

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7215646号
(P7215646)

(45)発行日 令和5年1月31日(2023.1.31)

(24)登録日 令和5年1月23日(2023.1.23)

(51)国際特許分類

F I

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 0 1 S

C 2 2 C 38/06 (2006.01)

C 2 2 C 38/06

C 2 2 C 38/60 (2006.01)

C 2 2 C 38/60

C 2 1 D 9/46 (2006.01)

C 2 1 D 9/46 G

C 2 2 C 38/00 3 0 1 T

請求項の数 7 (全28頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2022-551344(P2022-551344)

(86)(22)出願日 令和4年5月19日(2022.5.19)

(86)国際出願番号 PCT/JP2022/020893

審査請求日 令和4年9月9日(2022.9.9)

(31)優先権主張番号 特願2021-98035(P2021-98035)

(32)優先日 令和3年6月11日(2021.6.11)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者 000001258

J F E スチール株式会社

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号

(74)代理人 100184859

弁理士 磯村 哲朗

(74)代理人 100123386

弁理士 熊坂 晃

(74)代理人 100196667

弁理士 坂井 哲也

(74)代理人 100130834

弁理士 森 和弘

(72)発明者 戸畑 潤也

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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高強度鋼板およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C：0.15%以上、0.45%以下、

Si：0.50%以上、2.00%以下、

Mn：1.50%以上、3.50%以下、

P：0.100%以下、

S：0.0200%以下、

Al：0.010%以上、1.000%以下、

N：0.0100%以下、

H：0.0020%以下を含有し、

残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成と、

焼戻マルテンサイトが面積分率で80%以上、

残留オーステナイトが体積分率で5%以上15%以下、

フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で10%以下であり、

残留オーステナイト中の炭素濃度が0.50%以上であり、

以下の(1)および(2)で規定する式を満たす組織を有する高強度鋼板。

$$KAM(S)/KAM(C) < 1.00 \dots (1)$$

ここで、KAM(S)は鋼板表面から板厚中心部側に100μmの位置である鋼板表層部

のKAM(Kernel Average Misorientation)値、KAM(

C) は鋼板中心部の K A M 値を示す。

$$H_v(Q) - H_v(S) \geq 8 \dots\dots (2)$$

ここで、 $H_v(Q)$ は板厚 1/4 部の硬度、 $H_v(S)$ は鋼板表面から板厚中心部側に 100 μm の位置である鋼板表層部の硬度を示す。

【請求項 2】

成分組成として、さらに、質量%で、

Ti : 0.100% 以下、

B : 0.0100% 以下、

Nb : 0.100% 以下、

Cu : 1.00% 以下、

Cr : 1.00% 以下、

V : 0.100% 以下、

Mo : 0.500% 以下、

Ni : 0.50% 以下、

Sb : 0.200% 以下、

Sn : 0.200% 以下、

As : 0.100% 以下、

Ta : 0.100% 以下、

Ca : 0.0200% 以下、

Mg : 0.0200% 以下、

Zn : 0.020% 以下、

Co : 0.020% 以下、

Zr : 0.020% 以下、

REM : 0.0200% 以下のうちから選ばれる 1 種または 2 種以上の元素を含有する請求項 1 に記載の高強度鋼板。

【請求項 3】

鋼板表面にめっき層を有する請求項 1 または 2 に記載の高強度鋼板。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の高強度鋼板の製造方法であって、

鋼スラブに熱間圧延、酸洗および冷間圧延を施し作製した冷延鋼板を、

温度 T_1 が 850℃ 以上 1000℃ 以下であり、

前記 T_1 での保持時間 t_1 が 10 秒以上 100 秒以下である条件で焼鈍した後、

100℃ 以上 300℃ 以下の温度 T_2 まで冷却した後、

温度 T_3 が T_2 以上 450℃ 以下であり、

温度 T_3 での保持時間 t_3 が 1.0 秒以上 1000.0 秒以下である条件で再加熱処理を行い、

100℃ 以下まで冷却し、

100℃ となった時点から経過時間 t_4 が 1000 秒以下のうちに加工を開始し、

前記加工は加工開始温度 T_4 が 80℃ 以下であり、

前記加工は相当塑性歪が 0.10% 以上 5.00% 以下である条件で加工を施し、

温度 T_5 が 100℃ 以上 400℃ 以下であり、

前記温度 T_5 での保持時間 t_5 が 1.0 秒以上 1000.0 秒以下である条件で焼戻し、

前記温度 T_5 から 80℃ までの冷却速度 θ_1 が 100℃/秒以下の条件で冷却する

高強度鋼板の製造方法。

【請求項 5】

前記焼戻前の加工工程にて 2 回以上に分けて加工による歪付与を実施し、各加工の前記相当塑性歪の合計が 0.10% 以上である条件で加工が施される請求項 4 に記載の高強度鋼板の製造方法。

【請求項 6】

前記焼鈍から加工までの間に、めっき処理を施す請求項 4 に記載の高強度鋼板の製造方

法。

【請求項 7】

前記焼鈍から加工までの間に、めっき処理を施す請求項 5 に記載の高強度鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、引張強度、伸び、および耐遅れ破壊特性に優れる高強度鋼板およびその製造方法に関するものである。本発明の高強度鋼板は、自動車用部品等の構造部材として好適に用いることができる。

【背景技術】

【0002】

車輛の軽量化によるCO₂排出量削減と車体の軽量化による耐衝突性能向上の両立を目的に、自動車用薄鋼板の高強度化が進行しており、新たな法規制の導入も相次いでいる。そのため、車体強度の増加を目的として、自動車を形成する主要な構造部品では、引張強度(TS)で1320MPa級以上の高強度鋼板の適用事例が増加している。自動車に用いられる高強度鋼板には、優れた成形性を有することが求められる。鋼板の強度の上昇に伴いプレス成形が困難になることから、優れた伸び(EL)を有することも求められる。

【0003】

また、自動車の骨格部品にはせん断加工により形成された端面が多く存在する。せん断端面の形態は、せん断クリアランスに依存する。部品の成型過程では、このせん断端面に穴広げ変形による割れが発生しないことが求められる。せん断加工後の穴広げ変形により発生する割れは、せん断端面の形態つまりせん断クリアランスに依存しており、割れが発生しない適正なクリアランス範囲が広いことが求められる。また、せん断クリアランスは耐遅れ破壊特性にも影響する。ここで、遅れ破壊とは成形後の部品が水素侵入環境下に置かれたとき、水素が部品を構成する鋼板内に侵入し、原子間結合力を低下させることや局所的な変形を生じさせることで微小亀裂が生じ、その微小亀裂が進展することで破壊に至る現象である。自動車に用いられる高強度鋼板には遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が広いことも求められる。

【0004】

これらの要求に対し、例えば、特許文献1では、980MPa以上の引張強度を有し、曲げ加工性に優れた高強度鋼板およびその製造方法が提供されている。しかしながら、特許文献1に記載の技術では、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲については考慮していない。

【0005】

例えば、特許文献2では、1320MPa以上の引張強度を有し、せん断端面の耐遅れ破壊特性に優れた高強度鋼板およびその製造方法が提供されている。しかしながら、特許文献2に記載の技術では、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲については考慮していない。

【0006】

例えば、特許文献3では、1100MPa以上の引張強度を有し、YR、表面性状および溶接性に優れた高強度鋼板およびその製造方法が提供されている。しかしながら、特許文献3に記載の技術では、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲については考慮していない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特許第6354909号公報

特許第6112261号公報

特許第6525114号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

発明は、かかる事情に鑑み開発されたもので、TSが1320MPa以上、 $EL \geq 8\%$ 、かつ、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲に優れる高強度鋼板およびそ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】

【0009】

本発明者らは、上記した課題を達成するために、鋭意検討を重ねた結果、以下のことを見出した。

(1) フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が10%以下とすることで、1320MPa以上のTSを実現できる。

(2) 残留オーステナイトを5%以上とすることで、8%以上のELを実現できる。

(3) フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が10%以下、残留オーステナイトを15%以下、残留オーステナイト中の炭素濃度が0.50%以上、 $KAM(S)/KAM(C)$ を1.00未満とし、かつ、 $Hv(Q) - Hv(S)$ を8以上とすることで、優れた穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲を実現できる。

(4) $KAM(S)/KAM(C)$ を1.00未満とし、かつ、 $Hv(Q) - Hv(S)$ を8以上とすることで、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲を実現できる。

【0010】

本発明は、上記知見に基づいてなされたものである。すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

【1】質量%で、

C: 0.15%以上、0.45%以下、

Si: 0.50%以上、2.00%以下、

Mn: 1.50%以上、3.50%以下、

P: 0.100%以下、

S: 0.0200%以下、

Al: 0.010%以上、1.000%以下、

N: 0.0100%以下、

H: 0.0020%以下を含有し、

残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成と、

焼戻マルテンサイトが面積分率で80%以上、

残留オーステナイトが体積分率で5%以上15%以下、

フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で10%以下であり、

残留オーステナイト中の炭素濃度が0.50%以上であり、

以下の(1)および(2)で規定する式を満たす組織を有する高強度鋼板。

$KAM(S)/KAM(C) < 1.00 \dots (1)$

ここで、KAM(S)は鋼板表層部のKAM(Kernel Average Misorientation)値、KAM(C)は鋼板中心部のKAM値を示す。

$Hv(Q) - Hv(S) \geq 8 \dots (2)$

ここで、Hv(Q)は板厚1/4部の硬度、Hv(S)は鋼板表層部の硬度を示す。

【2】成分組成として、さらに、質量%で、

Ti: 0.100%以下、

B: 0.0100%以下、

Nb: 0.100%以下、

Cu: 1.00%以下、

Cr: 1.00%以下、

V: 0.100%以下、

Mo: 0.500%以下、

N i : 0 . 5 0 % 以下、
S b : 0 . 2 0 0 % 以下、
S n : 0 . 2 0 0 % 以下、
A s : 0 . 1 0 0 % 以下、
T a : 0 . 1 0 0 % 以下、
C a : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
M g : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
Z n : 0 . 0 2 0 % 以下、
C o : 0 . 0 2 0 % 以下、
Z r : 0 . 0 2 0 % 以下、
R E M : 0 . 0 2 0 0 % 以下のうちから選ばれる 1 種または 2 種以上の元素を含有する [1] に記載の高強度鋼板。

10

[3] 鋼板表面にめっき層を有する [1] または [2] に記載の高強度鋼板。

[4] 前記 [1] または [2] に記載の高強度鋼板の製造方法であって、
鋼スラブに熱間圧延、酸洗および冷間圧延を施し作製した冷延鋼板を、
温度 T_1 が 850°C 以上 1000°C 以下であり、
前記 T_1 での保持時間 t_1 が 10 秒以上 1000 秒以下である条件で焼鈍した後、
 100°C 以上 300°C 以下の温度 T_2 まで冷却した後、
温度 T_3 が T_2 以上 450°C 以下であり、
温度 T_3 での保持時間 t_3 が 1.0 秒以上 1000.0 秒以下である条件で再加熱処理を
行い、

