

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2004-10971  
(P2004-10971A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

|                           |                       |             |
|---------------------------|-----------------------|-------------|
| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | F I                   | テーマコード (参考) |
| C 2 1 D 8/02              | C 2 1 D 8/02 B        | 4 K O 3 2   |
| // C 2 2 C 38/00          | C 2 2 C 38/00 3 O 1 A |             |
| C 2 2 C 38/06             | C 2 2 C 38/06         |             |
| C 2 2 C 38/58             | C 2 2 C 38/58         |             |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

|                                        |                                                      |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号 特願2002-166580 (P2002-166580) | (71) 出願人 000006655<br>新日本製鐵株式会社<br>東京都千代田区大手町2丁目6番3号 |
| (22) 出願日 平成14年6月7日(2002.6.7)           | (74) 代理人 100097995<br>弁理士 松本 悦一                      |
|                                        | (74) 代理人 100074790<br>弁理士 椎名 彊                       |
|                                        | (72) 発明者 白幡 浩幸<br>大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内     |
|                                        | (72) 発明者 皆川 昌紀<br>大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内     |

最終頁に続く

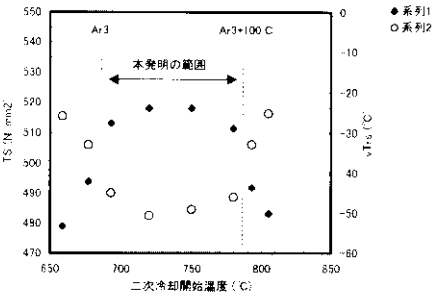
(54) 【発明の名称】 強度・靱性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法

(57) 【要約】

【課題】生産性の低い複雑な熱間圧延工程、熱処理工程を必要とせずに、優れた強度・靱性と平坦度を有する鋼材を効率的に製造する。

【解決手段】所定成分を有する鋼片を1100～1300℃の温度域に加熱して、950～1100℃の温度で累積圧下率50%以上の粗圧延を行った後、所定の条件を満たす様に仕上圧延を実施し、さらに、その後、板厚方向の平均冷却速度が2～30℃/sで、表面温度がAr3-120℃以上Ar3-20℃以下になるまで冷却し、Ar3以上Ar3+100℃以下になるまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が2～30℃/sで温度差にして40℃以上冷却を行い、Ar3-200℃以上の温度で冷却完了する強度・靱性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

質量%で、

C : 0.03 ~ 0.20 %、

Si : 0.05 ~ 1.0 %、

Mn : 0.40 ~ 2.0 %、

P :  $\leq$  0.025 %、

S :  $\leq$  0.020 %、

Al : 0.005 ~ 0.10 %、

N : 0.0005 ~ 0.0080 %を含み、

10

残部が Fe および不可避免的不純物からなる鋼片を 1100 ~ 1300 °C の温度域に加熱して、950 ~ 1100 °C の温度で累積圧下率 50 % 以上の粗圧延を行った後、下記不等式を満たす条件で仕上圧延を実施し、さらに、その後、板厚方向の平均冷却速度が 2 ~ 30 °C / s で、表面温度が Ar3 - 120 °C 以上 Ar3 - 20 °C 以下になるまで冷却し、Ar3 以上 Ar3 + 100 °C 以下になるまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が 2 ~ 30 °C / s で温度差にして 40 °C 以上冷却を行い、Ar3 - 200 °C 以上の温度で冷却完了させることを特徴とする強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

$$900 - h \leq T \leq 950 - h$$

$$0 < r \leq 3h / 5 \quad (0 < h \leq 30)$$

20

$$h / 2 - 15 \leq r \leq 3h / 5 \quad (30 < h)$$

ただし、h : 板厚 (mm)、T : 圧延温度 (°C)、r : 圧下率 (%)

## 【請求項 2】

質量%で、

C : 0.03 ~ 0.20 %、

Si : 0.05 ~ 1.0 %、

Mn : 0.40 ~ 2.0 %、

P :  $\leq$  0.025 %、

S :  $\leq$  0.020 %、

Al : 0.005 ~ 0.10 %、

30

N : 0.0005 ~ 0.0080 %を含み、

残部が Fe および不可避免的不純物からなる組成を有する鋼片を 1100 ~ 1300 °C の温度域に加熱して、950 ~ 1100 °C の温度で累積圧下率 50 % 以上の粗圧延を行い板厚 30 mm 以下とした後、板厚方向の平均冷却速度が 2 ~ 30 °C / s で、表面温度が Ar3 - 120 °C 以上 Ar3 - 20 °C 以下になるまで冷却し、Ar3 以上 Ar3 + 100 °C 以下になるまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が 2 ~ 30 °C / s で温度差にして 40 °C 以上冷却を行い、Ar3 - 200 °C 以上の温度で冷却完了させることを特徴とする強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

