

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6573033号
(P6573033)

(45) 発行日 令和1年9月11日 (2019.9.11)

(24) 登録日 令和1年8月23日 (2019.8.23)

(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 A

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-524298 (P2018-524298)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	平成30年2月2日 (2018.2.2)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/003685		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02018/168248	(74) 代理人	100147485
(87) 国際公開日	平成30年9月20日 (2018.9.20)		弁理士 杉村 憲司
審査請求日	平成30年5月10日 (2018.5.10)	(74) 代理人	230118913
(31) 優先権主張番号	特願2017-47263 (P2017-47263)		弁護士 杉村 光嗣
(32) 優先日	平成29年3月13日 (2017.3.13)	(74) 代理人	100165696
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		弁理士 川原 敬祐
		(74) 代理人	100195785
			弁理士 市枝 信之
		(72) 発明者	▲高▼山 直樹
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐摩耗鋼板および耐摩耗鋼板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C : 0.23 ~ 0.34 %、

S i : 0.05 ~ 1.00 %、

M n : 0.30 ~ 2.00 %、

P : 0.020 % 以下、

S : 0.020 % 以下、

A l : 0.04 % 以下、

C r : 0.05 ~ 2.00 %、

N : 0.0050 % 以下、および

O : 0.0050 % 以下を含み、

残部が F e および不可避的不純物からなり、かつ

下記 (1) 式で定義される D I * の値が 120 以上である成分組成を有し、

表面から 1 mm の深さにおけるブリネル硬さ H B₁ が 360 ~ 490 H B W 10 / 3
000 であり、前記 H B₁ に対する、板厚中心位置におけるブリネル硬さ H B_{1/2} の比として定義される
硬度比が 75 % 以上であり、

板厚が 50 mm 以上である、耐摩耗鋼板。

記

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

(ただし、上記(1)式中の元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

【請求項2】

前記成分組成が、質量%で、

Cu : 0.01 ~ 2.00 %、

Ni : 0.01 ~ 2.00 %、

Mo : 0.01 ~ 1.00 %、

V : 0.01 ~ 1.00 %、

W : 0.01 ~ 1.00 %、および

Co : 0.01 ~ 1.00 %

10

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、請求項1に記載の耐摩耗鋼板。

【請求項3】

前記成分組成が、質量%で、

Ca : 0.0005 ~ 0.0050 %、

Mg : 0.0005 ~ 0.0050 %、および

REM : 0.0005 ~ 0.0080 %

20

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、請求項1または2に記載の耐摩耗鋼板。

【請求項4】

質量%で、

C : 0.23 ~ 0.34 %、

Si : 0.05 ~ 1.00 %、

Mn : 0.30 ~ 2.00 %、

P : 0.020 %以下、

S : 0.020 %以下、

Al : 0.04 %以下、

Cr : 0.05 ~ 2.00 %、

N : 0.0050 %以下、および

O : 0.0050 %以下を含み、

残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、かつ

30

下記(1)式で定義されるDI*の値が120以上である成分組成を有する鋼素材を加熱温度に加熱し、

前記加熱された鋼素材を熱間圧延して板厚50mm以上の熱延鋼板とし、

前記熱延鋼板に対し、焼入れ開始温度がAr₃変態点以上である直接焼入れ、または、焼入れ開始温度がAc₃変態点以上である再加熱焼入れのいずれかの焼入れを施し、

前記焼入れ後の熱延鋼板に対し、下記(2)式で定義されるP値が1.20 × 10⁴ ~ 1.80 × 10⁴となる条件で焼戻しを施す、

40

表面から1mmの深さにおけるブリネル硬さHB₁が360 ~ 490 HBW 10 / 3000であり、かつ、前記HB₁に対する、板厚中心位置におけるブリネル硬さHB_{1/2}の比として定義される硬度比が75 %以上である、耐摩耗鋼板の製造方法。

記

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

(ただし、上記(1)式中の元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

50

$$P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$$

(ただし、上記(2)式におけるCは鋼板中のC含有量(質量%)、Tは焼戻し温度(℃)、tは前記焼戻しにおける保持時間(分)を表す)

【請求項5】

前記成分組成が、質量%で、

Cu: 0.01~2.00%、

Ni: 0.01~2.00%、

Mo: 0.01~1.00%、

V: 0.01~1.00%、

W: 0.01~1.00%、および

Co: 0.01~1.00%

10

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、請求項4に記載の耐摩耗鋼板の製造方法。

【請求項6】

前記成分組成が、質量%で、

Ca: 0.0005~0.0050%、

Mg: 0.0005~0.0050%、および

REM: 0.0005~0.0080%

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、請求項4または5に記載の耐摩耗鋼板の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、耐摩耗鋼板(abrasion-resistant steel plate)に関し、特に、厚肉であるにもかかわらず板厚中心まで高い硬度を有し、かつ低コストで製造することができる耐摩耗鋼板に関する。本発明の耐摩耗鋼板は、建設、土木および鉱山等の掘削等の分野で使用される産業機械、運搬機器の部材用として好適に用いることができる。また、本発明は、前記耐摩耗鋼板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

鋼の耐摩耗性は、硬度を高くすることで向上できることが知られている。そのため、Mn、Cr、Mo等の合金元素を大量に添加した合金鋼に焼入等の熱処理を施すことによって得られる高硬度鋼が、耐摩耗鋼として幅広く用いられてきた。

【0003】

例えば、特許文献1、2では、表層部の硬度が、ブリネル硬さ(HB)で360~490である耐摩耗鋼板が提案されている。前記耐摩耗鋼板では、所定の量の合金元素を添加するとともに、焼入れを行ってマルテンサイト主体の組織とすることによって、高い表面硬度を実現している。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献1】特許第4645306号公報

【特許文献2】特許第4735191号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

耐摩耗鋼板の一部の使用環境では、板厚が数十mmであるような厚肉の鋼板が、板厚中心付近まで摩耗するような使われ方をしている。そのため、鋼板の使用寿命を長くするためには鋼板の表層のみならず、板厚中心部まで高い硬度を確保することが重要である。

