

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6217671号
(P6217671)

(45) 発行日 平成29年10月25日(2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日(2017.10.6)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 O 1 H
C 2 2 C 38/38	(2006.01)	C 2 2 C 38/38	
C 2 2 C 38/58	(2006.01)	C 2 2 C 38/58	
C 2 1 D 8/02	(2006.01)	C 2 1 D 8/02	B

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-44495 (P2015-44495)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成27年3月6日(2015.3.6)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2015-200015 (P2015-200015A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成27年11月12日(2015.11.12)	(74) 代理人	100126701
審査請求日	平成27年10月27日(2015.10.27)		弁理士 井上 茂
(31) 優先権主張番号	特願2014-71528 (P2014-71528)	(72) 発明者	三浦 進一
(32) 優先日	平成26年3月31日(2014.3.31)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		F E スチール株式会社内
前置審査		(72) 発明者	柚賀 正雄
			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	大森 章夫
			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】 高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C : 0 . 1 8 ~ 0 . 2 5 %、

S i : 0 . 0 5 ~ 1 . 0 0 %、

M n : 0 . 1 0 ~ 2 . 0 0 %、

P : 0 . 0 2 0 % 以下、

S : 0 . 0 0 5 0 % 以下、

A l : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 0 0 %、

C r : 0 . 0 5 ~ 2 . 0 0 %、

N b : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 0 0 %、

T i : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 0 0 %、

W : 0 . 0 5 ~ 1 . 0 0 %、

下記の(1)式で定義されるDI*が45.0以上、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成と、旧オーステナイト粒径が30μm以下である焼入れままマルテンサイト相を主相とする組織と、さらに、表面硬さが、ブリネル硬さHBW10/3000で400以上を有することを特徴とする高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

$$D I * = 3 3 . 8 5 \times (0 . 1 \times C) ^ 0 . 5 \times (0 . 7 \times S i + 1) \times (3 . 3 3 \times M n + 1) \times (0 . 3 5 \times C u + 1) \times (0 . 3 6 \times N i + 1) \times (2 . 1 6 \times C r + 1) \times (3 \times M o + 1) \times (1 . 7 5 \times V + 1) \times (1 . 5 \times W + 1) \quad (1)$$

式において、各合金元素は含有量（質量％）とし、含有しない元素は0とする。

【請求項2】

さらに、質量％で、

N : 0.0015 ~ 0.0050 %、

を含有することを特徴とする請求項1に記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

【請求項3】

前記Siの含有量が0.34 ~ 1.00 %であり、

さらに、質量％で、

Mo : 0.05 ~ 1.00 %、

Cu : 0.03 ~ 1.00 %、

Ni : 0.03 ~ 2.00 %、

V : 0.005 ~ 0.100 %、

B : 0.0003 ~ 0.0030 %

から選ばれる一種または二種以上を含有することを特徴とする請求項1または2に記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

【請求項4】

前記Siの含有量が0.34 ~ 1.00 %であり、

さらに、質量％で、

REM : 0.0005 ~ 0.0080 %、

Mg : 0.0005 ~ 0.0050 %、

から選ばれる一種または二種以上を含有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一つに記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、産業機械、運搬機器等で耐摩耗性が要求される部材用に用いられる厚鋼板に関し、特に、高温環境における耐摩耗性に優れたものに関する。

【背景技術】

【0002】

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、運搬機器等では、その部品に土砂等により摩耗が生じるため、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。

【0003】

特に、扱う土砂等の硬度が高い場合など、摩耗により著しく発熱する摩耗環境に晒される鋼板や、高温環境下で使用される部材は、高温で硬さが低下して、耐摩耗性が低下するため、耐高温摩耗性に優れた耐摩耗鋼材が望まれている。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とから、高温耐摩耗性に加えて、優れた低温靱性を有することが望まれている。耐摩耗鋼に関しては種々の技術が提案されている。

【0004】

例えば、特許文献1では、質量％で、C : 0.30 ~ 0.50 %、Cr : 0.10 ~ 0.50 %、Mo : 0.05 ~ 1.00 %、適正量のSi、Mn、Al、N、Ti、Nb、B、を含有する鋼片を熱間圧延したのち、Ar3変態点以上の温度から焼入れ処理し、続いて焼戻して、低温靱性に優れた高硬度耐摩耗鋼を製造する方法が提案され、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し、焼戻処理を施すことによりさらに向上することが記載されている。

