

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6879877号  
(P6879877)

(45) 発行日 令和3年6月2日(2021.6.2)

(24) 登録日 令和3年5月7日(2021.5.7)

(51) Int.Cl.	F 1
C 22 C 38/00	(2006.01) C 22 C 38/00 302 Z
C 22 C 38/58	(2006.01) C 22 C 38/58
C 22 C 38/60	(2006.01) C 22 C 38/60
C 21 D 9/46	(2006.01) C 21 D 9/46 Q

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-186410 (P2017-186410)
(22) 出願日	平成29年9月27日 (2017.9.27)
(65) 公開番号	特開2019-59995 (P2019-59995A)
(43) 公開日	平成31年4月18日 (2019.4.18)
審査請求日	令和2年6月4日 (2020.6.4)

(73) 特許権者	503378420 日鉄ステンレス株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目8番2号
(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(74) 代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
(74) 代理人	100187702 弁理士 福地 律生
(74) 代理人	100162204 弁理士 斎藤 学
(74) 代理人	100172269 弁理士 ▲徳▼永 英男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板及びその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

質量%で、C:0.005~0.3%、Si:1超~4%、Mn:0.1~1.0%、Ni:2~25%、Cr:15~30%、N:0.005~0.4%未満、Al:0.001~1%、Cu:0.05~4%、Mo:0.02~3%、V:0.02~1%、P:0.05%以下、S:0.01%以下を含有し、残部がFe及び不可避的不純物からなり、下記式(1)の値が50以下、対応粒界頻度が70%以上であることを特徴とする耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板。

$$25.7 + 2(Ni\%) + 410(C\%) - 0.9(Cr\%) - 77(N\%) - 13(Si\%) - 1.2(Mn\%) \cdots (1)$$

## 【請求項 2】

前記鋼板が、更に、質量%でTi:0.005~0.3%、Nb:0.005~0.3%、B:0.0002~0.005%、Ca:0.0005~0.01%、W:0.1~3.0%、Zr:0.05~0.30%、Sn:0.01~0.50%、Co:0.03~0.30%、Mg:0.0002~0.010%、Sb:0.005~0.3%、REM:0.002~0.2%、Ga:0.0002~0.3%、Ta:0.01~1.0%の1種又は2種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板。

## 【請求項 3】

請求項1または2のいずれかに記載のステンレス鋼板の製造方法であって、冷間圧延工

程にて圧下率を 10 % 以下とし、冷延板焼鈍において 900 未満までの加熱速度を 5 / sec 以上、900 以上の加熱速度を 1 / sec 以上、5 / sec 未満とし、最高温度を 1000 ~ 1150 とし、1000 ~ 前記最高温度での保持時間を 120 sec 以下とすることを特徴とする耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板の製造方法。

【請求項 4】

排気部品に用いられることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載のオーステナイト系ステンレス鋼板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、耐熱性が要求される耐熱部品の素材となるオーステナイト系ステンレス鋼板に関するものであり、特に自動車や二輪車のエキゾーストホールド、コンバーター、及びターボチャージャー部品、ならびにプラント等に適用されるものである。

【背景技術】

【0002】

自動車の排気マニホールド、フロントパイプ、センターパイプ、マフラー、及び排気ガス浄化のための環境対応部品は、高温の排気ガスを安定的に通気させるために、耐酸化性、高温強度、熱疲労特性等の耐熱性に優れた材料が使用される。また、凝縮水腐食環境でもあることから耐食性に優れることも要求される。

20

【0003】

排気ガス規制の強化、エンジン性能の向上、車体軽量化等の観点からも、これらの部品にはステンレス鋼が多く使用されている。また、近年では、排気ガス規制の強化が更に強まる他、燃費性能の向上、ダウンサイ징等の動きから、特にエンジン直下のエキゾーストマニホールドを通過する排気ガス温度は上昇傾向にある。加えて、ターボチャージャーの様な過給機を搭載するケースも多くなっている。エキゾーストマニホールドやターボチャージャーに使用されるステンレス鋼には耐熱性の一層の向上が求められる。排気ガス温度の上昇に関しては、従来 900 程度であった排気ガス温度が 1000 程度まで上昇することも見込まれている。

【0004】

30

一方、ターボチャージャーの内部構造は複雑で、過給効率を高めるとともに、耐熱信頼性の確保が重要であり、主として耐熱オーステナイト系ステンレス鋼の使用が開示されている。代表的な耐熱オーステナイト系ステンレス鋼である SUS310S ( 25% Cr - 20% Ni ) や Ni 基合金等の他、特許文献 1 には、高 Cr 、 Mo 添加鋼が開示されている。また、Si を 2 ~ 4 % 添加したオーステナイト系ステンレス鋼を用いたノズルベーン式ターボチャージャーの排気ガイド部品が特許文献 2 に開示されている。

【0005】

特許文献 2 では、鋼製造時の熱間加工性を考慮して鋼成分が規定されているが、上記部品に要求される高温特性を十分満足することは言えない。また、打ち抜き穴の穴拡げ加工性を維持することが重要とされているが、熱間加工性から規定された鋼成分では、十分な穴拡げ性を得ることは出来なかった。更に、ターボチャージャーのハウジングにはステンレス鉄鋼が使用されているが、肉厚が厚いため薄肉軽量化ニーズがある。

40

【0006】

特許文献 3 には、Nb 、 V 、 C 、 N 、 Al 、 Ti の含有量の最適範囲を定め、製造プロセスを最適化することにより、耐熱オーステナイト系ステンレス鋼板の高温強度、及びクリープ特性を向上することが開示されている。しかし、特許文献 3 に開示された発明の技術的課題は、800 での高温強度及びクリープ特性の向上であり、特許文献 3 に開示された発明は、900 を超える排気ガスへの対応には不十分である。

【0007】

また、特許文献 4 には、材料組成及び処理条件を最適化することにより、700 で 4

50

00時間熱処理後の室温における硬さが40HRC以上である耐熱オーステナイト系ステンレス鋼が開示されている。しかし、特許文献4に開示された発明の課題は、550以上の使用環境に耐え得る高温強度を有することであり、特許文献4には700での高温強度が示されているに過ぎず、特許文献4に開示された発明に係る耐熱オーステナイト系ステンレス鋼は、900を超える排気ガスへの対応には不十分である。

