

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第3部門第4区分

【発行日】平成18年11月16日(2006.11.16)

【公表番号】特表2002-529599(P2002-529599A)

【公表日】平成14年9月10日(2002.9.10)

【出願番号】特願2000-581266(P2000-581266)

【国際特許分類】

C 2 2 C	38/00	(2006.01)
C 2 1 D	6/00	(2006.01)
C 2 2 C	38/58	(2006.01)

【F I】

C 2 2 C	38/00	3 0 2 H
C 2 1 D	6/00	1 0 2 L
C 2 2 C	38/58	

【手続補正書】

【提出日】平成18年9月27日(2006.9.27)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】海水適用性を備えたフェライト-オーステナイト2相ステンレス鋼

【特許請求の範囲】

【請求項1】海水適用性を備えたフェライト-オーステナイト2相ステンレス鋼であって、

w t % で、

C	最大 0 . 0 5
S i	最大 0 . 8
M n	0 . 3 ~ 4
C r	2 8 ~ 3 5
N i	3 ~ 1 0
M o	1 . 0 ~ 4 . 0
N	0 . 2 ~ 0 . 6
C u	最大 1 . 0
W	最大 2 . 0
S	最大 0 . 0 1 0
C e	最大 0 . 2 、 及び

残部がF eとともに通常生じる不純物及び添加物を含み、フェライト含有量が30~70体積%となる鋼において、

P R E 値が42より大きく、且つ該P R E 値がフェライト相及びオーステナイト相の双方において40より少なくとも大きく、 $P R E = [\% C r] + 3 . 3 \times [\% M o] + 1 6 \times [\% N]$ であることを特徴とするフェライト-オーステナイト2相ステンレス鋼。

【請求項2】フェライト及びオーステナイトの相における前記P R E 値が、互いに非常に接近していることを特徴とする請求項1に記載の鋼。

【請求項3】1080で熱処理することを特徴とする請求項2記載の鋼。

【請求項4】Cの含有量が、最大0 . 0 3 w t %であることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の鋼。

【請求項 5】 S i の含有量が、最大 0 . 5 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 6】 C r の含有量が、29 ~ 33 w t % の間にあることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 7】 M o の含有量が、少なくとも 1 . 5 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 8】 M o の含有量が、最大 3 . 0 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 9】 N の含有量が、0 . 30 ~ 0 . 55 w t % の間にあることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 10】 N の含有量が、少なくとも 0 . 36 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 11】 M n の含有量が、最大 3 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 12】 フェライトの含有量が、30 ~ 55 体積 % の間にあることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 13】 オーステナイト相中の C r の含有量が、少なくとも 25 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 14】 オーステナイト相中の C r の含有量が、少なくとも 27 w t % であることを特徴とする請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 15】 管、棒、重鋳造品、鍛造品、板、線またはストリップの製造に使用されることを特徴とする請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の鋼。

【請求項 16】 フェライト - オーステナイト 2 相ステンレス鋼の使用方法であって、

w t % で、

C 最大 0 . 05

S i 最大 0 . 8

M n 0 . 3 ~ 4

C r 28 ~ 35

N i 3 ~ 10

M o 1 . 0 ~ 4 . 0

N 0 . 2 ~ 0 . 6

C u 最大 1 . 0

W 最大 2 . 0

S 最大 0 . 010

C e 最大 0 . 2

残部が F e とともに通常生じる不純物及び添加物を含み、フェライト含有量が 30 ~ 70 体積 % となる鋼の使用方法において、

不純物を含まないまたは塩素化するような添加物を含む海水に接する装置のために P R E 値が 40 より大きく、且つ該 P R E 値がフェライト相及びオーステナイト相の双方において 40 より少なくとも大きく、 $P R E = [\% C r] + 3 . 3 \times [\% M o] + 16 \times [\% N]$  であることを特徴とするフェライト - オーステナイト 2 相ステンレス鋼の使用方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

