以上である。N含有量の上限は、望ましくは0.32%以下であり、さらに望ましくは0.3%以下である。

[0049] Al : 0.08%以下 (溶接金属)

0.08%以下 (溶接材料)

アルミニウム (Al) は、母材の製造時に脱酸剤として含有され、溶接材料の製造時にも脱酸剤として含有される。その結果、溶接金属にもAlが含有される。多量のAlを含有すると延性が低下する。そのため、Al含有量の上限は0.08%以下とする必要がある。Al含有量の上限は、望ましくは0.06%以下であり、さらに望ましくは0.04%以下である。なお、Al含有量の下限は特に設ける必要はないが、Al含有量の極端な低減は、製造コストの増大を招く。そのため、Al含有量の望ましい下限は0.0005%以上であり、さらには望ましい下限は0.001%以上である。

[0050] O : 0.08%以下 (溶接金属)

0.08%以下 (溶接材料)

酸素 (O) は、不純物として溶接金属中に含有される。しかしながら、Oの含有量が過剰になると、靱性および延性の劣化を招く。そのため、O含有量の上限は0.08%以下とする。O含有量の上限は、望ましくは0.06%以下であり、さらに望ましくは0.04%以下である。なお、Oの含有量について特に下限を設ける必要はないが、極端な低減は製造コストの上昇を招く。そのため、O含有量の望ましい下限は0.0005%以上であり、さ

らに望ましい下限は0.0008%以上である。

- [0051] B : 0.0005%~0.005% (溶接金属)  
0.0005%~0.005% (溶接材料)

ホウ素 (B) は炭化物を微細に分散させることにより、溶接金属のクリープ強度を向上させるとともに、粒界を強化して靱性の向上にも寄与する。その効果を発揮させるために、Bは0.0005%以上含有させる必要がある。しかしながら、Bは、過剰に含有すると、溶接中の凝固割れ感受性を高める。そのため、B含有量の上限は0.005%以下とする。B含有量の上限は、望ましくは0.004%以下であり、さらに望ましくは0.003%以下であり、さらに望ましくは、0.002%以下である。B含有量の望ましい下限は0.0007%以上であり、さらに望ましい下限は0.001%以上である。

- [0052]  $f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si$  :  
10以上

上述の通り、Nb、V、W、NおよびBはクリープ強度向上に寄与し、Siは低減させることでクリープ強度向上に寄与する。高温でのクリープ強度を確保するためには、 $f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si$  で求められる値を10以上とする必要がある。f<sub>n1</sub>は、望ましくは12以上であり、さらに望ましくは12.5以上であり、さらに望ましくは13以上である。

- [0053] 本実施形態によるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料の化学組成の残部は、Feおよび不純物である。

- [0054] 本実施形態によるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、Ti、Cu、Co、Mo、Ta、Ca、Mg、およびREMからなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有してもよい。これらの元素は、すべて選択元素である。すなわち、本実施形態のオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、これらの元素を含有していなくてもよい。下記に、各成分について説明す

る。

[0055] Ti : 0%~0.25% (溶接金属)

0%~0.25% (溶接材料)

チタン (Ti) は、Nb および V と同様、微細な炭窒化物を形成して、高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。そのため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Ti 含有量が過剰になると、Nb と同様に使用初期に多量に析出し、靱性の低下を招く。そのため、Ti 含有量の上限は、0.25%以下とする。Ti 含有量の上限は、望ましくは0.23%以下であり、さらに望ましくは0.2%以下である。Ti 含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0056] Cu : 0%~4% (溶接金属)

0%~4% (溶接材料)

銅 (Cu) は、オーステナイト組織の安定性を高めるとともに、微細に析出してクリープ強度の向上に寄与する。しかしながら、Cu を過剰に含有すると、延性の低下を招く。そのため、Cu 含有量の上限は4%以下とする。Cu 含有量の上限は、望ましくは3.8%以下であり、さらに望ましくは3.5%以下である。Cu 含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0057] Co : 0%~2% (溶接金属)

0%~2% (溶接材料)

コバルト (Co) は、Ni および Cu と同様、オーステナイト生成元素であり、オーステナイト組織の安定性を高めてクリープ強度の向上に寄与する。しかしながら、Co は、極めて高価な元素であるため、Co の過剰の含有は大幅なコスト増を招く。そのため、Co を含有する場合、Co 含有量の上限は2%以下とする。Co 含有量の上限は、望ましくは1.8%以下であり、さらに望ましくは1.5%以下である。Co 含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0058] Mo : 0%~2% (溶接金属)

0%~2% (溶接材料)

モリブデン (Mo) は、Wと同様、マトリックスに固溶して高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。しかしながら、Moは、過剰に含有すると組織安定性を低下させ、逆にクリープ強度を低下させる場合もある。さらに、Moは高価な元素であるため、過剰の含有はコストの増大を招く。そのため、Mo含有量の上限は2%以下とする。Mo含有量の上限は、望ましくは1.5%以下であり、さらに望ましくは1.2%以下である。Mo含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0059] Ta : 0%~1% (溶接金属)

0%~1% (溶接材料)

タンタル (Ta) は、炭窒化物を形成するとともに固溶強化元素として高温強度およびクリープ破断強度を向上させる。一方、Ta含有量が1%を超えると、鋼の加工性や機械的性質が損なわれる。そのため、Taを含有する場合、Ta含有量の上限は1%以下とする。Ta含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.05%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。Ta含有量の上限は、望ましくは0.7%以下であり、さらに望ましくは0.6%以下である。

[0060] Ca : 0%~0.02% (溶接金属)

0%~0.02% (溶接材料)

カルシウム (Ca) は、熱間変形能を改善する効果を有するため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Caの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、却って熱間変形能を劣化させる。そのため、Ca含有量の上限は0.02%以下とする。Ca含有量の上限は、望ましくは0.015%以下であり、さらに望ましくは0.01%以下である。Ca含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0061] Mg : 0%~0.02% (溶接金属)

0%~0.02% (溶接材料)