【0005】

特許文献2では、質量％で、C : 0.18 ~ 0.25 %、Si : 0.10 ~ 0.30 %、Mn : 0.03 ~ 0.10 %、Cr : 1.00 ~ 2.00 %、Mo : 0.50超 ~ 0.80 %、Nb、Al、N、Bの適正量を含有する水焼入れおよび焼戻処理後の靱性並びに

10

20

30

40

50

耐遅れ破壊特性に優れる高靱性耐摩耗鋼板が提案され、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し、焼戻処理を施すことにより低温靱性が向上することが記載されている。

【0006】

特許文献3では、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%、さらにNbおよび/またはTiの適正量を含む高靱性耐摩耗鋼が提案され、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ことが記載されている。

10

【0007】

特許文献4では、質量%で、C：0.05～0.40%、Cr：0.1～2.0%、Si、Mn、Ti、B、Al、Nの適正量を必須成分とし、必要に応じて、更にCu、Ni、Mo、Vの一種または二種以上を含む組成の鋼を、900以下のオーステナイト未再結晶域で累積圧下率50%以上で熱間圧延し、Ar3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、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ことが記載されている。

【0008】

20

特許文献5では、質量%で、C：0.23～0.35%、Si、Mn、Nb、Ti、Bの適正量を必須成分として含み、必要に応じて、さらにCu、Ni、Cr、Mo、Vの一種または二種以上を含む耐摩耗鋼板が提案され、成分を所定の値に調整し、鋼片を1200～1250に加熱することで、再加熱焼入れ後の耐摩耗性が確保され、さらに低温靱性が向上することが記載されている。

【0009】

特許文献6では、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%を必須成分として含み、必要に応じて、さらにCu、Ni、Cr、V、Ca、REMのうちから1種以上を含む組成の耐摩耗鋼板が提案され、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。

30

【0010】

特許文献7では、質量%で、C：0.05～0.30%、Ti：0.1～1.2%を含むし、固溶C量が0.03%以下で、必要に応じて、更に、Nb、V、Mo、W、Si、Mn、Cu、Ni、B、Crの1種または2種以上を含む組成を有し、マトリクスをフェライト相とし、当該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が記載され、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、および曲げ加工性がともに向上するとしている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0011】

【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2004-270001号公報

【特許文献6】特開2007-92155号公報

【特許文献7】特開2007-197813号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1～6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が目的で、また、特許文献7に記載された技術は、曲げ加工性と耐摩耗性を兼備させることを目的とし、いずれも高温環境下における摩耗についての検討は行われていない。

【0013】

また、特許文献1～4に記載された各技術は、焼戻し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。

【0014】

本発明は、かかる従来技術の問題を解決するためになされたもので、安価で、優れた低温靱性を備えた、高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者等は、上記目的を達成するため、低温靱性、耐高温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、Wを適正量含有する組成とすることにより、耐高温摩耗性が著しく向上することを見出した。

【0016】

さらに、焼入れ性を向上させて、焼入れままマルテンサイト相を主相とする組織にして、表面硬さを、ブリネル硬さHBW10/3000で400以上とし、焼入れままマルテンサイト相の旧オーステナイト()粒径を30μm以下まで微細化することにより、優れた耐高温摩耗性を確保しながら、優れた低温靱性も確保することができることを見出した。

20

【0017】

本発明は、上記知見を基に、さらに検討を加えて完成されたもので、すなわち、本発明は、

(1) 質量%で、

C: 0.18～0.25%、

Si: 0.05～1.00%、

Mn: 0.10～2.00%、

30

P: 0.020%以下、

S: 0.0050%以下、

Al: 0.005～0.100%、

Cr: 0.05～2.00%、

Nb: 0.005～0.100%、

Ti: 0.005～0.100%、

W: 0.05～1.00%、

下記の(1)式で定義されるDI*が45.0以上、残部Feおよび不可避的不純物からなる組成と、旧オーステナイト粒径が30μm以下である焼入れままマルテンサイト相を主相とする組織と、さらに、表面硬さが、ブリネル硬さHBW10/3000で400以上を有することを特徴とする高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

40

$$DI^* = 33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si + 1) \times (3.33 \times Mn + 1) \times (0.35 \times Cu + 1) \times (0.36 \times Ni + 1) \times (2.16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (1.75 \times V + 1) \times (1.5 \times W + 1) \quad (1)$$

式において、各合金元素は含有量(質量%)とし、含有しない元素は0とする。

(2)

さらに、質量%で、

N: 0.0015～0.0050%、

を含有することを特徴とする(1)に記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

(3) さらに、質量%で、

50

Mo : 0.05 ~ 1.00 %、
 Cu : 0.03 ~ 1.00 %、
 Ni : 0.03 ~ 2.00 %、
 V : 0.005 ~ 0.100 %、
 B : 0.0003 ~ 0.0030 %