###### 序文

本発明は、海水適用性を備えたフェライト - オーステナイトステンレス鋼を提供し、さらに海水に適用する場合及び海水付近に適用する場合のこのフェライト - オーステナイトステンレス鋼の用途を提供する。海水中及び海水付近でこの鋼に対しては特に好ましい性質が指摘されてきている。

##### 【0002】

## 背景

フェライト - オーステナイト(2相)ステンレス鋼は、種々の工業において構造材料として今日広い範囲に使用されている。この2相鋼は、ほとんど特別な領域において特に好ましく使用するために開発されている。例えば、この2相鋼、すなわちSAF2507(UNS S32750)は、25%のCrと、7%のNiと、4%のMoと、0.3%のNとで合金化され、そしてスウェーデン特許A-453,838号に記載され、特に塩素誘起腐食に対して耐性を備えることに関連し、プロセス溶液が塩素を含む場合、または材料が、例えば熱交換器のように、海水または塩素を含む冷却水にさらされる場合、構造材料としての適用性が明確になった。

### 【0003】

米国特許A-5,582,656号(スウェーデン特許A-501,321号)には2相鋼が記載され、この鋼は、Cを最大0.05wt%、Siを最大0.8wt%、Mnを0.3~4wt%、Crを28~35wt%、Niを3~10(3~7)wt%、Moを1.0~3.0(1.0~4.0)wt%、Nを0.30~0.55wt%、Cuを最大1.0wt%、Wを最大2.0wt%、Sを最大0.010wt%、及びCeを最大0.2wt%、そして残部がFeとともに通常生じる不純物及び添加物を含み、且つフェライト含有量が30~70体積%となる。

### 【0004】

本発明の目的は、海水領域で使用するための2相鋼を提供することである。

スウェーデン特許A-453,838号に記載されたように、この合金の組成はこのような鋼を提供するために特に重要な因子ではない。この合金の種々の組成と構造因子との間の均衡が最も重要である。さらにその上に、例えば多量のクロムは、金属間化合物の析出を強める傾向があること、及び製造及び溶接に関する問題が生じることが、この特許から良く知られている。多量の窒素は合金を安定化するために、中間相の析出と耐食性の改善とに対して望ましいが、しかし溶湯の限られた溶解度によって制限され、これが窒化クロムの析出を引き起こす。これらの理由によって、この合金におけるクロム含有量は最大2.7%に制限され、そして窒素の含有量は0.25~0.40%である。

### 【0005】

#### 発明の簡単な説明

一般的な鋼組成を規定した米国特許A-5,582,656号に包含されるいくつかの合金が特に有益であり、ある場合には海水用途の分野で構造材料として特に優れた性質を備える。これは高クロム含有量及び高窒素含有量にもかかわらず、スウェーデン特許A-453,838号に従い析出を回避することを考慮する必要がある上限値を超えている。この鋼のPRE値が少なくとも40であるならば、特に優れた性質が達成される。

### 【0006】

結果として、本発明は、Cを最大0.05wt%、Siを最大0.8wt%、Mnを0.3~4wt%、Crを28~35wt%、Niを3~10wt%、Moを1.0~4.0wt%、Nを0.2~0.6wt%、Cuを最大1.0wt%、Wを最大2.0wt%、Sを最大0.010wt%及びCeを最大0.2wt%、そして残部がFeとともに通常生じる不純物及び添加物を含み、フェライト含有量が30~70体積%となり、PRE値が少なくとも40である。

### 【0007】

米国特許A-5,582,656号またはスウェーデン特許A-501,321号に特に記載されるいずれの等級の鋼も、フェライト相及びオーステナイト相の双方においてPRE値が40を超えていない。ほとんどの実施態様は、全ての組成について計算しても40以下のPRE値である。

### 【0008】

#### 海水の性質

海水は世界中で比較的同一であると考えられてきている。しかしながら、その変化が観察されている。溶解している塩の総量は、バルト海における約8000mg/l(ppm)

