

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6287623号  
(P6287623)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl. F I  
**C 2 2 C 38/00 (2006.01)** C 2 2 C 38/00 3 O 1 W  
**C 2 1 D 9/46 (2006.01)** C 2 1 D 9/46 T  
**C 2 2 C 38/14 (2006.01)** C 2 2 C 38/14

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-129083 (P2014-129083)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成26年6月24日 (2014.6.24)		新日鐵住金株式会社
(65) 公開番号	特開2015-28207 (P2015-28207A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成27年2月12日 (2015.2.12)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成29年2月3日 (2017.2.3)		弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	特願2013-132553 (P2013-132553)	(74) 代理人	100077517
(32) 優先日	平成25年6月25日 (2013.6.25)		弁理士 石田 敬
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100187702
			弁理士 福地 律生
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度熱延鋼板とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

成分組成が、質量%で、

C : 0.04 ~ 0.06 %、

Si : 0.02 ~ 0.15 %、

Mn : 1.6 ~ 2.0 %、

Al : 0.20 ~ 0.50 %、

Nb : 0.02 ~ 0.05 %、

Ti : 0.10 ~ 0.15 %、

P : 0.02 % 以下、

S : 0.005 % 以下、

N : 0.005 % 以下、

残部 : Fe 及び不可避免的不純物からなり、Mn、Si、及び、Alの含有量を、それぞれ、[Mn]、[Si]、及び、[Al]としたとき、

$[Mn] / ([Si] + [Al])$  が、3.4 ~ 6.7であり、

組織が、ベイナイトを主とし、フェライト分率が5 ~ 30%のフェライト・ベイナイトの複合組織である

ことを特徴とする高強度熱延鋼板。

【請求項2】

前記高強度熱延鋼板の引張強度が780MPa以上であることを特徴とする請求項1に

記載の高強度熱延鋼板。

【請求項 3】

J F S T 1 0 0 1 - 1 9 9 6 に記載の穴拡げ試験方法で測定した前記高強度熱延鋼板の穴拡げ率が 6 0 % 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の高強度熱延鋼板。

【請求項 4】

前記高強度熱延鋼板の板厚が 2 ~ 4 m m であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の高強度熱延鋼板。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の高強度熱延鋼板の製造方法において、請求項 1 に記載の成分組成のスラブを、1 2 2 0 ~ 1 2 6 0 の温度域に加熱し、その後、粗圧延に供し、8 8 0 ~ 9 5 0 の温度域で仕上げ圧延を終了し、その後、3 秒以内に、平均冷却速度 7 0 / 秒以上で冷却を開始し、6 6 0 ~ 7 4 0 の温度域まで冷却し、その後、平均冷却速度 5 / 秒以下で 3 ~ 1 0 秒間保持し、その後、平均冷却速度 2 0 / 秒以上で 4 0 0 ~ 5 5 0 の温度域に冷却し、次いで、巻き取ることを特徴とする高強度熱延鋼板の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、自動車の足回り部材等に使用する高強度熱延鋼板、特に、せん断端面や打抜き端面においてははがれの発生がなく、端面性状及び穴拡げ性に優れ、かつ、アーク溶接時のスラグ被包性に優れた高強度熱延鋼板と、その製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来から、自動車部材の軽量化を目的として、鋼板の高強度化が進められているが、鋼板には、高強度化に加えて、穴拡げ加工性、疲労耐久性、及び、耐食性等の向上が求められている。

【0 0 0 3】

自動車部材には、せん断加工や打抜き加工で形成された端面が多数存在するが、そこに大きな損傷（はがれ）が存在すると、破壊の起点や疲労き裂の起点となることがあり、穴拡げ加工性、伸びフランジ加工性、疲労耐久性等を低下させる。このため、自動車部材の加工の際、端面に損傷（はがれ）を生じさせないことが必要である。さらに、自動車部材には美観も求められるので、S i スケール模様の無い良好な表面性状が必要である。

30

【0 0 0 4】

また、自動車部材をアーク溶接（M A G 溶接、C O<sub>2</sub> 溶接）で組み立てる際、溶接ビードの表面にスラグが生成して残留することがある。スラグの生成量が多いと、溶接ビードの表面に塗装被膜が形成され難いことや、スラグ剥離による塗装剥離が起きることがあり、自動車部材の耐食性が低下する。

【0 0 0 5】

特許文献 1 には、はがれの発生がなく、表面性状及び穴拡げ性に優れる高強度熱延鋼板と、その製造方法が開示されている。しかし、特許文献 1 が開示の高強度熱延鋼板において、スラグ被包性の改善効果は認められない。また、特許文献 1 が開示の高強度熱延鋼板の製造方法においては、良好な表面性状を確保するために、スラブ加熱温度を 1 1 7 0 未満にする必要がある。

40

【0 0 0 6】

通常、スラブ加熱温度は 1 2 0 0 程度であり、特定鋼種についてスラブ加熱温度を下げることは製造条件の制限になるので、生産性の低下を招くことになる。また、スラブ内の温度は、加熱炉のスキッド部（炉床）で低下するので、スラブ加熱温度を、特定の温度域に厳密に制御することは困難である。スラブ内の低温部では、T i や N b の溶体化が不十分になる可能性があり、材質に影響を及ぼす。

50

## 【 0 0 0 7 】

特許文献 2 には、溶接後の電着塗装において、溶接ビードの表面を清浄に保ち、スラグ剥離による塗装剥離を防止するため、溶接ビード上に生成するスラグを低減する溶接ワイヤが開示されている。しかし、この溶接ワイヤが、すべての鋼板に対し効果を発揮するとはいえない。

## 【 0 0 0 8 】

さらに、上記溶接ワイヤは、S を 0 . 0 5 % 以上含有しているため、凝固割れの懸念や溶接金属の脆化が懸念される。特に、自動車用鋼板の中でも比較的板厚が厚い足回り部材（板厚 2 ~ 4 mm 程度）に 7 8 0 M P a 以上の高強度鋼板を用いる場合、上記脆化の懸念が増大する。それ故、一般的な溶接ワイヤを用いても、良好なスラグ被包性を備える鋼板が求められている。

