

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5648769号
(P5648769)

(45) 発行日 平成27年1月7日(2015.1.7)

(24) 登録日 平成26年11月21日(2014.11.21)

(51) Int.Cl.

F I

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 2 C 38/38 (2006.01)

C 2 2 C 38/60 (2006.01)

C 2 1 D 8/02 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 O 1 H

C 2 2 C 38/38

C 2 2 C 38/60

C 2 1 D 8/02 B

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-510589 (P2014-510589)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	平成25年9月13日 (2013. 9. 13)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/005434		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02014/045553	(74) 復代理人	100154324
(87) 国際公開日	平成26年3月27日 (2014. 3. 27)		弁理士 久利 庸平
審査請求日	平成26年3月31日 (2014. 3. 31)	(74) 代理人	100126701
(31) 優先権主張番号	特願2012-205305 (P2012-205305)		弁理士 井上 茂
(32) 優先日	平成24年9月19日 (2012. 9. 19)	(74) 代理人	100130834
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 森 和弘
早期審査対象出願		(72) 発明者	三浦 進一
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	植田 圭治
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低温靱性および耐腐食摩耗性に優れた耐摩耗鋼板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量％で、
C : 0 . 1 0 ~ 0 . 2 0 %、S i : 0 . 0 5 ~ 1 . 0 0 %、M n : 0 . 1 ~ 2 . 0 %、P : 0 . 0 2 0 % 以下、S : 0 . 0 0 5 % 以下、A l : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 0 0 % を含み、さらに、C r : 0 . 0 5 ~ 2 . 0 %、M o : 0 . 0 5 ~ 1 . 0 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種を含み、かつ鋼中固溶 C r 量および鋼中固溶 M o 量が下記 (1) 式を満足し、残部 F e および不可避免的不純物からなる成分組成を有し、
焼入れままマルテンサイト相を面積率で 9 0 % 以上とし、旧オーステナイト粒径が 3 0 μ m 以下である組織を有し、

さらに、表面硬さが、ブリネル硬さ H B W 1 0 / 3 0 0 0 で 3 6 0 以上であり、
- 4 0 での吸収エネルギー $v E_{40}$ (J) が 3 0 J 以上であり、
下記測定方法で測定した耐摩耗比が 1 . 5 以上であることを特徴とする低温靱性および耐腐食摩耗性に優れた耐摩耗鋼板。

0 . 0 5 (C r s o l + 2 . 5 M o s o l) 2 . 0 (1)
ここで、C r s o l : 鋼中固溶 C r 量 (質量 %)、M o s o l : 鋼中固溶 M o 量 (質量 %) とする。

(測定方法)

手順 1 : 鋼板の表層 1 m m の位置から摩耗試験片 (大きさ : 1 0 m m 厚 × 2 5 m m 幅 × 7 5 m m 長さ) を採取する。

手順 2 : 摩耗試験片を、試験機回転子の回転軸と垂直に、かつ 25 mm × 75 mm の面が回転円の円周接線方向となるように、摩耗試験機に取り付ける。

手順 3 : 試験片および回転子を外槽で覆い、内部に摩耗材を導入する。ここで、摩耗材は、平均粒径 0.65 mm の珪砂および濃度が 15000 質量 ppm となるよう調製した NaCl 水溶液を、珪砂と NaCl 水溶液の重量比が 3 : 2 となるよう混合したものをを用いる。

手順 4 : 試験条件を、回転子 : 600 回 / 分、外槽 : 45 回 / 分として、それぞれ回転させて行う。回転子の回転数が、計 10800 回となるまで回転させたのち、試験を終了する。

手順 5 : 試験終了後、各試験片の重量を測定し、試験後重量と初期重量との差 (= 重量減少量) を算出し、引張り強さ 400 MPa 級一般構造用圧延鋼材 SS400 (Rolled steels for general structure, Tensile strength 400MPa class) (JIS G3101) の重量減少量を基準値とし、耐摩耗比 (= (基準値) / (試験片の重量減少量)) を算出する。

10

【請求項 2】

上記組成に加えてさらに、質量 % で、Nb : 0.005 ~ 0.1 %、Ti : 0.005 ~ 0.1 %、V : 0.005 ~ 0.1 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 に記載の耐摩耗鋼板。

【請求項 3】

上記組成に加えてさらに、質量 % で、Sn : 0.005 ~ 0.2 %、Sb : 0.005 ~ 0.2 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の耐摩耗鋼板。

20

【請求項 4】

上記組成に加えてさらに、質量 % で、Cu : 0.03 ~ 1.0 %、Ni : 0.03 ~ 2.0 %、B : 0.0003 ~ 0.0030 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の耐摩耗鋼板。

【請求項 5】

上記組成に加えてさらに、質量 % で、REM : 0.0005 ~ 0.008 %、Ca : 0.0005 ~ 0.005 %、Mg : 0.0005 ~ 0.005 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の耐摩耗鋼板。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、産業機械、運搬機器等の部品用として好適な耐摩耗鋼板 (abrasion resistant steel plate) に関する。本発明の耐摩耗鋼板は、低温靱性 (low temperature toughness) に優れ、特に水分を含む土砂との接触による摩耗 (wear or abrasion) が問題となる箇所に適用される部品用として好適な耐摩耗鋼板に関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来から、建設、土木、鉱山等の現場で使用される、例えば、パワーショベル、ブルドーザー、ホッパー、バケット、ダンプトラック等の産業機械、運搬機器等の部品は、土砂 (earth and sand) 等との接触により摩耗が生じる。このため、上記部品を製造する際には、その寿命延長を目的に耐摩耗性に優れた鋼材が用いられている。実際の使用環境では、土砂等は、乾燥、湿潤など種々の状態が想定される。特に、湿潤状態にある土砂等は、腐食性物質を含む場合がある。そのため、湿潤状態にある土砂等による摩耗は、腐食性物質を含む環境下での摩耗、いわゆる腐食摩耗となる。腐食摩耗は、摩耗環境として非常に厳しいことが知られており、耐腐食摩耗性に優れた耐摩耗鋼材が望まれている。

【0003】

また、これらの産業機械、運搬機器等は、0 以下の低温域での使用も想定される。こ

50

のため、これらの産業機械、運搬機器等の部品用として用いられる鋼材は、耐摩耗性、耐腐食摩耗性に加えて、さらに優れた低温靱性をも有することが望まれている。

【0004】

このような要望に対して、例えば特許文献1には、質量%で、C：0.30～0.50%を含み、適正量のSi、Mn、Al、N、Ti、Nb、Bを含有し、さらにCr：0.10～0.50%、Mo：0.05～1.00%を含有する鋼片を熱間圧延したのち、 A_{r_3} 変態点以上の温度から焼入れ処理し、続いて焼戻して、高強度耐摩耗鋼を得る、低温靱性に優れた高硬度耐摩耗鋼の製造方法が提案されている。特許文献1に記載された技術では、Cr、Moを多量含有させることにより、焼入れ性が向上するとともに粒界が強化され低温靱性が向上するとしている。また、特許文献1に記載された技術では、焼戻処理を施すことによりさらに低温靱性が向上するとしている。