マグネシウム (Mg) は、Caと同様、熱間変形能を改善する効果を有するため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Mgの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、却って熱間変形能を劣化させる。そのため、Mg含有量の上限は0.02%以下とする。Mg含有量の上限は、望ましくは0.015%以下であり、さらに望ましくは0.01%以下である。Mg含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0062] REM : 0%~0.06% (溶接金属)

0%~0.06% (溶接材料)

希土類元素 (REM) は、CaおよびMgと同様、熱間変形能を改善する効果を有するため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、REMの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、却って熱間加工性を劣化させる。そのため、REM含有量の上限は0.06%以下とする。REM含有量の上限は、望ましくは0.04%以下であり、さらに望ましくは0.03%以下である。REM含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0063] なお、「REM」とはSc、Y、およびランタノイドの合計17元素の総称であり、REMの含有量はREMのうちの1種または2種以上の元素の合計含有量を指す。また、REMについては一般的にミッシュメタルに含有される。そのため、例えば、REMは、REMの含有量が上記の範囲となるように、ミッシュメタルの形で含有させてもよい。

[0064] REMは、溶融した状態で安定して存在させることが困難である。そのため、溶接継手の特性の安定性という観点からは、溶接材料にはREMを含有させないことが好ましい。

[0065] 本実施形態によるオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、通常の方法で製造することができる。例えば、上述した溶接材料の化学組成を有する合金を

溶解し、インゴットとし、熱間鍛造、熱間圧延、冷間圧延または冷間抽伸、熱処理などの工程を経て、外径数mm（例えば、1.0mm～2.4mm）の線材とすることで、溶接材料が得られる。

[0066] 本実施形態による溶接金属は、例えば、上述した溶接材料を用いて、オーステナイト系耐熱鋼を溶接することで製造することができる。

[0067] <溶接継手>

本発明の一実施形態による溶接継手は、上述した溶接金属と、オーステナイト系耐熱鋼の母材とを備える。溶接継手は、具体的には、継手部の溶接金属と、溶接金属を挟むオーステナイト系耐熱鋼からなる二つの母材とを有する。溶接継手の具体的形状、溶接継手を得るための溶接の具体的態様（溶接姿勢）は特に限定されず、例えば、鋼管に開先加工した後に突合せ溶接する場合、厚板に開先加工した後に突合せ溶接する場合などに適用すればよい。

[0068] <母材>

本実施形態による溶接継手の母材は、下記の化学組成を有することが望ましい。

[0069] C : 0.02%～0.14%

炭素（C）は、オーステナイト組織を安定にするとともに微細な炭化物を形成し、高温使用中のクリープ強度を向上させる。そのため、C含有量の下限は0.02%以上とすることが望ましい。しかしながら、Cが過剰に含有された場合、炭化物が多量に析出し、クリープ延性および靱性が低下する。そのため、C含有量の上限は0.14%以下とすることが望ましい。C含有量の上限は、さらに望ましくは0.03%以上であり、さらに望ましくは0.04%以上である。C含有量の下限は、さらに望ましくは0.13%以下であり、さらに望ましくは0.12%以下である。

[0070] Si : 0.05%～1%

ケイ素（Si）は、脱酸作用を有するとともに、高温での耐食性および耐酸化性の向上に有効な元素である。そのため、Si含有量の下限は0.05%以上とすることが望ましい。しかしながら、Siが過剰に含有された場合

には、組織安定上、Cr、NiおよびNからなる窒化物が析出し、母相中の固溶窒素量低下が生じ、クリープ強度の低下を招く。そのため、Si含有量の上限は1%以下とすることが望ましい。Si含有量の下限は、さらに望ましくは0.08%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。Si含有量の上限は、さらに望ましくは0.8%以下であり、さらに望ましくは0.5%以下である。

[0071] Mn : 0.1%~3%

マンガン (Mn) は、Siと同様、脱酸作用を有する。また、Mnは、オーステナイト組織の安定化に寄与する。そのため、Mn含有量の下限は0.1%以上とすることが望ましい。しかしながら、Mn含有量が過剰になると脆化を招き、さらに、クリープ延性の低下も生じる。そのため、Mn含有量の上限は3%以下とすることが望ましい。Mn含有量の下限は、さらに望ましくは0.3%以上であり、さらに望ましくは0.5%以上である。Mn含有量の上限は、さらに望ましくは2.5%以下であり、さらに望ましくは2%以下である。

[0072] P : 0.04%以下

リン (P) は、不純物として合金中に含まれ、溶接中に溶接熱影響部の結晶粒界に偏析して、液化割れ感受性を高める。さらに、長時間使用後のクリープ延性も低下させる。そのため、P含有量の上限は0.04%以下とすることが望ましい。P含有量の上限は、さらに望ましくは0.028%以下であり、さらに望ましくは0.025%以下である。なお、Pの含有量は可能な限り低減することが望ましいが、極度の低減は製造コストの増大を招く。そのため、P含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上、さらに望ましくは0.0008%以上である。

[0073] S : 0.002%以下

硫黄 (S) は、Pと同様に不純物として合金中に含まれ、溶接中に溶接熱影響部の結晶粒界に偏析して液化割れ感受性を高める。そのため、S含有量の上限は0.002%以下とすることが望ましい。S含有量の上限は、さら

に望ましくは0.0018%以下であり、さらに望ましくは0.0015%以下である。なお、S含有量は可能な限り低減することが望ましいが、極度の低減は製造コストの増大を招く。そのため、S含有量の下限は、さらに望ましくは0.0001%以上であり、さらに望ましくは0.0002%以上である。

[0074] Ni : 26%~35%

ニッケル (Ni) は、長時間使用時のオーステナイト組織の安定性を確保し、クリープ強度を確保するための元素である。そのため、Ni含有量の下限は26%以上とすることが望ましい。しかしながら、Niは高価な元素であり、多量の含有はコストの増大を招く。そのため、Ni含有量の上限は35%以下とすることが望ましい。Ni含有量の下限は、さらに望ましくは27%以上であり、さらに望ましくは28%以上である。Ni含有量の上限は、さらに望ましくは34%以下であり、さらに望ましくは33%以下である。