【0008】

また、特許文献5には、低CSL粒界頻度、及び結晶平均粒径等を制御することにより、小粒径の材料で、耐粒界腐食性の向上、及び高温強度の改善を実現できることが開示されている。しかし、特許文献5における「高温強度」とは、水中における高温強度であって、900を超える排気ガスに対する強度を達成するための具体的な解決手段は、開示されていない。10

【0009】

また、特許文献6に開示された原子力用ステンレス鋼は、鋼中の双晶粒界比率を増加することによって、高温水中において優れた耐粒界腐食性を確保することを特徴としている。しかし、特許文献6は、前記原子力用ステンレス鋼の高温強度を開示しておらず、また、特許文献6には、900を超える排気ガスに対する強度を達成するための具体的な解決手段は、開示されていない。

【0010】

また、特許文献7に開示された耐食性オーステナイト系合金は、オーステナイト系合金に30%を超える冷間加工と加熱処理とを施して、オーステナイト結晶粒内に双晶境界を形成するとともに、オーステナイト粒界及び/又は双晶境界上に析出物を分散形成してなることを特徴とする。前記特徴によって、粒界すべりが抑制されて粒界強度が高められるので、前記耐食性オーステナイト系合金は、より高い耐応力腐食割れ進展性を有する。しかし、特許文献7に示された耐応力腐食割れ進展性は、高温水中における特性であって、特許文献7には、900を超える排気ガスに対する強度を達成するための具体的な解決手段は、開示されていない。20

【0011】

双晶粒界比率を増加することによる特性改善は、主に耐食性改善が目的である。また、そのための鋼成分や製造条件については、特許文献8~14にも種々記載されている。鋼成分については、SUS304やSUS316系が対象であり、本発明で特徴とするSiが1%超の材料に関する記載は無い。圧延条件については、低圧下率が基本になっており、例えば特許文献9では2~15%、特許文献12や13では2~5%である。また、その後の熱処理条件については、比較的長時間の熱処理になっており、例えば特許文献9では900~1000で5時間以上、特許文献13では927~1227で1~60分、特許文献11では900~950で10~48時間である。一方、特許文献12では1052以上で2分以内となっている。再結晶が促進して、多数の大傾角粒界が生成すると低CSL粒界頻度は低下してしまうため、低CSL粒界頻度を増加させるためには、再結晶を進行させずに、元々存在する大傾角粒界を粒界移動させるために、上記の様に比較的低温で長時間の熱処理が施されると考えられる。30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】国際公開第2014/157655号

【特許文献2】特許第4937277号公報

【特許文献3】特開2013-209730号公報

【特許文献4】特開2005-281855号公報

【特許文献5】特開2011-168819号公報

【特許文献6】特開2005-15896号公報

【特許文献7】特開2008-63602号公報

【特許文献8】特開平11-80905号公報

10

20

30

40

50

【特許文献9】特開2003-253401号公報  
 【特許文献10】特開2009-161802号公報  
 【特許文献11】特開2009-191341号公報  
 【特許文献12】特開2009-287104号公報  
 【特許文献13】特開2010-275569号公報  
 【特許文献14】特開2014-5509号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

耐熱部品では高温環境に曝された際に、高温強度や剛性不足により過度な変形を生じたり、極端な場合には破壊が生じる。加えて振動による高サイクル、あるいは低サイクル疲労破壊も課題となる。従来のオーステナイト系ステンレス鋼板では、高温強度を高めるために合金元素添加を行うと常温延性が不足する他、コストアップにもつながる。本発明は、前記の問題点を解決し、耐熱部品に使用されるオーステナイト系ステンレス鋼板を、その組織制御により耐熱性を向上させることを目的とするものである。

10

【0014】

本発明が解決しようとする課題の対象となる部品は、自動車や二輪車等の輸送車両用排気部材、プラント部材等の耐熱部品である。その中でも、特に自動車の排気系部品であり、エキゾーストマニホールドやターボチャージャーといった部品が対象となる。ターボチャージャーについては、外枠を構成するハウジング、ノズルベーン式ターボチャージャー内部の精密部品（例えば、バックプレート、オイルディフレクター、コンプレッサーホール、ノズルマウント、ノズルプレート、ノズルベーン、ドライブリング、及びドライブレバーと呼ばれるもの）がある。

20

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するために、本発明者らは、オーステナイト系ステンレス鋼板の金属組織と高温特性、ならびに常温加工性の関係について詳細な研究を行った。その結果、例えばターボチャージャーの様な極めて過酷な熱環境に曝される部品の中で耐熱性が要求される素材に対して、鋼成分により耐熱性を確保するとともに、金属組織における結晶粒界性格を制御することにより、高温強度に著しく優れた特性が得られることを見出した。また、加工性の点では、特許文献2記載の様な鋼成分だけでは満足されず、上記の結晶粒界性格の制御により、高温強度との両立に成功した。

30

【0016】

上記課題を解決する本発明の要旨は、

(1) 質量%で、C:0.005~0.3%、Si:1超~4%、Mn:0.1~10%、Ni:2~25%、Cr:15~30%、N:0.005~0.4%未満、Al:0.001~1%、Cu:0.05~4%、Mo:0.02~3%、V:0.02~1%、P:0.05%以下、S:0.01%以下を含有し、残部がFe及び不可避的不純物からなり、下記式(1)の値が50以下、対応粒界頻度が70%以上であることを特徴とする耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板。

40

$$25.7 + 2(Ni\%) + 410(C\%) - 0.9(Cr\%) - 77(N\%) - 13(Si\%) - 1.2(Mn\%) \dots (1)$$

(2) 前記鋼板が、更に、質量%でTi:0.005~0.3%、Nb:0.005~0.3%、B:0.0002~0.005%、Ca:0.0005~0.01%、W:0.1~3.0%、Zr:0.05~0.30%、Sn:0.01~0.50%、Co:0.03~0.30%、Mg:0.0002~0.010%、Sb:0.005~0.3%、REM:0.002~0.2%、Ga:0.0002~0.3%、Ta:0.01~1.0%の1種又は2種以上を含有することを特徴とする(1)に記載の耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板。

