

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4975448号
(P4975448)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl.	F 1
C 22 C 38/00	(2006.01) C 22 C 38/00 302Z
C 22 C 38/58	(2006.01) C 22 C 38/58
C 21 D 8/10	(2006.01) C 21 D 8/10 D
C 21 D 9/08	(2006.01) C 21 D 9/08 E
C 21 D 9/50	(2006.01) C 21 D 9/08 F

請求項の数 4 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-548607 (P2006-548607)
(86) (22) 出願日	平成16年12月15日 (2004.12.15)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2004/018710
(87) 国際公開番号	W02006/064553
(87) 国際公開日	平成18年6月22日 (2006.6.22)
審査請求日	平成19年10月30日 (2007.10.30)

(73) 特許権者	502150018 エヌケーケーシームレス钢管株式会社 神奈川県川崎市川崎区池上町2番1号
(74) 代理人	100078662 弁理士 津国 肇
(74) 代理人	100113653 弁理士 束田 幸四郎
(74) 代理人	100131808 弁理士 柳橋 泰雄
(72) 発明者	橋爪 修司 神奈川県川崎市川崎区池上町2番1号 エ ヌケーケーシームレス钢管株式会社内
(72) 発明者	南 雄介 神奈川県川崎市川崎区池上町2番1号 エ ヌケーケーシームレス钢管株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼の成分が、重量 % で、C : 0.005 ~ 0.05 %、Si : 0.1 ~ 0.5 %、Mn : 0.1 ~ 2.0 %、P : 0.05 % 以下、S : 0.005 % 以下、Cr : 10.0 ~ 12.5 %、Mo : 0.1 ~ 0.5 %、Ni : 2.20 ~ 3.0 %、N : 0.02 % 以下、Al : 0.01 ~ 0.1 % を含有し、かつ、式 : FI = Cr + Mo - Ni - 30 (C + N) で定義される FI 値が 5.00 ~ 8.49 であり、残部が鉄及び不可避的不純物からなり、鋼の組織がマルテンサイト一相の焼入れ焼戻し組織であることを特徴とする、韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼。

【請求項 2】

鋼の成分がさらに、重量 % で、Cu : 0.5 % 以下、Nb : 0.05 % 以下、V : 0.1 % 以下、B : 0.005 % 以下、Ca : 0.005 % 以下からなる群から選択される化学成分の 1 種以上を含有する、請求項 1 記載の韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼。

【請求項 3】

重量 % で、C : 0.005 ~ 0.05 %、Si : 0.1 ~ 0.5 %、Mn : 0.1 ~ 2.0 %、P : 0.05 % 以下、S : 0.005 % 以下、Cr : 10.0 ~ 12.5 %、Mo : 0.1 ~ 0.5 %、Ni : 2.20 ~ 3.0 %、N : 0.02 % 以下、Al : 0.01 ~ 0.1 % を含有し、かつ、式 : FI = Cr + Mo - Ni - 30 (C + N) で定義される FI 値が 5.00 ~ 8.49 であり、残部が鉄及び不可避的不純物からなる鋼を、熱間

圧延後冷却し、その後 $780 \sim 850$ の温度範囲に再加熱した後焼入れを行い、次いで $550 \sim 650$ の温度範囲で焼戻しを行うことにより、マルテンサイト相の焼入れ焼戻し組織を得ることを特徴とする、韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼の製造方法。