20

100°C 以下まで冷却し、
 100°C となった時点から経過時間 t_4 が 1000 秒以下のうちに加工を開始し、
前記加工は加工開始温度 T_4 が 80°C 以下であり、
前記加工は相当塑性歪が 0.10 % 以上 5.00 % 以下である条件で加工を施し、
温度 T_5 が 100°C 以上 400°C 以下であり、
前記温度 T_5 での保持時間 t_5 が 1.0 秒以上 1000.0 秒以下である条件で焼戻し、
前記温度 T_5 から 80°C までの冷却速度 θ_1 が $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の条件で冷却する
高強度鋼板の製造方法。

[5] 前記焼戻し前の加工工程にて 2 回以上に分けて加工による歪付与を実施し、各加工の
前記相当塑性歪の合計が 0.10 % 以上である条件で加工が施される [4] に記載の高強度
鋼板の製造方法。

30

[6] 前記焼鈍から加工までの間に、めっき処理を施す [4] または [5] に記載の高強度
鋼板の製造方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、 TS が 1320MPa 以上、 El が 8 % 以上、かつ、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲に優れる高強度鋼板を得ることができる。また、本発明の高強度鋼板を、例えば、自動車構造部材に適用することによって車体軽量化による燃費向上を図ることができる。したがって、産業上の利用価値は極めて大きい。

40

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について説明する。

【0013】

まず、高強度鋼板の成分組成の適正範囲およびその限定理由について説明する。なお、以下の説明において、鋼の成分元素の含有量を表す「%」は、特に明記しない限り「質量%」を意味する。

【0014】

C : 0.15 % 以上、0.45 % 以下

50

Cは、鋼の重要な基本成分の1つであり、特に本発明では、TSに影響する重要な元素である。Cの含有量が0.15%未満では、1320MPa以上のTSを実現することが困難になる。したがって、C含有量は0.15%以上とする。C含有量は、好ましくは0.16%以上である。C含有量はより好ましくは0.17%以上である。C含有量はさらに好ましくは0.18%以上である。C含有量はもっとも好ましくは0.19%以上である。一方、Cの含有量が0.45%を超えると、8.0%以上のELを実現することが困難になる。したがって、C含有量は、0.45%以下とする。C含有量は、好ましくは0.40%以下である。C含有量はより好ましくは0.35%以下である。C含有量はさらに好ましくは0.30%以下である。C含有量はもっとも好ましくは0.26%以下である。

10

【0015】

Si：0.50%以上、2.00%以下

Siは、鋼の重要な基本成分の1つであり、特に本発明では、残留オーステナイト分率および残留オーステナイト中の炭素濃度に影響する重要な元素である。Siの含有量が0.50%未満では、再加熱処理および焼戻処理にて炭化物が多量に析出し、残留オーステナイト分率および残留オーステナイト中の炭素濃度が低下し、8.0%以上のELを実現することが困難になり、かつ、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Si含有量は0.50%以上とする。Si含有量は、好ましくは0.60%以上である。Si含有量は、より好ましくは0.70%以上である。一方、Siの含有量が2.00%超えでは、その偏析量が多くなり、鋼板を脆化させることから、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Si含有量は、2.00%以下とする。Si含有量は、好ましくは1.95%以下であり、Si含有量は、より好ましくは1.80%以下である。Si含有量は、さらに好ましくは1.50%以下である。

20

【0016】

Mn：1.50%以上、3.50%以下

Mnは、鋼の重要な基本成分の1つであり、特に本発明では、フェライト分率およびベイナイト分率に影響する重要な元素である。Mnの含有量が1.50%未満では、フェライト分率およびベイナイト分率が増加し、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Mn含有量は1.50%以上とする。Mn含有量は、好ましくは1.60%以上である。Mn含有量は、より好ましくは1.80%以上である。Mn含有量は、さらに好ましくは2.00%以上である。一方、Mnの含有量が3.50%を超えると、その偏析量が多くなり、鋼板を脆化させることから、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Mn含有量は、3.50%以下とする。Mn含有量は、好ましくは3.30%以下である。Mn含有量は、より好ましくは3.20%以下である。Mn含有量は、さらに好ましくは3.00%以下である。

30

【0017】

P：0.100%以下

Pの含有量が0.100%を超えると、粒界にPが偏析して鋼板を脆化させるため、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、P含有量は、0.100%以下とする。P含有量は、好ましくは0.080%以下である。P含有量は、より好ましくは0.060%以下である。なお、P含有量の下限は特に限定しないが、生産技術上の制約から、0.001%以上が好ましい。

40

【0018】

S：0.0200%以下

S含有量が0.0200%を超えると、硫化物として存在し、鋼板を脆化させることから、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、S含有量は0.0200%以下とする。S含有量は、好ましくは0.0100%以下である。S含有量は、より好ましくは0.0050%以下である。なお、S含有量の下限は特に限定しないが、生産技術上の制約から0.0001%以上が好ましい。

【0019】

50

Al: 0.010%以上、1.000%以下

Alを含有することで、鋼板の強度が上昇し、1320MPa以上のTSを実現することが容易になる。この効果を得るためには、Al含有量を0.010%以上とする必要がある。したがって、Al含有量は0.010%以上とする。Al含有量は、好ましくは0.012%以上である。Al含有量は、より好ましくは0.015%以上である。Al含有量は、さらに好ましくは0.020%以上である。一方、Al含有量が1.000%を超えると、フェライト分率およびベイナイト分率が増加し、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Al含有量は、1.000%以下とする。Al含有量は好ましくは0.500%以下である。Al含有量は、より好ましくは0.100%以下である。

10

【0020】

N: 0.0100%以下

N含有量が0.0100%を超えると、鑄造スラブが脆化して割れ易くなり、生産性が著しく低下する。したがって、N含有量は0.0100%以下とする。N含有量は、好ましくは0.0080%以下である。N含有量は、より好ましくは0.0070%以下である。N含有量は、さらに好ましくは0.0060%以下である。N含有量は、もっとも好ましくは0.0050%以下である。なお、Nの含有量の下限は特に限定しないが、生産技術上の制約から0.0010%以上が好ましい。

【0021】

H: 0.0020%以下

H含有量が0.0020%を超えると、鋼板を脆化させることから、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、H含有量は0.0020%以下とする。H含有量は、好ましくは0.0015%以下である。H含有量は、より好ましくは0.0010%以下である。なお、Hの含有量の下限は特に限定しないが、H含有量が小さいほど遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が向上するため、H含有量は0%であってもよい。

20

【0022】

本発明の高強度鋼板は、上記の成分組成に加えて、さらに、質量%で、

Ti: 0.100%以下、B: 0.0100%以下、Nb: 0.100%以下、Cu: 1.00%以下、Cr: 1.00%以下、V: 0.100%以下、Mo: 0.500%以下、Ni: 0.50%以下、Sb: 0.200%以下、Sn: 0.200%以下、As: 0.100%以下、Ta: 0.100%以下、Ca: 0.0200%以下、Mg: 0.0200%以下、Zn: 0.020%以下、Co: 0.020%以下、Zr: 0.020%以下、REM: 0.0200%以下のうちから選ばれる1種または2種以上の元素が含有されることが好ましい。

30

【0023】

Ti: 0.100%以下

Tiの含有量が0.100%を超えると、鑄造スラブが脆化して割れ易くなり、生産性が著しく低下する。したがって、Tiを添加する場合、その含有量は0.100%以下とする。Ti含有量は、好ましくは0.090%以下である。Ti含有量は、より好ましくは0.075%以下である。Ti含有量は、さらに好ましくは0.050%以下である。Ti含有量は、もっとも好ましくは0.050%未満である。一方、Tiを含有することで、鋼板の強度が上昇し、1320MPa以上のTSを実現することが容易になる。この効果を得るためには、Ti含有量を0.001%以上が好ましい。Ti含有量は、より好ましくは0.005%以上である。Ti含有量は、さらに好ましくは0.010%以上である。

40

【0024】

B: 0.0100%以下

Bの含有量が0.0100%を超えると、鑄造スラブが脆化して割れ易くなり、生産性が著しく低下する。したがって、Bを添加する場合、その含有量は0.0100%以下と

50

する。B含有量は、好ましくは0.0080%以下である。B含有量は、より好ましくは0.0050%以下である。一方、Bを含有することで、鋼板の強度が上昇し、1320MPa以上のTSを実現することが容易になる。この効果を得るためには、B含有量を0.0001%以上とすることが好ましい。B含有量は、より好ましくは0.0002%以上である。

【0025】

Nb：0.100%以下

Nbの含有量が0.100%を超えると、粗鑄造スラブが脆化して割れ易くなり、生産性が著しく低下する。したがって、Nbを添加する場合、その含有量は0.100%以下とする。Nb含有量は、好ましくは0.090%以下である。Nb含有量は、より好ましくは0.050%以下である。Nb含有量は、さらに好ましくは0.030%以下である。一方、Nbを含有することで、鋼板の強度が上昇し、1320MPa以上のTSを実現することが容易になる。この効果を得るためには、Nb含有量を0.001%以上とすることが好ましい。Nb含有量は、より好ましくは0.002%以上である。

10

【0026】

Cu：1.00%以下

Cuの含有量が1.00%を超えると、鑄造スラブが脆化して割れ易くなり、生産性が著しく低下する。したがって、Cu含有量は、1.00%以下とする。Cu含有量は、好ましくは0.50%以下である。Cu含有量は、より好ましくは0.30%以下である。一方、Cuを含有することで、鋼板への水素侵入を抑制し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が改善される。この効果を得るためには、Cu含有量を0.01%以上とすることが好ましい。Cu含有量は、より好ましくは0.03%以上である。

20

【0027】

Cr：1.00%以下

Crの含有量が1.00%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Crを添加する場合、その含有量は1.00%以下とする。Cr含有量は、好ましくは0.70%以下である。Cr含有量は、より好ましくは0.50%以下である。一方、Crは、固溶強化元素としての役割のみならず、連続焼鈍時の冷却過程で、オーステナイトを安定化し、フェライトの生成を抑制できることから、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Cr含有量を0.01%以上にすることが好ましい。Cr含有量は、より好ましくは0.02%以上である。

30

【0028】

V：0.100%以下

Vの含有量がそれぞれ0.100%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Vを添加する場合、その含有量は0.100%以下とする。V含有量は、好ましくは0.060%以下である。一方、Vは、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、V含有量を、0.001%以上にすることが好ましい。V含有量は、より好ましくは0.005%以上である。V含有量は、さらに好ましくは0.010%以上である。

40

【0029】

Mo：0.500%以下

Moの含有量が0.500%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Moを添加する場合、その含有量は0.500%以下とする。Mo含有量は、好ましくは0.450%以下であり、より好ましくは0.350%以下である。一方、Moは、固溶強化元素としての役割のみならず、連続焼鈍時の冷却過程で、オーステナイトを安定化し、フェライトの生成を抑制できることから、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Mo含有量を0.010%以上にすることが好ましい。Mo

50

含有量は、より好ましくは0.020%以上である。

【0030】

Ni：0.50%以下

Niの含有量が0.50%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Niを添加する場合、その含有量は0.50%以下とする。Ni含有量は、好ましくは0.45%以下である。Ni含有量は、より好ましくは0.30%以下である。一方、Niは、連続焼鈍時の冷却過程で、オーステナイトを安定化し、フェライトの生成を抑制できることから、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Ni含有量は0.01%以上にすることが好ましい。Ni含有量は、より好ましくは0.02%以上である。