10

【0005】

また、特許文献2には、質量%で、C：0.18～0.25%、Si：0.10～0.30%、Mn：0.03～0.10%を含み、Nb、Al、N、Bの適正量を含有し、さらにCr：1.00～2.00%、Mo：0.50超～0.80%を含有する水焼入れおよび焼戻処理後の靱性並びに耐遅れ破壊特性に優れた高靱性耐摩耗鋼板が提案されている。特許文献2に記載された技術では、Mn含有量を低く抑え、Cr、Moを多量含有させることにより、焼入れ性が向上し、所定の硬さが確保できるとともに、靱性および耐遅れ破壊特性が向上するとしている。また、特許文献2に記載された技術では、さらに焼戻処理を施すことによりさらに低温靱性が向上するとしている。

20

【0006】

また、特許文献3には、質量%で、C：0.30～0.45%、Si：0.10～0.50%、Mn：0.30～1.20%、Cr：0.50～1.40%、Mo：0.15～0.55%、B：0.0005～0.0050%、sol.Al：0.015～0.060%を含み、さらにNbおよび/またはTiの適正量を含有する高靱性耐摩耗鋼が提案されている。特許文献3に記載された技術では、Cr、Moを多量含有させることにより、焼入れ性が向上するとともに粒界が強化され低温靱性が向上するとしている。

【0007】

また、特許文献4には、質量%で、C：0.05～0.40%、Cr：0.1～2.0%と、Si、Mn、Ti、B、Al、Nの適正量を含み、さらにCu、Ni、Mo、Vを任意成分として含有してもよい組成の鋼を、900以下のオーステナイト未再結晶域において累積圧下率50%以上で熱間圧延したのち、 A_{r_3} 点以上から焼入れしその後焼戻する耐摩耗鋼の製造方法が提案されている。この技術では、オーステナイト粒が展伸した組織を直接焼入れ、焼戻して、旧オーステナイト粒を展伸させた焼戻マルテンサイト組織とすることにより、低温靱性が顕著に向上するとしている。

30

【0008】

また、特許文献5には、質量%で、C：0.10～0.30%、Si：0.05～1.0%、Mn：0.1～2.0%、W：0.10～1.40%、B：0.0003～0.0020%を含み、さらにTi：0.005～0.10%および/またはAl：0.035～0.1%を含有する組成を有する、低温靱性に優れた耐摩耗鋼板が提案されている。なお、特許文献5に記載された技術では、さらに、Cu、Ni、Cr、Vのうちから1種以上含有してもよいとしている。これにより、特許文献5に記載された技術では、高い表面硬さを有し、耐摩耗性に優れ、さらに低温靱性にも優れるとしている。

40

【0009】

また、特許文献6には、曲げ加工性に優れた耐摩耗鋼板が記載されている。特許文献6に記載された耐摩耗鋼板は、質量%で、C：0.05～0.30%、Ti：0.1～1.2%を含有し、固溶C量が0.03%以下である組成を有し、マトリクスをフェライト相とし、マトリクス中に硬質相が分散した組織を有する耐摩耗鋼板である。なお、さらにNb、Vの1種または2種、Mo、Wの1種または2種、Si、Mn、Cuの1種または2種、Ni、Bの1種または2種、Cr、を含有してもよいとしている。これにより、特許

50

文献 6 に記載された技術では、硬さの顕著な上昇を伴うことなく、土砂摩耗に対する耐摩耗性、曲げ加工性がともに向上するとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】特開平 08 - 41535 号公報

【特許文献 2】特開平 02 - 179842 号公報

【特許文献 3】特開昭 61 - 166954 号公報

【特許文献 4】特開 2002 - 20837 号公報

【特許文献 5】特開 2007 - 92155 号公報

【特許文献 6】特開 2007 - 197813 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献 1 ~ 5 に記載された各技術は、低温靱性および耐摩耗性を具備することを目的としている。また、特許文献 6 に記載された技術では、曲げ加工性と耐摩耗性を兼備させることを目的としている。いずれの特許文献においても湿潤状態にある土砂のような、腐食性物質を含む環境下における摩耗についての検討は行われておらず、耐腐食摩耗性に対する配慮がなされていないという問題がある。

【0012】

また、特許文献 1 ~ 4 に記載された各技術は、焼炭処理を行うことを要件としており、製造コストが増大するという問題がある。また、特許文献 5 に記載された技術は、W を必須含有としており、製造コストが増大する問題がある。特許文献 6 に記載された技術はフェライトを主相とするもので表面硬さが低く、耐摩耗性が十分ではない。

【0013】

本発明は、かかる従来技術の問題を解決し、安価で、耐摩耗性に優れ、かつ優れた低温靱性および優れた耐腐食摩耗性を兼備する耐摩耗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】

【0014】

本発明者らは、上記した目的を達成するため、耐摩耗性、さらに低温靱性、耐腐食摩耗性に対する各種要因の影響について鋭意検討を重ねた。その結果、Cr および / または Mo を適正量必須含有する組成とし、さらに、鋼中固溶 Cr 量および鋼中固溶 Mo 量を下記 (1) 式を満足するように調整することにより、著しく耐腐食摩耗性が向上することを見出した。

$$0.05 \leq (Cr_{sol} + 2.5 Mo_{sol}) \leq 2.0 \quad (1)$$

(ここで、Cr_{sol} : 鋼中固溶 Cr 量 (質量%)、Mo_{sol} : 鋼中固溶 Mo 量 (質量%) とする。)

これは、Cr および / または Mo を適正量必須含有し、固溶 Cr 量および固溶 Mo 量を適正量確保することにより、広い範囲の pH を有する湿潤状態の土砂に晒されても、Cr および / または Mo が酸素酸として存在し、腐食摩耗を抑制するためと推察される。

【0015】

そしてさらに、上記の組成としたうえで、表面硬さを高く維持できれば、土砂摩耗に対する耐摩耗性と耐腐食摩耗性との顕著な向上が得られることも知見した。

【0016】

さらに、本発明者らは、Cr および / または Mo を適正量必須含有し、さらに、少なくとも C、Si、Mn、P、S、Al を適正量含む組成に調整することにより焼入れ性を向上させ、旧オーステナイト (γ) 粒径で 30 μm 以下の焼入れままマルテンサイト相を主相とする組織を確保することにより、優れた低温靱性をも確保することができることを知見した。

【0017】

10

20

30

40

50

本発明は、上記した知見に基づき、さらに検討を加えて完成されたものである。すなわち、本発明の要旨はつぎのとおりである。

(1) 質量%で、C: 0.10 ~ 0.20%、Si: 0.05 ~ 1.00%、Mn: 0.1 ~ 2.0%、P: 0.020%以下、S: 0.005%以下、Al: 0.005 ~ 0.100%を含み、さらに、Cr: 0.05 ~ 2.0%、Mo: 0.05 ~ 1.0%のうちから選ばれた1種または2種を含み、かつ鋼中固溶Cr量および鋼中固溶Mo量が下記(1)式を満足し、残部Feおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有し、焼入れままマルテンサイト相を主相とし、旧オーステナイト粒径が30 μm以下である組織を有し、