## 【請求項 3】

前記板厚方向の平均冷却速度が 2 ~ 30 °C / s で温度差にして 40 °C 以上冷却する際の冷却完了温度を Ar3 以上とすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

40

## 【請求項 4】

前記組成に加えて、

Cu : 0.05 ~ 1.5 %、

Cr : 0.05 ~ 1.0 %、

Mo : 0.05 ~ 0.5 %、

Ni : 0.05 ~ 3.5 %、

Nb : 0.003 ~ 0.050 %、

Ti : 0.003 ~ 0.100 %、

50

V : 0.005~0.100%、

B : 0.0002~0.0030%、

Ca : 0.0005~0.0030%、

REM : 0.0005~0.0060%の1種または2種以上を含有する鋼片を用いることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱間圧延鋼板の制御冷却方法に関するもので、特に船舶、橋梁、中高層建築物、海洋構造物などに使用される強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な厚鋼板の効率的な製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、船舶、橋梁、中高層建築物、海洋構造物などの大型化にともない、使用される鋼材の厚手化、強靱化とともに、平坦度や切断・溶接後の形状に対する要望も厳しさを増している。

強度・韌性向上のための手段としては、TMCP (Thermo-Mechanical Control Process) がよく知られている。これは適切な加熱、圧延、冷却、熱処理工程の組み合わせにより鋼材の組織を微細化する方法である。具体的な手段としては、低温加熱、低温大压下圧延、および圧延終了後の冷却速度を適度に制御する方法などが行われてきた。

【0003】

しかし、加熱温度は加熱時に十分オーステナイト ( $\gamma$ ) 化を図る必要から  $A_c3$  以上の温度を確保する必要があるが、低温加熱による微細化には限界がある。また、低温圧延では、 $\gamma$  未再結晶域や二相温度域における圧延が行われるが、過度の低温圧延は材質を劣化させることに加え、圧延  $T/h$  も低下させ、さらには圧延形状にも悪影響を及ぼし、精整負荷を増大させる可能性もある。圧延終了後の冷却については、冷却速度が大きいほど変態後のフェライト ( $\alpha$ ) 粒径は微細となるが、さらに大きくなるとベイナイト、マルテンサイト等の低温変態相の割合が増加し、必ずしも組織微細化にはつながらないため、加速冷却による細粒化にも限界があることに加えて、停止温度の制御、板内の均一性確保が困難になり、材質ばらつきや形状劣化の原因にもなる。

【0004】

鋼材の結晶粒を微細化する特殊な方法としては、特公昭49-7293号広報記載のように、加熱・冷却を繰り返すことにより最終組織に至るまでの変態の回数を多くする方法がある。しかし、単なる温度制御により変態の回数を増しても結晶粒の微細化効果は飽和するばかりでなく、生産性が著しく低下するため、実プロセスへの適用の可能性は極めて低い。

さらに、圧延前または粗圧延終了後に鋼片表面を冷却し、表面復熱過程で内部との温度差をつけたまま圧延することにより表層に細粒  $\alpha$  を生成させる方法が特公平6-4903号公報、特開平5-271860号公報等に記載されている。しかし、これらは必然的に  $\alpha$  域または二相域での圧延となるため、1パス当たりの压下率を低くせざるを得ず、生産性を大きく阻害するものであった。

【0005】

一方、鋼材の平坦度や形状を確保するという観点では、できるだけ  $\gamma$  高温域で圧延し、空冷または  $A_r3$  変態点以上で冷却停止することが望ましいが、これはTMCP化と相反する方向であり、必要な母材特性を確保できなくなるおそれがある。

均一冷却方法としては、例えば特開2000-84612号公報に、前段冷却後に復熱させて、ホットレバラーで矯正した後、後段冷却することにより平坦度の良好な鋼板を得る方法が開示されているが、矯正時の温度が  $A_r3$  変態点以下であるため、強度・韌性向上

を意図したものとはいえない。

上述のように、組織微細化を目的としたTMC Pは種々提案されているが、温度や圧下率等の制約から通常生産効率の低下を引き起こすとともに、精整工程の負荷も増大する。すなわち、材質確保と生産性向上を両立させることは非常に困難な課題であった。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

生産性の低い複雑な熱間圧延工程、熱処理工程を必要とせずに、優れた強度・靱性と平坦度を有する鋼材を効率的に製造する方法を提供するものである。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の特徴は従来の発想とは異なり、冷却過程の制御により母材の強度・靱性を安定的に確保し、圧延や精整工程に多大な負荷をかけることなく平坦度の良好な鋼板の製造を可能とした点にある。その要旨とするところは以下の通りである。