から選ばれる一種または二種以上を含有することを特徴とする(1)または(2)に記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

(4)さらに、質量%で、

REM : 0.0005 ~ 0.0080 %、
 Ca : 0.0005 ~ 0.0050 %、
 Mg : 0.0005 ~ 0.0050 %、

から選ばれる一種または二種以上を含有することを特徴とする(1)ないし(3)のいずれか一つに記載の高温環境における耐摩耗性に優れた厚鋼板。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、優れた低温靱性を備え、さらに、扱う土砂等の硬度が高い場合など、摩耗により著しく発熱する摩耗環境に晒される部材や、高温環境下で使用される部材に用いる際に求められる優れた耐高温摩耗性を備えた厚鋼板が得られ、産業上格段の効果を有する。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明に係る耐摩耗鋼板は成分組成、ミクロ組織、表面硬さを規定する。

[成分組成]以下の説明で%は質量%とする。

【0020】

C : 0.18 ~ 0.25 %

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が0.18%未満では十分な硬さが得られない。一方、0.25%を超える多量の含有は、溶接性、低温靱性および加工性を低下させるため、0.18~0.25%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.20~0.23%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り、また、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は0.05%以上の含有を必要とする。一方、1.00%を超えて多量に含有すると、延性、靱性が低下し、また介在物が増加するため、0.05~1.00%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.15~0.45%である。

【0022】

Mn : 0.10 ~ 2.00 %

Mnは、焼入れ性を向上させる元素である。このような効果を確保するためには、0.10%以上含有する必要がある。一方、2.00%を超えて含有すると、Cr、Moを含有する高強度鋼では焼き戻し脆性が発生するとともに、溶接熱影響部の硬さが高くなり溶接性が低下するため、0.10~2.00%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.40~1.70%、より好ましくは0.50~1.00%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、0.020%を上限とする。できるだけ低減することが望ましいが、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、0.005%以上とすることが望ましい。

【0024】

S : 0.0050%以下

10

20

30

40

50

Sは、鋼中に多量に含まれるとMnSとして析出し、破壊発生の起点となり、靱性の劣化を招くため、0.0050%を上限とする。できるだけ低減することが望ましいが、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、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り、また、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は0.005%以上の含有を必要とする。一方、0.100%を超えて含有すると、溶接性が低下するため、0.005 ~ 0.100%の範囲に限定した。なお、好ましくは0.015 ~ 0.035%である。

【0026】

Cr: 0.05 ~ 2.00%

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。Crは、摩耗による発熱あるいは高温に曝される環境において、固溶強化により高温硬さの低下を抑制し、耐高温摩耗性の向上に寄与する。このような効果を得るためには0.05%以上の含有を必要とする。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、2.00%を超えて含有すると、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は0.05 ~ 2.00%の範囲に限定した。なお、好ましくは、0.07 ~ 1.00%、より好ましくは0.20 ~ 0.90%の範囲である。

【0027】

Nb: 0.005 ~ 0.100%

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素である。このような効果を得るためには0.005%以上の含有を必要とする。一方、0.100%を超えて含有すると、溶接性が低下するため、0.005 ~ 0.100%の範囲に限定する。なお、組織微細化の観点から、0.012 ~ 0.030%の範囲とすることが好ましい。

【0028】

Ti: 0.005 ~ 0.100%

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。また、TiNはオーステナイト結晶粒界をピンニングしてオーステナイト結晶粒の粗大化を抑制する元素である。このような効果を得るためには0.005%以上含有する必要がある。一方、0.100%を超えて含有すると、粗大な炭窒化物が析出し、靱性が低下するため、0.005 ~ 0.100%の範囲に限定する。なお、コスト低減という観点から、0.005 ~ 0.030%の範囲に限定することが好ましい。

【0029】

W: 0.05 ~ 1.00%

Wは、本発明において重要な元素である。W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。また、摩耗による発熱あるいは高温に曝される環境において、固溶Wが微細析出することにより、また、固溶Wの固溶強化により、高温硬さの低下を抑制して、耐高温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は、0.05%以上の含有を必要とする。W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、1.00%を超えて含有すると、溶接性が低下するうえ、製造コストが高騰する。このため、Wは0.05 ~ 1.00%の範囲に限定した。なお、好ましくは、0.10 ~ 0.50%、より好ましくは0.20 ~ 0.40%である。