) からペルシャ湾における先の量の約 7 . 5 倍までの範囲にある。人工海水が基本とする塩の総量は、35,000 mg / l であり、これは海水に対する一般的な量として考えられる。表 1 に人工海水の混合を示す。海水中の全塩の主なる占有物は NaCl である。ほとんどの海水は塩とその他の固体粒子を含む。

#### 【 0 0 0 9 】

次の表は、海水に適用するための材料安定性の試験に使用した人口海水の混合を示す。

表 1 人工海水の混合

元素	濃度 (mg/l)	塩の総量 %
塩素	18980	55
臭素	65	0.2
硫酸塩	2649	7.7
重炭酸塩	140	0.4
弗素	1	0.0
硼素	26	0.1
マグネシウム	1272	3.7
カルシウム	400	1.2
ストロンチウム	13	0.0
カリウム	380	1.1
ナトリウム	10560	30.6
合計	34486	100.0

#### 【 0 0 1 0 】

海水の腐食性に対する最も関心のある因子は、塩化物の含有量、pH 表示、温度、酸化可能性、生物活性及び流量である。水の不純物でさえも腐食に影響する。海水の温度は存在する位置に依存して非常に変化し、またその水が採取された深さに依存して変化する。海水の pH 約 8 である。

#### 【 0 0 1 1 】

##### 発明の詳細な説明

次に、特に実施例と添付した図面に従って詳細に本発明を説明する。図 1 は、如何にすきま腐食が生じるかを模式的に説明するものである。図 2 から図 11 は種々の鋼等級の測定された性質に付いての図である。

#### 【 0 0 1 2 】

本発明にしたがう鋼は、状況に応じて C を最大 0 . 0 5 w t %、Si を最大 0 . 8 w t %、Mn を 0 . 3 ~ 4 w t %、Cr を 28 ~ 35 w t %、Ni を 3 ~ 10 w t %、Mo を 1 . 0 ~ 4 . 0 w t %、N を 0 . 2 ~ 0 . 6 w t %、Cu を最大 1 . 0 w t %、W を最大 2 . 0 w t %、S を最大 0 . 0 1 0 w t % 及び Ce を最大 0 . 2 w t % 含む。PRE 値すなわち [% Cr] + 3 . 3 × [% Mo] + 16 × [% N] が、全組成中で少なくとも 40、好ましくは全組成中で少なくとも 42 とする必要がある。さらに、各相は、40 を超える PRE 値、好ましくは少なくとも 41 を示す必要がある。

#### 【 0 0 1 3 】

米国特許 A - 5 , 582 , 656 号においては、添加合金化元素は、製造する際に中間層の析出の危険を最小限にするために、比すなわち % Cr + 0 . 9 Mn + 4 . 5 % Mo - 12 . 0 % N < 35 を満足する必要がある。本発明の鋼においては前述の比が 35 またはそれ以上を維持することができ、さらに海水用途に鋼を使用可能にするために必要である実質的に良好な性質を達成できることが驚くべきことに明らかになった。より高い PRE 値を達成しやすくするために、上式を 35 またはそれ以上に維持することが有利である。すなわち、この鋼は、十分に高い PRE 値を達成するために、好ましくは比すなわち % Cr + 0 . 9 Mn + 4 . 5 % Mo - 12 . 0 % N = 35 を満足する。好ましくは、% Cr + 0 . 9 Mn + 4 . 5 % Mo - 12 . 0 % N の結果は、最も高くて 40、特に最も高くて 38 である。

## 【0014】

好みしいMn含有量は0.3~3.0%であり、S含有量はふさわしくは最大で0.05%である。この結果として、MnSスラグの減量がこの材料において達成することができる。これらのスラグが海水環境中で孔食を起こしやすくし、且つこの理由のために[海水鋼]においてはこの種のスラグを低い水準に保持することが好みしい。