(3) (1)または(2)のいずれかに記載のステンレス鋼板の製造方法であって、冷間

50

圧延工程にて圧下率を10%以下とし、冷延板焼鈍において900までの加熱速度を5 / sec以上、900以上の加熱速度を1 / sec以上、5 / sec未満とし、最高温度を1000~1150とし、1000~前記最高温度での保持時間を120 sec以下とすることを特徴とする耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板の製造方法。

(4) 排気部品に用いられることを特徴とする(1)または(2)のいずれかに記載のオーステナイト系ステンレス鋼板。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、常温の成形性とともに高温特性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板を提供することが可能となり、特に自動車排気部品に適用することにより、軽量化や高排気温化に大きく寄与する。

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に本発明の限定理由について説明する。耐熱用途として使用されるオーステナイト系ステンレス鋼板の特性として重要である点は、高温強度やクリープ特性である。特に先述したターボチャージャーのハウジングは複雑形状をなしているとともに、高温環境下で変形が過度に生じてしまうと、部品同士の接触やガス流れ不良等が生じて、破損や熱効率低下を招き、部品性能の信頼性低下に繋がる。そこで、これらの信頼性を確保するために、オーステナイト系ステンレス鋼の結晶粒界構造の微視的研究を鋭意すすめ、以下の知見を得た。

20

【0019】

先ず、対応粒界頻度を70%以上とする点について説明する。

オーステナイト系ステンレス鋼では冷延・焼鈍後に結晶粒界が形成され、多結晶体となる。結晶粒界では原子配列が規則的あるいは不規則的となる。結晶粒界での原子配列が規則的で隙間が少ない場合は低エネルギー構造となり、粒界劣化現象が引き起こされ難い。

この様な低エネルギー構造の特殊な粒界の代表として、対応粒界が挙げられている。これに対して、結晶粒界での原子配列が規則的でない場合はランダム粒界と呼ばれ、高エネルギー構造を有する。対応方位関係は幾何学的に多くの組み合わせで出現するが、3~29対応粒界と呼ばれている。このkにおけるkの値は奇数をとり、このkの値が小さい程、対応格子点密度が高く、低エネルギー粒界としての性格が強まる。

30

上記の従来知見では、この対応粒界頻度を増やすことで耐食性を向上させるものが大半であり、例えば特許文献9は、Si含有量が0.59%のSUS304に対して29以下の対応粒界頻度を75%以上とすることで粒界腐食を抑制するものである。一方、対応粒界頻度を増加させるために特許文献9では、900~1000で5時間以上の熱処理を必要としており、工業的な大量生産としては非効率であった。また、対応粒界頻度を増加させて、粒界での炭窒化物析出を抑制し、耐食性を向上させるものであるが、高温での機械的性質に与える影響は不明であった。

【0020】

対応粒界頻度は、材料の断面において結晶粒界の総長さに対する対応粒界の長さの割合で求められる。

40

即ち、{(3~29の対応粒界の長さの総計)/(粒界総長さ)}×100(%)で表される。

E B S P (Electron Back-Scattering diffraction Pattern)を用いて材料の板厚中心から板厚1/4~1/2程度の範囲について、約300μm厚さ×約100μm巾の領域について結晶方位解析を行い、観察した範囲内に存在する結晶粒界の総長さと、対応粒界の長さを測定する。

【0021】

本発明では対応粒界頻度を増加させるために、鋼成分を規定する。対応粒界の中で最も低粒界である3粒界は、焼鈍双晶により構成される。焼鈍双晶は熱処理時に生成し、

50

鋼成分に起因する積層欠陥エネルギーが密接に関係している。本発明では、積層欠陥エネルギーを低くするために、以下の式(1)で求められる積層欠陥エネルギーの指標値が50以下となる様に成分調整することで、短時間の熱処理でも焼鈍双晶を生成し易くする等の、対応粒界頻度の増加が可能になることを見出した。本指標値を下げるためには、NiとCを減少させ、Cr、N、Si及びMnを増加させることが有効であるが、本指標値を過度に低減すると製造性が著しく悪くなることから、下限を-50以上とすることが好ましい。また、本発明の効果であるクリープ特性をより有効に改善し、かつ酸化特性等を考慮すると、30以下が望ましい。

$$25.7 + 2(\text{Ni}\%) + 410(\text{C}\%) - 0.9(\text{Cr}\%) - 77(\text{N}\%) \\ - 13(\text{Si}\%) - 1.2(\text{Mn}\%) \cdots (1)$$

10

#### 【0022】

次に、本発明のオーステナイト系ステンレス鋼の成分範囲について説明する。

Cは、オーステナイト組織形成、高温強度、及びクリープ寿命の確保のために0.005%を下限とする。一方、過度な添加は硬質化を招く他、Cr炭化物形成により耐食性、特に溶接部の粒界腐食性の劣化、炭化物に起因した高温摺動性の劣化、及び冷延焼鈍板酸洗時の粒界浸食溝形成により、表面粗さが粗くなる。また、Cは積層欠陥エネルギーを上げて、対応粒界頻度が低下するため、上限を0.3%とする。更に、製造コストと熱間加工性を考慮すると、Cの含有量は、0.01%以上0.20%以下が望ましい。

#### 【0023】

Siは、脱酸元素として添加される場合がある他、Siの内部酸化により耐酸化性、高温摺動性の向上、対応粒界頻度の増加による高温強度及びクリープ寿命の向上をもたらすため、1%超添加する。一方、4%超の添加により硬質化するとともに、粗大なSi系酸化物が生成し、部品の加工精度が著しく低下するため、上限を4%とする。尚、製造コスト、鋼板製造時の熱間加工性、酸洗性、溶接時の凝固割れ性を考慮すると、Siの含有量は、1%超3.5%以下が望ましい。積層欠陥エネルギーの観点から下限を1.5%超するのが望ましく、更に、高温摺動性や析出物抑制を考慮すると2%以上3%以下が望ましい。