【請求項 4】

さらに、重量%で、Cu : 0.5%以下、Nb : 0.05%以下、V : 0.1%以下、B : 0.005%以下、Ca : 0.005%以下からなる群から選択される化学成分の1種以上を含有する鋼を、熱間圧延後冷却し、その後 $780 \sim 850$ の温度範囲に再加熱した後焼入れを行い、次いで $550 \sim 650$ の温度範囲で焼戻しを行う、請求項3記載の韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、油井またはガス井に使用される油井用材料としてのマルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法に関し、特に、高CO₂環境下での使用に適し、降伏強度 655 MPa 級 (90ksi級)、すなわち降伏強度が $655 \sim 758 \text{ MPa}$ で、高韌性を有する、安価な継目無管用マルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高深度の井戸、高温・高圧ガス田、あるいは寒冷地などさまざまな環境の油井・ガス井の開拓が進んでいる。これに伴い、高CO₂環境下による腐食の問題、さらにH₂Sが含まれる油井の場合にはH₂Sに起因する硫化物応力腐食割れ (SSCC) の問題も顕在化している。このため、これらの過酷な腐食環境に耐え、かつ深層用の油井管に必要な降伏強度 552 MPa 以上の強度と、高韌性を併せ持つ鋼管の需要が高まってきた。

20

【0003】

従来、油井用材料には AISI (米国鉄鋼協会) の410鋼または420鋼が使用されてきた。これらの鋼は比較的安価で、 552 MPa 以上の降伏強度が熱処理により得られるが、十分な耐食性や韌性を有するとはいえない。またこれらの鋼は、鋼中に炭素量が0.1重量%程度以上含有されているため、製造過程で水冷を行うことができず、製造効率を阻害している。

30

【0004】

一方、上述の強度、高韌性、高耐食性を有するマルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法について、これまでにいくつかの提案がなされている。

【0005】

例えば、特許文献1 (特許第2665009号公報) には、重量%で、C : 0.005 ~ 0.04%、Cr : 12.0 ~ 17.0%、Ni : 1.5 ~ 6.0%を含む鋼及びその製造方法が提案されているが、降伏強度 (耐力) が $784 \sim 1078 \text{ MPa}$ で、汎用の 552 MPa 級や 655 MPa 級よりも高強度であり、65%硝酸腐食試験における耐食性は良好であるものの、高CO₂環境下における耐食性は検討がなされていない。また特許文献2 (特許第2091532号公報) には、重量%で、C : 0.15%以下、Cr : 9 ~ 16.0%、Ni : 0.2 ~ 2.5%を含む鋼及びその製造方法が提案されているが、制御圧延を必要とするため、製造工程の効率に問題点があり、また製造設備上の制約もある。特許文献3 (特許第2995524号公報) には、重量%で、C : 0.03%以下、Cr : 11 ~ 17%、Ni : 3.5 ~ 7.0%を含む鋼ならびにその製造方法が提案されているが、3.5%以上のNi添加を必要とするため経済性に難点がある。また、特許文献4 (特開2004-1115890号公報) には、重量%で、C : 0.05%以下、Cr : 10 ~ 12.5%、Ni : 1.5 ~ 3.0%を含む低Ni鋼ならびにその製造方法が提案されているが、強度は 552 MPa 級に限定される。これは、強度をこれ以上高めた場合には、この成分系では韌性、耐SSC性等の特性が急激に低下するためである。さらにまた、特許文献5 (特開2004-99964号公報) には、質量%で、C : 0.02 ~

40

50

0.05%、Cr:1.0~1.2%、Ni:1.5~3.0%、Nb:0.005~0.10%を含む低Ni-Nb鋼ならびにその製造方法が提案されているが、強度は758MPa級に限定される。

- 【特許文献1】特許第2665009号公報
- 【特許文献2】特許第2091532号公報
- 【特許文献3】特許第2995524号公報
- 【特許文献4】特開2004-115890号公報
- 【特許文献5】特開2004-99964号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

以上のように、従来技術においては、高CO₂環境下での使用に適し、655~758MPaの降伏強度で高韧性を有し、経済性に優れた油井管は得られていない。本発明は、これらの従来技術の問題点を解決すべく種々検討し、655級の降伏強度で、-40という低温下でも200J以上という十分な韧性を有し、かつ経済性にも優れた継目無管用のマルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法を見出したものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち本発明者らは、C量を低く制限して炭化物の析出を抑制することで、耐食性や韧性を改善し、製造時の水冷も可能とした。C量の制限に伴い、Cr量を、420鋼などの従来材の添加量13%より低くしても同等の耐食性を有することを見出し、さらにCr量の制限に伴いNi量を2%程度に抑えてコスト低減を図った。また、少量のMoを添加すると、例えば-40という寒冷地の使用に耐える安定した韧性が得られることを発見した。

