

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5741454号
(P5741454)

(45) 発行日 平成27年7月1日(2015.7.1)

(24) 登録日 平成27年5月15日(2015.5.15)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 2 Z
C 2 2 C 38/08	(2006.01)	C 2 2 C 38/08	
C 2 2 C 38/54	(2006.01)	C 2 2 C 38/54	
C 2 1 D 8/02	(2006.01)	C 2 1 D 8/02	D

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-4553 (P2012-4553)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成24年1月13日 (2012.1.13)		新日鐵住金株式会社
(65) 公開番号	特開2013-142197 (P2013-142197A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成25年7月22日 (2013.7.22)	(74) 代理人	100085523
審査請求日	平成26年2月12日 (2014.2.12)		弁理士 山本 文夫
		(74) 代理人	100078101
			弁理士 綿貫 達雄
		(74) 代理人	100154461
			弁理士 関根 由布
		(72) 発明者	古谷 仁志
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
			日本製鐵株式会社内
		(72) 発明者	斎藤 直樹
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
			日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 - 196℃におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に100J以上である韌性と生産性に優れたNi添加鋼板およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼が、質量%で、

C : 0.04%以上0.10%以下、

Si : 0.02%以上0.15%以下、

Mn : 0.30%以上1.00%以下、

P : 0.0010%以上0.0100%以下、

S : 0.0001%以上0.0035%以下、

Ni : 7.5%超10.0%以下、

Al : 0.01%以上0.08%以下、

N : 0.0001%以上0.0070%以下、

T-O : 0.0001%以上0.0050%以下を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなる鋼組成であり、鋼板表面から鋼板厚さ方向に鋼板厚さの1/4だけ入った部位のPの界面偏析濃度が質量%で、0.100%以下であることを特徴とする、-196℃におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に100J以上である韌性と生産性に優れたNi添加鋼板。

【請求項2】

さらに質量%で、

Cr : 0.01%以上1.5%以下、

Mo : 0.01%以上0.4%以下、

Cu : 0.01%以上1.0%以下、
 Nb : 0.001%以上0.05%以下、
 Ti : 0.001%以上0.05%以下、
 V : 0.001%以上0.05%以下、
 B : 0.0002%以上0.05%以下、
 Ca : 0.0003%以上0.0040%以下、
 Mg : 0.0003%以上0.0040%以下、
 REM : 0.0003%以上0.0040%以下のいずれか1種以上を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなる鋼組成であることを特徴とする請求項1に記載の-196
 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に100J以上である韌性と生産性に優れたNi添加鋼板。

10

【請求項3】

質量%で、

C : 0.04%以上0.10%以下、
 Si : 0.02%以上0.15%以下、
 Mn : 0.30%以上1.00%以下、
 P : 0.0010%以上0.0100%以下、
 S : 0.0001%以上0.0035%以下、
 Ni : 7.5%超10.0%以下、
 Al : 0.01%以上0.08%以下、
 N : 0.0001%以上0.0070%以下、
 T-O : 0.0001%以上0.0050%以下を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなる鋼組成である、連続铸造後の鋼片を、1250以上1380以下で10時間以上加熱したのち、圧下比を1.1以上10以下、圧延の最終1パス前温度を800以上1200以下とした第一の熱間圧延を行い、その後300以下まで冷却したのち、900以上1280以下に加熱した後に、圧下比を3.0以上50以下、圧延の最終1パス前温度を650以上950以下とした第二の熱間圧延を行い、引き続き必要あれば加熱して750以上900以下とした後に水冷または空冷する焼き入れを行い、さらに引き続き500以上650以下に加熱した後に水冷または空冷する焼き戻しを行うことを特徴とする、-196におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に100J以上である韌性と生産性に優れたNi添加鋼板の製造方法。

20

30

【請求項4】

さらに質量%で、

Cr : 0.01%以上1.5%以下、
 Mo : 0.01%以上0.4%以下、
 Cu : 0.01%以上1.0%以下、
 Nb : 0.001%以上0.05%以下、
 Ti : 0.001%以上0.05%以下、
 V : 0.001%以上0.05%以下、
 B : 0.0002%以上0.05%以下、
 Ca : 0.0003%以上0.0040%以下、
 Mg : 0.0003%以上0.0040%以下、
 REM : 0.0003%以上0.0040%以下のいずれか1種以上を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなる鋼組成であることを特徴とする請求項3に記載の-196
 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に100J以上である韌性と生産性に優れたNi添加鋼板の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、韌性に優れたNi添加鋼板およびその製造方法に関するものである。この製

50

法で製造した鋼板は、造船、橋梁、建築、海洋構造物、圧力容器、タンク、ラインパイプなどの溶接構造物一般に用いることができるが、特に - 160 から - 196 程度の極低温での靱性が要求される LNG タンクでの使用において有効である。なお、本発明における靱性とは、脆性破壊発生に対する抵抗性を指すものであり、対象部位は鋼板の母材部と溶接継手部の両方である。また、本発明における鋼板の必要強度は、降伏応力が 590 MPa 以上、引張強さが 690 MPa 以上である。

