

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5012194号
(P5012194)

(45) 発行日 平成24年8月29日 (2012. 8. 29)

(24) 登録日 平成24年6月15日 (2012. 6. 15)

(51) Int. Cl.

F 1

C 2 2 C 38/00 (2006. 01)

C 2 2 C 38/00 3 0 2 Z

C 2 2 C 38/48 (2006. 01)

C 2 2 C 38/48

C 2 2 C 38/50 (2006. 01)

C 2 2 C 38/50

C 2 1 D 9/46 (2006. 01)

C 2 1 D 9/46 R

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-131116 (P2007-131116)
 (22) 出願日 平成19年5月17日 (2007. 5. 17)
 (65) 公開番号 特開2008-285718 (P2008-285718A)
 (43) 公開日 平成20年11月27日 (2008. 11. 27)
 審査請求日 平成22年4月22日 (2010. 4. 22)

(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
 (74) 代理人 100126701
 弁理士 井上 茂
 (74) 代理人 100130834
 弁理士 森 和弘
 (72) 発明者 福田 國夫
 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
 (72) 発明者 船川 義正
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で、0.003% C 0.010%、0.20% Si 0.50%、Mn 0.2%、P 0.04%、S 0.005%、0.02% Al 0.15%、N 0.010%、21.0% Cr 25.0%、0.5% Mo 1.3%、Ni 0.5%、0.25% Nb 0.5%を含み、かつ15 Nb/(C+N) 35であり、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有し、大きさが70nm以下のNbCまたはNb(CN)が存在していることを特徴とする溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板。

【請求項 2】

さらに、質量%で、0.005% Ti<0.02%および0.3% Cu 0.6%のうちから選ばれた少なくとも1種の元素を含む成分組成を有することを特徴とする請求項1に記載の溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板。

【請求項 3】

請求項1または2に記載の成分組成を有する鋼スラブを1200 以下の温度に加熱後、950 以下の仕上温度で熱間圧延して熱延板とし、前記熱延板を500 以下の巻取温度で巻取り、1030 以下の温度で100秒以下の時間熱延板焼鈍を行った後、冷間圧延して冷延板とし、前記冷延板を850 以上の温度で再結晶焼鈍を行うことを特徴とする溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温水器用フェライト系ステンレス鋼板、特に、溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板とその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フェライト系ステンレス鋼板は、意匠性や耐食性に優れるため、建築物、輸送機器、家庭電化製品、厨房器具など、様々な用途に用いられている。特に、近年、ヒートポンプ方式の温水器缶体には、応力腐食割れの起きやすいオーステナイト系ステンレス鋼板に代わって、フェライト系ステンレス鋼板の使用される機会が多くなっている。温水器缶体は苛酷な腐食環境に曝されるため、CおよびN含有量を低減するとともに、Cr含有量を増加した高耐食性のフェライト系ステンレス鋼板が要求されているが、このようなフェライト系ステンレス鋼板を用いると、温水器缶体の製造工程で行われるTIG溶接やスポット溶接時に溶接熱影響部の結晶粒が粗大化し、溶接継手強度が著しく低下する。これは、ヒートポンプのように密閉され、従来の温水器などよりも過酷な正負の圧力が繰り返しかかる部材では、大きな問題となる。

10

【0003】

そこで、フェライト系ステンレス鋼板を用いた溶接継手の高強度化のために、特許文献1には、質量%で、0.0005% C 0.025%、10% Cr 25%、0.0010% N 0.025%、0.0005% Mg 0.01%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、溶接部および溶接熱影響部の任意の断面に最大径が0.01 μm以上5 μm以下であるMgを含有する酸化物粒子が1個/mm²以上の密度で含まれる溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼薄板が開示されている。

20

【0004】

特許文献2には、質量%で、0.0005% C 0.08%、0.01% Si 1%、0.01% Mn 1%、P<0.04%、0.0001% S 0.01%、10% Cr 25%、0.005% N 0.08%、0.0005% Mg 0.01%を含有し、さらに0.01% Ti 0.8%および0.005% Al 0.2%のうち少なくとも1種を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、かつ、TiおよびAlのうち少なくとも1種とMgを含み、2種類以上の組成からなる層構造を有し、最大径が0.05 μm以上5 μmである酸化物を、3個/mm²以上の分布密度で鋼中に含有することを特徴とする溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