20

【0008】

本発明の過程で、化学成分を変化させて溶製した鋼塊を熱間圧延した後、加熱後焼入れ、焼戻しの熱処理条件を変化させ、適切な強度・韧性・高CO₂環境下での耐食性のバランスを検討した。その結果、化学成分及び熱処理条件を本発明の所定の範囲に制御することにより、高CO₂環境下での使用に適した、655MPa級の降伏強度を有する継目無管用のマルテンサイト系ステンレス鋼を得ることができた。

30

【0009】

本発明の韧性に優れた655MPa級マルテンサイト系ステンレス鋼及びその製造方法は、このような知見に基づいて構成されたものであり、その要旨は以下のとおりである。

【0010】

第1の発明に係る韧性に優れた655MPa級マルテンサイト系ステンレス鋼は、重量%で、C:0.005~0.05%、Si:0.1~0.5%、Mn:0.1~2.0%、P:0.05%以下、S:0.005%以下、Cr:10.0~12.5%、Mo:0.1~0.5%、Ni:1.5~3.0%、N:0.02%以下、Al:0.01~0.1%を含有し、かつ、式:FI=Cr+Mo-Ni-30(C+N)で定義されるFI値が5.00~8.49であり、残部が実質的に鉄からなる鋼である。

40

【0011】

第2の発明に係る韧性に優れた655MPa級マルテンサイト系ステンレス鋼は、第1の発明の化学成分を有する鋼が、さらに、重量%で、Cu:0.5%以下、Nb:0.05%以下、V:0.1%以下、B:0.005%以下、Ca:0.005%以下からなる群から選択される化学成分の1種以上を含有する鋼である。

【0012】

第3の発明に係る韧性に優れた655MPa級マルテンサイト系ステンレス鋼の製造方法は、重量%で、C:0.005~0.05%、Si:0.1~0.5%、Mn:0.1~2.0%、P:0.05%以下、S:0.005%以下、Cr:10.0~12.5%、Mo:0.1~0.5%、Ni:1.5~3.0%、N:0.02%以下、Al:0.

50

0.1~0.1%を含有し、かつ、式: $F_I = Cr + Mo - Ni - 30 (C + N)$ で定義される F_I 値が 5.00~8.49 であり、残部が実質的に鉄からなる鋼を、熱間圧延後冷却し、その後 780~960 の温度範囲に再加熱した後焼入れを行い、次いで 550~650 の温度範囲で焼戻しを行う方法である。

【0013】

第4の発明に係る韌性に優れた 655 MPa 級マルテンサイト系ステンレス鋼の製造方法は、第3の発明の化学成分を有する鋼が、さらに、重量%で、Cu: 0.5%以下、Nb: 0.05%以下、V: 0.1%以下、B: 0.005%以下、Ca: 0.005%以下からなる群から選択される化学成分の1種以上を含有する鋼を、熱間圧延後冷却し、その後 780~960 の温度範囲に再加熱した後焼入れを行い、次いで 550~650 の温度範囲で焼戻しを行う方法である。 10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の化学成分及び製造条件を前記の範囲に限定した理由について説明する。なお化学成分については、重量%を意味する。

【0015】

C: 0.005~0.05%

Cは、固溶強化、生成するマルテンサイト相の硬化及び炭化物としての析出強化により鋼の強度を上昇させる。C含有量がこの範囲にあると、鋼の強度上昇効果が発揮され、韌性ならびに耐食性が良好に保たれる。特に、低C量にともない鋼中の炭化物の析出が抑制されることから、高CO₂環境下での耐食性が優れる。 20