【0030】

DI*: 45.0以上

DI*が45.0未満では、鋼板表層からの焼入れ深さが10mmを下回り、耐摩耗鋼板としての寿命が短くなる。そのため、DI*は45.0以上に限定した。なお、好ましくは75.0以上である。DI*は以下の(1)式で求める。

10

20

30

40

50

$$DI^* = 33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si + 1) \times (3.33 \times Mn + 1) \times (0.35 \times Cu + 1) \times (0.36 \times Ni + 1) \times (2.16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (1.75 \times V + 1) \times (1.5 \times W + 1) \cdots (1)$$
 (ここで、C、Si、Mn、Cu、Ni、Cr、Mo、V、W：各元素の含有量(質量%)で、含有しない元素は零として計算する。)

上記成分が基本成分組成で、残部Feおよび不可避的不純物である。不可避的不純物の一例としてNが挙げられる。Nは不純物であるが、適量含有すると有用な効果があるため、製鋼工程にける脱ガス処理において溶鋼中のN含有量を以下の範囲に調整することが好ましい。更に特性を向上させる場合、選択元素として、Mo、Cu、Ni、V、B、REM、Ca、Mgの1種または2種以上を含有できる。

10

【0031】

N：0.0015～0.0050%

NはTiと反応してTiNとして析出し、オーステナイト粒径の微細化に寄与する元素である。このような効果を得るためには0.0015%以上含有する必要がある。一方、0.0050%を超えて含有すると、粗大な窒化物が析出し、靱性が低下するため、0.0015～0.0050%の範囲に限定する。なお、過度の脱窒は製鋼コストを増大させるため、コスト低減という観点からは、0.0020～0.0050%の範囲に限定することが好ましい。

【0032】

Mo：0.05～1.00%

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。このような効果を得るためには、0.05%以上を必要とする。一方、1.00%を超えて含有すると、溶接性が低下し、製造コストが高騰するため、含有する場合は0.05～1.00%の範囲とする。なお、好ましくは、0.10～0.50%、より好ましくは0.10～0.20%である。

20

【0033】

Cu：0.03～1.00%、

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、0.03%以上含有する必要がある。一方、1.00%を超えて含有すると、熱間加工性が低下し、製造コストも高騰するため、含有する場合には、0.03～1.00%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、0.03～0.50%の範囲に限定することがより好ましい。

30

【0034】

Ni：0.03～2.00%、

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、0.03%以上の含有を必要とする。一方、2.00%を超える含有は、製造コストを上昇させるため、含有する場合には、0.03～2.00%の範囲に限定する。なお、コストのより低減という観点からは、0.03～0.50%の範囲に限定することがより好ましい。

【0035】

V：0.005～0.100%、

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は、0.005%以上含有する必要がある。一方、0.100%を超えて含有すると、溶接性が低下するため、含有する場合には、0.005～0.100%の範囲に限定する。なお、好ましくは0.020～0.100%である。

40

【0036】

B：0.0003～0.0030%

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、0.0003%以上含有する必要がある。一方、0.0030%を超えて含有すると靱性が低下するため、含有する場合には、0.0003～0.0030%の範囲に限定する。

50

なお、CO₂溶接部など低入熱溶接部における低温割れを抑制する観点からは、0.0003～0.0015%の範囲に限定することが好ましい。

【0037】

REM、Ca、Mgはいずれも、Sと結合し硫化物系介在物を生成し、MnSの生成を抑制する元素のため、1種または2種以上を含有できる。

【0038】

REM：0.0005～0.0080%、

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は0.0005%以上含有する必要がある。一方、0.0080%を超えて含有すると鋼中介在物量が増加し、靱性の低下を招くため、含有する場合には、0.0005～0.0080%の範囲に限定する。なお、好ましくは0.0005～0.0030%である。

10

【0039】

Ca：0.0005～0.0050%、

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は0.0005%以上含有する必要がある。一方、0.0050%を超えて含有す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、含有する場合には、0.0005～0.0050%の範囲に限定する。なお、好ましくは0.0005～0.0030%である。

20

【0040】

Mg：0.0005～0.0050%

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は0.0005%以上含有する必要がある。一方、0.0050%を超えて含有すると鋼中介在物量が増加し、靱性の低下を招くため、含有する場合には、0.0005～0.0050%の範囲に限定する。なお、好ましくは0.0005～0.0040%である。

【0041】

[ミクロ組織]

本発明に係る耐摩耗鋼板は、上記成分組成を有し、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30μm以下である組織を有する。「主相」は、面積率で90%以上である相とする。