さらに、表面硬さが、ブリネル硬さHBW10/3000で360以上であることを特徴とする低温靱性および耐腐食摩耗性に優れた耐摩耗鋼板。

0.05 (Cr sol + 2.5 Mo sol) 2.0 (1)

ここで、Cr sol: 鋼中固溶Cr量(質量%)、Mo sol: 鋼中固溶Mo量(質量%)とする。

(2) (1)において、上記組成に加えてさらに、質量%で、Nb: 0.005 ~ 0.1%、Ti: 0.005 ~ 0.1%、V: 0.005 ~ 0.1%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする耐摩耗鋼板。

(3) (1)または(2)において、上記組成に加えてさらに、質量%で、Sn: 0.005 ~ 0.2%、Sb: 0.005 ~ 0.2%のうちから選ばれた1種または2種を含有することを特徴とする耐摩耗鋼板。

(4) (1)ないし(3)のいずれかにおいて、上記組成に加えてさらに、質量%で、Cu: 0.03 ~ 1.0%、Ni: 0.03 ~ 2.0%、B: 0.0003 ~ 0.0030%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする耐摩耗鋼板。

(5) (1)ないし(4)のいずれかにおいて、上記組成に加えてさらに、質量%で、REM: 0.0005 ~ 0.008%、Ca: 0.0005 ~ 0.005%、Mg: 0.0005 ~ 0.005%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする耐摩耗鋼板。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、とくに湿潤状態の土砂摩耗環境下での耐腐食摩耗性に優れ、さらに低温靱性にも優れ、しかも表面硬さを低下させることなく優れた耐摩耗性を安定的に有する耐摩耗鋼板を、容易にしかも安定して製造できる。

【発明を実施するための形態】

【0019】

まず、本発明の耐摩耗鋼板の組成の限定理由について説明する。なお、以下、とくに断わらない限り質量%は、単に%で記す。

【0020】

C: 0.10 ~ 0.20%

Cは、鋼板の硬さを高め、耐摩耗性を向上させるために重要な元素である。Cの含有量が0.10%未満では十分な硬さが得られない。一方、Cの含有量が0.20%を超えると、溶接性、低温靱性および加工性を低下させる。このため、Cの含有量は0.10 ~ 0.20%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.14 ~ 0.17%である。

【0021】

Si: 0.05 ~ 1.00%

Siは、溶鋼の脱酸剤として作用する有効な元素である。また、Siは固溶強化により鋼板の強度向上に有効に寄与する元素である。このような効果を確保するために、Siの含有量は0.05%以上とする。Siの含有量が0.05%未満では脱酸効果が十分に得られない。一方、Siの含有量が1.0%を超えると、延性、靱性が低下し、また鋼板中の介在物量が増加する。このため、Siの含有量は0.05 ~ 1.0%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.2 ~ 0.5%である。

10

20

30

40

50

【0022】

Mn : 0.1 ~ 2.0 %

Mn は、焼入れ性を向上させる作用を有する有効な元素である。このような効果を確保するために、Mn の含有量は 0.1 % 以上とする。一方、Mn の含有量が 2.0 % を超えると、溶接性が低下する。このため、Mn の含有量は 0.1 ~ 2.0 % の範囲に限定した。なお、好ましくは 0.4 ~ 1.6 %、より好ましくは 0.7 ~ 1.4 % である。

【0023】

P : 0.020 % 以下

P は、鋼中に多量含有すると低温靱性の低下を招くため、できるだけ低減することが望ましい。本発明において、P の含有量は 0.020 % まで許容できる。このため、P の含有量は 0.020 % 以下に限定した。なお、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、P の含有量は 0.005 % 以上とすることが望ましい。

【0024】

S : 0.005 % 以下

S は、鋼中に多量に含まれると MnS として析出する。高強度鋼では、MnS は破壊発生の起点となり、靱性の劣化を招く。このため、S はできるだけ低減することが望ましい。本発明において、S の含有量は 0.005 % まで許容できる。このため、S の含有量は 0.005 % 以下に限定した。なお、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、S の含有量は 0.0005 % 以上とすることが望ましい。

【0025】

Al : 0.005 ~ 0.100 %

Al は、溶鋼の脱酸剤として作用する有効な元素である。また、Al は結晶粒の微細化により低温靱性の向上に寄与する。このような効果を得るために、Al の含有量は 0.005 % 以上とする。Al の含有量が 0.005 % 未満ではこれらの効果が十分に得られない。一方、Al の含有量が 0.100 % を超えると、溶接性が低下する。このため、Al の含有量は 0.005 ~ 0.100 % の範囲に限定した。なお、好ましくは 0.015 ~ 0.050 % である。

【0026】

Cr : 0.05 ~ 2.0 %、Mo : 0.05 ~ 1.0 % のうちから選ばれた 1 種または 2 種

Cr、Mo はいずれも、腐食摩耗を抑制する作用を有し、選択して 1 種または 2 種を含有する。

【0027】

Cr は、焼入れ性を高め、マルテンサイト相を微細化することにより低温靱性を向上させる効果を有する。このため、本発明において、Cr は重要な元素である。また、湿潤状態の土砂等との接触が問題となるような腐食摩耗環境において、Cr はアノード反応により Cr 酸イオンとして溶出し、インヒビター効果により腐食を抑制することで、耐腐食摩耗性を向上させる効果を有する。このような効果を得るために、Cr の含有量は 0.05 % 以上とする。Cr の含有量が 0.05 % 未満では、このような効果を十分に発揮することができない。一方、Cr の含有量が 2.0 % を超えると、溶接性が低下するとともに、製造コストが高騰する。このため、Cr の含有量は 0.05 ~ 2.0 % の範囲に限定した。なお、好ましくは、0.07 ~ 1.20 % の範囲である。

【0028】

Mo は、焼入れ性を高め、マルテンサイト相を微細化することにより低温靱性を向上させる効果を有する。このため、本発明において、Mo は重要な元素である。また、湿潤状態の土砂等との接触が問題となるような腐食摩耗環境において、Mo はアノード反応により Mo 酸イオンとして溶出し、インヒビター効果により腐食を抑制することで、耐腐食摩耗性を向上させる効果を有する。このような効果を得るために、Mo の含有量は 0.05 % 以上とする。Mo の含有量が 0.05 % 未満では、このような効果を十分に発揮することができない。一方、Mo の含有量が 1.0 % を超えると、溶接性が低下するうえ、製造

10

20

30

40

50

コストが高騰する。このため、Moの含有量は0.05～1.0%の範囲に限定した。なお、好ましくは、0.10～0.50%である。

【0029】

なお、CrとMoを複合して含有することにより、耐腐食摩耗性のより顕著な向上を期待できる。これは、CrおよびMoが酸素酸として存在し得るpH領域が異なり、広い範囲のpHを有する湿潤状態の土砂等による腐食摩耗を抑制することができるためであると推定される。