【0016】

Si: 0.1~0.5%

Siは脱酸元素として鋼中に必須的に含有される。Si含有量がこの範囲にあると、脱酸効果が発揮されるとともに、韌性が維持できる。

【0017】

Mn: 0.1~2.0%

MnはSiと同様に脱酸元素として鋼中に必須的に含有される。Mn含有量がこの範囲にあると、脱酸効果が発揮されるとともに、韌性が維持できる。

【0018】

P: 0.05%以下

Pは不純物元素であり、韌性の劣化を招くため、なるべく低い方が好ましい。P含有量がこの範囲にあると、韌性の劣化が抑えられる。

【0019】

S: 0.005%以下

SはPと同様に不純物元素であり、韌性の劣化を招き、かつ熱間加工性も低下させるため、なるべく低い方が好ましい。S含有量がこの範囲にあると、韌性の劣化及び熱間加工性の低下が抑えられる。

【0020】

Cr: 10.0~12.5%

Crは耐食性を向上させる効果がある。本発明ではC量を0.005~0.05%の範囲としているため、Cr含有量がこの範囲にあっても、十分な耐食性が得られる。一方この範囲を超えてCrを含有させても耐食性向上効果は飽和するので、経済的に有利でない。好ましくは、Cr: 10.0%以上 12.5%未満、より好ましくは、Cr: 11.0%以上 12.5%未満である。 40

【0021】

Mo: 0.1~0.5%

Moは析出物の析出サイトや種類を制限し、韌性を向上させる効果がある。特にCr₂(C, N)とM₇C₃の析出量が、M₂₃C₆の析出量より少ないと韌性向上に有効である。Mo含有量がこの範囲にあると、韌性向上効果が発揮できる。なおこの範囲を超えて 50

Moを含有させることは、デルタ()フェライト生成や経済性の見地から好ましくない。好ましくは、Mo: 0.15~0.40%である。

【0022】

Ni: 1.5~3.0%

Niは耐食性ならびに韌性を向上させる効果がある。Ni含有量がこの範囲にあると、

フェライトの生成が抑制でき、熱間加工性が良好である。ことから、なおこの範囲を超えてNiを含有させることは、韌性向上効果が飽和するので有利ではない。好ましくは、Ni: 2.0~3.0%である。

【0023】

N: 0.02%以下

10

Nは、固溶強化及び析出強化により強度を上昇させる効果がある。この範囲を超えてNを含有させることは、Nが、V、Nb、Tiなどと結合して粗大な析出物を形成し、その結果韌性を劣化させ、熱間加工性を低下させるので有利ではない。

【0024】

Al: 0.01~0.1%

Alは脱酸元素として鋼中に必須的に含有される。Al含有量がこの範囲にあると、脱酸効果が発揮でき、かつ粒界に析出し粒界強度を低下させ、それにより韌性を劣化させるAlNの生成が抑制できる。

【0025】

FI値: 5.00~8.49%

20

ここで、FI値は、式

$$FI = Cr + Mo - Ni - 30(C + N)$$

で定義される、フェライトの生成を示すパラメータである。なお、係数はシェフラー・ダイアグラムに従った。この値が8.49%以下であるとフェライトの生成が抑えられるので、良好な韌性を示す。

【0026】

残部は実質的に鉄である。ここで、「実質的に鉄」とは、本発明の目的に影響を与えない範囲での、鋼を溶製する際に不可避的に混入される、O、Hのガス成分、Sn、As、Sb等の不純物元素が存在してもよいことを意味する。

【0027】

30

本発明では、さらに、Nb、V、B、Caから選択される化学成分の1種以上を含有させて、強度、韌性、耐食性ならびに熱間加工性の向上を図ることができる。以下に、これらの化学成分の限定理由について説明する。

【0028】

Cu: 0.5%以下

Cuは耐食性を向上させる効果がある。Cu含有量がこの範囲にあると、熱間加工性の劣化等の問題は生じない。

【0029】

Nb: 0.05%以下

Nbは、焼入れ時に析出するNb炭化物によりオーステナイト粒を微細化し韌性を向上させ、かつ焼戻し時に析出する微細なNb炭化物により強度を上昇させることができる。Nb含有量がこの範囲にあると、Nb炭化物の析出による強度上昇は、適切な範囲に制御できる。

