

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5265944号
(P5265944)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 1 F
C 2 2 C 38/58	(2006.01)	C 2 2 C 38/58	
B 6 3 B 25/08	(2006.01)	B 6 3 B 25/08	Z

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-53914 (P2008-53914)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成20年3月4日(2008.3.4)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2009-209412 (P2009-209412A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成21年9月17日(2009.9.17)	(74) 代理人	100075409
審査請求日	平成23年2月4日(2011.2.4)		弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100115082
			弁理士 菅河 忠志
		(74) 代理人	100125184
			弁理士 二口 治
		(74) 代理人	100125243
			弁理士 伊藤 浩彰
		(72) 発明者	阪下 真司
			神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
			社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】耐食性に優れた船舶用鋼材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

C : 0 . 0 1 ~ 0 . 2 0 % (質量 % の意味、以下同じ)、S i : 0 . 1 ~ 0 . 5 %、M n : 0 . 6 ~ 1 . 8 %、P : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 2 %、S : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 1 %、A l : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0 %、N i : 0 . 1 ~ 0 . 5 %、C r : 0 . 0 1 ~ 0 . 3 %、T i : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 5 %、C a : 0 . 0 0 0 3 ~ 0 . 0 0 4 % および N : 0 . 0 0 2 0 ~ 0 . 0 0 8 % を夫々含有すると共に、C u : 0 . 1 ~ 0 . 5 % および B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 0 1 % を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、且つ C u の含有量 [C u] と B の含有量 [B] の比の値 ([C u] / [B]) が 3 0 0 ~ 8 0 0 0 であると共に、N i の含有量 [N i] と P の含有量 [P] の比の値 ([N i] / [P]) が 1 5 ~ 8 0 0 であることを特徴とする耐食性に優れた船舶用鋼材。

【請求項2】

C r の含有量 [C r] と S の含有量 [S] の比の値 ([C r] / [S]) が 5 ~ 4 0 0 であると共に、C r の含有量 [C r] と N の含有量 [N] の比の値 ([C r] / [N]) が 7 ~ 1 0 0 である請求項1に記載の船舶用鋼材。

【請求項3】

原油タンカーの油槽の素材として用いられるものである請求項1または2に記載の船舶用鋼材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原油タンカーの油槽用構造材として有用な船舶用鋼材に関するものであり、特に油槽内で問題となっている硫化水素や硫黄などによる腐食に対して優れた耐食性を発揮する船舶用鋼材に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、タンカーの油槽（原油タンク）では、原油由来の硫黄分や硫化水素ガス、或はタンク内に滞留する高濃度塩化物を含む水分（滞留水）に起因して鋼材は激しい局部腐食を受け、早期に穴あきに至ってしまうという問題が顕在化している。こうしたタンク鋼材の腐食は、原油タンカーでは沈没といった重大な事故を招く恐れがあることから、鋼材には何らかの防食手段を施す必要がある。

10

【0003】

船舶においては、タールエポキシ樹脂塗料に代表される塗装による防食法を用いることによって、或る程度の鋼材腐食は抑制できる。しかしながら、環境遮断性は防食塗膜でも完全ではなく、水分、塩分および酸素等の腐食を引き起こす化学物質は、塗膜を浸透していずれは鋼材腐食が起こる。防食塗膜の下で鋼材腐食が起こると、腐食生成物の膨張圧によって防食塗膜に膨れが発生し、塗膜を破壊して鋼材露出に至り、防食作用がなくなることになる。

【0004】

現実的には塗膜には欠陥が存在する可能性が高く、船舶建造時における衝突等によって塗膜に傷が付く場合もあるため、素地鋼材が露出してしまうことが多い。また鋼材のエッジ部や施工不良部等、防食塗料の膜厚が極度に薄い部分が形成される場合も少なくない。上記のような鋼材露出部は、局部的に且つ集中的に鋼材が腐食してしまい、また塗膜が極度に薄い部分では海水は早期に浸透し塗膜下での腐食が発生することになる。

20

【0005】

一方、船舶において塗装と併用されることが多い電気防食法は、バラスタタンクや外板等の鋼材の防食には非常に有効な防食方法である。しかしながら、タンカーの油槽内では、海水が十分に存在しない領域があり、こうした領域では、電気化学反応に必要な電解質水溶液がないために、電気防食効果が作用しないことになる。

【0006】

以上のように、現行一般的に用いられている防食方法では、船舶就航後に比較的早期に塗装手直しやドックでの定期検査・補修時の塗料塗り替えが必要となり、メンテナンス費用の増大やドック期間延長（タイムロス）等の経済的損失が発生している。

