

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5383700号  
(P5383700)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(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 38/58 (2006.01)** C 2 2 C 38/00 3 0 2 B  
 C 2 2 C 38/58

請求項の数 44 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-539525 (P2010-539525)	(73) 特許権者	501187033
(86) (22) 出願日	平成20年2月20日 (2008.2.20)		エイティーアイ・プロパティーズ・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2011-508077 (P2011-508077A)		アメリカ合衆国オレゴン州97321-0580, アルバニー, ノース・イースト・オールド・セーレム・ロード 1600
(43) 公表日	平成23年3月10日 (2011.3.10)	(74) 代理人	100140109
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/054396		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開番号	W02009/082498	(74) 代理人	100089705
(87) 国際公開日	平成21年7月2日 (2009.7.2)		弁理士 社本 一夫
審査請求日	平成22年12月28日 (2010.12.28)	(74) 代理人	100075270
(31) 優先権主張番号	61/015, 264		弁理士 小林 泰
(32) 優先日	平成19年12月20日 (2007.12.20)	(74) 代理人	100080137
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 安定化元素を含有するニッケルの少ないオーステナイト系のステンレス鋼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

重量%で、

- 0.20までのC、
- 2.0~9.0のMn、
- 2.0までのSi、
- 16.0~23.0のCr、
- 1.0~7.0のNi、
- 0.5~2.0のMo、
- 0.05~0.35のN、
- 4.0までのW、

(7.5(%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) 1.5、

0.01までのB、

1.0までのCo、

残分の鉄、及び付随する不純物からなり、

22より大きく30までのPRE<sub>w</sub>値を有し、PRE<sub>w</sub> = %Cr + 3.3(%Mo) + 1.65(%W) + 16(%N)である、オーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項2】

0.5 (Mo + W / 2) 5.0である、請求項1に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 3】

0.5 (Mo + W / 2) 4.0 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 4】

1.0 (Ni + Co) 8.0 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 5】

4.0 (Ni + Co) 7.5 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 6】

(7.5 (%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) 1.0 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

10

## 【請求項 7】

Nb は少なくとも 0.1 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 8】

(7.5 (%C)) Nb 1.5 である、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 9】

10 より小さいフェライト価を有する、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

20

## 【請求項 10】

0 より大きく 10 までのフェライト価を有する、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 11】

3 ~ 5 のフェライト価を有する、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 12】

20 より低い  $MD_{30}$  値を有する、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 13】

-10 より低い  $MD_{30}$  値を有する、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

30

## 【請求項 14】

C が 0.10 までに限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 15】

Si が 0.5 ~ 1.0 に限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 16】

Mn が 2.0 ~ 8.0 に限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 17】

Mn が 3.5 ~ 6.5 に限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

40

## 【請求項 18】

Ni が 4.0 ~ 6.5 に限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 19】

Cr が 17.0 ~ 21.0 に限られる、請求項 1 に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

## 【請求項 20】

重量%で、0.10 までの C、2.0 ~ 8.0 の Mn、1.00 までの Si、16.0

50

～22.0のCr、1.0～7.0のNi、0.5～2.0のMo、0.08～0.30のN、(7.5(%C)) (Nb+Ti+V+Ta+Zr) 1.5、0.05～0.60のW、1.0までのCo、0.040までのP、0.030までのS、0.008までのB、残分の鉄、及び付随する不純物からなり、22より大きく30までのPRE<sub>w</sub>値を有する、請求項1に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項21】

0.5 (Mo+W/2) 2.3である、請求項20に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項22】

1.0 (Ni+Co) 8.0である、請求項20に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

10

【請求項23】

Nbは少なくとも0.1である、請求項20に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項24】

(7.5(%C)) Nb 1.5である、請求項20に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項25】

重量%で、0.08までのC、3.5～6.5のMn、1.00までのSi、17.0～21.0のCr、0.5～2.0のMo、4.0～6.5のNi、0.08～0.30のN、(7.5(%C)) (Nb+Ti+V+Ta+Zr) 1.0、0.050までのP、0.030までのS、残分の鉄、及び付随する不純物からなり、22より大きく30までのPRE<sub>w</sub>値を有する、請求項1に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

20

【請求項26】

0.5 (Mo+W/2) 4.0である、請求項25に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項27】

4.0 (Ni+Co) 7.5である、請求項25に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項28】

Nbは少なくとも0.1である、請求項25に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

30

【請求項29】

(7.5(%C)) Nb 1.5である、請求項25に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項30】

重量%で、

0.20までのC、

2.0～9.0のMn、

2.0までのSi、

16.0～23.0のCr、

1.0～7.0のNi、

0.5～2.0のMo、

0.05～0.35のN、

4.0までのW、

(7.5(%C)) (Nb+Ti+V+Ta+Zr) 1.5、

0.01までのB、

1.0までのCo、

残分の鉄、及び付随する不純物からなり、

22より大きく30までのPRE<sub>w</sub>値を有し、PRE<sub>w</sub> = %Cr + 3.3(%Mo) +

40

50

1.65 (%W) + 1.6 (%N)である、オーステナイト系のステンレス鋼を含む、製造物品。

【請求項 31】

該オーステナイト系のステンレス鋼は、Nbは少なくとも0.1である、請求項30に記載の製造物品。

【請求項 32】

該オーステナイト系のステンレス中に、Nbは(7.5 (%C)) Nb 1.5の範囲で存在する、請求項30に記載の製造物品。

【請求項 33】

該物品は、低温環境及び極低温環境の少なくとも一つにおける使用のために適合している、請求項30に記載の製造物品。 10

【請求項 34】

該物品は、フレキシブルコネクタ、ベローズ、フレキシブルパイプ、煙突のライナー、及び送気管のライナーからなる群から選択される、請求項30に記載の製造物品。

【請求項 35】

$3.18 \times 10^8 \sim 3.70 \times 10^8 \text{ Pa (46.1} \sim 53.7 \text{ ksi)}$ の降伏力を有する、請求項1に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項 36】