【0005】

特許文献3には、質量%で、C 0.03%、N 0.025%およびO 0.02%に規制した11% Cr 35%を含むフェライト系ステンレス鋼であって、レーザ溶接部の酸素濃度および窒素濃度がそれぞれ250ppm以下および350ppm以下で、析出する炭化物および窒化物が平均粒径3 μm以下で合計析出密度 1×10^5 個/mm²以下となるように、C量[%C]、N量[%N]、O量[%O]およびCr量[%Cr]の間に、 $[\%C] + 3[\%N] + [\%O] < (124.4 - [\%Cr]) / 1750$ の関係を維持させたレーザ溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

30

【0006】

特許文献4には、質量%で、0.001% C 0.08%、0.01% Si 1.0%、0.01% Mn 2.0%、10.5% Cr 32.0%、0.001% N 0.04%、0.005% Al 0.2%、0.001% Mg 0.02%、0.001% O 0.02%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる溶接性に優れたフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

40

【0007】

一方、温水器などの用途として耐食性を改善するための技術として、特許文献5には、質量%で、C 0.08%、Si 0.3%、Mn 0.3%、13% Cr 26%、N 0.03%、P<0.015%、S<0.0010%、0.02% Al 0.20%、残部実質的にFeからなる耐食性を主とする使用性能が優れたフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

【0008】

特許文献6には、質量%で、C 0.025%、Si 0.6%、Mn 1.0%、P 0.04%、S 0.01%、Ni 0.6%、16% Cr 35%、0.3% Mo 6%、N 0.025%、0.01% Al 0.5%、0.1% Nb 0.6%、0.05% Ti 0.3%、0.1% Cu 1.0%を含み、かつこれらの成分の間に質量%において、 $C+N \leq 0.04$ 、および $Nb+Ti \leq 7(C+N)+0.15$ の関係が成立し、なおかつ次の式、 $B値 = Cr + 3(Mo+Cu)$

50

23.5、および P 値 $=5Ti+20(Al-0.01)$ 1.5の関係が成立し、残部は実質的に鉄および不可避免的不純物からなる溶接部の耐食性に優れるフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

【0009】

特許文献7には、質量%で、C 0.003%、0.1% Si 0.4%、Mn 0.4%、P 0.04%、S 0.01%、16.0% Cr 25.0%、0.8% Mo 2.5%、N 0.03%、0.1% Nb 0.6%、0.05% Ti 0.3%、0.01% Al 0.5%を含み、かつNb、Ti、CおよびNの間に $Nb+Ti \leq 7(C+N)+0.15$ の関係が成立し、残部が実質的にFeからなるフェライト系ステンレス鋼板から構成され、胴体と上下の鏡板がかしめ接合されている耐食性に優れた温水器缶体が開示されている。

【0010】

特許文献8には、質量%で、0.001% C 0.02%、0.001% N 0.02%、0.01% Si 0.3%、0.05% Mn 1%、P 0.04%、0.15% Ni 3%、11% Cr 22%、0.01% Ti 0.5%、0.0002% Mg 0.002%を含み、0.5% Mo 3.0%、0.02% Nb 0.6%、0.1% Cu 1.5%の条件で、Mo、Nb、Cuのうち1種または2種以上を、 $Cr+3Mo+6(Ni+Nb+Cu) \leq 23$ を満たす範囲で含み、残部がFeおよび不可避免不純物からなる耐すきま腐食性に優れたフェライト系ステンレス鋼が開示されている。

【特許文献1】特開平11-256285号公報

【特許文献2】特開2001-254153号公報

【特許文献3】特開平7-286239号公報

【特許文献4】特開平9-217151号公報

【特許文献5】特開昭58-71356号公報

【特許文献6】特開平10-81940号公報

【特許文献7】特開2005-15816号公報

【特許文献8】特開2006-257544号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1～8に記載されたいずれのフェライト系ステンレス鋼においても、スポット溶接時に熱影響部となる板厚中央部もしくはTIG溶接時に熱影響部となるピード周辺部において結晶粒の粗大化が起こり、溶接継手強度が著しく低下する。

【0012】

本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板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】