[0075] Cr : 20%~26%

クロム (Cr) は、高温での耐酸化性および耐食性の確保のための元素である。また、微細な炭化物を形成してクリープ強度の確保にも寄与する。そのため、Cr含有量の下限は20%以上とすることが望ましい。しかしながら、Cr含有量が26%を超えると、高温でのオーステナイト組織の安定性が劣化して、クリープ強度の低下を招く。したがって、Crの含有量は20%~26%とすることが望ましい。Cr含有量の下限は、さらに望ましくは20.5%以上であり、さらに望ましくは21%以上である。Cr含有量の上限は、望ましくは25.5%以下であり、さらに望ましくは25%以下である。

[0076] W : 1%~7%

タングステン (W) は、マトリックスに固溶して高温でのクリープ強度および引張強さの向上に大きく寄与する元素である。そのため、W含有量の下限は1%以上とすることが望ましい。しかしながら、Wを過剰に含有させて

も、その効果は飽和するか、場合によってはクリープ強度を低下させる。さらに、Wは高価な元素であるため、Wの過剰の含有はコストの増大を招く。そのため、W含有量の上限は7%以下とすることが望ましい。W含有量の下限は、さらに望ましくは1.2%以上であり、さらに望ましくは1.5%以上である。W含有量の上限は、望ましくは6.8%以下であり、さらに望ましくは6.5%以下である。

[0077] Nb : 0.01%~1%

ニオブ(Nb)は、微細な炭窒化物として粒内に析出し、高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。そのため、Nb含有量の下限は0.01%以上とすることが望ましい。しかしながら、Nbの含有量が過剰になると炭窒化物として多量に析出し、クリープ延性および靱性の低下を招く。そのため、Nb含有量の上限は1%以下とすることが望ましい。Nb含有量の下限は、さらに望ましくは0.05%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。Nb含有量の上限は、さらに望ましくは0.9%以下であり、さらに望ましくは0.8%以下である。

[0078] V : 0.01%~1%

バナジウム(V)は、Nbと同様、微細な炭窒化物を形成して高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。そのため、V含有量の下限は0.01%以上とすることが望ましい。しかしながら、Vの含有量が過剰になると多量に析出して、クリープ延性および靱性の低下を招く。そのため、V含有量の上限は1%以下とすることが望ましい。V含有量の下限は、さらに望ましくは0.05%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。V含有量の上限は、さらに望ましくは0.9%以下であり、さらに望ましくは0.8%以下である。

[0079] N : 0.1%~0.6%

窒素(N)は、オーステナイト組織を安定にするとともに、固溶または窒化物として析出し、高温強度の向上に寄与する。そのため、N含有量の下限は0.1%以上とすることが望ましい。しかしながら、Nが過剰に含有され

ると、長時間使用中に多量の微細窒化物が粒内に析出して、クリープ延性および靱性の低下も招く。そのため、Nの含有量の上限は0.6%以下とすることが望ましい。N含有量の下限は、望ましくは0.12%以上であり、さらに望ましくは0.15%以上である。N含有量の上限は、望ましくは0.58%以下であり、さらに望ましくは0.55%以下である。

[0080] B : 0.0005%~0.008%

ホウ素 (B) は、粒界炭化物を微細分散させることにより、クリープ強度を向上させるとともに、粒界に偏析して粒界強化に寄与する。そのため、B含有量の下限は0.0005%以上とすることが望ましい。しかしながら、B含有量が過剰になると、溶接中の熱影響部の液化割れ感受性を高める。そのため、B含有量の上限は0.008%以下とすることが望ましい。B含有量の上限は、さらに望ましくは0.006%以下であり、さらに望ましくは0.005%以下である。B含有量の下限は、望ましくは0.0006%以上であり、さらに望ましくは0.0008%以上である。

[0081] REM : 0.003%~0.06%

希土類元素 (REM) は、製造時の熱間変形能の改善に寄与する。そのため、REM含有量の下限は0.003%以上とすることが望ましい。しかしながら、REMの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、逆に熱間変形能を害する。そのため、REM含有量の上限は0.06%以下とすることが好ましい。REM含有量の上限は、さらに望ましくは0.04%以下であり、さらに望ましくは0.03%以下である。REM含有量の下限は、望ましくは0.005%以上であり、さらに望ましくは0.007%以上である。

[0082] Al : 0.3%以下

アルミニウム (Al) は、母材の製造時に脱酸剤として含有される。しかしながら、多量のAlを含有すると鋼の清浄性が劣化し、熱間加工性が低下する。そのため、Al含有量の上限は0.3%以下とすることが望ましい。Al含有量の上限は、さらに望ましくは0.25%以下であり、さらに望ま

しくは0.2%以下である。なお、Al含有量の下限は特に設ける必要はないが、極端な低減は製造コストの増大を招く。そのため、Al含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0083] O : 0.02%以下

酸素(O)は、不純物として合金中に含まれ、過剰に含有すると熱間加工性が低下するとともに、靱性および延性の劣化を招く。そのため、O含有量の上限は0.02%以下とすることが望ましい。O含有量の上限は、さらに望ましくは0.018%以下であり、さらに望ましくは0.015%以下である。なお、O含有量について特に下限を設ける必要はないが、極端な低減は製造コストの上昇を招く。そのため、O含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.0008%以上である。

[0084] 本実施形態による溶接継手の母材の化学組成の残部は、Feおよび不純物である。

[0085] 本実施形態による溶接継手の母材は、Ti、Co、Cu、Mo、Ta、Ca、およびMgからなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有してもよい。下記に、各成分について説明する。

[0086] Ti : 0%~0.5%

チタン(Ti)は、NbおよびVと同様、微細な炭窒化物を形成して、高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する。そのため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Ti含有量が過剰になると、Nbと同様に使用初期に多量に析出し、靱性の低下を招く。そのため、Ti含有量の上限は、0.5%以下とすることが望ましい。Ti含有量の上限は、さらに望ましくは0.3%以下であり、さらに望ましくは、0.2%以下である。Ti含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0087] Co : 0%~2%