10

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 0 8 / 1 2 3 3 6 6 号

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 7 8 9 0 6 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、上記従来技術を踏まえ、高強度鋼板において、せん断端面や打抜き端面にて“はがれ”の発生を抑制し、表面性状及び穴抜け性を改善し、かつ、アーク溶接時のスラグ被包性を改善することを課題とし、該課題を解決する高強度熱延鋼板とその製造方法を提供することを目的とする。

20

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明者らは、上記課題を解決する手法について鋭意検討した。その結果、( i ) S i を低減し、S i の低減に見合う分、A l を増加し、( ii ) オーステナイト生成元素の M n 量と、フェライト生成元素の S i と A l の合計量の比を、所要の範囲内に調整すれば、上記課題を解決できることを見いだした。

## 【 0 0 1 2 】

本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨は以下のとおりである。

30

## 【 0 0 1 3 】

( 1 ) 成分組成が、質量 % で、

C : 0 . 0 4 ~ 0 . 0 6 % 、

S i : 0 . 0 2 ~ 0 . 1 5 % 、

M n : 1 . 6 ~ 2 . 0 % 、

A l : 0 . 2 0 ~ 0 . 5 0 % 、

N b : 0 . 0 2 ~ 0 . 0 5 % 、

T i : 0 . 1 0 ~ 0 . 1 5 % 、

P : 0 . 0 2 % 以下、

S : 0 . 0 0 5 % 以下、

N : 0 . 0 0 5 % 以下、

残部 : F e 及び不可避免的な不純物からなり、M n 、 S i 、 及び、 A l の含有量を、それぞれ、[ M n ] 、 [ S i ] 、 及び、 [ A l ] としたとき、

$[ M n ] / ( [ S i ] + [ A l ] )$  が、3 . 4 ~ 6 . 7 であり、

組織が、ベイナイトを主とし、フェライト分率が 5 ~ 3 0 % のフェライト・ベイナイトの複合組織である

40

ことを特徴とする高強度熱延鋼板。

## 【 0 0 1 4 】

( 2 ) 前記高強度熱延鋼板の引張強度が 7 8 0 M P a 以上であることを特徴とする前記

50

( 1 ) に記載の高強度熱延鋼板。

【 0 0 1 5 】

( 3 ) J F S T 1 0 0 1 - 1 9 9 6 に記載の穴拡げ試験方法で測定した前記高強度熱延鋼板の穴拡げ率が 6 0 % 以上であることを特徴とする前記 ( 1 ) 又は ( 2 ) に記載の高強度熱延鋼板。

【 0 0 1 6 】

( 4 ) 前記高強度熱延鋼板の板厚が 2 ~ 4 m m であることを特徴とする前記 ( 1 ) ~ ( 3 ) のいずれかに記載の高強度熱延鋼板。

【 0 0 1 7 】

( 5 ) 前記 ( 1 ) ~ ( 4 ) のいずれかに記載の高強度熱延鋼板の製造方法において、前記 ( 1 ) に記載の成分組成のスラブを、 1 2 2 0 ~ 1 2 6 0 の温度域に加熱し、その後、粗圧延に供し、 8 8 0 ~ 9 5 0 の温度域で仕上げ圧延を終了し、その後、 3 秒以内に、平均冷却速度 7 0 / 秒以上で冷却を開始し、 6 6 0 ~ 7 4 0 の温度域まで冷却し、その後、平均冷却速度 5 / 秒以下で 3 ~ 1 0 秒間保持しその後、平均冷却速度 2 0 / 秒以上で 4 0 0 ~ 5 5 0 の温度域に冷却し、次いで、巻き取ることを特徴とする高強度熱延鋼板の製造方法。

10

【 発明の 効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、せん断端面や打抜き端面にてはがれの発生がなく、表面性状及び穴拡げ性に優れ、かつ、スラグ被包性に優れる高強度熱延鋼板及びその製造方法を提供することができる。

20

【 0 0 1 9 】

したがって、本発明の高強度熱延鋼板は、耐久性と信頼性（疲労・腐食）が求められ、せん断加工、打抜き加工、穴拡げ加工等で製造する鋼部材の素材として好適な鋼板である。また、本発明の高強度熱延鋼板は、スラグ被包性が従来の鋼板に比べ優れているので、特別な溶接ワイヤを使用せずともスラグ剥離し難く、塗装耐食性の高い汎用性のある鋼板である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 A l ( % ) とスラグ被包率 ( % ) の関係を示す図である。

30

【 図 2 】 フェライト分率 ( % ) と穴拡げ率の変化率 ( % ) の関係を示す図である。

【 図 3 】 巻取り温度 ( C T ) ( ) と、はがれ評点 ( 点 ) の関係を示す図である。

【 図 4 】 溶接ビードの外観を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

本発明の高強度熱延鋼板（以下「本発明鋼板」ということがある。）は、成分組成が、質量 % で、

C : 0 . 0 4 ~ 0 . 0 6 %、

S i : 0 . 0 2 ~ 0 . 1 5 %、

M n : 1 . 6 ~ 2 . 0 %、

40

A l : 0 . 2 0 ~ 0 . 5 0 %、

N b : 0 . 0 2 ~ 0 . 0 5 %、

T i : 0 . 1 0 ~ 0 . 1 5 %、

P : 0 . 0 2 % 以下、

S : 0 . 0 0 5 % 以下、

N : 0 . 0 0 5 % 以下、

残部： F e 及び不可避免的不純物からなり、 M n 、 S i 、 及び、 A l の含有量を、それぞれ、 [ M n ] 、 [ S i ] 、 及び、 [ A l ] としたとき、