(1) 質量%で、

C : 0.03~0.20%、

Si : 0.05~1.0%、

Mn : 0.40~2.0%、

P : ≤0.025%、

S : ≤0.020%、

Al : 0.005~0.10%、

N : 0.0005~0.0080%を含み、

残部がFeおよび不可避免の不純物からなる鋼片を1100~1300℃の温度域に加熱して、950~1100℃の温度で累積圧下率50%以上の粗圧延を行った後、下記不等式を満たす条件で仕上圧延を実施し、さらにその後の鋼板の冷却過程において、板厚方向の平均冷却速度が2~30℃/sで、表面温度がAr3-120℃以上Ar3-20℃以下になるまで冷却し、Ar3以上Ar3+100℃以下になるまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が2~30℃/sで温度差にして40℃以上冷却を行い、Ar3-200℃以上の温度で冷却完了する強度・靱性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

$900-h \leq T \leq 950-h$

$0 < r \leq 3h/5$  (0 < h ≤ 30)

$h/2 - 15 \leq r \leq 3h/5$  (30 < h)

但し、h：板厚(mm)、T：圧延温度(℃)、r：圧下率(%)

#### 【0008】

(2) 前記組成を有する鋼片を1100~1300℃の温度域に加熱して、950~1100℃の温度で累積圧下率50%以上の粗圧延を行い板厚30mm以下とした後、鋼板の冷却過程において、板厚方向の平均冷却速度が2~30℃/sで、表面温度がAr3-120℃以上Ar3-20℃以下になるまで冷却し、Ar3以上Ar3+100℃以下になるまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が2~30℃/sで温度差にして40℃以上冷却を行い、Ar3-200℃以上の温度で冷却完了する強度・靱性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

(3) 前記板厚方向の平均冷却速度が2~30℃/sで温度差にして40℃以上冷却する際の冷却完了温度をAr3以上とする前記(1)または(2)記載の強度・靱性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

#### 【0009】

(4) 前記組成に加えて、

Cu : 0.05~1.5%、

Cr : 0.05~1.0%、

Mo : 0.05~0.5%、

Ni : 0.05~3.5%、

10

20

30

40

50

Nb : 0.003 ~ 0.050 %、  
Ti : 0.003 ~ 0.100 %、  
V : 0.005 ~ 0.100 %、  
B : 0.0002 ~ 0.0030 %、  
Ca : 0.0005 ~ 0.0030 %、

REM : 0.0005 ~ 0.0060 % の 1 種または 2 種以上を含有する鋼片を用いる前記 (1) 乃至 (3) 記載の強度・韌性に優れ、かつ平坦度の良好な鋼板の高効率製造方法。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明について詳細に説明する。本発明者らは、極度の生産性低下を伴う低温圧延や熱処理に頼ることなく、主に制御冷却によって組織微細化と形状確保の両立を図り、強度・韌性に優れ平坦度の良好な鋼板を得る手段を実験的に検討した。その結果、まず表面温度が  $A r 3 - 120^{\circ}C$  以上  $A r 3 - 20^{\circ}C$  以下まで冷却し、 $A r 3$  以上  $A r 3 + 100^{\circ}C$  以下になるまで復熱させた後、引き続き冷却して  $A r 3 - 200^{\circ}C$  以上の温度で冷却完了させることが組織微細化に有効であるとの知見に至った。

#### 【0011】

本発明の根幹をなす冶金原理は以下の通りである。表層部は一次冷却で  $A r 3 - 120^{\circ}C$  以上  $A r 3 - 20^{\circ}C$  以下とすることにより一部  $\alpha$  を生成させて、 $A r 3$  以上  $A r 3 + 100^{\circ}C$  以下に復熱させる過程で  $\gamma$  中に C 等の合金元素を濃縮させた後、二次冷却で  $\gamma / \gamma$  界面、および  $\gamma / \alpha$  界面から微細な  $\alpha$  や第二相を生成させることにより、組織微細化を達成する。一方、内部については一次冷却過程で  $A r 3$  以下にならないため変態は起こらないものの、 $\gamma$  の粒成長が抑制されるとともに、 $\gamma$  が過冷されることにより変態の駆動力が高まり、二次冷却過程において微細な組織を得ることができる。この冷却方法を適用することにより、板厚 30 mm 以下の薄手材は実質低温での仕上圧延が不要となり、厚手材でも必要最小限の仕上圧延で全厚にわたって組織微細化が達成されるために、温度待ちが低減、生産性が向上し、圧延形状も良好となる。また、一次冷却後復熱させることにより板内温度偏差が低減可能となることに加えて、本発明のプロセスでは従来より冷却停止温度を高めても細粒化できるため、冷却形状も改善される。したがって、強度・韌性に優れ、平坦度の良好な鋼板を効率的に製造することができるのである。