Wが0.05 ~ 0.60に限られる、請求項1に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。 20

【請求項 37】

$3.18 \times 10^8 \sim 3.70 \times 10^8 \text{ Pa (46.1} \sim 53.7 \text{ ksi)}$ の降伏力を有する、請求項20に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項 38】

$3.18 \times 10^8 \sim 3.70 \times 10^8 \text{ Pa (46.1} \sim 53.7 \text{ ksi)}$ の降伏力を有する、請求項25に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項 39】

該オーステナイト系のステンレス鋼が $3.18 \times 10^8 \sim 3.70 \times 10^8 \text{ Pa (46.1} \sim 53.7 \text{ ksi)}$ の降伏力を有する、請求項30に記載の製造物品。

【請求項 40】

降伏力が $3.24 \times 10^8 \text{ Pa (47 ksi)}$ である、請求項35に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。 30

【請求項 41】

降伏力が $3.24 \times 10^8 \text{ Pa (47 ksi)}$ である、請求項39に記載の製造物品。

【請求項 42】

該物品がフレキシブルパイプである、請求項30に記載の製造物品。

【請求項 43】

降伏力がUNS S31635の降伏力よりも大きい、請求項35に記載のオーステナイト系のステンレス鋼。

【請求項 44】

降伏力がUNS S31635の降伏力よりも大きい、請求項39に記載の製造物品。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、米国特許法第119条(e)に基づき、2007年12月20日出願の同時係属中の米国特許仮出願第61/015,264号の優先権を請求する。

【0002】

技術分野

本開示は、オーステナイト系のステンレス鋼に関する。特に、本開示は、ニッケルのよ 50

り多い合金と比較して、ニッケル及びモリブデンのレベルが低く、高温特性が改善され、そして少なくとも同程度の耐腐食性及び成形特性を有する、コスト効果のある安定化されたオーステナイト系のステンレス鋼組成物に関する。

【背景技術】

【0003】

オーステナイト系のステンレス鋼は、該ステンレス鋼を幅広い様々な工業用途のために有用とする非常に望ましい特性の組み合わせを示す。これらの鋼は、ニッケル、マンガン、及び窒素などの、オーステナイトを促進しかつ安定化する元素の添加により均衡を保たれた鉄の基本組成を保有して、クロム、及びモリブデンなどの、耐腐食性を高めるフェライト促進元素の添加により室温でオーステナイト構造を維持しながら作られる。オーステナイト構造は、非常に望ましい機械的特性、特に靱性、展性、及び成形性を鋼に提供する。

10

【0004】

オーステナイト系のステンレス鋼の特定の例としては、16～18%のクロム、10～14%のニッケル、及び2～3%のモリブデンを含有する合金である、AISIタイプ316ステンレス鋼(UNS S31600)が挙げられる。この合金における合金化の構成要素の範囲は、安定なオーステナイト構造を維持するために特定された範囲内に維持されている。当業者には理解されるように、ニッケル、マンガン、銅、及び窒素の含有量は、例えばオーステナイト構造の安定性に寄与する。しかしながら、ニッケル及びモリブデンによるコストの増加は、なお高い耐腐食性及び良好な成形性を示すコスト効果のあるS

20

【0005】

別の合金代替物は、グレード216(UNS S21600)であり、米国特許第3,171,738号明細書に記載されている。S21600は17.5～22%のクロム、5～7%のニッケル、7.5～9%のマンガン、及び2～3%のモリブデンを含有する。S21600は、S31600の、ニッケルが少なくマンガンが多い変化形態であるけれども、S21600の強度及び耐腐食特性は、S31600の強度及び耐腐食特性よりも高い。しかしながら、デュプレックス合金と同様に、S21600の成形性は、S31600の成形性ほど良好でない。また、S21600はS31600と同量のモリブデンを含有するために、モリブデンに関するコストの削減が存在しない。

30

【0006】

高温で用いることを主に意図している、S31600の変化形態もまた存在する。この合金は、タイプ316Ti(UNS S31635)として示される。S31600とS31635との有意な違いは、鋼中に存在する炭素及び窒素の量と均衡した少量のチタンの添加の存在である。結果として、S31635鋼は、上昇した温度にて、また溶接の間に有害な炭化クロムが形成しにくく、鋭敏化として知られる現象を起こしにくい。かかる添加はまた、一次炭化物及び二次炭化物の形成による強化効果のために、上昇温度特性を高めることができる。S31635中のチタンに関する特定された範囲は、以下の式：

$$[5 \times (\%C + \%N)] \quad Ti \quad 0.70\%$$

によって与えられる。しかしながら、S31635は、コストのかかる原材料を用いる。

40

【0007】

合金のその他の例としては、タイプ201鋼(UNS S20100)及び同様のグレードとして実施されるような、ニッケルをマンガンを置換してオーステナイト構造を維持する数多くのステンレス鋼が挙げられる。しかしながら、S31635と同様の改善された上昇温度特性と、S31600と同様の耐腐食性及び成形特性の両方との組み合わせを有しつつも、コスト効果があるようにより少ない量のニッケル及びモリブデンを含有する合金を製造できる必要がある。特に、かかる合金は、デュプレックス合金とは異なり、例えば極低温～1300°F(700)の、標準的なオーステナイト系のステンレス鋼と同程度の温度用途範囲を有する必要がある。

