

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7054079号
(P7054079)

(45)発行日 令和4年4月13日(2022.4.13)

(24)登録日 令和4年4月5日(2022.4.5)

(51)国際特許分類	F I	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z
C 2 2 C 38/58 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 2 H
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C 38/58	
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 2 C 38/60	
	C 2 1 D 9/46	Z

請求項の数 3 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-554682(P2021-554682)	(73)特許権者	000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(86)(22)出願日	令和3年1月28日(2021.1.28)	(74)代理人	110001542 特許業務法人銀座マロニエ特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/003049	(72)発明者	今山 輝 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(87)国際公開番号	WO2021/157466	(72)発明者	J F E スチール株式会社内
(87)国際公開日	令和3年8月12日(2021.8.12)	(72)発明者	黒沼 洋太 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
審査請求日	令和3年9月10日(2021.9.10)	(72)発明者	J F E スチール株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2020-18754(P2020-18754)	(72)発明者	寒澤 至 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(32)優先日	令和2年2月6日(2020.2.6)	(72)発明者	J F E スチール株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	嶋村 純二
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 二相ステンレスクラッド鋼およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

母材鋼板の少なくとも片面に二相ステンレス鋼層を有する二相ステンレスクラッド鋼の合せ材の成分組成が、質量%で、C : 0 . 0 3 0 % 以下、S i : 1 . 0 0 % 以下、M n : 2 . 0 0 % 以下、P : 0 . 0 4 0 % 以下、S : 0 . 0 0 5 0 % 以下、N i : 6 . 0 0 ~ 8 . 0 0 %、C r : 2 3 . 0 0 ~ 2 6 . 0 0 %、M o : 2 . 5 0 ~ 4 . 0 0 %、N : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 %、O : 0 . 0 1 0 0 % 以下を含み、下記 (1) 式で表される P I 値が 3 6 . 0 超え 4 0 . 0 以下の範囲にあり、残部が F e および不可避的不純物からなり、該合せ材の素材は、下記 (2) 式で表される X 値が 3 0 以上を満たす板厚範囲が全厚の 1 0 % 以下であり、

前記合せ材は、下記 (3) 式で表される X c 値が 4 0 以下であることを特徴とする二相ステンレスクラッド鋼。

$$P I = C r + 3 . 3 M o + 1 6 N \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$X = 6 0 S i + 4 0 M o \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$X c = 6 0 S i + 4 0 M o \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

ただし、上記式中、元素記号は各元素の質量%を示し、

$$S i = S i (分析位置) - S i (0 . 2 5 t 位置)、$$

$$M o = M o (分析位置) - M o (0 . 2 5 t 位置)、$$

$$S i = S i (0 . 5 t 位置) - S i (0 . 2 5 t 位置)、$$

$$M o = M o (0 . 5 t 位置) - M o (0 . 2 5 t 位置)、$$

t : 合せ材の板厚
を表す。

【請求項 2】

前記合せ材の成分組成が、さらに質量%で、A群[Cu:0.01~1.50%、W:0.01~2.00%、Co:0.01~1.50%およびV:0.01~0.80%から選ばれる少なくとも1種]、B群[Ti:0.01~0.10%およびNb:0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、C群[Sn:0.01~0.20%およびSb:0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、D群[Zr:0.01~0.20%、Mg:0.0005~0.0100%、Ca:0.0005~0.0100%、REM:0.01~0.20%およびB:0.0005~0.0200%から選ばれる少なくとも1種]およびE群[Al:0.003~0.080%]から選ばれる少なくとも1群の成分を含有することを特徴とする請求項1に記載の二相ステンレスクラッド鋼。

10

【請求項 3】

請求項1または2に記載の成分組成の合せ材を素材とする二相ステンレスクラッド鋼の製造方法において、前記合せ材素材に圧下比5.0超えの熱間圧延を施して、圧延体を形成する工程と、前記母材となる母材素材および前記合せ材の圧延体を組み合わせた後、合せ材の圧延体部分を1150以上の温度域において60分以上加熱し、続いて圧下比3.0以上の熱間圧延を施し、圧延体を形成する工程を含む、ここで、圧下比は圧下前の板厚を圧下後の板厚で除したものであり、前記合せ材の成分組成は前記(1)式で表されるPI値が36.0超え40.0以下の範囲にあり、前記合せ材の素材は、前記(2)式で表されるX値が30以上を満たす板厚範囲が全厚の10%以下であり、前記合せ材は、前記(3)式で表されるXc値が40以下である、ことを特徴とする二相ステンレスクラッド鋼の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばケミカルタンカーのカーゴタンク、化学プラントの反応容器や港湾構造物などに用いられる二相ステンレスクラッド鋼およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

クラッド鋼は、異種金属を金属学的に接合させたもので、めっきとは異なり剥離する心配がなく、単一金属及び合金では達し得ない特性を持たせることができる。クラッド鋼は、使用環境毎の目的に合った機能を有する合せ材を選択することにより、無垢材と同等の機能を発揮させることができる。例えば、合せ材に高い耐食性の高合金鋼材を用い、母材に普通鋼材を用いて、二種類の性質の異なる金属材を貼り合わせた高合金クラッド鋼が知られている。さらに、クラッド鋼の母材には、耐食性以外の高靱性や高強度といった厳しい環境に適した炭素鋼、低合金鋼を適用することができる。

30

【0003】

このように、クラッド鋼は無垢材よりもCr、NiおよびMo等の合金元素の使用量が少なく、かつ、無垢材と同等の防錆性能を確保でき、さらに炭素鋼および低合金鋼と同等の強度および靱性を確保できるため、経済性と機能性が両立できるという利点を有する。以上から、高合金の合せ材を用いたクラッド鋼は非常に有益な機能性鋼材であると考えられており、近年そのニーズが各種産業分野で益々高まっている。また、最近、より腐食性の高い化学薬品用のタンクや反応容器向けにクラッド鋼の使用が増えていることを背景に、より高い耐食性がクラッド鋼に求められている。

40

【0004】

たとえば、特許文献1には、合せ材のSi量を低く抑えることで相の析出を抑制した、耐孔食性に優れた二相ステンレスクラッド鋼が開示されている。

【0005】

また、特許文献2には、合せ材の酸化物系介在物中のCa/Alを制御した、耐孔食性に

50

優れる二相ステンレスクラッド鋼が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2014-114466号公報