10

【0031】

Sb：0.200%以下

Sbの含有量が0.200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Sbを添加する場合、その含有量は0.200%以下とする。Sb含有量は、好ましくは0.100%以下である。Sb含有量は、より好ましくは0.050%以下である。一方、Sbは、表層軟化の形成を抑制し、鋼板強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Sbの含有量は、0.001%以上にすることが好ましい。Sb含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

20

【0032】

Sn：0.200%以下

Snの含有量が0.200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Snを添加する場合、その含有量は0.200%以下とする。Sn含有量は、好ましくは0.100%以下である。Sn含有量は、より好ましくは0.050%以下である。一方、Snは、表層軟化の形成を抑制し、鋼板強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Snの含有量は、0.001%以上にすることが好ましい。より好ましくは0.005%以上である。

【0033】

As：0.100%以下

Asの含有量が0.100%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Asを添加する場合、その含有量は0.100%以下とする。As含有量は、好ましくは0.060%以下である。As含有量は、より好ましくは0.010%以下である。Asは、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Asの含有量を、0.001%以上にすることが好ましい。As含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

30

【0034】

Ta：0.100%以下

Taの含有量が0.100%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Taを添加する場合、その含有量は0.100%以下とする。Ta含有量は、好ましくは0.050%以下である。Ta含有量は、より好ましくは0.010%以下である。一方、Taは、鋼板の強度を上昇させる。こうした効果を得るためには、Ta含有量は、0.001%以上にすることが好ましい。Ta含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

40

【0035】

Ca：0.0200%以下

Caの含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼

50

の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Caを添加する場合、その含有量は0.0200%以下とする。Ca含有量は、好ましくは0.0100%以下である。Caは、脱酸に用いる元素であるとともに、硫化物の形状を球状化し、鋼板の極限変形能を向上し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲を向上するのに有効な元素である。こうした効果を得るためには、Ca含有量は、0.0001%以上にすることが好ましい。

【0036】

Mg：0.0200%以下

Mgの含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Mgを添加する場合、その含有量は0.0200%以下とする。Mgは、脱酸に用いる元素であるとともに、硫化物の形状を球状化し、鋼板の極限変形能を向上し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲を向上するのに有効な元素である。こうした効果を得るためには、Mg含有量は、0.0001%以上にすることが好ましい。

【0037】

Zn：0.020%以下、Co：0.020%以下、Zr：0.020%以下

Zn、CoおよびZrの含有量がそれぞれ0.020%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、Zn、CoおよびZrを添加する場合、その含有量はそれぞれ0.020%以下とする。一方、Zn、CoおよびZrは、いずれも介在物の形状を球状化し、鋼板の極限変形能を向上し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲を向上するのに有効な元素である。こうした効果を得るためには、Zn、CoおよびZrの含有量は、それぞれ0.0001%以上にすることが好ましい。

【0038】

REM：0.0200%以下

REMの含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成し、鋼の極限変形能を低下させることから、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、REMを添加する場合、その含有量は0.0200%以下とする。一方、REMは、介在物の形状を球状化し、鋼板の極限変形能を向上し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲を向上するのに有効な元素である。こうした効果を得るためには、REM含有量は、0.0001%以上にすることが好ましい。

【0039】

上記成分以外の残部はFe及び不可避的不純物である。なお、上記任意成分について、含有量が下限値未満の場合には本発明の効果を害さないため、これら任意元素を下限値未満含む場合は、これらの任意元素を不可避的不純物として含むものとする。

【0040】

次に、本発明の高強度鋼板の鋼組織について説明する。

【0041】

焼戻マルテンサイト：面積分率で80%以上

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。マルテンサイトを主相とすることで、1320MPa以上のTSを実現することが可能となる。こうした効果を得るためには、焼戻マルテンサイトを面積分率で80%以上とする必要がある。したがって、焼戻マルテンサイトは面積分率で80%以上とする。焼戻マルテンサイトは面積分率で好ましくは85%以上である。焼戻マルテンサイトは面積分率でより好ましくは87%以上である。一方、上限は特に限定しないが、残留オーステナイト量を確保する点から焼戻マルテンサイトが面積分率で95%以下が好ましい。

【0042】

ここで、焼戻マルテンサイトの測定方法は、以下の通りである。鋼板のL断面を研磨後、3vol.%ナイトールで腐食し、板厚1/4部（鋼板表面から深さ方向で板厚の1/4に相当する位置）を、SEMを用いて2000倍の倍率で10視野観察する。なお、上

10

20

30

40

50

記の組織画像において、焼戻マルテンサイトは組織内部が微細な凹凸を有した組織であり、かつ、内部に炭化物を有する組織である。それらの値の平均値から、焼戻マルテンサイト分率を求めることができる。

【0043】

残留オーステナイト：体積分率で5%以上15%以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。残留オーステナイトが体積分率で5%未満では、8.0%以上のE₁を実現することが困難になる。したがって、残留オーステナイトは体積分率で5%以上とする。残留オーステナイトは体積分率で好ましくは6%以上である。残留オーステナイトは体積分率でより好ましくは7%以上である。一方、残留オーステナイトが15%超えでは、鋼板の極限変形能を低下し、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、残留オーステナイトは体積分率で15%以下とする。残留オーステナイトは体積分率で好ましくは14%以下である。残留オーステナイトは体積分率でより好ましくは12%以下である。残留オーステナイトは体積分率で、さらに好ましくは10%以下である。

【0044】

ここで、残留オーステナイトの測定方法は、以下の通りである。残留オーステナイト分率は、鋼板を板厚1/4部から0.1mmの面まで研磨後、化学研磨によりさらに0.1mm研磨した面について、X線回折装置でC α K α 線を用いて、fcc鉄の{200}、{220}、{311}面およびbcc鉄の{200}、{211}、{220}面の回折ピークの各々の積分強度比を測定し、得られた9つの積分強度比を平均化して求めた。

【0045】

フェライトおよびベイニティックフェライトの合計：面積分率で10%以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で10%を超えると、鋼板の極限変形能を低下し、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計は面積分率で10%以下とする。フェライトおよびベイニティックフェライトの合計は面積分率で好ましくは8%以下である。フェライトおよびベイニティックフェライトの合計は面積分率でより好ましくは5%以下である。なお、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計の下限は特に限定しないが、これらは少ない方が好ましく、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計の下限は0%であって良い。

【0046】

ここで、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計の測定方法は、以下の通りである。鋼板のL断面を研磨後、3vol.%ナイトールで腐食し、板厚1/4部（鋼板表面から深さ方向で板厚の1/4に相当する位置）を、SEMを用いて2000倍の倍率で10視野観察する。なお、上記の組織画像において、フェライトおよびベイニティックフェライトは凹部で組織内部が平坦な組織である。それらの値の平均値から、フェライト分率およびベイニティックフェライト分率の合計を求めることができる。

【0047】

残留オーステナイト中の炭素濃度：0.50%以上

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。残留オーステナイト中の炭素濃度が0.50%未満では、残留オーステナイトの安定性が低く、変形初期に硬いマルテンサイトに変態するため、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、残留オーステナイト中の炭素濃度は0.50%以上とする。残留オーステナイト中の炭素濃度は、好ましくは0.60%以上とする。上限は生産技術上の制約から、1.00%以下が好ましい。

【0048】

ここで、残留オーステナイト中の炭素濃度C_yの測定方法は、以下の通りである。残留オーステナイト中の炭素濃度は、まず残留オーステナイトの格子定数をオーステナイトの{220}面の回折ピークシフト量から式(3)により算出し、得られた残留オーステナイトの格子定数を式(4)に代入することにより算出した。

$$a = 1.79021 \sqrt{2} / \sin \theta \cdots (3)$$

$$a = 3.578 + 0.00095 [\text{Mn}] + 0.022 [\text{N}] + 0.0006 [\text{Cr}] + 0.0031 [\text{Mo}] + 0.0051 [\text{Nb}] + 0.0039 [\text{Ti}] + 0.0056 [\text{Al}] + 0.033 [\text{C}] \cdots (4)$$

なお、 a は残留オーステナイトの格子定数(Å)、 θ は{220}面の回折ピーク角度を2で除した値(rad)、[M]は残留オーステナイト中の元素Mの質量%である。本発明では残留オーステナイト中のC以外の元素Mの質量%は、鋼全体に占める質量%とした。

$$\text{KAM}(\text{S}) / \text{KAM}(\text{C}) < 1.00$$

KAM(S)は鋼板表層部のKAM(Kernel Average Misorientation)値、KAM(C)は鋼板中心部のKAM値

10

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。鋼板表層部とは、鋼板表面から板厚中心部側に100 μm移動した位置である。鋼板中心部とは板厚1/2部の位置である。発明者の調査の結果、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲の改善には表層部から内部にかけて転位分布状態を変化させ、KAM(S)/KAM(C)を1.00未満とすることが有効と確認された。したがって、KAM(S)/KAM(C)は1.00未満とする。なお、KAM(S)/KAM(C)の下限は特に限定しないが、生産技術上の制約から、0.80以上とすることが好ましい。【0049】

ここで、KAM値の測定方法は、以下の通りである。まず、冷延鋼板から、組織観察用の試験片を採取した。次いで、採取した試験片を、圧延方向断面(L断面)が観察面となるように、コロイダルシリカ振動研磨により研磨した。観察面は鏡面とした。次いで、電子線後方散乱回折(EBSD)測定を実施し、局所結晶方位データを得た。このとき、SEM倍率は3000倍、ステップサイズは0.05 μm、測定領域は20 μm平方、WDは15 mmとした。解析ソフト:OIM Analysis 7を用いて、得られた局所方位データの解析を行なった。解析は、目的の板厚部に対して各10視野について行ない、その平均値を用いた。【0050】

20

データ解析に先立ち、解析ソフトのGrain Dilation機能(Grain Tolerance Angle:5、Minimum Grain Size:2、Single Iteration:ON)、及びGrain CI Standarization機能(Grain Tolerance Angle:5、Minimum Grain Size:5)によるクリーンアップ処理を順に1回ずつ施した。その後、CI値>0.1の測定点のみを用いて解析に使用した。KAM値のチャートを表示し、bcc相の平均KAM値を求めた。その際の解析は、以下の条件で実施した。

30

Nearest neighbor:1st

Maximum misorientation:5

Perimeter only

Set 0-point kernels to maximum misorientationにチェック

40

$$H_v(Q) - H_v(S) \geq 8$$

$H_v(Q)$ は板厚の1/4部の硬度、 $H_v(S)$ は鋼板表層部の硬度

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。鋼板表層部とは、鋼板表面から板厚中心部側に100 μm移動した位置である。発明者の調査の結果、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲の改善には表層部から内部にかけて硬度を変化させ、 $H_v(Q) - H_v(S)$ を8以上とすることが有効と確認された。したがって、 $H_v(Q) - H_v(S)$ は8以上とする。 $H_v(Q) - H_v(S)$ は、好ましくは9以上である。 $H_v(Q) - H_v(S)$ は、より好ましくは10以上である。 $H_v(Q) - H_v(S)$ の上限は特に限定しないが、生産技術上の制約から、30以下とすることが好ましい。なお、 $H_v(Q)$ および $H_v(S)$ の好ましい範囲はそれぞ