20

#### 【0024】

Mnは、脱酸元素として利用する他、オーステナイト組織形成、及びスケール密着性を確保するために0.1%以上添加する。一方、10%超の添加により介在物清浄度が著しく劣化して穴抜け性が低下する他、酸洗性が著しく劣化して製品表面が粗くなるため、上限を10%とする。また、積層欠陥エネルギーを効果的に下げるために、8%以下が望ましい。更に、製造コスト、鋼板製造時の酸洗性、酸化特性を考慮すると、Mnの含有量は、0.8%以上5%以下が望ましい。

30

#### 【0025】

Niはオーステナイト組織形成元素であるとともに、耐食性や耐酸化性を確保する元素である。また、2%未満では結晶粒の粗大化が顕著に生じてしまうため、2%以上添加する。一方、過度な添加はコストの上昇と対応粒界頻度の低下を招くことから、上限を25%とする。また、製造性、常温延性、及び耐食性を考慮し、積層欠陥エネルギーを下げて対応粒界頻度を効果的に増加させるために5~20%以下が望ましい。更に、コストの面から13%以下が望ましい。

40

#### 【0026】

Crは、耐食性、耐酸化性、及び高温摺動性を向上させる元素であり、排気部品が曝される環境を考慮すると、異常酸化抑制の観点から必要な元素である。また対応粒界を十分に生成させるには15%以上が必要である。一方、過度な添加は、鋼板の硬質化を招いて成形性を劣化させる他、コストアップに繋がることから上限を30%とした。更に、製造コスト、鋼板製造性、ならびに加工性を考慮すると、Crの含有量は、17%以上25.5%以下が望ましい。

#### 【0027】

Nは、Cと同様にオーステナイト組織形成と高温強度、クリープ、高温摺動性の確保の

50

有効な元素である。高温強度に関しては固溶強化元素として知られているが、また、Nは双晶をはじめとする低エネルギーの対応粒界生成にも効果的である。本発明においてはN単独の効果以外に、Crとのクラスター形成による高温強度も考慮し、0.005%以上添加する。一方、0.4%以上の添加により常温材質が著しく硬質化し、鋼板製造段階の冷間加工性が劣化する他、部品加工時の成形性や部品精度が悪くなるため、上限を0.4%未満とする。尚、軟質化、溶接時のピンホール抑制、溶接部の粒界腐食抑制の観点から、Nの含有量は、0.02%以上0.35%以下が望ましい。更に、高温強度、摺動性、及び常温延性の観点から、0.04%超且つ0.35%未満が望ましい。また、クリープ特性の観点から、N含有量を0.15%超、0.35%未満とすることが望ましい。

## 【0028】

10

A1は、脱酸元素として添加し、介在物清浄度を向上させることで穴抜け性を向上させる。この他、酸化スケールの剥離抑制、及び微量内部酸化により、高温摺動性の向上に寄与する効果があり、その作用は0.001%から発現するため、下限は0.001%である。また、フェライト生成元素であるため、1%以上の添加はオーステナイト組織の安定性が低下する他、酸洗性の低下から表面粗さの増加を招くため、上限は1%である。更に、精錬コストと表面疵を考慮すると、A1の含有量は、0.007%以上0.5%以下が望ましく、溶接性の観点から0.01%以上0.1%以下がより好ましい。

## 【0029】

Cuは、オーステナイト相の安定化や軟質化のために有効な元素であり、0.05%以上添加する。一方、過度な添加は、耐酸化性の劣化や製造性の劣化に繋がるため、上限を4.0%とする。また、本発明鋼においては、4.0%超含有すると対応粒界頻度の低下を招く。更に、耐食性や製造性を考慮すると、Cuの含有量は、0.3%以上1%以下が望ましい。

20

## 【0030】

Moは、耐食性を向上させるとともに、高温強度の向上に寄与する。高温強度向上は、固溶強化が主体であるが、相等の析出促進元素であるため、双晶をはじめとする低エネルギーの対応粒界界面への微細析出強化にも寄与する。本発明においては、固溶強化の他に、Mo炭化物による析出強化を活用するために下限を0.02%とする。但し、過度な添加は焼鈍双晶をはじめとする低エネルギーの対応粒界の生成頻度を低下させるため上限を3%とする。更に、Moは高価な元素であること、上記析出物による強化安定性ならびに介在物清浄度を考慮すると、Moの含有量は、0.4%以上1.6%以下が望ましく、異常酸化特性を考慮すると0.4%以上1.0%以下がより好ましい。

30

## 【0031】

Vは、耐食性を向上させるとともに、V炭化物や相の生成を促進して高温強度を向上させるため0.02%以上添加する。一方、過度な添加は合金コストの増加や異常酸化限界温度の低下を招くことから、上限を1%とする。更に、製造性や介在物清浄度を考慮すると、Vの含有量は、0.1%以上0.5%以下が望ましい。

## 【0032】

40

Pは不純物であり、製造時の熱間加工性や凝固割れを助長する元素である他、鋼材を硬質化して延性を低下させるため、その含有量は少ないほど良いが、精錬コストを考慮して上限0.05%、下限0.01%の範囲で含有しても良い。更に、製造コストを考慮すると、Pの含有量は、0.02%以上0.04%以下が望ましい。

## 【0033】

Sは不純物であり、製造時の熱間加工性を低下させる他、耐食性を劣化させる元素である。また、粗大な硫化物(MnS)が形成されると清浄度が著しく悪くなり、常温延性を劣化させるため、0.01%を上限として含有しても良い。一方、過度な低減は精錬コストの増加に繋がることから、0.0001%を下限として含有しても良い。更に、製造コストや耐酸化性を考慮すると、Sの含有量は、0.0005%以上0.005%以下が望ましい。

## 【0034】

50

本発明の排気部品用オーステナイト系ステンレス鋼板は、前述した元素以外に、下記の成分を含有しても良い。

【0035】

Tiは、C、Nと結合して耐食性、耐粒界腐食性を向上させるために添加する元素である。C、N固定作用は0.005%から発現するため、下限を0.005%として必要に応じて添加しても良い。また、0.3%超の添加は铸造段階でのノズル詰まりが生じ易くなり、製造性を著しく劣化させる他、粗大なTi炭窒化物により延性の劣化を招くことから、上限を0.3%とする。更に、高温強度、溶接部の粒界腐食性、及び合金コストを考慮すると、Tiの含有量は、0.01%以上0.2%以下が望ましい。また、クリープ特性の観点から、Tiの含有量は、0.03%超、0.3%以下とすることが望ましい。