[ M n ] / ( [ S i ] + [ A l ] ) が、 3 . 4 ~ 6 . 7 であり

組織が、ベイナイトを主とし、フェライト分率が 5 ~ 3 0 % のフェライト・ベイナイトの

50

複合組織である  
ことを特徴とする。

【0022】

また、本発明の高強度熱延鋼板の製造方法（以下「本発明方法」ということがある。）は、本発明鋼板の成分組成のスラブを、1220～1260の温度域に加熱し、その後、粗圧延に供し、880～950の温度域で仕上げ圧延を終了し、その後、3秒以内に、平均冷却速度70 / 秒以上で冷却を開始し、660～740の温度域まで冷却し、その後、平均冷却速度5 / 秒以下で3～10秒間保持し、その後、平均冷却速度20 / 秒以上で400～550の温度域に冷却し、次いで、巻き取ることを特徴とする。

【0023】

まず、本発明鋼板の成分組成の限定理由について説明する。以下、%は質量%である。

【0024】

C：0.04～0.06%

Cは、鋼板の強度を高め、せん断加工や打抜き加工時、鋼板端面での「はがれ」（破断面割れ）の発生を抑制する元素である。また、Cは、Nb、Ti等と炭化物を形成し、強度の向上に寄与する元素である。

【0025】

0.04%未満であると、添加効果が十分に発現しないので、0.04%以上とする。好ましくは0.045%以上である。一方、0.06%を超えると、穴掘り割れの起点となる炭化物が増加し、穴掘り性が低下するので、0.06%以下とする。好ましくは0.055%以下である。

【0026】

Si：0.02～0.15%

Siは、固溶強化で、鋼板の強度を高める元素である。0.02%未満であると、添加効果が十分に発現しないので、0.02%以上とする。好ましくは0.05%以上である。一方、0.15%を超えると、鋼板表面にSi系スケールが残存して表面性状が悪化するるので、0.15%以下とする。好ましくは0.10%以下である。

【0027】

Mn：1.6～2.0%

Mnは、焼入れ性を高め、また、固溶強化で、鋼板の強度を高める元素である。1.6%未満では、添加効果が十分に発現しないので、1.6%以上とする。好ましくは1.7%以上である。一方、2.0%を超えると、靱性や延性が低下するので、2.0%以下とする。好ましくは1.9%以下である。

【0028】

Al：0.20～0.50%

Alは、鋼板のスラグ被包性を改善する元素であり、本発明鋼板において重要な元素である。Alは、Si：0.02～0.15%、及び、Mn：1.6～2.0%のもとで、0.20～0.50%添加する。

【0029】

このとき、Mn%（[Mn]）と、Si%（[Si]）とAl%（[Al]）の合計%（[Si] + [Al]）の比、[Mn] / （[Si] + [Al]）が、本発明鋼板を得るうえで重要な指標となる。この点については後述する。

【0030】

ここで、図1に、Al（%）とスラグ被包率（%）の関係を示す。スラグ被包率（%）は、アーク溶接ビードの表面積に対するスラグの面積の比率である。

【0031】

スラグ被包率（%）は、Al：0.20%以上で7%以下に低下し、Al：0.25%以上で5%以下に低下する。スラグ被包率が7%を超えると、塗装性が低下してくるため、Alは、0.20%以上とする。好ましくは0.25%以上である。

【0032】

10

20

30

40

50

図1に示すように、Alを増大するとスラグ被包率は2%まで低下するが、一方で、スラブの鑄造性が低下するうえ、フェライト分率が30%を超えるので、0.50%以下とする。好ましくは0.40%以下である。

【0033】

Al量を増加すると、スラグ被包率(%)が低下(スラグ被包性が向上)する理由は、現在、明らかでないが、AlはMnやSiより酸化し易い元素であるので、Alが、代表的なスラグ成分のMnOやSiO<sub>2</sub>を還元して、スラグ成分を低減したと推測される。

【0034】

Nb: 0.02 ~ 0.05%

Nbは、結晶粒微細化効果を発揮して強度向上に寄与するとともに、炭化物を形成してCを固定し、穴抜け性に有害なセメントの生成を抑制する元素である。また、Nb炭化物は鋼板の強度向上に寄与する(析出強化)。0.02%未満では、添加効果が十分に発現しないので、0.02%以上とする。好ましくは0.025%以上である。

10

【0035】

一方、0.05%を超えると、添加効果が飽和するうえ、スラブ加熱時の溶体化温度の過度な上昇を招くので、0.05%以下とする。好ましくは0.045%以下である。

【0036】

Ti: 0.10 ~ 0.15%

Tiは、Nbと同様に、炭化物を形成してCを固定し、穴抜け性に有害なセメントの生成を抑制する元素である。また、Ti炭化物は、鋼板の強度向上に寄与する(析出強化)。0.10%未満では、添加効果が十分に発現しないので、0.10%以上とする。好ましくは0.12%以上である。

20

【0037】

一方、0.15%を超えると、添加効果が飽和するうえ、スラブ加熱時の溶体化温度の過度な上昇を招くので、0.15%以下とする。好ましくは0.145%以下である。

【0038】

P: 0.02%以下

Pは、鋼中に不可避免的に存在する不純物元素である。0.02%を超えると、粒界に偏析し、靱性、穴抜け性、溶接性等を阻害するので、0.02%以下とする。好ましくは0.015%以下である。Pは、少ないほど好ましいが、0.001%以下に低減することは、製造コストの上昇を招くので、0.001%が実用上の下限である。

30

【0039】

S: 0.005%以下

Sは、鋼中に不可避免的に存在する不純物元素である。0.005%を超えると、熱間圧延時に割れが生じたり、A系介在物が生成して穴抜け性が阻害されたりするので、0.005%以下とする。好ましくは0.0035%以下である。Sは、少ないほど好ましいが、0.001%以下に低減することは、製造コストの上昇を招くので、0.001%が実用上の下限である。

【0040】

N: 0.005%以下

Nは、鋼の精錬時に不可避免的に混入する不純物であり、Ti、Nb等と結合して窒化物を形成する元素である。0.005%を超えると、窒化物が比較的高温で析出して粗大化し、穴抜け割れの起点となるので、0.005%以下とする。好ましくは0.0035%以下である。