【0008】

50

従って、本発明は、現在市場で手に入れることの出来ない解決策であって、S 3 1 6 0 0及びS 3 1 6 3 5と同程度の耐腐食性及び改善された上昇温度特性を有し、原材料コストの削減を提供する、成形性のある安定化されたオーステナイト系のステンレス鋼合金組成物という解決策を提供する。従って、本発明は、制御されたレベルの炭化物形成元素を用いて上昇温度特性を改善する、安定化されたオーステナイト系の合金である。このオーステナイト系の合金はまた、ニッケル及びモリブデンの多い合金と同様の特性を有する合金を有意に低い原材料コストで作りに出すやり方で、Mn、Cu、及びNの元素の組み合わせを利用してNi及びMoを置換する。場合により、W及びCo元素を、別個に、又は組み合わせを用いてMo及びNi元素のそれぞれと置換しても良い。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第3,171,738号明細書

【発明の概要】

【0010】

本発明は、よりコストのかかるニッケル及びモリブデンの元素の代わりに、マンガン、銅、及び窒素などの、炭化物を形成する元素であって、かつ高価でない元素を用いるオーステナイト系のステンレス鋼である。その結果物は、S 3 1 6 0 0及びS 3 1 6 3 5などのよりコストのかかる合金と少なくとも同程度の、改善された上昇温度特性、ならびに耐腐食性及び成形特性を有する、より低コストの合金である。この合金は、軽量であり、成形性のために比較的微細な粒子を含んだ混じりけのない微細構造を有する。

20

【0011】

本発明のある実施態様は、重量%で、0.20までのC、2.0~9.0のMn、2.0までのSi、16.0~23.0のCr、1.0~7.0のNi、3.0までのMo、3.0までのCu、0.05~0.35のN、 $(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr)$  1.5、4.0までのW、0.01までのB、1.0までのCo、鉄、及び不純物を含むオーステナイト系のステンレス鋼である。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある非限定的な実施態様は、 $0.5 (Mo + W / 2) 5.0$ となるようにタングステンを含む。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、 $1.0 (Ni + Co) 8.0$ となるようにコバルトを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも0.1%のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも $(7.5(\%C))$ の濃度でニオブを含んでいても良い。

30

【0012】

本発明の別の実施態様は、重量%で、0.10までのC、2.0~8.0のMn、1.00までのSi、16.0~22.0のCr、1.0~7.0のNi、0.40~2.0のMo、1.00までのCu、0.08~0.30のN、 $(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr)$  1.5、0.05~0.60のW、1.0までのCo、0.040までのP、0.030までのS、0.008までのB、鉄、及び不純物を含むオーステナイト系のステンレス鋼である。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、 $0.5 (Mo + W / 2) 2.3$ となるようにタングステンを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、 $1.0 (Ni + Co) 8.0$ となるようにコバルトを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも0.1%のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも $(7.5(\%C))$ の濃度でニオブを含んでいても良い。

40

【0013】

本発明の代替的な実施態様においては、オーステナイト系のステンレス鋼は、重量%で、0.08までのC、3.5~6.5のMn、1.00までのSi、17.0~21.0のCr、0.5~2.0のMo、4.0~6.5のNi、0.08~0.30のN、 $(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr)$  1.0、1.0までのCu、0.050までのP、0.030までのS、鉄、及び不純物を含む。該オーステナイト系のステ

50

ステンレス鋼のとある実施態様は、 $0.5 (Mo + W / 2) \sim 4.0$  となるようにタングステンを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、 $4.0 (Ni + Co) \sim 7.5$  となるようにコバルトを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも  $0.1\%$  のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも  $(7.5 (\%C))$  の濃度でニオブを含んでいても良い。

【0014】

本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、約 22 より大きい  $PRE_{w}$  値、約 10 より低いフェライト価、及び約 20 より低い  $MD_{30}$  値を有する。

該ステンレス鋼を製造する一つの方法は、電気アーク炉中で溶融し、AOD中で精製し、インゴット又は連続鑄造スラブに鑄造し、インゴット又はスラブを再加熱し、熱間延伸してプレート又はコイルを製造し、冷間延伸して特定の厚みにし、そしてその材料を焼き鈍し、酸洗いすることである。真空中又は特別の雰囲気下で溶融及び/又は再溶融すること、形態物に鑄造すること、あるいはスラブ又は形態物などに固められる粉末の製造を含む、本発明の材料を製造するその他の方法を用いても良い。

10

【0015】

本開示に従った合金は、数多くの用途において用いても良い。一例に従うと、本開示の合金は、低温又は極低温環境において用いるために適合した製造物品中に含まれていても良い。本合金から作製されるか、又は本合金を含んでいても良い製造物品の追加の非限定的な例は、自動車及びその他の用途のためのフレキシブルコネクタ、ベローズ、フレキシブルパイプ、煙突のライナー、及び送気管のライナーである。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

本記載及び特許請求の範囲においては、操作の実施例におけるものを除き、又は他の指示のない限り、構成要素及び製品、処理条件などの量又は性質を表現する全ての数は、全ての場合において用語「約」によって修飾されるものとして理解されるべきである。従って、反対の指示がない限りは、以下の記載及び添付の特許請求の範囲において説明する全ての数値パラメータは、本開示に従った製品及び方法において得ようと試みる望ましい特性に応じて変化しうる近似値である。最低でも、そして特許請求の範囲の均等物の教示の適用を制限しようとするものではないが、各々の数値パラメータは、少なくとも、報告された有効数字の桁を考慮し、普通の丸め手法を適用することにより解釈されるべきである。本発明のオーステナイト系のステンレス鋼を、ここで詳細に記載する。以下の記載において、他に特定のない限り、「%」は「重量%」を表す。

