

(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  
2012年3月22日(22.03.2012)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2012/036313 A1

- (51) 国際特許分類:  
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)  
C22C 38/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/071765
- (22) 国際出願日: 2011年9月15日(15.09.2011)
- (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 2010-207925 2010年9月16日(16.09.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日鐵住金ステンレス株式会社 (Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corporation) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井上 宜治 (INOUE, Yoshiharu) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号新日鐵住金ステンレス株式会社内 Tokyo (JP). 濱田 純一 (HAMADA, Junichi) [JP/JP]; 〒1008071 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 Tokyo (JP). 神野 憲博 (KANNO, Norihiro) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号新日鐵住金ステンレス株式会社内 Tokyo (JP). 寺岡 慎一 (TERAOKA, Shinichi) [JP/JP]; 〒1008071 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門3 7森ビル青和特許法律事務所 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))



WO 2012/036313 A1

(54) Title: HEAT-RESISTANT FERRITE-TYPE STAINLESS STEEL PLATE HAVING EXCELLENT OXIDATION RESISTANCE

(54) 発明の名称: 耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板

(57) Abstract: A heat-resistant ferrite-type stainless steel plate having excellent oxidation resistance while being low in cost and optimal for use in exhaust system components, wherein mass% falls within the following ranges: C: 0.015% or less, N: 0.020% or less, P: 0.04% or less, S: 0.001% or less, Si: 0.3-1.5% or less, Mn: 0.3-0.7% or less, Cr: 11.0-17.0%, Cu: 0.8-1.5%, Ni: 0.05-1.0%, V: 0.5% or less, Al: over 0.01 up to 0.1%, Ti: 10(C+N) to 0.3%. Also, the element content of the elements in the ferrite-type stainless steel plate having excellent oxidation and thermal resistance has been mutually adjusted in a manner such that the value of  $\gamma$  defined in formula (1) is 35 or less. (1)  $\gamma = 23[\%Ni] + 9[\%Cu] + 7[\%Mn] - 11.5[\%Cr] - 11.5[\%Si] - 52[\%Al] - 49[[Ti] - 4([\%C] + [\%N])] - 23[\%V] - 12[\%Mo] - 47[\%Nb] + 189$

(57) 要約: 排気系部品用途に最適な、低コストでありながら耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板であって、質量%にて、C: 0.015%以下、N: 0.020%以下、P: 0.04%以下、S: 0.001%以下、Si: 0.3~1.5%以下、Mn: 0.3~0.7%以下、Cr: 11.0~17.0%、Cu: 0.8~1.5%、Ni: 0.05~1.0%、V: 0.5%以下、Al: 0.01超~0.1%、Ti: 10(C+N)~0.3の範囲内で、下記(1)式で規定される $\gamma$ 値が35以下となるように相互に元素量の調整を行った元素を含有する耐熱性および耐酸化性に優れたフェライト系ステンレス鋼板。  $\gamma = 23[\%Ni] + 9[\%Cu] + 7[\%Mn] - 11.5[\%Cr] - 11.5[\%Si] - 52[\%Al] - 49[[Ti] - 4([\%C] + [\%N])] - 23[\%V] - 12[\%Mo] - 47[\%Nb] + 189$  (1)

## 明 細 書

## 発明の名称

耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板

## 技術分野

0 0 0 1

本発明は、特に高温強度や耐酸化性が必要な排気系部材などの使用に最適な耐酸化性に優れた耐熱性フェライト系ステンレス鋼板に関するものである。

## 背景技術

0 0 0 2

自動車の排気マニホールド、フロントパイプおよびセンターパイプなどの排気系部材は、エンジンから排出される高温の排気ガスを通すため、排気部材を構成する材料には耐酸化性、高温強度、熱疲労特性など多様な特性が要求される。

0 0 0 3

従来、自動車排気部材の中でエキゾーストマニホールド（エキマニ）には鋳鉄が使用されるのが一般的であったが、排ガス規制の強化、エンジン性能の向上、車体軽量化などの観点から、ステンレス鋼製のエキマニが使用されるようになった。排ガス温度は車種やエンジン構造によって異なるが、600～800℃程度が多く、このような温度域で長時間使用される環境において高い高温強度、耐酸化性を有する材料が要望されている。