コバルト(Co)は、NiおよびCuと同様、オーステナイト生成元素で

あり、オーステナイト組織の安定性を高めてクリープ強度の向上に寄与する。そのため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、C<sub>o</sub>は、極めて高価な元素であるため、C<sub>o</sub>の過剰の含有は大幅なコスト増を招く。そのため、C<sub>o</sub>含有量の上限は2%以下とすることが望ましい。C<sub>o</sub>含有量の上限は、さらに望ましくは1.8%以下であり、さらに望ましくは1.5%以下である。C<sub>o</sub>含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0088] Cu : 0%~4%

Cu（銅）は、オーステナイト組織の安定性を高めるとともに、使用中に微細に析出して、クリープ強度の向上に寄与する。そのため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Cuを過剰に含有すると、延性の低下を招く。そのため、Cu含有量の上限は4%以下とすることが望ましい。Cu含有量の上限は、さらに望ましくは3.8%以下であり、さらに望ましくは3.5%以下である。Cu含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0089] Mo : 0%~4%

モリブデン（Mo）は、Wと同様、マトリックスに固溶して高温でのクリープ強度および引張強さの向上に寄与する元素である。そのため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Moは、過剰に含有すると組織安定性を低下させ、逆にクリープ強度を低下させる場合もある。さらに、Moは高価な元素であるため、過剰の含有はコストの増大を招く。そのため、Mo含有量の上限は4%以下とすることが望ましい。Mo含有量の上限は、さらに望ましくは2%以下であり、さらに望ましくは1.2%以下である。Mo含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.03%以上である。

[0090] Ta : 0%~1%

タンタル（Ta）は、炭窒化物を形成するとともに固溶強化元素として高温強度およびクリープ破断強度を向上させる。そのため、必要に応じて含有

させてもよい。一方、T a含有量が1%を超えると、鋼の加工性や機械的性質が損なわれる。そのため、T a含有量の上限は1%以下とすることが望ましい。T a含有量の上限は、さらに望ましくは0.7%以下、さらに望ましくは0.6%以下である。T a含有量の下限は、望ましくは0.01%以上であり、さらに望ましくは0.05%以上であり、さらに望ましくは0.1%以上である。

[0091] Ca : 0%~0.02%

カルシウム (Ca) は、熱間変形能を改善する効果を有するため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Caの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、却って熱間変形能を劣化させる。そのため、Ca含有量の上限は0.02%以下とすることが望ましい。Ca含有量の上限は、さらに望ましくは0.015%以下であり、さらに望ましくは0.01%以下である。Ca含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0092] Mg : 0%~0.02%

マグネシウム (Mg) は、Caと同様、熱間変形能を改善する効果を有するため、必要に応じて含有させてもよい。しかしながら、Mgの過剰の含有は酸素と結合し、清浄性を著しく低下させて、却って熱間変形能を劣化させる。そのため、Mg含有量の上限は0.02%以下とすることが望ましい。Mg含有量の上限は、さらに望ましくは0.015%以下であり、さらに望ましくは0.01%以下である。Mg含有量の下限は、望ましくは0.0005%以上であり、さらに望ましくは0.001%以上である。

[0093] 本実施形態による溶接継手は、これに限定されないが、上述した溶接材料を用いて、上述した母材を溶接することで製造することができる。

## 実施例

[0094] 以下、実施例によって本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得るこ

とは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0095] [溶接材料]

表 1 に示す化学組成を有する材料（鋼材）を実験室溶解して鋳込んだインゴットから、熱間鍛造、熱間圧延、熱処理および機械加工により、次の 2 種類の板材を作製した。

板材（1）：板厚 4 mm、幅 100 mm、長さ 100 mm

板材（2）：板厚 4 mm、幅 200 mm、長さ 500 mm

さらに、板材（2）を用い、機械加工により、2 mm 角、500 mm 長さのカットフィラーを作製した。

[0096]

[表1]

TABLE 1

符号	化学組成(単位は質量%、残部はFe及び不純物)																fn1
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Nb	W	B	N	Al	O	Others		
1	0.086	0.20	0.50	<0.002	0.001	29.97	21.80	0.20	0.40	4.98	0.0018	0.16	0.005	0.007	-	14.37	
2	0.077	0.21	0.54	<0.002	0.001	28.50	21.60	0.20	0.39	4.66	0.0011	0.13	0.004	0.008	Cu:0.02, Co:0.02, Ti:0.01	11.91	
3	0.079	0.23	1.01	<0.002	0.001	29.52	21.83	0.20	0.40	4.92	0.0012	0.13	0.006	0.010	Cu:0.02, Mo:0.01, REM:0.01	12.03	
4	0.070	0.20	0.55	<0.002	0.001	29.06	21.70	0.20	0.29	5.51	0.0009	0.13	0.005	0.009	Ta:0.01	12.18	
5	0.079	0.22	0.53	<0.002	0.001	29.72	21.91	0.21	0.41	4.99	0.0013	0.14	0.007	0.013	Cu:2.95, Ca:0.001, Mg:0.001	13.02	
6	0.073	0.23	0.55	<0.002	0.001	28.64	21.59	0.20	0.38	6.57	0.0011	0.13	0.003	0.012	Cu:0.02	14.16	
7	0.098	0.40	0.42	<0.002	0.001	32.01	21.95	0.20	0.20	2.96*	0.0015	0.20	0.009	0.010	-	4.75*	
8	0.097	0.38	1.02	<0.002	0.001	29.87	21.98	0.20	0.38	5.01	-*	0.22	0.008	0.011	-	8.16*	
9	0.096	0.60*	1.03	<0.002	0.001	31.81	21.98	0.21	0.40	5.01	0.0015	0.23	0.007	0.009	-	5.43*	
10	0.096	0.40	1.03	<0.002	0.001	29.95	22.08	0.20	0.39	5.02	0.0007	0.25	0.005	0.014	-	9.38*	
11	0.096	0.40	1.03	<0.002	0.001	29.95	22.08	0.20	0.39	5.02	0.0053*	0.21	0.006	0.010	-	15.60	
12	0.085	0.30	1.05	<0.002	0.001	30.95	23.50	0.20	1.20*	4.96	0.0009	0.13	0.004	0.009	-	17.95	
13	0.076	0.23	0.56	<0.002	0.001	29.84	22.28	0.20	0.38	5.53	-*	0.15	0.005	0.008	-	11.35	