30

【0017】

本発明は、オーステナイト系のステンレス鋼に向けられている。特に、本発明は、S31635などと比較して少なくとも同程度の耐腐食性及び成形特性、ならびに改善された上昇温度特性を有する、安定化されたオーステナイト系のステンレス鋼組成物に向けられている。該オーステナイト系のステンレス鋼組成物は、重量%で、 $0.20$  までの C、 $2.0 \sim 9.0$  の Mn、 $2.0$  までの Si、 $16.0 \sim 23.0$  の Cr、 $1.0 \sim 7.0$  の Ni、 $3.0$  までの Mo、 $3.0$  までの Cu、 $0.05 \sim 0.35$  の N、 $(7.5 (\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) \sim 1.5$ 、 $4.0$  までの W、 $0.01$  までの B、 $1.0$  までの Co、鉄、及び不純物を含む。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも  $0.1\%$  のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも  $(7.5 (\%C))$  の濃度でニオブを含んでいても良い。

40

【0018】

ある代替的な実施態様においては、オーステナイト系のステンレス鋼組成物は、重量%で、 $0.20$  までの C、 $2.0 \sim 9.0$  の Mn、 $2.0$  までの Si、 $16.0 \sim 23.0$  の Cr、 $1.0 \sim 7.0$  の Ni、 $3.0$  までの Mo、 $3.0$  までの Cu、 $0.05 \sim 0.35$  の N、 $(7.5 (\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) \sim 1.5$ 、 $0.01$  までの B、タングステン、鉄、及び不純物を、 $0.5 (Mo + W / 2) \sim 5.0$  及び  $1.0 (Ni + Co) \sim 8.0$  となるように含んでいても良い。該オーステナイト系のステ

50

ステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも0.1%のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも(7.5(%C))の濃度でニオブを含んでいても良い。

【0019】

本発明の別の実施態様は、重量%で、0.10までのC、2.0~8.0のMn、1.00までのSi、16.0~22.0のCr、1.0~7.0のNi、0.40~2.0のMo、1.00までのCu、0.08~0.30のN、(7.5(%C)) (Nb+Ti+V+Ta+Zr) 1.5、0.05~0.60のW、1.0までのCo、0.040までのP、0.030までのS、0.008までのB、鉄、及び不純物を含むオーステナイト系のステンレス鋼である。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、0.5 (Mo+W/2) 2.3となるようにタングステンを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、1.0 (Ni+Co) 8.0となるようにコバルトを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも0.1%のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも(7.5(%C))の濃度でニオブを含んでいても良い。

10

【0020】

本発明の代替的な実施態様においては、オーステナイト系のステンレス鋼は、重量%で、0.08までのC、3.5~6.5のMn、1.00までのSi、17.0~21.0のCr、0.5~2.0のMo、4.0~6.5のNi、0.08~0.30のN、(7.5(%C)) (Nb+Ti+V+Ta+Zr) 1.0、1.0までのCu、0.050までのP、0.030までのS、鉄、及び不純物を含む。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、0.5 (Mo+W/2) 4.0となるようにタングステンを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、4.0 (Ni+Co) 7.5となるようにコバルトを含んでいても良い。該オーステナイト系のステンレス鋼のとある実施態様は、少なくとも0.1%のニオブを含んでいても良く、又は少なくとも(7.5(%C))の濃度でニオブを含んでいても良い。

20

【0021】

C: 0.20%まで

Cは、オーステナイト相を安定化させ、変形により誘起されるマルテンサイト変換を防止するように働く。しかしながら、Cはまた、特に溶接の間にクロム炭化物が形成される確率を増加させ、クロム炭化物は、耐腐食性及び靱性を減少させる。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、0.20%までのCを有する。本発明のある実施態様においては、Cの含有量は、0.10%以下であっても良い。あるいは、Cの含有量は0.08%以下であっても良く、0.03%以下であっても良い。

30

【0022】

Si: 2.0%まで

2%より多くSiを有すると、シグマなどの脆い相の形成が促進され、合金中の窒素の可溶性が減少する。Siはまた、フェライト相を安定化させるので、2%より多くのSiは、オーステナイト相を維持するために追加のオーステナイト安定化剤の添加を必要とする。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、2.0%までのSiを有する。本発明のある実施態様においては、Si含有量は1.0%以下であっても良い。Siは、ニオブを含む一定の合金化元素の反応性を最小化することを助け、合金中の相平衡を促進する。とある実施態様においては、Si添加の効果は、Si含有量を0.5~1.0%に調節することにより均衡を保たれる。

40

【0023】

Mn: 2.0~9.0%

Mnはオーステナイト相を安定化させ、一般的に、有益な合金化元素である窒素の可溶性を増加させる。これらの効果を十分に生み出すために、2.0%より少なくないMn含有量が必要とされる。マンガン及び窒素は両方とも、より高価な元素であるニッケルの効果的な代用物である。しかしながら、9.0%より多くのMnは、材料の加工性および一定の環境における耐腐食性を悪化させる。また、9.0%より多いような、高いレベルの

50



Mnを有するステンレス鋼を脱炭することは難しいため、Mnのレベルが高いと、材料を製造する処理コストが有意に増加する。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼において、耐腐食性、相平衡、展性、及びその他の機械的特性を適当に均衡させるために、Mnのレベルは2.0~9.0%に設定する。ある実施態様においては、Mn含有量は2.0~8.0%であっても良く、あるいは3.5~6.5%であっても良い。

【0024】

Ni: 1.0~7.0%

少なくとも1%のNiは、フェライト及びマルテンサイト形成の両方に関して、オーステナイト相を安定化させるために必要とされる。Niはまた、靱性及び成形性を高めるように働く。しかしながら、ニッケルの比較的高いコストのために、ニッケル含有量を出来るだけ低く保つことが望ましい。Mn及びNは、部分的なNiの代用物となり得るが、Mn及びNのレベルが高いと、許容不可能なレベルの加工硬化、成形性の減少を生ずる。それ故に、該合金は、許容可能な成形性を提供するために、最低限の濃度のNiを含まねばならない。本発明者らは、その他の定義された範囲の元素に加えて1.0~7.0%の範囲のNiを用いて、よりニッケルの多い合金と同様か、又はそれよりも良い耐腐食性及び成形性を有する合金を達成することが出来ることを見出した。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、1.0~7.0%のニッケルを有する。ある実施態様においては、Ni含有量は4.0~6.5%であっても良い。