【0030】

V: 0.1%以下

Vは、Nと窒化物を形成し強度を上昇させる効果がある。V含有量がこの範囲にあると、強度上昇効果は飽和することなく、かつ析出物の粗大化による韌性劣化を招くことがないので、韌性を損なうことなく強度上昇を図ることができる。

【0031】

B: 0.005%以下

50

B は粒界強化の効果がある。B 含有量がこの範囲にあると、粒界に低融点の化合物を生成する事がないので、熱間加工性を維持しつつ、粒界強化を図ることができる。

【0032】

Ca : 0.005% 以下

Ca は硫化物の形態を制御し、韌性及び耐食性を向上させる効果がある。Ca 含有量がこの範囲にあると、Ca 系介在物の生成が抑えられ、韌性及び耐食性を向上させることができる。

【0033】

次に、製造条件について説明する。

【0034】

焼入れ加熱温度 : 780 ~ 960

10

焼入れ時の加熱温度がこの範囲にあると、加熱時に完全なオーステナイト単相組織が得られるので、その後の冷却（焼入れ）により、マルテンサイト一相組織が得られ安定した焼入れ組織となり、かつオーステナイト粒の粗大化が抑えられるので、韌性が良好である。

【0035】

焼戻し温度 : 550 ~ 650

本発明が対象とする鋼は、焼入れまでは強度が高く、韌性も十分でないため、適正な焼戻しをする必要がある。焼戻し温度がこの範囲にあると、所望の強度を得ることができ、韌性が良好である。

20

【0036】

本発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、転炉、電気炉、その他、化学成分を発明の範囲内に制御できる溶製方法であれば、いずれの溶製方法を用いることができる。溶製された鋼は、油井用鋼管として用いる場合には、鋳造あるいは圧延でビレット等の形状とし、その後、押出型穿孔機もしくは傾斜ロール型穿孔圧延機による穿孔等のプロセス、圧延プロセス等を経て継目無鋼管とし、所定の熱処理を施す。

【0037】

また本発明のマルテンサイト系ステンレス鋼は、油井用鋼管以外の用途、例えば輸送用鋼管としても用いることができる。この場合は、溶製された鋼を、鋳造あるいは圧延でスラブの形状とし、その後、厚板圧延機又はあるいはホットストリップ圧延機を用いて鋼板に圧延し、その後所定の熱処理を施したのち、溶接により鋼管を製造する。あるいはまた、圧延鋼板を溶接により鋼管に製造したのち、所定の焼入れ・焼戻しの熱処理を施してもよい。

30

【0038】

なお、本発明のマルテンサイト系ステンレス鋼では、熱間圧延後に再加熱焼入れを行なっているが、熱間圧延後に鋼を直接焼入れすることができる直接焼入れ装置を有する場合は、再加熱焼入れに代えて直接焼入れを行ない、鋼管にその後所定の焼戻し施すことができる。

【実施例】

【0039】

表1は本発明鋼（No. 1 ~ 17）の化学成分、表2は本発明鋼の熱処理温度及び特性評価の結果を、表3は比較鋼（No. 18 ~ 35）の化学成分、表4は比較鋼の熱処理温度及び特性評価の結果を示したものである。