30

【0007】

上記技術の他、化学成分の調整等によって鋼材自体の耐食性を向上させた耐食性鋼材もこれまで多数提案されている（例えば、特許文献1～9）。しかしながら、これらの技術による耐食性向上は十分なものとはいえず、上記経済的損失の低減への寄与は小さいものであり、更に効果的な防食方法が要求されている。

【特許文献1】特開昭63-270444号公報

【特許文献2】特開2004-169048号公報

40

【特許文献3】特開2006-37201号公報

【特許文献4】特開2007-197757号公報

【特許文献5】特開2007-197758号公報

【特許文献6】特開2007-197759号公報

【特許文献7】特開2007-197760号公報

【特許文献8】特開2007-197761号公報

【特許文献9】特開2007-197762号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

50

本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、塗装や電気防食等の他の防食手段を鋼材表面に施さなくても実用できる程度に耐食性に優れ、特にタンカー油槽用の素材として有用な船舶用鋼材を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成することのできた本発明の船舶用鋼材とは、C：0.01～0.20%（質量%の意味、以下同じ）、Si：0.1～0.5%、Mn：0.6～1.8%、P：0.0005～0.02%、S：0.0005～0.01%、Al：0.01～0.10%、Ni：0.1～0.5%、Cr：0.01～0.3%、Ti：0.001～0.05%、Ca：0.0003～0.004%およびN：0.0020～0.008%を夫々含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなる点に要旨を有するものである。

10

【0010】

本発明の船舶用鋼材においては、必要によって、(a) Crの含有量[Cr]とSの含有量[S]の比の値([Cr]/[S])が5～400であると共に、Crの含有量[Cr]とNの含有量[N]の比の値([Cr]/[N])が7～100である要件を満足することや、(b) Cu：0.1～0.5%および/またはB：0.00001～0.001%等を含有させることも有効であり、これらを含有させることによって船舶用鋼材の特性が更に改善される。

【0011】

またCuを含有させた場合には、Cuの含有量[Cu]とBの含有量[B]の比の値([Cu]/[B])が300～8000であると共に、Niの含有量[Ni]とPの含有量[P]の比の値([Ni]/[P])が15～800である要件を満足することが好ましい。上記のような船舶用鋼材は、原油タンカーの油槽の素材として特に有用である。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明の船舶用鋼材においては、化学成分組成を厳密の規定することによって、塗装および電気防食を施さなくても実用化できる程度に耐食性に優れた船舶用鋼材が実現でき、こうした船舶用鋼材は、原油タンカーの油槽の素材として極めて有用である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明者らは、前記課題を解決するために鋭意研究を重ねた。その結果、C、Si、Mn、P、S、Al等の基本成分に加え、Ni、Cr、Ti、Ca、N等の元素を厳密に調整することによって、上記課題を解決することのできる船舶用鋼材が実現できることを見出し、本発明を完成した。

30

【0014】

本発明の鋼材では、その鋼材としての基本的特性および耐食性を満足させるために、C、Si、Mn、P、S、Al、Ni、Cr、Ti、Ca、N等の成分を適切に調整する必要がある。これらの成分の範囲限定理由は、次の通りである。

【0015】

[C：0.01～0.20%]

40

Cは、鋼材の強度確保のために必要な元素である。石油類タンクの構造部材としての最低強度、即ち概ね400MPa程度（使用する鋼材の肉厚にもよるが）を得るためには、0.01%以上含有させる必要がある。しかし、0.20%を超えて過剰に含有させると鋼材の靱性が劣化する。こうしたことから、C含有量の範囲は0.01～0.20%とした。尚、C含有量の好ましい下限は0.02%であり、より好ましくは0.04%以上とするのが良い。また、C含有量の好ましい上限は0.19%であり、より好ましくは0.18%以下とするのが良い。

【0016】

[Si：0.1～0.5%]

Siは、脱酸と強度確保のための必要な元素であり、0.1%に満たないと構造部材と

50

しての最低強度を確保できない。しかし、0.5%を超えて過剰に含有させると溶接性が劣化する。尚、Si含有量の好ましい下限は0.12%であり、より好ましくは0.14%以上とするのが良い。またSi含有量に好ましい上限は0.45%であり、より好ましくは0.40%以下とするのが良い。

【0017】

[Mn: 0.6 ~ 1.8%]

MnもSiと同様に、脱酸および強度確保のために必要であり、0.6%に満たないと構造部材としての最低強度を確保できない。しかし、1.8%を超えて過剰に含有させると靱性が劣化する。尚、Mn含有量の好ましい下限は0.65%であり、より好ましくは0.70%以上とするのが良い。またMn含有量の好ましい上限は1.7%であり、より好ましくは1.6%以下とするのが良い。

10

【0018】

[P: 0.0005 ~ 0.02%]