10

【0036】

Nbは、Tiと同様にC、Nと結合して耐食性、耐粒界腐食性を向上させる他、高温強度を向上させる元素である。C、N固定作用の他、固溶Nbによる高温高強度化、Lave相の双晶界面や対応粒界界面析出による高強度化は0.005%から発現するため、下限を0.005%として必要に応じて添加しても良い。また、0.3%超の添加は鋼板製造段階での熱間加工性が著しく劣化する他、粗大なNb炭窒化物により延性の劣化を招くことから、上限を0.3%とする。更に、高温強度、溶接部の粒界腐食性、及び合金コストを考慮すると、Nbの含有量は、0.01%以上0.20%以下が望ましい。また、クリープ特性の観点から、Nbの含有量は、0.005%超、0.05%以下とすることが望ましい。

20

【0037】

Bは、鋼板製造段階での熱間加工性を向上させる元素であり、0.0002%以上として必要に応じて添加しても良い。また、Bの双晶界面偏析や対応粒界界面偏析による高強度化も作用する。但し、過度な添加はホウ炭化物の形成により、清浄度及び延性の低下、粒界腐食性の劣化をもたらすため、上限を0.005%とした。更に、精錬コストや延性低下を考慮すると、Bの含有量は、0.0003%以上0.003%以下が望ましい。

【0038】

Caは、脱硫のために必要に応じて添加される。この作用は0.0005%未満では発現しないため、下限を0.0005%として必要に応じて添加しても良い。また、0.01%超添加すると、水溶性の介在物CaSが生成して清浄度の低下、及び耐食性の著しい低下を招くため、上限を0.01%とする。更に、製造性、表面品質の観点から、Caの含有量は、0.0010%以上0.0030%以下が望ましい。

30

【0039】

Wは、耐食性と高温強度の向上に寄与するため、必要に応じて0.1%以上添加しても良い。3.0%超の添加により硬質化、鋼板製造時の韌性劣化やコスト増につながるため、上限を3.0%とする。更に、精錬コストや製造性を考慮すると、Wの含有量は、0.1%以上2.0%以下が望ましく、異常酸化特性を考慮すると0.1%以上1.5%以下がより好ましい。

【0040】

Zrは、CやNと結合して溶接部の粒界腐食性や耐酸化性を向上させるため、必要に応じて0.05%以上添加しても良い。但し、0.30%超の添加によりコスト増になる他、製造性や穴抜け性を著しく劣化させるため、上限を0.30%とする。更に、精錬コストや製造性を考慮すると、Zrの含有量は、0.05%以上0.1%以下が望ましい。

40

【0041】

Snは、耐食性と高温強度の向上に寄与するため、必要に応じて0.01%以上添加しても良い。0.03%以上で効果が顕著になり、さらに0.05%以上でより顕著となる。0.50%超の添加により鋼板製造時のスラブ割れが生じる場合があるため上限を0.50%とする。更に、精錬コストや製造性を考慮すると、Snの含有量は、0.05%以上0.3%以下が望ましい。

【0042】

50

C oは、高温強度の向上に寄与するため、必要に応じて0.03%以上添加しても良い。0.30%超の添加により、鋼材の硬質化、鋼板製造時の韌性劣化やコスト増につながるため、上限を0.30%とする。更に、精錬コストや製造性を考慮すると、C oの含有量は、0.03%以上0.1%以下が望ましい。

【0043】

M gは、脱酸元素として添加させる場合がある他、スラブ組織における酸化物の微細化分散化により、介在物清浄度の向上や組織微細化に寄与する元素である。この効果は、0.0002%以上から発現するため、下限を0.0002%として必要に応じて添加しても良い。但し、過度な添加は、溶接性や耐食性の劣化、粗大介在物による穴抜け性の低下につながるため、上限を0.010%とした。精錬コストを考慮すると、M gの含有量は、0.0003%以上0.005%以下が望ましい。

10

【0044】

S bは、粒界に偏析して高温強度を上げる作用をなす元素である。添加効果を得るため、必要に応じて0.005%以上とする添加しても良い。但し、0.3%を超えると、S b偏析が生じて、溶接時に割れが生じるので、上限を0.3%とする。高温特性と製造コスト、及び韌性を考慮すると、S bの含有量は、0.03%以上0.3%以下が望ましく、更に望ましくは0.05%以上0.2%以下である。

【0045】

R E M(希土類元素)は、耐酸化性や高温摺動性の向上に有効であり、必要に応じて0.002%以上添加しても良い。また、0.2%を超えて添加してもその効果は飽和し、R E Mの粒化物による耐食性低下を生じるため、0.002%以上0.2%以下で添加する。製品の加工性や製造コストを考慮すると、下限を0.002%とし、上限を0.10%とすることが望ましい。尚、R E M(希土類元素)は、一般的な定義に従う。スカンジウム(S c)、イットリウム(Y)の2元素と、ランタン(L a)からルテチウム(L u)までの15元素(ランタノイド)の総称を指す。単独で添加しても良いし、混合物であっても良い。

20

【0046】

G aは、耐食性向上や水素脆化抑制のため、必要に応じて0.3%以下で添加しても良いが、0.3%超の添加により粗大硫化物が生成してr値が劣化する。硫化物や水素化物形成の観点から下限は0.0002%とする。更に、製造性やコストの観点から0.002%以上が更に好ましい。

30

【0047】

その他の成分について、本発明では特に規定するものではないが、T a、H fは高温強度向上のために0.01%以上1.0%以下で添加しても良い。また、B iを必要に応じて0.001~0.02%含有してもかまわない。なお、A s、P b等の一般的な有害な元素や不純物元素はできるだけ低減することが望ましい。