#### 【0012】

次に本発明の基本成分範囲の限定理由について述べる。

C は、鋼の強度を向上させる有効な成分として下限を 0.03 % とし、また過剰の添加は、鋼材の溶接性や HAZ 韌性などを著しく低下させるので、上限を 0.20 % とした。

Si は、溶製時の脱酸に必要な元素であり、適量添加するとマトリクスを固溶強化するため、0.05 % 以上添加する。一方、1.0 % 超添加すると、HAZ の硬化により韌性が低下するため、上限を 1.0 % とした。

#### 【0013】

Mn は、母材の強度、韌性の確保に有効な成分として 0.4 % 以上の添加が必要であるが、溶接部の韌性、割れ性などの許容できる範囲で上限を 2.0 % とした。

P、S は、含有量が少ないほど望ましいが、これを工業的に低減させるためには多大なコストがかかることから、それぞれ 0.025 %、0.020 % を上限とした。

Al は、重要な脱酸元素であるため下限値を 0.005 % とした。また、Al が多量に存在すると鑄片の表面品位が劣化するため上限を 0.10 % とした。

#### 【0014】

N は、TiN として析出することで HAZ 韌性の向上効果があるため下限を 0.0005 % とした。しかしながら固溶 N が増大すると HAZ 韌性の低下を招くことから 0.0080 % を上限とした。

選択添加元素は以下の理由により限定する。

Cu、Cr、Mo は、鋼材の強度を向上させるために有効であることから 0.05 % 以上

10

20

30

40

50

添加するが、多量に添加すると溶接性、H A Z 靱性を低下させるため、それぞれ 1.5%、1.0%、0.5% を上限とした。

N i は、鋼材の強度および靱性を向上させることから 0.05% 以上添加するが、N i 量の増加はコストを上昇させるので 3.5% を上限とした。

#### 【0015】

N b は、焼き入れ性向上と組織微細化により母材の強度および靱性を向上させることから 0.005% 以上添加するが、過剰な添加は H A Z 靱性を著しく低下させるため 0.05% を上限とした。

T i は、脱酸元素であると同時に、N と結合して T i 窒化物を形成することで加熱  $\gamma$  と H A Z の細粒化に一定の効果を及ぼすために 0.005% 以上添加する。しかし、固溶 T i 10  
量が増加すると H A Z 靱性が低下するため、0.10% を上限とした。

V は、焼入れ性を向上させるとともに炭窒化物を形成して高強度化に寄与するため 0.005% 以上添加するが、多量の添加は H A Z 靱性を劣化させるため 0.10% を上限とした。

#### 【0016】

B は、H A Z 靱性に有害な粒界フェライト、フェライトサイドプレート の成長抑制と高強度化に有効であることから 0.0002% 以上添加するが、過剰の添加は靱性を劣化させることから 0.0030% を上限とした。

C a は、硫化物の形態制御に有効であるとともに、C a 系酸化物生成により H A Z 組織を微細化し、靱性を向上させるために 0.0005% 以上の添加が必要である。しかしなが 20  
ら、過剰の添加は粗大介在物を生成させるため、0.0030% を上限とした。

R E M は、H A Z 組織を微細化し、靱性を高めるのに有効な元素であるが、過剰の添加は靱性を劣化させるので 0.0005~0.0060% の範囲に限定した。

#### 【0017】

次に、本発明鋼の製造プロセスについて説明する。

上述した成分組成を有する鋼片を 1100~1300℃ の温度範囲に加熱する。加熱温度が 1100℃ 未満では合金元素の均質化が図れず、材質不安定の原因となる。一方、1300℃ 超では加熱  $\gamma$  の粗大化により最終的な組織微細化が困難となる。

鋼片を加熱後 950~1100℃ の温度域で累積圧下率 50% 以上の粗圧延を施すのは、最終組織微細化に有利となるように、 $\gamma$  を再結晶させて細粒化するためである。950℃ 30  
以下であると、成分や圧延条件によっては部分再結晶となり材質ばらつきの原因となり、1100℃ 超では再結晶  $\gamma$  が粒成長して粗大化してしまう。累積圧下率が 50% 未満では、再結晶  $\gamma$  が十分細粒化できず、最終組織の微細化が達成されない。

#### 【0018】

引き続き行う仕上圧延は以下の不等式を満たす条件で実施する必要がある。

$$900 - h \leq T \leq 950 - h$$

$$0 \leq r \leq 3h/5 \quad (h \leq 30)$$

$$h/2 - 15 \leq r \leq 3h/5 \quad (30 < h)$$

但し、h：板厚 (mm)、T：圧延温度 (℃)、r：圧下率 (%)