Pは、溶解した場合にインヒビターとして作用するリン酸塩を生成して、耐食性を高める元素である。このような作用を発揮させるためには、Pは0.0005%以上含有させる必要がある。しかし、P含有量が過剰になって0.02%を超えると靱性や溶接性を劣化させる。こうしたことから、P含有量は0.0005 ~ 0.02%とした。尚、P含有量の好ましい下限は0.0006%であり、より好ましくは0.0007%以上とするのが良い。またP含有量の好ましい上限は0.018%であり、より好ましくは0.016%以下とするのが良い。

20

【0019】

[S: 0.0005 ~ 0.01%]

Sは、極微量の存在により耐食性を高める作用を有する元素である。Sによる耐食性向上効果を発揮させるためには、0.0005%以上含有させる必要がある。しかし、S含有量が過剰になって0.01%を超えると靱性や溶接性を劣化させる。こうしたことから、S含有量は0.0005 ~ 0.01%とした。尚、S含有量の好ましい下限は0.0006%であり、より好ましくは0.0007%以上とするのが良い。またS含有量の好ましい上限は0.009%であり、より好ましくは0.008%以下とするのが良い。

【0020】

[Al: 0.01 ~ 0.10%]

AlもSiやMnと同様に、脱酸および強度確保のために必要な元素であり、その含有量が0.01%に満たないと、脱酸の効果が発揮されない。しかし、0.10%を超えて含有されると溶接性を害することになる。こうしたことから、Al含有量は、0.01 ~ 0.10%とした。尚、Al含有量の好ましい下限は0.012%であり、より好ましくは0.015%以上とするのが良い。また、Al含有量の好ましい上限は0.09%であり、より好ましくは0.08%以下とするのが良い。

30

【0021】

[Ni: 0.1 ~ 0.5%]

Niは、耐食性向上に有効な元素である。特にNiは、防食塗膜下で発生する腐食反応を抑制する作用を有しており、塗装の薄膜部分等で発生しやすい塗膜下腐食による塗膜膨れを抑制する効果を発揮する。またNiはPのインヒビター効果を増大させる作用も発揮する。こうした効果を発揮させるためには、Niは0.1%以上含有させる必要があるが、過剰に含有させると溶接性や熱間加工性が劣化することから、0.5%以下とする必要がある。尚、Ni含有量の好ましい下限は0.12%であり、好ましい上限は0.45%である。

40

【0022】

[Cr: 0.01 ~ 0.3%]

Crは、錆を緻密化して耐食性向上に有効な元素である。特に、Crは、SやNとの共存により優れた耐食性を発現する元素である。また適量のCrは鋼材の靱性を向上させるのに有効であり、船舶用鋼材として必要な機械的特性を得るためにも必要な元素である。

50

これらの効果を発揮させるためには、Crは0.01%以上含有させる必要がある。しかしながら、Crが過剰に含有されると溶接性や加工性が劣化することから、0.3%以下とする必要がある。尚、Cr含有量の好ましい下限は0.02%であり、より好ましくは0.05%以上とするのが良い。また、Cr含有量の好ましい上限は0.28%であり、より好ましくは0.26%以下とするのが良い。

【0023】

[Ti: 0.001~0.05%]

Tiは、耐食性向上に有効な元素である。またTiは、塩化物腐食環境において生成する錆を緻密化する作用を有しており、塗膜傷部における腐食促進を抑制する元素である。こうした効果を発揮させるためには、Tiは0.001%以上含有させる必要があるが、0.05%を超えて過剰に含有させると溶接性や加工性を劣化させることになる。尚、Ti含有量の好ましい下限は0.005%であり、好ましい上限は0.04%である。

10

【0024】

[Ca: 0.0003~0.004%]

Caは、耐食性向上に有効な元素である。またCaは、腐食先端のpH低下を緩和する作用を有しており、pH低下による腐食促進を抑制する効果を発揮して、耐食性を発現するのに有効である。こうした効果は、Caを0.0003%以上含有させることによって有効に発揮されるが、0.004%を超えて過剰に含有させると、溶接性と加工性を劣化させることになる。尚、Ca含有量の好ましい下限は0.0005%であり、好ましい上限は0.0035%である。

20

【0025】

[N: 0.0020~0.008%]

NはCrとの共存により、耐食性を向上させる元素である。Nによる耐食性向上効果を発揮させるためには、0.002%以上含有させる必要がある。しかし、N含有量が過剰になって0.008%を超えると、固溶N量が増加して鋼材の延性や靱性に悪影響を及ぼすことになる。尚、N含有量の好ましい下限は0.0025%であり、より好ましくは0.003%以上とするのが良い。またN含有量の好ましい上限は0.0075%であり、より好ましくは0.007%以下とするのが良い。