【0030】

また、耐腐食摩耗性を向上させるために、本発明では、上記した範囲のCr、Moを含有し、さらに鋼中固溶Cr量および鋼中固溶Mo量が下記(1)式

$$0.05 < (Cr_{sol} + 2.5 Mo_{sol}) < 2.0 \quad (1)$$

(ここで、Cr_{sol}：鋼中固溶Cr量(質量%)、Mo_{sol}：鋼中固溶Mo量(質量%)とする。)

を満足するように、調整する。Cr、Moが炭化物等を形成し、析出物として析出すると、その析出物周辺では固溶Cr量、固溶Mo量が減少する。このため、上記したインヒビター効果が低減し、耐腐食摩耗性が低下する。本発明では、鋼中固溶Cr量(Cr_{sol})および鋼中固溶Mo量(Mo_{sol})が、上記(1)式を満足するように調節する。上記したインヒビター効果を十分に確保するためには、本発明では(Cr_{sol} + 2.5 Mo_{sol})を0.05以上とする必要がある。一方、(Cr_{sol} + 2.5 Mo_{sol})が2.0を超えると、効果が飽和するとともに、製造コストが高騰する。なお、好ましくは(Cr_{sol} + 2.5 Mo_{sol})が0.10～1.0である。

【0031】

なお、固溶Cr量および固溶Mo量は、以下の方法により算出することができる。鋼を、10%アセチルアセトン電解液中で電解抽出し、得られた抽出残渣(析出物)をICP発光分光分析法で分析する。ここで、抽出残渣中に含まれるCr量を析出Cr量、抽出残渣中に含まれるMo量を析出Mo量として、それぞれ定量する。この定量値を、全Cr量、全Mo量からそれぞれ差し引くことにより、固溶Cr量および固溶Mo量を求める。

【0032】

また、固溶Cr量、固溶Mo量が(1)式を満足するようにするためには、炭化物等の析出を極力抑制する必要がある。そのためには、熱履歴を調整したり、Nb量やTi量の制御する必要がある。具体的には例えば、CrやMoの炭化物等の析出する温度範囲(500～800)に保持される時間を極力短くすることや、CrやMoよりも炭化物等を形成しやすいNbやTiを添加することが望ましい。

【0033】

上記した成分が、本発明の基本の成分である。本発明は、上記基本の成分に加えて、さらに、選択元素として、Nb：0.005～0.1%、Ti：0.005～0.1%、V：0.005～0.1%のうちから選ばれた1種または2種以上、および/または、Sn：0.005～0.2%、Sb：0.005～0.2%のうちから選ばれた1種または2種、および/または、Cu：0.03～1.0%、Ni：0.03～2.0%、B：0.0003～0.0030%のうちから選ばれた1種または2種以上、および/または、REM：0.0005～0.008%、Ca：0.0005～0.005%、Mg：0.0005～0.005%のうちから選ばれた1種または2種以上、を選択して含有できる。

【0034】

Nb：0.005～0.1%、Ti：0.005～0.1%、V：0.005～0.1%のうちから選ばれた1種または2種以上

Nb、Ti、Vはいずれも、炭窒化物等の析出物として析出し、組織の微細化を介して靱性を向上させる元素である。本発明では、必要に応じて、Nb、Ti、Vのうちから選ばれた1種または2種以上を含有できる。

【0035】

Nbは、炭窒化物として析出し、組織の微細化を介して靱性の向上に有効に寄与する元

10

20

30

40

50

素である。このような効果を確保するために、Nbの含有量は0.005%以上とすることが好ましい。一方、Nbの含有量が0.1%を超えると、溶接性が低下する。このため、Nbを含有する場合には、Nbの含有量は0.005~0.1%の範囲に限定することが好ましい。なお、組織微細化の観点から、Nbの含有量は0.012~0.03%の範囲とすることがより好ましい。

【0036】

Tiは、TiNとして析出し、固溶Nの固定を介して靱性向上に寄与する元素である。このような効果を得るために、Tiの含有量は0.005%以上とすることが好ましい。一方、Tiの含有量が0.1%を超えると、粗大な炭窒化物が析出し、靱性が低下する。このため、Tiを含有する場合には、Tiの含有量は0.005~0.1%の範囲に限定することが好ましい。なお、コスト低減という観点から、Tiの含有量は0.005~0.03%の範囲に限定することがより好ましい。

10

【0037】

Vは、炭窒化物として析出し、組織を微細化する効果を介し靱性向上に寄与する元素である。このような効果を得るために、Vの含有量は0.005%以上とすることが好ましい。一方、Vの含有量が0.1%を超えると、溶接性が低下する。このため、Vを含有する場合には、Vの含有量は0.005~0.1%の範囲に限定することが好ましい。

【0038】

Sn: 0.005~0.2%、Sb: 0.005~0.2%のうちから選ばれた1種または2種

20

Sn、Sbはいずれも、耐腐食摩耗性を向上させる元素である。本発明では、必要に応じて、Sn、Sbのうちから選ばれた1種または2種を含有できる。

【0039】

Snは、アノード反応によりSnイオンとして溶出し、インヒビター効果により腐食を抑制することで、鋼板の耐腐食摩耗性を向上させる。また、Snは、鋼板表面にSnを含む酸化皮膜を形成し、鋼板のアノード反応、カソード反応を抑制することで、鋼板の耐腐食摩耗性を向上させる。これらの効果を得るためには、Snの含有量は0.005%以上とすることが好ましい。一方、Snの含有量が0.2%を超えると、鋼板の延性や靱性の劣化を招く。このため、Snを含有する場合には、Snの含有量は0.005~0.2%の範囲に限定することが好ましい。なお、トランプエレメントの低減という観点から、Snの含有量は0.005~0.1%の範囲とすることがより好ましい。

30

【0040】

Sbは、鋼板のアノード反応を抑制するとともに、カソード反応である水素発生反応を抑制することで鋼板の腐食を抑制し、耐腐食摩耗性を向上させる。このような効果を充分に得るためには、Sbの含有量は0.005%以上とすることが好ましい。一方、Sbの含有量が0.2%を超えると靱性の劣化を招く。このため、Sbを含有する場合には、Sbの含有量は0.005~0.2%の範囲とすることが好ましい。なお、より好ましくは、0.005~0.1%である。

【0041】

Cu: 0.03~1.0%、Ni: 0.03~2.0%、B: 0.0003~0.0030%のうちから選ばれた1種または2種以上

40

Cu、Ni、Bはいずれも、焼入れ性を向上させる元素である。本発明では、必要に応じてCu、Ni、Bのうちから選ばれた1種または2種以上を含有できる。

【0042】

Cuは、焼入れ性向上に寄与する元素である。このような効果を得るためには、Cuの含有量は0.03%以上とすることが好ましい。一方、Cuの含有量が1.0%を超えると、熱間加工性が低下し、製造コストも高騰する。このため、Cuを含有する場合には、Cuの含有量は0.03~1.0%の範囲に限定することが好ましい。なお、コストのより低減という観点からは、Cuの含有量は0.03~0.5%の範囲に限定することがより好ましい。