特開2018-028146号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、クラッド鋼の合せ材となる高合金鋼材素材の板厚中央部には、鑄造時に含有元素の偏析が生じやすい。そのため、クラッド鋼の合せ材では、板厚中央部の偏析位置において、CrやMoなどの耐食元素を多量に含有した析出物が生成し、析出物の周囲に耐食元素の欠乏層が形成されることで、耐食性が劣化しやすい。また、Siが中心部に濃化すると耐食性に悪影響を与える金属間化合物を生じやすくなる。通常、クラッド鋼の合せ材の表面のみが腐食環境に晒されるが、クラッド鋼の加工時における疵、内容物などによる機械的損傷や腐食によって、合せ材の板厚中央部が腐食環境にさらされる場合がある。偏析によって耐食性に有害な析出物が生成した合せ材の板厚中央部が腐食環境にさらされると、耐食性の低い合せ材の板厚中央部を腐食が急速に進展し、構造物の信頼性が著しく損なわれる。

10

【0008】

しかしながら、上述した特許文献1、特許文献2のクラッド鋼の場合、合せ材の板厚中央位置における耐食性の担保については、何ら言及されておらず、クラッド鋼の合せ材における板厚中央位置における耐食性の劣化が解決されているとは言い難い。

20

【0009】

そこで、本発明は、上記事情に鑑み、合せ材の成分、合せ材素材の中心偏析およびクラッド鋼合せ材の中心偏析部の元素濃度を規定することにより、合せ材の板厚中心部まで耐食性に優れる二相ステンレスクラッド鋼およびそ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】

【0010】

上記課題を解決し、上記の目的を実現するため開発した本発明にかかる二相ステンレスクラッド鋼板は、母材鋼板の少なくとも片面に二相ステンレス鋼層を有する二相ステンレスクラッド鋼の合せ材の成分組成が、質量%で、C：0.030%以下、Si：1.00%以下、Mn：2.00%以下、P：0.040%以下、S：0.0050%以下、Ni：6.00～8.00%、Cr：23.00～26.00%、Mo：2.50～4.00%、N：0.10～0.30%、O：0.0100%以下を含み、下記(1)式で表されるPI値が36.0を超え40.0以下の範囲にあり、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、該合せ材の素材は、下記(2)式で表されるX値が30以上を満たす板厚範囲が全厚の10%以下であり、前記合せ材は、下記(3)式で表されるXc値が40以下であることを特徴としている。

30

$$PI = Cr + 3.3Mo + 16N \quad \dots (1)$$

40

$$X = 60Si + 40Mo \quad \dots (2)$$

$$Xc = 60Si + 40Mo \quad \dots (3)$$

ただし、上記式中、元素記号は各元素の質量%を示し、 $Si = Si(\text{分析位置}) - Si(0.25t\text{位置})$ 、 $Mo = Mo(\text{分析位置}) - Mo(0.25t\text{位置})$ 、 $Si = Si(0.5t\text{位置}) - Si(0.25t\text{位置})$ 、 $Mo = Mo(0.5t\text{位置}) - Mo(0.25t\text{位置})$ 、t：合せ材の板厚を表す。

【0011】

なお、本発明にかかる二相ステンレスクラッド鋼については、

前記合せ材の成分組成が、さらに質量%で、A群[Cu：0.01～1.50%、W：0.01～2.00%、Co：0.01～1.50%およびV：0.01～0.80%から

50

選ばれる少なくとも1種]、B群[Ti: 0.01~0.10%およびNb: 0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、C群[Sn: 0.01~0.20%およびSb: 0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、D群[Zr: 0.01~0.20%、Mg: 0.0005~0.0100%、Ca: 0.0005~0.0100%、REM: 0.01~0.20%およびB: 0.0005~0.0200%から選ばれる少なくとも1種]およびE群[Al: 0.003~0.080%]から選ばれる少なくとも1群の成分を含有すること、

がより好ましい解決手段になり得るものと考えられる。

【0012】

また、上記課題を解決し、上記の目的を実現するため開発した本発明にかかる二相ステンレスクラッド鋼板の製造方法は、上記いずれかの合せ材を素材とし、前記合せ材素材に圧下比5.0超えの熱間圧延を施して、圧延体を形成する工程と、前記母材となる母材素材および前記合せ材の圧延体を組み合わせた後、合せ材の圧延体部分を1150以上の温度域において60分以上加熱し、続いて圧下比3.0以上の熱間圧延を施し、圧延体を形成する工程を含む、ここで、圧下比は圧下前の板厚を圧下後の板厚で除したものである、ことを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

以上説明したように、本発明にかかる二相ステンレスクラッド鋼およびその製造方法によれば、合せ材の板厚中心位置におけるSiやMoの偏析度を規定することで、合せ材の板厚中心位置の析出物の生成を回避することができ、その結果、耐食性の信頼性を格段に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】(a)クラッド鋼板から合せ材の腐食試験片を採取する位置を示す模式図であり、(b)腐食試験後の試験片の状態を示す模式図であり、(c)孔食位置を含む試験片のA-A'視断面模式拡大図であり、(d)断面B部のエッチング後の拡大組織図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

発明者らは合せ材成分と中心偏析および耐食性の関係を調査した。図1に腐食試験の一例を示す。クラッド鋼板10の合せ材1から試験片3を切り出して(図1a)、試験片3を腐食試験し(図1b)、孔食4の発生位置を含むA-A'視断面を観察した(図1c)。孔食部4から中心偏析部を伝って広い範囲に腐食が進行しているものがあった。腐食部近傍の図1cのB部をエッチングし組織観察したところ、中心偏析部に矢印で示すシグマ相が析出していることがわかった(図1d)。すなわち、二相ステンレス鋼を合せ材とするクラッド鋼合せ材の板厚中心位置における耐食性劣化は、シグマ相やカイ相などの金属間化合物、炭化物および窒化物などの析出物によって引き起こされていることを突き止めた。更に、合せ材の板厚中心位置におけるSiおよびMoの偏析量が金属間化合物や析出物の生成および耐食性に相関があることを明らかにし、合せ材の板厚中心位置におけるSiとMoの偏析量を規定することで、合せ材の板厚中心部まで耐食性に優れるクラッド鋼を提供できることを見出し、本発明に至った。

【0016】

以下、本発明の実施形態について説明する。はじめに、クラッド鋼は、母材の片面または両面に合せ材が接合された構造を有する。母材としては、例えば、造船、圧力容器、一般溶接材、パイプライン用途の低合金鋼や炭素鋼が挙げられるがこれに限定されず、用途に応じて種々の鋼材を用いることができる。