【0026】

本発明の船舶用鋼材における基本成分は上記の通りであり、残部は鉄および不可避的不純物からなるものである。不可避不純物としては、例えばO, H, V, Nb, Mo, W等が挙げられ、これらの元素は鋼材の特性を害さない程度で含有しても良い。但し、これらの不可避不純物は、合計で0.05%以下、好ましくは0.04%以下に抑えることによって、本発明の船舶用鋼材の耐食性発現効果を極大化させることができる。

30

【0027】

また、本発明の船舶用鋼材には、上記成分の他必要によって、更に、Cu: 0.1~0.5%および/またはB: 0.00001~0.001%を含有させることも有効であり、これによって船舶用鋼材の特性が更に改善されることになる。

【0028】

[Cu: 0.1~0.5%および/またはB: 0.00001~0.001%]

CuおよびBは、耐食性向上に有効な元素であり、特にこれらの元素を共存させた場合には、優れた耐食性を発現する。このうちCuは、塗膜欠陥部において、鋼材が腐食を受けたときに生成錆を微細化する作用を有しており、塗膜傷部の腐食促進を抑制する効果を発現するのに有用な元素である。Cuによるこうした効果を発揮させるためには、Cuを0.1%以上含有させることが好ましいが、過剰に含有させると溶接性や熱間加工性が劣化することから、0.5%以下とすることが好ましい。尚、Cuを含有させるときのより好ましい下限は0.12%であり、より好ましい上限は0.45%である。

40

【0029】

一方、Bは耐食性を発揮する他、焼入性を向上させるため鋼材の強度向上にも有効な元素である。こうした効果を発揮させるためには、Bは0.00001%以上含有させるこ

50

とが好ましい。しかしながら、B含有量が0.001%を超えて過剰になると、母材靱性が劣化するため好ましくない。尚、B含有量のより好ましい下限は0.00003%であり、更に好ましくは0.00005%以上とするのが良い。また、B含有量のより好ましい上限は0.0008%であり、更に好ましくは0.0006%以下とするのが良い。

【0030】

本発明の船舶用鋼材においては、優れた耐食性を発揮させるためには、上記の様に化学成分組成を調整する必要があるが、必要によってCrの含有量[Cr]とSの含有量[S]の比の値([Cr]/[S])や、Crの含有量[Cr]とNの含有量[N]の比の値([Cr]/[N])も適切に制御することが好ましい。また、必要によってCuを含有させる場合には、Cuの含有量[Cu]とBの含有量[B]の比の値([Cu]/[B])と共に、Niの含有量[Ni]とPの含有量[P]の比の値([Ni]/[P])を適切に制御することも好ましい。これらの範囲の規定理由は次の通りである。

10

【0031】

[[Cr] / [S] : 5 ~ 400]

CrとSは適切な比率で共存させることにより、Crの硫化物が腐食反応を抑制して耐食性(特に、裸仕様の鋼材の耐孔食性)を向上させる効果を発揮する。こうした効果を発揮させるためには、上記比の値([Cr]/[S])は少なくとも5以上とすることが好ましい。しかしながら、この比の値([Cr]/[S])が大きくなり過ぎて400を超えると、Cr硫化物の生成が不十分となるため、十分な耐食性向上効果が得られにくくなる。尚、上記比の値([Cr]/[S])のより好ましい下限は10であり、より好ましい上限は350である。

20

【0032】

[[Cr] / [N] : 7 ~ 100]

CrとNは適切な比率で共存させることにより、Crの窒化物が腐食反応を抑制して耐食性を向上させる効果を発揮する。このような効果を発揮させるためには、上記比の値([Cr]/[N])は少なくとも7以上とすることが好ましい。しかしながら、この比の値([Cr]/[N])が大きくなり過ぎて100を超えると、Cr窒化物の生成が不十分となるため、十分な耐食性向上効果が得られにくくなる。尚、上記比の値([Cr]/[N])のより好ましい下限は10であり、より好ましい上限は90である。

30

【0033】

[[Cu] / [B] : 300 ~ 8000]

CuとBは必要によって共存して含有されるが、このような場合にはCuとBは適切な比率で共存させることにより、Cuのホウ化物が腐食反応を抑制して耐食性(特に、塗装耐食性)を更に向上させる効果を発揮する。このような効果を発揮させるためには、上記比の値([Cu]/[B])は300以上とすることが好ましい。しかしながら、この比の値([Cu]/[B])が大きくなって8000を超えると、Cuのホウ化物の生成が不十分となるため、耐食性向上効果が得られなくなる。尚、上記比の値([Cu]/[B])のより好ましい下限は400であり、より好ましい上限は7000である。

【0034】

[[Ni] / [P] : 15 ~ 800]