【0006】

50

しかし、特許文献 1、2 に記載された耐摩耗鋼板では、板厚が厚い場合の板厚中心位置の硬度までは考慮されていない。そして、板厚中心の硬度を確保するためには合金元素を多量に添加する必要があるため、コストが上昇するという問題があった。

【0007】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、板厚が 50 mm 以上であるにも関わらず、板厚中心まで高い硬度を有し、かつ低コストで製造することができる耐摩耗鋼板を提供することを目的とする。また本発明は、前記耐摩耗鋼板の製造方法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】

【0008】

10

本発明者らは、上記目的を達成するために、耐摩耗鋼板の板厚中心位置の硬度に影響する各種要因について、鋭意検討を重ねた。その結果、炭素含有量が高い鋼板に対して通常の焼入れ処理を行った後に特定の条件で焼戻しを施すことによって、炭素以外の合金元素の含有量が少なくても板厚中央部まで高い硬度を有する耐摩耗鋼板を製造できることを見出した。

【0009】

本発明は、以上の知見を踏まえ、さらに検討を加えて完成されたものである。すなわち、本発明の要旨は次のとおりである。

【0010】

1. 質量%で、20

C : 0.23 ~ 0.34 %、

Si : 0.05 ~ 1.00 %、

Mn : 0.30 ~ 2.00 %、

P : 0.020 % 以下、

S : 0.020 % 以下、

Al : 0.04 % 以下、

Cr : 0.05 ~ 2.00 %、

N : 0.0050 % 以下、および

O : 0.0050 % 以下を含み、

残部が Fe および不可避免的不純物からなり、かつ

30

下記(1)で定義される DI* の値が 120 以上である成分組成を有し、

表面から 1 mm の深さにおけるブリネル硬さ HB₁ が 360 ~ 490 HBW 10 / 3000 であり、

前記 HB₁ に対する、板厚中心位置におけるブリネル硬さ HB₁ / 2 の比として定義される硬度比が 75 % 以上であり、

板厚が 50 mm 以上である、耐摩耗鋼板。

記

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

40

(ただし、上記(1)式中の元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は 0 とする)

【0011】

2. 前記成分組成が、質量%で、

Cu : 0.01 ~ 2.00 %、

Ni : 0.01 ~ 2.00 %、

Mo : 0.01 ~ 1.00 %、

V : 0.01 ~ 1.00 %、

W : 0.01 ~ 1.00 %、および

Co : 0.01 ~ 1.00 %

50

からなる群より選択される 1 または 2 以上をさらに含有する、上記 1 に記載の耐摩耗鋼板。

【0012】

3. 前記成分組成が、質量%で、

Nb : 0.005 ~ 0.050 %、

Ti : 0.005 ~ 0.050 %、および

B : 0.0001 ~ 0.0100 %

からなる群より選択される 1 または 2 以上をさらに含有する、上記 1 または 2 に記載の耐摩耗鋼板。

【0013】

4. 前記成分組成が、質量%で、

Ca : 0.0005 ~ 0.0050 %、

Mg : 0.0005 ~ 0.0050 %、および

REM : 0.0005 ~ 0.0080 %

からなる群より選択される 1 または 2 以上をさらに含有する、上記 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の耐摩耗鋼板。

【0014】

5. 質量%で、

C : 0.23 ~ 0.34 %、

Si : 0.05 ~ 1.00 %、

Mn : 0.30 ~ 2.00 %、

P : 0.020 % 以下、

S : 0.020 % 以下、

Al : 0.04 % 以下、

Cr : 0.05 ~ 2.00 %、

N : 0.0050 % 以下、および

O : 0.0050 % 以下を含み、

残部が Fe および不可避免的不純物からなる成分組成を有する鋼素材を加熱温度に加熱し、

前記加熱された鋼素材を熱間圧延して板厚 50 mm 以上の熱延鋼板とし、

前記熱延鋼板に対し、焼入れ開始温度が A_{r3} 変態点以上である直接焼入れ、または、焼入れ開始温度が A_{c3} 変態点以上である再加熱焼入れのいずれかの焼入れを施し、

前記焼入れ後の熱延鋼板に対し、下記 (2) 式で定義される P 値が $1.20 \times 10^{-4} \sim 1.80 \times 10^{-4}$ となる条件で焼戻しを施す、耐摩耗鋼板の製造方法。

記

$$P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$$

(ただし、上記 (2) 式における C は鋼板中の C 含有量 (質量%)、T は焼戻し温度 (°C)、t は前記焼戻しにおける保持時間 (分) を表す)

【0015】

6. 前記成分組成が、質量%で、

Cu : 0.01 ~ 2.00 %、

Ni : 0.01 ~ 2.00 %、

Mo : 0.01 ~ 1.00 %、

V : 0.01 ~ 1.00 %、

W : 0.01 ~ 1.00 %、および

Co : 0.01 ~ 1.00 %

からなる群より選択される 1 または 2 以上をさらに含有する、上記 5 に記載の耐摩耗鋼板の製造方法。

【0016】

7. 前記成分組成が、質量%で、

10

20

30

40

50

Nb : 0.005 ~ 0.050 %、
Ti : 0.005 ~ 0.050 %、および
B : 0.0001 ~ 0.0100 %

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、上記5または6に記載の耐摩耗鋼板の製造方法。

【0017】

8. 前記成分組成が、質量%で、

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

からなる群より選択される1または2以上をさらに含有する、上記5 ~ 7のいずれか一項に記載の耐摩耗鋼板の製造方法。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、板厚が50mm以上であるにも関わらず板厚中心まで高い硬度を有し、かつ低コストな耐摩耗鋼板を得ることができる。

【発明を実施するための形態】

【0019】

[成分組成]

次に、本発明を実施する方法について具体的に説明する。本発明においては、耐摩耗鋼板およびその製造に用いられる鋼素材が、上記成分組成を有することが重要である。そこで、まず本発明において鋼の成分組成を上記のように限定する理由を説明する。なお、成分組成に関する「%」は、特に断らない限り「質量%」を意味するものとする。