【0017】

以下、本発明の合せ材の成分組成および板厚中心部の元素濃化度について具体的に説明する。

はじめに、本発明の合せ材の成分組成を規定した理由を説明する。なお、成分組成におけ

10

20

30

40

50

る単位はいずれも「質量%」であるが、以下、特に断らない限り、単に「%」で示す。

【0018】

(a) C : 0.030%以下

Cは不可避免的に鋼材中に存在する元素の一つである。C含有量が0.030%を超えると炭化物の析出が顕著に生じ、耐食性の劣化を引き起こす。したがって、C含有量は0.030%以下とする。C含有量を0.001%未満とするには過大な精錬負荷を必要とするので、好ましい下限は0.001%である。また、好ましい上限は0.025%である。

【0019】

(b) Si : 1.00%以下

Siは脱酸に有用な元素である。しかしながら、Siは中心偏析部に濃化し、1.00%を超える含有は有害な析出物(シグマ相やカイ相などの金属間化合物)の析出を著しく促進して、板厚中央部における耐食性に悪影響を及ぼす。したがって、Si含有量は1.00%以下とする。なお、好ましい下限は0.15%であり、好ましい上限は0.60%である。

10

【0020】

(c) Mn : 2.00%以下

Mnも脱酸に有用な元素である。しかしながら、Mn含有量が2.00%を超えるとMnSを形成し耐食性、特に耐孔食性を劣化させる。したがって、Mn含有量は2.00%以下とする。なお、好ましい下限は0.30%であり、好ましい上限は1.50%である。

【0021】

(d) P : 0.040%以下

P含有量が0.040%を超えると靱性が劣化する。したがって、P含有量は0.040%以下とする。P含有量を0.001%未満とするには過大な精錬負荷やP含有量の少ない高価な原料を必要とするので、好ましい下限は0.001%である。また、好ましい上限は0.035%である。

20

【0022】

(e) S : 0.0050%以下

S含有量が0.0050%を超えると熱間加工性が劣化することに加え、耐食性、特に耐孔食性が劣化する。したがって、S含有量は0.0050%以下とする。S含有量を0.0001%未満とするには過大な精錬負荷やS含有量の少ない高価な原料を必要とするので、好ましい下限は0.0001%である。また、好ましい上限は0.0020%である。

30

【0023】

(f) Ni : 6.00 ~ 8.00%

Niは二相ステンレス鋼の一方の相であるガンマ相を安定化させる元素として必須の元素である。6.00%以上の含有により、その効果を発揮する。しかしながら、Niは高価な金属であるために、多量に含有させると合金自体の高価格化を招いて従来合金よりも高価となってしまう。したがって、Ni含有量は6.00 ~ 8.00%の範囲とする。また、二相ステンレス鋼では、ガンマ相とアルファ相との比率がほぼ1 : 1の場合に耐食性が最も優れているので、この相比率を満足するためにも、Ni含有量は6.00 ~ 8.00%の範囲とする。なお、好ましい上限は7.50%である。

40

【0024】

(g) Cr : 23.00 ~ 26.00%

Crは合金の耐食性を保証し、かつ二相ステンレス鋼の他方の相であるアルファ相を安定化するために必要不可欠な元素である。その効果を発揮させるためには、23.00%以上の含有量が必要である。しかしながら、26.00%を超える含有はシグマ相の析出を著しく促進して、延性や靱性に悪影響を及ぼす。したがって、Cr含有量は23.00 ~ 26.00%の範囲とする。また、前述のように二相ステンレス鋼では、ガンマ相とアルファ相との比率がほぼ1 : 1の場合に耐食性が最も優れているので、この相比率を満足するためにも、Cr含有量は23.00 ~ 26.00%の範囲とする。なお、好ましい下限は24.0%である。

50

【 0 0 2 5 】

(h) M o : 2 . 5 0 ~ 4 . 0 0 %

M o は中心偏析部に濃化し、4 . 0 0 % を超える含有は有害な析出物の析出を著しく促進して、板厚中央部における耐食性に悪影響を及ぼす。しかしながら、M o は合金の耐食性、特に耐孔食性や耐隙間腐食性を向上させる元素として重要であり、その効果を発揮させるためには、2 . 5 0 % 以上の含有が必要である。したがって、M o 含有量は2 . 5 0 ~ 4 . 0 0 % の範囲とする。また、前述のように二相ステンレス鋼では、ガンマ相とアルファ相との比率がほぼ1 : 1 の場合に耐食性が最も優れているので、この相比率を満足するためにも、M o 含有量は2 . 5 0 ~ 4 . 0 0 % の範囲とする。なお、好ましい下限は3 . 0 0 % であり、好ましい上限は3 . 5 0 % である。

10

【 0 0 2 6 】

(i) N : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 %

N は合金の耐食性、特に耐孔食性を向上させる元素として重要であり、同時に、強度を向上させる元素としても有効である。その効果を発揮させるためには、0 . 1 0 % 以上の含有量が必要である。しかしながら、0 . 3 0 % を超える含有は、合金の溶接特性に著しい悪影響を及ぼす。したがって、N 含有量は0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 % の範囲とする。また、前述のように二相ステンレス鋼では、ガンマ相とアルファ相との比率がほぼ1 : 1 の場合に耐食性が最も優れているので、この相比率を満足するためにも、N 含有量は0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 % の範囲とする。なお、好ましい下限は0 . 1 3 % であり、好ましい上限は0 . 2 2 % である。

20

【 0 0 2 7 】

(j) O : 0 . 0 1 0 0 % 以下

O は不可避免的に鋼材中に存在する元素の一つである。O 含有量が0 . 0 1 0 0 % を超えると酸化物の析出が顕著に生じ、耐食性の劣化や靱性の劣化を引き起こす。したがって、O 含有量は0 . 0 1 0 0 % 以下とする。O 含有量を0 . 0 0 0 5 % 未満とするには過大な精錬負荷や過剰な脱酸剤を要するので、好ましい下限は0 . 0 0 0 5 % である。また、好ましい上限は0 . 0 0 5 0 % である。