## 【0015】

Mo含有量は好みしくは1.5~4.0%である。これが、鋼のPRE値に対する比較的高い最小水準を与える。しかしながら、中間相が析出する危険理由により、Mo含有量は、最大3.0%、好みしくは最大2.5%に制限する必要がある。

## 【0016】

オーステナイト相中に十分に高いCr含有量を維持し、且つPRE値が40を越えるために、最も低いCr含有量はふさわしくは約29%である。中間相の析出の危険という観点から、Crの含有量は好みしくは最大33%にすべきである。

## 【0017】

窒素はオーステナイト相のクロムとモリブデンとの相対含有量を減少させる。したがって、N含有量は少なくとも0.30%にすべきであるが、好みしくは少なくとも0.36%とすべきである。高N含有量は溶接する際のボイド形成となりうるので、したがって、本発明にしたがう合金は最大で0.55%の窒素を含有させる必要がある。

## 【0018】

Ni含有量は好みしくは最大8%とにすべきであり、最小含有量は好みしくは5%である。

## 【0019】

## 海水適用に対する材料の重要な性質

海水適用に対する重要な性質は、高い強度（高い降伏点と高い疲労限）である。高い強度とは、薄い材料（例えば、管においては薄い壁厚さ）を使用することができ、且つ重量を軽くするということを含んでいる。この構造物はほとんどが、ポート、オイルプラント、及び製品輸送するに役立つ浮力を利用するようなところの浮き設備に適用されるので、海水適用の構造物重量を低く維持することが重要である。

## 【0020】

海水適用の材料に対する別の重要な性質は、Cl<sup>-</sup>含有環境における良好な耐食性である。Cl<sup>-</sup>含有環境において生じる腐食形式は、孔食腐食、応力腐食及びすきま腐食である。材料の孔食腐食及びすきま腐食は、「PRE値」が十分に高い場合に、回避することができる。このPRE値は、 $PRE = [\% Cr] + 3.3 \times [\% Mo] + 1.6 \times [\% N]$ として定義する。海水中で良好な耐食性を得るために、PRE値は、2相鋼に対しては40より高くする必要がある。この定義から明らかのように、高いPRE値は、高含有量をCr、Mo、またはNのいずれかを基にすることができる。高いMo含有量は、シグマ層の析出に関して、組織の安定が少ない材料が得られることが良く知られている。高いN含有量は、さらに組織が安定する材料が得られることが良く知られている。したがって、高Mo含有量と比較して、高NまたはCr含有量においては高PRE値を基本とすることが適切である。

## 【0021】

すきま腐食の危険に際しては高N含有量であることが望ましく、このことはH<sup>+</sup>イオンが中性であるためであり、H<sup>+</sup>イオンが隙間に形成されることにより環境悪化を招くpH値を増加することを回避することによる。すきま腐食過程を図1に模式的に示す。

## 【0022】

Cl<sup>-</sup>環境において生じ得る第3の腐食形式は、前述するように、応力腐食割れである。これは主にオーステナイト鋼に出現し、非常に早く進行するために油断ができない。材料中のフェライト相とオーステナイト相との間の有利な相乗作用効果のために、2相鋼は非常に良好な応力腐食割れ耐性を有する。

## 【0023】

もう一つの性質は、これはある場合の海水環境において重要であり、換言すると、合金の浸食腐食耐性である。浸食腐食は、時には固体粒子を含み激しく流れる媒体による腐食過程の加速と定義することができる。浸食腐食に大きく起因する因子は、管内の乱流（層状に相違する）である。乱流は、形状、曲がりなどの（例えば管内の弁など）管内において限定される高速度の流れによって増加する。