50

【 0 0 4 3 】

Niは、焼入れ性を向上させるとともに、低温靱性向上にも寄与する元素である。このような効果を得るためには、Niの含有量は0.03%以上とすることが好ましい。一方、Niの含有量が2.0%を超えると、製造コストを上昇させる。このため、Niを含有する場合には、Niの含有量は0.03~2.0%の範囲に限定することが好ましい。なお、コストのより低減という観点からは、Niの含有量は0.03~0.5%の範囲に限定することがより好ましい。

【 0 0 4 4 】

Bは、微量含有で焼入れ性向上に寄与する元素である。このような効果を得るためには、Bの含有量は0.0003%以上とすることが好ましい。一方、Bの含有量が0.0030%を超えると、靱性が低下する。このため、Bを含有する場合には、Bの含有量は0.0003~0.0030%の範囲に限定することが好ましい。なお、耐摩耗鋼板の溶接に一般的に使用されるCO₂溶接などの低入熱溶接部における低温割れを抑制する観点からは、Bの含有量は0.0003~0.0015%の範囲に限定することがより好ましい。

10

【 0 0 4 5 】

REM: 0.0005~0.008%、Ca: 0.0005~0.005%、Mg: 0.0005~0.005%のうちから選ばれた1種または2種以上

REM、Ca、Mgはいずれも、Sと結合し硫化物系介在物を生成する元素であるため、MnSの生成を抑制する元素である。本発明では、必要に応じてREM、Ca、Mgのうちから選ばれた1種または2種以上を含有できる。

20

【 0 0 4 6 】

REMは、Sを固定し、靱性低下の原因となるMnSの生成を抑制する。このような効果を得るために、REMの含有量は0.0005%以上とすることが好ましい。一方、REMの含有量が0.008%を超えると、鋼中介在物量が増加し、かえって靱性の低下を招く。このため、REMを含有する場合には、REMの含有量は0.0005~0.008%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.0005~0.0020%である。

【 0 0 4 7 】

Caは、Sを固定し、靱性低下の原因となるMnSの生成を抑制する。このような効果を得るために、Caの含有量は0.0005%以上とすることが好ましい。一方、Caの含有量が0.005%を超えると、鋼中介在物量が増加し、かえって靱性の低下を招く。このため、Caを含有する場合には、Caの含有量は0.0005~0.005%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.0005~0.0030%である。

30

【 0 0 4 8 】

Mgは、Sを固定し、靱性低下の原因となるMnSの生成を抑制する。このような効果を得るために、Mnの含有量は0.0005%以上とすることが好ましい。一方、0.005%を超えると、鋼中介在物量が増加し、かえって靱性の低下を招く。このため、Mgを含有する場合には、Mgの含有量は0.0005~0.005%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.0005~0.0040%である。

40

【 0 0 4 9 】

さらに、本発明の耐摩耗鋼板は、上記の成分組成を有し、焼入れままマルテンサイト相を主相とし、旧オーステナイト(γ)粒径が30 μ m以下である組織を有する。なお、ここでいう「主相」とは、面積率で90%以上を占める相をいうものとする。

【 0 0 5 0 】

焼入れままマルテンサイト相: 面積率で90%以上

焼入れままマルテンサイト相の相分率が、面積率で90%未満では、所望の硬さを確保できず、耐摩耗性が低下し、所望の耐摩耗性を確保できない。また、十分な低温靱性を確保できない。また、焼戻しマルテンサイトでは、焼戻しによってセメンタイトが生成する

50

際にCrおよびMoがFeと共に炭化物を形成し、耐食性確保に有効な固溶CrおよびMoが減少してしまう。このため、マルテンサイト相は焼戻しをしない焼入れままマルテンサイトとする。なお、焼入れままマルテンサイトの面積率は、好ましくは95%以上である。

【0051】

旧 γ 粒径：30 μ m以下

焼入れままマルテンサイト相が面積率で90%以上を確保できても、旧 γ 粒径が30 μ mを超えて粗大となると、やはり低温靱性が低下する。なお、旧 γ 粒径は、ピクリン酸腐食液で腐食した組織を光学顕微鏡（倍率：400倍）で観察し、JIS G 0551の規定に準拠して、求めた値を用いるものとする。

10

【0052】

上記した組成、組織を有する本発明の耐摩耗鋼板は、ブリネル硬さHBW10/3000で360以上である。

【0053】

表面硬さ：ブリネル硬さHBW10/3000で360以上

表面硬度がブリネル硬さHBW10/3000で360未満では、耐摩耗鋼板としての寿命が短くなる。なお、ブリネル硬さは、JIS Z 2243（2008）の規定に準拠して測定するものとする。

【0054】

次に、本発明耐摩耗鋼板の好ましい製造方法について説明する。

20

【0055】

上記した組成の鋼素材を、所定の温度を保持している場合には冷却せずにそのまま、あるいは冷却して再加熱したのち、熱間圧延して、所望の寸法形状の鋼板とする。

なお、鋼素材の製造方法は、とくに限定する必要はない。上記した組成の溶鋼を、転炉等の公知の溶製方法で溶製し、連続鋳造法等の公知の鋳造方法で所定寸法のスラブ等の鋼素材とすることが好ましい。なお、造塊 - 分塊圧延法で鋼素材としてもよいことは言うまでもない。

【0056】

再加熱温度：950～1250

再加熱温度が950未満では、変形抵抗が高くなりすぎて圧延負荷が過大となり、熱間圧延ができなくなる場合がある。一方、1250を超える高温では、結晶粒の粗大化が著しくなり、所望の高靱性を確保できなくなる。このため、再加熱温度は950～1250の範囲に限定することが好ましい。

30

【0057】

再加熱された鋼素材は、あるいは再加熱することなく所定の温度を保持した鋼素材は、ついで、熱間圧延を施して、所望の寸法形状の鋼板とする。熱間圧延条件はとくに限定する必要はない。熱間圧延終了後、直ちに焼入れる直接焼入れ処理（DQ）を施すことが好ましい。なお、焼入れ開始温度は、Ar3変態点以上の温度とすることが好ましい。焼入れ開始温度をAr3変態点以上の温度とするためには、熱間圧延終了温度は、Ar3変態点以上の温度である800～950の範囲とすることが好ましい。また、焼入れの冷却速度は、マルテンサイト相が形成される冷却速度以上であればとくに限定されない。

40

【0058】

また、冷却停止温度は、Ms点以下の温度とすることが好ましい。より好ましくは、焼入れままマルテンサイト相が自己焼戻しされることを防止するため、300以下である。さらに好ましくは、200以下である。