10

【0025】

Cr: 16.0~23.0%

Crは、合金の表面上に不動態膜を形成することにより耐腐食性をステンレス鋼に与えるために添加する。また、Crはマルテンサイト変換に関してオーステナイト相を安定化させるように働く。少なくとも16%のCrが、適切な耐腐食性を提供するために必要とされる。一方、Crは強力なフェライト安定化剤であるため、Cr含有量が23%を超えると、フェライト含有量を許容可能に低く保つために、ニッケル又はコバルトなどのよりコストのかかる合金化元素の添加が必要とされる。23%より多くのCrはまた、シグマなどの望ましくない相をより形成しがちである。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、16.0~23.0%のCrを有する。ある実施態様においては、Cr含有量は16.0~22.0%であっても良く、あるいは17.0~21.0%であっても良い。

20

30

【0026】

N: 0.05~0.35%

Nは、オーステナイトを安定化させる元素であるNiと、耐腐食性を高める元素であるMoの部分的な置換として本合金中に含まれる。Nはまた、合金の強度を改善する。少なくとも0.05%のNは、強度及び耐腐食性、ならびにオーステナイト相を安定化させるために必要である。0.35%より多くのNの添加は、溶融及び溶接の間のNの可溶性を上回り、窒素の気泡を原因とする空隙を生ずる可能性がある。たとえ可溶性限界を上回らなくとも、0.35%より多くのN含有量は、窒化物粒子の沈殿の傾向を増加させ、耐腐食性及び靱性を悪化させる。本発明者らは、0.35%までのN含有量が、問題となるレベルのニオブ炭窒化物の沈殿を形成することなく合金中のNbレベルと適応可能であると決定した。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼は、0.05~0.35%のNを有する。ある実施態様においては、N含有量は0.08~0.30%であっても良い。

40

【0027】

Mo: 3.0%まで

本発明者らは、許容可能な特性を維持しながら、合金のMo含有量を制限しようとしてきた。Moは、ステンレス鋼の表面上に形成し、塩化物の作用による孔食から保護する不動態酸化膜を安定化させるのに効果的である。これらの効果を得るために、Moは、この発明において、3.0%のレベルまで添加しても良い。そのコストのために、Mo含有量は0.5~2.0%であっても良く、この含有量が、適当な量のクロム及び窒素と組み合

50

わせて必要とされる耐腐食性を提供するために適切である。3.0%を超えるMo含有量は、固化(デルタ)フェライトの割合を潜在的に問題のあるレベルに増加させることにより、熱間加工性を劣化させる。高いMo含有量はまた、シグマ相などの有害な金属間相の形成の見込みを増加させる。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼組成物は、3.0%までのMoを有する。ある実施態様においては、Mo含有量は0.40~2.0%であっても良く、あるいは0.50~2.0%であっても良い。

【0028】

Co: 1.0%まで

Coは、オーステナイト相を安定化させるように、ニッケルの代わりとして働く。コバルトの添加はまた、材料の強度を増加させるように働く。コバルトの上限は、好ましくは1.0%である。

10

【0029】

B: 0.01%まで

0.0005%程度に低いBの添加物を添加してステンレス鋼の熱間加工性及び表面品質を改善しても良い。しかしながら、0.01%より多くの添加は、本合金の耐腐食性及び加工性を悪化させる。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼組成物は、0.01%までのBを有する。ある実施態様においては、B含有量は0.008%までであっても良く、又は0.005%までであっても良い。

【0030】

Cu: 3.0%まで

Cuは、オーステナイト安定化剤であり、Cuを用いてこの合金中のニッケルの一部分を置換しても良い。Cuはまた、還元環境における耐腐食性を改善し、積層欠陥エネルギーを減少させることによって成形性を改善する。しかしながら、3%より多くのCuの添加は、オーステナイト系のステンレス鋼の熱間加工性の減少を示した。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼組成物は、3.0%までのCuを有する。ある実施態様においては、Cu含有量は1.0%までであっても良い。

20

【0031】

W: 4.0%まで

Wは、塩化物の孔食及び隙間腐食に対する耐性の改善において、モリブデンと同様の効果を提供する。Wはまた、モリブデンの代わりに用いた場合に、シグマ相を形成する傾向を減少させる可能性がある。しかしながら、4%より多くの添加は、本合金の熱間加工性を減少させる可能性がある。従って、本発明のオーステナイト系のステンレス鋼組成物は、4.0%までのWを有する。ある実施態様においては、W含有量は0.05~0.60%であっても良い。

30

【0032】

$0.5 < (Mo + W / 2) < 5.0$

Mo及びWは両方とも、ステンレス鋼の表面上に形成し、塩化物の作用による孔食から保護する不動態酸化膜を安定化させるのに効果的である。Wは、耐腐食性の増加においてMoのおよそ半分(重量で)の効果であるため、必要な耐腐食性を提供するために、 $(Mo + W / 2) > 0.5$ が必要とされる。しかしながら、多すぎるMoの保有は金属間相の形成の見込みを増加させ、多すぎるWは材料の熱間加工性を減少させる。それ故に、 $(Mo + W / 2)$ の組み合わせは、好ましくは5.0%未満である。ある実施態様においては、モリブデン及びタングステンは、 $0.5 < (Mo + W / 2) < 2.3$ となるように存在しても良く、あるいは $0.5 < (Mo + W / 2) < 4.0$ となるように存在しても良い。

40

【0033】

$1.0 < (Ni + Co) < 8.0$

ニッケル及びコバルトは両方とも、フェライト形成に対してオーステナイト相を安定化させるように働く。適当な耐腐食性を保証するために添加しなければならないCr及びMoなどのフェライトを安定化させる元素の存在下でオーステナイト相を安定化させるため