【 0 0 2 8 】

下記の(1) ~ (3) 式中の元素記号は各元素の質量%を表す。

上記成分組成は、下記式(1) に示す、耐孔食性の指標値である P I 値が3 6 . 0 超え4 0 . 0 以下の範囲を満たすように含有される。

30

$$P I = C r + 3 . 3 M o + 1 6 N \cdots (1)$$

【 0 0 2 9 】

P I 値が3 6 . 0 以下のとき、十分な合せ材表面の耐孔食性が得られない。また、P I 値が4 0 . 0 を超えると、板厚中央位置における元素の濃化が生じやすくなるため、P I 値は3 6 . 0 超え4 0 . 0 以下の範囲とする。好ましい下限は3 7 . 0 である。

【 0 0 3 0 】

つぎに、合せ材の板厚中心部の元素濃化度の限定理由について説明する。

クラッド鋼の合せ材の素材の板厚方向における S i および M o 含有量は、下記式(2) で表す X 値が3 0 以上を満たす板厚範囲が全厚の1 0 % 以下とする。ここで、合わせ材の素材としては、連続鑄造鑄片や造塊・分塊圧延後であって、熱間圧延前のスラブや、薄スラブ連鑄のシートバーサイズの鑄片を用いることができる。

40

$$X = 6 0 S i + 4 0 M o \cdots (2)$$

ただし、 $S i = S i (\text{分析位置}) - S i (0 . 2 5 t \text{ 位置})$ 、

$$M o = M o (\text{分析位置}) - M o (0 . 2 5 t \text{ 位置})$$

t は板厚を表し、0 . 2 5 t 位置は厚み方向で表面から合せ材の素材の板厚の1 / 4 の位置を表す。

【 0 0 3 1 】

X 値が3 0 以上を満たす板厚範囲が全厚の1 0 % 以下のとき、板厚中心位置における S i 、M o の元素濃化が顕著でなく、クラッド鋼の合せ材の板厚中心位置を含めて良好な耐食

50

性が得られる。しかしながら、X値が30以上を満たす板厚範囲が全厚の10%を超えると、合せ材の板厚中心位置に析出物が生成し、耐食性が損なわれるため、X値が30以上を満たす板厚範囲は全厚の10%以下とする。好ましくは6%以下である。X値が30以上を満たす板厚範囲が0であればなお好ましい。

【0032】

上記のX値を満たす合せ材素材を得るには、連続鋳造時における軽圧下法や連続鍛圧法など、適切な鋳造技術を適用することが望ましい。もちろん、上記で記述した鋳造方式に限定する必要が無いことは言うまでもない。

【0033】

クラッド鋼の合せ材の板厚方向中心部におけるSiおよびMo量は、下記式(3)で表す、鋼の中心偏析の指標値であるXc値が40以下を満たすように調整される。

$$X_c = 60 \quad S_i + 40 \quad M_o \quad \dots (3)$$

ただし、 $S_i = S_i(0.5t \text{ 位置}) - S_i(0.25t \text{ 位置})$ 、

$$M_o = M_o(0.5t \text{ 位置}) - M_o(0.25t \text{ 位置})、$$

tは板厚を表し、0.5t位置は合せ材の板厚中央位置を、0.25t位置は厚み方向で表面から合せ材の板厚の1/4の位置を表す。

【0034】

Xc値が40以下のとき、合せ材の板厚中心位置におけるSi、Moの元素濃化が顕著でなく、合せ材の板厚中心位置を含めて良好な耐食性が得られる。しかしながら、Xc値が40を超えると、合せ材の板厚中心位置に析出物が生成し、耐食性が損なわれるため、Xc値は40以下とする。好ましくは30以下である。下限は特に限定するものではないが、負偏析が生じると上記した成分組成の下限を下回るおそれがあるので、Xc値は0以上が好ましい。

【0035】

各板厚位置のSiおよびMo含有量の分析は、例えば、電子線マイクロアナライザー、スパーク放電発光分光分析、誘導結合プラズマ発光分光分析によって測定することができる。もちろん、上記で記述した分析方法に限定する必要が無いことは言うまでもない。

【0036】

以上、基本成分について説明したが、必要に応じて、以下の元素を適宜含有させることができる。すなわち、任意成分として、質量%で、A群[Cu:0.01~1.50%、W:0.01~2.00%、Co:0.01~1.50%およびV:0.01~0.80%から選ばれる少なくとも1種]、B群[Ti:0.01~0.10%およびNb:0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、C群[Sn:0.01~0.20%およびSb:0.01~0.20%から選ばれる少なくとも1種]、D群[Zr:0.01~0.20%、Mg:0.0005~0.0100%、Ca:0.0005~0.0100%、REM:0.01~0.20%およびB:0.0005~0.0200%から選ばれる少なくとも1種]およびE群[Al:0.003~0.080%]から選ばれる少なくとも1群の元素を含有してもよい。

【0037】

A群[Cu:0.01~1.50%、W:0.01~2.00%、Co:0.01~1.50%およびV:0.01~0.80%から選ばれる少なくとも1種]

$$Cu:0.01~1.50\%$$

Cuは耐食性を向上させる元素であり、その効果は0.01%以上の含有で発現する。しかし、1.50%を超えてCuを含有させると熱間加工性の著しい劣化を招く。したがって、Cuを含有する場合、Cu含有量は0.01~1.50%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は1.00%である。

【0038】

$$W:0.01~2.00\%$$

Wは合金の耐食性、特に耐孔食性を向上させる元素であり、0.01%以上の含有によりその効果が発現する。しかしながら、1.50%を超えて含有するとシグマ相析出が促進

10

20

30

40

50

される。したがって、Wを含有する場合、W含有量は0.01～2.00%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は1.50%である。

【0039】

Co: 0.01～1.50%

Coも耐食性を向上させる元素であり、0.01%以上の含有によりその効果が発現する。しかしながら、1.50%を超えて含有すると合金価格が上昇する。したがって、Coを含有する場合、Co含有量は0.01～1.50%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は1.00%である。

【0040】

V: 0.01～0.80%

Vは鋼の耐食性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.01%以上の添加で発現する。また、V含有量が0.80%を超えて過剰に添加されると、韌性が劣化する。したがって、Vを添加する場合、V含有量は0.01～0.80%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.50%である。

【0041】

B群 [Ti: 0.01～0.10%およびNb: 0.01～0.20%から選ばれる少なくとも1種]

Ti: 0.01～0.10%

TiはCと結合しやすい性質を有しており、合金中に含有すると耐食性に有害なCr₂O₃、Cr₆などの炭化物の析出を遅延させることが可能である。その効果は0.01%以上で発現する。また、0.10%を超えて含有しても効果は向上せず、合金コストが増大する。したがって、Tiを含有する場合、Ti含有量は0.01～0.10%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.05%である。