NiとPは適切な比率で共存させることにより、Niのリン化合物が腐食反応を抑制して耐食性(特に、塗装耐食性)を向上させる効果を発揮する。このような効果を発揮させるためには、上記比の値([Ni]/[P])は少なくとも15以上とすることが好ましい。しかしながら、この比の値([Ni]/[P])が大きくなって800を超えると、Niのリン化合物の生成が不十分となるため、耐食性向上効果が得られにくくなる。尚、上記比の値([Ni]/[P])のより好ましい下限は20であり、より好ましい上限は700である。

40

【0035】

本発明の船舶用鋼材は、例えば以下の方法により製造することができる。まず転炉または電気炉から取鍋に出鋼した溶鋼に対して、真空循環脱ガス装置(RH装置)を用いて、

50

成分調整・温度調整を含む二次精錬を行う。その後、連続鑄造法、造塊法等の通常の鑄造方法で鋼塊とする。このときの脱酸形式としては、機械特性や溶接性の観点からしてキルド鋼を用いることが好ましく、更に好ましくはA1キルド鋼が推奨される。

【0036】

次で、得られた鋼塊を、1000～1300の温度域に加熱した後、熱間圧延を行って、所望の形状にすることが好ましい。このときの熱間圧延終了温度を、650～850に制御し、熱間圧延終了から500までの冷却速度を0.1～15/秒の範囲に制御することによって、所定の強度特性が得られる。

【0037】

本発明の船舶用鋼材は、基本的には塗装を施さなくても鋼材自体が優れた耐食性を発揮するものであるが、必要によって、後記実施例に示すタールエポキシ樹脂塗料、或はそれ以外の代表される重防食塗装、ジンクリッチペイント、ショッププライマーなどの他の防食方法と併用することも可能である。こうした防食塗装を施した場合には、後記実施例に示すように塗装膜自体の耐食性（塗装耐食性）も良好なものとなる。

10

【0038】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含されるものである。

【実施例】

20

【0039】

下記表1に示す化学成分組成の鋼材を作製した。このときの作製方法は、まず転炉で溶製し、連続鑄造により鋼塊とした。得られた鋼塊を、1150に加熱した後、熱間圧延を行って、板厚：19mmの鋼素材とした。このときの熱間圧延終了温度は、650～850の範囲とし、熱間圧延終了から500までの冷却速度を0.1～15/秒の範囲で適宜調整した。下記の試験に供したテストピースは、全て最終的に100×100×10(mm)であり、上記鋼素材から切り出した（試験片A）。試験片Aの外観形状を図1に示す。