【0020】

C : 0.23 ~ 0.34 %

Cは、表層および板厚中心位置の硬さを増加させ、耐摩耗性を向上させる作用を有する元素である。前記効果を得るために、C含有量を0.23%以上とする。他の合金元素の必要量をさらに低減し、より低コストで製造するという観点からは、C含有量を0.25%以上とすることが好ましい。一方、C含有量が0.34%を超えると、焼入れ熱処理時の表層の硬度が過度に上昇するため、焼戻し熱処理時に必要な加熱温度が上昇し、熱処理にかかるコストが増加する。そのため、C含有量は0.34%以下とする。また、焼戻しに必要な温度をさらに低下させるという観点からは、C含有量を0.32%以下とすることが好ましい。

【0021】

Si : 0.05 ~ 1.00 %

Siは、脱酸剤として作用する元素である。また、Siは、鋼中に固溶し、固溶強化により基体相(matrix)の硬さを上昇させる作用を有している。これらの効果を得るために、Si含有量を0.05%以上とする。Si含有量は、0.10%以上とすることが好ましく、0.20%以上とすることがより好ましい。一方、Si含有量が1.00%を超えると、延性および靱性が低下することに加えて、介在物量が増加するといった問題が生じる。そのため、Si含有量を1.00%以下とする。Si含有量は0.80%以下とすることが好ましく、0.60%以下とすることがより好ましく、0.40%以下とすることがさらに好ましい。

【0022】

Mn : 0.30 ~ 2.00 %

Mnは、表層および板厚中心位置の硬さを増加させ、耐摩耗性を向上させる作用を有する元素である。前記効果を得るために、Mn含有量を0.30%以上とする。Mn含有量は、0.70%以上とすることが好ましく、0.90%以上とすることがより好ましい。一方、Mn含有量が2.00%を超えると、溶接性と靱性が低下することに加えて、合金コストが過度に高くなってしまう。そのため、Mn含有量は2.00%以下とする。Mn

10

20

30

40

50

含有量は、1.80%以下とすることが好ましく、1.60%以下とすることがより好ましい。

【0023】

P：0.020%以下

Pは、不可避的不純物として含有される元素であり、粒界に偏析することによって母材および溶接部の靱性を低下させるなど、悪影響を及ぼす。そのため、できる限りP含有量を低くすることが望ましいが、0.020%以下であれば許容できる。そのため、P含有量は0.020%以下とする。一方、P含有量の下限は特に限定されず、0%であってよいが、通常、Pは不純物として鋼中に不可避的に含有される元素であるため、工業的には0%超であってよい。また、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、P含有量は0.001%以上とすることが好ましい。

10

【0024】

S：0.020%以下

Sは、不可避的不純物として含有される元素であり、MnS等の硫化物系介在物として鋼中に存在し、破壊の発生起点となるなど、悪影響を及ぼす。そのため、できる限りS含有量を低くすることが望ましいが、0.020%以下であれば許容できる。そのため、S含有量は0.020%以下とする。一方、S含有量の下限は特に限定されず、0%であってよいが、通常、Sは不純物として鋼中に不可避的に含有される元素であるため、工業的には0%超であってよい。また、過度の低減は精錬コストの高騰を招くため、S含有量は0.0005%以上とすることが好ましい。

20

【0025】

Al：0.04%以下

Alは、脱酸剤として作用するとともに、結晶粒を微細化する作用を有する元素である。しかし、Al含有量が0.04%を超えると、酸化物系介在物が増加して清浄度が低下する。そのため、Al含有量は0.04%以下とする。Al含有量は0.03%以下とすることが好ましく、0.02%以下とすることがより好ましい。一方、Al含有量の下限は特に限定されないが、Alの添加効果をさらに高めるといった観点からは、Al含有量を0.01%以上とすることが好ましい。

【0026】

Cr：0.05～2.00%

30

Crは、表層および板厚中心位置の硬さを増加させ、耐摩耗性を向上させる作用を有する元素である。前記効果を得るために、Cr含有量を0.05%以上とする。Cr含有量は、0.20%以上とすることが好ましく、0.25%以上とすることがより好ましい。一方、Cr含有量が2.00%を超えると溶接性が低下する。そのため、Cr含有量は2.00%以下とする。Cr含有量は、1.85%以下とすることが好ましく、1.80%以下とすることがより好ましい。

【0027】

N：0.0050%以下

Nは、不可避的不純物として含有される元素であるが、0.0050%以下の含有は許容できる。そのため、N含有量は0.0050%以下、好ましくは0.0040%以下とする。一方、N含有量の下限は特に限定されず、0%であってよいが、通常、Nは不純物として鋼中に不可避的に含有される元素であるため、工業的には0%超であってよい。

40

【0028】

O：0.0050%以下

Oは、不可避的不純物として含有される元素であるが、0.0050%以下の含有は許容できる。そのため、O含有量は0.0050%以下、好ましくは0.0040%以下とする。一方、O含有量の下限は特に限定されず、0%であってよいが、通常、Oは不純物として鋼中に不可避的に含有される元素であるため、工業的には0%超であってよい。

【0029】

本発明の一実施形態における耐摩耗鋼板および鋼素材は、以上の成分と、残部のFeお

50

よび不可避免の不純物とからなる。

【0030】

以上が本発明における基本の成分組成であるが、焼入れ性のさらなる向上を目的として、Cu：0.01～2.00%、Ni：0.01～2.00%、Mo：0.01～1.00%、V：0.01～1.00%、W：0.01～1.00%、およびCo：0.01～1.00%からなる群より選択される1または2以上をさらに任意に含有することができる。

【0031】

Cu：0.01～2.00%

Cuは、焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Cuを添加する場合、前記効果を得るためにCu含有量を0.01%以上とする。一方、Cu含有量が2.00%を超えると溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Cuを添加する場合、Cu含有量を2.00%以下とする。

10

【0032】

Ni：0.01～2.00%

Niは、Cuと同様に焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Niを添加する場合、前記効果を得るためにNi含有量を0.01%以上とする。一方、Ni含有量が2.00%を超えると、溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Niを添加する場合、Ni含有量を2.00%以下とする。