【0042】

Nb: 0.01～0.20%

NbもTiと同様にCと結合しやすい性質を有しており、合金中に含有すると耐食性に有害なCr₂O₃、Cr₆などの炭化物の析出を遅延させることが可能である。その効果は0.01%以上で発現する。また、0.20%を超えて含有しても効果は向上せず、合金コストが増大する。したがって、Nbを含有する場合、Nb含有量は0.01～0.20%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.10%である。

【0043】

C群 [Sn: 0.01～0.20%およびSb: 0.01～0.20%から選ばれる少なくとも1種]

Sn: 0.01～0.20%

Snは鋼の耐食性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.01%以上の添加で発現する。また、Sn含有量が0.20%を超えると、熱間加工性が劣化する。したがって、Snを添加する場合、Sn含有量は0.01～0.20%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.15%である。

【0044】

Sb: 0.01～0.20%

Sbは鋼の耐食性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.01%以上の添加で発現する。また、Sb含有量が0.20%を超えると、熱間加工性が劣化する。したがって、Sbを添加する場合、Sb含有量は0.01～0.20%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.15%である。

【0045】

D群 [Zr: 0.01～0.20%、Mg: 0.0005～0.0100%、Ca: 0.0005～0.0100%、REM: 0.01～0.20%およびB: 0.0005～0.0200%から選ばれる少なくとも1種]

Zr: 0.01～0.20%

Zrは鋼の熱間加工性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.01%以上の

10

20

30

40

50

添加で発現する。また、Zr含有量が0.20%を超えて過剰に添加されると、逆に熱間加工性を劣化させる。したがって、Zrを添加する場合、Zr含有量は0.01~0.20%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.15%である。

【0046】

Mg: 0.0005~0.0100%

Mgは鋼の凝固組織の微細化、および熱間加工性の改善に有用な元素であり、その効果は0.0005%以上の添加で発現する。また、Mg含有量が0.0100%を超えると、耐食性を劣化させる。したがって、Mgを添加する場合、Mg含有量は0.0005~0.0100%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.0050%である。

【0047】

Ca: 0.0005~0.0100%

Caは鋼中のOおよびSを介在物として固定化し、熱間加工性および耐食性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.0005%以上の添加で発現する。また、Ca含有量が0.0100%を超えると靱性を劣化させる。したがって、Caを添加する場合、Ca含有量は0.0005~0.0100%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.0050%である。

【0048】

REM: 0.01~0.20%

REM(希土類金属元素)は鋼の熱間加工性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.01%以上の添加で発現する。また、REM含有量が0.20%を超えて過剰に添加されると、逆に熱間加工性を劣化させる。したがって、REMを添加する場合、REM含有量は0.01~0.20%の範囲とすることが好ましい。より好ましい上限は0.10%である。

【0049】

B: 0.0005~0.0200%

Bは鋼の熱間加工性を改善させるのに有用な元素であり、その効果は0.0005%以上の添加で発現する。また、B含有量が0.0200%を超えて過剰に添加されると、逆に熱間加工性を劣化させる。したがって、Bを添加する場合、B含有量は0.0005~0.0200%の範囲とすることが好ましい。より好ましい下限は0.0010%であり、より好ましい上限は0.0100%である。

【0050】

E群[Al: 0.003~0.080%]

Al: 0.003~0.080%

Alは脱酸に有用な元素であり、その効果は0.003%以上の添加で発現する。また、Al含有量が0.080%を超えるとクラスター状の酸化物を形成して靱性を劣化させる。したがって、Alを添加する場合、Al含有量は0.003~0.080%の範囲とすることが好ましい。

上記以外の成分はFeおよび不可避的不純物である。

【0051】

前述したように、合せ材である二相ステンレス鋼は、アルファ相とガンマ相との相分率がおおよそ1:1であるときに最大の耐食性が発揮されることが明らかとなっている。したがって、十分な耐食性を発現できる相分率としてアルファ相およびガンマ相の相分率を各々30~70%の範囲とすることが好ましい。より好ましい下限は40%であり、より好ましい上限は60%である。

【0052】

また、高い耐食性を得るため、耐食性を劣化させる析出物のシグマ相および炭化物の相分率の和を1.0%以下とすることが好ましい。より、好ましくは0.5%以下である。なお、相分率はアルファ相+ガンマ相+シグマ相+炭化物の合計で100%であり、シグマ相および炭化物の相分率の和がゼロの場合はアルファ相+ガンマ相で100%とする。

【0053】

10

20

30

40

50

本発明のクラッド鋼の製造方法の実施形態について説明する。クラッド鋼の合せ材は、上述した成分組成に調整され、軽圧下法や連続鍛圧法など、適切な鑄造技術により溶製して合せ材の素材とした後、熱間圧延によって所望の板厚の圧延体に調整される。母材は、使用環境などによって適宜選択される。母材は、その一例として、常法等により溶製された造船、圧力容器、一般溶接材、パイプライン用途の低合金鋼や炭素鋼の鋼片（スラブ）を使用することができ、必要に応じて熱間圧延により所望の板厚に調整して母材素材とする。これらの母材素材および合せ材の圧延体を用いて、クラッド圧延用組立スラブ（以下、「組立スラブ」と称する）が組み立てられる。

【0054】

組立スラブは、公知の手法を用いて作製することができる。そのうち、母材／合せ材／合せ材／母材というように重ね合わせた形式が製造上効率的である。また冷却時の反りを考慮すると、母材同士、合せ材同士は等厚であることが望ましい。なお、上記のように組み立てた場合、対向する合せ材の間にはアルミナやMgOなどの剥離剤を塗っておくことが好ましい。もちろん、上記で記述した組立方式に限定する必要が無いことは言うまでもない。

10

【0055】

上述のように組み立てた組立スラブは加熱され、さらに熱間圧延が実施される。すなわち、(I)合せ材素材の熱間圧延工程、(II)組立スラブの加熱工程、(III)組立スラブの熱間圧延工程の順に行われる。各工程での条件は下記の通りである。

【0056】

(I)合せ材圧延体の圧下比：5.0超え

合せ材圧延体の圧下比を5.0超えとするのは、合せ材の中心偏析幅を小さくするためである。合せ材圧延体の圧下比が5.0超えになると後の組立スラブ加熱、熱間圧延により、中心偏析を無害化できる。そのため、合せ材圧延体の圧下比は好ましくは5.0超え、より好ましくは6.0以上である。ここで、圧下比とは、圧下前の板厚を圧下後の板厚で除したものである、以下同じ。なお、圧下比の上限は特に限定されないが、圧延能率を考慮し、その上限は40.0であることが好ましい。