【背景技術】

【0002】

液化天然ガス (LNG) 貯槽の内槽に使用される鋼種として、いわゆる 9% Ni 鋼 (Ni が質量%で 8.5 ~ 9.5% 程度含有されていて、おもに焼き戻しマルテンサイトからなる組織を有し、特に低温靱性、例えば - 196 でのシャルピー衝撃吸収エネルギーに優れた鋼材) がある。9% Ni 鋼の靱性を向上させる種々の発明がこれまでに開示されている。たとえば、粒界脆化により靱性低下を引き起こす P を低減した発明が特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3 に開示されている。また、二相域熱処理によって焼き戻し脆化感受性を低減して靱性を向上する発明が特許文献 4、特許文献 5、特許文献 6 に開示されている。また、焼き戻し脆化感受性を高めずに強度増大が可能な Mo を添加して、大幅に靱性を向上する発明が、特許文献 7、特許文献 8、特許文献 9 に開示されている。さらに、焼き戻し脆化感受性を高める Si 量を低減して靱性を向上する発明が特許文献 4、特許文献 8、特許文献 10 に開示されている。

昨今の天然ガス需要増大を背景に、LNG タンクの大型化対応のため、タンク靱性のさらなる向上が求められている。前記特許文献 1 ~ 10 の方法は、靱性の向上にはきわめて有効であるが、コストの増大や生産性の低下を招く。よって、このままでは LNG タンクに使用するには制限が大きかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 278734 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 179909 号公報

【特許文献 3】特開昭 63 - 130245 号公報

【特許文献 4】特開平 9 - 143557 号公報

【特許文献 5】特開平 4 - 107219 号公報

【特許文献 6】特開昭 56 - 156715 号公報

【特許文献 7】特開 2002 - 129280 号公報

【特許文献 8】特開平 4 - 371520 号公報

【特許文献 9】特開昭 61 - 133312 号公報

【特許文献 10】特開平 7 - 316654 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

解決しようとする問題点は、- 160 から - 196 程度での靱性に著しく優れ、かつ生産性にも優れた 9% Ni 添加鋼の鋼板およびその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、- 160 から - 196 程度での靱性に著しく優れ、かつ生産性にも優れた 9% Ni 鋼の鋼板およびその製造方法を提供するものであり、その要旨とするところは以下の通りである。

(1) 鋼が、質量%で、C : 0.04% 以上 0.10% 以下、Si : 0.02% 以上 0.15% 以下、Mn : 0.30% 以上 1.00% 以下、P : 0.0010% 以上 0.0100% 以下、S : 0.0001% 以上 0.0035% 以下、Ni : 7.5% 超 10.0% 以下、Al : 0.01% 以上 0.08% 以下、N : 0.0001% 以上 0.0070% 以

10

20

30

40

50

下、T - O : 0 . 0 0 0 1 % 以上 0 . 0 0 5 0 % 以下を含有し、残部が F e 及び不可避的不純物からなる鋼組成であり、鋼板表面から鋼板厚さ方向に鋼板厚さの 1 / 4 だけ入った部位の P の界面偏析濃度が質量%で、0 . 1 0 0 % 以下であることを特徴とする、- 1 9 6 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に 1 0 0 J 以上である靱性と生産性に優れた N i 添加鋼板。

(2) さらに質量%で、C r : 0 . 0 1 % 以上 1 . 5 % 以下、M o : 0 . 0 1 % 以上 0 . 4 % 以下、C u : 0 . 0 1 % 以上 1 . 0 % 以下、N b : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、T i : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、V : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、B : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 5 % 以下、C a : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下、M g : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下、R E M : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下のいずれか 1 種以上を含有し、残部が F e 及び不可避的不純物からなる鋼組成であることを特徴とする前記 (1) に記載の - 1 9 6 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に 1 0 0 J 以上である靱性と生産性に優れた N i 添加鋼板。

(3) 質量%で、C : 0 . 0 4 % 以上 0 . 1 0 % 以下、S i : 0 . 0 2 % 以上 0 . 1 5 % 以下、M n : 0 . 3 0 % 以上 1 . 0 % 以下、P : 0 . 0 0 1 0 % 以上 0 . 0 1 0 0 % 以下、S : 0 . 0 0 0 1 % 以上 0 . 0 0 3 5 % 以下、N i : 7 . 5 % 超 1 0 . 0 % 以下、A l : 0 . 0 1 % 以上 0 . 0 8 % 以下、N : 0 . 0 0 0 1 % 以上 0 . 0 0 7 0 % 以下、T - O : 0 . 0 0 0 1 % 以上 0 . 0 0 5 0 % 以下を含有し、残部が F e 及び不可避的不純物からなる鋼組成であり、連続鋳造後の鋼片を 1 2 5 0 以上 1 3 8 0 以下で 1 0 時間以上加熱したのち、圧下比を 1 . 1 以上 1 0 以下、圧延の最終 1 パス前温度を 8 0 0 以上 1 2 0 0 以下とした第一の熱間圧延を行い、その後 3 0 0 以下まで冷却したのち、9 0 0 以上 1 2 8 0 以下に加熱した後に、圧下比を 3 . 0 以上 5 0 以下、圧延の最終 1 パス前温度を 6 5 0 以上 9 5 0 以下とした第二の熱間圧延を行い、引き続いて必要あれば加熱して 7 5 0 以上 9 0 0 以下とした後に水冷または空冷する焼き入れを行い、さらに引き続いて 5 0 0 以上 6 5 0 以下に加熱した後に水冷または空冷する焼き戻しを行うことを特徴とする、- 1 9 6 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に 1 0 0 J 以上である靱性と生産性に優れた N i 添加鋼板の製造方法。