40

【0040】

【表1】

区分	No.	化学成分(重量%)										R[%]	焼入れ温度(℃)	焼戻し温度(℃)	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	Al				
本 堺 明	1	0.033	0.19	0.20	0.011	0.003	11.8	0.19	2.65	0.014	0.051	-	7.93	850	650
	2	0.033	0.19	0.20	0.011	0.003	11.8	0.19	2.65	0.014	0.051	-	7.93	800	650
	3	0.033	0.19	0.20	0.011	0.003	11.8	0.19	2.65	0.014	0.051	-	7.93	800	625
	4	0.033	0.20	0.21	0.010	0.003	11.8	0.37	2.63	0.015	0.049	-	8.10	850	650
	5	0.033	0.20	0.21	0.010	0.003	11.8	0.37	2.63	0.015	0.049	-	8.10	800	650
	6	0.033	0.20	0.21	0.010	0.003	11.8	0.37	2.63	0.015	0.049	-	8.10	800	625
	7	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.18	2.20	0.015	0.040	-	8.26	850	625
	8	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.18	2.20	0.015	0.040	-	8.26	800	625
	9	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.18	2.20	0.015	0.040	-	8.26	800	600
	10	0.032	0.20	0.21	0.010	0.002	11.8	0.38	2.32	0.015	0.048	-	8.45	850	650
	11	0.032	0.20	0.21	0.010	0.002	11.8	0.38	2.32	0.015	0.048	-	8.45	800	625
	12	0.032	0.20	0.21	0.010	0.002	11.8	0.38	2.32	0.015	0.048	-	8.45	800	600
	13	0.032	0.20	0.21	0.008	0.002	11.6	0.21	2.38	0.015	0.055	0.3Cu	8.02	800	625
	14	0.032	0.20	0.21	0.008	0.002	11.6	0.21	2.38	0.015	0.055	0.02Nb	8.02	800	625
	15	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.07V	8.04	800	650
	16	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.003B	8.04	800	625
	17	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.003Ca	8.04	800	625

【0041】

【表2】

区分	No.	降伏強度(MPa)	vE-40(J)	腐食速度(mm/y)	総合評価	
					○	△
本 堺 明	1	668	226	0.05	○	
	2	680	274	0.05	○	
	3	713	253	0.03	○	
	4	676	265	0.03	○	
	5	668	281	0.04	○	
	6	717	267	0.03	○	
	7	676	213	0.06	○	
	8	669	277	0.07	○	
	9	690	269	0.06	○	
	10	679	276	0.06	○	
	11	694	302	0.04	○	
	12	724	292	0.05	○	
	14	690	243	0.05	○	
	15	703	255	0.05	○	
	16	712	247	0.05	○	
	17	699	271	0.03	○	
	18	710	249	0.04	○	

【0042】

10

20

30

【表3】

表3

区分	No.	化学成分(重量%)										FI, %	焼入れ温度 (°C)	焼戻し温度 (°C)	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	Al				
比 較 鋼	18	0.033	0.19	0.20	0.011	0.003	11.8	0.19	2.65	0.014	0.051	-	7.93	850	750
	19	0.033	0.19	0.20	0.011	0.003	11.8	0.19	2.65	0.014	0.051	-	7.93	800	625
	20	0.033	0.20	0.21	0.010	0.003	11.8	0.37	2.63	0.015	0.049	-	8.10	850	775
	21	0.033	0.20	0.21	0.010	0.003	11.8	0.37	2.63	0.015	0.049	-	8.10	800	525
	22	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.18	2.20	0.015	0.040	-	8.26	850	625
	23	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.18	2.20	0.015	0.040	-	8.26	800	725
	24	0.032	0.20	0.21	0.010	0.002	11.8	0.38	2.32	0.015	0.048	-	8.45	850	625
	25	0.032	0.20	0.21	0.010	0.002	11.8	0.38	2.32	0.015	0.048	-	8.45	800	525
	26	0.030	0.21	0.20	0.007	0.002	11.4	0.00	2.50	0.015	0.051	-	7.55	850	625
	27	0.030	0.21	0.20	0.007	0.002	11.4	0.00	2.50	0.015	0.051	-	7.55	800	650
	28	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.5	0.01	2.19	0.014	0.048	-	8.03	850	625
	29	0.029	0.20	0.21	0.006	0.002	11.5	0.01	2.19	0.014	0.046	-	8.03	800	650
	30	0.032	0.20	0.21	0.008	0.002	11.6	0.21	2.38	0.015	0.055	0.3Cu	8.02	800	525
	31	0.032	0.20	0.21	0.008	0.002	11.6	0.21	2.38	0.015	0.055	0.02Nb	8.02	800	525
	32	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.07V	8.04	800	625
	33	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.003B	8.04	800	525
	34	0.033	0.20	0.21	0.006	0.002	11.6	0.23	2.35	0.015	0.052	0.003Ca	8.04	800	525
	35	0.036	0.21	0.22	0.006	0.001	11.6	0.47	2.04	0.015	0.052	0.002Ti	8.50	895	703