この領域を図 1、2 に示す。圧延温度が (900 - h)℃ 未満の場合には、内部顕熱不十分のため、引き続き行う制御冷却の復熱過程で表層が A r 3 以上まで上昇せず、組織微細化が達成されないばかりでなく、温度待ち時間の増加とともに圧延形状も劣化し、生産性低下につながる。一方、温度が (950 - h)℃ 超の場合には、実質的に  $\gamma$  未再結晶状態とならず、特に厚手材の中心部靱性が低下してしまう。板厚 30mm 以下では仕上圧延は不要であるが、30mm 超で圧下率が (h/2 - 15)% 未満であると、転位の導入が不十分となり、やはり靱性が低下してしまう。圧下率が (3h/5)% を超えると、強度・靱性は向上するが、温度待ち時間増加により生産性が低下し、圧延形状も悪くなる。 40

#### 【0019】

制御冷却過程では、板厚方向の平均冷却速度が 2~30℃/s で、表面温度が A r 3 - 120℃ 以上 A r 3 - 20℃ 以下になるまで冷却し、A r 3 以上 A r 3 + 100℃ 以下にな 50

るまで復熱させた後、引き続き板厚方向の平均冷却速度が $2 \sim 30^\circ\text{C}/\text{s}$ で温度差にして $40^\circ\text{C}$ 以上冷却を行い、 $A_r3 - 200^\circ\text{C}$ 以上、あるいは $A_r3$ 以上の温度で冷却完了させる。一次冷却過程における板厚方向の平均冷却速度が $2^\circ\text{C}/\text{s}$ 未満であると、板厚方向温度分布が均一化するため表層を $A_r3 - 20^\circ\text{C}$ 以下に冷却すると復熱過程で $A_r3$ 以上まで上昇せず、さらに内部の $\gamma$ 過冷も不十分となるため最終組織が微細化せず、強度・靱性が低下する。一方、 $30^\circ\text{C}/\text{s}$ 超であると、内部まで冷えることにより顕熱が不足して復熱過程で表層が $A_r3$ 以上まで上がらなくなる。一次冷却後の表面温度については、 $A_r3 - 120^\circ\text{C}$ 未満であると復熱が不十分となり、 $A_r3 - 20^\circ\text{C}$ 超であると $\alpha$ が十分生成せず、 $\gamma$ 中への合金元素濃縮が不十分となり、いずれの場合も組織微細化が達成されない。その結果、図3に示すように強度・靱性が低下してしまう。

10

#### 【0020】

復熱温度（二次冷却開始温度）については、 $A_r3$ 未満であると合金元素濃縮が不十分となり、 $A_r3 + 100^\circ\text{C}$ を超えると $\gamma$ 過冷の効果が小さくなってしまい、いずれも組織が十分微細化されない。そのため、図4に示すように、やはり強度・靱性が低下する。二次冷却過程での板厚方向平均冷却速度が $2^\circ\text{C}/\text{s}$ 未満、または温度差が $40^\circ\text{C}$ 未満であると、 $\alpha$ 変態の駆動力が低下し、 $\alpha$ が細粒化されない。冷却速度が $30^\circ\text{C}/\text{s}$ 超であると、表層部の硬さが顕著に上昇し伸びが低下するとともに、靱性も劣化してしまう。二次冷却の停止温度が $A_r3 - 200^\circ\text{C}$ 未満であると、低温変態相が増加し靱性が低下するとともに、形状も顕著に劣化してしまう。形状確保が困難な薄手材の場合には、強度が確保できるのであれば、 $A_r3$ 以上で冷却停止するのが望ましい。

20

以上のように、本発明範囲の条件で製造することにより、生産性の低い熱間圧延工程に頼ることなく、冷却工程で組織微細化が達成され、強度・靱性と生産性、平坦度向上が可能となる。

#### 【0021】

##### 【実施例】

表1に示した化学成分を有する鋼片を用いて試作を行った。表2に鋼板の製造条件を示し、表3には母材の機械的性質、生産性、平坦度を示す。Y P, T Sは全厚引張試験片（板厚 $\leq 50\text{mm}$ ）による値、またはJ I S 4号丸棒試験片による $1/4\text{t}$ 、 $1/2\text{t}$ 部の平均値とした。v T r sは $1/4\text{t}$ 、 $1/2\text{t}$ 部から採取したJ I S 4号衝撃試験片（ $2\text{m m V}$ ノッチシャルピー）による平均値とした。試験片採取方向は圧延方向と直角とした。