50

れ400～600、400～600である。

【0051】

ここで、硬度の測定方法は、以下の通りである。まず、冷延鋼板から、組織観察用の試験片を採取した。次いで、採取した試験片を、圧延方向断面（L断面）が観察面となるように研磨した。観察面は鏡面とした。次いで、荷重1kgのビッカース試験機にて硬さを求めた。硬さは、目的の板厚部に対して各10点を20μm間隔にて測定し、最大硬さおよび最小硬さを除いた8点の平均値を用いた。

【0052】

次に、本発明の製造方法について説明する。

【0053】

本発明において、鋼素材（鋼スラブ）の溶製方法は特に限定されず、転炉や電気炉等、公知の溶製方法いずれもが適合する。鋼スラブ（スラブ）は、マクロ偏析を防止するため、連続鋳造法で製造するのが好ましい。

【0054】

本発明において、熱間圧延におけるスラブ加熱温度、スラブ均熱保持時間および巻取温度は特に限定されない。鋼スラブを熱間圧延する方法としては、スラブを加熱後圧延する方法、連続鋳造後のスラブを加熱することなく直接圧延する方法、連続鋳造後のスラブに短時間加熱処理を施して圧延する方法などが挙げられる。熱間圧延におけるスラブ加熱温度、スラブ均熱保持時間、仕上げ圧延温度および巻取温度は特に限定されないが、スラブ加熱温度は1100℃以上が好ましい。スラブ加熱温度は1300℃以下が好ましい。スラブ均熱保持時間は30min以上が好ましい。スラブ均熱保持時間は250min以下が好ましい。仕上げ圧延温度はAr₃変態点以上が好ましい。巻取温度は350℃以上が好ましい。巻取温度は650℃以下が好ましい。

【0055】

このようにして製造した熱延鋼板に、酸洗を行う。酸洗は鋼板表面の酸化物の除去が可能であることから、最終製品の高強度鋼板における良好な化成処理性やめっき品質の確保のために重要である。また、酸洗は、一回でも良いし、複数回に分けても良い。また、熱延後酸洗処理板のままで冷間圧延を施してもよいし、熱処理を施したのちに冷間圧延を施してもよい。

【0056】

冷間圧延における圧下率および圧延後の板厚は特に限定しないが、冷間圧延における圧下率は30%以上が好ましい。間圧延における圧下率は80%以下とすることが好ましい。なお、圧延パスの回数、各パスの圧下率については、特に限定されることなく本発明の効果を得ることができる。

【0057】

上記のようにして得られた冷延鋼板に、焼鈍を行う。焼鈍条件は以下のとおりである。

【0058】

焼鈍温度T₁：850℃以上1000℃以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。焼鈍温度T₁が850℃未満の場合、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で10%を超え、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼鈍温度T₁は850℃以上とする。焼鈍温度T₁は好ましくは860℃以上である。一方、焼鈍温度T₁が1000℃超えの場合、旧オーステナイト粒径が過剰に増大し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼鈍温度T₁は1000℃以下とする。焼鈍温度T₁は、好ましくは970℃以下である。焼鈍温度T₁は、より好ましくは950℃以下である。焼鈍温度T₁は、さらに好ましくは900℃以下である。

【0059】

焼鈍温度T₁での保持時間t₁：10秒以上1000秒以下

焼鈍温度T₁での保持時間t₁が10秒未満の場合、オーステナイト化が不十分となり、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で10%を超え、穴広げ

10

20

30

40

50

変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は 10 秒以上とする。焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は好ましくは 30 秒以上である。 t_1 は、より好ましくは 45 秒以上である。 t_1 は、さらに好ましくは 60 秒以上である。 t_1 は、もっとも好ましくは 100 秒以上である。一方、焼鈍温度 T_1 での保持時間が 1000 秒超えの場合、旧オーステナイト粒径が過剰に増大し、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は 1000 秒以下とする。焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は好ましくは 800 秒以下である。焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は、より好ましくは 500 秒以下である。焼鈍温度 T_1 での保持時間 t_1 は、さらに好ましくは 300 秒以下である。

【0060】

冷却停止温度 T_2 : 100℃以上300℃以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。冷却停止温度 T_2 が 100℃未満の場合、マルテンサイト変態が過度に進行し、残留オーステナイトが 5%未満となり、8%以上の E_L を実現することが困難になる。したがって、冷却停止温度 T_2 は 100℃以上とする。冷却停止温度 T_2 は好ましくは 150℃以上である。冷却停止温度 T_2 はより好ましくは 180℃以上である。一方、冷却停止温度 T_2 が 300℃超えの場合、マルテンサイト変態が不十分となり、残留オーステナイトが 15%超となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、冷却停止温度 T_2 は 300℃以下とする。冷却停止温度 T_2 は好ましくは 250℃以下である。

【0061】

再加熱温度 T_3 : T_2 以上 450℃以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。冷却停止後、そのままの温度で保持を行うか、再加熱し 450℃以下の温度で保持を行い、残留オーステナイトを安定化する。 T_2 未満の温度になると、所定の残留オーステナイトが得られない。したがって、再加熱温度 T_3 は T_2 以上とする。再加熱温度 T_3 は好ましくは 300℃以上である。再加熱温度 T_3 が 450℃超では、ベイナイト変態が過度に進行し、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が面積分率で 10%を超え、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、再加熱温度 T_3 は 450℃以下とする。再加熱温度 T_3 は好ましくは 420℃以下である。再加熱温度 T_3 はより好ましくは 400℃以下である。

【0062】

再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 : 1.0 秒以上 1000.0 秒以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。冷却停止後、そのままの温度で保持を行うか、再加熱し 450℃以下の温度で保持を行い、残留オーステナイトを安定化する。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 が 1.0 秒未満の場合、残留オーステナイトの安定化が不十分となり、残留オーステナイトが減少し、8%以上の E_L を実現することが困難になる。したがって、再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 が 1.0 秒以上とする。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 は好ましくは 5.0 秒以上である。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 はより好ましくは 100.0 秒以上である。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 はさらに好ましくは 150.0 秒以上である。一方、再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 が 1000.0 秒超えの場合、ベイナイト変態が過度に進行し、フェライトおよびベイニティックフェライトの合計が 10%を超え、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、再加熱したがって、再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 は 1000.0 秒以下とする。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 は好ましくは 500.0 秒以下である。再加熱温度 T_3 での保持時間 t_3 は好ましくは 300.0 秒以下である。

【0063】

再加熱後 100℃以下まで冷却

100℃以下までの冷却工程にて、オーステナイトをマルテンサイト変態させる。80%以上の焼戻マルテンサイトを得るには、再加熱後 100℃以下まで冷却する必要がある。したがって、再加熱後 100℃以下まで冷却する。再加熱後の冷却停止温度については

、生産技術上の制約から、0℃以上が好ましい。

【0064】

100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 ：1000秒以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 が1000秒超えの場合、マルテンサイト組織の時効が過度に進行し、加工による鋼板表層部と鋼板中心部に導入される歪量が増加するため、 $KAM(S)/KAM(C)$ が1.00以上となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 は1000秒以下とする。100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 は、好ましくは、900秒以下とする。100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 は、より好ましくは、800秒以下とする。下限は特に限定されるものではないが、生産技術上の制約から、100℃となった時点から加工開始までの経過時間 t_4 は5秒以上が好ましい。なお、発明者の調査の結果、100℃となった時点から加工終了までの経過時間は、加工による鋼板表層部と鋼板中心部に導入される歪量に影響しないことが明らかとなった。

10

【0065】

加工開始温度 T_4 が80℃以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。加工開始温度 T_4 が80℃超えの場合、鋼板が軟質なため、加工による鋼板表層部と鋼板中心部に導入される歪量が増加し、 $KAM(S)/KAM(C)$ が1.00以上となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、加工開始温度 T_4 は80℃以下とする。加工開始温度 T_4 は好ましくは、60℃以下である。加工開始温度 T_4 はより好ましくは、50℃以下である。下限は特に限定されるものではないが、生産技術上の制約から、0℃以上が好ましい。

20

【0066】

相当塑性歪：0.10%以上5.00%以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。相当塑性歪が0.10%未満の場合、加工量が足りず、 $KAM(S)/KAM(C)$ が1.00以上となり、かつ、残留オーステナイト中の炭素濃度が0.50%未満となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、相当塑性歪は0.10%以上とする。相当塑性歪は好ましくは0.15%以上である。相当塑性歪はより好ましくは0.30%以上である。一方、相当塑性歪が5.00%超えでは、残留オーステナイトが5%未満となり、8%以上のE_lを実現することが困難になる。したがって、相当塑性歪は5.00%以下とする。相当塑性歪は好ましくは3.00%以下である。相当塑性歪はより好ましくは1.00%以下である。

30

【0067】

前記焼戻前の加工工程にて2回以上に分けて加工による歪付与を実施し、各加工の前記相当塑性歪の合計が0.10%以上となる条件で実施される。

【0068】

1回目の加工の相当塑性歪が0.10%未満であっても、2回目以降の加工により相当塑性歪の合計が0.10%以上となる場合、 $KAM(S)/KAM(C)$ が1.00未満となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が向上する。したがって、前記焼戻前の加工工程にて2回以上に分けて加工による歪付与を実施してもよく、各加工の相当塑性歪の合計が0.10%以上となればよい。各加工の相当塑性歪の合計が5.00%超えでは、残留オーステナイトが5%未満となり、8%以上のE_lを実現することが困難になる。したがって、前記焼戻前の加工工程にて2回以上に分けて加工による歪付与を実施してもよく、各加工の相当塑性歪の合計が5.00%以下となればよい。加工回数の上限についても特に限定されるものではないが、生産技術上の制約から、30回以下が好ましい。なお、100℃となった時点から2回目以降の加工開始時間での時間は特に限定されない。これは、1回目の加工によりマルテンサ

40

50

イト内の転位の易動度が低下するためである。

【0069】

ここで、上記の加工の代表的な加工方法は調質圧延とテンションレベラーがある。調質圧延での相当塑性歪は鋼板の伸長率であり、加工前と加工後の鋼板の長さ変化から求めることができる。レベラー加工時における鋼板の相当塑性歪の算出方法は、以下の参考文献1の方法で算出した。計算では以下のデータ入力値を用い、材料の加工硬化挙動は直線硬化の弾塑性体とし、バウジナガー硬化は無視、およびベンドロスによる張力低下は無視した。また、加工曲率式としては美坂の式を用いた。

- ・板厚分割数：31
- ・ヤング率：21000 kgf/mm²
- ・ポアソン比：0.3
- ・降伏応力：111 kgf/mm²
- ・塑性係数：1757 kgf/mm²

【参考文献1】美坂佳助、益居健：塑性と加工、17（1976）、988。

なお、上記の加工は上記以外の一般的な歪の付与方法であればよく、例えば、連続式ストレッチャーレベラー、ローラーレベラーでも実施可能である。

【0070】

焼戻温度T5：100℃以上400℃以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。焼戻温度T5が100℃未満の場合、炭素の拡散距離が短いため、鋼板表面と鋼板内部の硬度が小さくなり、Hv(Q)－Hv(S)が8未満となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼戻温度T5は100℃以上とする。焼戻温度T5は好ましくは150℃以上である。一方、焼戻温度T5が400℃超えの場合、マルテンサイトの焼戻が進行し、1320MPa以上のTSを実現することが困難になる。したがって、焼戻温度T5は400℃以下とする。焼戻温度T5は好ましくは350℃以下である。焼戻温度T5はより好ましくは300℃以下である。