40

【0041】

Nは、少ないほど好ましいが、0.001%以下に低減することは、製造コストの上昇を招くので、0.001%が実用上の下限である。

【0042】

本発明鋼板は、本発明鋼板の特性を損なわない範囲で、必要に応じてCu、Ni、Cr、Mo、V、Ca、REM(希土類元素)を含有してもよい。

50

## 【0043】

$[Mn] / ([Si] + [Al]) : 3.4 \sim 6.7$

Mnはオーステナイト形成元素であり、SiとAlはフェライト形成元素であるので、フェライト分率5～30%を確保するうえで、 $[Mn] / ([Si] + [Al])$ は重要な指標である。

## 【0044】

$[Mn] / ([Si] + [Al])$ が、3.4未満では、フェライト分率が30%を超え、所要の穴拡げ率を確保することができない。また、6.7%を超えると、フェライトの分率が5%未満となり、伸びが低下するうえ、主組織に対する析出強化フェライトの分率が低下するため強度が低下する。

10

## 【0045】

次に、本発明鋼板の組織について説明する。

## 【0046】

本発明鋼板の組織は、フェライト分率が5～30%で、残部がベイナイトのフェライト・ベイナイトの複合組織とする。図2に、フェライト分率(%)と穴拡げ率の変化率(%)の関係を示す。穴拡げ率の変化率(%)は、フェライト分率が30%の時の穴拡げ率を基準として、フェライト分率が増減した際の穴拡げ率の変化率を示すものである。

## 【0047】

図2に示すように、フェライト分率が30%を超えると、穴拡げ率の変化率(%)が低下(穴拡げ性が低下)する。これは、フェライト分率が30%を超えると、穴拡げ時にフェライトとベイナイトの硬度差に起因するポイドの発生確率が高まることによると推測される。それ故、フェライト分率は30%以下とする。好ましくは25%以下である。

20

## 【0048】

フェライト分率が低いと、穴拡げ性が良好となるが、伸びが低下するうえ強度が低下するので、フェライト分率は5%以上とする。好ましくは10%以上である。

## 【0049】

なお、フェライト分率は次の方法で算出した。即ち、鋼板のL断面(圧延方向かつ板厚方向と平行な断面)をコロイダルシリカを用いて研磨し、その後、EBSD法を用いてKAM値(Kernel Average Misorientation)を算出し、KAM値が1度以下の面積率をフェライト分率とした。このとき、測定範囲は、板厚の4分の1深さを中心に圧延方向に250 $\mu$ m、板厚方向に150 $\mu$ mとし、測定ピッチを0.5 $\mu$ mとした。また、KAM値は第3近接の値を用いた。

30

## 【0050】

本発明鋼板の成分組成及び組織によれば、本発明鋼板は、780MPa以上の引張強度を有することが可能である。

## 【0051】

また、本発明鋼板の成分組成及び組織によれば、本発明鋼板は、穴拡げ性に優れている。穴拡げ性の指標である穴拡げ率は、例えば、日本鉄鋼連盟規格JFST 1001-1996に記載の穴拡げ試験方法に従って算出できるが、通常、上記規格に示されている試験条件範囲は広いため、その違いによって変動する。

40

## 【0052】

本発明鋼板においては、日本鉄鋼連盟規格で測定した穴拡げ率60%以上を出荷試験目標値とするので、穴拡げ率は60%以上が好ましい。穴拡げ率が60%未満であると、本発明鋼板の適用対象である自動車の足回り部材などで要求される穴拡げ加工に耐えられず、割れてしまう。

## 【0053】

本発明鋼板の板厚は特に限定しないが、汎用鋼板としては、2～4mmが好ましい。

## 【0054】

本発明方法について説明する。

## 【0055】

50

本発明方法は、本発明鋼板の成分組成のスラブを、1220～1260の温度域に加熱した後粗圧延に供し、880～950の温度域で仕上げ圧延を終了し、その後3秒以内に平均冷却速度70 毎秒以上で冷却を開始し660～740の温度域まで冷却し、その後平均冷却速度5 毎秒以下で3～10秒間保持した後、平均冷却速度20 毎秒以上で400～550の温度域に冷却した後、巻き取ることを特徴とする。

【0056】

スラブ加熱温度(SRT)：1220～1260

熱間圧延に先立ち、鋼中のTi炭化物及びNb炭化物を溶体化するため、スラブを十分に加熱する必要がある。スラブ加熱温度が1220未満であると、加熱が不十分となり、Ti炭化物及びNb炭化物が十分に容体化しない。その結果、析出強化に必要なTi及びNbが不足するため、析出強化能が低減し強度が不足する。

10

【0057】

一方、スラブ加熱温度が1260を超えると、スラブ表面にスケールが大量に発生し、歩留りが低下するうえ、圧延後の表面性状が悪化する。それ故、スラブの加熱温度は1220～1260とする。好ましくは1230～1250である。

【0058】

仕上げ温度(FT)：880～950

1220～1260に加熱したスラブを粗圧延に供し、880～950で仕上げ圧延を行う。これら熱間圧延自体は、通常の熱間圧延でよいが、仕上げ温度が880未満であると、圧下荷重が増大し圧延機の負荷が増大するうえ、鋼板の集合組織が発達し、組織異方性が増大して穴抜け率が低下するので、仕上げ温度は880以上とする。好ましくは900以上である。

20

【0059】

一方、仕上げ温度が950を超えると、圧延終了後の冷却開始までにオーステナイト( )粒が成長し、結晶粒が粗大化する。そのため、鋼板強度が低下する恐れがある。よって、仕上げ温度は950以下とする。好ましくは940以下である。

【0060】

660～740までの前段冷却工程

仕上げ圧延終了後3秒以内に平均冷却速度70 /秒以上で冷却を開始し、前段冷却停止温度の660～740まで冷却する。この工程を前段冷却工程という。仕上げ圧延終了後の高温域では粒が粗大化し易いこと、スケールが生成し易いことから、速やかに冷却を開始することが好ましく、平均冷却速度も速い方が好ましい。よって、仕上げ圧延終了後2秒以内に冷却を開始することが好ましい。