30

#### 【0022】

表2、3から明らかなように、本発明例1～8は所定の条件で製造したため、強度・靱性が良好で、板内温度偏差が小さく平坦度も良好であり、生産性も高い。一方、比較例1～8は以下の理由により強度・靱性、生産性、平坦度のいずれかが劣っている。比較例1、4、5は一段目の冷却の停止温度、冷却速度が本発明範囲から逸脱していたため、全厚にわたる組織微細化が達成されず、強度・靱性が劣化した。比較例2は復熱温度が高すぎたために組織が粗大化し材質が劣化してしまった。比較例3は仕上圧延の温度が低かったために、 $A_r3$ 以上の温度まで復熱せず、強度・靱性が若干低下するとともに、生産性が低下し、圧延形状が劣化した。比較例6は二次冷却での温度差が $40^\circ\text{C}$ 未満であったため、強度が低下した。比較例7は二次冷却停止温度が低すぎたために、靱性と平坦度が劣化した。比較例8は従来の低温仕上圧延＋制御冷却で製造したため、材質は良好であるが、生産性と平坦度が低下してしまった。

40

#### 【表1】

10

20

30

40

表 1

| 鋼<br>番 | 化学成分(mass%) |      |      |       |       |       |        |      |      |      |      |       |       |       |        |        |        |
|--------|-------------|------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|        | C           | Si   | Mn   | P     | S     | Al    | N      | Cu   | Ni   | Cr   | Mo   | V     | Nb    | Ti    | B      | Ca     | REM    |
| 1      | 0.17        | 0.25 | 1.15 | 0.006 | 0.003 | 0.026 | 0.0037 | —    | —    | —    | —    | —     | —     | —     | —      | —      | —      |
| 2      | 0.12        | 0.29 | 1.40 | 0.005 | 0.002 | 0.014 | 0.0029 | —    | —    | —    | —    | —     | 0.006 | 0.007 | —      | 0.0015 | —      |
| 3      | 0.06        | 0.24 | 0.72 | 0.002 | 0.002 | 0.018 | 0.0030 | 1.28 | 1.00 | 0.59 | 0.41 | —     | —     | 0.008 | —      | —      | 0.0017 |
| 4      | 0.11        | 0.18 | 1.44 | 0.009 | 0.005 | 0.022 | 0.0050 | 0.31 | 0.34 | —    | —    | —     | 0.009 | 0.016 | —      | —      | —      |
| 5      | 0.10        | 0.30 | 1.55 | 0.007 | 0.003 | 0.019 | 0.0031 | —    | —    | —    | —    | 0.041 | 0.028 | 0.007 | —      | 0.0012 | —      |
| 6      | 0.14        | 0.25 | 0.95 | 0.007 | 0.002 | 0.030 | 0.0038 | —    | —    | 0.31 | —    | —     | —     | 0.015 | —      | 0.0005 | 0.0008 |
| 7      | 0.15        | 0.34 | 1.33 | 0.011 | 0.004 | 0.039 | 0.0040 | —    | —    | —    | 0.16 | —     | —     | 0.011 | —      | 0.0023 | —      |
| 8      | 0.09        | 0.21 | 1.38 | 0.006 | 0.004 | 0.006 | 0.0025 | —    | —    | —    | —    | 0.032 | 0.013 | 0.010 | 0.0009 | 0.0010 | —      |
| 9      | 0.15        | 0.25 | 1.15 | 0.006 | 0.003 | 0.026 | 0.0037 | —    | —    | —    | —    | —     | —     | —     | —      | —      | —      |
| 10     | 0.12        | 0.30 | 1.40 | 0.005 | 0.002 | 0.014 | 0.0026 | —    | —    | —    | —    | —     | 0.007 | 0.006 | —      | 0.0011 | —      |
| 11     | 0.05        | 0.24 | 0.72 | 0.002 | 0.002 | 0.018 | 0.0030 | 1.24 | 1.02 | 0.61 | 0.42 | —     | —     | 0.008 | —      | —      | 0.0021 |
| 12     | 0.11        | 0.17 | 1.41 | 0.008 | 0.005 | 0.022 | 0.0050 | 0.31 | 0.30 | —    | —    | —     | 0.006 | 0.013 | —      | —      | —      |
| 13     | 0.10        | 0.30 | 1.55 | 0.007 | 0.003 | 0.019 | 0.0031 | —    | —    | —    | —    | 0.040 | 0.026 | 0.007 | —      | 0.0012 | —      |
| 14     | 0.14        | 0.23 | 0.92 | 0.007 | 0.002 | 0.030 | 0.0033 | —    | —    | 0.31 | —    | —     | —     | 0.014 | —      | 0.0007 | 0.0009 |
| 15     | 0.16        | 0.34 | 1.33 | 0.011 | 0.004 | 0.039 | 0.0042 | —    | —    | —    | 0.16 | —     | —     | 0.011 | —      | 0.0025 | —      |
| 16     | 0.09        | 0.21 | 1.36 | 0.006 | 0.004 | 0.006 | 0.0025 | —    | —    | —    | —    | 0.035 | 0.014 | 0.010 | 0.0013 | 0.0010 | —      |