30

【0042】

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、主相とならず、所望の硬さを確保できず、耐摩耗性が低下し、十分な低温靱性を確保できないため、90%以上とする。なお、面積率は好ましくは95%以上である。残部の相は特に規定しない。

【0043】

焼戻しマルテンサイトは、焼戻しによってセメントライトが生成する際に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が減少してしまうため、焼入れままマルテンサイトとする。

40

【0044】

旧オーステナイト粒径：30μm以下

焼入れままマルテンサイト相の相分率が面積率で90%以上を確保できても、旧粒径が30μmを超えて粗大となると、低温靱性が低下するため、30μm以下とする。好ましくは25μm以下、より好ましくは20μm以下である。なお、旧粒径は、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。

【0045】

[表面硬さ]

表面硬さをブリネル硬さHBW10/3000で400以上とする。表面硬度がブリネル

50

硬さHBW10/3000で400未満では、耐摩耗鋼板としての寿命が短くなるため、400以上とする。なお、ブリネル硬さは、JIS Z 2243の規定に準拠して測定するものとする。

【0046】

次に、本発明に係る耐摩耗鋼板の好ましい製造方法について説明する。上記成分組成の鋼素材を、鑄造後、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、あるいは冷却後、再加熱し、熱間圧延により所望の寸法形状の鋼板とする。

【0047】

鋼素材の製造方法は、とくに限定する必要はないが、上記成分組成の溶鋼を、転炉等の公知の溶製方法で溶製し、連続鑄造法等の公知の鑄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。

10

【0048】

加熱温度：950～1200

加熱温度が950未満では、変形抵抗が高くて圧延負荷が過大となり、熱間圧延ができない。一方、1200を超える高温では、結晶粒の粗大化が著しくなり、所望の靱性を確保できなくなる。このため、加熱温度は950～1200の範囲に限定することが好ましい。

【0049】

加熱された鋼素材は、あるいは、鑄造後に加熱することなく所定の温度を保持した鋼素材は、熱間圧延を施して、所望の寸法形状の鋼板とする。熱間圧延条件は限定しない。熱間圧延終了後、直ちに焼入れる直接焼入れ処理を施すことが好ましい。

20

【0050】

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、熱間圧延終了温度は、Ar3変態点以上の温度である800以上とすることが好ましい。また、熱間圧延終了温度が高すぎると結晶粒が粗大化するため、950以下とすることが好ましい。なお、Ar3変態点はオーステナイトから冷却する際の熱膨張曲線より測定することができる。

【0051】

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とする。マルテンサイト相が自己焼戻し(オートテンパー)されることを防止するため、冷却停止温度は300以下とすることが好ましい。より好ましくは200以下である。

30

【0052】

直接焼入れ処理を再加熱焼き入れ処理としてもよい。再加熱温度としては、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、冷却停止温度は直接焼入れ処理に準じる。直接焼入れ処理、再加熱焼き入れ処理のいずれであっても、その後に焼戻し処理は行わない。

【実施例1】

【0053】

表1に示す組成の溶鋼を、真空溶解炉で溶製し、鑄型に鑄造し、150kg鋼塊(鋼素材)とした。これらの鋼素材を、加熱後、熱間圧延し、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、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。

40

【0054】

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、耐高温摩耗試験を実施した。

(1) 組織観察

得られた鋼板の板厚の1/4となる位置から、観察面が圧延方向と平行方向断面となるように組織観察用試験片を採取し、研磨後、ピクリン酸腐食液で腐食して旧粒を現出させた。光学顕微鏡(倍率：400倍)で観察し、各100個の旧粒の円相当径を測定し

50

、得られた値を算術平均し、平均値をその鋼板の旧 粒径とした。

【 0 0 5 5 】

また、得られた鋼板の板厚の 1 / 4 となる位置から、同様に薄膜状試片（透過電子顕微鏡組織観察用試験片）を採取し、研削、研磨（機械研磨、電解研磨）により薄膜とし、透過電子顕微鏡（倍率：2 0 0 0 0 倍）により各 2 0 視野観察し、セメントタイトの析出していない領域をマルテンサイト相領域とし、その面積を測定し、組織全体に対する割合（%）で表示し、マルテンサイト分率（面積率）とした。なお、セメントタイトが析出した相についてもその種類について判定した。

（ 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、J I S Z 2 2 4 3（1 9 9 8）の規定に準拠し、表面硬さ H B W 1 0 / 3 0 0 0 を測定した。硬さ測定は、1 0 m m のタングステン硬球を使用し、荷重は 3 0 0 0 k g f とした。