30

【0061】

低冷却速度による中間冷却工程

次に、前段冷却停止温度(660～740)から、平均冷却速度5 /秒以下で3～10秒間保持する。この工程を中間冷却工程という。この温度域で数秒間保持することにより、Ti及びNbの炭化物によって析出強化されたフェライトが生成し、かつ、必要なフェライト分率(5～30%)を確保することができる。この保持時間を中間冷却時間という。なお、析出強化フェライトは、主組織であるベイナイトとの硬度差の低減に寄与し、穴抜け率を向上させるうえ、鋼板の強度確保に寄与する。

40

【0062】

前段冷却停止温度が660未満であると、中間冷却時間を長くしてもフェライトが生成し難くなる。そのため、前段冷却停止温度は660以上とする。好ましくは680以上である。また、前段冷却停止温度が740を超えると、同じくフェライトが生成し難くなるうえ、析出物の間隔が広くなり、かつ、粗大になって、析出強化能が低減する。そのため、前段冷却停止温度は740以下とする。好ましくは730以下である。

【0063】

後段冷却工程及び巻き取り工程

続いて、平均冷却速度20 /秒以上で400～550の温度域まで冷却し、その後

50

、同温度域にて鋼板を巻き取る。巻き取るまでのこの工程を後段冷却工程という。巻取り温度（CT：）を400～550としたのは、中間冷却工程にて必要なフェライト分率を確保した後、残部をベイナイト組織とし、鋼板強度を確保するためである。よって、巻取り温度までは速やかに冷却する必要がある。このときの平均冷却速度は、前段冷却工程での冷却速度ほど速い必要はないが、冷却中のフェライト生成を抑制するため20 / 秒以上とする。

【0064】

なお、仕上げ圧延終了から巻取り工程までの所要時間は、圧延速度とランナウトテーブルの長さから決定される。そこで、前段冷却停止温度及び中間冷却時間を確保するために、前段冷却工程及び後段冷却工程の平均冷却速度は下限を下回らない範囲で適宜調整して構わない。そのため、平均冷却速度の上限は特に設けない。また、後段冷却工程で巻取り温度域まで冷却した後、コイラーまで距離がある場合は、低冷却速度で冷却するか、又は、冷却を行わずに空走しても構わない。

10

【0065】

以上説明した製造方法において、いずれの数値指標も、本発明鋼板を提供するための重要な指標であるが、その中で、スラブ加熱温度、仕上げ温度、前段冷却停止温度、中間冷却時間、及び、巻取り温度が最も重要な指標である。

【0066】

図3に、巻取り温度（）と、はがれ評点（点）の関係を示す。はがれ評点は、打抜き穴の内周における「はがれ」の存在状態に対して付与する評点である。具体的には、上述の穴拡げ試験方法と同じ方法で鋼板を打抜き、その内周を12に区画、即ち、30°間隔に仮想的に区切る。なお、打抜きは、ポンチ径10mm、クリアランス（C）と板厚（t）の比C/tは、12～14%の範囲に収まるようダイス径を選択した。

20

【0067】

「はがれ」が小さく、1区画30°以下の範囲で存在する場合は、「はがれ」ひとつにつき、1点を与える。また、30°超の範囲で存在する場合は、存在区画数（最小2、最大12）に対して2点を掛けたものを与える。はがれ評点は、それらの合計点数とする。よって、はがれ評点の最高点は12区画×2点＝24点である。なお、はがれ評点は、3試料の平均点とした。

【0068】

はがれ評点が4以下であれば、打抜き条件を調整することで、はがれ評点を“0”にすることができる。それ故、巻取り温度は400～550とする。ただし、巻取り温度が低い領域では、鋼板の冷却が不安定になるため、温度制御性が低下する。そこで、安定的な巻取り温度の確保、「はがれ」の低減、及び、所要強度の確保の点から、430～530の温度域で巻き取ることが好ましい。

30

【実施例】

【0069】

次に、本発明の実施例について説明するが、実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

40

【0070】

（実施例）

表1に示す成分組成の鋼No. A～Pの鋼を、転炉にて溶製して、連続鋳造し、その後、スラブを再加熱し、粗圧延に供し、続く仕上げ圧延で2.3～3.6mmの板厚に圧下し、ランナウトテーブルで冷却後、巻き取り、熱延鋼板を製造した。表2に、熱延鋼板の製造条件を示す。なお、表1に示す成分組成において、残部は、Fe及び不可避免的不純物である。

【0071】

【 表 1 】

表 1

鋼No.	成分組成 (質量%)										(1) 式	備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Ti			
A	0.052	0.095	1.78	0.012	0.0025	0.29	0.0025	0.025	0.129	4.6	発明例	
B	0.055	0.130	1.86	0.015	0.0018	0.40	0.0028	0.028	0.136	3.5		
C	0.045	0.070	1.78	0.016	0.0024	0.20	0.0033	0.032	0.129	6.6		
D	0.046	0.085	1.82	0.012	0.0034	0.31	0.0030	0.040	0.141	4.6		
E	0.052	0.095	1.62	0.015	0.0027	0.29	0.0025	0.031	0.142	4.2		
F	0.058	0.140	1.95	0.014	0.0024	0.22	0.0027	0.039	0.144	5.4		
G	0.049	0.148	1.88	0.015	0.0030	0.32	0.0029	0.023	0.125	4.0		
H	0.043	0.120	1.68	0.015	0.0015	0.25	0.0035	0.045	0.148	4.5		
I	0.050	0.055	1.75	0.014	0.0020	0.32	0.0032	0.038	0.141	4.7		
J	0.047	0.080	1.88	0.018	0.0022	0.42	0.0038	0.042	0.118	3.8		
K	0.052	0.040	1.79	0.014	0.0033	0.28	0.0026	0.048	0.120	5.6		
L	0.058	0.160	1.80	0.015	0.0033	0.32	0.0025	0.025	0.130	3.8		
M	0.050	0.140	1.92	0.015	0.0035	0.45	0.0025	0.028	0.132	3.3		
N	0.045	0.130	1.85	0.015	0.0018	0.17	0.0030	0.029	0.125	6.2		
O	0.062	0.150	1.80	0.016	0.0030	0.26	0.0032	0.035	0.141	4.4		
P	0.048	0.053	1.95	0.011	0.0015	0.23	0.0039	0.038	0.123	6.9		