【0013】

本発明者等は、温水器用フェライト系ステンレス鋼板の溶接継手強度について詳細に調査した結果、以下の知見を得た。

【0014】

i) 従来技術にあるようなMg系の酸化物、TiまたはAlの酸化物では、溶接金属の結晶粒粗大化は防止できるが、熱影響部の結晶粒粗大化を必ずしも防止できず、高い溶接継手強度が必ずしも得られない。

【0015】

ii) 溶接熱影響部の結晶粒の粗大化を確実に防止し、継手強度を高めるには、溶接前の鋼板に大きさが70nm以下の微細なNbCまたはNb(CN)を析出させることが効果的である。

【0016】

本発明は、このような知見に基づきなされたもので、質量%で、0.003% C 0.010%、0.20% Si 0.50%、Mn 0.2%、P 0.04%、S 0.005%、0.02% Al 0.15%、N 0.010%、21.0% Cr 25.0%、0.5% Mo 1.3%、Ni 0.5%、0.25% Nb 0.5%を含み、かつ $15 \leq Nb/(C+N)$

35であり、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有し、大きさが70nm以下のNbCまたはNb(CN)が存在していることを特徴とする溶接継手強度が高い温水器用フェラ

10

20

30

40

50

イト系ステンレス鋼板を提供する。

【 0 0 1 7 】

本発明のフェライト系ステンレス鋼板には、さらに、質量%で、0.005% Ti<0.02%および0.3% Cu 0.6%のうちから選ばれた少なくとも1種の元素を含有させることができる。

【 0 0 1 8 】

本発明のフェライト系ステンレス鋼板は、上記の成分組成を有する鋼スラブを1200 以下の温度に加熱後、950 以下の仕上温度で熱間圧延して熱延板とし、前記熱延板を500 以下の巻取温度で巻取り、1030 以下の温度で100秒以下の時間熱延板焼鈍を行った後、冷間圧延して冷延板とし、前記冷延板を850 以上の温度で再結晶焼鈍を行うことを特徴とする方法により製造できる。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明により、溶接継手強度が高い温水器用フェライト系ステンレス鋼板を製造できるようになった。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

以下に、本発明であるフェライト系ステンレス鋼板およびその製造方法について詳述する。

【 0 0 2 1 】

1)成分組成(以下の「%」は、「質量%」を表す。)

20

0.003% C 0.010%

Cは、Crと結合して固溶Cr量を減じて耐食性を劣化させるため、本発明ではNbCとして析出させるが、このNbCによって溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化が防止され、継手強度が高くなる。C量が0.003%を下回ると、十分な量のNbCが析出しないため、熱影響部の結晶粒粗大化を防止できない。一方、C量が0.010%を超えると、Cr炭化物が析出して耐食性に必要な固溶Cr量が少なくなるとともに、NbCが大きくなり熱影響部の結晶粒粗大化を防止できなくなる。このため、C量は0.003%以上0.010%以下とする。

【 0 0 2 2 】

0.20% Si 0.50%

Siは、脱酸剤として必要な元素であるとともに、溶接部の耐食性の向上に有効な元素でもある。特に、溶接時の熱影響部で酸化されて緻密な皮膜を形成し、母材の耐食性の劣化を防止する。そのためには、Si量を0.02%以上とする必要がある。一方、Siは、固溶強化元素であり、その量が0.50%を超えると、鋼が硬質低延性化する。したがって、Si量は0.02%以上、好ましくは0.35%以上0.50%以下とする。

30

【 0 0 2 3 】

Mn 0.2%

Mn量が0.2%を超えると、Sと結合しMnSを形成し、溶接継手の破壊の起点となる。このため、Mn量は0.2%以下とする。

【 0 0 2 4 】

P 0.04%

40

P量が0.04%を超えると、鋼を顕著に固溶強化するとともに、粒界に偏析して脆性破壊を助長する。このため、P量は0.04%以下とする。

【 0 0 2 5 】

S 0.005%

Sは、MnSとしてフェライト粒界に析出し、耐食性を劣化させるだけでなく溶接継手の破壊の起点となる。このため、S量は0.005%以下とする。

【 0 0 2 6 】

0.02% Al 0.15%

Alは、脱酸剤であり、鋼の清浄度を向上させるためには積極添加が望まれる。また、Siと同様に、溶接時の熱影響部で酸化されて緻密な皮膜を形成し、母材の耐食性の劣化を防