(4) さらに質量%で、C r : 0 . 0 1 % 以上 1 . 5 % 以下、M o : 0 . 0 1 % 以上 0 . 4 % 以下、C u : 0 . 0 1 % 以上 1 . 0 % 以下、N b : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、T i : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、V : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 0 5 % 以下、B : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 5 % 以下、C a : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下、M g : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下、R E M : 0 . 0 0 0 3 % 以上 0 . 0 0 4 0 % 以下のいずれか 1 種以上を含有し、残部が F e 及び不可避的不純物からなる鋼組成であることを特徴とする前記 (3) に記載の - 1 9 6 におけるシャルピー試験値が母材、溶接継手共に 1 0 0 J 以上である靱性と生産性に優れた N i 添加鋼板の製造方法。

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本発明によれば、9 % N i 鋼の母材靱性、溶接継手靱性を大幅に向上でき、かつ生産性にも優れたものとするができる。つまり、従来よりも高い水準の耐脆性破壊性能を具備した N i 添加鋼板およびその製造方法を提供することが可能であり、産業上の価値の高い発明であるといえる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】P の界面偏析濃度と母材靱性の指標であるシャルピー衝撃吸収エネルギーの関係を示すグラフである。

【図 2】第一の熱間圧延における加熱保持温度と保持時間が P の界面偏析濃度に及ぼす影響を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

本発明を詳細に説明する。

10

20

30

40

50

発明者は、9% Ni 鋼の靱性を著しく向上して、かつ生産性も優れたものとする条件を鋭意検討した。その結果、生産性を著しく低下させる脱 P 工程を短時間化して P 量が高くなった場合でも、P の界面偏析濃度を低減させることが可能で、それにより靱性が向上することを見いだした。即ち P の界面偏析濃度の低減には、Si 量の大幅な低減を行い、さらに鑄造後のスラブを 2 段階に熱間圧延する製造方法の適用が有効である。P の界面偏析濃度と母材靱性の指標であるシャルピー衝撃吸収エネルギーの関係を図 1 に示す。このように、優れた靱性を得るためには、P の界面偏析濃度を質量%で、0.100%以下とする必要があることから、鋼板表面から鋼板厚さ方向に鋼板厚さの 1/4 だけ入った部位の P の界面偏析濃度を 0.100%以下と規定する。なお、P の界面偏析濃度を測定する部位を鋼板表面から鋼板厚さ方向に鋼板厚さの 1/4 だけ入った部位としたのは、この部位が一般的に強度や靱性などの材質評価を実施する部位であること、つまり鋼材の材質代表部位として扱われることが多いためである。なお、P の界面偏析量を 0.05% 以下とした場合には際だって靱性が向上することから、望ましくは P の界面偏析量を 0.05% 以下とする。

10

P の界面偏析濃度は、透過型電子顕微鏡観察と EDS 分析を行うことで測定することが可能である。本発明では、鋼板の板厚表面から板厚の 1/4 だけ内部に入った部位からサンプルを採取して薄膜を作製し、透過型電子顕微鏡で旧オーステナイト粒界、パケット粒界、ブロック粒界のいずれかの界面の観察を 10 万倍で 50 視野行い、測定した界面偏析 P 量の平均値をもって界面偏析 P 量とする。

【0009】

20

P の添加量は、P の界面偏析濃度を低くするために重要であり、P 添加量が 0.0100% を超えると P の界面偏析濃度が 0.1% を超える。一方、0.0010% 未満では精錬負荷の増大により生産性が大幅に低下する。そこで、P の添加量を 0.0010% 以上 0.0100% 以下と規定する。

【0010】

Si は、P との反発的相互作用を有するため、添加量を増やすと P の界面偏析濃度が増大する。発明者は、P の界面偏析濃度と Si 添加量の関係を調査した結果、P の界面偏析濃度を 0.1% 以下とするためには添加量を 0.15% 以下とすることを知見した。一方、0.02% 未満では精錬負荷の増大により生産性が大幅に低下する。そこで、Si の添加量を 0.02% 以上 0.15% 以下と規定する。なお、Si 添加量を 0.10% 以下とすると一層靱性が向上することから、望ましくは Si 添加量を 0.10% 以下とする。Si 添加量を 0.06% 以下とすると、さらに靱性が向上することから、さらに望ましくは Si 添加量を 0.06% 以下とする。

30

【0011】

Mn は、P との反発的相互作用を有するため、添加量を増やすと P の界面偏析濃度が増大する。発明者は、P の界面偏析量と Mn 添加量の関係を調査した結果、P の界面偏析濃度を 0.1% 以下とするためには添加量を 1.00%以下とすることを知見した。一方、0.30%未満では引張強さが低下する。そこで、Mn の添加量を 0.30% 以上 1.00% 以下と規定する。なお、Mn 添加量を 0.9% 以下とすると一層靱性が向上することから、望ましくは Mn 添加量を 0.9% 以下とする。Mn 添加量を 0.8% 以下とすると、さらに靱性が向上することから、さらに望ましくは Mn 添加量を 0.8% 以下とする。

40

以下に他の合金元素の範囲を規定する。

【0012】

C は、強度確保に必須の元素であるため、その添加量を 0.04% 以上とする。しかし、一方で C 量の増大は粗大析出物の生成による母材靱性の低下や溶接性の低下、引張強さの低下を招くためその上限を 0.10% とする

S は、0.0001% 未満では精錬負荷の増大により生産性が大幅に低下し、0.0035% を超えると靱性が低下する。よって、S の添加量を 0.0001% 以上 0.0035% 以下と規定する。