#### 【 0 0 2 4 】

最後に考慮すべき因子は、当然合金の価格である。

海水適用性に対して、特に C 1<sup>-</sup> 環境においてにおいて優れた耐食性を有し、並びに可能な限り高強度を備える材料が望ましい。

#### 【 0 0 2 5 】

本発明にしたがう鋼の性質

本発明にしたがう鋼は、非常に高い強度（引張りにおける降伏点（0.2）650 MPa）を有する。海水用途の典型的な他の鋼等級に比較して、これは驚くべき高さである（S A F 2 5 0 7：引張りにおける降伏点 = 550 MPa、6 M o 鋼：引張りにおける降伏点 = 300 MPa）。このことは本発明の鋼がそれよりかなり薄い壁厚さで使用することができることを意味する。

#### 【 0 0 2 6 】

しかしながら、高い強度は、米国特許 A - 5 , 582 , 656 号の鋼全てに一致しない。例えば、引張りにおける降伏点がわずか 471 MPa を有する鋼（No. 10）が記載される（表 1 及び表 2）。しかし、この鋼はわずか 35 、 6 の P R E 値に過ぎないので、本発明の範囲外である。

#### 【 0 0 2 7 】

図 2 は壁厚さに及ぼす引張りにおける降伏点の効果を示し、壁厚さは所定の内圧（スウェーデン運営標準、1978、R N 78 の式にしたがう）に耐える必要がある。550 MPa から 650 MPa までの引張り降伏点の増加が、15% の壁厚みの減少を可能にし、且つこれに関連してこの範囲において管の総重量を減少することが可能である。300 MPa と 650 MPa との間得の相当する比較は、重量で約 50% 節約できる。

#### 【 0 0 2 8 】

本発明の鋼の孔食とすきま腐食とは優れている。このことは合金の P R E 値が 40 を超えることによって決定される。さらに詳しくはこの P R E 値は約 42 であり、42 は確立された [ 海水鋼 ] S A F 2 5 0 7 ( U N S S 3 2 7 5 0 ) 及びタイプ 6 - M o のオーステナイトステンレス鋼に関する限りは、同一水準である。

#### 【 0 0 2 9 】

この材料の受入れ試験で、孔食腐食のための試験機を使用することは一般的であり、これは海水耐性の示標として示すことができる。ほとんどの方法は、改良された A S T M G 4 8 A 法を使用することであり、この場合材料は 6 % の塩化鉄の溶液中に配置され、その後温度が 24 時間間隔でステップがつけられ、材料は全ての試験期間ごとに孔食腐食に関して調査される。孔食腐食が生じる温度が、臨界孔食温度と呼ばれる。図 3 は、254 S O M 、 S A F 2 5 0 7 及び本発明にしたがう試験片の臨界孔食温度を示す。このことから、これらの材料の全てが臨界孔食温度に対して高い値を有し、このためにこの材料は海水において等価な孔食腐食耐性を有すること可能であることを結論することができる。

#### 【 0 0 3 0 】

F e C 1<sub>3</sub> 中の相当する試験が、実際のすきまフォーマを形成する。本発明にしたがう試験は、その後約 40 の臨界すきま腐食温度が得られた。これでも確立された [ 海水鋼 ] 対すると同様の水準であるとしてみることができる。開始後のすきま腐食の進展は、この合金の高含有量の窒素によって、低い水準になることを予想することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

材料の対孔食性を決定するための別の方法は、材料に一定の付加電位で電気化学的にすることである。非常に活性化した溶液である塩素化した海水をシミュレートするため、60 m V / S C E で試験をした。本発明にしたがうこの試験の結果を図 4 に示す。この結果

から、この鋼は、N a C l の濃度に影響されずに、この環境において70 を通過することは明らかである。

#### 【0032】

最初に記載したように、良好な耐孔食性と耐食性は高P R E 値である。S A F 2 5 0 7 と比較することができ、S A F 2 5 0 7 では、P R E 値を双方の相において等しくするために、P R E 値を考慮して最小にする。これはC r 、M o 及びN を十分に釣り合わせた組成で合金化することによって達成され、クロム含有量が25 %で、M o 含有量が4 %であるときは、0.30 %N でフェライトとオーステナイト相におけるP R E 間の釣り合いが得られる。40 を超えるP R E 値はそのとき達成できる。