20

【0057】

(II)組立スラブの加熱条件：1150以上の温度域において60分以上

組立スラブの加熱条件を1150以上の温度域において60分以上とするのは、合せ材の溶体化処理のためである。ここで、1150以上の温度域において60分以上の温度条件を満たすのは、合せ材の0.5t位置（板厚中央位置）における温度であり、合せ材の0.5t位置における温度は差分伝熱計算や有限要素法などによって計算した値を用いることができる。組立スラブの加熱条件を1150以上の温度域において60分以上とした場合、合せ材中の中心偏析部に濃化しているSiおよびMoが十分拡散し、続く熱間圧延により、中心偏析を無害化できる。そのため、組立スラブの加熱条件は好ましくは1150以上の温度域において60分以上、より好ましくは1180以上の温度域において60分以上とする。ただし、高温域に長時間保持しすぎると、母材の結晶粒が粗大化し、靱性の劣化を引き起こす。そのため、組立スラブの加熱時間の上限は、300分とすることが好ましい。なお、組立てスラブの加熱温度の上限は、母材の結晶粒が粗大化に伴う靱性の劣化を抑制するため、1300とすることが好ましい。

30

40

【0058】

(III)組立スラブの圧下比：3.0以上

組み立てスラブの圧下比を3.0以上とするのは、合せ材の中心偏析幅を小さくし、無害化するためである。組み立てスラブの圧下比が3.0以上のとき、中心偏析の幅が十分に小さくなり、合せ材の板厚中心部まで優れた耐食性を得ることができる。そのため、組み立てスラブの圧下比は好ましくは3.0以上、より好ましくは4.0以上とする。圧下比の上限は特に限定されないが、圧延能率を考慮し、その上限は40.0であることが好ましい。

【0059】

50

このような二相ステンレスクラッド鋼の製造方法を用いることで、合せ材の板厚中心部まで耐食性に優れたクラッド鋼材を製造することができる。なお、クラッド鋼の製造方法は、上記の工程を含むものであればよく、必要により公知の工程をさらに付加してもよい。

【実施例】

【0060】

次に、本発明の実施例について説明する。なお、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

表1-1および1-2に示す鋼種を溶解して、板厚135mmの合せ材となる素材を作製した。なお、母材となる素材は(一社)日本海事協会の鋼船規則K編材料に規定されているKD36に適合する成分を常法で溶製した。なお、表1-1および1-2において、下線部分は、本発明の範囲外であることを意味し、空欄は含有していない、もしくは不可避不純物として含有している場合を意味する。表1には、上記(1)式を用いて計算したPI値を併記した。

【0061】

10

20

30

40

50

【 表 1 - 1 】

鋼 No.	成分組成(質量%)											PI	備考
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	O	その他の成分		
S01	0.012	0.27	0.70	0.035	0.0004	6.51	24.24	3.21	0.18	0.0008		37.7	発明鋼
S02	0.021	0.42	1.36	0.027	0.0009	6.06	25.81	3.19	0.22	0.0040		39.9	発明鋼
S03	0.005	0.33	0.83	0.031	0.0002	6.69	25.79	3.13	0.16	0.0030		38.7	発明鋼
S04	0.030	0.58	1.45	0.016	0.0014	7.38	24.35	3.05	0.14	0.0040		36.7	発明鋼
S05	0.001	0.22	0.61	0.022	0.0011	7.31	24.64	3.27	0.13	0.0008		37.5	発明鋼
S06	0.022	0.99	1.38	0.022	0.0013	7.01	24.64	3.36	0.15	0.0032		38.1	発明鋼
S07	0.015	0.02	0.48	0.006	0.0017	6.74	24.80	3.21	0.21	0.0025		38.8	発明鋼
S08	0.018	0.27	2.00	0.003	0.0016	6.64	25.93	3.11	0.18	0.0016		39.1	発明鋼
S09	0.014	0.55	0.01	0.026	0.0010	6.10	25.31	3.42	0.16	0.0031		39.2	発明鋼
S10	0.012	0.34	1.05	0.001	0.0007	6.45	25.16	3.42	0.19	0.0047		39.5	発明鋼
S11	0.006	0.48	0.34	0.004	0.0002	6.25	25.49	3.47	0.13	0.0014		39.0	発明鋼
S12	0.007	0.17	1.25	0.013	0.0009	7.98	24.47	3.47	0.20	0.0010		39.1	発明鋼
S13	0.016	0.45	0.88	0.002	0.0003	6.03	24.73	3.48	0.13	0.0048		38.3	発明鋼
S14	0.015	0.22	1.21	0.008	0.0009	6.44	26.00	3.37	0.14	0.0034		39.4	発明鋼
S15	0.024	0.28	0.35	0.003	0.0006	6.35	23.02	3.45	0.18	0.0033		37.3	発明鋼
S16	0.017	0.28	1.20	0.003	0.0006	6.22	24.29	4.00	0.15	0.0012		39.9	発明鋼
S17	0.005	0.25	0.70	0.004	0.0006	6.92	25.87	2.51	0.25	0.0009		38.2	発明鋼
S18	0.018	0.51	1.18	0.011	0.0014	7.44	25.74	3.27	0.30	0.0035		41.3	発明鋼
S19	0.016	0.51	1.20	0.005	0.0007	6.12	24.74	3.39	0.10	0.0034		37.5	発明鋼
S20	0.024	0.17	0.60	0.018	0.0007	6.62	24.64	3.08	0.15	0.0099		37.2	発明鋼
S21	0.007	0.43	1.25	0.006	0.0019	7.08	25.29	3.35	0.19	0.0001		39.4	発明鋼