0 0 0 4

ステンレス鋼の中でオーステナイト系ステンレス鋼は、耐熱性や

加工性に優れているが、熱膨張係数が大きいために、排気マニホールドのように加熱・冷却を繰り返し受ける部材に適用した場合、熱疲労破壊が生じやすい。

#### 0005

一方、フェライト系ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて熱膨張係数が小さいため、熱疲労特性や耐スケール剥離性に優れている。また、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて、Niを含有しないため材料コストも安く、汎用的に使用されている。但し、フェライト系ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて、高温強度が低いために、高温強度を向上させる技術が開発されてきた。例えば、SUS430J1L(Nb添加鋼)、Nb-Si添加鋼、SUS444(Nb-Mo添加鋼)があり、いずれもNb添加が前提となっている。これは、Nbによる固溶強化あるいは析出強化によって高温強度を高くするものであった。

#### 0006

ところで、Nb添加鋼は製品板の硬質化、伸びの低下、深絞り性の指標となるr値が低い課題もある。これは、固溶Nbや析出Nbの存在により常温における硬質化や再結晶集合組織の発達が抑制されることで、排気部品を成形する際のプレス性、形状自由度を阻害するものである。また、Nbは原料コストが高く、製造コストも上昇するため、Nb以外の添加元素によって高温特性を確保できればNb添加量を抑えることができ、低コストで加工性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板を提供することが可能になる。SUS444に添加されているMoは合金コストが高いため、部品コストが著しく上昇する課題も生じる。

#### 0007

特許文献1～6にCu添加に関する技術が開示されている。特許

文献 1 は、Cu 添加は低温韌性向上のために 0.5% 以下の添加が検討されており、耐熱性の観点からの添加ではない。特許文献 2 は、鋼の耐食性及び耐候性を高める作用を利用した技術であり、耐熱性の観点からの添加ではない。特許文献 3～6 は、Cu 析出物による析出硬化を利用して 600℃あるいは 700～800℃の温度域における高温強度を向上させる技術が開示されている。

#### 先行技術文献

##### 特許文献

0008

特許文献 1

特開 2006-37176 号公報

特許文献 2

特許第 3446667 号公報

特許文献 3

国際公開 WO 2003/004714 号公報

特許文献 4

特許第 3468156 号公報

特許文献 5

特許第 3397167 号公報

特許文献 6

特開 2008-240143 号公報

#### 発明の概要

##### 発明が解決しようとする課題

0009

発明者らは、Nb を無添加とする鋼成分において、Cu 添加して

Cu析出物の微細分散による高温強度を向上させる検討を行ってきた。加えて、耐熱鋼板において、重要である耐酸化性についても詳細な検討を行ってきた。その結果、Cuを多く添加する鋼においては、添加しない鋼に比べて、900℃を超える領域で耐酸化性が極めて低下する例が見られる。特に、低Cr鋼にその傾向が見られる。

#### 0010

排気系部材では、非定常状態ながらも排ガス温度が上昇する可能性もあり、900℃超でも安定した耐酸化性を保持できるほうが望ましい。また、強度をそれほど要求されない部材としても使用可能となる。

#### 0011

以上から、本発明では、Cu添加鋼の耐酸化性を改善し、耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板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

#### 0012

本発明では、低コスト材で耐熱材料を提供することを目的に、高価なNb、Moの添加を極力抑制し、比較的安価なCuを利用し、排気部品用に好適に使える新しいフェライト系ステンレス鋼板を詳細に検討した。その結果、耐熱性に優れたCu添加フェライト系ステンレス鋼を発明し、すでに出願している（特願2010-055944、特願2010-072889）。

#### 0013

本発明はさらに、耐酸化性についても詳しい検討を行った結果、Cu添加の低Cr鋼の場合、900℃を超える温度領域で耐酸化性

が急激に劣化する現象が起こることを見だした。また、この現象が酸化スケール直下の $\gamma$ 相の生成と相関があり、 $\gamma$ 相が生成することで耐酸化性が低下する傾向にあることを見いだした。しかし、 $\gamma$ 相が生成しても少量であるなら、十分な耐酸化性を維持できることも判明した。これら新たな知見をもとに、種々の合金成分の添加を検討した結果、下記(1)式で規定される $\gamma$ 値と耐酸化性には相関が見られることを見出した。

$$\begin{aligned} \gamma = & 23 [\%Ni] + 9 [\%Cu] + 7 [\%Mn] - 11.5 [\%Cr] - 11.5 [\%Si] \\ & - 52 [\%Al] - 49 [ [\%Ti] - 4 ( [\%C] + [\%N] ) ] ] - 23 [\%V] - 12 [\%Mo] \\ & - 47 [\%Nb] + 189 \end{aligned} \quad (1)$$