#### 【0033】

本発明にしたがう鋼は同様の推論を基にしており、すなわちP R E の釣り合いであり、しかし、ここではより高いC r であり、より低いM o 含有量であり、それがより高いN 含有量を可能にする。M o はC r より組織安定性に対してかなり有害であり、またN 含有量はS A F 2 5 0 7 より高いので、この理由により、本発明にしたがう鋼におけるより高い組織安定性は、この相において維持されるP R E 値で達成される（図5のTTT曲線を参照）。

#### 【0034】

図6は、本発明の鋼のフェライト相（BCC）とオーステナイト相（FCC）とにおけるP R E 値に及ぼす温度の影響を示す。P R E の釣り合いは、約1080 で達成され、この温度は材料が加熱されてP R E 値が40 を超える温度である。

#### 【0035】

フェライト相及びオーステナイト相の双方において高いP R E 値を有する重要性は図7に示され、A S T M G 4 8 A にしたがうC P T は、本発明にしたがう鋼のいくつかの試験バリアントにおいて幾分弱いフェライト相に対してP R E 値の関数として示される。この理由で、双方の相において40 を超えるP R E 値は、C P T (G 4 8 A) が最後の合金に対して75 であることに関して実現されるように考慮する必要がある。

#### 【0036】

本発明にしたがう鋼の応力腐食耐性は、図8に示すように、316 タイプのオーステナイト鋼の応力腐食耐性を明らかに超える水準にある。この2相合金は、応力腐食が出現する以前において有利となる引張り強度のパーセンテージがこの鋼においては非常に大きいので、完全な図では非常に大きな強度を備えることが考察される。

#### 【0037】

本発明にしたがう鋼の耐衝撃侵食は、2相鋼の高い強度と実験的に備え得る最良の耐性により、最も高い信頼度を備える。

#### 【0038】

度々海水中で使用する材料には、種々のC u 基合金がある。しかしながら、これらの合金は衝撃浸食に対して敏感であるという大きな欠点がある。その他のこれに匹敵する海水適用の材料は、T i - N i 基合金である。しかしながら、これらは本発明の合金よりかなり高価である。

#### 【0039】

##### 実施例

本発明にしたがう鋼のいくつかの実施態様を次に説明する。

本発明にしたがう五つの鋼の組成を次の表2に示す。これらは本発明を発展させる際に製造し且つ試験を行なった多数の異なる合金から取り出された実施例である。

#### 【0040】

表2

合金	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cu	S
1	0.015	0.19	0.91	29.26	8.00	2.07	0.31	0.025	0.0043
2	0.016	0.16	1.01	28.81	7.48	2.50	0.37	0.035	0.0032
3	0.021	0.27	0.90	28.80	6.62	2.20	0.38	0.081	0.0010

4	0.015	0.15	1.00	29.01	6.66	2.51	0.40	0.037	0.0036
5	0.016	0.16	0.87	30.51	6.20	2.08	0.44	0.034	0.0042

## 【0041】

合金番号1、2及び5の押し出し加工した棒におけるCr、Ni、Mo及びNの含有量を、マイクログループの段階解析を活用してそれぞれオーステナイト相及びフェライト相で測定した。これらの測定結果を次の表3に示す。