【0059】

また、熱間圧延終了後、直ちに焼入れる直接焼入れ処理に代えて、熱間圧延終了後放冷したのち、所定の加熱温度に再加熱し、さらに焼入れる再加熱焼入れ処理（RQ）としてもよい。なお、再加熱焼入れ温度としては、850～950とすることが望ましい。再加熱後の焼入れの冷却速度は、マルテンサイト相が形成される冷却速度以上であればとくに限

50

定されない。また、冷却停止温度は、 M_s 点以下の温度とすることが好ましい。より好ましくは、焼入れままマルテンサイト相が自己焼戻しされることを防止するため、 300 以下である。さらに好ましくは、 200 以下である。

【実施例 1】

【0060】

以下、実施例に基づき、さらに本発明について説明する。

【0061】

表 1 に示す組成の溶鋼を、真空溶解炉で溶製し、鋳型に鋳造し、 150 kg f 鋼塊（鋼素材）とした。これら鋼素材を、表 2、3 に示す再加熱温度に加熱したのち、表 2、3 に示す条件で熱間圧延し、ついで熱間圧延終了後直ちに焼入れ（直接焼入れ）する直接焼入れ処理（DQ）を行った。一部の鋼板では、熱間圧延終了後空冷し、さらに表 2、3 に示す加熱温度に再加熱したのち、焼入れする再加熱焼入れ処理（RQ）を行った。

10

【0062】

得られた鋼板から、試験片を採取し、組織観察、表面硬さ試験、シャルピ - 衝撃試験、耐腐食摩耗試験を実施した。なお、得られた鋼板から、電解抽出用試験片を採取し、 10% AA 電解液（ 10% アセチルアセトン - 1% 塩化テトラメチルアンモニウム - メチルアルコール電解液）中で電解し、残渣を抽出した。得られた抽出残渣について、ICP 発光分光分析法を用いて、抽出残渣中に含まれる Cr、Mo 量を分析し、析出物となっている Cr 量および Mo 量を算出した。ついで、全 Cr 量から析出物となっている Cr 量、および、全 Mo 量から析出物となっている Mo 量を、それぞれ差し引き、固溶 Cr 量（Cr sol）、固溶 Mo 量（Mo sol）をそれぞれ求めた。

20

【0063】

試験方法は次のとおりとした。

【0064】

（1）組織観察

得られた鋼板の板厚 $1/2$ 位置から、観察面が圧延方向に対して垂直断面となるように組織観察用試験片を採取した。試験片を研磨し、ピクリン酸腐食液で腐食させて旧 γ 粒を現出させたのち、光学顕微鏡（倍率： 400 倍）で観察した。各 100 個の旧 γ 粒の円相当径を測定し、得られた値を算術平均した。この平均値をその鋼板の旧 γ 粒径とした。

【0065】

30

また、得られた鋼板の板厚 $1/2$ 位置から、板面に平行に薄膜状試片（透過電子顕微鏡組織観察用試験片）を採取した。試験片を研削、研磨（機械研磨、電解研磨）により薄膜とした。次いで、透過電子顕微鏡（倍率： 20000 倍）により各 20 視野観察し、セメントタイトの析出していない領域を焼入れままマルテンサイト相領域として、その面積を測定した。組織全体に対する割合（％）で表示し、これを焼入れままマルテンサイト分率（面積率）とした。

【0066】

（2）表面硬さ試験

得られた鋼板から、表面硬さ測定用試験片を採取し、JIS Z 2243（2008）の規定に準拠し、表面硬さ HBW $10/3000$ を測定した。硬さ測定は、 10 mm のタングステン硬球を使用し、荷重は 3000 kg f とした。

40

【0067】

（3）シャルピ - 衝撃試験

得られた鋼板の板厚 $1/2$ 位置で、JIS Z 2242（2005）の規定に準拠して、圧延方向に垂直な方向（C 方向）から V ノッチ試験片を採取し、シャルピー衝撃試験を実施した。試験温度は -40 とし、吸収エネルギー vE_{40} （J）を求めた。なお、試験片本数は各 3 本とし、その算術平均を当該鋼板の吸収エネルギー vE_{40} とした。 vE_{40} が 30 J 以上である鋼板を、「母材低温靱性」に優れる鋼板と評価した。なお、板厚 10 mm 未満の鋼板については、 $1/2\text{ t}$ サブサイズシャルピー試験片を用いた（t：板厚）。 $1/2\text{ t}$ サブサイズシャルピー試験片の場合には、 vE_{40} が 15 J 以

50

上である鋼板を、「母材靱性」に優れる鋼板と評価した。

【0068】

(4) 耐腐食摩耗試験

得られた鋼板の表層1mmの位置から摩耗試験片(大きさ:10mm厚×25mm幅×75mm長さ)を採取した。これら試験片を摩耗試験機に装着し、摩耗試験を実施した。摩耗試験片は、試験機回転子の回転軸と垂直に、かつ25mm×75mmの面が回転円の円周接線方向となるように、取り付けたのち、試験片および回転子を外槽で覆い、内部に摩耗材を導入した。摩耗材は、平均粒径0.65mmの珪砂および濃度が15000質量ppmとなるよう調製したNaCl水溶液を、珪砂とNaCl水溶液の重量比が3:2となるよう混合したものをを用いた。

10

【0069】

試験条件は、回転子:600回/分、外槽:45回/分として、それぞれ回転させて行った。回転子の回転数が、計10800回となるまで回転させたのち、試験を終了した。試験終了後、各試験片の重量を測定した。そして、試験後重量と初期重量との差(=重量減少量)を算出し、引張り強さ400MPa級一般構造用圧延鋼材SS400(Rolled steels for general structure, Tensile strength 400MPa class)(JIS G3101)(従来例)の重量減少量を基準値とし、耐摩耗比(=(基準値)/(試験片の重量減少量))を算出した。耐摩耗比が1.5以上である場合を「耐腐食摩耗性に優れる」と評価した。