0 0 1 4

この式は、 $\gamma$ 相の安定度を評価する式であるC a s t r oの式(下記(2)式)を基にしたものである。(2)式では炭素、窒素が直接 $\gamma$ 相の安定化に影響を及ぼすとしている。一方、本発明が対象とする高純度フェライト系ステンレス鋼においては、1000℃以下では炭素、窒素がTiにより炭窒化物としてほぼ固定されているため、 $\gamma$ 安定度には直接寄与しない。そしてTiが及ぼす影響はTiのうちで炭窒化物として固定されていない部分に限定される。そこで、以上のような考え方に基づいて(2)式を変形し、上記(1)式を導いた。

$$\begin{aligned} \gamma p = & 420 [\%C] + 470 [\%N] + 23 [\%Ni] + 9 [\%Cu] + 7 [\%Mn] \\ & - 11.5 [\%Cr] - 11.5 [\%Si] - 52 [\%Al] - 49 [ [\%Ti] - 23 [\%V] \\ & - 12 [\%Mo] - 47 [\%Nb] + 189 \end{aligned} \quad (2)$$

0 0 1 5

上記(1)式は、高純度フェライト系ステンレス鋼の900℃～1000℃における $\gamma$ 相の生成しやすさを示す指標であり、数字が大きくなるほど $\gamma$ 相が生成しやすくなる傾向にある。この(1)式

に従い、 $\gamma$  値が一定値（35）以下であると、930℃でも異常酸化およびスケール剥離が起こらなくなり、耐酸化性が著しく改善される。つまり、この式に従い、合金成分を相互調整することにより、Cu 添加による高温強度の向上を維持しつつ、耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼を得ることが可能となったのである。

0016

本発明は上記知見に基づいてなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。

(1) 質量%にて、C：0.015%以下、N：0.020%以下、P：0.04%以下、S：0.01%以下、Si：0.3～1.5%、Mn：0.3～0.7%、Cr：11.0～17.0%、Cu：0.8～1.5%、Ni：0.05～1.0%、V：0.5%以下、Al：0.01～0.1%、Ti：10(C+N)～0.3%の範囲内で、

下記(1)式で規定される $\gamma$ 値が35以下となるように相互に元素量の調整を行った元素を含有し、

残部がFeおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れたフェライト系ステンレス鋼板。

$$\begin{aligned} \gamma = & 23[\%Ni] + 9[\%Cu] + 7[\%Mn] - 11.5[\%Cr] - 11.5[\%Si] \\ & - 52[\%Al] - 49[[Ti\%] - 4([\%C] + [\%N])] - 23[\%V] - 12[\%Mo] \\ & - 47[\%Nb] + 189 \end{aligned} \quad (1)$$

(2) さらに、質量%で、Nb：0.001～0.3%、Mo：0.01～0.5%、B：0.0003～0.0050%を1種以上含有することを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れた(1)記載のフェライト系ステンレス鋼板。

(3) さらに、質量%で、Zr：1.0%以下、Sn：1.0%以

下、C o : 0 . 5 % 以下を 1 種以上含有することを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れた ( 1 ) 又は ( 2 ) 記載のフェライト系ステンレス鋼板。

#### 発明の効果

0 0 1 7

本発明によれば高価な Nb、Mo を添加しなくても耐酸化性に優れた耐熱フェライト系ステンレス鋼板が得られ、特に自動車やボイラーなどの排気系部材に適用することにより、環境対策や部品の低コスト化などに大きな効果が得られる。