## 【0042】

表3

合金	相	Cr(%)	Ni(%)	Mo(%)	N(%)
1	フェライト	32.59 ± 0.48	5.47 ± 0.18	2.60 ± 0.14	0.00 ± 0.03
	オーステナイト	27.88 ± 0.31	9.24 ± 0.20	1.58 ± 0.14	0.62 ± 0.03
2	フェライト	31.78 ± 0.42	5.27 ± 0.32	3.16 ± 0.12	0.00 ± 0.02
	オーステナイト	28.15 ± 0.48	8.48 ± 0.18	1.93 ± 0.08	0.75 ± 0.03
4	フェライト	31.58 ± 0.34	4.65 ± 0.13	3.21 ± 0.20	0.01 ± 0.03
	オーステナイト	28.88 ± 0.28	7.45 ± 0.15	1.93 ± 0.10	0.88 ± 0.04
5	フェライト	32.31 ± 0.31	4.58 ± 0.13	2.40 ± 0.11	0.00 ± 0.03
	オーステナイト	30.16 ± 0.25	6.99 ± 0.20	1.64 ± 0.13	0.98 ± 0.04

## 【0043】

これらのPRE値( $[\% \text{Cr}] + 3.3 \times [\% \text{Mo}] + 1.6 \times [\% \text{N}]$ )から得られた測定含有量及び合計組成との比較を次の表4に示す。

## 【0044】

表4. 試験合金のオーステナイト相とフェライト相のPRE値

合金	PRE (合計組成)	相		PRE (それぞれの相に対して)
		フェライト	オーステナイト	
1	41.1	フェライト		41.2
		オーステナイト		43.3
2	43.0	フェライト		42.3
		オーステナイト		46.5
4	43.7	フェライト		42.3
		オーステナイト		49.3
5	44.4	フェライト		40.2
		オーステナイト		51.3

## 【0045】

この表から、PRE値は、合金のオーステナイト相とフェライト相の双方において40より高いことが明らかである。これは、海水中での良好な耐食性条件である。

## 【0046】

またこの組成によってそれぞれの相中のPRE値を、コンピュータプログラム[サーモキヤル]を使って計算することができる。これが合金1に対して種々の温度に対して計算され、表6に示される。

## 【0047】

双方の相において同一のPRE値が得られる約1080の温度が、計算値から求められ、そしてそれは概数である。実際のPRE値は等価より僅かにずれている。

## 【0048】

合金番号2、3及び4で製造された管の強度測定値は、図9~11の図に示す。本発明にしたがう合金は、薄い壁厚みの管(<10mm)において650MPaを超える引張り降伏点を有し、この管は海水適用に用いられる一般的な寸法である。

## 【0049】

## 要約

本発明にしたがう鋼は海水適用に使用されるために驚くほど優れた適合性を備えることが示された。これは次のこととに影響を及ぼす。すなわち、鋼が650MPaを超える引張

における降伏点を有するので、壁厚さを減少することによって、これは S A F 2 5 0 7 に比較して管重量の約 15%、6 M o 鋼に比較して 50% 節約できる。同時に、この材料は、双方の相において 40 を超える P R E 値を有し且つ大きな応力腐食割れ耐性を有するので、優れた海水耐性を備える。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、すきま腐食過程を模式的に示す図である。

【図 2】

図 2 は、壁厚さと引っ張りにおける降伏点との関係を示す。

【図 3】

図 3 は、254 S O M、S A F 2 5 0 7 及び本発明にしたがう試験片の臨界孔食温度を示す。

【図 4】

図 4 は、塩素化した海水でシミュレート試験をした本発明と S A F 2 2 0 5 の対孔食性の結果を示す。

【図 5】

図 5 は、各鋼の T T T 曲線を示す図である。

【図 6】

図 6 は、本発明の鋼のフェライト相とオーステナイト相における P R E 値に及ぼす温度の影響を示す。

【図 7】

図 7 は、A S T M G 4 8 A にしたがう C P T を P R E 値の関数として示す。

【図 8】

図 8 は、本発明にしたがう鋼と 316 タイプのオーステナイト鋼との応力腐食耐性を示す。

【図 9】

図 9 は、合金番号 2、3 及び 4 で製造された管の降伏点を示す。

【図 10】

図 10 は、合金番号 2、3 及び 4 で製造された管の極限強さを示す。

【図 11】

図 11 は、合金番号 2、3 及び 4 で製造された管の伸びを示す。