【表 2】

10

20

30

40

表2

| 区分   |   | 鋼番 | 初期厚<br>(mm) | 加熱          |             |             |              | 粗圧延         |             |             |              | 仕上圧延         |             |             |            | 製造条件          |             |             |            | 冷却(一次)        |           |           |           | 冷却(二次)    |           |           |  |  |  |
|------|---|----|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|---------------|-------------|-------------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|
|      |   |    |             | 均熱温度<br>(℃) | 開始温度<br>(℃) | 終了温度<br>(℃) | 累積圧下率<br>(%) | 移送厚<br>(mm) | 開始温度<br>(℃) | 終了温度<br>(℃) | 累積圧下率<br>(%) | 最終板厚<br>(mm) | 開始温度<br>(℃) | 停止温度<br>(℃) | Ar3<br>(℃) | 冷却速度<br>(℃/s) | 開始温度<br>(℃) | 停止温度<br>(℃) | 温度差<br>(℃) | 冷却速度<br>(℃/s) | 温度<br>(℃) | 温度<br>(℃) | 温度<br>(℃) | 温度<br>(℃) | 温度<br>(℃) | 温度<br>(℃) |  |  |  |
| 本発明例 | 1 | 1  | 150         | 1130        | 980         | 952         | 87           | 20          | -           | -           | 0            | 20           | 895         | 660         | 700        | 4             | 745         | 700         | 45         | 5             | 6         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 2 | 2  | 120         | 1180        | 1020        | 975         | 70           | 36          | 900         | 893         | 17           | 30           | 850         | 623         | 687        | 10            | 737         | 692         | 45         | 8             | 3         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 3 | 3  | 200         | 1200        | 1005        | 988         | 70           | 60          | 870         | 855         | 25           | 45           | 831         | 588         | 692        | 8             | 729         | 586         | 143        | 6             | 7         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 4 | 4  | 200         | 1180        | 996         | 961         | 88           | 25          | -           | -           | 0            | 25           | 907         | 591         | 684        | 12            | 755         | 687         | 68         | 14            | 9         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 5 | 5  | 280         | 1250        | 1004        | 982         | 61           | 110         | 850         | 836         | 36           | 70           | 833         | 569         | 668        | 3             | 703         | 485         | 218        | 3             | 5         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 6 | 6  | 200         | 1150        | 1016        | 976         | 76           | 50          | 870         | 864         | 20           | 40           | 849         | 587         | 704        | 7             | 756         | 708         | 48         | 8             | 2         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 7 | 7  | 180         | 1170        | 990         | 969         | 76           | 43          | 890         | 886         | 19           | 35           | 856         | 580         | 690        | 16            | 721         | 624         | 97         | 10            | 4         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 8 | 8  | 230         | 1220        | 1008        | 983         | 70           | 70          | 870         | 861         | 29           | 50           | 852         | 563         | 683        | 5             | 732         | 537         | 195        | 4             | 3         |           |           |           |           |           |  |  |  |
| 比較例  | 1 | 9  | 150         | 1130        | 980         | 950         | 87           | 20          | -           | -           | 0            | 20           | 897         | 556         | 702        | 7             | 680         | 633         | 47         | 3             | 26        |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 2 | 10 | 120         | 1180        | 1022        | 975         | 70           | 36          | 900         | 893         | 17           | 30           | 856         | 669         | 685        | 6             | 788         | 709         | 79         | 8             | 9         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 3 | 11 | 200         | 1200        | 1005        | 993         | 70           | 60          | 840         | 855         | 25           | 45           | 811         | 592         | 693        | 8             | 674         | 585         | 89         | 6             | 11        |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 4 | 12 | 200         | 1180        | 993         | 960         | 88           | 25          | -           | -           | 0            | 25           | 909         | 698         | 687        | 12            | 785         | 700         | 85         | 16            | 8         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 5 | 13 | 280         | 1250        | 1000        | 981         | 61           | 110         | 850         | 836         | 36           | 70           | 834         | 563         | 666        | 1             | 660         | 492         | 168        | 3             | 9         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 6 | 14 | 200         | 1150        | 1014        | 979         | 76           | 50          | 870         | 865         | 20           | 40           | 850         | 590         | 700        | 7             | 742         | 705         | 37         | 7             | 5         |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 7 | 15 | 180         | 1170        | 987         | 966         | 76           | 43          | 890         | 886         | 19           | 35           | 855         | 592         | 690        | 13            | 702         | 469         | 233        | 14            | 34        |           |           |           |           |           |  |  |  |
|      | 8 | 16 | 230         | 1220        | 1012        | 989         | 57           | 100         | 830         | 816         | 50           | 50           | -           | -           | 685        | -             | 799         | 531         | 268        | 5             | 38        |           |           |           |           |           |  |  |  |