【0070】

得られた結果を表4、5に示す。

20

【0071】

【 表 1 】

鋼 No.	化学成分(質量%)												Ar3変態点 (°C)	備考
	C	Si	Mn	P	S	solAl	Cr	Mo	Nb,Ti,V	Sn,Sb	Cu,Ni,B	REM,Ca,Mg		
A	0.15	0.36	1.38	0.007	0.0017	0.032	0.11						751	本発明範囲内
B	0.13	0.29	0.42	0.009	0.0026	0.028	1.37				Cu:0.07,Ni:0.15		806	本発明範囲内
C	0.15	0.33	1.05	0.009	0.0019	0.021	0.40		Nb:0.02,Ti:0.016		B:0.0015		774	本発明範囲内
D	0.19	0.31	1.15	0.008	0.0026	0.021		0.12					750	本発明範囲内
E	0.20	0.25	1.64	0.008	0.0018	0.023		0.21	Ti:0.014			REM:0.0015	700	本発明範囲内
F	0.12	0.35	0.52	0.007	0.0017	0.030		0.56	V:0.041			Ca:0.0019	786	本発明範囲内
G	0.14	0.29	1.12	0.007	0.0026	0.029	0.06	0.07	Ti:0.014,V:0.016		B:0.0009	Mg:0.0011	771	本発明範囲内
H	0.17	0.31	1.01	0.008	0.0021	0.024	0.41	0.09					763	本発明範囲内
I	0.16	0.25	0.49	0.011	0.0016	0.027	0.81	0.21	Nb:0.018		B:0.0025		792	本発明範囲内
J	0.15	0.34	1.21	0.010	0.0023	0.023	0.09	0.14	Nb:0.02,Ti:0.014		B:0.0013		754	本発明範囲内
K	0.16	0.32	0.99	0.008	0.0025	0.026	1.01	0.22	Nb:0.02,Ti:0.014		B:0.0011		748	本発明範囲内
L	0.15	0.33	0.93	0.009	0.0021	0.028	0.76	0.36	Nb:0.019,Ti:0.015,V:0.045		B:0.0013		749	本発明範囲内
M	0.15	0.36	1.01	0.008	0.0022	0.022	0.10	0.25	Nb:0.019,Ti:0.013		B:0.0012		761	本発明範囲内
N	0.16	0.29	0.95	0.007	0.0019	0.026	0.31		Nb:0.019,Ti:0.014	Sn:0.035	B:0.0013		780	本発明範囲内
O	0.14	0.21	1.35	0.007	0.0023	0.025	0.08	0.21	Nb:0.020,Ti:0.012	Sn:0.067	B:0.0014		741	本発明範囲内
P	0.15	0.26	1.09	0.007	0.0029	0.030	0.80	0.33	Nb:0.017,Ti:0.014	Sn:0.045,Sb:0.044	B:0.0009		738	本発明範囲内
Q	0.18	0.29	0.87	0.007	0.0014	0.019	1.10	0.34	Nb:0.029,Ti:0.021,V:0.034		Cu:0.24 ,Ni:0.31	Ca:0.0012	719	本発明範囲内
R	0.17	0.38	1.43	0.008	0.0016	0.023	0.02		Ti:0.016,V:0.019			Ca:0.0013	743	本発明範囲外
S	0.12	0.37	1.51	0.012	0.0023	0.030		0.02			B:0.0031		750	本発明範囲外
T	0.16	0.34	1.23	0.011	0.0019	0.021	0.04		Ti:0.014,V:0.025		Cu:0.12		759	本発明範囲外
U	0.14	0.28	1.36	0.007	0.0019	0.025	0.03	0.02			Ni:0.14	Mg:0.0021	748	本発明範囲外
V	0.08	0.35	0.98	0.008	0.0023	0.028	0.19	0.15	Nb:0.022				792	本発明範囲外

下線は本発明範囲外

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

【表 2】

鋼板 No.	鋼 No.	板厚 (mm)	処理の 種類*	熱間圧延					熱処理		
				再加熱 温度 (°C)	圧延終了 温度 (°C)	冷却 開始 温度 (°C)	冷却 方法	冷却 停止 温度 (°C)	加熱 温度 (°C)	冷却 方法	冷却 停止 温度 (°C)
1	A	12	RQ	1110	860	—	空冷	—	870	水冷	250
2	A	19	DQ	1110	870	840	水冷	200	—	—	—
3	A	35	DQ	1110	880	850	水冷	230	—	—	—
4	B	6	RQ	1120	910	—	空冷	—	880	水冷	150
5	B	19	RQ	1120	930	—	空冷	—	900	水冷	150
6	B	32	DQ	1120	870	800	水冷	150	—	—	—
7	C	6	RQ	1120	850	—	空冷	—	950	水冷	200
8	C	12	RQ	1120	860	—	空冷	—	870	水冷	200
9	C	19	DQ	1120	890	830	水冷	150	—	—	—
10	D	19	DQ	1050	840	810	水冷	150	—	—	—
11	D	25	DQ	1050	850	800	水冷	150	—	—	—
12	D	35	DQ	1050	880	820	水冷	130	—	—	—
13	E	6	RQ	1120	840	—	空冷	—	930	水冷	150
14	E	12	RQ	1120	870	—	空冷	—	900	水冷	150
15	E	20	DQ	1120	890	830	水冷	150	—	—	—
16	F	12	RQ	1120	890	—	空冷	—	900	水冷	150
17	F	19	DQ	1120	870	850	水冷	150	—	—	—
18	F	32	DQ	1120	890	840	水冷	170	—	—	—
19	G	20	DQ	1150	920	880	水冷	160	—	—	—
20	G	25	RQ	1150	930	—	空冷	—	900	水冷	150
21	G	35	DQ	1150	910	870	水冷	200	—	—	—
25	I	12	RQ	1120	900	—	空冷	—	900	水冷	170
26	I	19	RQ	1120	920	—	空冷	—	910	水冷	170
27	I	25	DQ	1120	880	830	水冷	210	—	—	—
28	I	12	DQ	1170	900	860	水冷	210	—	—	—
29	J	25	DQ	1170	920	880	水冷	220	—	—	—
30	J	35	RQ	1170	880	—	空冷	—	900	水冷	160
37	K	6	RQ	1070	900	—	空冷	—	900	水冷	170
38	K	19	RQ	1170	920	—	空冷	—	900	水冷	170
39	K	25	RQ	1120	860	—	空冷	—	900	水冷	170
40	L	6	RQ	1120	880	—	空冷	—	870	水冷	170
41	L	19	RQ	1120	900	—	空冷	—	920	水冷	170
42	L	25	RQ	1120	890	—	空冷	—	900	水冷	170