【0013】

50

Niは、耐脆性破壊特性の向上に有効な元素である。7.5%以下では耐脆性破壊特性の向上しるが小さく、10.0%を超えると製造コストが増大する。よって、Niの添加量を7.5%超10.0%以下と規定する。

【0014】

Alは、脱酸材として有効な元素であり、0.01%未満の添加では脱酸が不十分となって母材靱性が低下し、0.08%超の添加では溶接継手靱性の低下を招く。よって、Alの添加量を0.01%以上0.08%以下と規定する。

【0015】

Nは、0.0001%未満では精錬負荷の増大によって生産性が低下し、0.007%を超える添加では母材靱性、溶接継手靱性が低下する。よって、Nの添加量を0.0001%以上0.007%以下と規定する。

10

【0016】

T-Oは0.0001%未満では、精錬負荷が非常に高く生産性が低下し、0.0050%を超える場合には靱性が低下する。よって、T-O量を0.0001%以上0.0050%以下と規定した。なおT-O量を0.0015%以下とすると靱性向上が著しいことから、望ましくはT-O量を0.0001%以上0.0015%以下とする。

なお、本発明では、さらに以下の元素を添加する。

【0017】

Crは、強度増大に有効な元素であり、最低でも0.01%以上の添加が必要となるが、逆に1.5%を超えて添加すると溶接継手靱性が低下する。よって、Crの添加量を0.01%以上1.5%以下と規定する。

20

【0018】

Moは、焼戻し脆化感受性を増加させずに強度を高めるのに有効な元素である。添加量が0.01%未満では強度増大の効果が小さく、0.4%を超えると製造コストが増大するとともに、溶接継手靱性が低下する。よって、Moの添加量を0.01%以上0.4%以下と規定する。

【0019】

Cuは、強度確保に有効な元素である。0.01%未満の添加では効果が小さく、1.0%超の添加では溶接継手靱性の低下を招く。よって、Cuの添加量を0.01%以上1.0%以下と規定する。

30

【0020】

Nbは強度確保に有効な元素である。0.001%未満の添加では効果が小さく、0.05%超の添加では溶接継手靱性の低下を招く。よって、Nbの添加量を0.001%以上0.05%以下と規定する。

【0021】

Tiは、靱性向上に有効な元素である。0.001%未満の添加では効果が小さく、0.05%超の添加では溶接継手靱性の低下を招く。よって、Tiの添加量を0.001%以上0.05%以下と規定する。

【0022】

Vは、強度確保に有効な元素である。0.001%未満の添加では効果が小さく、0.05%超の添加では溶接継手靱性の低下を招く。よって、Vの添加量を0.001%以上0.05%以下と規定する。

40

【0023】

Bは、強度確保に有効な元素である。0.0002%未満の添加では効果が小さく、0.05%超の添加では母材靱性の低下を招く。よって、Bの添加量を0.0002%以上0.05%以下と規定する。

【0024】

Caは、ノズル閉塞防止に有効な元素である。0.0003%未満の添加ではその効果が小さく、0.0040%超の添加では靱性の低下を招く。よって、Caの添加量を0.0003%以上0.0040%以下と規定する。

50

【0025】

Mgは、韌性向上に有効な元素である。0.0003%未満の添加ではその効果が小さく、0.0040%超の添加では韌性の低下を招く。よって、Caの添加量を0.0003%以上0.0040%以下と規定する。

【0026】

REMは、ノズル閉塞防止に有効な元素である。0.0003%未満の添加ではその効果が小さく、0.0040%超の添加では韌性の低下を招く。よって、REMの添加量を0.0003%以上0.0040%以下と規定する。

なお、本発明鋼を溶製する上で、添加合金を含めた使用原料または溶製中に炉材等から溶出する不可避の不純物として混入しうる、Zn、Sn、Sb、Zr等も0.002%未満の混入であれば何ら本発明の効果を損なうものではない。

10

【0027】

次に、本発明の製造方法について説明する。

鑄造後のスラブを高温で長時間加熱した後に熱間圧延を行う第一の熱間圧延もPの界面偏析濃度を低減するのに重要となる。発明者は、第一の熱間圧延における加熱保持温度と保持時間がPの界面偏析濃度に及ぼす影響を調査した結果、Pの界面偏析濃度を0.100%以下とするためには、図2に示すように加熱保持温度を1250以上、保持時間を10時間以上とする必要があることを知見した。高温での加熱によってPの界面偏析が低減し、その結果最終的なPの粒界偏析濃度が低下する。一方、加熱保持温度が1380超、保持時間が50時間超では生産性が大幅に低下することから、加熱保持温度を1250以上1380以下、保持時間を10時間以上50時間以下とすることが好ましい。なお、加熱保持温度を1300以上でかつ保持時間を20時間以上とすると一層Pの粒界偏析濃度低減が著しいことから、望ましくは第一の熱間圧延における加熱保持温度を1300以上1380以下、保持時間を20時間以上50時間以下とする。加熱保持のあとは熱間圧延を行うことが重要になる。熱間圧延によって加工歪が導入されると、Pの拡散が容易になって最終的なPの粒界偏析濃度が低下する。熱間圧延の仕上げ1パス前に表面で測定された温度が1200超となると、加工歪みの回復によりPの粒界偏析量低減の効果が小さく、800を下回ると生産性が大幅に低下することから、第一の熱間圧延における仕上げ1パス前温度を800以上1200以下とする。また、圧下比も重要である。圧下比が1.1を下回ると加工歪みが小さくPの粒界偏析濃度低減の効果が小さく、10を上回ると生産性が大幅に低下する。よって、第一の熱間圧延における圧下比を1.1以上10以下とする。なお、ここで1パス前温度とは、第一の熱間圧延の最終パスの直前に鋼片表面で測定された温度をいい、放射温度計などで測定が可能である。また、ここで圧下率とは、第一の熱間圧延の圧延開始前の鋼片厚さを圧延終了後の鋼片厚さで除した値である。