#### 発明を実施するための形態

0 0 1 8

ここで、下限の規定がないものについては、不可避的不純物レベルまで含むことを示す。以下に本発明の限定理由について説明する。% は質量% を意味する。

0 0 1 9

C は、成形性と耐食性を劣化させ、高温強度の低下をもたらすため、その含有量は少ないほど良いため、0 . 0 1 5 % 以下とした。更に、過度の低減は精錬コストが増加し、耐酸化性も考慮すると、0 . 0 0 2 ~ 0 . 0 1 0 % が望ましい。

0 0 2 0

N は C と同様、成形性と耐食性を劣化させ、高温強度の低下をもたらすため、その含有量は少ないほど良いため、0 . 0 2 0 % 以下とした。更に、過度の低減は精錬コストが増加し、耐酸化性も考慮すると、0 . 0 0 2 ~ 0 . 0 1 5 % が望ましい。

0 0 2 1

Pは、鋼中に不可避免的に含まれる成分であるが、0.04%を越えて含有すると靱性が低下するため0.04%を上限とした。

## 0022

Sは、鋼中に不可避免的に含まれる成分であるが、本発明では0.01%を越えて含有するとCaSが生成しやすいため、0.01%を上限とする。また、Sを0.0005%未満とすることは製鋼コストの非常な増大を招くため、0.0005%を下限とすることが好ましい。

## 0023

Siは耐酸化性を向上させる元素であり、フェライト安定化元素であるので、本発明では必須であり、積極的に添加する。0.3%以上でその効果を発揮する。また、1.5%を超えると加工性が著しく低下するとともに、スケール剥離を促進するので、1.5%を上限とする。加工性と耐酸化性のバランスを考慮すると、0.4%～1.0%がより好ましい。

## 0024

Mnは、耐酸化性を向上させる元素、特にスケール剥離性を改善する元素であり本発明では必須元素である。しかし、酸化増量を増加させる効果を持つため、過剰に添加すると異常酸化が起こりやすくなる。また、オーステナイト形成元素であることから、本発明では、その適正範囲は、0.3～0.7%とする。加工性を考慮すると、0.3～0.6%がより好ましい。

## 0025

Crは、本願発明において、耐酸化性や耐食性確保のために必須な元素である。11.0%未満では、その効果は発現しないため下限を11.0%とする。また、Crは、フェライト安定化元素である。17.0%を超えると、Cr量により $\alpha$ 相が安定となるため、

各元素の相互調整の必要がなくなるため、本発明のCr量の上限は、17.0%とする、つまり、本発明は、低Cr鋼ほどその効果を発揮するものである。好ましい範囲は12.0%~15.0%である。

## 0026

Cuは、高温強度、特に、600~800℃程度の中温度域における高温強度向上に有効な元素である。これは、該温度域におけるCu析出物の生成による析出強化が主な要因である。さらに、900℃超においてもある程度の強度向上効果を有する。この効果は0.8%以上で発現するため、下限を0.8%とした。また、1.5%を超えて添加すると、耐酸化性、加工性が劣化するため、上限を1.5%とした。高温強度と耐酸化性、加工性のバランスを考慮すると、1.0~1.4%が望ましい。

## 0027

Niは、耐食性および耐高温塩害性を向上させる元素であり、0.05%以上の添加でその効果が発現する。しかし、オーステナイト安定化元素であるため、過剰な添加は耐酸化性を低下させるので、1.0%を上限とする。加工性を考慮すると、微量添加が望ましく、0.05~0.50%がより好適である。

## 0028

Vは、フェライト安定化元素であるために添加する。しかし、0.5%を超えると熱延板靱性が低下するので、0.5%を上限とする。製鋼コストや加工性を考慮すると、0.03%~0.5%が望ましい。

## 0029

Alは、脱酸元素として添加される他、耐酸化性を向上させるため必要に応じて添加する元素である。また、フェライト安定化元素

であり、耐酸化性を向上させる。過度の添加は硬質化して均一伸びを著しく低下させる他、靱性が著しく低下するため、上限を0.1%とした。更に、表面疵の発生や溶接性、製造性を考慮すると、0.01~0.05%が望ましい。

## 0030

Tiは、C、Nと結合して耐食性、耐粒界腐食性、常温延性や深絞り性を向上させる元素である。特に、本発明の鋼板が使用される排気系部材等では通常、溶接構造物であるため、耐粒界腐食性は必須であり、Ti添加量は重要である。これらの効果は10(C+N)%以上で発現するため、10(C+N)%を下限をとした。また、一方、0.3%超添加すると耐酸化性が低下するため、0.3%を上限とした。加工性や製造性を考慮すると、10(C+N)~0.25%が望ましい。