10

（ 3 ）シャルピー衝撃試験

得られた鋼板の板厚の 1 / 4 の位置で、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、J I S Z 2 2 4 2（1 9 9 8）の規定に準拠して、シャルピー衝撃試験を実施した。試験温度は - 4 0 での吸収エネルギー $v E_{40}$ （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 $v E_{40}$ とした。 $v E_{40}$ が 3 0 J 以上である鋼板を母材の低温靱性に優れる鋼板と評価した。

（ 4 ）耐高温摩耗試験

得られた鋼板から、高温硬さ測定用試験片を採取し、鋼板断面を鏡面まで研磨し、J I S Z 2 2 5 2（1 9 9 1）の規定に準拠し、高温ビッカース硬さを測定した。測定位置は表面から 1 m m とし、試験荷重は 1 k g f とした。3 0 0 での高温ビッカース硬さが 3 0 0 以上である場合を「耐高温摩耗性」に優れると評価した。

20

【 0 0 5 6 】

得られた結果を表 2 に示す。本発明例はいずれも、4 0 0 H B W 1 0 / 3 0 0 0 以上の高い表面硬さ、 $v E_{40}$: 3 0 J 以上の優れた低温靱性、高温硬さが 3 0 0 以上の優れた耐高温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、高温硬さが低いか、あるいはそれらの 2 つ以上が低下している。

【 0 0 5 7 】

表 2 に製造条件と試験結果を併せて示す。本発明例（N o . 1 ~ 1 1）はいずれも、4 0 0 H B W 1 0 / 3 0 0 0 以上の高い表面硬さ、 $v E_{40}$: 3 0 J 以上の優れた低温靱性、高温硬さが 3 0 0 以上の優れた耐高温摩耗性を有している。一方、本発明の範囲を外れる比較例（N o . 1 2 ~ 1 6）は、表面硬さ、低温靱性、あるいは耐高温摩耗性の少なくとも一つが本発明例と比較して劣っている。

30

【 0 0 5 8 】

【 表 1 】

鋼種	化学成分(質量%)														DI	Ar3(°C)	備考				
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	Cr	W	Nb	Ti	V	Mo	Cu	Ni				B	REM	Ca	Mg
A	0.19	0.38	1.38	0.007	0.0017	0.032	0.11	0.08	0.015	0.011									45.8	706	適合鋼
B	0.23	0.35	0.85	0.009	0.0026	0.028	0.24	0.15	0.022	0.013									45.5	722	適合鋼
C	0.19	0.46	1.05	0.009	0.0019	0.021	0.35	0.78	0.021	0.013									105.7	724	適合鋼
D	0.23	0.36	1.03	0.008	0.0024	0.031	0.06	0.28	0.015	0.011		0.10			0.0014			0.001	47.3	712	適合鋼
E	0.21	0.39	0.86	0.012	0.0030	0.035	0.53	0.15	0.021	0.014					0.0011				63.4	723	適合鋼
F	0.22	0.38	0.91	0.011	0.0022	0.031	0.40	0.11	0.018	0.015		0.09			0.0011				70.7	716	適合鋼
G	0.19	0.34	0.68	0.008	0.0017	0.032	0.61	0.34	0.022	0.013	0.041	0.18			0.0012				108.9	734	適合鋼
H	0.19	0.87	1.15	0.008	0.0032	0.034	0.43	0.55	0.015	0.013	0.089		0.20	0.30	0.0009	0.0021	0.0011		174.9	711	参考例
I	0.13	0.35	1.12	0.007	0.0032	0.031	0.43	0.15	0.022	0.014									53.7	738	比較鋼
J	0.24	0.32	0.95	0.011	0.0021	0.028	0.66	0.03	0.021	0.014									67.7	700	比較鋼
K	0.19	0.36	1.38	0.009	0.0022	0.031	0.03	0.08	0.022	0.013		0.09							49.5	704	比較鋼
L	0.22	0.49	0.58	0.010	0.0019	0.046	0.29	0.13	0.002	0.011	0.063		0.11	0.12					46.2	740	比較鋼
M	0.21	0.20	0.63	0.010	0.0019	0.046	0.15	0.07	0.021	0.012		0.06							29.9	741	比較鋼