20

【0033】

Mo：0.01～1.00%

Moは、Cuと同様に焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Moを添加する場合、前記効果を得るためにMo含有量を0.01%以上とする。一方、Mo含有量が1.00%を超えると、溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Moを添加する場合、Mo含有量を1.00%以下とする。

【0034】

V：0.01～1.00%

Vは、Cuと同様に焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Vを添加する場合、前記効果を得るためにV含有量を0.01%以上とする。一方、V含有量が1.00%を超えると、溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Vを添加する場合、V含有量を1.00%以下とする。

30

【0035】

W：0.01～1.00%

Wは、Cuと同様に焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Wを添加する場合、前記効果を得るためにW含有量を0.01%以上とする。一方、W含有量が1.00%を超えると、溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Wを添加する場合、W含有量を1.00%以下とする。

40

【0036】

Co：0.01～1.00%

Coは、Cuと同様に焼入れ性を向上させる作用を有する元素であり、鋼板内部の硬度をさらに向上させるために任意に添加することができる。Coを添加する場合、前記効果を得るためにCo含有量を0.01%以上とする。一方、Co含有量が1.00%を超えると、溶接性の劣化や合金コストの上昇を招く。そのため、Coを添加する場合、Co含有量を1.00%以下とする。

【0037】

50

また、本発明の他の実施形態において、上記成分組成は、Nb：0.005～0.050%、Ti：0.005～0.050%、およびB：0.0001～0.0100%からなる群より選択される1または2以上をさらに任意に含有することができる。

【0038】

Nb：0.005～0.050%

Nbは、基底相の硬さをさらに増加させ、耐摩耗性のさらなる向上に寄与する元素である。Nbを添加する場合、前記効果を得るためにNb含有量を0.005%以上とする。Nb含有量は0.007%以上とすることが好ましい。一方、Nb含有量が0.050%を超えるとNbCが多量に析出し、加工性が低下する。そのため、Nbを添加する場合、Nb含有量を0.050%以下とする。Nb含有量は0.040%以下とすることが好ましく、0.030%以下とすることがより好ましい。

10

【0039】

Ti：0.005～0.050%

Tiは、窒化物形成傾向が強く、Nを固定して固溶Nを低減する作用を有する元素である。そのため、Tiの添加により、母材および溶接部の靱性をさらに向上させることができる。また、TiとBの両者が添加される場合、TiがNを固定することによってBNの析出が抑制され、その結果、Bの焼入れ性向上効果が助長される。これらの効果を得るために、Tiを添加する場合、Ti含有量を0.005%以上とする。Ti含有量は、0.012%以上とすることが好ましい。一方、Ti含有量が0.050%を超えると、TiCが多量に析出し、加工性を低下させる。そのため、Tiを含有する場合、Ti含有量は0.050%とする。Ti含有量は、0.040%以下とすることが好ましく、0.030%以下とすることがより好ましい。

20

【0040】

B：0.0001～0.0100%

Bは、微量の添加でも焼入れ性を著しく向上させる作用を有する元素である。したがって、Bを添加することによりマルテンサイトの形成を助長し、耐摩耗性をさらに向上させることができる。前記効果を得るために、Bを添加する場合、B含有量を0.0001%以上とする。B含有量は、0.0005%以上とすることが好ましく、0.0010%以上とすることがより好ましい。一方、B含有量が0.0100%を超えると溶接性が低下する。そのため、Bを添加する場合、B含有量を0.0100%以下とする。B含有量は0.0050%以下とすることが好ましく、0.0030%以下とすることがより好ましい。

30

【0041】

また、本発明の他の実施形態において、上記成分組成は、Ca：0.0005～0.0050%、Mg：0.0005～0.0050%、およびREM：0.0005～0.0080%からなる群より選択される1または2以上をさらに任意に含有することができる。

【0042】

Ca：0.0005～0.0050%

Caは、Sと結合し、圧延方向に長く伸びるMnS等の形成を抑制する作用を有する元素である。したがって、Caを添加することにより、硫化物系介在物が球状を呈するように形態制御し、溶接部等の靱性をさらに向上させることができる。前記効果を得るために、Caを添加する場合、Ca含有量を0.0005%以上とする。一方、Ca含有量が0.0050%を超えると、鋼の清浄度が低下する。清浄度の低下は、表面疵の増加による表面性状が劣化と曲げ加工性の低下を招くため、Caを添加する場合、Ca含有量を0.0050%以下とする。

40

【0043】

Mg：0.0005～0.0050%

Mgは、Caと同様、Sと結合し、圧延方向に長く伸びるMnS等の形成を抑制する作用を有する元素である。したがって、Mgを添加することにより、硫化物系介在物が球状

50

を呈するように形態制御し、溶接部等の靱性をさらに向上させることができる。前記効果を得るために、Mgを添加する場合、Mg含有量を0.0005%以上とする。一方、Mg含有量が0.0050%を超えると、鋼の清状度が低下する。清浄度の低下は、表面疵の増加による表面性状が劣化と曲げ加工性の低下を招くため、Mgを添加する場合、Mg含有量を0.0050%以下とする。

【0044】

REM: 0.0005~0.0080%

REM(希土類金属)は、Ca、Mgと同様、Sと結合し、圧延方向に長く伸びるMnS等の形成を抑制する作用を有する元素である。したがって、REMを添加することにより、硫化物系介在物が球状を呈するように形態制御し、溶接部等の靱性をさらに向上させることができる。前記効果を得るために、REMを添加する場合、REM含有量を0.0005%以上とする。一方、REM含有量が0.0080%を超えると、鋼の清状度が低下する。清浄度の低下は、表面疵の増加による表面性状が劣化と曲げ加工性の低下を招くため、REMを添加する場合、REM含有量を0.0080%以下とする。