\*印は本発明の範囲から外れることを示す。

## [0097] [トランスバレストレイン試験]

上記の板材（１）から、トランスバレストレイン試験片を採取した。その後、溶接電流１００Ａ、溶接速度１５ｃｍ／ｍｉｎの条件にてＧＴＡＷによりビードオンプレート溶接を行った。溶融池が試験片の長手方向の中央部に到達したとき、試験片に曲げ変形を加え、溶接金属に付加歪みを与えて割れを発生させた。付加歪みは、最大割れ長さが飽和する２％とした。評価は、溶接金属内に生じた最大割れ長さを測定し、溶接材料が有する凝固割れ感受性の評価指標とした。割れ長さは、完全オーステナイト凝固するＡ１１０ｙ ８００Ｈ溶接金属のトランスバレストレイン試験により評価された最大割れ長さである１．３ｍｍ以下を目標とした。

## [0098] [クリープ破断試験]

板材（２）から作製したカットフィラーを用いて、シールドガスをＡｒとした手動ティグ溶接により開先面へのバタリング溶接後、開先内に積層溶接を行って全溶着金属試験片を作製した。なお、溶接に際しては、入熱を９ｋＪ／ｃｍ～１２ｋＪ／ｃｍとし、層間温度は１５０℃以下とした。溶接前熱処理（予熱）および溶接後熱処理は実施しなかった。その後、全溶着金属部から丸棒クリープ破断試験片を採取した。そして、７５０℃、１２７ＭＰａの条件でクリープ破断試験を行い、この条件で目標とされる破断時間が１０００時間を超えるものを「合格」とし、１０００時間以下であるものを不合格とした。

[0099] 表２に、上記各試験の結果を併せて示す。

[0100]

[表2]

TABLE 2

符号	最大割れ長さ判定	クリープ強度判定
1	合格	合格
2	合格	合格
3	合格	合格
4	合格	合格
5	合格	合格
6	合格	合格
7	合格	不合格
8	合格	不合格
9	合格	不合格
10	合格	不合格
11	不合格	合格
12	不合格	合格
13	合格	不合格

[0101] 表2から、化学組成が本発明で規定する範囲にある符号1～6の溶接材料は、溶接高温割れ感受性が低く、かつ目標とされるクリープ破断時間を満足することが明らかである。

[0102] これに対して、W含有量が本発明の範囲より低い符号7の溶接材料、Bを含有していない符号8および符号13の溶接材料、ならびにSi含有量が本発明の範囲より高い符号9の溶接材料は、高温割れ感受性は低いもののクリープ強度が目標を下回った。本発明の成分範囲を満足するもののfn1の値が低かった符号10の溶接材料は、高温割れ感受性は低いもののクリープ強度が目標を下回った。またB含有量が本発明の範囲より高い符号11の溶接材料、Nb含有量が本発明の範囲より高い符号12の溶接材料は、クリープ強度は問題ないものの高温割れ感受性が増大した。

[0103] このように、本発明の要件を満足する溶接材料は、高温割れ感受性が低く、クリープ強度をも満足することがわかる。これによって、本発明のオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料は、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼を溶接するのに好適な溶接材料となり得ることが分かる。

[0104] [溶接金属および溶接接手]

表3に示す化学組成を有する材料を実験室溶解して鑄込んだインゴットが

ら、熱間鍛造、熱間圧延、冷間圧延、熱処理および機械加工により、板厚12 mm、幅50 mm、長さ120 mmの板材（板材（1））を作製した。板材（1）は溶接用母材とした。

[0105] さらに、表4に示す化学組成を有する材料を実験室溶解して鋳込んだインゴットから、熱間鍛造、熱間圧延、熱処理および機械加工により、板厚4 mm、幅200 mm、長さ500 mmの板材（板材（2））を作製した。板材（2）から、機械加工により、2 mm角、500 mm長さのカットフィラーを作製した。

[0106]

[表3]

TABLE 3

母材の化学組成(単位は質量%、残部はFe及び不純物)

符号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Nb	W	B	N	Al	O	REM	Others
A	0.080	0.20	0.51	0.015	0.001	29.62	21.64	0.21	0.20	4.54	0.0029	0.19	0.025	0.005	0.02	Cu:0.01
B	0.080	0.18	1.01	0.015	0.001	29.92	21.77	0.20	0.19	4.98	0.0028	0.18	0.027	0.008	0.01	-
C	0.077	0.38	1.05	0.003	0.001	30.71	22.27	0.21	0.28	4.04	0.0026	0.17	0.026	0.006	0.03	Ti:0.02, Co:0.02, Mo:0.03
D	0.084	0.19	0.53	0.015	0.001	29.9	21.88	0.19	0.32	4.37	0.0027	0.21	0.023	0.008	0.02	Ta:0.03, Ca:0.001, Mg:0.002

[0107] [表4]

カッタフライヤーの化学組成 (単位は質量%、残部はFe及び不純物)

符号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Nb	W	B	N	Al	O	Others
E	0.081	0.22	0.54	<0.002	0.001	29.86	21.75	0.20	0.39	4.92	0.0014	0.15	0.006	0.008	-
F	0.080	0.21	0.51	<0.002	0.001	29.52	21.46	0.20	0.35	4.98	0.0012	0.13	0.005	0.007	Cu:0.01, Co:0.02, Ti:0.01
G	0.080	0.31	0.98	<0.002	0.001	31.87	21.43	0.19	0.36	5.59	0.0011	0.16	0.006	0.009	Mo:0.01, Ta:0.01, REM:0.01
H	0.073	0.23	0.43	<0.002	0.001	29.95	21.89	0.20	0.39	6.51	0.0013	0.14	0.007	0.011	Cu:0.03, Ca:0.001, Mg:0.001
I	0.096	0.32	0.55	<0.002	0.001	31.85	21.78	0.20	0.21	3.05	0.0015	0.12	0.005	0.013	Cu:0.01
J	0.081	0.65	0.52	<0.002	0.001	29.56	21.59	0.21	0.41	5.05	0.0012	0.21	0.005	0.012	Cu:0.01
K	0.075	0.31	0.54	<0.002	0.001	30.54	22.09	0.20	0.38	4.92	0.0055	0.16	0.004	0.009	-
L	0.081	0.28	1.02	<0.002	0.001	30.81	22.98	0.19	1.19	4.95	0.0010	0.13	0.005	0.010	-
M	0.08	0.51	0.56	<0.002	0.001	29.89	22.15	0.2	0.36	5.02	0.0009	0.18	0.005	0.008	-