注:下線は本発明範囲外であることを示す。

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

【表 2】

No.	鋼種	Ar3 (°C)	板厚 (mm)	焼入 れ方 法	加熱 温度 (°C)	圧延 終了 温度 (°C)	冷却 開始 温度 (°C)	冷却 停止 温度 (°C)	冷却 方法	再加熱 温度 (°C)	水冷 開始 温度 (°C)	水冷 停止 温度 (°C)	冷却 方法	組織 ⁽²⁾	マルテン サイト面 積率(%)	平均 粒径 (μm)	ブリネル硬さ (HBW10/3 000)	vE-40°C (J)	高温硬さ	区分
1	A	706	12	RQ	1020	900	-	-	空冷	900	800	150	水冷	M+B	97	16	416	87	316	本発明例
2	B	722	25	RQ	1120	930	-	-	空冷	900	820	250	水冷	M+B	99	14	468	66	360	本発明例
3	C	724	32	RQ	1120	850	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	91	13	411	81	351	本発明例
4	C	724	40	DQ	1120	930	890	250	水冷	-	-	-	-	M+B	96	22	420	61	346	本発明例
5	D	712	60	RQ	1150	920	-	-	空冷	870	850	250	水冷	M+B	99	19	472	55	380	本発明例
6	E	723	12	RQ	1150	950	-	-	空冷	900	850	150	水冷	M+B	95	13	430	97	329	本発明例
7	F	716	25	RQ	1180	910	-	-	空冷	870	840	250	水冷	M+B	95	15	453	71	345	本発明例
8	G	734	32	RQ	1170	880	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	92	16	412	86	327	本発明例
9	G	734	40	DQ	1080	900	870	150	水冷	-	-	-	-	M+B	94	23	419	62	336	本発明例
10	H	711	32	RQ	1120	870	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	94	14	421	132	346	参考例
11	H	711	50	DQ	1120	930	900	150	水冷	-	-	-	-	M+B	93	18	426	87	355	参考例
12	I	738	32	RQ	1080	890	-	-	空冷	900	830	150	水冷	M+B	84	15	362	121	234	比較例
13	J	700	25	RQ	1150	910	-	-	空冷	900	840	250	水冷	M+B	98	14	470	56	293	比較例
14	K	704	12	RQ	1030	900	-	-	空冷	920	880	150	水冷	M+B	94	13	409	101	289	比較例
15	L	740	20	RQ	1120	890	-	-	空冷	880	860	250	水冷	M+B	98	36	451	16	363	比較例
16	M	741	50	RQ	1180	940	-	-	空冷	900	870	150	水冷	M+B	87	17	405	120	295	比較例

注1: 下線は本発明範囲外であることを示す。

注2: M:マルテンサイト、B:ベイナイト

【実施例 2】

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

表 3 に示す組成の溶鋼を、実施例 1 と同様の方法により鋼板を作成した。得られた鋼板から、試験片を採取し、実施例 1 と同様に組織観察、表面硬さ試験、シャルピー衝撃試験、耐高温摩耗試験を実施した。

【 0 0 6 1 】

得られた結果を表 4 に示す。本発明例はいずれも、400HBW10/3000以上の高い表面硬さ、 vE_{40} :30J以上の優れた低温靱性、高温硬さが300以上の優れた耐高温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、高温硬さが低いか、あるいはそれらの2つ以上が低下している。

【 0 0 6 2 】

表 4 に製造条件と試験結果を併せて示す。本発明例(No.17~27)はいずれも、400HBW10/3000以上の高い表面硬さ、 vE_{40} :30J以上の優れた低温靱性、高温硬さが300以上の優れた耐高温摩耗性を有している。一方、本発明の範囲を外れる比較例(No.28~32)は、表面硬さ、低温靱性、あるいは耐高温摩耗性の少なくとも一つが本発明例と比較して劣っている。