【0048】

次に製造方法について説明する。本発明に係る鋼板の製造方法は、製鋼-熱間圧延-焼鈍・酸洗-冷間圧延-焼鈍・酸洗より成るが、必要に応じて熱間圧延後の焼鈍を省略しても構わない。

40

【0049】

製鋼においては、前記必須成分、及び必要に応じて添加される成分を含有する鋼を、電気炉溶製あるいは転炉溶製し、続いて2次精錬を行う方法が好適である。溶製した溶鋼は、公知の鋳造方法(連続鋳造)に従ってスラブとされ、公知の熱間圧延の方法に従って、前記スラブは所定の温度に加熱され、所定の板厚に連続圧延で熱間圧延される。上記の様に、本発明に係るステンレス鋼板には、熱間圧延以降の工程において、公知の方法に従つて所定の結晶粒度、断面硬度、表面粗さを確保した製造条件が設定されるが、本発明では対応粒界頻度を70%とするために以下の製造条件を規定する。

【0050】

冷間圧延における圧下率を10%以下とする。これは、圧下率が10%超になると、そ

50

の後の焼鈍工程で再結晶が進行して新たにランダム粒界が形成されるために、対応粒界頻度が低減されるためである。圧下率の過度な低減は鋼板形状が不良となるため、圧下率の下限は1%以上が望ましい。また、製造性や、焼鈍双晶に代表される低エネルギーの対応粒界頻度界面の形成を考慮すると3~7%が望ましい。本発明の圧下率を確保するために、熱延板厚を適宜変更すれば良い。

#### 【0051】

次に、所定の板厚になった冷延鋼板を焼鈍する際、対応粒界頻度や双晶界面を増やすために、従来知見では長時間の熱処理を必要とする場合が多いが、本発明では成分調整、及び冷延圧下率の最適化とともに、焼鈍の加熱速度、温度、及び保持時間を規定することによって、短時間で対応粒界頻度を増加させることに成功した。具体的には、冷延板焼鈍において900までの加熱速度を5 / sec以上、900以上の加熱速度を1 / sec以上、5 / sec未満とし、最高温度を1000~1150とし、1000~前記最高温度での保持時間を120sec以下とするものである。

10

#### 【0052】

900までの温度域では高加熱速度とすることにより、低温で析出する相やCr炭化物の生成を抑制する。これらの析出物は対応粒界の形成を阻害する他、新たに生成するランダム粒界の核になるためである。上記の技術観点より、5 / sec以上とする。

製造性の観点からは100 / sec以下が望ましい。一方、900以上においては低加熱速度とする。これは、再結晶が促進しない温度域で軟質化を図り、ランダム粒界の移動を促進する、及び、上記析出物を十分固溶させることを目的としている。これにより、ランダム粒界の核生成を抑制しつつ粒界移動を促進し、対応粒界頻度を増加させることが出来る。上記の技術観点より、1 / sec以上、5 / sec未満とする。4 / sec以下が望ましい。製造性の観点からも上記範囲が適切である。焼鈍処理の最高温度は、過度に高すぎると、新たなランダム粒界を有する再結晶粒界が多く生成し、対応粒界頻度が低減するため、1000~1150とする。材料の成形性の観点からは1030以上が望ましく、過度な粒成長を抑制するためには1100以下が望ましい。最高温度を1000~1150とし、1000以上、到達した最高温度における保持時間を120sec以下とする。120sec超にすると過度な粒成長が生じるためである。また、生産性の観点と対応粒界頻度の増加の観点から60sec以下が望ましい。また、軟質化の観点から5sec以上が望ましい。

20

#### 【0053】

本発明では、熱延板焼鈍・酸洗後に冷間圧延を施し、その後に冷延板焼鈍・酸洗処理を行うことで、更に平滑表面が得られる。冷間圧延工程は、タンデム圧延、ゼンジミア圧延、クラスター圧延等で行えば良い。自動車の排気部品の様な機能用途には、一般的に2Bあるいは2D製品が適用されるが、高い表面平滑性や光沢が要求される場合は、冷間圧延後に光輝焼鈍を施してBA製品としても良い。酸洗処理は、中性塩電解や溶融アルカリ処理といった前処理、あるいは硝酸電解や硝酸電解といった酸洗処理を適宜選択すれば良い。また、中間焼鈍を入れて冷間圧延を2回施して製造しても構わず、この場合は2回目の冷間圧延、及び最終焼鈍に本発明技術を適用すれば良い。

30

#### 【実施例】

#### 【0054】

表1に示す成分組成の鋼を溶製してスラブに鋳造し、熱延、熱延板焼鈍・酸洗を行った後、表2に示す条件にて冷延及び最終焼鈍を行い、更に酸洗を施して2.0mm厚の製品板を得た。尚、表1の符号“\*”が付された欄内の値は、該当する成分が本発明の要件を満たさないことを示す。