50

止する。こうした効果を得るためには、Al量は0.02%以上とする必要がある。一方、Al量が0.15%を超えると、結晶粒の粗大化を容易にするとともに、熱影響部の脆性破壊を招く。したがって、Al量は0.02%以上0.15%以下、好ましくは0.05%以上0.11%以下とする。

【0027】

N 0.010%

Nは、Cと同様に、Crと結合して固溶Cr量を減じて耐食性を劣化させるため、本発明ではNb(CN)あるいはTiNとして析出させるが、このNb(CN)によってスポット溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化が防止され、継手強度が高くなる。しかし、N量が0.010%を超えると、Nb(CN)が大きくなり、あるいはTiNが析出している場合は、TiNの周りにNbCが複合析出してNbCが大きくなって、熱影響部の結晶粒粗大化を防止できなくなる。このため、N量は0.010%以下とする。

【0028】

21.0% Cr 25.0%

Crは、ステンレス鋼表面に不動態被膜を形成し、耐食性を向上させる元素である。通常のフェライト系ステンレス鋼板は、SUS430に代表されるように、18%程度のCrを含有している。温水器缶体製造におけるTIG溶接などではガスシールドが十分でなく、ビード部などにCrを含むテンパーカラーと呼ばれる酸化皮膜が生成して、母材のCr濃度を低下させ、溶接部の耐食性を劣化させる。特に、1000℃以上で生成する酸化皮膜にはCrが選択的に多量に含まれ、温水中での溶接部の耐食性を極端に劣化させてしまう。そこで、本発明者等がこうした耐食性の極端な劣化を起こすCr量について検討したところ、Cr量が21.0%未満ではMoやその他の元素を添加しても、温水中での耐食性は不安定となり、すきま部などでは孔食の原因となることが明らかになった。一方、Cr量が25.0%を超えると、加工性が顕著に低下する。このため、Cr量は21.0%以上25.0%以下、好ましくは22.0%以上24.0%以下とする。

【0029】

0.5% Mo 1.3%

Mo量を0.5%以上にすると、耐食性が顕著に向上するが、1.3%を超えると、本発明のCr含有量の範囲では靱性が顕著に低下する。このため、Mo量は0.5%以上1.3%以下、好ましくは0.8%以上1.2%以下とする。

【0030】

Ni 0.5%

Niは、耐食性を向上させる元素であるが、その量が0.5%を超えると、鋼を硬質低延性化させる。このため、Ni量は0.5%以下とする。

【0031】

0.25% Nb 0.5%

Nbは、単独で添加された場合には主にNb(CN)を、Tiとともに添加された場合には主にNbCを形成する。Nb量が0.25%を下回ると、形成されるNb(CN)やNbCの量が少なくなり、粗大なFe炭化物やCr炭化物が析出しやすくなって、溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化が起こりやすくなる。一方、Nb量が0.5%を超えると、より高い温度でNb(CN)やNbCの析出が起こり、大きなNb(CN)やNbCが形成されやすくなり、熱影響部の結晶粒粗大化を抑制できなくなる。このため、Nb量は0.25%以上0.5%以下とする。

【0032】

15 Nb/(C+N) 35

上述したように、Nbが単独で添加された場合には主にNb(CN)が形成されるが、Nb量がC+N量の15倍を下回ると、Nb(CN)の析出が不十分となり、Cr炭化物、Cr窒化物、Cr炭窒化物が析出し、耐食性が劣化する。一方、Nb量がC+N量の35倍を超えると、より高い温度でNb(CN)の析出が起こり、大きなNb(CN)が形成されやすくなり、溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化を抑制できなくなる。このため、Nb/(C+N)は15以上35以下とする。

【0033】

残部は、Feおよび不可避免的不純物であるが、次の理由により、さらに、質量%で、0.005

10

20

30

40

50

% Ti<0.02%および0.3% Cu 0.6%のうちから選ばれた少なくとも1種の元素を含有させることができる。

【0034】

0.005% Ti<0.02%

NbとともにTiを添加しても、Nb単独の場合と同様な効果を得ることができる。この場合、Tiは高温でTiNを形成するため、溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化はNbCによって抑制される。このような効果を得るためには、Ti量は0.005%以上にすることがあるが、Ti量が0.02%以上になると、粗大になりやすい(Nb,Ti)(CN)が析出するようになり、熱影響部の結晶粒粗大化を抑制できなくなる。このため、Ti量は0.005%以上0.02%未満とする。