【 0 0 6 3 】

【 表 3 】

鋼種	化学成分(質量%)																Ar3(°C)	DI	備考			
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	Cr	W	Nb	Ti	N	V	Mo	Cu	Ni	B				REM	Ca	Mg
A	0.19	0.38	1.38	0.007	0.0017	0.032	0.11	0.08	0.015	0.011	0.0018									45.8	706	適合鋼
B	0.23	0.35	0.85	0.009	0.0026	0.028	0.24	0.15	0.022	0.013	0.0038									45.5	722	適合鋼
C	0.19	0.46	1.05	0.009	0.0019	0.021	0.35	0.78	0.021	0.013	0.0032									105.7	724	適合鋼
D	0.23	0.36	1.03	0.008	0.0024	0.031	0.06	0.28	0.015	0.011	0.0041			0.10		0.0014			0.001	47.3	712	適合鋼
E	0.21	0.39	0.86	0.012	0.0030	0.035	0.53	0.15	0.021	0.014	0.0025					0.0011				63.4	723	適合鋼
F	0.22	0.38	0.91	0.011	0.0022	0.031	0.40	0.11	0.018	0.015	0.0045		0.09			0.0011				70.7	716	適合鋼
G	0.19	0.34	0.68	0.008	0.0017	0.032	0.61	0.34	0.022	0.013	0.0021		0.18			0.0012				108.9	734	適合鋼
H	0.19	0.87	1.15	0.008	0.0032	0.034	0.43	0.55	0.015	0.013	0.0035			0.20	0.30	0.0009	0.0021	0.0011		174.9	711	参考例
I	0.13	0.35	1.12	0.007	0.0032	0.031	0.43	0.15	0.022	0.014	0.0030									53.7	738	比較鋼
J	0.24	0.32	0.95	0.011	0.0021	0.028	0.66	0.03	0.021	0.014	0.0035									67.7	700	比較鋼
K	0.19	0.36	1.38	0.009	0.0022	0.031	0.03	0.08	0.022	0.013	0.0036		0.09							49.5	704	比較鋼
L	0.22	0.49	0.58	0.010	0.0019	0.046	0.29	0.13	0.002	0.011	0.0028			0.11	0.12					46.2	740	比較鋼
M	0.21	0.20	0.63	0.010	0.0019	0.046	0.15	0.07	0.021	0.012	0.0032		0.06							29.9	741	比較鋼

注: 下線は本発明範囲外であることを示す。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

【表 4】

No.	鋼種	Ar3 (°C)	板厚 (mm)	焼入 れ方 法	加熱 温度 (°C)	圧延 終了 温度 (°C)	冷却 開始 温度 (°C)	冷却 停止 温度 (°C)	冷却 方法	再加熱 温度 (°C)	水冷 開始 温度 (°C)	水冷 停止 温度 (°C)	冷却 方法	組織 ²	マルテン サイト面 積率(%)	平均 粒径 (μ m)	ブリネル硬さ (HBW10/3 000)	VE-40°C (J)	高温硬さ	区分
17	A	706	12	RQ	1020	900	-	-	空冷	900	800	150	水冷	M+B	97	16	416	87	316	本発明例
18	B	722	25	RQ	1120	930	-	-	空冷	900	820	250	水冷	M+B	99	14	468	66	360	本発明例
19	C	724	32	RQ	1120	850	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	91	13	411	81	351	本発明例
20	C	724	40	DQ	1120	930	890	250	水冷	-	-	-	-	M+B	96	22	420	61	346	本発明例
21	D	712	60	RQ	1150	920	-	-	空冷	870	850	250	水冷	M+B	99	19	472	55	380	本発明例
22	E	723	12	RQ	1150	950	-	-	空冷	900	850	150	水冷	M+B	95	13	430	97	329	本発明例
23	F	716	25	RQ	1180	910	-	-	空冷	870	840	250	水冷	M+B	95	15	453	71	345	本発明例
24	G	734	32	RQ	1170	880	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	92	16	412	86	327	本発明例
25	G	734	40	DQ	1080	900	870	150	水冷	-	-	-	-	M+B	94	23	419	62	336	本発明例
26	H	711	32	RQ	1120	870	-	-	空冷	900	840	150	水冷	M+B	94	14	421	132	346	参考例
27	H	711	50	DQ	1120	930	900	150	水冷	-	-	-	-	M+B	93	18	426	87	355	参考例
28	I	738	32	RQ	1080	890	-	-	空冷	900	830	150	水冷	M+B	84	15	362	121	234	比較例
29	J	700	25	RQ	1150	910	-	-	空冷	900	840	250	水冷	M+B	98	14	470	56	293	比較例
30	K	704	12	RQ	1030	900	-	-	空冷	920	880	150	水冷	M+B	94	13	409	101	289	比較例
31	L	740	20	RQ	1120	890	-	-	空冷	880	860	250	水冷	M+B	98	36	451	16	363	比較例
32	M	741	50	RQ	1180	940	-	-	空冷	900	870	150	水冷	M+B	87	17	405	120	295	比較例

注1: 下線は本発明範囲外であることを示す。

注2: M:マルテンサイト、B:ベイナイト

フロントページの続き

- (72)発明者 石川 操
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 田路 勇樹
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 長谷 和邦
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 瀧澤 佳世

- (56)参考文献 特開2009-030092(JP,A)
国際公開第2014/019353(WO,A1)
特開2001-342549(JP,A)
特開2008-266758(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 2 C 3 8 / 0 0
C 2 1 D 8 / 0 2
C 2 2 C 3 8 / 3 8
C 2 2 C 3 8 / 5 8