下線は本発明範囲外

* DQ: 直接焼入れ、RQ: 再加熱焼入れ

【 0 0 7 3 】

【表 3】

鋼板 No.	鋼 No.	板厚 (mm)	処理の 種類*	熱間圧延					熱処理		
				再加熱 温度 (°C)	圧延終了 温度 (°C)	冷却 開始 温度 (°C)	冷却 方法	冷却 停止 温度 (°C)	加熱 温度 (°C)	冷却 方法	冷却 停止 温度 (°C)
43	M	12	RQ	1120	900	—	空冷	—	910	水冷	170
44	M	19	DQ	1120	870	840	水冷	220	—	—	—
45	M	32	DQ	1120	890	830	水冷	220	—	—	—
46	N	12	RQ	1120	900	—	空冷	—	900	水冷	150
47	N	25	RQ	1120	920	—	空冷	—	870	水冷	150
48	N	32	RQ	1120	900	—	空冷	—	880	水冷	150
49	O	6	RQ	1070	880	—	空冷	—	920	水冷	150
50	O	12	RQ	1070	900	—	空冷	—	910	水冷	150
51	O	19	RQ	1070	920	—	空冷	—	900	水冷	150
52	P	6	RQ	1120	920	—	空冷	—	880	水冷	150
53	P	25	RQ	1120	920	—	空冷	—	900	水冷	150
54	P	32	RQ	1120	860	—	空冷	—	910	水冷	150
55	Q	12	RQ	1080	900	—	空冷	—	910	水冷	150
56	Q	19	DQ	1080	880	840	水冷	150	—	—	—
57	Q	25	DQ	1080	860	820	水冷	150	—	—	—
58	R	6	RQ	1120	850	—	空冷	—	880	水冷	310
59	R	19	DQ	1120	870	830	水冷	320	—	—	—
60	R	35	RQ	1120	900	—	空冷	—	850	水冷	310
61	S	6	DQ	1150	880	840	水冷	310	—	—	—
62	S	19	DQ	1150	840	820	水冷	310	—	—	—
63	S	35	DQ	1150	820	810	水冷	310	—	—	—
64	T	19	RQ	1130	930	—	空冷	—	900	水冷	310
65	T	25	DQ	1130	920	890	水冷	310	—	—	—
66	T	35	DQ	1130	850	830	水冷	310	—	—	—
67	U	12	RQ	1200	860	—	空冷	—	900	水冷	320
68	U	25	RQ	1200	890	—	空冷	—	900	水冷	310
69	U	35	DQ	1200	880	840	水冷	310	—	—	—
70	V	12	RQ	1180	840	—	空冷	—	900	水冷	210
71	V	19	RQ	1180	930	—	空冷	—	930	水冷	210
72	V	30	DQ	1180	900	850	水冷	210	—	—	—

下線は本発明範囲外

* DQ: 直接焼入れ、RQ: 再加熱焼入れ

【 0 0 7 4 】

【表 4】

鋼板 No.	鋼 No.	固溶量	組織		表面硬さ	低温靱性	耐腐食摩耗性	備考
		Cr溶+ 2.5Mosol (質量%)	旧オーステ ナイト粒径 (μm)	マルテンサイト 分率 (面積%)	HBW 10/3000	vE ₋₄₀ (J)	耐摩耗比 (基準:1.0(従来例))	
1	A	0.07	26	93	405	40	1.59	本発明例
2	A	0.08	21	91	413	36	1.54	本発明例
3	A	0.07	19	90	418	33	1.51	本発明例
4	B	1.21	19	95	382	60	2.23	本発明例
5	B	1.18	21	93	386	83	2.28	本発明例
6	B	1.20	23	91	390	80	2.27	本発明例
7	C	0.36	20	94	427	47	1.67	本発明例
8	C	0.35	22	93	430	72	1.73	本発明例
9	C	0.35	24	91	431	60	1.66	本発明例
10	D	0.23	27	93	469	50	1.57	本発明例
11	D	0.25	28	92	472	47	1.53	本発明例
12	D	0.26	29	90	474	42	1.56	本発明例
13	E	0.44	23	96	479	40	1.77	本発明例
14	E	0.45	21	94	482	61	1.80	本発明例
15	E	0.44	24	92	486	57	1.75	本発明例
16	F	1.03	19	94	365	75	2.12	本発明例
17	F	1.05	21	93	364	72	2.18	本発明例
18	F	1.04	24	91	362	69	2.14	本発明例
19	G	0.21	22	93	406	65	1.61	本発明例
20	G	0.22	24	91	397	70	1.66	本発明例
21	G	0.22	23	91	401	66	1.66	本発明例
25	I	1.13	10	96	435	101	2.29	本発明例
26	I	1.14	14	94	438	97	2.22	本発明例
27	I	1.12	13	93	440	93	2.20	本発明例
28	I	0.29	17	94	410	85	2.00	本発明例
29	J	0.30	18	95	413	80	2.01	本発明例
30	J	0.29	14	91	406	84	2.02	本発明例
37	K	1.33	9	96	436	73	2.44	本発明例
38	K	1.35	13	93	430	100	2.47	本発明例
39	K	1.31	11	95	433	105	2.45	本発明例
40	L	1.23	10	97	420	72	2.27	本発明例
41	L	1.25	11	95	419	103	2.28	本発明例
42	L	1.26	10	95	416	104	2.22	本発明例

下線は発明範囲外

【 0 0 7 5 】

【表 5】

鋼板 No.	鋼 No.	固溶量	組織		表面硬さ	低温靱性	耐腐食摩耗性	備考
		Crsol+ 2.5Mosol (質量%)	旧オーステ ナイト粒径 (μm)	マルテンサイト 分率 (面積%)	HBW 10/3000	vE ₋₄₀ (J)	耐摩耗比 (基準:1.0(従来例))	
43	M	0.36	13	95	415	83	1.97	本発明例
44	M	0.35	17	93	413	79	1.99	本発明例
45	M	0.37	19	91	409	77	1.95	本発明例
46	N	0.22	16	94	440	81	2.09	本発明例
47	N	0.22	13	92	432	89	2.03	本発明例
48	N	0.21	15	91	425	83	2.00	本発明例
49	O	0.35	15	95	405	55	2.10	本発明例
50	O	0.36	14	94	409	86	2.06	本発明例
51	O	0.35	13	93	403	92	2.10	本発明例
52	P	1.21	15	98	425	55	2.40	本発明例
53	P	1.19	14	96	419	81	2.42	本発明例
54	P	1.18	15	96	423	80	2.42	本発明例
55	Q	1.51	9	99	462	110	2.44	本発明例
56	Q	1.50	7	98	466	99	2.47	本発明例
57	Q	1.50	6	97	460	103	2.42	本発明例
58	R	0.01	36	91	436	11	0.78	比較例
59	R	0.01	34	93	441	24	0.73	比較例
60	R	0.01	38	90	433	14	0.76	比較例
61	S	0.01	35	88	355	13	0.80	比較例
62	S	0.02	33	87	352	25	0.70	比較例
63	S	0.01	31	86	348	27	0.74	比較例
64	T	0.04	29	90	435	25	0.92	比較例
65	T	0.03	28	88	441	21	0.95	比較例
66	T	0.03	29	88	440	23	1.00	比較例
67	U	0.04	31	89	401	25	1.14	比較例
68	U	0.04	32	87	396	22	1.07	比較例
69	U	0.04	32	86	394	20	1.11	比較例
70	V	0.29	24	91	290	60	0.64	比較例
71	V	0.31	26	90	295	55	0.65	比較例
72	V	0.30	23	92	299	53	0.66	比較例

下線は発明範囲外

【0076】

本発明例はいずれも、表面硬さがHBW10/3000で360以上の表面硬さ、vE₋₄₀:30J以上(1/2t試験片の場合は15J以上)の優れた低温靱性および耐摩耗比:1.5以上の優れた耐腐食摩耗性を有している。一方、本発明の範囲を外れる比較例は、表面硬さが低いか、低温靱性が低下しているかあるいは耐腐食摩耗性が低下しているか、あるいはそれらの2つ以上が低下している。

10

20

30

フロントページの続き

(72)発明者 石川 信行
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 佐藤 陽一

(56)参考文献 特開2005-256169(JP,A)
特開2011-179122(JP,A)
特開2009-030092(JP,A)
国際公開第2009/087990(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22C 38/00 - 38/60
C21D 8/02