【0035】

0.3% Cu 0.6%

Cuは、本発明鋼のようなC量が0.01%以下と少なく、Cr量が20%以上のフェライト系ステンレス鋼に対し、耐食性を向上させる働きがある。そのためには、Cu量を0.3%以上とする必要があるが、0.6%を超えると、CuSが粒界に析出して溶接継手の破壊の起点となる。このため、Cu量は0.3%以上0.6%以下とする。

【0036】

なお、不可避免的不純物として、B 0.001%、V 0.05%、Mg 0.01%、Ca 0.01%などが混入しても、本発明の効果は得られるが、これらの元素は少ないほど好ましい。

【0037】

2)NbCまたはNb(CN)の大きさ

上述したように、NbCまたはNb(CN)が大きくなると、溶接継手の熱影響部の結晶粒粗大化を抑制できなくなる。熱影響部の結晶粒粗大化を効果的に抑制するには、NbCまたはNb(CN)の大きさを70nm以下とする必要がある。

【0038】

3)製造条件

上述したように、本発明のフェライト系ステンレス鋼板は、例えば、上記の成分組成を有する鋼スラブを1200 以下の温度に加熱後、950 以下の仕上温度で熱間圧延して熱延板とし、前記熱延板を500 以下の巻取温度で巻取り、1030 以下の温度で100秒以下の時間熱延板焼鈍を行った後、冷間圧延して冷延板とし、前記冷延板を850 以上の温度で再結晶焼鈍を行うことにより製造できる。

【0039】

鋼スラブの加熱温度:1200 以下

鋼スラブの加熱温度が1200 を上回ると、スラブの結晶粒が粗大化し、フェライト単相域で熱間圧延されるフェライト系ステンレス鋼では、圧延中の再結晶が起こりにくくなる。このため、冷間圧延、再結晶焼鈍後の結晶粒も粗大になり、溶接継手強度を十分に高めることができない。したがって、鋼スラブの加熱温度は1200 以下とする。

【0040】

熱間圧延の仕上温度:950 以下

熱間圧延の仕上温度が950 を上回ると、熱間圧延後に形成されるフェライト粒が粗大化しやすくなり、冷間圧延、再結晶焼鈍後の結晶粒も粗大になり、溶接継手強度を十分に高めることができない。したがって、熱間圧延の仕上温度は950 以下とする。なお、仕上温度が低すぎると変形抵抗が大きくなり、圧延の負荷がかかるだけでなく、表面に圧延傷などが発生し、表面性状が悪化するため、熱間圧延の仕上温度は800 以上とすることが好ましい。

【0041】

巻取温度:500 以下

熱間圧延後の巻取温度が500 を上回ると、巻取り時にNbCまたはNb(CN)が析出し、冷間圧延、再結晶焼鈍後に微細なNbCまたはNb(CN)を得ることが困難となる。このため、巻取温度は500 以下とする。なお、良好な形状の熱延板を得るために、巻取温度は350 以上とすることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

熱延板焼鈍:1030 以下の温度で100秒以下

巻取り後の熱延板を焼鈍して、大きさが70nm以下の微細なNbCまたはNb(CN)を析出させ、それを冷間圧延、再結晶焼鈍後まで維持することにより、溶接継手強度を高めることができる。このとき、熱延板焼鈍の温度が1030 を超えると、大きさが70nmを超える大きなNbCまたはNb(CN)が析出し、溶接継手強度を十分に高めることができない。また、焼鈍温度で100秒を超える時間保持すると、同様に、大きなNbCまたはNb(CN)が析出し、溶接継手強度を十分に高めることができない。このため、熱延板焼鈍は1030 以下の温度で100秒以下の時間で行う。