50

に、少なくとも1%の(Ni + Co)が必要とされる。しかしながら、Ni及びCoは両方ともコストのかかる元素であるので、(Ni + Co)含有量を8%より低く保つことが望ましい。ある実施態様においては、(Ni + Co)含有量は4.0%より多くても良いが、7.5%より少ない。

【0034】

$(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) 1.5$

Nbは炭素、及びそれほどでは無いが窒素とも反応して、小さな粒子の形態で炭化物及び炭窒化物を形成する。これらの粒子は、上昇した温度における使用、及び溶接の間の、有害なクロム炭化物の形成を効果的に抑制し、室温での耐腐食性を改善する。これらの粒子は、効果的な加熱処理を用いて製造した場合には、上昇した温度における強度及びクリープ抵抗もまた改善することが出来る。最低限の $(7.5 \times \%C)$ の添加は、金属中に溶解して存在するC1原子ごとにNb1原子を提供する。よりNbのレベルが高いと、有益なNが消費されるので、Nb含有量を1.5%より低く保つことが望ましい。Ti、V、Ta、及びZrなどの、これらに限定されない安定な炭化物を形成するその他の元素は、ニオブの代わりに添加しても良い。しかしながら、かかる代用物は、Nbより強くNと反応し、それ故に、改善された溶接性などの有益な効果を提供するために制御される。本発明者らは、Nb、Ti、V、Ta、及びZrの重量パーセンテージの合計が、 $(7.5(\%C)) \sim 1.5\%$ までの範囲に維持されるべきであることを決定した。すなわち、 $(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) 1.5\%$ である。とある実施態様においては、 $(7.5(\%C)) (Nb + Ti + V + Ta + Zr) 1.0\%$ である。とある好ましい実施態様においては、合金は、少なくとも0.1%のNbを含み、Nb、Ti、V、Ta、及びZrの重量パーセンテージの合計は、 $(7.5(\%C)) \sim 1.5\%$ 又は1.0%の範囲である。とある実施態様においては、Ti、V、Ta、及びZrは、付随する不純物としてのみ存在するか、又は出来る限り低いレベルで維持される。とある実施態様においては、合金の室温での耐腐食性、上昇した温度での強度、クリープ抵抗、及び溶接特性を最適化するために、合金のとある実施態様は少なくとも $(7.5(\%C))$ のNb含有量を含み、Ti、V、Ta、及びZrは、付随する不純物としてのみ存在する。本発明者らは、1.5%までのNb含有量は、NbとNとの組み合わせがクリープ抵抗を許容不可能に悪化させるレベルのニオブ炭窒化物の沈殿を生じないという点において、本合金の0.05~0.35%のN含有量と適応可能であることを決定した。

【0035】

本発明の安定化されたオーステナイト系のステンレス鋼の残分は、鉄、ならびにリン及び硫黄などの不可避の不純物を含む。当業者に理解されるように、不可避の不純物は、好ましくは、實際上、及び経済的に正当な最も低いレベルに維持される。

【0036】

非常に安定な窒化物を形成するAlなどの元素は、低いレベルに保つべきである。

本発明の安定化されたオーステナイト系のステンレス鋼はまた、例えば耐孔食性指数(pitting resistance equivalence number)、フェライト価、及びMD<sub>30</sub>温度などを含む、鋼の示す特性を定量化する式によって定義しても良い。

【0037】

耐孔食性指数(PRE<sub>N</sub>)は、塩化物を含有する環境において、孔食に対して期待される合金の耐性の相対的な順位を提供する。PRE<sub>N</sub>が高いほど、良好な合金の耐腐食性が期待される。PRE<sub>N</sub>は、以下の式によって計算することができる。

【0038】

$PRE_N = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 16(\%N)$

あるいは、1.65(%W)の因数を上述の式に追加して、合金中のタングステンの存在を考慮することが出来る。タングステンはステンレス鋼の耐孔食性を改善し、その効果は重量でモリブデンの約半分である。タングステンを計算に含んだ場合には、耐孔食性指数をPRE<sub>W</sub>として示し、これは以下の式により計算される。

## 【0039】

$$PRE_w = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 1.65(\%W) + 16(\%N)$$

タングステンは、本発明の合金中においてモリブデンと同様の目的に役立つ。そのため、タングステンをモリブデンの代わりとして添加して、耐孔食性の増加を提供しても良い。この式に従うと、同一の耐腐食性を維持するためには、取り除かれたモリブデンのパーセント毎にその二倍の重量パーセントのタングステンを追加すべきである。本発明の合金は、22より大きいPRE<sub>w</sub>値を有し、好ましくは、30程度にまで高い。

## 【0040】

本発明の合金はまた、そのフェライト価によって定義しても良い。正のフェライト価は、一般的に、フェライトの存在と相互に関連し、フェライトは合金の固化特性を改善し、熱間加工及び溶接作業の間の合金の高温割れを抑制することを助ける。それ故に、少量のフェライトは、良好な铸造性、及び高温割れの防止のために、最初の固化した微細構造中に望まれる。一方で、多すぎるフェライトは、使用中に、限定されるものではないが、微細構造の不安定性、制限された展性、及び低下した高温機械特性を含む問題を生じる可能性がある。フェライト価は、以下の式を用いて計算することが出来る。

## 【0041】

$$FN = 3.34(Cr + 1.5Si + Mo + 2Ti + 0.5Cb) - 2.46(Ni + 30N + 30C + 0.5Mn + 0.5Cu) - 28.6$$

本発明の合金は、10までのフェライト価を有し、好ましくは正の価数、より好ましくは約3~5のフェライト価を有する。

## 【0042】

合金のMD<sub>30</sub>温度は、30%の冷間変形が50%のオーステナイトのマルテンサイトへの変換を生ずる温度として定義される。MD<sub>30</sub>温度が低いほど、材料はマルテンサイト変換に対してより耐性を有する。マルテンサイト形成に対する耐性は、より低い加工硬化速度を生じ、その結果として特に延伸用途において良好な成形性を生ずる。MD<sub>30</sub>は、以下の式に従って計算される。