【0071】

焼戻温度T5での保持時間t5：1.0秒以上1000.0秒以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。焼戻温度T5での保持時間t5が1.0秒未満の場合、炭素の拡散距離が短いため、鋼板表面と鋼板内部の硬度が小さくなり、Hv(Q)－Hv(S)が8未満となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼戻温度T5での保持時間t5は1.0秒以上とする。焼戻温度T5での保持時間t5は好ましくは5.0秒以上である。焼戻温度T5での保持時間t5はより好ましくは100.0秒以上である。一方、焼戻温度T5での保持時間t5が1000.0秒超えの場合、マルテンサイトの焼戻が進行し、1320MPa以上のTSを実現することが困難になる。したがって、焼戻温度T5での保持時間t5は1000.0秒以下とする。焼戻温度T5での保持時間t5は好ましくは800.0秒以下である。焼戻温度T5での保持時間t5はより好ましくは600.0秒以下である。

【0072】

焼戻温度T5から80℃までの冷却速度θ1：100℃/秒以下

本発明において、極めて重要な発明構成要件である。焼戻温度T5から80℃までの冷却速度θ1が100℃/秒超えの場合、炭素の拡散距離が短いため、鋼板表面と鋼板内部の硬度が小さくなり、Hv(Q)－Hv(S)が8未満となり、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が低下する。したがって、焼戻温度T5から80℃までの冷却速度θ1は100℃/秒以下とする。好ましくは、焼戻温度T5から80℃までの冷却速度θ1は50℃/秒以下とする。なお、焼戻温度T5から80℃までの冷却速度θ1の下限は特に限定しないが、生産技術上の制約から、100℃/秒以上とすることが好ましい。

【0073】

80℃未満の冷却は、特に規定する必要がなく、任意の方法により所望の温度に冷却してよい。なお、上記所望の温度は、室温程度が望ましい。

【0074】

また、上記の高強度鋼板に再度0.10%以上5.00%以下の相当塑性歪量となる条件で加工を施してもよい。また、一度に目的の相当塑性歪量となる加工を行っても良いし、数回に分けて行っても構わない。

【0075】

なお、高強度鋼板が取引対象となる場合には、通常、室温まで冷却された後、取引対象となる。

【0076】

本発明では、焼鈍から加工までの間に、高強度鋼板にめっき処理を施してもよい。焼鈍から加工までの間とは、焼鈍温度T1でのt1保持終了後から、加工開始温度T4に達するまでの間である。

焼鈍中のめっき処理として例えば、焼鈍温度T1での保持後300℃以下まで冷却中に溶融亜鉛めっき処理、溶融亜鉛めっき後に合金化を行う処理を例示できる。また、焼鈍から加工までの間のめっき処理として例えば、焼戻し後にZn-Ni電気合金めっき処理、または、純Zn電気めっき処理を例示できる。電気めっきにより、めっき層を形成してもよいし、溶融亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっきを施してもよい。なお、上記のめっき処理では、亜鉛めっきの場合を中心に説明したが、Znめっき、Alめっき等のめっき金属の種類は特に限定されない。その他の製造方法の条件は、特に限定しないが、生産性の観点から、上記の焼鈍、溶融亜鉛めっき、亜鉛めっきの合金化処理などの一連の処理は、溶融亜鉛めっきラインであるCGL(Continuous Galvanizing Line)で行うのが好ましい。溶融亜鉛めっき後は、めっきの目付け量を調整するために、ワイピングが可能である。なお、上記した条件以外のめっき等の条件は、溶融亜鉛めっきの常法に依ることができる。

【0077】

焼鈍から加工までの間のめっき処理後に再度0.10%以上5.00%以下の相当塑性歪量となる条件で加工を施してもよい。また、一度に目的の相当塑性歪量となる加工を行っても良いし、数回に分けて行っても構わない。

【実施例】

【0078】

表1-1および表1-2に示す成分組成を有し、残部がFeおよび不可避的不純物よりなる鋼を転炉にて溶製し、連続鋳造法にてスラブとした。次いで、得られたスラブを加熱して、熱間圧延後に酸洗処理を施した後、冷間圧延を施し、表2-1、表2-2および表2-3に示す焼鈍処理、冷却後再加熱処理、加工および焼戻処理を施し、板厚が0.6~2.2mmである高強度冷延鋼板を得た。なお、一部の鋼板については焼鈍後めっき処理を施して製造している。

【0079】

実施例No.77、82、85、88、91は鋳造工程においてスラブが破断したため試験を中断した。

【0080】

以上のようにして得られた高強度冷延鋼板を供試鋼として、以下の試験方法に従い、引張特性および耐遅れ破壊特性を評価した。

【0081】

(組織観察)

前述した方法にしたがって、焼戻マルテンサイト面積分率、残留オーステナイト体積分率、フェライト面積分率およびベイニティックフェライト面積分率の合計、および、残留オーステナイト中の炭素濃度を求めた。

【0082】

(KAM値)

前述した方法にしたがって、鋼板表層部の K A M 値および鋼板中心部の K A M 値を求めた。

【0083】

(硬さ試験)

前述した方法にしたがって、板厚 1 / 4 部の硬度および鋼板表層部の硬度を求めた。

【0084】

(引張試験)

引張試験は、圧延方向と垂直方向が試験片の長手となるように、J I S 5 号試験片（標点距離 5 0 mm、平行部幅 2 5 mm）を採取し、J I S Z 2 2 4 1 に従って試験した。クロスヘッド速度が 1.67×10^{-1} mm / 秒の条件で引張試験を行い、T S および E l を測定した。なお、本発明では、T S で 1 3 2 0 M P a 以上を合格と判断した。E l が 8 % 以上を合格と判断した。

【0085】

(穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲)

穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲は下記の方法で求めた。得られた各鋼板を 1 0 0 mm × 1 0 0 mm に切断し試験片を作成した。試験片の中心部に直径 1 0 mm の穴を打ち抜いた。打ち抜き時のクリアランスは 5、1 0、1 5、2 0、2 5、3 0、3 5 % と変化させた。内径 7 5 mm のダイスを用いてしわ押さえ力 9 t o n (8 8 . 2 6 k N) で抑えた状態で、割れが確認されるまで、頂角 6 0 ° の円錐ポンチを穴に押し込んで、穴広げ率を求めた。

穴広げ率： $\lambda (\%) = \{ (D_{f1} - D_0) / D_0 \} \times 100$

ただし、 D_{f1} は割れ確認時の穴径 (mm)、 D_0 は初期穴径 (mm) である。

λ が 2 0 % 以上となるせん断クリアランス範囲が 1 0 % 未満のものを「×」、1 0 % 以上 1 5 % 未満のものを「○」、1 5 % 以上のものを「◎」と評価し、 λ が 2 0 % 以上となるせん断クリアランス範囲が 1 0 % 以上のものを穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲が優れると判断した。

【0086】

(遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲)

遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲は下記の方法で求めた。圧延方向と垂直な方向を長手として 1 6 mm × 7 5 mm にせん断し試験片を作成した。せん断時のレーキ角は 0 ° と統一し、せん断クリアランスは 5、1 0、1 5、2 0、2 5、3 0、3 5 % と変化させた。A S T M (G 3 9 - 9 9) に従い 4 点曲げを行い、曲げ頂点部に 1 0 0 0 M P a の応力を負荷した。応力が負荷された状態の試験片を 2 5 ° C、p H 3 の塩酸中に 1 0 0 時間浸漬した。割れが生じないせん断クリアランス範囲が 1 0 % 未満のものを「×」、1 0 % 以上 1 5 % 未満のものを「○」、割れが生じないせん断クリアランス範囲が 1 5 % 以上のものを「◎」と評価し、割れが生じないせん断クリアランス範囲が 1 0 % 以上のものを遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲が優れると判断した。

【0087】

表 3 - 1、表 3 - 2 および表 3 - 3 に示すように、本発明例では、T S が 1 3 2 0 M P a 以上、 $E l \geq 8 \%$ 、かつ、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲に優れている。一方、比較例では、T S、 $E l$ 、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲、または、遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲のいずれか一つ以上が劣っている。

【0088】

10

20

30

40

50

【表 1 - 1】

鋼種	成分組成(質量%)													備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	H	Ti	B	Nb	Cu	その他	
A	0.21	1.00	2.76	0.010	0.0013	0.011	0.0027	0.0000	0.014					適合鋼
B	0.21	0.62	2.85	0.010	0.0009	0.042	0.0054	0.0000						適合鋼
C	0.20	0.86	3.02	0.015	0.0007	0.053	0.0034	0.0000		0.0028				適合鋼
D	0.20	0.93	3.09	0.005	0.0014	0.050	0.0026	0.0000			0.015			適合鋼
E	0.22	0.62	2.66	0.006	0.0008	0.046	0.0032	0.0000						適合鋼
F	0.16	0.93	2.68	0.013	0.0006	0.040	0.0064	0.0000				0.18		適合鋼
G	0.14	0.84	3.14	0.011	0.0014	0.012	0.0021	0.0000						比較鋼
H	0.44	0.89	2.86	0.008	0.0010	0.050	0.0013	0.0000	0.0018					適合鋼
I	0.46	0.65	2.62	0.013	0.0006	0.048	0.0051	0.0000						比較鋼
J	0.23	0.51	2.99	0.005	0.0012	0.046	0.0049	0.0000				0.13		適合鋼
K	0.21	0.14	2.76	0.009	0.0014	0.018	0.0053	0.0000						比較鋼
L	0.21	1.92	2.81	0.011	0.0012	0.050	0.0017	0.0000	0.015	0.0025				適合鋼
M	0.24	2.13	2.83	0.010	0.0014	0.041	0.0054	0.0000						比較鋼
N	0.21	0.65	1.58	0.015	0.0014	0.021	0.0046	0.0000						適合鋼
O	0.22	0.80	1.42	0.011	0.0007	0.054	0.0057	0.0000						比較鋼
P	0.24	0.69	3.42	0.011	0.0010	0.056	0.0056	0.0000						適合鋼
Q	0.23	0.65	3.65	0.011	0.0008	0.038	0.0037	0.0000						比較鋼
R	0.21	0.78	3.06	0.099	0.0007	0.040	0.0063	0.0000						適合鋼
S	0.23	0.88	2.80	0.121	0.0012	0.024	0.0066	0.0000						比較鋼
T	0.24	0.86	2.96	0.014	0.0182	0.059	0.0032	0.0000						適合鋼
U	0.21	0.74	2.77	0.008	0.0222	0.056	0.0058	0.0000						比較鋼
V	0.23	0.84	2.69	0.007	0.0009	0.976	0.0032	0.0000						適合鋼
W	0.20	0.91	3.07	0.006	0.0013	1.135	0.0034	0.0000						比較鋼
X	0.23	0.66	2.64	0.014	0.0006	0.047	0.0089	0.0000						適合鋼
Y	0.24	0.73	2.96	0.008	0.0009	0.011	0.0112	0.0000						比較鋼
Z	0.23	0.76	2.83	0.009	0.0007	0.018	0.0013	0.0012						適合鋼