【0045】

言い換えると、本発明における耐摩耗鋼板およびその製造に用いられる鋼素材は、以下の成分組成を有することができる。

質量%で、

C : 0.23~0.34%、

Si : 0.05~1.00%、

Mn : 0.30~2.00%、

P : 0.020%以下、

S : 0.020%以下、

Al : 0.04%以下、

Cr : 0.05~2.00%、

N : 0.0050%以下、

O : 0.0050%以下、

任意に、Cu : 0.01~2.00%、Ni : 0.01~2.00%、Mo : 0.01~1.00%、V : 0.01~1.00%、W : 0.01~1.00%、およびCo : 0.01~1.00%からなる群より選択される1または2以上、

任意に、Nb : 0.005~0.050%、Ti : 0.005~0.050%、およびB : 0.0001~0.0100%からなる群より選択される1または2以上、

任意に、Ca : 0.0005~0.0050%、Mg : 0.0005~0.0050%、およびREM : 0.0005~0.0080%からなる群より選択される1または2以上、並びに

残部のFeおよび不可避的不純物、からなる成分組成。

【0046】

DI*: 120以上

下記(1)式で定義されるDI*は焼入れ性を示す指標であり、DI*値が大きいほど焼入れ後の鋼板の板厚中心位置における硬度が増加する。板厚が厚い耐摩耗鋼において中心硬度を確保するにはDI*: 120以上とする必要がある。一方、DI*の上限値は特に規定されないが、DI*が高すぎると溶接性が劣化するため、DI*は300以下とすることが好ましく、250以下とすることがより好ましい。

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

(ただし、上記(1)式中の元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

【0047】

[表面硬度]

HB_1 : 360 ~ 490 HBW 10 / 3000

鋼板の耐摩耗性は、該鋼板の表層部における硬度を高めることにより向上させることができる。鋼板表層部における硬度がブリネル硬さで360 HBW未満では、十分な耐摩耗性を得ることができない。そのため、耐摩耗鋼板の表面から1mmの深さにおけるブリネル硬さ(HB_1)を360 HBW以上とする。一方、 HB_1 が490 HBWより高いと加工性が劣化する。そのため、 HB_1 を490 HBWと以下とする。

【0048】

[硬度比]

$HB_1 / 2 / HB_1$: 75%以上

先に述べたように、鋼板の板厚中心付近まで摩耗するような過酷な使用環境下においても優れた耐摩耗性を発揮し、鋼板の使用寿命を長くするためには、鋼板の表層硬度のみならず、板厚中心部まで高い硬度を確保する必要がある。そのため、本発明においては、前記 HB_1 に対する、板厚中心位置におけるブリネル硬さ $HB_1 / 2$ の比として定義される硬度比を75%以上とする($HB_1 / 2 / HB_1 \geq 0.75$)。ここで、前記硬度比は、 $HB_1 / 2 / HB_1 \times 100$ (%)である。前記硬度比は80%以上とすることが好ましい。一方、前記硬度比の上限は特に限定されないが、通常、 $HB_1 / 2$ は HB_1 以下となることから、硬度比は100%以下となる($HB_1 / 2 / HB_1 \leq 1$)。

【0049】

板厚が50mm以上の耐摩耗鋼板において75%以上の硬度比を得る方法としては、合金元素を多量に添加することで板厚中心においても多量のマルテンサイトを生成させることで硬度を上昇させる方法がある。しかし、前記方法では高価な合金元素を多量に用いるためコストが著しく上昇する。そこで、本発明では、上記成分組成を有する鋼板を後述する特定の条件で焼戻し熱処理することにより、75%以上の硬度比を達成することができる。本発明の鋼板は、多量の合金元素を含まず、低コストであるにもかかわらず、上述したように多量の合金元素を用いた場合と同等の硬度比を備えている。

【0050】

なお、前記ブリネル硬さ(HB_1 、 $HB_1 / 2$)は、直径10mmのタングステン硬球を使用し、荷重3000Kgfで測定した値(HBW 10 / 3000)とする。該ブリネル硬さは、実施例に記載した方法で測定することができる。

【0051】

[板厚]

板厚 : 50mm以上

本発明によれば、少ない合金元素量で板厚中心部までの硬度を確保することができるため、耐摩耗鋼板のコストを低減することができる。しかし、板厚が50mm未満の場合には、従来の技術であっても、合金元素量が少なくとも十分な内部硬度を得やすいため、本発明によるコスト低減効果は、板厚が50mm以上の場合において特に顕著となる。そのため、耐摩耗鋼板の板厚は50mm以上とする。一方、板厚の上限は特に規定されないが、製造上の観点からは板厚を100mm以下とすることが好ましい。

【0052】

[製造方法]

次に、本発明の一実施形態における耐摩耗鋼板の製造方法について説明する。本発明の耐摩耗鋼板は、上述した成分組成を有する鋼素材を、加熱し、熱間圧延した後に、焼入れ、焼戻しを含む熱処理を後述する条件で行うことによって製造することができる。

【0053】

[鋼素材]

前記鋼素材の製造方法は、とくに限定されないが、例えば、上記した組成を有する溶鋼を常法により溶製し、鑄造して製造することができる。前記溶製は、転炉、電気炉、誘導炉等、任意の方法により行うことができる。また、前記鑄造は、生産性の観点から連続鑄造法で行うことが好ましいが、造塊一分解圧延法により行うこともできる。前記鋼素材としては、例えば、鋼スラブを用いることができる。

【0054】

〔加熱〕

得られた鋼素材は、熱間圧延に先立って加熱温度に加熱される。前記加熱は、鑄造などの方法によって得た鋼素材を一旦冷却した後に行ってもよく、また、得られた鋼素材を冷却することなく直接、前記加熱に供することもできる。

【0055】

前記加熱温度は特に限定されないが、該加熱温度が900℃以上であれば、鋼素材の変形抵抗が低下、熱間圧延における圧延機への負荷が減少し、より容易に熱間圧延を行うことができる。そのため、前記加熱温度は900℃以上とすることが好ましく、950℃以上とすることがより好ましく、1100℃以上とすることがさらに好ましい。一方、前記加熱温度が1250℃以下であれば、鋼の酸化が抑制され、酸化によるロスが減少する結果、歩留まりが向上する。そのため、前記加熱温度は1250℃以下とすることが好ましく、1200℃以下とすることがより好ましく、1150℃以下とすることがさらに好ましい。