20

30

【0028】

前述の第一の熱間圧延の後は第二の熱間圧延を行う。熱間圧延の条件は任意であるが、ここでは標準的な条件を記載する。第一の熱間圧延の後、300以下に冷却したのちに再度昇温を行い、900以上1280以下に加熱したのち、圧下比3.0以上5.0以下で圧延を行う。圧延の最終1パス温度は650以上950以下として、以後冷却する。熱間圧延後は、焼き入れを実施する。焼き入れ時の加熱温度が750を下回るか、900を超えると脆化組織あるいは粗大組織が生成して韌性が低下する。よって、焼き入れ時の加熱温度を750以上900以下と規定する。第二の熱間圧延最終パス温度範囲の650以上950以下と、焼き入れの温度範囲の750以上900以下はその範囲が重複するので、焼き入れの温度範囲にするに際し、必要あれば加熱して焼き入れ温度範囲とする。なお、焼き入れ時の加熱後は保持を行ったのち水冷する。焼き入れに引き続いて、焼き戻しを行う。焼き戻しの加熱温度が500を下回るか、650を超えると韌性が低下する。よって、焼き戻し時の加熱温度を500以上650以下と規定する。焼き戻しの加熱後は保持を行ったのち水冷あるいは空冷する。

40

【実施例】

50

【 0 0 2 9 】

種々の化学成分、製造条件で製造した板厚 6 mm から 5 0 mm の鋼板について、母材の降伏応力と引張強さ、母材の C 方向シャルピー試験、溶接継手のシャルピー試験鋼板の板厚、化学成分、P の界面偏析濃度、製造方法を表 1、2 に、特性の評価結果を表 3 に示す。

【 0 0 3 0 】

【表 1】

	製造 スラブ 厚さ	中間 スラブ 厚さ	最終 板厚	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	N	T-O	その他
	mm	mm	mm	mass%									
発明例 1	240	30	6	0.06	0.09	0.91	0.0041	0.0032	7.7	0.048	0.0018	0.0016	
比較例 1	240	30	6	0.12	0.10	0.93	0.0042	0.0035	7.8	0.052	0.0019	0.0017	
発明例 2	300	63	12	0.08	0.05	0.75	0.0049	0.0012	9.7	0.039	0.0025	0.0015	0.3Cu
比較例 2	300	63	12	0.08	0.16	0.76	0.0047	0.0012	9.8	0.040	0.0026	0.0015	0.3Cu
発明例 3	400	250	20	0.07	0.05	0.68	0.0065	0.0005	9.7	0.045	0.0012	0.0005	
比較例 3	400	380	20	0.07	0.04	0.68	0.0009	0.0005	9.6	0.046	0.0011	0.0005	
発明例 4	500	120	32	0.07	0.05	0.62	0.0016	0.0020	8.4	0.026	0.0019	0.0023	0.011Ti
比較例 4	500	120	32	0.07	0.06	0.63	0.0112	0.0021	8.5	0.026	0.0018	0.0024	0.012Ti
発明例 5	700	300	40	0.09	0.11	0.95	0.0015	0.0027	8.6	0.065	0.0019	0.0026	
比較例 5	700	300	40	0.09	0.11	0.96	0.0015	0.0037	8.7	0.064	0.0020	0.0025	
発明例 6	240	120	40	0.07	0.03	0.71	0.0045	0.0032	8.1	0.046	0.0021	0.0003	0.009Nb
比較例 6	240	120	40	0.07	0.02	0.72	0.0046	0.0033	7.2	0.046	0.0020	0.0004	0.009Nb
発明例 7	240	30	6	0.07	0.08	0.88	0.0035	0.0022	8.3	0.033	0.0019	0.0015	0.03Cr
比較例 7	240	30	6	0.07	0.08	0.89	0.0036	0.0025	8.3	0.008	0.0020	0.0016	0.03Cr
発明例 8	300	63	12	0.08	0.06	0.85	0.0077	0.0022	9.1	0.030	0.0030	0.0009	0.04Mo
比較例 8	300	63	12	0.08	0.05	0.84	0.0078	0.0021	9.0	0.085	0.0035	0.0009	0.04Mo
発明例 9	400	250	20	0.07	0.06	0.71	0.0055	0.0009	9.6	0.043	0.0011	0.0006	0.013V
比較例 9	400	250	20	0.07	0.05	0.72	0.0056	0.0009	9.5	0.043	0.0078	0.0006	0.013V
発明例 10	700	300	40	0.08	0.12	0.96	0.0011	0.0033	9.0	0.035	0.0020	0.0015	0.001Ca
比較例 10	700	300	40	0.08	0.12	0.96	0.0012	0.0034	9.1	0.036	0.0020	0.0016	0.001Ca
発明例 11	240	120	40	0.06	0.05	0.72	0.0055	0.0035	8.3	0.045	0.0019	0.0005	0.0009Mg
比較例 11	240	120	40	0.06	0.06	0.72	0.0056	0.0035	8.2	0.046	0.0021	0.0005	0.0009Mg
発明例 12	240	30	6	0.07	0.11	0.95	0.0033	0.0025	8.8	0.034	0.0021	0.0025	0.0009REM
比較例 12	240	30	6	0.07	0.11	0.96	0.0032	0.0026	8.7	0.034	0.0022	0.0025	0.0009REM
発明例 13	300	63	12	0.08	0.06	0.85	0.0077	0.0022	9.1	0.030	0.0030	0.0009	0.04Mo
比較例 13	300	63	12	0.08	0.05	0.84	0.0078	0.0021	9.0	0.031	0.0035	0.0009	0.04Mo
発明例 14	400	250	20	0.09	0.11	0.82	0.0025	0.0011	9.2	0.035	0.0033	0.0009	
比較例 14	400	250	20	0.09	0.11	0.83	0.0026	0.0013	9.1	0.036	0.0034	0.0009	
発明例 15	500	120	32	0.08	0.06	0.55	0.0055	0.0009	9.0	0.035	0.0035	0.0015	
比較例 15	500	120	32	0.08	0.06	0.56	0.0056	0.0010	9.0	0.035	0.0034	0.0016	
発明例 16	700	300	40	0.06	0.05	0.91	0.0020	0.0009	9.1	0.035	0.0045	0.0009	
比較例 16	700	300	40	0.06	0.05	0.92	0.0021	0.0009	9.1	0.035	0.0044	0.0009	
発明例 17	240	120	40	0.05	0.05	0.71	0.0091	0.0023	8.8	0.055	0.0020	0.0008	
比較例 17	240	120	40	0.06	0.06	0.72	0.0098	0.0024	8.8	0.054	0.0021	0.0009	
発明例 18	400	250	20	0.07	0.06	0.68	0.0064	0.0006	9.6	0.045	0.0011	0.0005	
比較例 18	400	250	20	0.07	0.05	1.03	0.0065	0.0006	9.7	0.045	0.0011	0.0005	
発明例 19	500	120	32	0.08	0.05	0.56	0.0056	0.0011	9.1	0.036	0.0036	0.0015	
比較例 19	500	120	32	0.03	0.05	0.57	0.0057	0.0011	9.0	0.036	0.0035	0.0016	
発明例 20	700	300	40	0.05	0.05	0.92	0.0021	0.0011	9.1	0.036	0.0045	0.0015	
比較例 20	700	300	40	0.05	0.05	0.25	0.0021	0.0011	9.1	0.035	0.0044	0.0015	
発明例 21	500	120	32	0.06	0.06	0.63	0.0015	0.0021	8.5	0.025	0.0020	0.0015	
比較例 21	500	120	32	0.06	0.06	0.64	0.0015	0.0025	8.6	0.025	0.0021	0.0051	