下線は本発明の範囲外

【表 3】

表3

| 区分   |   | 鋼番 | 板厚<br>(mm) | 母材機械的性質                    |                            |              | 生産性<br>(T/h) | 平坦度<br>(mm/m) |
|------|---|----|------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|---------------|
|      |   |    |            | YP<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | TS<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | vTrs<br>(°C) |              |               |
| 本発明例 | 1 | 1  | 20         | 387                        | 503                        | -50          | 229          | 1.7           |
|      | 2 | 2  | 30         | 407                        | 547                        | -71          | 204          | 0.5           |
|      | 3 | 3  | 45         | 668                        | 802                        | -84          | 188          | 1.3           |
|      | 4 | 4  | 25         | 380                        | 516                        | -59          | 235          | 1.4           |
|      | 5 | 5  | 70         | 483                        | 605                        | -63          | 167          | 0.4           |
|      | 6 | 6  | 40         | 394                        | 519                        | -68          | 193          | 0.5           |
|      | 7 | 7  | 35         | 398                        | 535                        | -72          | 200          | 0.8           |
|      | 8 | 8  | 50         | 521                        | 636                        | -61          | 178          | 0.6           |
| 比較例  | 1 | 9  | 20         | 354                        | 472                        | -23          | 212          | 3.6           |
|      | 2 | 10 | 30         | 375                        | 510                        | -35          | 206          | 1.0           |
|      | 3 | 11 | 45         | 652                        | 775                        | -73          | 152          | 4.2           |
|      | 4 | 12 | 25         | 344                        | 479                        | -25          | 230          | 1.8           |
|      | 5 | 13 | 70         | 465                        | 571                        | -29          | 148          | 1.0           |
|      | 6 | 14 | 40         | 370                        | 494                        | -63          | 190          | 0.8           |
|      | 7 | 15 | 35         | 405                        | 538                        | -33          | 195          | 6.5           |
|      | 8 | 16 | 50         | 523                        | 632                        | -60          | 145          | 5.3           |

YP,TS:全厚、または1/4t,1/2tの平均値

vTrs:1/4t,1/2tの平均値

10

20

【0023】

【発明の効果】

本発明によれば、従来法と同等以上の強度・靱性、平坦度を有する鋼板を、従来以上の生産性で製造することが可能であり、製造コスト低減、工期短縮等、産業上の効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】仕上圧延温度の領域を示す図である。

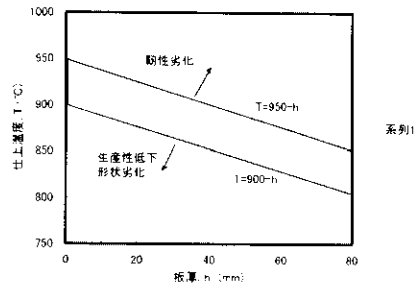
【図2】仕上圧延圧下率の領域を示す図である。

【図3】一次冷却停止温度とTS、vTrsの関係を示す図である。

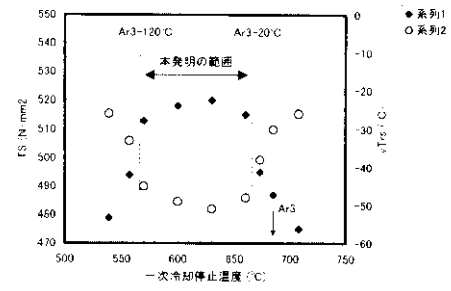
【図4】二次冷却開始（復熱）温度とTS、vTrsの関係を示す図である。

30

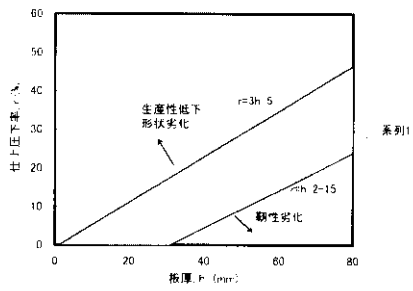
【図 1】



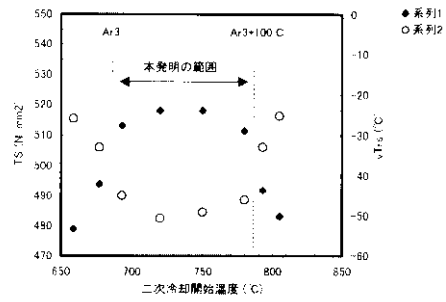
【図 3】



【図 2】



【図 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 俊永

大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA04 AA05 AA08 AA11 AA14 AA15 AA16 AA19  
AA21 AA22 AA23 AA24 AA27 AA29 AA31 AA35 AA36 AA40  
BA01 CA02 CA03 CB02 CC04 CD02 CD03 CF00