【 0 0 4 3 】

再結晶焼鈍:850 以上

熱延板焼鈍後の熱延板は、通常のステンレス鋼に対する酸洗によりスケールを除去した後、冷間圧延により冷延板とし、再結晶焼鈍を行う。このとき、再結晶焼鈍の温度が850 未満だと、圧延方向に展伸した冷間圧延組織が残留しやすくなり、溶接継手強度が低下したり、再結晶が不十分なため、伸びが極端に低下する。このため、再結晶焼鈍は850 以上で行う。なお、NbCまたはNb(CN)の粗大化防止の観点から、再結晶焼鈍は1000 以下で行うことが好ましい。再結晶焼鈍後は、通常のステンレス鋼板と同様、酸洗が施される。さらに、降伏点伸びを消失させるために、再結晶焼鈍後に伸長率0.5%以上1.5%以下のスキンプラス圧延を行うことが好ましい。

【 0 0 4 4 】

熱間圧延前の鋼の製造方法は、特に限定しないが、転炉、電気炉などで本願発明の範囲内の成分組成を有する鋼を溶製し、強攪拌真空酸素脱炭処理などにより二次精錬を行い、連続鑄造法などによってスラブにすればよい。

【 実施例 】

【 0 0 4 5 】

表1に示す化学成分の鋼No.1～25を50kgの小型真空溶解炉で溶製し、鋼塊とした後、表2、3に示す熱延条件で、実験室的に、熱間圧延しその後保熱ボックスに装入して巻取り相当の熱処理を行い、板厚3mmの熱延板とした。この熱延板を、表2、3に示す熱延板焼鈍で焼鈍し、酸洗後、冷間圧延し、板厚0.8mmの冷延板とし、表2、3に示す焼鈍温度で再結晶焼鈍し、鋼板No.1～30を作製した。そして、作製した鋼板No.1～30に対し、以下の方法で、NbCまたはNb(CN)の大きさ、機械的性質、孔食電位を測定した。

【 0 0 4 6 】

NbCまたはNb(CN)の大きさ：鋼板の板厚中央部より薄膜をツインジェット法で作製し、透過型電子顕微鏡で観察して、その大きさを求めた。

【 0 0 4 7 】

機械的性質：作製した鋼板から引張方向が圧延方向に平行になるようにJIS 13号B引張試験片を採取し、歪速度10mm/minで引張試験を行って、引張強度TSおよび伸びEIを求めた。また、作製した鋼板から幅30mmで長さ100mmの短冊を2本切り出し、短冊の長手方向にラップ代30mmで重ね、重なった30mm角の領域中央でスポット溶接を行った後、長手方向の両端部を引張試験機で引張り、最大荷重を測定し、引張剪断強さとした。なお、スポット溶接は、単相交流機を用い、電極：クロム/銅DR型、溶接電流：8kA、加圧力：400kgf、スクイズ：50cy/50Hz、通電時間：20cy/50Hz、通電後保持：50cy/50の条件で行った。こうして求めた引張剪断強さが7kN以上であれば、溶接継手強度として十分である。

【 0 0 4 8 】

孔食電位：鋼板から試験片を採取し、電極：1.6mmタングステン電極、溶接電圧：10V、溶接電流：60～100A、溶接速度：600mm/min、表ビード側シールドガス：Ar(20L/min)、裏ビード側シールドガス：Ar+5%O₂(20L/min)の条件で、裏ビード幅が2mm以上になるように、試験片にビード・オン・プレートのTIG溶接を行った。そして、JIS G 0577「ステンレ鋼の孔食電位測定方法」に基づき、温水器環境をシミュレートした85 の200ppmNaCl溶液中で、溶接部の裏ビード面および溶接部から離れた部分(素材)の孔食電位を測定した。な

10

20

30

40

50

お、試験前の試験片の研磨は行わず、また、溶液浸漬後10分間放置はせずに直ちに電位測定を行った。孔食電位は、非溶接部は溶解電流値が $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ になる電位 $V_{c10}(\text{mV vs SCE})$ で、溶接部は溶解電流値が $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ になる電位 $V_{c100}(\text{mV vs SCE})$ で評価した。こうして求めた溶接部の孔食電位(V_{c100})が100mV以上であれば、溶接部の耐食性に優れるといえる。

【 0 0 4 9 】

結果を表2、3に示す。本発明の成分組成を有し、かつ70nm以下のNbCまたはNb(CN)が存在する鋼板No.2、3、5～7、9～12、15～17、19、20、25では、引張剪断強さが7kN以上で、溶接継手強度が高く、溶接部の孔食電位が100mV以上で、溶接部の耐食性にも優れている。なお、70nm以下のNbCまたはNb(CN)が存在しても、Si、Al、Cr、Moの量が本発明範囲より低い鋼板No.21～24では、7kN以上の引張剪断強さが得られるが、溶接部の孔食電位が著しく低く、溶接部の耐食性に劣っている。