## 0031

これらの合金元素の範囲内において、耐酸化性を向上させるためには、下記(1)で示される $\gamma$ 値が35以下となるよう各元素の相互調整を行う必要がある。35を超えると900℃を超える高温領域でスケール下に $\gamma$ 相が形成されやすくなり、異常酸化が起こりやすく、好ましくない。なお、不可避的不純物の効果はゼロとしている。(1)式を導いた根拠は前述のとおりである。

$$\begin{aligned} \gamma = & 23[\%Ni] + 9[\%Cu] + 7[\%Mn] - 11.5[\%Cr] - 11.5[\%Si] \\ & - 52[\%Al] - 49[[Ti\%] - 4([\%C] + [\%N])] - 23[\%V] - 12[\%Mo] \\ & - 47[\%Nb] + 189 \end{aligned} \quad (1)$$

## 0032

本発明では、用途、特性に応じて、以下の元素を添加しても良い。

## 0033

Nbは、高価であるが、高温強度を向上させる元素であり、フェライト安定化元素でもあるので、微量でも添加すると耐熱性および耐酸化性を向上させることができる。その効果は、0.001%以上で発現する。0.3%超添加すると、Fe<sub>2</sub>Nbが粗大生成してしまい、高温強度向上効果が小さくなるため、上限を0.3%とする。

## 0034

Moも、高価であるが、高温強度を向上させる元素であり、フェライト安定化元素でもあるので、微量でも添加すると耐熱性および耐酸化性を向上させることができる。その効果は、0.01%以上で発現する。0.5%超添加すると、高温強度向上効果が小さくなるため、上限を0.5%とする。

## 0035

Bは、製品のプレス加工時の2次加工性を向上させる元素であり、この効果が0.0003%から作用するため、下限を0.0003%とした。過度な添加は硬質化やCrとBの析出物生成による粒界腐食が問題となる。また溶接割れも問題となるため、0.0050%を上限とした。更に、製造性を考慮すると、0.0003~0.0015%が望ましい。

## 0036

Zrは、Tiより強力な炭窒化物形成元素である。より高温まで炭窒化物を固定できるため、オーステナイト相安定性を低下させる効果が期待できる。しかし、過剰の添加は製造性の低下を招くため、その上限を1.0%とする。

## 0037

Snは原子半径が大きく高温での固溶強化に有効な元素でありながら、常温の機械的特性の低下が小さいため、必要に応じて添加す

る元素である。しかし、過剰に添加すると、製造性や溶接性が低下するため、その上限は1.0%とする。

0038

C<sub>o</sub>は高温強度を向上させる元素であるが、過剰に添加すると製造性が低下するため、その上限を0.5%とする。

0039

次に製造方法について説明する。本発明の鋼板の製造方法は、製鋼－熱間圧延－酸洗－冷間圧延－焼鈍・酸洗の各工程よりなる。製鋼においては、前記必須成分および必要に応じて添加される成分を含有する鋼を、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、公知の鑄造方法（連続鑄造）に従ってスラブとする。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。冷間圧延条件について、ステンレス鋼板の冷間圧延は、通常、ゼンジミア圧延機でリバース圧延されるか、タンデム式圧延機で一方向圧延されるかである。本発明ではいずれの圧延方法を採用しても構わないが、タンデム式圧延はゼンジミア圧延に比べて生産性においても優れる他、加工性の指標であるr値を高くするために、ロール径が400mm以上のタンデム式圧延機で冷間圧延を施す方が好ましい。

0040

生産性の観点から、フェライト系ステンレス鋼板の製造において通常実施される熱延板焼鈍を省略することが好ましいが、熱延板焼鈍しても構わない。

0041

他工程の製造方法については特に規定しないが、熱延条件、熱延板厚、冷延板焼鈍温度、雰囲気などは適宜選択すれば良い。また、冷延・焼鈍後に調質圧延やテンションレベラーを付与しても構わな