【0040】

【表 1】

試験 No.	供試材の化学成分組成 (質量%)														[Cr]/[S]	[Cr]/[N]	[Cu]/[B]	[Ni]/[P]
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Ti	Ca	B	N					
1	0.15	0.24	1.22	0.012	0.009	0.023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.14	0.23	1.12	0.011	0.008	0.020	-	0.04	0.032	0.006	0.006	-	0.0062	-	4.0	5.2	-	3.6
3	0.12	0.22	1.24	0.0004	0.010	0.020	-	0.11	0.022	0.005	0.014	-	0.0043	-	2.2	5.1	-	275
4	0.14	0.22	1.28	0.008	0.0003	0.020	-	0.10	0.011	0.011	0.010	-	0.0065	-	36.7	1.7	-	12.5
5	0.14	0.23	1.06	0.011	0.008	0.019	-	0.11	0.011	0.002	0.005	-	0.0016	-	1.4	6.9	-	10.0
6	0.14	0.23	1.28	0.019	0.010	0.020	-	0.22	0.043	0.001	0.009	-	0.0065	-	4.3	6.6	-	11.6
7	0.14	0.18	1.11	0.011	0.008	0.020	-	0.10	0.031	0.005	0.012	-	0.0056	-	3.9	5.5	-	9.1
8	0.12	0.19	1.48	0.012	0.0005	0.020	-	0.15	0.21	0.022	0.032	-	0.0039	-	420	53.8	-	12.5
9	0.12	0.23	0.61	0.013	0.005	0.020	-	0.12	0.22	0.015	0.029	-	0.0021	-	44	104.8	-	9.2
10	0.14	0.25	1.22	0.013	0.005	0.010	-	0.18	0.026	0.016	0.024	-	0.0024	-	5.2	10.8	-	13.8
11	0.14	0.20	1.02	0.011	0.007	0.022	-	0.15	0.082	0.024	0.033	-	0.0079	-	11.7	10.4	-	13.6
12	0.14	0.20	1.03	0.011	0.002	0.022	-	0.15	0.038	0.022	0.035	-	0.0054	-	19.0	7.0	-	13.6
13	0.14	0.23	0.99	0.011	0.0006	0.024	-	0.14	0.24	0.016	0.024	-	0.0028	-	400	85.7	-	12.7
14	0.14	0.21	1.02	0.011	0.008	0.025	-	0.15	0.21	0.024	0.033	-	0.0022	-	26.3	95.5	-	13.6
15	0.15	0.49	1.39	0.015	0.009	0.020	0.23	0.21	0.043	0.009	0.009	-	0.0063	-	4.8	6.8	-	14.0
16	0.14	0.22	1.01	0.011	0.008	0.022	-	0.13	0.011	0.005	0.012	0.00002	0.0056	-	1.4	2.0	-	11.8
17	0.14	0.22	1.13	0.011	0.009	0.022	0.11	0.15	0.042	0.035	0.022	0.00037	0.0066	-	4.7	6.4	297	13.6
18	0.12	0.22	1.78	0.019	0.008	0.052	0.24	0.28	0.12	0.011	0.021	-	0.0065	-	15.0	18.5	-	14.7
19	0.08	0.22	1.25	0.011	0.0008	0.099	-	0.13	0.25	0.012	0.012	0.00011	0.0056	-	313	44.6	-	11.8
20	0.11	0.22	1.12	0.011	0.008	0.063	0.11	0.15	0.18	0.012	0.003	0.00047	0.0026	-	22.5	69.2	234	13.6
21	0.14	0.22	1.10	0.004	0.004	0.062	0.32	0.49	0.019	0.022	0.032	0.00012	0.0035	-	4.8	5.4	2667	123
22	0.18	0.22	1.10	0.003	0.008	0.063	0.15	0.27	0.019	0.022	0.032	0.00049	0.0031	-	2.4	6.1	306	90.0
23	0.17	0.12	1.15	0.015	0.008	0.020	0.15	0.23	0.013	0.028	0.028	0.00021	0.0033	-	1.6	3.9	714	15.3
24	0.12	0.23	1.21	0.011	0.001	0.055	0.32	0.28	0.15	0.011	0.021	0.00004	0.0065	-	150	23.1	8000	25.5
25	0.13	0.23	1.20	0.0006	0.004	0.055	0.19	0.48	0.11	0.012	0.012	0.00011	0.0056	-	27.5	19.6	1727	800
26	0.12	0.23	1.54	0.0023	0.006	0.067	0.31	0.34	0.12	0.015	0.029	0.00012	0.0021	-	20.0	57.1	2583	147.8
27	0.12	0.23	0.99	0.0092	0.0009	0.020	0.49	0.34	0.12	0.015	0.030	0.00006	0.0043	-	133	27.9	8167	37.0
28	0.14	0.23	1.22	0.0006	0.008	0.020	0.38	0.49	0.12	0.015	0.029	0.00011	0.0052	-	15.0	23.1	3455	817
29	0.03	0.23	1.13	0.003	0.006	0.020	0.39	0.34	0.09	0.049	0.021	0.00006	0.0054	-	15.0	16.7	6500	113
30	0.12	0.28	1.25	0.005	0.004	0.026	0.37	0.38	0.11	0.022	0.040	0.00009	0.0061	-	27.5	18.0	4111	76.0

【 0 0 4 1 】

無塗装状態での耐食性を評価するためのテストピースは、湿式回転研磨機（研磨紙：600）で試験面（100×100mmの面）に研磨を施し、水洗およびアセトン洗浄を

10

20

30

40

50

してから、試験に供した。尚、耐食試験において、試験面以外が腐食することを防ぐために、試験面以外にシリコンシーラントを塗布して被覆を施した。

【0042】

塗装耐食性の評価を行うために、一部のテストピースには、次の手順によって塗装を施した。まず、全面をサンドブラスト仕上げし、水洗およびアセトン洗浄の後、ジnkリッチプライマーを平均厚さが $15\mu\text{m}$ ($\pm 3\mu\text{m}$) となるように塗布し、24時間以上デンケーター内で乾燥させた。その後、変性エポキシ樹脂塗料エアレススプレーにより厚さ $350\mu\text{m}$ ($\pm 20\mu\text{m}$) で塗布した。塗膜が乾燥した後、防食のための塗膜に傷が付いて素地の鋼材が露出した場合の腐食進展度合いを調べるために、長さ： 100mm 、幅：約 0.5mm の素地まで達するカット傷1本を試験面 ($100 \times 100\text{mm}$ の面) にカッターナイフで形成した試験片Bも準備した(図2)。

10

【0043】

前記表1に示した各化学成分組成の供試材について、試験片Aおよび試験片Bを準備して腐食試験に供した。このときの腐食試験方法は次の通りである。

【0044】

[腐食試験方法]

タンカーの油槽内を模擬した腐食試験を実施し、耐食性を評価した。このとき図3に模式的に示すように、クエート産の原油および腐食促進のための人工海水を密閉した試験容器内に入れ、上記で作製した試験片(A、B)を、テストピースとして試験容器内の底部と天井部の夫々に設置した。底部と天井部に設置したテストピースは、夫々油槽の底板および上甲板の腐食を評価するためのものである。このとき、人工海水と原油との体積比は1:1とした。