【 0 0 3 1 】

10

20

30

【表2】

	Pの界面 偏析 濃度 %	第一の熱間圧延				第二の熱間圧延			焼き入れ 処理	焼き戻し 処理
		加熱 温度 °C	保持 時間 hr	圧下比	最終1パス 前温度	加熱温度 °C	圧下 比	最終1パス 前温度	加熱温度 °C	加熱温度 °C
					°C			°C		
発明例1	0.082	1285	30	8.0	1050	1270	5.0	790	820	580
比較例1	0.085	1315	30	8.0	1065	1270	5.0	795	820	580
発明例2	0.077	1290	25	4.8	815	1240	5.2	865	780	570
比較例2	0.110	1295	25	4.8	828	1240	5.2	885	780	570
発明例3	0.045	1350	15	1.6	1122	1160	12.5	930	790	645
比較例3	0.125	1350	15	1.05	1126	1160	19.0	940	790	645
発明例4	0.085	1338	10	4.2	1045	1120	3.8	910	780	580
比較例4	0.255	1378	10	4.2	1050	1120	3.8	910	780	610
発明例5	0.092	1325	15	2.3	1170	1080	7.5	885	850	525
比較例5	0.093	1326	16	2.3	1172	1080	7.5	875	850	525
発明例6	0.075	1312	12	2.0	930	1180	3.0	935	820	550
比較例6	0.076	1325	12	2.0	945	1180	3.0	940	820	550
発明例7	0.075	1265	10	8.0	1080	1190	5.0	690	820	575
比較例7	0.077	1260	10	8.0	1080	1190	5.0	695	820	575
発明例8	0.045	1280	20	4.8	1100	1220	5.2	775	815	565
比較例8	0.044	1285	20	4.8	1110	1220	5.2	785	810	565
発明例9	0.075	1260	20	1.6	1105	1150	12.5	910	860	555
比較例9	0.076	1260	20	1.60	1111	1160	12.5	915	860	555
発明例10	0.088	1330	10	2.3	1150	1050	7.5	795	820	555
比較例10	0.155	1230	10	2.3	1145	1050	7.5	800	820	555
発明例11	0.076	1300	15	2.0	1050	1200	3.0	955	810	560
比較例11	0.105	1300	15	2.0	1205	1200	3.0	958	810	560
発明例12	0.085	1250	15	8.0	1005	1200	5.0	710	815	585
比較例12	0.115	1250	15	8.0	788	1200	5.0	715	815	585
発明例13	0.045	1280	20	4.8	1100	1220	5.2	775	815	565
比較例13	0.045	1285	20	4.8	1110	1220	5.2	785	910	565
発明例14	0.068	1250	15	1.6	985	1120	12.5	880	830	585
比較例14	0.069	1250	15	1.60	990	1120	12.5	865	740	585
発明例15	0.078	1300	30	4.2	1130	1150	3.8	798	820	590
比較例15	0.211	1300	30	4.2	1150	1150	3.8	815	820	485
発明例16	0.045	1320	30	2.3	1100	1100	7.5	808	800	550
比較例16	0.048	1320	30	2.3	1100	1100	7.5	810	800	660
発明例17	0.075	1300	15	2.0	1050	1200	3.0	955	810	560
比較例17	0.215	1300	5	2.0	1050	1200	3.0	958	810	560
発明例18	0.044	1350	10	1.6	1122	1160	12.5	930	800	640
比較例18	0.045	1350	10	1.6	1126	1160	12.5	940	800	640
発明例19	0.081	1310	30	4.2	1110	1160	3.8	800	810	600
比較例19	0.082	1310	30	4.2	1110	1160	3.8	805	810	600
発明例20	0.048	1310	30	2.3	1050	1050	7.5	888	800	545
比較例20	0.048	1310	30	2.3	1050	1050	7.5	889	800	545
発明例21	0.075	1300	10	4.2	1005	1120	3.8	910	810	585
比較例21	0.085	1300	10	4.2	1006	1120	3.8	910	810	585