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

【表 1 - 2】

鋼 No.	成分組成(質量%)											PI	備考
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	O	その他の成分		
S22	0.017	0.59	1.23	0.017	0.0008	6.84	25.59	3.35	0.21	0.0012		40.0	発明鋼
S23	0.018	0.27	0.32	0.032	0.0009	7.31	24.32	2.74	0.17	0.0030		36.1	発明鋼
S24	0.015	0.16	1.41	0.030	0.0016	7.49	25.89	3.03	0.21	0.0045	Cu:0.02, W:0.03	39.2	発明鋼
S25	0.022	0.49	0.69	0.012	0.0007	6.71	25.56	3.30	0.21	0.0038	Co:0.06, Ti:0.03	39.8	発明鋼
S26	0.008	0.30	1.16	0.011	0.0006	6.25	25.82	3.36	0.15	0.0020	Nb:0.01, V:0.02	39.3	発明鋼
S27	0.023	0.21	1.17	0.007	0.0005	6.59	24.19	3.28	0.17	0.0012	Sn:0.02, Sb:0.01	37.7	発明鋼
S28	0.010	0.43	0.97	0.026	0.0007	6.74	24.04	3.34	0.17	0.0037	Zr:0.02, Mg:0.0006	37.8	発明鋼
S29	0.024	0.28	0.63	0.021	0.0002	6.64	24.53	3.37	0.17	0.0049	REM:0.01, Ca:0.0005	38.4	発明鋼
S30	0.013	0.19	0.44	0.001	0.0016	6.45	24.03	3.05	0.18	0.0042	Al:0.003, B:0.0005	37.0	発明鋼
S31	0.031	0.37	1.27	0.028	0.0004	7.23	24.31	3.13	0.22	0.0020		38.2	比較鋼
S32	0.019	1.03	0.60	0.035	0.0006	6.77	25.40	3.30	0.16	0.0025		38.9	比較鋼
S33	0.013	0.32	2.04	0.008	0.0016	7.47	24.39	3.10	0.18	0.0044		37.5	比較鋼
S34	0.011	0.21	1.28	0.021	0.0051	6.96	24.22	3.14	0.21	0.0022		37.9	比較鋼
S35	0.008	0.43	0.77	0.034	0.0007	6.16	26.02	3.39	0.15	0.0042		39.6	比較鋼
S36	0.020	0.53	0.83	0.027	0.0011	6.01	23.97	4.01	0.16	0.0021		39.8	比較鋼
S37	0.005	0.19	1.05	0.016	0.0006	6.87	25.81	2.48	0.16	0.0015		36.6	比較鋼
S38	0.009	0.53	0.34	0.017	0.0012	6.29	23.85	3.24	0.31	0.0031		39.5	比較鋼
S39	0.012	0.18	1.29	0.002	0.0018	6.48	25.22	3.02	0.09	0.0013		36.6	比較鋼
S40	0.024	0.57	1.30	0.005	0.0001	6.94	25.78	3.24	0.18	0.0103		39.4	比較鋼
S41	0.007	0.59	1.05	0.033	0.0005	6.05	25.84	3.41	0.19	0.0045		40.1	比較鋼
S42	0.015	0.46	0.88	0.008	0.0016	6.55	23.74	3.04	0.13	0.0007		35.9	比較鋼

10

20

30

40

【0063】

作製した合せ材となる素材を1200 に加熱し、表2に示す圧下比の条件で熱間圧延を実施し、合せ材の中間素材(圧延体)とした。母材となる素材は必要に応じて熱間圧延を施し、母材の中間素材とした。続いて、これら合せ材の中間素材と母材の中間素材を組み立てて組立スラブを作製した後、表2に示す製品圧延条件で合せ材板厚3mm、母材板厚12mmとなるクラッド鋼を製造した。ここで、組立スラブの熱間圧延工程において、合せ材0.5t位置(板厚中央位置)で、圧延終了温度は1000、冷却開始温度は970、平均冷却速度は5~10 / s、冷却停止温度は500~700とした。

【0064】

50

【 表 2 】

条件 No.	製造条件					備考
	合せ材素材圧延条件		製品圧延条件			
	圧下比 [-]	加熱温度 [°C]	1150°C以上保持時間 [min]	1180°C以上保持時間 [min]	圧下比 [-]	
C01	8.9	1230	90	30	5.1	発明条件
C02	8.0	1230	90	30	5.6	発明条件
C03	6.5	1230	90	30	6.9	発明条件
C04	5.1	1230	90	30	8.8	発明条件
C05	8.7	1260	240	180	5.2	発明条件
C06	7.6	1200	60	5	5.9	発明条件
C07	15.2	1230	90	30	3.0	発明条件
C08	4.8	1200	75	5	9.4	比較条件
C09	8.0	1160	55	0	5.6	比較条件
C10	15.5	1200	75	5	2.9	比較条件

10

20

30

40

【 0 0 6 5 】

そして、得られたクラッド鋼について、試験片を採取し、合せ材の耐食性試験を実施した。合せ材素材の板厚方向のSi含有量およびMo含有量は以下の手順に従って測定した。まず、熱間圧延前の合せ材素材の板厚中央位置(0.5t)および板厚1/4位置(0.25t)を含むt50×W10×L20mmの試験片をそれぞれ採取し、t50×L20mmの面をアルミナバフ研磨仕上げにて研磨した。続いて、電子線マイクロアナライザーを用いてt50×L20mmの面を板厚方向に、加速電圧15kV、照射電流0.2μA、ビーム径0.1mm、測定間隔0.1mmの条件で線分析を実施した。得られた測定値を標準試料の測定値と比較することで、Si含有量およびMo含有量を算出し、それらの値

50

から上記(2)式に基づきX値を計算した。

【0066】

熱間圧延後のクラッド鋼の合せ材の0.25t位置および0.5t位置のSi含有量およびMo含有量は以下の手順に従って測定した。まず、研磨によって合せ材表面と並行な合せ材の0.25t位置および0.5t位置の面を測定面とした、 $t5 \times W20 \times L20$ mmの試験片を採取し、 $W20 \times L20$ mmの測定面をスパーク放電発光分光分析することで、合せ材の0.25t位置および0.5t位置のSi含有量およびMo含有量を算出した。また、合せ材の0.25t位置および0.5t位置のSi含有量およびMo含有量からXc値を計算した。

【0067】

合せ材の板厚中央位置を含めた耐食性を評価するため、合せ材の板厚中央位置の面が $W20$ mm \times $L30$ mmの試験対象面に含まれるように、クラッド鋼の合せ材から $t1.0$ mm \times $W20$ mm \times $L30$ mmのサイズの試験片を採取し、表面を湿式研磨600番仕上げにて調整した。