下線部:本発明範囲外を示す。空欄の元素:意図して添加していない。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

【表 1 - 2】

鋼種	成分組成 (質量%)													備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	H	Ti	B	Nb	Cu	その他	
AA	0.20	0.79	2.62	0.013	0.0012	0.050	0.0041	0.0035						比較鋼
AB	0.23	0.60	2.63	0.010	0.0014	0.049	0.0053	0.0000		0.0023	0.017	0.11		適合鋼
AC	0.22	0.60	2.62	0.006	0.0008	0.054	0.0063	0.0000	0.085	0.0016	0.017	0.18		適合鋼
AD	0.23	0.70	2.80	0.011	0.0012	0.050	0.0052	0.0000	0.125	0.0013	0.018	0.15		比較鋼
AE	0.23	0.98	2.76	0.010	0.0014	0.046	0.0041	0.0000	0.023		0.021	0.19		適合鋼
AF	0.20	0.88	2.84	0.012	0.0008	0.012	0.0022	0.0000	0.035	0.0076	0.025	0.12		適合鋼
AG	0.23	0.69	3.02	0.008	0.0005	0.057	0.0018	0.0000	0.024	0.0124	0.025	0.11		比較鋼
AH	0.20	0.66	3.14	0.011	0.0005	0.055	0.0010	0.0000	0.038	0.0015		0.14		適合鋼
AI	0.20	0.88	2.69	0.015	0.0007	0.049	0.0014	0.0000	0.020	0.0019	0.086	0.06		適合鋼
AJ	0.22	0.92	3.20	0.006	0.0012	0.051	0.0029	0.0000	0.033	0.0026	0.135	0.12		比較鋼
AK	0.20	0.81	2.70	0.007	0.0013	0.025	0.0013	0.0000	0.015	0.0022	0.019			適合鋼
AL	0.22	0.98	2.70	0.005	0.0011	0.041	0.0012	0.0000	0.026	0.0016	0.020	0.96		適合鋼
AM	0.23	0.88	2.78	0.008	0.0011	0.044	0.0061	0.0000	0.030	0.0023	0.013	1.02		比較鋼
AN	0.22	0.94	2.86	0.011	0.0008	0.011	0.0052	0.0000					Cr:0.340	適合鋼
AO	0.23	0.92	2.88	0.006	0.0010	0.053	0.0063	0.0000					V:0.056	適合鋼
AP	0.23	0.63	2.74	0.006	0.0015	0.014	0.0059	0.0000					Mo:0.330	適合鋼
AQ	0.21	0.88	2.68	0.010	0.0008	0.053	0.0052	0.0000					Ni0.10	適合鋼
AR	0.22	0.83	2.75	0.007	0.0010	0.056	0.0051	0.0000					As:0.006	適合鋼
AS	0.20	0.61	2.68	0.008	0.0012	0.017	0.0016	0.0000					Sb:0.011	適合鋼
AT	0.24	0.80	2.79	0.014	0.0013	0.054	0.0016	0.0000					Sn:0.009	適合鋼
AU	0.21	0.97	2.78	0.015	0.0008	0.045	0.0019	0.0000					Ta:0.004	適合鋼
AV	0.24	0.82	3.14	0.007	0.0010	0.023	0.0014	0.0000					Ca:0.0014,Mg:0.0150,Zn:0.006,Ce:0.013	適合鋼
AW	0.22	0.79	3.14	0.006	0.0013	0.056	0.0058	0.0000					Zr:0.002	適合鋼
AX	0.22	0.83	3.15	0.013	0.0008	0.024	0.0063	0.0000	0.016	0.0023	0.013	0.16	REM:0.0150	適合鋼
AY	0.22	0.99	2.96	0.014	0.0005	0.046	0.0017	0.0000						適合鋼
AZ	0.23	0.88	3.14	0.011	0.0005	0.018	0.0062	0.0000						適合鋼

下線部:本発明範囲外を示す。 空欄の元素:意図して添加していない。

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

50

【表 2 - 1】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼鈍 温度 T1 (°C)	保持 時間 t1 (秒)	冷却停 止温度 T2 (°C)	再加熱 温度 T3 (°C)	再加熱温度 T3での保 持時間 t3 (秒)	100°Cとなった時 点から加工開始ま での経過時間 t4 (秒)	加工開 始温度 T4 (°C)	相当塑性 歪 (%)	加工 回数 (回)	焼戻 温度 T5 (°C)	保持 時間 t5 (秒)	焼戻温度T 3から80°C までの 冷却速度 θ_1 (°C/秒)	製品 種類 (*)	備考
1	A	1.4	871	176	188	397	225.8	604	33	0.50	1	192	112.4	32	CR	発明例
2	B	1.4	870	151	194	371	129.2	653	25	0.55	1	250	62.0	34	CR	発明例
3	B	1.4	855	182	207	389	165.4	645	43	0.44	1	153	180.1	26	CR	発明例
4	B	1.4	842	147	205	398	238.1	601	44	0.31	1	217	201.0	50	CR	比較例
5	B	1.4	968	145	217	385	248.0	628	35	0.57	1	200	289.4	35	CR	発明例
6	B	1.4	992	131	203	395	291.1	656	42	0.30	1	156	214.5	37	CR	発明例
7	B	1.4	878	11	180	381	218.5	656	36	0.47	1	160	135.4	48	CR	発明例
8	B	1.4	871	3	209	383	211.4	664	28	0.48	1	180	102.2	33	CR	比較例
9	B	1.4	864	956	209	379	174.4	648	32	0.47	1	243	167.6	31	CR	発明例
10	B	1.4	870	998	199	357	265.3	608	38	0.37	1	205	265.1	35	CR	発明例
11	B	1.4	870	96	111	352	105.4	657	39	0.31	2	200	189.9	30	CR	発明例
12	B	1.4	866	97	89	395	289.7	666	33	0.31	3	298	299.2	33	CR	比較例
13	B	1.4	877	169	289	363	233.0	628	33	0.42	4	186	263.6	28	CR	発明例
14	B	1.4	874	113	311	371	266.7	655	47	0.58	5	191	170.1	33	CR	比較例
15	B	1.4	880	180	281	281	293.8	648	31	0.55	6	193	161.6	50	CR	発明例
16	B	1.4	872	100	267	267	227.1	720	45	0.37	7	256	200.9	29	CR	発明例
17	B	1.4	862	99	200	444	194.6	617	41	0.55	8	173	233.5	30	CR	発明例
18	B	1.4	864	74	190	462	142.0	782	26	0.38	9	283	176.0	50	CR	比較例
19	B	1.4	869	96	194	390	1.1	793	47	0.52	10	206	255.4	27	CR	発明例
20	B	1.4	876	149	192	399	0.8	611	31	0.42	11	244	161.8	49	CR	比較例
21	B	1.4	871	168	208	359	992.4	788	28	0.57	12	242	277.2	28	CR	発明例
22	B	1.4	862	145	186	357	1084.5	636	40	0.32	13	238	165.9	42	CR	比較例
23	B	1.4	863	66	197	356	295.7	22	33	0.53	1	245	136.7	48	CR	発明例
24	B	1.4	862	158	185	388	121.7	638	32	0.42	2	190	187.5	30	CR	発明例
25	B	1.4	864	117	194	371	141.7	986	30	0.44	1	261	274.3	27	CR	発明例
26	B	1.4	863	57	184	395	253.6	1065	40	0.45	1	250	212.9	33	CR	比較例
27	B	1.4	864	121	194	378	103.5	680	12	0.59	1	272	186.3	37	CR	発明例
28	B	1.4	860	82	180	363	118.6	666	33	0.36	3	194	169.5	39	CR	発明例
29	B	1.4	876	173	184	381	281.1	785	77	0.45	1	260	149.6	41	CR	発明例
30	B	1.4	869	101	199	365	121.8	620	95	0.37	1	275	182.7	47	CR	比較例
31	B	1.4	868	104	215	362	294.5	782	41	0.13	1	167	182.0	35	CR	発明例
32	B	1.4	873	117	181	363	248.4	686	31	0.08	1	230	189.4	45	CR	比較例
33	B	1.4	866	163	192	361	171.8	690	48	4.20	1	152	185.0	31	CR	発明例
34	B	1.4	871	77	217	378	152.7	794	27	5.10	4	215	174.5	49	CR	比較例
35	B	1.4	872	151	198	352	122.6	758	44	0.47	1	106	163.4	48	CR	発明例

下線部：本発明範囲外を示す。

(*)CR：冷延鋼板（めっき無し）

10

20

30

40

【0091】

50

【表 2 - 2】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼鈍 温度 T1 (°C)	保持 時間 t1 (秒)	冷却停 止温度 T2 (°C)	再加熱 温度 T3 (°C)	再加熱温 度T3での保 持時間 t3 (秒)	100°Cとなった時 点から加工開始ま での経過時間 t4 (秒)	加工開 始温度 T4 (°C)	相当塑性 歪 (%)	加工 回数 (回)	焼戻 温度 T5 (°C)	保持 時間 t5 (秒)	焼戻温度T 5から80°C までの 冷却速度 θ_1 (°C/秒)	製品 種類 (*)	備考
36	B	1.4	861	114	183	367	259.8	633	43	0.53	1	90	299.3	41	CR	比較例
37	B	0.8	871	198	189	368	221.8	764	46	0.36	1	391	197.3	44	CR	発明例
38	B	2.0	877	78	193	390	125.5	752	45	0.31	1	393	106.3	48	CR	発明例
39	B	1.4	862	119	213	392	145.2	725	44	0.46	1	202	4.7	47	CR	発明例
40	B	1.4	866	89	202	358	229.3	695	27	0.37	1	222	2.2	33	CR	発明例
41	B	1.4	873	166	182	368	250.7	690	43	0.36	1	164	1.2	35	CR	発明例
42	B	1.4	876	105	216	385	167.9	789	40	0.57	1	298	0.8	39	CR	比較例
43	B	1.4	867	111	211	361	105.4	695	38	0.51	1	204	988.0	39	CR	発明例
44	B	1.4	863	139	213	353	215.3	621	30	0.59	1	267	992.1	39	CR	発明例
45	B	1.4	880	162	200	356	247.7	778	42	0.47	1	266	200.5	5	CR	発明例
46	B	1.4	876	112	205	386	203.6	667	49	0.30	4	285	219.7	40	CR	発明例
47	B	1.4	871	103	199	368	277.5	717	34	0.57	1	287	244.9	98	CR	発明例
48	B	1.4	875	65	216	364	277.0	757	47	0.52	1	290	295.6	125	CR	比較例
49	B	1.4	876	95	108	391	115.0	638	46	0.31	1	185	271.0	34	CR	発明例
50	B	1.4	875	125	197	442	256.8	795	43	0.43	1	168	199.0	45	CR	発明例
51	B	1.4	868	191	217	375	266.0	996	47	0.53	1	229	170.0	38	CR	発明例
52	B	1.4	869	59	184	399	170.8	646	31	0.13	1	197	169.9	31	CR	発明例
53	B	1.4	879	169	200	351	129.2	793	45	0.33	1	105	174.4	41	CR	発明例
54	B	1.4	860	61	182	395	181.0	632	48	0.39	1	381	210.5	28	CR	発明例
55	C	1.4	870	65	274	274	280.9	667	34	0.33	4	157	147.6	43	CR	発明例
56	D	1.4	879	84	294	294	168.3	681	44	0.46	4	264	140.9	28	CR	発明例
57	E	1.4	875	75	181	356	134.4	726	44	0.52	4	235	144.1	26	CR	発明例
58	F	1.2	879	182	220	384	298.1	776	36	0.35	1	234	224.9	26	CR	発明例
59	G	1.2	867	174	214	355	141.1	602	31	0.30	1	176	294.4	30	GA	比較例
60	H	1.2	870	183	208	379	110.6	641	30	0.32	1	199	298.2	27	GA	発明例
61	I	1.2	875	93	193	383	222.8	782	41	0.49	1	209	231.9	37	GA	比較例
62	J	1.2	875	102	185	360	212.3	747	48	0.39	1	258	232.8	48	GA	発明例
63	K	1.2	861	54	183	391	156.6	773	31	0.55	1	175	227.1	31	GA	比較例
64	L	1.2	865	144	181	390	276.9	763	44	0.35	1	173	120.6	48	CR	発明例
65	M	1.2	878	112	193	388	125.4	705	40	0.59	1	246	102.6	26	CR	比較例
66	N	1.2	879	148	212	387	286.5	620	33	0.43	1	208	201.8	32	GA	発明例
67	Q	1.6	872	79	202	374	175.8	754	31	0.30	1	298	148.0	32	GA	比較例
68	P	1.6	861	194	196	379	243.0	690	26	0.39	1	276	114.1	36	GI	発明例
69	Q	1.6	869	169	189	395	176.9	769	45	0.42	1	244	148.4	30	GA	比較例
70	R	1.6	872	104	204	373	158.4	699	42	0.55	1	228	295.2	34	GA	発明例