## 【0043】

$$MD_{30}(\text{°C}) = 413 - 462(C + N) - 9.2(Si) - 8.1(Mn) - 13.7(Cr) - 9.5(Ni) - 17.1(Cu) - 18.5(Mo)$$

本発明の合金は、20より低いMD<sub>30</sub>温度を有し、好ましくは約-10より低い。

## 【実施例】

## 【0044】

表1には、本発明の合金1~5及び比較例の合金であるS31600、S31635、S21600、及びS20100に関して、その組成及び計算されたパラメータ値が挙げられている。

## 【0045】

本発明の合金1~5を、実験室サイズの真空炉内で溶融し、50-lb(23kg)のインゴットに流し込んだ。これらのインゴットを再加熱し、熱間圧延して約0.250インチ(0.635cm)厚の材料を製造した。この材料を焼き鈍し、ブラストし、そして酸洗いした。その材料のいくつかを、0.100インチ(0.254cm)厚に冷間圧延し、残りを0.050インチ(0.127cm)又は0.040インチ(0.102cm)厚に冷間圧延した。冷間圧延された材料を、焼き鈍し、そして酸洗いした。比較例の合金であるS31600、S31635、S21600、及びS20100は、商業的に利用可能であり、これらの合金に関して示したデータは、刊行された文書から取り込んだか、又は商業販売のために近年製造されている材料のテストから測定された。

## 【0046】

各々の合金に関して計算したPRE<sub>w</sub>の値を、表1に示す。本明細書中で上に説明した式を用いると、24.0より大きいPRE<sub>w</sub>を有する合金は比較例の合金であるS31635材料よりも塩化物の孔食により耐性を有することが期待され、一方でより低いPRE

10

20

30

40

50

W を有する合金はより容易に孔が開くだろう。

【0047】

表1中の各々の合金に関するフェライト数もまた、計算した。本発明の合金1~5の各々に関するフェライト数は、10より低い好ましい範囲内であった。

MD<sub>30</sub>の値もまた、表1中の合金に関して計算した。計算に従うと、本発明の合金1~5、特に本発明の合金4及び5は、比較例の合金であるS31600及びS31635と同様のマルテンサイト形成に対する耐性を示す。

【0048】

【表1】

表1

	本発明の合金					比較例の合金			
	1	2	3	4	5	S31600	S31635	S21600	S20100
C	0.017	0.015	0.014	0.014	0.016	0.017	0.016	0.018	0.02
Mn	4.7	4.8	4.7	5.1	4.9	1.24	1.81	8.3	6.7
Si	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.45	0.50	0.40	0.40
Cr	16.6	16.6	16.6	18.1	18.2	16.3	16.8	19.7	16.4
Ni	5.2	5.2	5.2	5.5	5.5	10.1	10.7	6.0	4.1
Mo	1.47	1.47	1.47	1.00	1.1	2.1	2.11	2.5	0.26
Cu	0.40	0.40	0.39	0.40	0.5	0.38	0.36	0.40	0.43
N	0.075	0.104	0.081	0.129	0.170	0.04	0.013	0.37	0.15
P	0.011	0.012	0.012	0.014	0.014	0.03	0.031	0.03	0.03
S	0.0010	0.0012	0.0012	0.0016	0.0016	0.0010	0.0004	0.0010	0.0010
W	0.10	0.10	0.09	0.04	0.09	0.11	0.10	0.10	0.1
B	0.0019	0.0018	0.0016	0.0022	0.0022	0.0025	0.0025	0.0025	0.0005
Fe	Bal	Bal	Bal	Bal	Bal.	Bal	Bal	Bal	Bal
Cb	0.710	0.498	0.288	0.500	0.26	0.35	0.02	0.10	0.10
Co	0.22	0.19	0.15	0.19	0.15	--	--	--	--
Ti	--	--	--	--	--	--	0.22	--	--
FN	8.3	5.8	7.5	6.6	3.7	4.1	6.7	-6.2	-2.3
PRE <sub>w</sub>	22.9	23.4	23.1	23.6	24.7	24.0	24.0	33.9	19.7
MD <sub>30</sub>	19.3	6.6	17.2	-22.2	-46.2	-63	-72.4	-217.4	0.7
RMCI	0.63	0.63	0.62	0.59	0.60	0.96	1.00	0.80	0.41
降伏力 (ksi)	47.0	47.0	46.1	48.4	53.7	43.5	41.5	55	43
降伏力 (Pa)	3.24 x 10 <sup>8</sup>	3.24 x 10 <sup>8</sup>	3.18 x 10 <sup>8</sup>	3.34 x 10 <sup>8</sup>	3.70 x 10 <sup>8</sup>	3.0 x 10 <sup>8</sup>	2.86 x 10 <sup>8</sup>	3.79 x 10 <sup>8</sup>	2.96 x 10 <sup>8</sup>
引張強度 (ksi)	102.0	105.5	104.5	105.9	106.4	90.6	92.0	100	100
引張強度 (Pa)	7.03 x 10 <sup>8</sup>	7.27 x 10 <sup>8</sup>	7.21 x 10 <sup>8</sup>	7.30 x 10 <sup>8</sup>	7.34 x 10 <sup>8</sup>	6.25 x 10 <sup>8</sup>	6.34 x 10 <sup>8</sup>	6.89 x 10 <sup>8</sup>	6.89 x 10 <sup>8</sup>
伸び率 (%)	43	49	48	41	49	56	67	45	56
OCH (inch)	0.42	0.39	0.40	0.41	0.43	0.45	-	-	-
OCH (cm)	1.07	0.99	1.02	1.04	1.09	1.14	-	-	-