い。更に、製品板厚についても、要求部材厚に応じて選択すれば良い。

## 実施例

### 0042

表1に示す成分組成の鋼を溶製してスラブに鑄造し、スラブを熱間圧延して5mm厚の熱延コイルとした。その後、熱延コイルを酸洗し、2mm厚まで冷間圧延し、焼鈍・酸洗を施して製品板とした。冷延板の焼鈍温度は、結晶粒度番号を6~8程度にするために、850~1000℃とした。焼鈍時間は120秒である。表中のNo. 1~15は本発明鋼、No. 16~39は比較鋼である。また、No. 1A鋼、No. 2A鋼はそれぞれNo. 1鋼、No. 2鋼と同成分の鋼で、熱間圧延後、850~1000℃、120秒の熱延板焼鈍を行い、その後、他の鋼と同様に酸洗し、さらに、冷間圧延、焼鈍、酸洗を行って、製品板としたものである。このようにして得られた製品板から、高温引張試験片を採取し、800℃および900℃で引張試験を実施し、0.2%耐力を測定した(JIS G 0567に準拠)。ここで、エキマニ用鋼として現在最も汎用で使用されている0.4Nb-1Si鋼とほぼ同等レベルである、800℃で25MPa、900℃で15MPaを合格基準とした。

### 0043

さらに、耐酸化性の試験として、大気中900℃および930℃で200時間の連続酸化試験を行い、異常酸化の発生有無を評価した(JIS Z 2281に準拠)。加えて、常温の加工性として、JIS 13号B試験片を作製して圧延方向の引張試験を行い、破断伸びを測定した。ここでも、記既存0.4Nb-1Si鋼とほぼ同等レベルである32%を合格基準とした。

0 0 4 4

さらに、溶接部の耐粒界腐食性を明らかにするために、T I G溶接法によるなめつけ溶接を行った後、ストラウス試験を行い、粒界腐食の有無を検討した。

0 0 4 5

試験結果を表 1 に示す。

0 0 4 6



0047

表1から明らかのように、本発明で規定する成分組成を有する鋼は、高温強度、耐酸化性、常温伸び、耐粒界腐食性にまったく問題なく、優れた特性を示していることが分かる。

0048

これらに対し、比較鋼のNo. 16、17では、各成分元素は本発明範囲でありながら、 $r$ 値が35を超えているため、930℃での異常酸化が発生し、耐酸化性が劣る。No. 18、19鋼は、それぞれCとNが上限外れで、高温強度、耐酸化性、加工性に劣る。No. 20鋼は、Siが不足しており、耐酸化性に劣る。No. 21鋼は、Siが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 22は、Mn添加量が少なく、耐酸化性に劣る。No. 23鋼は、Mnが過剰に添加されており、耐酸化性と加工性に劣る。No. 24は、Pが過剰に添加されており、靱性が劣位で、鋼板製造段階で熱延板に微小割れが観察された。No. 25鋼はSが過剰に添加されており、耐食性劣化原因であるCaSの生成が確認された。No. 26鋼は、Cr量が少ないため高温強度が低いとともに耐酸化性も劣る。No. 27鋼は、Cu添加量が少なく、高温強度が劣る。No. 28鋼はCuが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 29鋼は、Niが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 30鋼は、Vが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 31鋼は、Alが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 32鋼は、Ti添加量が少なく、耐粒界腐食性に劣る。No. 33鋼はTiが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 34鋼はNbが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 35鋼は、Moが過剰に添加されており、加工性に劣る。No. 36鋼は、Bが過剰に添加されており、加工性が劣るとともに、耐粒界腐食性も劣っている。

No. 37、38、39鋼は、それぞれ、Zr、Sn、Coを過剰に添加されているが、これらの鋼は、加工性に劣るとともに、鋼板製造時に熱延板に微小割れが観察され、製造性に劣ることがわかった。

#### 産業上の利用可能性

0049

以上の説明から明らかなように、本発明によればNbやMoのような高価な合金元素を多量に添加せずとも耐酸化性に優れた耐熱ステンレス鋼板を提供することができ、特に排気部材に適用することにより、部品コストの低減や軽量化による環境対策など社会的寄与は格段に大きい。