10

20

網掛・太字:本発明の範囲外

【0043】

【表4】

表4

区分	No.	降伏強度 (MPa)	vE-40 (J)	腐食速度 (mm/y)	総合評価
比 較 鋼	19	773	227	0.05	×
	20	879	260	0.04	×
	21	792	180	0.03	×
	22	925	219	0.03	×
	23	907	176	0.07	×
	24	586	264	0.06	×
	25	888	213	0.06	×
	26	930	241	0.06	×
	27	677	190	0.06	×
	28	655	198	0.06	×
	29	674	161	0.07	×
	30	643	211	0.08	×
	32	905	192	0.04	×
	33	917	220	0.05	×
	34	953	203	0.04	×
	35	891	201	0.03	×
	36	911	212	0.04	×
	37	625	148	NA	×

30

40

網掛・太字:本発明の範囲外

NA:試験未実施

【0044】

本発明鋼及び比較鋼は、いずれも実験炉で真空溶解し、得られた鋼塊を熱間加工により鋼板（板厚12mm）とした。これらに熱処理を施し、強度、靱性、耐食性を調査した。強度は、板厚中央部からASTM Type Fの丸棒試験片を採取して引張試験を行い、降伏強度を評価した。靱性は、板厚中央部からフルサイズのVノッチシャルピー試験片

50

を切り出し、試験温度 - 40 にて衝撃試験を行いその吸収エネルギーを評価した。耐食性は、100 、30 bar の炭酸ガスと平衡した 10% NaCl 水溶液中に試験片を 336 時間浸漬し、このときの腐食減量を評価した。

【 0045 】

目標値として、強度は降伏強度が 655 ~ 758 MPa 、韌性は -40 での吸収エネルギー (V E ₋₄₀) が 200 J 以上、耐食性は腐食速度が 0.3 mm/year 以下を良好とした。

【 0046 】

表 1 ~ 4 において、化学成分、製造条件とも本発明の範囲を満たす No. 1 ~ 17 は、十分な強度、韌性、耐食性を示すことが確認された。一方、化学成分又は製造条件が本発明の範囲外にある No. 18 ~ 35 は、強度、韌性のいずれか、あるいは両方が目標特性に到達していない。特に、Mo 含有量が本発明の範囲外にある No. 26 ~ 29 に対して本発明の範囲の熱処理を行っても、 -40 での吸収エネルギーあるいは強度が十分とはいえない。

【 0047 】

発明の効果

本発明では、化学成分ならびに製造条件を規定することにより、継目無管に要求される特性を向上させることができる。その結果、高 CO₂ 環境下で使用されるのに適し韌性に優れた、655 MPa 級の継目無管用のマルテンサイト系ステンレス鋼を安価に提供することができる。

10

20

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
B 21 B 3/02 (2006.01)	C 21 D 9/50 101A
B 21 C 37/08 (2006.01)	B 21 B 3/02
	B 21 C 37/08 F

(72)発明者 小野 達雄
神奈川県川崎市川崎区池上町2番1号 エヌケーケーシームレス钢管株式会社内

審査官 本多 仁

(56)参考文献 特開2001-059143 (JP, A)
特開2001-226749 (JP, A)
特開2004-115890 (JP, A)
朝日均、他7名、熱間加工性支配機構の解析に基づいた継目無钢管用合金鋼の成分設計、材料と
プロセス、日本、1993年 3月, Vol.6 No.2, Page.360-363

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