下線部：本発明範囲外を示す。

(*)CR: 冷延鋼板(めっき無し)、GI: 溶融亜鉛めっき鋼板(亜鉛めっきの合金化処理なし)、GA: 合金化溶融亜鉛めっき鋼板

10

20

30

40

50

【0092】

【表 2 - 3】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼鈍 温度 T1 (°C)	保持 時間 t1 (秒)	冷却停 止温度 T2 (°C)	再加熱 温度 T3 (°C)	再加熱温 度T3での保 持時間 t3 (秒)	100°Cとなった時 点から加工開始ま での経過時間 t4 (秒)	加工開 始温度 T4 (°C)	相当塑性 歪 (%)	加工 回数 (回)	焼展 温度 T5 (°C)	保持 時間 t5 (秒)	焼展温度T 3から80°C までの冷却速度 θ_1 (°C/秒)	製品 種類 (*)	備考
71	S	1.6	868	170	188	391	183.8	725	43	0.55	1	206	181.2	37	GA	比較例
72	T	1.6	879	102	189	361	136.0	676	50	0.47	1	261	193.0	47	GA	発明例
73	U	1.6	866	140	189	380	295.9	686	48	0.49	1	165	179.4	29	GI	比較例
74	V	1.6	877	184	184	372	268.7	798	27	0.41	3	154	221.0	39	GA	発明例
75	W	1.4	873	199	214	383	203.8	601	41	0.41	1	241	165.1	33	GA	比較例
76	X	1.4	871	52	188	390	249.0	649	44	0.56	1	163	195.7	31	GA	発明例
77	Y								鑄造工程においてスラブが破断したため試験中断							比較例
78	Z	1.4	873	126	200	360	273.8	678	26	0.54	1	217	163.5	30	GA	発明例
79	AA	1.4	865	130	202	375	254.7	692	34	0.53	1	223	176.5	35	GI	比較例
80	AB	1.4	864	170	180	370	172.0	779	27	0.54	1	295	196.7	28	GA	発明例
81	AC	1.4	877	89	196	395	117.5	672	31	0.31	1	258	211.0	31	GA	発明例
82	AD								鑄造工程においてスラブが破断したため試験中断							比較例
83	AE	1.4	866	143	184	382	262.5	613	43	0.54	1	292	130.6	31	GA	発明例
84	AF	1.4	874	117	186	356	109.6	745	37	0.58	1	202	268.9	37	CR	発明例
85	AG								鑄造工程においてスラブが破断したため試験中断							比較例
86	AH	1.4	879	146	215	365	104.8	751	42	0.53	2	171	121.3	35	GA	発明例
87	AI	1.4	863	189	186	369	144.3	792	31	0.30	1	170	268.2	40	GA	発明例
88	AJ								鑄造工程においてスラブが破断したため試験中断							比較例
89	AK	1.4	878	64	216	363	144.3	684	45	0.33	1	273	219.2	47	GA	発明例
90	AL	1.4	875	184	199	353	291.0	745	43	0.38	1	211	141.6	26	GA	発明例
91	AM								鑄造工程においてスラブが破断したため試験中断							比較例
92	AN	1.4	864	131	205	397	250.7	752	37	0.41	1	251	184.8	49	GA	発明例
93	AO	1.4	873	197	196	392	160.8	701	25	0.44	1	230	276.8	49	CR	発明例
94	AP	1.4	865	197	184	359	208.4	628	45	0.32	1	215	158.5	41	CR	発明例
95	AQ	1.4	862	171	187	359	147.2	673	29	0.54	1	230	181.6	43	CR	発明例
96	AR	1.4	871	194	183	361	191.9	632	40	0.47	4	159	188.3	39	CR	発明例
97	AS	1.4	865	193	189	355	233.7	663	26	0.57	1	155	160.8	48	CR	発明例
98	AT	1.4	880	168	208	382	272.0	643	32	0.51	1	220	226.6	29	CR	発明例
99	AU	1.4	860	75	192	375	124.1	648	43	0.48	4	221	270.1	41	CR	発明例
100	AV	1.4	878	98	216	352	247.0	639	49	0.60	1	273	137.9	47	CR	発明例
101	AW	1.4	872	85	185	377	270.4	667	49	0.43	1	178	199.2	44	CR	発明例
102	AX	1.4	869	179	190	397	284.4	628	37	0.51	1	176	292.4	41	CR	発明例
103	AY	0.8	861	91	197	369	191.9	682	38	0.45	1	172	274.7	28	EG	発明例
104	AZ	2.0	864	151	202	367	287.5	674	48	0.36	1	166	226.4	39	EG	発明例

下線部:本発明範囲外を示す。

(*)CR:冷延鋼板(めっき無し)、GI:溶融亜鉛めっき鋼板(亜鉛めっき鋼板、EG:電気亜鉛めっき鋼板)

【表 3 - 1】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼戻マルテ ンサイト (%)	残留オー ステナイト (%)	フェライトお よびベイニ ティックフェ ライトの合計 (%)	残留オー ステナイト中の 炭素濃度 (%)	KAM (S) (°)	KAM (C) (°)	KAM(S) /KAM(C)	Hv(Q)	Hv(S)	Hv(Q)－ Hv(S)	TS (MPa)	EI (%)	穴広げ変形 に対する適 正クリアラン ス範囲	遅れ破壊に 対する適正 クリアランス 範囲	備考
1	A	1.4	91	9	0	0.80	0.500	0.535	0.935	526	511	15	1600	10	◎	◎	発明例
2	B	1.4	92	8	0	0.80	0.500	0.539	0.928	511	494	17	1546	10	◎	◎	発明例
3	B	1.4	80	10	10	0.80	0.509	0.539	0.944	458	446	12	1395	13	○	◎	発明例
4	B	1.4	79	10	12	0.60	0.515	0.538	0.957	429	413	16	1294	14	×	◎	比較例
5	B	1.4	89	11	0	1.00	0.506	0.538	0.941	519	502	17	1571	12	◎	○	発明例
6	B	1.4	91	9	0	0.60	0.514	0.541	0.951	521	509	12	1593	10	◎	○	発明例
7	B	1.4	84	7	9	0.70	0.506	0.532	0.951	452	440	12	1378	11	○	◎	発明例
8	B	1.4	77	10	13	0.80	0.510	0.539	0.945	423	410	13	1284	11	×	◎	比較例
9	B	1.4	90	10	0	0.80	0.503	0.535	0.941	514	495	19	1550	11	◎	○	発明例
10	B	1.4	91	9	0	0.70	0.514	0.538	0.956	517	501	16	1569	11	◎	○	発明例
11	B	1.4	94	6	0	1.00	0.512	0.535	0.957	516	502	14	1571	9	◎	◎	発明例
12	B	1.4	98	2	0	1.10	0.514	0.536	0.960	509	486	23	1522	6	◎	◎	比較例
13	B	1.4	86	14	0	0.60	0.512	0.536	0.955	519	504	15	1578	14	○	◎	発明例
14	B	1.4	83	17	0	0.60	0.502	0.539	0.931	520	504	16	1576	16	×	◎	比較例
15	B	1.4	86	14	0	1.10	0.503	0.533	0.945	518	503	15	1575	14	◎	◎	発明例
16	B	1.4	85	15	0	1.00	0.512	0.534	0.968	511	493	18	1543	15	◎	◎	発明例
17	B	1.4	81	9	10	0.90	0.506	0.535	0.945	446	432	14	1353	12	○	◎	発明例
18	B	1.4	79	8	13	0.80	0.509	0.533	0.955	431	411	20	1285	12	×	◎	比較例
19	B	1.4	94	6	0	0.70	0.496	0.533	0.931	519	501	18	1568	9	◎	◎	発明例
20	B	1.4	96	4	0	0.50	0.502	0.534	0.939	514	495	19	1549	7	◎	◎	比較例
21	B	1.4	82	10	8	0.90	0.502	0.537	0.935	458	438	20	1370	13	○	◎	発明例
22	B	1.4	79	8	14	0.60	0.510	0.534	0.955	430	413	17	1294	12	×	◎	比較例
23	B	1.4	91	9	0	0.80	0.504	0.538	0.936	513	495	18	1549	11	◎	◎	発明例
24	B	1.4	93	8	0	0.60	0.516	0.540	0.956	517	504	13	1576	10	◎	◎	発明例
25	B	1.4	92	8	0	0.70	0.525	0.533	0.984	501	492	9	1541	10	○	○	発明例
26	B	1.4	93	7	0	0.70	0.543	0.541	1.004	496	494	2	1546	9	×	×	比較例
27	B	1.4	92	8	0	0.90	0.503	0.538	0.935	512	490	22	1535	10	◎	◎	発明例
28	B	1.4	93	7	0	0.60	0.513	0.536	0.957	517	503	14	1574	9	◎	◎	発明例
29	B	1.4	93	7	0	0.70	0.529	0.537	0.987	502	492	10	1541	9	○	○	発明例
30	B	1.4	91	9	0	0.70	0.541	0.536	1.010	496	490	6	1534	11	×	×	比較例
31	B	1.4	90	11	0	0.50	0.533	0.541	0.987	516	507	9	1588	12	○	○	発明例
32	B	1.4	93	7	0	0.30	0.533	0.533	1.000	502	497	5	1556	9	×	×	比較例
33	B	1.4	94	6	0	1.00	0.502	0.534	0.940	522	510	12	1595	8	◎	◎	比較例
34	B	1.4	98	2	0	1.20	0.495	0.534	0.927	518	500	18	1564	6	◎	◎	比較例
35	B	1.4	91	9	0	0.80	0.507	0.537	0.945	556	547	9	1711	10	○	○	発明例