【0049】

表1はまた、各々の合金に関する材料コストを比較例のS31635合金の材料コスト

10

20

30

40

50

と比較する、原材料コスト指数(RMCI)を含む。RMCIは、原材料であるFe、Cr、Mn、Ni、Mo、W、及びCoに関する2007年10月の平均コストに、その合金に含有される各々の元素のパーセントを掛けて、比較例のS31635合金における原材料のコストで除して計算した。計算した値が示すように、本発明の合金1~5は、0.65より低いRMCIを有し、これは、本合金中に含有される原材料のコストが、比較例のS31635合金のコストの65%よりも低いことを意味する。比較例のS31635合金と同様の特性を有する材料を有意に低い原材料コストで作ることが出来ることは、驚くべきことであり、先行技術からは予期し得なかった。

#### 【0050】

本発明の合金1~5の機械的特性を測定し、商業的に利用可能な比較例の合金であるS31600、S31635、S21600、及びS20100の特性と比較した。測定された降伏力、引張強度、2インチ(5cm)のゲージ長さに対する伸び率、及びオルセンカップ高さ(Olsen cup height、表1ではOCHと略記する)が、表1に示されている。引張テストは、0.100インチ(0.254cm)のゲージ材料で実施され、シャルピーテストは、0.197インチ(0.500cm)厚のサンプルで実施され、そしてオルセンカップテストは、0.040インチ(0.102cm)~0.050インチ(0.127cm)の間の厚みの材料で行われた。全てのテストは、室温で実行された。表1におけるデータに関する単位は以下の通りである：降伏力及び引張強度、ksi；伸び、パーセント；オルセンカップ高さ、インチ。；このデータに見られるように、本発明の合金、特に本発明の合金4及び5は、商業的に利用可能なS31635材料と同程度の特性を示した。本発明の合金は、しかしながら、比較例のS31635合金の半分より低い濃度のニッケル、及び有意に少ないモリブデンを含んでいた。コストのかかる合金化元素であるニッケル及びモリブデンがこのように有意に低い濃度であるので、比較例の合金4及び5のRMCIが比較例のS31635合金に対して少なくとも40%より低い。しかしながら、ニッケル及びモリブデンのレベルが実質的に減少しているにもかかわらず、本発明の合金4及び5は、オーステナイト系の微細構造を有しており、比較例のS31635合金に対して有意に良い降伏力及び引張強度を示した。

#### 【0051】

これらの新規な合金の潜在的な用途は数多くある。上に記載し、証拠を示したように、本明細書中に記載されたオーステナイト系のステンレス鋼組成物は、多くの用途においてS31600及びとりわけS31635に取って代わることが出来る。更に、ニッケル及びモリブデンの高いコストのために、S31600及びS31635から本発明の合金組成物に切り替えることによって、有意なコストの削減が認められる。その他の利益は、これらの合金が完全にオーステナイトであり、氷点下の温度での鋭い延性-脆性遷移(DBT)が、又は885°F(474°C)の脆化のいずれの影響も受けにくいことである。それ故に、デュプレックス合金と異なり、本合金は650°F(340°C)より高い温度で用いることができ、低温及び極低温用途に関して主要な候補材料である。本明細書中に記載された合金の耐腐食性、成形性、及び処理性は、標準的なオーステナイト系のステンレス鋼の特性に非常に近いことが予期される。例えば自動車の排気及びその他の用途のためのフレキシブルコネクタ、ベローズ、フレキシブルパイプ、及び煙突/送気管のライナーなどの、本開示に従った合金のための特定の製造物品は特に利点があるだろう。当業者は、伝統的な製造手法を用いて、本開示に従った合金からこれらの製造物品及びその他の製造物品を容易に製造することが出来る。

#### 【0052】

前述の記載は限定された数の実施態様のみを必要的に示したが、当業者は、本明細書中に記載され、説明された装置及び方法、ならびに実施例のその他の詳細における様々な変化が当業者によってなされても良いことを理解するであろう。また、全てのかかる変更は、本明細書、及び添付の特許請求の範囲中に表現された本開示の原理内及び範囲内にとどまる。それ故に、本発明は本明細書中に開示されるか、又は包含されている特定の実施態様に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって定義されている本発明の原理及び

10

20

30

40

50

範囲内の変更を包含することを意図するものであることが理解される。また、当業者には、本発明の幅広い発明概念から逸脱することなく、上述の実施態様に変化をなし得ることが理解されよう。

## フロントページの続き

- (74)代理人 100096013  
弁理士 富田 博行
- (74)代理人 100123548  
弁理士 平山 晃二
- (74)代理人 100161595  
弁理士 森下 梓
- (72)発明者 ラコウスキ, ジェームズ・エム  
アメリカ合衆国ペンシルバニア州15101, アリソン・パーク, ウッドレイク・ドライブ 46  
03
- (72)発明者 バーグストロム, デヴィッド・エス  
アメリカ合衆国ペンシルバニア州15101, アリソン・パーク, ベイフィールド・ロード 48  
09
- (72)発明者 スティナー, チャールズ・ピー  
アメリカ合衆国ペンシルバニア州15090, ウェックスフォード, マナー・ロード 360
- (72)発明者 ダン, ジョン・ジェイ  
アメリカ合衆国ペンシルバニア州16055, サーバー, リンカーン・ドライブ 122
- (72)発明者 グラップ, ジョン・エフ  
アメリカ合衆国ペンシルバニア州15068, ローワー・バレル, ウェントワース・ドライブ 3  
114

審査官 天野 斉

- (56)参考文献 特表2001-527156(JP, A)  
特開昭57-063666(JP, A)  
特開平05-247592(JP, A)  
米国特許第05254184(US, A)  
特開平05-295486(JP, A)  
特開平07-233444(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00  
C22C 38/58  
C21D 8/00