20

【0045】

また試験容器内には、組成： $5\text{vol}\% \text{O}_2 - 13\text{vol}\% \text{CO}_2 - 0.01\text{vol}\% \text{SO}_2 - 0.30\text{vol}\% \text{H}_2\text{S} - \text{bal. N}_2$ の実船油槽内の模擬ガスを通気させた。試験容器の外部よりヒータを用いて加熱を行い、気相部温度を 50°C で20時間保持した後、自然冷却により 25°C まで温度低下させて 25°C で保持するという温度サイクル(合計24時間)を1サイクルとし、毎日繰り返し行った。このような温度サイクルを行うことによって、気相部では実船のタンカーと同様の結露による腐食が発生することになる。試験期間を1年として、試験を実施した。供試したテストピースの個数は、各鋼(表1のNo. 1~30)の夫々について、各試験条件(天井部および底部)について、5枚ずつ(試験片A、B夫々5枚ずつ)とした。

30

【0046】

テストピースの測定項目および評価基準は、下記表2に示す通りである。試験容器天井部に取り付けた無塗装テストピース(試験片A)については、試験前・後の重量変化を測定し、供試した5枚の平均値を求めた。試験容器底部に取り付けた無塗装テストピース(試験片A)については、局部腐食(孔食)の深さをデプスゲージで測定し、各々供試した5個の試験片の内の最も深いものを最大孔食深さとした。尚、試験後には、ウォータージェット法によって、腐食生成物を除去してから重量測定または孔食深さの測定を行った。

【0047】

また、試験容器の天井部および底部に取り付けた塗装テストピース(試験片B)については、いずれも塗膜の膨れ幅(カット傷に垂直方向に膨れた幅)をノギスで測定し、各々供した5個の試験片の内の最大値(最大膨れ幅)により塗膜傷部耐食性(塗装耐食性)を評価した。試験結果を下記表3に一括して示す。

40

【0048】

【 表 2 】

試験片		測定項目	判定			
取付け位置	表面		◎◎	◎	○	×
試験容器 天井部	裸仕様	重量減少量 (k g / m ²)	0. 1 未満	0. 1以上 0. 5未満	0. 5以上 1未満	1以上
	塗装仕様 (カット傷)	最大膨れ幅 (mm)	3未満	3以上 6未満	6以上 10未満	10以上
試験容器 底部	裸仕様	最大孔食深さ (mm)	0. 5未満	0. 5以上 1未満	1以上 5未満	5以上
	塗装仕様 (カット傷)	最大膨れ幅 (mm)	3未満	3以上 6未満	6以上 10未満	10以上

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

【表 3】

試験 No.	天井部耐食性		底部耐食性	
	裸仕様 (重量減少量)	塗装仕様 (最大膨れ幅)	裸仕様 (最大孔食深さ)	塗装仕様 (最大膨れ幅)
1	×	×	×	×
2	×	×	△	×
3	×	×	△	○
4	○	×	△	×
5	○	×	△	×
6	○	○	△	○
7	○	○	○	○
8	○	○	○	○
9	○	○	○	○
10	◎	○	◎	○
11	◎	○	◎	○
12	◎	○	◎	○
13	◎	○	◎	○
14	◎	○	◎	○
15	◎	○	○	○
16	◎	○	○	○
17	◎	○	○	○
18	◎◎	◎	◎◎	◎
19	◎◎	◎	◎◎	◎
20	◎◎	◎	◎◎	◎
21	◎	◎◎	◎	◎◎
22	◎	◎◎	◎	◎◎
23	◎	◎◎	◎	◎◎
24	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎
25	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎
26	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎
27	◎◎	◎	◎◎	◎◎
28	◎◎	◎	◎◎	◎◎
29	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎
30	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎

10

20

30

40

【 0 0 5 0 】

これらの結果から次のように考察できる。まず本発明の鋼材での必須の合金成分である Ni, Cr, Ti 等を含有していない鋼材（従来の普通鋼）を用いた No. 1 のものでは、いずれの条件においても所定に耐食性が発揮されていないことが分かる。

【 0 0 5 1 】

試験 No. 2 のものは、Ni 含有量、試験 No. 3 のものは P 含有量、試験 No. 4 のものは S 含有量、試験 No. 5 のものは N 含有量が、夫々本発明で規定する範囲に満たないものであり、耐食性向上効果が不十分なものとなっており、タンカー油槽用鋼材としては満足できないものである。