【 0 0 5 0 】

【 表 1 】

鋼		化学成分 (質量%)													備考
No.	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	Ni	Nb	Ti	Cu	Nb/(C+N)	
1	0.0014	0.32	0.16	0.025	0.001	0.096	0.0071	22.5	1.05	0.14	0.33	-	-	39	発明範囲外
2	0.0050	0.32	0.17	0.025	0.001	0.096	0.0076	22.4	1.05	0.14	0.32	-	-	25	発明範囲内
3	0.0073	0.33	0.16	0.025	0.001	0.096	0.0072	22.5	1.05	0.14	0.33	-	-	23	発明範囲内
4	0.0261	0.32	0.17	0.025	0.001	0.096	0.0073	22.5	1.04	0.14	0.33	-	-	10	発明範囲外
5	0.0080	0.23	0.19	0.023	0.001	0.035	0.0062	21.8	1.21	0.21	0.40	-	-	28	発明範囲内
6	0.0076	0.24	0.19	0.025	0.001	0.035	0.0071	21.8	1.22	0.21	0.41	-	-	28	発明範囲内
7	0.0079	0.23	0.19	0.023	0.001	0.038	0.0089	21.7	1.21	0.21	0.41	-	-	24	発明範囲内
8	0.0073	0.25	0.20	0.023	0.001	0.035	0.0225	21.8	1.21	0.21	0.41	-	-	14	発明範囲外
9	0.0080	0.28	0.13	0.031	0.001	0.085	0.0067	22.6	1.01	0.16	0.34	0.006	-	23	発明範囲内
10	0.0072	0.29	0.15	0.030	0.001	0.082	0.0065	22.6	1.02	0.15	0.33	0.007	-	24	発明範囲内
11	0.0071	0.28	0.14	0.031	0.001	0.083	0.0071	22.6	1.01	0.16	0.34	0.006	-	24	発明範囲内
12	0.0076	0.27	0.14	0.031	0.001	0.084	0.0068	22.6	1.02	0.15	0.33	0.008	-	23	発明範囲内
13	0.0074	0.42	0.15	0.028	0.002	0.052	0.0070	23.2	0.85	0.19	0.36	0.180	-	25	発明範囲外
14	0.0091	0.25	0.19	0.022	0.001	0.081	0.0091	22.1	1.22	0.25	0.12	-	0.48	7	発明範囲外
15	0.0091	0.26	0.18	0.025	0.001	0.079	0.0087	22.0	1.21	0.26	0.35	-	0.48	20	発明範囲内
16	0.0089	0.28	0.18	0.024	0.001	0.078	0.0088	22.1	1.19	0.24	0.40	-	0.48	23	発明範囲内
17	0.0088	0.25	0.19	0.022	0.001	0.080	0.0079	22.0	1.20	0.24	0.50	-	0.48	30	発明範囲内
18	0.0087	0.22	0.17	0.024	0.001	0.080	0.0082	22.1	1.21	0.26	0.72	-	0.47	43	発明範囲外
19	0.0075	0.25	0.21	0.022	0.001	0.067	0.0081	22.6	1.10	0.25	0.37	-	-	24	発明範囲内
20	0.0078	0.26	0.19	0.023	0.001	0.070	0.0079	22.7	1.12	0.26	0.35	-	-	22	発明範囲内
21	0.0081	0.22	0.22	0.022	0.001	0.071	0.0073	19.0	1.19	0.19	0.36	-	-	23	発明範囲外
22	0.0081	0.22	0.22	0.024	0.001	0.075	0.0078	22.6	0.45	0.18	0.36	-	-	23	発明範囲外
23	0.0069	0.15	0.19	0.023	0.001	0.008	0.0081	22.4	1.11	0.20	0.33	-	-	22	発明範囲外
24	0.0078	0.09	0.22	0.022	0.001	0.003	0.0076	22.6	1.10	0.26	0.35	-	-	23	発明範囲外
25	0.0080	0.23	0.19	0.023	0.001	0.035	0.0062	21.8	1.21	0.21	0.40	-	-	28	発明範囲内