10

【0056】

〔熱間圧延〕

次いで、前記加熱された鋼素材を熱間圧延して、板厚50mm以上の熱延鋼板とする。前記熱間圧延の条件は特に限定されず、常法に従って行うことができるが、圧延温度が850℃以上であれば、鋼素材の変形抵抗が低いため、熱間圧延における圧延機への負荷が減少し、より容易に熱間圧延を行うことが可能となる。そのため、圧延温度を850℃以上とすることが好ましく、900℃以上とすることがより好ましい。一方、前記圧延温度が1000℃以下であれば、鋼の酸化が抑制され、酸化によるロスが減少する結果、歩留まりがさらに向上する。そのため、前記圧延温度は1000℃以下とすることが好ましく、950℃以下とすることがより好ましい。

20

【0057】

〔焼入れ〕

次いで、得られた熱延鋼板を焼入れ開始温度から焼入れ停止温度まで焼入れする。前記焼入れは、直接焼入れ(DQ)と再加熱焼入れ(RQ)のいずれの方法で行ってもよい。また、前記焼入れにおける冷却方法は特に限定されないが、水冷で行うことが好ましい。なお、ここで「焼入れ開始温度」とは焼入れ開始時における鋼板の表面温度とする。前記「焼入れ開始温度」を、単に「焼入れ温度」という場合がある。また、「焼入れ停止温度」とは、焼入れ終了時における鋼板の表面温度とする。例えば、焼入れを水冷によって行う場合には、水冷開始時の温度を「焼入れ開始温度」、水冷終了時の温度を「焼入れ停止温度」とする。

30

【0058】

(直接焼入れ)

前記焼入れを直接焼入れで行う場合、上記熱間圧延終了後、熱延鋼板を再加熱することなく焼入れを行う。その際、前記焼入れ開始温度を A_{r3} 変態点以上とする。これはオーステナイト状態からの焼入れによってマルテンサイト組織を得るためである。前記焼入れ開始温度が A_{r3} 変態点未満であると十分に焼きが入らないため鋼板の硬度を十分に向上させることができず、その結果、最終的に得られる鋼板の耐摩耗性が低下する。一方、直接焼入れにおける焼入れ開始温度の上限は特に限定されないが、950℃以下とすることが好ましい。焼入れ停止温度については後述する。

40

【0059】

なお、 A_{r3} 変態点は、例えば、次の(3)式で求めることができる。

$$A_{r3} \text{ (}^\circ\text{C)} = 910 - 273 \times C - 74 \times Mn - 57 \times Ni - 16 \times Cr - 9 \times Mo - 5 \times Cu \cdots (3)$$

(ただし、上記(3)式中の各元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

【0060】

50

(再加熱焼入れ)

前記焼入れを再加熱焼入れで行う場合、上記熱間圧延終了後、熱延鋼板を再加熱した後焼入れする。その際、前記焼入れ開始温度を A_{c3} 変態点以上とする。これはオーステナイト状態からの焼入れによってマルテンサイト組織を得るためである。前記焼入れ開始温度が A_{c3} 変態点未満であると十分に焼きが入らないため鋼板の硬度を十分に向上させることができず、その結果、最終的に得られる鋼板の耐摩耗性が低下する。一方、再加熱焼入れにおける焼入れ開始温度の上限は特に限定されないが、 950°C 以下とすることが好ましい。焼入れ停止温度については後述する。

【0061】

なお、 A_{c3} 変態点は、例えば、次の(4)式で求めることができる。

$$A_{c3} (^{\circ}\text{C}) = 912.0 - 230.5 \times C + 31.6 \times Si - 20.4 \times Mn - 39.8 \times Cu - 18.1 \times Ni - 14.8 \times Cr + 16.8 \times Mo \cdots (4)$$

(ただし、上記(4)式中の各元素記号は、質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

【0062】

(平均冷却速度)

上記焼入れにおける冷却速度は特に限定されず、マルテンサイト相が形成される冷却速度であれば任意の値とすることができる。例えば、焼入れ開始から焼入れ停止の間における平均冷却速度は、 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とすることが好ましく、 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とすることがより好ましい。また、前記平均冷却速度は、 $70^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とすることが好ましく、 $60^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とすることがより好ましい。なお、前記平均冷却速度は、鋼板表面の温度を用いて求められる冷却速度とする。

【0063】

(冷却停止温度)

前記焼入れ工程における冷却停止温度はマルテンサイトが生成する温度であれば特に限定されないが、冷却停止温度が M_f 点以下であれば、マルテンサイト組織率が向上し鋼板の硬度をさらに向上できる。そのため、前記冷却停止温度を M_f 点以下とすることが好ましい。一方、冷却停止温度の下限は特に限定されないが、不必要に冷却をし続けると製造効率が低下するため、冷却停止温度を 50°C 以上とすることが好ましい。なお、 M_f 点は、下記(5)式により求めることができる。

$$M_f (^{\circ}\text{C}) = 410.5 - 407.3 \times C - 7.3 \times Si - 37.8 \times Mn - 20.5 \times Cu - 19.5 \times Ni - 19.8 \times Cr - 4.5 \times Mo \cdots (5)$$

(ただし、上記(5)式中の元素記号は質量%で表した各元素の含有量であり、含有されていない元素の含有量は0とする)

【0064】

(焼戻し)

前記焼入れ停止後、焼入れされた熱延鋼板を焼戻し温度まで再加熱する。前記再加熱を行うことにより、焼入れ後の鋼板が焼き戻される。その際、下記(2)式で定義される P 値が $1.20 \times 10^4 \sim 1.80 \times 10^4$ となる条件で前記焼戻しを行うことにより、上記表層および板厚中央部における硬度を得ることができる。

$$P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$$

(ただし、上記(2)式における C は鋼板中の C 含有量(質量%)、 T は焼戻し温度($^{\circ}\text{C}$)、 t は前記焼戻しにおける保持時間(分)を表す)

【0065】

P 値が 1.20×10^4 未満では、焼戻しが不十分となるため、表層および板厚中心位置の硬度の一方または両方を所期した範囲とすることができない。一方、 P 値が 1.80×10^4 より大きいと表層硬度の低下が大きくなり所定の値が得られない。