【 0 0 5 2 】

50

これに対して、試験No. 6～30のものは、本発明で規定する化学成分組成を満足するものであり、いずれも耐食性が「 A 」以上のレベルに向上していることが分かる。特に、比の値 ($[\text{Cr}]/[\text{S}]$) と ($[\text{Cr}]/[\text{N}]$) の両方の要件を満足するものでは (試験No. 10～14) では、裸仕様での耐食性が「 A 」以上に向上していることが分かる。尚、試験No. 15～17のものは、比の値 ($[\text{Cr}]/[\text{S}]$) と ($[\text{Cr}]/[\text{N}]$) の好ましい要件を外れるものであるが、これらの要件を満足するもの (試験No. 10～14) に比べ、底部耐食性 (裸仕様) が若干低下している。

【0053】

またCuやBを含有させることは耐食性向上に有効であることが分かる (試験No. 20～30)。更に、比の値 ($[\text{Cu}]/[\text{B}]$) および ($[\text{Ni}]/[\text{P}]$) の両方を適切に調整したものでは (試験No. 21～26、29、30)、塗装耐食性が飛躍的に向上していることが分かる。

10

【図面の簡単な説明】

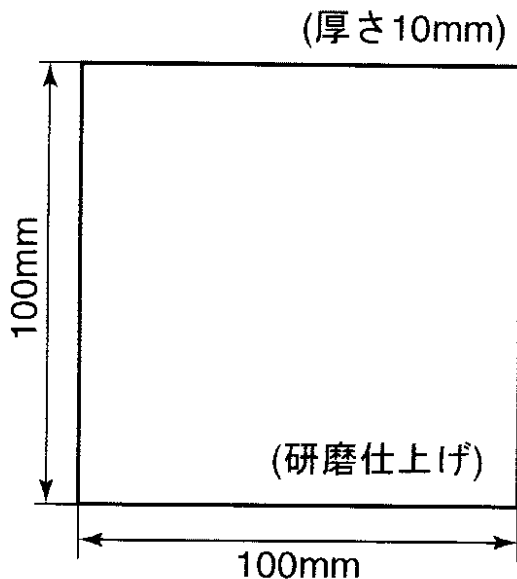
【0054】

【図1】耐食性試験に用いた試験片Aの外観形状を示す説明図である。

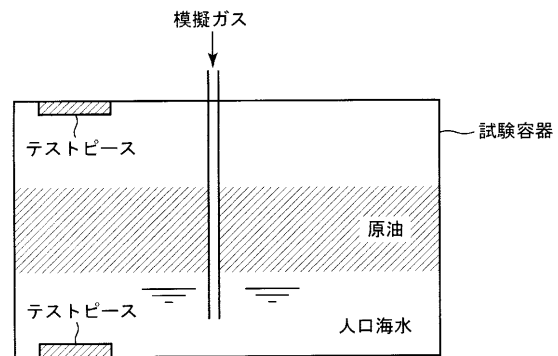
【図2】耐食性試験に用いた試験片Bの外観形状を示す説明図である。

【図3】耐食性試験の実施状況を説明するための模式図である。

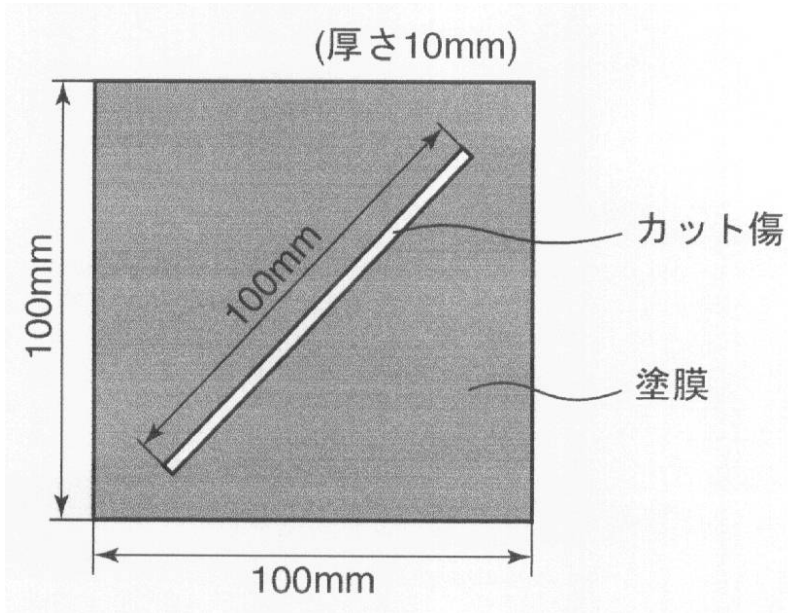
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 巽 明彦
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 吉田 誠司
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 久本 淳
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

審査官 田口 裕健

- (56)参考文献 特開2003-003227(JP,A)
特開2000-219934(JP,A)
特開2007-277616(JP,A)
特開2006-124796(JP,A)
特開2003-003228(JP,A)
特開2004-169048(JP,A)
特開2004-263248(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22C 38/00 - 38/60