40

#### 【0055】

【表 1】

成分組成(質量%)												式(1)の値	
No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	A1	Cu	Mo	V	
本 差 明 例	A1	0.048	3.31	0.92	0.026	0.0010	13.90	19.0	0.021	0.007	0.21	0.12	-
	A2	0.041	3.28	4.86	0.032	0.0008	8.85	19.2	0.019	0.032	0.19	0.17	0.004
	A3	0.098	1.91	1.42	0.031	0.0005	13.10	24.1	0.240	0.040	0.20	0.58	-
	A4	0.031	1.95	0.71	0.022	0.0021	10.30	17.9	0.082	0.051	2.10	0.65	0.15
	A5	0.010	1.51	2.70	0.030	0.0020	8.10	17.4	0.010	0.010	2.70	0.10	-
	A6	0.040	1.15	1.10	0.030	0.0006	19.20	25.3	0.030	0.030	0.20	0.15	0.23
	A7	0.032	3.12	0.95	0.016	0.0009	13.50	19.1	0.045	0.012	0.15	0.05	0.18
	A8	0.013	3.21	9.52	0.016	0.0006	7.50	18.8	0.190	0.092	1.20	0.05	-
	A9	0.052	3.10	1.20	0.042	0.0043	13.10	19.1	0.153	0.023	0.15	0.05	0.004
	A10	0.006	2.90	1.32	0.035	0.0034	12.90	18.7	0.180	0.043	0.15	0.13	0.015
	A11	0.040	1.08	0.84	0.028	0.0007	17.26	25.8	0.210	0.046	0.26	1.53	0.26
	A12	0.153	2.13	1.53	0.031	0.0005	12.10	24.1	0.353	0.054	0.20	0.58	0.11
	A13	0.020	1.87	0.56	0.022	0.0005	10.03	17.8	0.031	0.025	1.79	0.22	0.53
	A14	0.026	1.93	1.15	0.029	0.0006	10.13	19.5	0.045	0.051	0.39	0.33	0.001
	A15	0.015	3.85	0.82	0.026	0.0005	13.12	17.2	0.049	0.016	0.19	2.31	0.19
	A16	0.098	1.91	1.42	0.031	0.0005	12.10	24.1	0.390	0.040	0.20	0.58	0.11
比較 例	A17	0.021	3.35	2.93	0.035	0.0016	6.30	16.8	0.120	0.021	0.25	0.25	0.015
	B1	0.352*	3.26	0.26	0.020	0.0009	13.80	19.3	0.023	0.016	0.15	0.12	-
	B2	0.033	4.32*	0.53	0.025	0.0009	11.20	19.8	0.033	0.032	0.16	0.17	0.15
	B3	0.026	3.13	11.80*	0.020	0.0012	13.56	19.2	0.035	0.013	0.25	0.58	0.11
	B4	0.013	1.65	2.86	0.06*	0.0002	8.53	17.7	0.013	0.026	0.17	0.65	0.15
	B5	0.036	1.95	1.42	0.028	0.0130*	12.50	25.3	0.210	0.033	0.22	0.10	0.10
	B6	0.034	2.56	1.56	0.030	0.0026	35.20*	18.9	0.026	0.042	0.36	0.15	0.23
	B7	0.056	1.64	1.03	0.022	0.0015	9.53	10.3*	0.036	0.035	0.26	0.05	0.18
	B8	0.054	1.75	0.76	0.032	0.0053	18.03	19.5	0.460*	0.033	1.32	0.13	0.16
	B9	0.096	1.12	0.75	0.026	0.0035	17.25	20.2	0.056	1.56*	0.86	0.15	0.72
	B10	0.073	2.38	0.88	0.013	0.0012	18.30	20.6	0.232	0.026	4.60*	0.15	0.25
	B11	0.021	1.79	1.03	0.040	0.0033	9.86	17.6	0.195	0.022	0.15	3.81*	0.26
	B12	0.023	1.75	1.02	0.027	0.0032	10.35	25.5	0.205	0.023	0.15	0.58	1.68*
	B13	0.025	1.78	0.86	0.012	0.0013	10.45	25.6	0.086	0.040	0.36	0.22	0.53
	B14	0.019	1.09	1.34	0.027	0.0023	11.22	25.1	0.043	0.056	0.16	0.33	0.53*
	B15	0.023	2.32	0.73	0.028	0.0016	7.12	23.0	0.041	0.030	0.17	0.45	0.000*
	B16	0.056	3.13	1.01	0.030	0.0022	18.53	25.3	0.036	0.076	0.29	0.25	0.016*
	B17	0.042	1.65	1.55	0.030	0.0007	17.79	16.3	0.165	0.033	0.25	0.05	0.16
	B18	0.055	3.26	1.16	0.050	0.0011	12.32	19.8	0.036	0.165	0.21	0.05	0.33*
	B19	0.026	1.53	2.16	0.027	0.0025	12.20	19.2	0.076	0.365	0.66	0.15	0.73*
	B20	0.034	2.60	0.96	0.012	0.0024	8.43	19.5	0.232	0.025	0.68	1.53	0.26
	B21	0.046	1.65	0.97	0.027	0.0011	8.03	17.2	0.053	0.026	1.25	0.58	0.11
	B22	0.086	1.85	0.45	0.028	0.0360	9.35	18.4	0.016	0.035	1.26	0.22	0.53
	B23	0.015	1.64	0.56	0.030	0.0011	9.56	22.6	0.025	0.045	0.16	0.33	0.63*
	B24	0.023	1.75	0.59	0.010	0.0025	13.28	24.5	0.036	0.059	0.25	0.65	0.15
	B25	0.230	1.50	0.92	0.026	0.0010	13.90	15.6	0.006	0.007	0.21	0.12	-

\*本差明から外れているもの

【0056】

【表2】

	鋼 No	冷延条件 圧下率 %	冷延板の焼鈍条件				製品板の特性		
			900°Cまでの 加熱速度 °C/sec	900°C以上の 加熱速度 °C/sec	最高 温度 °C	保持 時間 sec	対応粒界 頻度 %	クリープ 特性	破断伸び
本発明例	実施例1 A1	5	5	4	1150	60	74	○	○
	実施例2 A2	3	9	3	1050	60	80	○	○
	実施例3 A3	5	5	4	1150	60	73	○	○
	実施例4 A4	3	10	4	1050	100	75	○	○
	実施例5 A5	6	6	4	1150	60	78	○	○
	実施例6 A6	3	9	3	1050	12	72	○	○
	実施例7 A7	8	7	2	1150	30	79	○	○
	実施例8 A8	3	9	3	1050	30	85	○	○
	実施例9 A9	5	5	1	1000	10	77	○	○
	実施例10 A10	2	13	3	1050	60	80	○	○
	実施例11 A11	6	5	4	1000	100	73	○	○
	実施例12 A12	1	28	3	1050	60	73	○	○
	実施例13 A13	5	6	4	1060	120	74	○	○
	実施例14 A14	3	26	4	1050	60	75	○	○
	実施例15 A15	5	13	4	1130	5	80	○	○
	実施例16 A16	3	25	3	1050	60	75	○	○
	実施例17 A17	4	9	1	1120	20	80	○	○
比較例	比較例1 A1	15*	5	4	1150	60	60*	×	○
	比較例2 A1	30*	5	4	1050	60	58*	×	○
	比較例3 A1	5	5	4	950*	60	51*	×	○
	比較例4 A2	5	5	4	1200*	60	48*	×	○
	比較例5 A1	5	3*	4	1150	60	68*	×	○
	比較例6 A2	5	5	10*	1150	60	67*	×	○
	比較例7 A1	5	5	4	1150	200*	68*	×	○
	比較例8 B1	5	5	3	1150	60	33*	×	○
	比較例9 B2	3	10	4	1050	60	80	○	×
	比較例10 B3	5	6	4	1150	100	79	○	×
	比較例11 B4	3	9	4	1050	60	75	○	×
	比較例12 B5	6	7	3	1150	10	77	○	×
	比較例13 B6	3	9	2	1050	30	55*	×	×
	比較例14 B7	8	5	3	1150	30	72	○	×
	比較例15 B8	3	13	1	1050	60	78	○	×
	比較例16 B9	5	5	3	1000	60	43*	×	×
	比較例17 B10	2	28	4	1050	100	73	○	×
	比較例18 B11	6	6	3	1000	60	80	○	×
	比較例19 B12	1	26	4	1050	120	80	○	×
	比較例20 B13	5	13	1	1060	60	79	○	×
	比較例21 B14	3	5	3	1050	50	76	○	×
	比較例22 B15	5	13	4	1130	60	79	○	×
	比較例23 B16	3	5	3	1050	10	75	○	×
	比較例24 B17	4	28	4	1000	60	72	○	×
	比較例25 B18	3	6	4	1050	100	75	○	×
	比較例26 B19	5	26	3	1060	60	75	○	×
	比較例27 B20	3	13	4	1050	120	79	○	×
	比較例28 B21	4	9	1	1130	60	70	○	×
	比較例29 B22	5	13	3	1050	5	72	○	×
	比較例30 B23	3	5	4	1120	31	75	○	×
	比較例31 B24	4	5	4	1120	25	74	○	×
	比較例32 B25	5	5	4	1150	60	55*	×	○