(注) 下線は本発明の範囲外の条件である。

(1) 式:  $3.4 \leq \text{Mn}/(\text{Si}+\text{Al}) \leq 6.7$

【 0 0 7 2 】

【表 2】

表 2

製造 No	鋼No.	板厚 mm	スラブ加熱温度 SRT(°C)	仕上げ温度 FT(°C)	前段冷却停止温度 °C	中間冷却時間 秒	巻取り温度 CT(°C)	備考
1	A	3.2	1245	910	685	4.0	530	発明例
2		3.2	1245	915	670	4.8	425	発明例
3		3.2	1265	915	665	6.0	505	比較例
4	B	2.9	1230	925	720	6.2	520	発明例
5		2.9	1230	930	725	5.5	420	発明例
6		2.9	1230	960	705	5.3	455	比較例
7	C	2.6	1225	950	680	9.3	505	発明例
8		2.6	1225	945	670	9.2	515	発明例
9		2.6	1225	945	650	12.0	545	比較例
10	D	3.2	1240	915	725	6.6	505	発明例
11		3.2	1240	920	700	8.0	515	発明例
12		3.2	1240	910	685	11.3	545	比較例
13	E	3.6	1235	925	735	8.8	435	発明例
14		3.6	1235	900	740	9.1	445	発明例
15		3.6	1235	905	720	7.6	575	比較例
16	F	2.3	1225	940	700	3.2	475	発明例
17		2.3	1225	935	705	4.5	410	発明例
18		2.3	1215	930	705	5.1	545	比較例
19	G	2.6	1235	940	720	5.5	445	発明例
20		2.6	1235	930	720	6.6	480	発明例
21		2.6	1235	935	725	4.2	385	比較例
22	H	3.2	1245	910	730	5.0	530	発明例
23		3.2	1245	925	720	5.3	525	発明例
24		3.2	1245	865	715	6.0	490	比較例
25	I	2.3	1250	915	700	3.6	470	発明例
26		2.3	1250	920	695	4.5	480	発明例
27		2.3	1250	920	695	2.7	480	比較例
28	J	3.2	1230	890	680	5.6	510	発明例
29		3.2	1230	880	690	5.0	505	発明例
30		3.2	1230	895	750	4.9	515	比較例
31	K	2.9	1245	905	700	6.2	525	発明例
32		2.9	1245	900	710	6.3	530	発明例
33		2.9	1245	910	650	5.8	540	比較例
34	L	3.2	1220	900	720	4.2	475	比較例
35	M	2.9	1240	895	725	5.0	550	比較例
36	N	2.6	1240	905	700	6.9	430	比較例
37	O	3.2	1235	935	695	8.0	466	比較例
38	P	2.9	1230	910	735	7.8	405	比較例

(注) 下線は本発明の範囲外の条件である。

## 【0073】

表 2 において、「スラブ加熱温度」は、熱間圧延に供する前にスラブを加熱炉にて加熱する際の温度であり、「仕上げ温度」は、仕上げ圧延工程を終了する温度であり、「前段冷却終了温度」は、前段冷却工程終了時の平均温度であり、「中間冷却時間」は、中間冷却工程で低冷却速度にて保持する時間であり、「巻取り温度」は、巻取り工程においてコイラーで巻き取る温度である。