下線部:本発明範囲外を示す。

【0094】

10

20

30

40

50

【表 3 - 2】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼戻マルテンサイト (%)	残留オー ステナイト (%)	フェライトおよびベイニ トの合計 (%)	残留オー ステナイト中の 炭素濃度 (%)	KAM ($^{\circ}$)	KAM ($^{\circ}$) /KAM(C)	KAM(S) /KAM(C)	Hv(Q)	Hv(S)	Hv(Q)－ Hv(S)	TS (MPa)	EI (%)	穴広げ変形 に対する適 正クリアラン ス範囲	遅れ破壊に 対する適正 クリアラン ス範囲	備考
36	B	1.4	93	7	0	0.70	0.503	0.535	0.941	584	583	1	1825	9	x	x	比較例
37	B	0.8	92	8	0	0.60	0.514	0.535	0.960	499	472	27	1476	11	◎	◎	発明例
38	B	2.0	92	8	0	0.80	0.510	0.533	0.957	439	413	26	1470	12	◎	◎	発明例
39	B	1.4	90	10	0	0.80	0.506	0.533	0.949	511	502	9	1570	11	○	○	発明例
40	B	1.4	91	9	0	0.70	0.511	0.533	0.958	508	498	10	1560	11	○	○	発明例
41	B	1.4	93	7	0	0.60	0.512	0.534	0.958	516	508	8	1589	9	○	○	発明例
42	B	1.4	89	11	0	1.00	0.506	0.537	0.941	484	486	-2	1522	12	x	x	比較例
43	B	1.4	90	10	0	0.90	0.495	0.533	0.928	523	501	22	1569	11	◎	◎	発明例
44	B	1.4	90	10	0	1.00	0.501	0.535	0.936	442	415	27	1482	13	◎	◎	発明例
45	B	1.4	91	9	0	0.80	0.503	0.533	0.943	512	491	21	1538	11	◎	◎	発明例
46	B	1.4	91	10	0	0.60	0.514	0.539	0.954	510	488	22	1529	11	◎	◎	発明例
47	B	1.4	91	9	0	0.90	0.508	0.540	0.941	511	488	23	1528	11	○	○	発明例
48	B	1.4	89	11	0	0.90	0.507	0.537	0.944	492	488	4	1526	12	x	x	比較例
49	B	1.4	94	6	0	0.50	0.520	0.540	0.963	518	504	14	1579	9	◎	◎	発明例
50	B	1.4	83	9	8	0.70	0.510	0.534	0.954	449	436	13	1365	12	○	◎	発明例
51	B	1.4	89	11	0	0.90	0.525	0.536	0.984	506	497	9	1557	12	○	○	発明例
52	B	1.4	93	7	0	0.60	0.534	0.540	0.980	512	503	9	1573	9	○	○	発明例
53	B	1.4	91	9	0	0.60	0.518	0.536	0.966	526	517	9	1619	10	○	○	発明例
54	B	1.4	93	7	0	0.60	0.513	0.538	0.953	466	438	28	1372	11	◎	◎	発明例
55	C	1.4	87	13	0	0.80	0.514	0.541	0.951	526	515	11	1611	13	◎	◎	発明例
56	D	1.4	85	15	0	1.10	0.502	0.537	0.935	520	500	20	1564	14	◎	◎	発明例
57	E	1.4	93	7	0	0.70	0.510	0.538	0.948	517	500	17	1565	9	◎	◎	発明例
58	F	1.2	88	12	0	0.80	0.513	0.536	0.957	451	434	17	1357	14	◎	◎	発明例
59	G	1.2	89	11	0	0.70	0.513	0.532	0.964	425	412	13	1290	14	◎	◎	比較例
60	H	1.2	89	11	0	0.70	0.510	0.536	0.953	594	578	16	1810	9	◎	◎	発明例
61	I	1.2	92	8	0	0.80	0.511	0.539	0.948	609	593	16	1856	7	◎	◎	比較例
62	J	1.2	94	6	0	0.50	0.515	0.540	0.954	518	499	19	1562	9	○	◎	発明例
63	K	1.2	97	3	0	0.30	0.502	0.537	0.936	515	500	15	1565	7	x	◎	比較例
64	L	1.2	94	6	0	1.00	0.510	0.536	0.951	516	504	12	1578	9	◎	○	発明例
65	M	1.2	93	7	0	1.10	0.503	0.537	0.938	524	506	18	1584	9	◎	x	比較例
66	N	1.2	81	10	9	0.80	0.510	0.537	0.950	440	425	15	1329	13	○	◎	発明例
67	Q	1.6	76	10	14	0.60	0.518	0.537	0.964	433	414	19	1296	14	x	◎	比較例
68	P	1.6	91	9	0	0.70	0.511	0.535	0.955	533	515	18	1612	10	◎	○	発明例
69	Q	1.6	92	8	0	0.70	0.506	0.537	0.941	539	521	18	1630	10	◎	x	比較例
70	R	1.6	90	10	0	0.90	0.506	0.539	0.938	523	504	19	1576	11	◎	○	発明例

下線部：本発明範囲外を示す。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

【表 3 - 3】

No.	鋼種	板厚 (mm)	焼戻マルテンサイト (%)	残留オーステナイト (%)	フェライトおよびベイニ ティックフェライトの合計 (%)	残留オーステナイト中の 炭素濃度 (%)	KAM (S) (°)	KAM (C) (°)	KAM(S) /KAM(C)	Hv(Q)	Hv(S)	Hv(Q)－ Hv(S)	TS (MPa)	EI (%)	穴広げ変形 に対する適 正クリアラン ス範囲	遅れ破壊に 対する適正 クリアラン ス範囲	備考	
71	S	1.6	91	9	0	0.80	0.502	0.537	0.936	534	518	16	1620	10	◎	×	比較例	
72	T	1.6	91	9	0	0.80	0.505	0.533	0.946	534	514	20	1609	10	◎	○	発明例	
73	U	1.6	92	8	0	0.80	0.499	0.533	0.936	526	512	14	1603	10	◎	×	比較例	
74	V	1.6	82	8	9	0.70	0.512	0.538	0.951	454	442	12	1384	11	○	◎	発明例	
75	W	1.4	77	12	11	0.80	0.502	0.532	0.943	430	412	18	1290	15	×	◎	比較例	
76	X	1.4	92	8	0	0.80	0.496	0.537	0.924	534	519	15	1624	10	◎	◎	発明例	
77	Y							鋳造工程においてスラブが破断したため試験中断										比較例
78	Z	1.4	90	10	0	0.90	0.506	0.537	0.944	527	511	16	1598	11	◎	○	発明例	
79	AA	1.4	90	10	0	0.90	0.506	0.537	0.944	513	496	17	1551	11	◎	×	比較例	
80	AB	1.4	93	7	0	0.70	0.499	0.536	0.932	453	430	23	1345	11	◎	◎	発明例	
81	AC	1.4	91	9	0	0.60	0.518	0.537	0.966	596	578	18	1809	9	◎	◎	発明例	
82	AD							鋳造工程においてスラブが破断したため試験中断										比較例
83	AE	1.4	91	9	0	0.80	0.502	0.537	0.935	444	422	22	1322	12	◎	◎	発明例	
84	AF	1.4	91	9	0	0.90	0.498	0.538	0.926	598	580	18	1815	9	◎	◎	発明例	
85	AG							鋳造工程においてスラブが破断したため試験中断										比較例
86	AH	1.4	89	11	0	0.90	0.499	0.533	0.936	438	425	13	1329	14	◎	◎	発明例	
87	AI	1.4	91	9	0	0.60	0.523	0.541	0.968	594	582	12	1822	9	◎	◎	発明例	
88	AJ							鋳造工程においてスラブが破断したため試験中断										比較例
89	AK	1.4	89	11	0	0.70	0.511	0.537	0.953	510	490	20	1533	12	◎	○	発明例	
90	AL	1.4	90	10	0	0.70	0.511	0.533	0.958	524	510	14	1596	11	◎	◎	発明例	
91	AM							鋳造工程においてスラブが破断したため試験中断										比較例
92	AN	1.4	89	11	0	0.80	0.506	0.538	0.939	527	507	20	1588	12	◎	◎	発明例	
93	AO	1.4	90	10	0	0.80	0.510	0.533	0.955	532	515	17	1611	11	◎	◎	発明例	
94	AP	1.4	93	7	0	0.50	0.512	0.534	0.958	525	510	15	1596	9	◎	◎	発明例	
95	AQ	1.4	91	9	0	0.80	0.500	0.533	0.937	521	502	19	1572	10	◎	◎	発明例	
96	AR	1.4	92	8	0	0.70	0.514	0.541	0.950	532	519	13	1626	10	◎	◎	発明例	
97	AS	1.4	92	8	0	0.80	0.504	0.540	0.934	518	504	14	1579	10	◎	◎	発明例	
98	AT	1.4	89	11	0	0.90	0.508	0.541	0.940	535	517	18	1619	11	◎	◎	発明例	
99	AU	1.4	90	10	0	0.80	0.506	0.533	0.948	524	506	18	1584	11	◎	◎	発明例	
100	AV	1.4	89	11	0	1.00	0.494	0.535	0.924	534	513	21	1605	12	◎	◎	発明例	
101	AW	1.4	92	8	0	0.70	0.507	0.535	0.948	532	518	14	1622	10	◎	◎	発明例	
102	AX	1.4	91	9	0	0.80	0.499	0.536	0.932	535	519	16	1624	10	◎	◎	発明例	
103	AY	0.8	90	10	0	0.80	0.503	0.536	0.939	538	523	15	1638	11	◎	◎	発明例	
104	AZ	2.0	90	10	0	0.70	0.507	0.533	0.951	541	528	13	1652	11	◎	◎	発明例	

線部：本発明範囲外を示す。

下線部：本発明範囲外を示す。

10

20

30

40

50

【要約】

T S が 1 3 2 0 M P a 以上、E l が 8 % 以上、かつ、穴広げ変形に対する適正クリアランス範囲および遅れ破壊に対する適正クリアランス範囲に優れる高強度鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

特定の成分を含有し、特定の組織であり、以下の（１）および（２）で規定する式を満たす組織を有する高強度鋼板。

$$K A M (S) / K A M (C) < 1 . 0 0 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、K A M (S) は鋼板表層部の K A M (K e r n e l A v e r a g e M i s o r i e n t a t i o n) 値、K A M (C) は鋼板中心部の K A M 値を示す。

$$H v (Q) - H v (S) \geq 8 \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで、H v (Q) は板厚 1 / 4 部の硬度、H v (S) は鋼板表層部の硬度を示す。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
C 2 1 D 9/46 J

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 川口 由紀子
(56)参考文献 国際公開第 2 0 2 0 / 1 9 6 0 6 0 (WO, A 1)
国際公開第 2 0 2 0 / 2 6 2 6 5 1 (WO, A 1)
国際公開第 2 0 2 0 / 2 6 2 6 5 2 (WO, A 1)
特表 2 0 1 6 - 5 0 9 6 3 1 (JP, A)
国際公開第 2 0 1 9 / 2 1 2 0 4 5 (WO, A 1)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 4 7 4 0 0 (WO, A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0
C 2 1 D 9 / 4 6