【0066】

なお、前記加熱温度 T が低すぎると製造効率が低下するため、加熱温度 T は 200°C 以上とすることが望ましく、前記加熱温度 T が高すぎると熱処理コストが高騰するため、加

10

20

30

40

50

熱温度 T は 600°C 以下とすることが好ましい。

【0067】

また、製造効率および熱処理コストの観点から、保持時間 t は 180 分までとすることが好ましく、 100 分以下とすることがより好ましく、 60 分以下とすることがさらに好ましい。一方、組織の均一性を考慮すると、保持時間 t を 5 分以上とすることが好ましい。

【0068】

上記焼戻しは、熱処理炉を用いた加熱、高周波誘導加熱、通電加熱など任意の方法で行うことができる。

【実施例】

10

【0069】

次に、実施例に基づいて本発明をさらに具体的に説明する。以下の実施例は、本発明の好適な一例を示すものであり、本発明は、該実施例によって何ら限定されるものではない。

【0070】

まず、連続鑄造法により、表 1 に示す成分組成の鋼スラブ（鋼素材）を製造した。

【0071】

次に、得られた鋼スラブに対して、加熱、熱間圧延、焼入れ（直接焼入れまたは再加熱焼入れ）、および焼戻しの各処理を順次施して鋼板を得た。各工程における処理条件を表 2 に示す。なお、「熱間圧延」の欄に示した「板厚」が、最終的に得られた耐摩耗鋼板の板厚である。

20

【0072】

なお、前記焼入れは、直接焼入れおよび再加熱焼入れのいずれかの方法で行った。直接焼入れを行う場合には、熱間圧延後の鋼板を直接、水冷による焼入れに供した。また、再加熱焼入れを行う場合には、熱間圧延後の鋼板を空冷した後、所定の再加熱温度まで加熱した後、水冷による焼入れに供した。前記焼入れにおける水冷は、熱延鋼板を通板しながら該鋼板の表裏面より高流量の水を噴射して行った。焼入れ時の冷却速度は、伝熱計算で求めた $650 \sim 300^{\circ}\text{C}$ の間での平均冷却速度であり、冷却は 300°C 以下まで行った。

【0073】

得られた鋼板のそれぞれについて、以下に記す方法で、鋼板の表面から 1 mm 深さの位置と、鋼板の板厚中央（ $1/2$ 位置）におけるブリネル硬さおよび組織を、以下の方法で評価した。評価結果は、表 2 に示したとおりである。

30

【0074】

[硬度（ブリネル硬さ）]

耐摩耗性の指標として、鋼板の表層部と板厚中心部における硬度を測定した。測定に用いた試験片は、それぞれ鋼板の表面から 1 mm の深さの位置と板厚中心位置が試験面となるよう、上述のようにして得られた各鋼板から採取した。前記試験片の試験面を鏡面研磨した後、JIS Z 2243（2008）に準拠してブリネル硬さを測定した。測定には直径 10 mm のタングステン硬球を使用し、荷重は 3000 Kgf とした。

【0075】

40

[組織]

得られた鋼板から、組織観察用試験片を採取し、研磨、腐食（ナイトール腐食液）して、光学顕微鏡（倍率： 400 倍）を用いて表面から 1 mm および板厚中央の位置における組織を撮像した。得られた画像を画像解析し、各相を同定した。なお、撮像は 5 視野以上で行った。表層組織については、面積分率が 95% 以上であった相を、主相として表 2 に示した。

【0076】

【表 1】

鋼種	成分組成(質量%) *																	Df*	Ar3 (℃)	Ac3 (℃)	Mf (℃)	区分				
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N	O	Cu	Ni	Mo	V	W	Co	Nb	Ti						B	Ca	Mg	REM
A	0.28	0.25	1.55	0.011	0.0033	0.026	0.98	0.0027	0.0029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	703	809	217	適合鋼
B	0.29	0.38	0.88	0.007	0.0024	0.021	1.03	0.0019	0.0019	0.55	1.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	658	774	194	適合鋼
C	0.27	0.55	1.92	0.007	0.0019	0.029	0.30	0.0030	0.0024	-	-	0.38	-	-	-	-	0.015	0.0012	-	-	-	201	686	830	216	適合鋼
D	0.30	0.96	0.73	0.012	0.0033	0.015	0.78	0.0023	0.0019	-	-	0.48	-	-	-	-	-	-	0.0031	-	-	220	757	855	236	適合鋼
E	0.33	0.19	0.33	0.015	0.0021	0.027	1.44	0.0021	0.0020	-	1.24	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	217	697	800	207	適合鋼
F	0.26	0.56	1.67	0.012	0.0012	0.026	1.34	0.0025	0.0022	-	-	-	0.03	0.03	-	-	-	-	-	-	-	214	694	816	211	適合鋼
G	0.28	0.63	1.38	0.005	0.0023	0.021	1.31	0.0020	0.0038	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	238	653	802	194	適合鋼
H	0.24	0.23	1.23	0.006	0.0007	0.028	1.97	0.0029	0.0022	-	-	-	0.03	0.03	-	0.012	0.015	0.0011	-	-	-	179	722	810	226	適合鋼
I	0.27	0.72	0.45	0.005	0.0030	0.031	1.39	0.0029	0.0020	0.31	0.34	0.39	-	-	-	-	-	-	-	0.0028	-	226	756	831	236	適合鋼
J	0.28	0.17	1.28	0.015	0.0013	0.034	0.72	0.0019	0.0034	-	-	0.48	-	-	-	0.013	0.013	0.0012	-	-	0.0032	208	723	824	230	適合鋼
K	0.36	0.42	1.46	0.012	0.0006	0.016	0.33	0.0023	0.0029	-	1.55	-	-	-	-	-	0.014	0.0013	-	-	-	130	610	780	169	比較鋼
L	0.20	0.78	1.98	0.007	0.0040	0.024	1.55	0.0021	0.0028	-	-	-	-	-	-	0.011	0.012	0.0011	-	-	-	244	684	827	218	比較鋼
M	0.28	0.38	1.27	0.012	0.0023	0.019	0.48	0.0021	0.0019	-	0.23	0.13	-	-	-	-	0.011	0.0012	-	-	-	115	718	824	231	比較鋼
N	0.23	0.25	1.02	0.006	0.0007	0.028	0.98	0.0029	0.0022	-	0.98	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182	698	817	237	適合鋼
O	0.34	0.24	0.98	0.007	0.0008	0.027	1.03	0.0027	0.0019	-	1.02	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	227	668	791	192	適合鋼