## 【0074】

表 3 に、得られた熱延鋼板の諸特性を示す。

## 【0075】

【 表 3 】

製造 No	鋼No.	ミクロ組織		機械的性質				はがれ評価		表面性状	スラグ被包性		巻取り温度 安定性	備考
		ベイト分率 %	フェライト分率 %	降伏強度 MPa	引張強度 MPa	TS %	突合せ伸び %	EI %	穴拡げ率 %		はがれ 点	はがれ 判定		
1		90	10	751	799	19	72	2.0	OK	OK	3.8	OK	OK	本発明例
2	A	86	14	770	815	18	68	0.3	OK	OK	4.0	OK	OK	本発明例
3		83	17	723	786	19	69	1.3	OK	NG	4.0	OK	OK	比較例
4		81	19	751	786	18	71	2.0	OK	OK	2.8	OK	OK	本発明例
5	B	77	23	737	795	19	65	0.0	OK	OK	2.5	OK	OK	本発明例
6		82	18	710	769	20	66	0.3	OK	OK	2.7	OK	OK	比較例
7		78	22	750	799	19	70	2.0	OK	OK	6.3	OK	OK	本発明例
8	C	71	29	755	804	20	61	1.0	OK	OK	6.8	OK	OK	本発明例
9		96	4	699	760	15	70	3.8	OK	OK	6.5	OK	OK	比較例
10		74	26	749	812	21	68	0.8	OK	OK	4.0	OK	OK	本発明例
11	D	72	28	751	801	22	64	1.5	OK	OK	3.5	OK	OK	本発明例
12		61	39	716	782	23	38	2.8	OK	OK	3.2	OK	OK	比較例
13		76	24	729	800	21	68	0.0	OK	OK	4.2	OK	OK	本発明例
14	E	72	28	730	792	20	66	0.0	OK	OK	4.4	OK	OK	本発明例
15		73	27	757	805	19	68	9.5	NG	OK	4.5	OK	OK	比較例
16		94	6	721	785	18	73	0.5	OK	OK	5.3	OK	OK	本発明例
17	F	89	11	765	809	19	69	0.0	OK	OK	5.6	OK	OK	本発明例
18		84	16	681	757	21	70	2.8	OK	OK	5.5	OK	OK	比較例
19		78	22	758	806	22	65	0.3	OK	OK	4.0	OK	OK	本発明例
20	G	77	23	734	800	19	73	0.8	OK	OK	3.6	OK	OK	本発明例
21		84	16	738	808	18	67	0.0	OK	OK	3.8	OK	NG	比較例
22		84	16	731	788	19	66	3.0	OK	OK	4.5	OK	OK	本発明例
23	H	83	17	738	790	21	71	2.5	OK	OK	5.0	OK	OK	本発明例
24		73	27	729	783	19	52	1.0	OK	OK	4.7	OK	OK	比較例
25		93	7	739	809	20	69	0.0	OK	OK	3.5	OK	OK	本発明例
26	I	85	15	749	802	22	71	1.0	OK	OK	3.7	OK	OK	本発明例
27		96	4	690	758	16	67	0.5	OK	OK	3.5	OK	OK	比較例
28		84	16	765	820	20	72	1.0	OK	OK	2.0	OK	OK	本発明例
29	J	83	17	769	820	21	67	0.8	OK	OK	2.6	OK	OK	本発明例
30		96	4	713	771	16	72	2.0	OK	OK	2.3	OK	OK	比較例
31		76	24	738	809	19	69	2.0	OK	OK	4.0	OK	OK	本発明例
32	K	77	23	739	806	20	66	1.8	OK	OK	4.1	OK	OK	本発明例
33		97	3	710	769	14	71	3.0	OK	OK	4.0	OK	OK	比較例
34	L	89	11	735	786	18	67	0.3	OK	NG	3.8	OK	OK	比較例
35	M	64	36	718	782	24	35	3.5	OK	OK	2.3	OK	OK	比較例
36	N	73	27	740	797	18	63	0.0	OK	OK	10.5	NG	OK	比較例
37	O	71	29	735	797	17	42	0.3	OK	OK	4.5	OK	OK	比較例
38	P	96	4	701	759	15	62	0.0	OK	OK	6.0	OK	OK	比較例

(注) 下線は本発明の範囲外の条件である。

【 0 0 7 6 】

「ミクロ組織」は、鋼板のL断面で板厚の4分の1深さにおけるミクロ組織である。「引張強度」は、圧延方向と直行方向(C方向)から採取したJIS5号試験片を用いた引張強度である。「降伏強度」は、降伏点又は0.2%耐力である。「穴拡げ率」は、JFST1001-1996に記載の穴拡げ試験方法で得た穴拡げ率である。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

「はがれ評価」のうち「はがれ評点」は、上述の評価方法にて付与した評点であり、同「はがれ判定」は、はがれ評点が4以下の場合をOKとし、4超の場合をNGとする判定である。「表面性状」は、Siスケール欠陥の有無を目視にて確認した結果を示し、スケール欠陥がない場合をOKとし、スケール欠陥がある場合をNGとした。

【0078】

「巻取り温度安定性」は、巻取り温度が400 以上の場合をOKとし、400 未満の場合をNGとした。

【0079】

「スラグ被包率」は、後述する溶接方法にて作製した溶接ビード表面のスラグ被包率を示し、「スラグ被包率判定」は、スラグ被包率が7%以下の場合をOKとし、7%超の場合をNGとする判定である。

【0080】

スラグ被包率を評価するための溶接は、シールドガスとして“Ar + 20%CO<sub>2</sub>”を採用したパルスMAG溶接を、デジタルパルス溶接電源を用いて行った。溶接形態は、トーチ角度が鉛直下向きのビードオンプレート溶接とし、溶接速度は0.8m/分とした。

【0081】

溶接条件は、チップ・母材間距離15mm、ワイヤ送給速度4m/分、電流及び電圧は、それぞれ、約120A及び約22Vとした。溶接ワイヤは、JIS Z3312 YGW15規格に準ずる直径1.2mmのソリッドワイヤを用いた。

【0082】

表1～3に示すように、成分組成及び製造条件が本発明の範囲内にある発明例（製造No. 1、2、4、5、7、8、10、11、13、14、16、17、19、20、22、23、25、26、28、29、31、及び、32）においては、フェライト分率が5～30%で、引張強度（TS）が780MPa以上、穴拡げ率が60%以上、さらに、はがれ判定、表面性状、スラグ被包性、及び、巻取り温度安定性が、いずれもOKである。

【0083】

製造No. 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30、及び、33の比較例は、いずれも、成分組成が本発明の範囲内にあるが（表中、鋼No. 参照）、製造方法が本発明の範囲外である。

【0084】

製造No. 3の比較例においては、スラブ加熱温度が本発明の範囲を上回り、表面性状が劣化している。

【0085】

製造No. 6の比較例においては、仕上げ温度が本発明の範囲を上回り、強度が不足している。

【0086】

製造No. 9の比較例においては、前段冷却停止温度が本発明の範囲を下回り、かつ、中間冷却時間が本発明の範囲を上回っている。そのため、フェライト分率が不足し伸びが低値であるうえ、強度が不足している。中間冷却時間の増大はフェライト分率の増加に寄与するが、適正な前段冷却停止温度を選択する必要があることを示している。

【0087】

製造No. 12の比較例においては、中間冷却時間が本発明の範囲を上回っている。そのため、フェライト分率が過大となり、穴拡げ率が不足している。

【0088】

製造No. 15の比較例においては、巻取り温度が本発明の範囲を上回り、「はがれ」が多く発生し、判定はNGである。

【0089】

製造No. 18の比較例においては、スラブ加熱温度が本発明の範囲を下回り、強度が不足している。

【0090】

10

20

30

40

50

製造No. 21の比較例においては、巻取り温度が本発明の範囲を下回っている。この温度では、鋼板の冷却が不安定で温度制御性が低く、安定製造できない。

【0091】

製造No. 24の比較例においては、仕上げ温度が本発明の範囲を下回り、穴拡げ率が不足している。また、低い仕上げ温度は圧下荷重の増大を招き、圧延機の負荷が増大する。