## 請 求 の 範 囲

## 請求項 1

質量%にて、

C : 0.015%以下

N : 0.020%以下

P : 0.04%以下

S : 0.01%以下

Si : 0.3~1.5%

Mn : 0.3~0.7%

Cr : 11.0~17.0%

Cu : 0.8~1.5%

Ni : 0.05~1.0%

V : 0.5%以下

Al : 0.01~0.1%

Ti :  $10(C+N) \sim 0.3\%$

の範囲内で、下記(1)式で規定される $\gamma$ 値が35以下となるように相互に元素量の調整を行った元素を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなることを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れたフェライト系ステンレス鋼板。

$$\begin{aligned} \gamma = & 23 [\%Ni] + 9 [\%Cu] + 7 [\%Mn] - 11.5 [\%Cr] - 11.5 [\%Si] \\ & - 52 [\%Al] - 49 [ [\%Ti] - 4 ( [\%C] + [\%N] ) ] - 23 [\%V] - 12 [\%Mo] \\ & - 47 [\%Nb] + 189 \end{aligned} \quad (1)$$

## 請求項 2

さらに、質量%で、

Nb : 0.001~0.3%

Mo : 0.01 ~ 0.5 %

B : 0.0003 ~ 0.0050 %

を1種以上含有することを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れた請求項1記載のフェライト系ステンレス鋼板。

### 請求項3

さらに、質量%で、

Zr : 1.0 %以下

Sn : 1.0 %以下

Co : 0.5 %以下

を1種以上含有することを特徴とする耐熱性および耐酸化性に優れた請求項1又は2記載のフェライト系ステンレス鋼板。

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/071765

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

C22C38/00(2006.01) i, C22C38/50(2006.01) i, C22C38/54(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)

C22C38/00, C22C38/50, C22C38/54

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 2009-235555 A (Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), claims; paragraphs [0010], [0017] to [0027]; table 1 (Family: none)	1-3
A	JP 2008-240143 A (Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), claims; tables 1, 2 & WO 2008/105134 A1                      & US 2009/0092513 A1 & EP 2058413 A1                              & CN 101454471 A	1-3

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 13 December, 2011 (13.12.11)	Date of mailing of the international search report 20 December, 2011 (20.12.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/071765

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2003/004714 A1 (Nisshin Steel Co., Ltd.), 16 January 2003 (16.01.2003), claims; tables 1, 2 & US 2004/0170518 A1 & EP 1413640 A1 & CN 1524130 A	1-3
A	JP 2008-144199 A (Nisshin Steel Co., Ltd.), 26 June 2008 (26.06.2008), claims; table 1 & US 2008/0138233 A1 & EP 1930461 A1 & CN 101250672 A	1-3
A	JP 2006-117985 A (Nisshin Steel Co., Ltd.), 11 May 2006 (11.05.2006), claims; table 1 (Family: none)	1-3

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, C22C38/50(2006.01)i, C22C38/54(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, C22C38/50, C22C38/54

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 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011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 2009-235555 A (新日鐵住金ステンレス株式会社) 2009. 10. 15, 【特許請求の範囲】 , 【0010】 , 【0017】 - 【0027】 , 【表 1】 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2008-240143 A (新日鐵住金ステンレス株式会社) 2008. 10. 09, 【特許請求の範囲】 , 【表 1】 , 【表 2】 & WO 2008/105134 A1 & US 2009/0092513 A1 & EP 2058413 A1 & CN 101454471 A	1-3

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。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの                  「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                  「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)                  「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献                  「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                  「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                  「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                  「&amp;」 同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 13. 12. 2011	国際調査報告の発送日 20. 12. 2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 小谷内 章 電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4K 4663

C (続き) . 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	WO 2003/004714 A1 (日新製鋼株式会社) 2003. 01. 16, 請求の範囲, 表 1, 表 2 & US 2004/0170518 A1 & EP 1413640 A1 & CN 1524130 A	1-3
A	JP 2008-144199 A (日新製鋼株式会社) 2008. 06. 26, 【特許請求の範囲】, 【表 1】 & US 2008/0138233 A1 & EP 1930461 A1 & CN 101250672 A	1-3
A	JP 2006-117985 A (日新製鋼株式会社) 2006. 05. 11, 【特許請求の範囲】, 【表 1】 (ファミリーなし)	1-3