## 【0057】

表2に示す各製品板に対して、先に記載した方法によって対応粒界頻度(%)を測定するとともに、900°Cでクリープ試験を行った。ここでクリープ試験は、製品板の圧延方向に荷重が作用する様に試験片を切り出し、加熱炉付きのクリープ試験機で900°C、20MPaの定荷重クリープ試験を行った。この際、900°Cで無負荷の時間を1時間とし、1時間後に荷重を付与した。また、製品板の圧延方向に引張が作用する様に試験片を切

10

20

30

40

50

り出し( J I S 1 3 号 B 試験片)、常温で引張試験を行い、破断伸びを求めた。

#### 【 0 0 5 8 】

表 2 の項目「対応粒界頻度(%)」の欄内に符号“\*”が付された値は、本発明における対応粒界頻度の要件を満たさないことを示す。また、表 2 の項目「クリープ特性」の欄内に符号“x”が付された材料は、破断寿命が 100 時間未満であったことを示す。更に、表 2 の項目「破断伸び」の欄内に符号“x”が付された材料は、破断伸びが 30 %未満であったことを示す。

#### 【 0 0 5 9 】

本発明で規定される成分、製造条件で製造した鋼は、クリープ破断寿命が長く、極めて耐熱性に優れていることが確認される。加えて、破断伸びが高く、成形加工性にも優れている。これに対して、表 2 に示すように、比較鋼はクリープ破断寿命が短い。また、比較鋼でクリープ破断寿命が長い鋼についても、成形加工性の指標となる破断伸びが著しく悪いために耐熱部品としての適用は不適であることがわかる。

10

#### 【 0 0 6 0 】

なお、スラブ厚さ、熱間圧延板厚などは適宜設計すれば良い。冷間圧延においては、ロール粗度、ロール径、圧延油、圧延パス回数、圧延速度、圧延温度などは適宜選択すれば良い。冷間圧延の途中に中間焼鈍を入れても構わず、バッチ式焼鈍でも連続式焼鈍でも良い。また、酸洗時の前処理として、中性塩電解処理やソルト浴浸漬処理のいずれを施しても、あるいは省略しても構わず、酸洗工程は、硝酸、硝酸電解酸洗の他、硫酸や塩酸を用いた処理を行っても良い。冷延板の焼鈍・酸洗後に調質圧延やテンションレベラー等により、形状及び材質調整を行っても良い。更に、本製品板に潤滑塗装を施して、更にプレス成形を向上させても良く、潤滑膜の種類は適宜選択すれば良い。加えて、部品加工後に窒化処理や浸炭処理等の特殊な表面処理を施して、耐熱性を更に向上させても構わない。

20

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 6 1 】

本発明によれば、耐熱性が要求される排気部品に対して、優れた特性を有するオーステナイト系ステンレス鋼板を提供することが可能である。本発明を適用した材料を、特に自動車のエキゾーストマニホールドやター ボチャージャー用として使用することによって、従来の鋳物よりも大幅に軽量化が図られ、排ガス規制、軽量化、燃費向上に繋げることが可能となる。また、部品の切削及び研削加工の省略、表面加工処理省略も可能となり、低コスト化にも大きく寄与する。なお、本発明は、ター ボチャージャー用として使用する場合、当該部品のいずれに対しても適用対象にすることができる。具体的にはター ボチャージャーの外枠を構成するハウジング、ノズルベーン式ター ボチャージャー内部の精密部品(例えば、バックプレート、オイルディフレクター、コンプレッサー ホイール、ノズルマウント、ノズルプレート、ノズルベーン、ドライブリング、及びドライブレバーと呼ばれるものなど)である。また、エキゾーストマニホールドの場合は、板プレス部品、パイプ部品、2重管部品のいずれでも構わない。更に、自動車、二輪車に限らず、各種ボイラー、燃料電池システム、プラント等の高温環境に使用される耐熱部品に適用することも可能であり、本発明は産業上極めて有益である。

30

---

フロントページの続き

(72)発明者 濱田 純一

東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 新日鐵住金ステンレス株式会社内

(72)発明者 吉井 瞳子

東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 新日鐵住金ステンレス株式会社内

審査官 鈴木 豪

(56)参考文献 特開2013-209730 (JP, A)

特開2017-088928 (JP, A)

特開2009-287104 (JP, A)

特表2001-512785 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00 - 38/60

C21D 8/02

C21D 9/46