【0068】

合せ材の耐食性は、JIS G0578 塩化第二鉄腐食試験方法 試験方法(B)により評価した。試験方法は所望の温度(± 1) に加熱した6% $FeCl_3 + N/20$ 塩酸水溶液中に試験片を72時間浸漬させ、試験後の試験片表面を光学顕微鏡で観察し、孔食の有無を確認した。25 μ m以上の深さの孔食が発生しているものを「孔食発生」と判断した。孔食の発生し始める温度(CPT: Critical Pitting Temperature)を算出し、CPTが50 以上のものを耐食性が良好であると判断した。試験結果を表3-1~3-3に示す。本発明の範囲内である水準は良好な耐食性を示した。一方で、本発明の範囲外である水準は耐食性に劣っていた。

【0069】

10

20

30

40

50

【表 3 - 1】

試験 No.	合せ材 鋼 No.	製造方法 条件 No.	$X \geq 30$ を満たす 板厚範囲 [%]	X_c [-]	CPT [°C]	備考
P01	S01	C01	6	22	55	発明例
P02	S01	C02	4	23	55	発明例
P03	S01	C03	5	29	60	発明例
P04	S01	C04	6	37	50	発明例
P05	S01	C05	5	16	60	発明例
P06	S01	C06	3	40	50	発明例
P07	S01	C07	4	34	50	発明例
P08	S02	C01	6	24	55	発明例
P09	S03	C01	3	21	50	発明例
P10	S04	C01	5	22	55	発明例
P11	S05	C01	5	22	55	発明例
P12	S06	C01	8	36	50	発明例
P13	S07	C01	2	17	60	発明例
P14	S08	C01	4	22	55	発明例
P15	S09	C01	4	29	50	発明例
P16	S10	C01	3	21	50	発明例
P17	S11	C01	5	24	55	発明例
P18	S12	C01	6	26	55	発明例
P19	S13	C01	5	25	55	発明例
P20	S14	C01	3	20	60	発明例
P21	S15	C01	2	25	50	発明例

10

20

30

【 0 0 7 0 】

40

50

【表 3 - 2】

試験 No.	合せ材 鋼 No.	製造方法 条件 No.	$X \geq 30$ を満たす 板厚範囲 [%]	X_c [-]	CPT [°C]	備考
P22	S16	C01	8	35	55	発明例
P23	S17	C01	0	18	50	発明例
P24	S18	C01	3	30	55	発明例
P25	S19	C01	3	20	50	発明例
P26	S20	C01	3	28	50	発明例
P27	S21	C01	2	27	55	発明例
P28	S22	C01	3	26	60	発明例
P29	S23	C01	3	30	50	発明例
P30	S24	C01	5	28	55	発明例
P31	S25	C01	5	25	60	発明例
P32	S26	C01	4	22	55	発明例
P33	S27	C01	3	22	55	発明例
P34	S28	C01	2	21	60	発明例
P35	S29	C01	6	26	60	発明例
P36	S30	C01	5	21	60	発明例
P37	<u>S31</u>	C01	3	24	45	比較例
P38	<u>S32</u>	C01	5	27	40	比較例
P39	<u>S33</u>	C01	4	27	40	比較例
P40	<u>S34</u>	C01	3	28	45	比較例
P41	<u>S35</u>	C01	4	25	45	比較例
P42	<u>S36</u>	C01	5	23	40	比較例

10

20

30

【 0 0 7 1 】

40

50

【表 3 - 3】

試験 No.	合せ材 鋼 No.	製造方法 条件 No.	X _c ≥ 30 を満たす 板厚範囲 [%]	X _c [-]	CPT [°C]	備考
P43	<u>S37</u>	C01	3	28	40	比較例
P44	<u>S38</u>	C01	3	21	40	比較例
P45	<u>S39</u>	C01	4	23	45	比較例
P46	<u>S40</u>	C01	5	24	40	比較例
P47	<u>S41</u>	C01	5	23	45	比較例
P48	<u>S42</u>	C01	3	21	45	比較例
P49	<u>S36</u>	<u>C08</u>	8	<u>42</u>	35	比較例
P50	<u>S36</u>	<u>C09</u>	8	<u>52</u>	35	比較例
P51	<u>S36</u>	<u>C10</u>	7	<u>47</u>	30	比較例
P52	S01	C01	<u>11</u>	24	40	比較例
P53	<u>S36</u>	C01	<u>15</u>	26	30	比較例
P54	<u>S36</u>	<u>C08</u>	<u>12</u>	75	15	比較例
P55	<u>S36</u>	<u>C09</u>	<u>14</u>	76	15	比較例
P56	<u>S36</u>	<u>C10</u>	<u>18</u>	83	10	比較例

10

20

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明は、合せ材の板厚中心部まで優れた耐食性を有することから、ケミカルタンカーのカーゴタンク、化学プラントの反応容器や港湾構造物など高い耐食性と材料強度とを要求される用途に適用して好適である。

【符号の説明】

【0073】

- 1 合せ材
- 2 母材
- 3 試験片
- 4 孔食
- 10 クラッド鋼

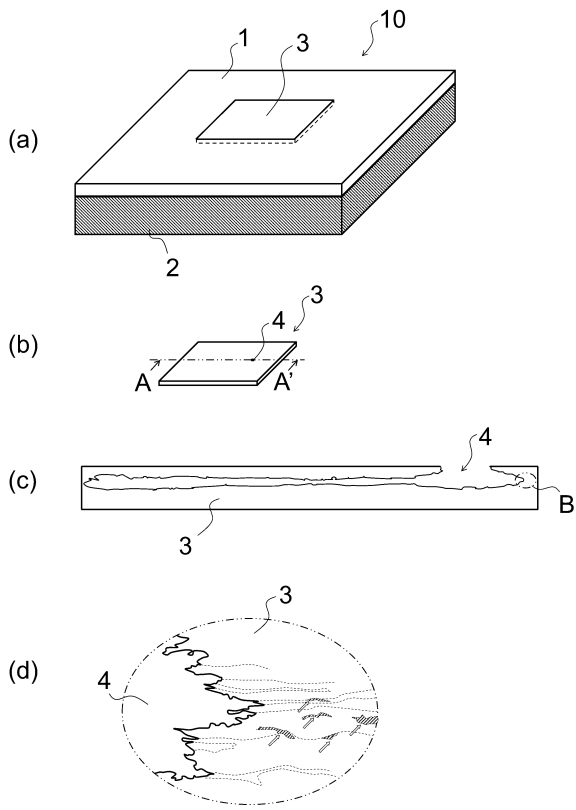
30

40

50

【図面】

【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 守安 太郎

(56)参考文献 国際公開第2019/189707 (WO, A1)

国際公開第2019/189871 (WO, A1)

国際公開第2019/189708 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C22C 38/00 - 38/60

C21D 9/46