【0092】

製造No. 27の比較例においては、中間冷却時間が本発明の範囲を下回っている。そのため、フェライト分率が不足し伸びが低値であるうえ、強度が不足している。

【0093】

製造No. 30の比較例においては、前段冷却停止温度が本発明の範囲を上回っており、フェライト分率が不足し、伸びが低値であるうえ、強度が不足している。

【0094】

製造No. 33の比較例においては、前段冷却停止温度が本発明の範囲を下回っており、フェライト分率が不足し、伸びが低値であるうえ、強度が不足している。

【0095】

製造No. 34～38の比較例は、成分組成が本発明の範囲外の鋼（表1中、鋼No. L～P、参照）を用いた比較例である。

【0096】

製造No. 34の比較例においては、Si量が本発明の範囲を上回り、表面性状が劣化している。製造No. 35の比較例においては、(1)式の値が本発明の範囲を下回り、フェライト分率が多く、穴拡げ率が不足している。製造No. 36の比較例においては、Al量が本発明の範囲を下回り、スラグ被包性が劣化している。

【0097】

製造No. 37の比較例においては、C量が本発明の範囲を上回り、穴拡げ率が不足している。製造No. 38の比較例においては、(1)式の値が本発明の範囲を上回り、フェライト分率が不足し、他の実施例に比べて伸びが劣っているうえ、強度が不足している。

【0098】

以上、発明例及び比較例の比較よれば、本発明が、高い引張強度を有し、かつ、穴拡げ性、打抜き端面の「はがれ」、鋼板の表面性状、アーク溶接時のスラグ被包性に優れた高強度熱延鋼板を提供できることは明らかである。

【0099】

図4に、溶接ビードの外観を示す。図4に示す溶接ビードにおいて、スラグ被包率は21%であった。

【産業上の利用可能性】

【0100】

前述したように、本発明によれば、せん断端面や打抜き端面にてはがれの発生がなく、表面性状及び穴拡げ性に優れ、かつ、スラグ被包性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法を提供することができる。

【0101】

したがって、本発明の高強度熱延鋼板は、耐久性と信頼性（疲労・腐食）が求められ、打抜き加工や穴拡げ加工で製造される部材の素材として好適な鋼板である。また、本発明の高強度熱延鋼板は、スラグ被包性が従来の鋼板に比べ優れているので、特別な溶接ワイヤを必要としない汎用性のある鋼板である。よって、本発明は、鋼板製造及び利用産業において利用可能性が高いものである。

10

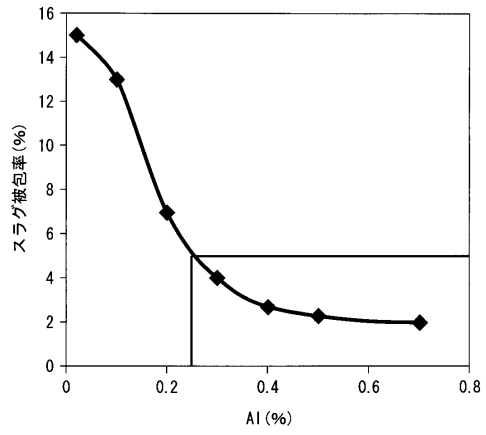
20

30

40

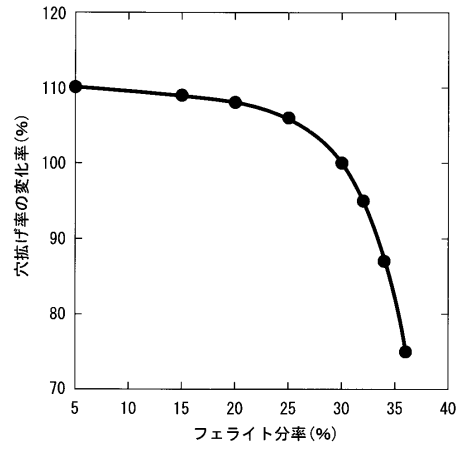
【 図 1 】

図1



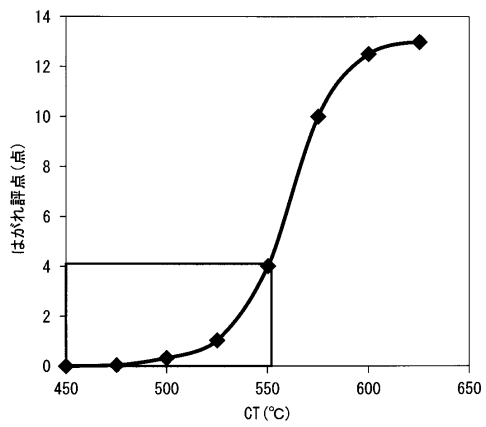
【 図 2 】

図2



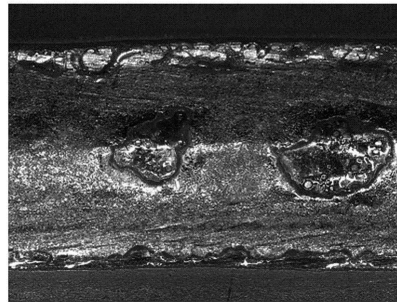
【 図 3 】

図3



【 図 4 】

図4



## フロントページの続き

- (74)代理人 100111903  
弁理士 永坂 友康
- (74)代理人 100172269  
弁理士 徳 永 英男
- (72)発明者 石田 欽也  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 丸山 直紀  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 杉浦 夏子  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 伊丹 淳  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

審査官 太田 一平

- (56)参考文献 特開2005-146379(JP,A)  
特開平10-036939(JP,A)  
特開2009-019265(JP,A)  
特開2003-342683(JP,A)  
特開2006-152341(JP,A)  
特開2010-024547(JP,A)  
特開2007-070648(JP,A)  
特開2009-275256(JP,A)  
米国特許第06364968(US,B1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C22C 38/00 - 38/60  
C21D 9/46