10

20

30

【0032】

【表 3】

	降伏応力 MPa	引張強さ MPa	母材靱性 シャルピー試験値		溶接継手靱性 シャルピー試験値	
			J	評価	J	評価
発明例1	670	755	78	合格	69	合格
比較例1	725	824	19	不合格	9	不合格
発明例2	650	768	135	合格	105	合格
比較例2	662	791	85	不合格	32	不合格
発明例3	625	733	225	合格	103	合格
比較例3	651	756	91	不合格	110	合格
発明例4	611	699	178	合格	165	合格
比較例4	625	692	78	不合格	55	不合格
発明例5	592	692	123	合格	135	合格
比較例5	593	695	68	不合格	28	不合格
発明例6	605	695	135	合格	105	合格
比較例6	601	695	55	不合格	15	不合格
発明例7	670	755	99	合格	105	合格
比較例7	672	756	21	不合格	11	不合格
発明例8	645	770	188	合格	155	合格
比較例8	652	785	48	不合格	78	不合格
発明例9	630	723	195	合格	115	合格
比較例9	645	751	75	不合格	66	不合格
発明例10	591	695	125	合格	105	合格
比較例10	601	698	25	不合格	115	合格
発明例11	606	698	138	合格	111	合格
比較例11	602	699	39	不合格	123	合格
発明例12	671	756	105	合格	110	合格
比較例12	675	755	25	不合格	105	合格
発明例13	644	771	189	合格	160	合格
比較例13	655	788	18	不合格	11	不合格
発明例14	632	725	155	合格	105	合格
比較例14	630	721	78	不合格	45	不合格
発明例15	615	723	222	合格	215	合格
比較例15	618	725	91	不合格	37	不合格
発明例16	590	692	188	合格	123	合格
比較例16	630	755	29	不合格	15	不合格
発明例17	608	693	205	合格	186	合格
比較例17	610	820	38	不合格	103	合格
発明例18	624	722	222	合格	103	合格
比較例18	630	734	215	合格	40	不合格
発明例19	610	724	211	合格	155	合格
比較例19	580	688	155	合格	105	合格
発明例20	590	692	188	合格	123	合格
比較例20	575	675	155	合格	105	合格
発明例21	610	705	181	合格	155	合格
比較例21	615	706	55	不合格	35	不合格

【0033】

降伏応力と引張強さは J I S Z 2241 に記載の金属材料引張試験方法により測定した。試験片は J I S Z 2201 に記載の金属材料引張試験片とし、板厚 20 mm 以下の鋼板からは 5 号試験片、板厚 40 mm 以上の鋼板からは鋼板表面から 1 / 4 t 部から採取した 10 号試験片を使用した。試験片は、長手方向が圧延方向と垂直になるように採取した。降伏応力はオフセット法で算出した 0.2 % 耐力とした。常温で 2 本の試験を行い、平均値を採用した。なお、降伏応力が 590 MPa 以上を合格、引張強さが 690 MPa 以上を合格とした。

【0034】

母材および溶接継手の靱性は、シャルピー試験によって評価した。試験片は、板厚 12

10

20

30

40

50

mm以上は断面が10×10mmのフルサイズ試験片を、板厚6mmについては断面が10×5mmのサブサイズ試験片を使用した。母材については試験片の長手方向が圧延方向と垂直になるC方向について評価を行った。溶接継手靱性の評価においては、ノッチ先端が溶接ポンドに相当するように試験片を採取した。試験温度は-196とし、3本の試験を行った最低値を採用した。シャルピー試験では、100J以上を合格、100J未満を不合格とした。

【0035】

なお、溶接継手のシャルピー試験に使用した溶接継手は、SMAWにより作製した。SMAWの条件は、入熱3.5～4.0kJ/cm、立向き溶接、予熱およびパス間温度100以下である。

10

【0036】

発明例1は、板厚6mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例1は、発明例1と類似の製造方法であるものの、C量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0037】

発明例2は、板厚12mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例2は、発明例2と類似の製造方法であるものの、Si量が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0038】