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

【表 2】

鋼板 No.	鋼 No.	熱延条件			熱延板焼鈍		再結晶 焼鈍温度 (°C)	NbCまたは Nb(CN) の大きさ (nm)	機械的性質			孔食電位 (mV vs SCE)		備考
		加熱温度 (°C)	仕上温度 (°C)	巻取温度 (°C)	温度 (°C)	時間 (s)			Ts (MPa)	El (%)	引張剪断 強さ (kN)	非溶接部 (Vc10)	溶接部 (Vc100)	
1	1	1200	940	450	970	60	950	35	525	30	6.3	581	210	比較例
2	2	1200	940	450	970	60	950	43	518	29	8.2	575	208	発明例
3	3	1200	940	450	970	60	950	55	513	29	8.1	568	198	発明例
4	4	1200	940	450	970	60	950	103	524	31	6.3	485	95	比較例
5	5	1180	920	450	980	50	930	45	532	30	8.0	601	213	発明例
6	6	1180	920	450	980	50	930	44	523	29	8.2	595	199	発明例
7	7	1180	920	450	980	50	930	39	533	28	8.1	611	203	発明例
8	8	1180	920	450	980	50	930	185	519	29	6.1	490	105	比較例
9	9	1180	910	420	1000	60	980	42	523	30	8.2	592	222	発明例
10	10	1180	910	420	1000	60	980	39	510	29	7.9	568	218	発明例
11	11	1180	910	420	1000	60	980	52	520	30	8.1	573	189	発明例
12	12	1180	910	420	1000	60	980	33	515	32	7.5	598	199	発明例
13	13	1160	910	440	980	70	980	230	518	30	5.2	571	201	比較例
14	14	1160	910	440	950	60	920	50	531	30	6.1	500	134	比較例
15	15	1160	910	440	950	60	920	62	528	29	8.4	610	198	発明例

【表 3】

鋼板 No.	鋼 No.	熱延条件			熱延板焼鈍		再結晶 焼鈍温度 (°C)	NbCまたは Nb(CN) の大きさ (nm)	機械的性質			孔食電位 (mV vs SCE)		備考
		加熱温度 (°C)	仕上温度 (°C)	巻取温度 (°C)	温度 (°C)	時間 (s)			TS (MPa)	El (%)	引張剪断 強さ (kN)	非溶接部 (Vc10)	溶接部 (Vc100)	
16	16	1160	910	450	950	60	920	59	519	30	8.3	585	187	発明例
17	17	1160	910	450	950	60	920	63	525	29	8.1	598	215	発明例
18	18	1160	910	450	950	60	920	263	541	26	5.5	582	204	比較例
19	19	1180	940	450	970	80	960	45	522	31	8.4	588	216	発明例
20	20	1180	940	450	970	80	960	58	518	30	8.3	591	202	発明例
21	21	1180	940	450	970	80	960	61	530	29	8.2	435	-34	比較例
22	22	1180	940	450	970	80	960	61	528	28	8.1	462	-28	比較例
23	23	1180	940	450	970	80	960	59	535	27	8.1	568	58	比較例
24	24	1180	940	440	970	80	960	70	519	31	8.4	545	65	比較例
25	25	1160	910	440	950	70	950	67	526	30	8.5	598	185	発明例
26	25	1160	980	440	950	70	950	110	485	29	5.9	588	198	比較例
27	25	1160	910	440	950	70	950	185	480	30	5.8	577	200	比較例
28	25	1160	910	440	1060	70	950	164	480	31	5.4	583	203	比較例
29	25	1160	910	440	950	300	950	152	481	29	5.3	592	189	比較例
30	25	1160	910	440	950	70	820	51	810	8	4.8	576	187	比較例

10

20

30

40

フロントページの続き

- (72)発明者 宇城 工
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
- (72)発明者 矢埜 浩史
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
- (72)発明者 小堀 克浩
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 河野 一夫

- (56)参考文献 特開2003-155543(JP,A)
特開2005-154862(JP,A)
特開2003-138349(JP,A)
特開平05-271880(JP,A)
特開2005-015816(JP,A)
特開2006-274332(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 1/00 - 49/14
C21D 9/46