[0108] 上記の板材 (1) の長手方向に、角度 30°、ルート面 (ルートフェイス) 1 mm の V 開先を加工した後、市販の鋼板 (J I S G 3 1 6 0 (20

08) に規定のSM400B、厚さ25mm、幅150mm、長さ200mm) 上に、被覆アーク溶接棒(JIS Z3224(1999)に規定の「DNiCrFe-3」) を用いて、四周を拘束溶接した。

[0109] その後、作製したカットフィラーを用いて、シールドガスをArとした手動ティグ溶接により開先内に積層溶接を行って溶接継手を作製した。なお、溶接に際しては、入熱を $9\text{kJ/cm} \sim 15\text{kJ/cm}$ とした。

[0110] 得られた溶接継手の溶接金属を長手方向に垂直に切断した断面において、幅方向中央かつ板厚方向中央をドリルで1mm程度切削して切粉を採取し、溶接金属の化学分析を行った。表5にその結果を示す。

[0111]

[表5]

TABLE 5

符号	母材	カト ライン	溶接金属の化学組成(単位は質量%、残部はFe及び不純物)														fn1		
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Nb	W	B	N	Al	O		Others	
A1	A	E	0.079	0.20	0.52	<0.002	0.001	29.76	21.71	0.22	0.38	4.86	0.0011	0.12	0.005	0.008	Cu:0.01	12.14	
A2		F	0.075	0.22	0.52	<0.002	0.001	29.55	21.51	0.22	0.36	4.95	0.0014	0.13	0.004	0.008	Cu:0.01, Co:0.01, Ti:0.01	12.33	
A3		G	0.081	0.29	0.94	<0.002	0.001	31.82	21.49	0.18	0.34	5.42	0.001	0.15	0.007	0.010	Mo:0.01, Ta:0.01, REM:0.01	10.50	
A4		H	0.071	0.21	0.42	<0.002	0.001	29.91	21.82	0.22	0.41	6.41	0.001	0.14	0.008	0.013	Cu:0.02, Ca:0.001, Mg:0.001	14.89	
A5		I	0.095	0.31	0.5	<0.002	0.001	31.87	21.65	0.2	0.19	3.01*	0.0014	0.14	0.006	0.015	Cu:0.01	5.55*	
A6		J	0.074	0.62*	0.46	<0.002	0.001	29.46	21.45	0.23	0.38	4.98	0.0013	0.2	0.006	0.012	Cu:0.01	4.04*	
A7		K	0.076	0.28	0.58	<0.002	0.001	30.47	22.18	0.21	0.34	4.91	0.0053*	0.16	0.007	0.011	-	16.92	
A8		L	0.083	0.32	1.05	<0.002	0.001	30.8	22.87	0.18	1.15*	4.85	0.0011	0.13	0.005	0.010	-	16.85	
A9		M	0.078	0.49	0.55	<0.002	0.001	29.85	22.01	0.19	0.33	4.99	0.0007	0.16	0.004	0.009	-	*4.69	
B1	B	E	0.076	0.21	0.50	<0.002	0.001	29.86	21.73	0.19	0.37	4.88	0.001	0.14	0.004	0.009	-	11.97	
B2		F	0.077	0.25	0.52	<0.002	0.001	29.45	21.49	0.20	0.33	4.92	0.0009	0.14	0.005	0.009	Cu:0.01, Co:0.01, Ti:0.01	10.50	
B3		G	0.075	0.33	0.93	<0.002	0.001	31.85	21.35	0.22	0.35	5.44	0.0013	0.15	0.007	0.011	Mo:0.01, Ta:0.01, REM:0.01	10.46	
B4		H	0.071	0.21	0.41	<0.002	0.001	29.90	21.86	0.21	0.36	6.41	0.0009	0.13	0.005	0.012	Cu:0.01, Ga:0.001, Mg:0.001	14.04	
B5		I	0.090	0.31	0.50	<0.002	0.001	31.75	21.72	0.20	0.22	2.94*	0.0010	0.13	0.004	0.014	Cu:0.01	4.94*	
B6		J	0.076	0.63*	0.49	<0.002	0.001	29.59	21.63	0.21	0.38	5.03	0.0009	0.19	0.006	0.012	Cu:0.01	2.75*	
B7		K	0.068	0.29	0.52	<0.002	0.001	30.44	21.98	0.21	0.36	4.91	0.0052*	0.16	0.005	0.001	-	16.72	
B8		L	0.077	0.26	0.96	<0.002	0.001	30.75	22.82	0.18	1.07*	4.87	0.0009	0.13	0.004	0.011	-	17.18	
B9		M	0.076	0.48	0.5	<0.002	0.001	29.84	22.13	0.2	0.34	4.95	0.0008	0.15	0.005	0.008	-	*5.03	
C1	C	E	0.076	0.21	0.56	<0.002	0.001	29.85	21.85	0.20	0.37	4.71	0.0011	0.13	0.005	0.008	Co:0.01, Ti:0.01, Mo:0.01	11.77	
C2		F	0.079	0.19	0.48	<0.002	0.001	29.41	21.42	0.19	0.32	4.92	0.0011	0.13	0.004	0.006	Cu:0.01, Co:0.02, Ti:0.02, Mo:0.03	11.98	
C3		G	0.078	0.28	0.92	<0.002	0.001	31.74	21.43	0.21	0.34	5.44	0.0008	0.14	0.006	0.008	Ti:0.02, Co:0.02, Mo:0.01, Ta:0.01, REM:0.01	10.66	
C4		M	0.072	0.22	0.37	<0.002	0.001	29.94	21.81	0.22	0.35	6.41	0.0010	0.12	0.007	0.011	Cu:0.02, Ti:0.01, Co: 0.01, Mo:0.01, Ca:0.001, Mg:0.001	13.72	
D1		D	E	0.082	0.22	0.53	<0.002	0.001	29.88	21.82	0.20	0.38	4.75	0.001	0.12	0.006	0.009	Ta:0.01, Ga:0.001, Mg:0.001	11.33
D2			F	0.078	0.20	0.50	<0.002	0.001	29.39	21.46	0.19	0.34	4.95	0.0010	0.13	0.004	0.008	Cu:0.01, Co:0.01, Ti:0.01, Ta:0.01, Ca:0.001, Mg:0.001	11.83
D3			G	0.079	0.29	0.92	<0.002	0.001	30.82	21.42	0.20	0.36	5.51	0.0011	0.14	0.006	0.009	Mo:0.01, Ta:0.01, Ca:0.001, Mg:0.001, REM:0.01	11.07
D4			M	0.067	0.20	0.40	<0.002	0.001	29.84	21.85	0.22	0.38	6.49	0.0008	0.12	0.006	0.010	Cu:0.01, Ta:0.01, Ca:0.001, Mg:0.001	14.34