残部はFeおよび不可避不純物

* 残部はFeおよび不可避不純物

【0 0 7 7】

10

20

30

40

【表 2】

表2	No.	鋼種	製造条件										評価結果					区分					
			加熱	熱間圧延		直接焼入れ				再加熱焼入れ				焼戻し			板厚中央						
				加熱温度 (°C)	圧延終了温度 (°C)	板厚 (mm)	冷却方法	焼入れ開始温度 (°C)	焼入れ停止温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	再加熱温度 (°C)	保持時間 (min.)	冷却方法	焼入れ停止温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	加熱温度 (°C)	保持時間 (min.)		P / 10 ⁴	HB ₁ (HBW 10/3000)	組織* (主相)	HB _{1/2} (HBW 10/3000)	組織*
1	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	900	10	水冷	150	40	450	10	1.62	399	TM	336	TB+TM	84	発明例
2	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	880	5	水冷	200	50	500	20	1.76	368	TM	304	TB+TM	83	発明例
3	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	910	10	水冷	50	40	300	1	1.23	489	TM	414	TB+TM	85	発明例
4	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	880	10	水冷	160	45	550	5	1.82	353	TM	289	TB+TM	82	比較例
5	A	250	1120	890	50	空冷	-	-	-	900	5	水冷	130	45	250	10	1.17	502	TM	414	TB+TM	82	比較例
6	B	250	1120	880	75	水冷	850	150	35	-	-	-	-	-	400	10	1.51	429	TM	354	TB+TM	83	発明例
7	B	250	1120	890	75	水冷	850	190	40	-	-	-	-	-	500	20	1.75	373	TM	296	TB+TM	79	発明例
8	B	250	1120	880	75	水冷	850	50	30	-	-	-	-	-	300	1	1.23	494	TM	394	TB+TM	80	発明例
9	B	250	1120	880	75	水冷	850	170	35	-	-	-	-	-	550	10	1.84	352	TM	274	TB+TM	78	比較例
10	B	250	1120	880	75	水冷	860	100	30	-	-	-	-	-	250	10	1.17	507	TM	394	TB+TM	78	比較例
11	C	300	1150	890	100	空冷	-	-	-	880	10	水冷	50	25	400	5	1.49	424	TM	336	TB+TM	79	発明例
12	D	300	1120	890	100	空冷	-	-	-	910	10	水冷	70	25	350	10	1.39	460	TM	374	TB+TM	81	発明例
13	E	300	1120	880	100	空冷	-	-	-	850	10	水冷	160	30	500	5	1.69	403	TM	308	TB+TM	77	発明例
14	F	300	1120	890	100	空冷	-	-	-	880	10	水冷	110	30	400	30	1.55	408	TM	325	TB+TM	80	発明例
15	G	300	1120	890	100	空冷	-	-	-	910	10	水冷	190	30	450	10	1.62	399	TM	322	TB+TM	81	発明例
16	H	300	1180	880	100	空冷	-	-	-	900	10	水冷	180	30	500	5	1.73	359	TM	265	TB+TM	74	発明例
17	I	300	1120	890	100	空冷	-	-	-	910	10	水冷	80	25	450	5	1.61	399	TM	319	TB+TM	80	発明例
18	J	300	1180	890	100	空冷	-	-	-	900	5	水冷	130	30	400	20	1.53	420	TM	332	TB+TM	79	発明例
19	K	250	1150	890	50	空冷	-	-	-	900	5	水冷	180	50	300	10	1.26	514	TM	440	TB+TM	86	比較例
20	L	250	1180	890	50	空冷	-	-	-	860	5	水冷	120	40	500	5	1.75	339	TM	335	TB+TM	99	比較例
21	M	250	1150	880	100	空冷	-	-	-	900	5	水冷	110	40	500	5	1.71	378	TM	253	TB+TM	67	比較例
22	N	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	910	10	水冷	50	50	250	20	1.21	475	TM	436	TB+TM	92	発明例
23	O	250	1120	880	50	空冷	-	-	-	910	10	水冷	50	50	250	20	1.17	526	TM	495	TB+TM	94	比較例

*M: マルテンサイト、TM: 焼戻しマルテンサイト、B: ベイナイト、TB: 焼戻しベイナイト

【0078】

表 1、2 に示した結果から分かるように、発明例では表面から 1 mm の深さにおける硬度がブリネル硬さで 360～490 HBW 10/3000 であり、板厚中心位置におけるブリネル硬さが表層 1 mm 深さ位置のブリネル硬さの 75 % 以上である、板厚が 50 m

10

20

30

40

50

m以上の摩耗鋼板が得られている。一方、本発明における焼戻し条件を満たさない比較例では、表層硬度あるいは内部硬度が発明例と異なっている。また、C含有量が条件を満たさない比較例では、表層硬度が条件を満たしていない。さらに、鋼板No. 22ではDI＊が本発明範囲から外れており、硬度比は75%以下となっている。

フロントページの続き

- (72)発明者 寺澤 祐介
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 村上 善明
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
- (72)発明者 竹村 悠作
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 室田 康宏
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 鈴木 葉子

- (56)参考文献 特開2004-300474 (JP, A)
特開2001-049387 (JP, A)
特開平09-118950 (JP, A)
特開2014-025130 (JP, A)
特開2002-256382 (JP, A)
特開平08-144009 (JP, A)
韓国公開特許第10-2012-0071614 (KR, A)
中国特許出願公開第105200337 (CN, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22C 38/00-38/60
C21D 8/00-8/10