発明例3は、板厚20mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例3は、発明例3と類似の成分であるものの、第一の熱間圧延の圧下比が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

20

【0039】

発明例4は、板厚32mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例4は、発明例4と類似の製造方法であるものの、全圧下率、P量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0040】

発明例5は、板厚40mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例5は、発明例5と類似の製造方法であるものの、S量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

30

【0041】

発明例6は、板厚40mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例6は、発明例6と類似の製造方法であるものの、Ni量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0042】

発明例7は、板厚6mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例7は、発明例7と類似の製造方法であるものの、Al量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0043】

40

発明例8は、板厚12mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例8は、発明例8と類似の成分であるものの、Al量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0044】

発明例9は、板厚20mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例9は、発明例9と類似の製造方法であるものの、N量が本発明の範囲を外れているため、Pの界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【0045】

発明例10は、板厚40mmの鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例10は、発明例10と類似の成分であるものの、第一の熱間圧

50

延における加熱温度および界面偏析 P 量が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【 0 0 4 6 】

発明例 1 1 は、板厚 4 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 1 は、発明例 1 1 と類似の成分であるものの、第一の熱間圧延における最終 1 パス前温度および界面偏析 P 量が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【 0 0 4 7 】

発明例 1 2 は、板厚 6 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 2 は、発明例 1 2 と類似の成分であるものの、最終 1 パス前温度および界面偏析 P 量が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

10

【 0 0 4 8 】

発明例 1 3 は、板厚 1 2 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 3 は、発明例 1 3 と類似の成分であるものの、焼き入れ加熱温度が本発明の範囲を外れているため、P の界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接熱影響部靱性に劣る。

【 0 0 4 9 】

発明例 1 4 は、板厚 2 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 4 は、発明例 1 4 と類似の成分であるものの、焼き入れ加熱温度が本発明の範囲を外れているため、P の界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

20

【 0 0 5 0 】

発明例 1 5 は、板厚 3 2 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 5 は、発明例 1 5 と類似の成分であるものの、P の界面偏析濃度および焼き戻し加熱温度が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【 0 0 5 1 】

発明例 1 6 は、板厚 4 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 6 は、発明例 1 6 と類似の成分であるものの、焼き戻し加熱温度が本発明の範囲を外れているため、P の界面偏析濃度に関わらず母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

30

【 0 0 5 2 】

発明例 1 7 は、板厚 4 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 7 は、発明例 1 7 と類似の成分であるものの、P の界面偏析濃度と第一の熱間圧延における保持時間が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。

【 0 0 5 3 】

発明例 1 8 は、板厚 2 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 8 は、発明例 1 8 と類似の製造方法であるものの、M n 量が本発明の範囲を外れているため、溶接継手靱性に劣る。

40

【 0 0 5 4 】

発明例 1 9 は、板厚 4 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 1 9 は、発明例 1 9 と類似の製造方法であるものの、C 量が本発明の範囲を外れているため、強度が低い。

【 0 0 5 5 】

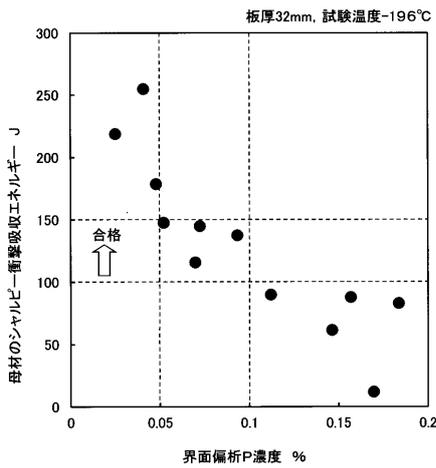
発明例 2 0 は、板厚 4 0 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 2 0 は、発明例 2 0 と類似の製造方法であるものの、M n 量が本発明の範囲を外れているため、強度が低い。

【 0 0 5 6 】

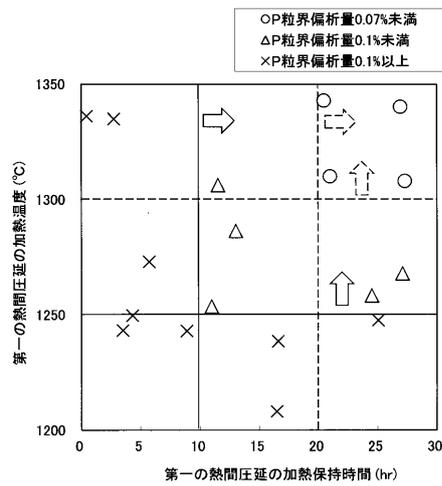
50

発明例 2 1 は、板厚 3 2 m m の鋼板を製造したものであり、母材靱性、溶接継手靱性に優れている。一方、比較例 2 1 は、発明例 2 1 と類似の製造方法であるものの、T - O 量が本発明の範囲を外れているため、母材靱性、溶接継手靱性に劣る。以上の実施例から、本発明により製造された厚鋼板である発明例 1 ~ 2 1 の鋼板は、耐破壊性能に優れる鋼板であることは明白である。

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 康哲
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 奥島 基裕
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内

審査官 坂巻 佳世

- (56)参考文献 特開平09-020922(JP,A)
特開2010-274268(JP,A)
特開2009-074123(JP,A)
国際公開第2012/005330(WO,A1)
特開平09-143557(JP,A)
特開2006-212671(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00
C21D 8/02
C22C 38/08
C22C 38/54