\*印は本発明の範囲から外れることを示す。

## [0112] [耐溶接割れ性]

作製した各溶接継手の溶接金属の5カ所から、観察面が継手の横断面（溶接ビードと垂直な断面）になるように試料を採取した。採取した試料を鏡面研磨、腐食した後、光学顕微鏡によって検鏡し、溶接金属部における割れの有無を調査した。5個の試料のすべてで割れが観察されなかった溶接継手、1個の試料で割れが観察された溶接継手を「合格」と判断した。2個以上の試料で割れが観察された溶接継手を「不合格」と判断した。

## [0113] [クリープ破断試験]

各溶接継手から、溶接金属を平行部中央とした丸棒クリープ破断試験片を採取した。そして、750℃、127MPaの条件でクリープ破断試験を行い、その破断時間が母材の目標破断時間のおよそ80%である1000時間を超えるものを「合格」とし、1000時間以下であるものを「不合格」とした。

[0114] 表6に、上記各試験の結果を併せて示す。

[0115]

[表6]

TABLE 6

符号	母材	カット ファイバー	溶接割れ 判定	クリープ強 度判定
A1	A	E	合格	合格
A2		F	合格	合格
A3		G	合格	合格
A4		H	合格	合格
A5		I	合格	不合格
A6		J	合格	不合格
A7		K	不合格	合格
A8		L	不合格	合格
A9		M	合格	不合格
B1	B	E	合格	合格
B2		F	合格	合格
B3		G	合格	合格
B4		H	合格	合格
B5		I	合格	不合格
B6		J	合格	不合格
B7		K	不合格	合格
B8		L	不合格	合格
B9		M	合格	不合格
C1	C	E	合格	合格
C2		F	合格	合格
C3		G	合格	合格
C4		M	合格	合格
D1	D	E	合格	合格
D2		F	合格	合格
D3		G	合格	合格
D4		M	合格	合格

[0116] 表6から、化学組成が本発明で規定する範囲にある符号A1～A4、B1～B4、C1～C4、およびD1～D4の溶接金属を有する溶接継手は、溶接高温割れ感受性が低く、かつクリープ破断時間が母材の目標破断時間の80%以上を満足することが明らかである。

[0117] これに対して、符号A5およびB5の溶接金属を有する溶接継手では、溶接金属のW含有量が、本発明の範囲の下限である4.5%超を下回ったため、クリープ強度が目標を下回った。さらに、符号A6およびB6の溶接金属を有する溶接継手では、溶接金属のSi含有量が、本発明の範囲の上限である0.6%を超えたため、クリープ強度が目標を下回った。また、符号A7およびB7の溶接金属を有する溶接継手では、溶接金属のB含有量が、本発明の範囲の上限である0.005%を超えたため、溶接高温割れ感受性が増

大した。さらに、符号A8およびB8の溶接金属を有する溶接継手では、溶接金属のNb含有量が、本発明の範囲の上限である0.5%を超えたため、溶接高温割れ感受性が増大した。また、符号A9およびB9の溶接金属を有する溶接継手では、 $f_{n1}$ の値が10.0未満であったため、クリープ強度が目標を下回った。

[0118] このように、本発明の要件を満足する溶接金属は、高温割れ感受性が低く、溶接構造物として必要なクリープ強度をも満足しているため、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼の性能を十分活用し得ることが分かる。

### 産業上の利用可能性

[0119] 本発明を活用すれば、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼を溶接構造物として使用する際に、その性能を十分活用し得る、高温割れ感受性が低く、クリープ強度に優れるオーステナイト系耐熱鋼溶接金属およびそれを有する溶接継手を提供できる。そのため、本発明の溶接金属とそれを有する溶接継手は、高窒素高ニッケル含有オーステナイト系耐熱鋼を、火力発電用ボイラ等、高温で使用される機器に適用される溶接構造物を構成する溶接金属とそれを有する溶接継手として有用である。

## 請求の範囲

## [請求項1]

化学組成が、質量%で、

C : 0.06%~0.14%、

Si : 0.1%~0.6%、

Mn : 0.1%~1.8%、

P : 0.025%以下、

S : 0.003%以下、

Ni : 25%~35%、

Cr : 20%~24%、

W : 4.5%を超え7.5%以下、

Nb : 0.05%~0.5%、

V : 0.05%~0.4%、

N : 0.1%~0.35%、

Al : 0.08%以下、

O : 0.08%以下、

B : 0.0005~0.005%、

Ti : 0%~0.25%、

Cu : 0%~4%、

Co : 0%~2%、

Mo : 0%~2%、

Ta : 0%~1%、

Ca : 0%~0.02%、

Mg : 0%~0.02%、

REM : 0%~0.06%、

残部 : Feおよび不純物であり、

下記式(1)で表される $f_{n1}$ が10以上である、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属。

$$f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 2$$

5 S i . . . ( 1 )

式 ( 1 ) 中の N b、 V、 W、 N、 B、 および S i 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に記載のオーステナイト系耐熱鋼溶接金属であって、前記化学組成が、質量%で、  
T i : 0 . 0 1 % ~ 0 . 2 5 %、  
C u : 0 . 0 1 % ~ 4 %、  
C o : 0 . 0 1 % ~ 2 %、  
M o : 0 . 0 1 % ~ 2 %、  
T a : 0 . 0 1 % ~ 1 %、  
C a : 0 . 0 0 0 5 % ~ 0 . 0 2 %、  
M g : 0 . 0 0 0 5 % ~ 0 . 0 2 %、 および  
R E M : 0 . 0 0 0 5 % ~ 0 . 0 6 %、  
からなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有する、オーステナイト系耐熱鋼溶接金属。

[請求項3] 請求項1または2に記載のオーステナイト系耐熱鋼溶接金属と、オーステナイト系耐熱鋼の母材とを備える、溶接継手。

[請求項4] 請求項3に記載の溶接継手であって、前記母材の化学組成が、質量%で、  
C : 0 . 0 2 % ~ 0 . 1 4 %、  
S i : 0 . 0 5 % ~ 1 %、  
M n : 0 . 1 % ~ 3 %、  
P : 0 . 0 4 % 以下、  
S : 0 . 0 0 2 % 以下、  
N i : 2 6 % ~ 3 5 %、  
C r : 2 0 % ~ 2 6 %、  
W : 1 % ~ 7 %、  
N b : 0 . 0 1 % ~ 1 %、

V : 0.01%~1%、  
N : 0.1%~0.6%、  
B : 0.0005%~0.008%、  
REM : 0.003%~0.06%、  
Al : 0.3%以下、  
O : 0.02%以下、  
Ti : 0%~0.5%、  
Co : 0%~2%、  
Cu : 0%~4%、  
Mo : 0%~4%、  
Ta : 0%~1%、  
Ca : 0%~0.02%、  
Mg : 0%~0.02%、  
残部 : Fe および不純物である、溶接継手。

## [請求項5]

請求項4に記載の溶接継手であって、

前記母材の化学組成が、質量%で、

Ti : 0.01%~0.5%、  
Co : 0.01%~2%、  
Cu : 0.01%~4%、  
Mo : 0.01%~4%、  
Ta : 0.01%~1%、  
Ca : 0.0005%~0.02%、および  
Mg : 0.0005%~0.02%、

からなる群から選択される1種または2種以上を含有する、溶接継手。

## [請求項6]

化学組成が、質量%で、

C : 0.06%~0.14%、  
Si : 0.1%~0.4%、

Mn : 0.1%~1.2%、  
P : 0.01%以下、  
S : 0.003%以下、  
Ni : 28%~35%、  
Cr : 20%~24%、  
W : 4.5%を超え7.5%以下、  
Nb : 0.05%~0.5%、  
V : 0.05%~0.35%、  
N : 0.1%~0.35%、  
Al : 0.08%以下、  
O : 0.08%以下、  
B : 0.0005~0.005%、  
Ti : 0%~0.25%、  
Cu : 0%~4%、  
Co : 0%~2%、  
Mo : 0%~2%、  
Ta : 0%~1%、  
Ca : 0%~0.02%、  
Mg : 0%~0.02%、  
REM : 0%~0.06%、  
残部 : Feおよび不純物であり、

下記式(1)で表される $f_{n1}$ が10以上である、オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料。

$$f_{n1} = 10(Nb + V) + 1.5W + 20N + 1500B - 25Si \dots (1)$$

式(1)中のNb、V、W、N、B、およびSiには、対応する元素の含有量が質量%で代入される。

[請求項7]

請求項6に記載のオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料であって、

前記化学組成が、質量%で、

Ti : 0.01%~0.25%、

Cu : 0.01%~4%、

Co : 0.01%~2%、

Mo : 0.01%~2%、

Ta : 0.01%~1%、

Ca : 0.0005%~0.02%、

Mg : 0.0005%~0.02%、および

REM : 0.0005%~0.06%、

からなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有する、  
オーステナイト系耐熱鋼用溶接材料。

[請求項8]

請求項4に記載の溶接継手を製造する方法であって、

請求項4に記載の化学組成を有する母材を、請求項6に記載のオーステナイト系耐熱鋼用溶接材料を用いて溶接する、溶接継手の製造方法。

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/040656

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. C22C38/00 (2006.01) i, B23K35/30 (2006.01) i, C22C38/58 (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)

Int.Cl. C22C38/00-38/60, B23K35/00-35/40

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2001-107196 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 17 April 2001 (Family: none)	1-8
A	JP 2017-166004 A (SANYO SPECIAL STEEL CO., LTD.) 21 September 2017 (Family: none)	1-8
A	WO 2016/204005 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 22 December 2016 & US 2018/0142334 A1 & EP 3309274 A1 & CA 2982247 A1 & KR 10-2017-0128549 A & CN 107532258 A	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 19.12.2018	Date of mailing of the international search report 08.01.2019
---	--

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, B23K35/30(2006.01)i, C22C38/58(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. C22C38/00-38/60, B23K35/00-35/40

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2001-107196 A（住友金属工業株式会社）2001.04.17（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2017-166004 A（山陽特殊製鋼株式会社）2017.09.21（ファミリーなし）	1-8
A	WO 2016/204005 A1（新日鐵住金株式会社）2016.12.22 & US 2018/0142334 A1 & EP 3309274 A1 & CA 2982247 A1 & KR 10-2017-0128549 A & CN 107532258 A	1-8

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 19.12.2018	国際調査報告の発送日 08.01.2019
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 静野 朋季 電話番号 03-3581-1101 内線 3435