

(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2012-167363

(P2012-167363A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

|                                |                       |             |
|--------------------------------|-----------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                   | F 1                   | テーマコード (参考) |
| <b>C 2 1 D 9/46 (2006.01)</b>  | C 2 1 D 9/46 F        | 4 K O 3 7   |
| <b>C 2 2 C 38/00 (2006.01)</b> | C 2 2 C 38/00 3 O 1 U |             |
| <b>C 2 2 C 38/06 (2006.01)</b> | C 2 2 C 38/06         |             |
| <b>C 2 2 C 38/04 (2006.01)</b> | C 2 2 C 38/04         |             |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

|              |                            |          |                     |
|--------------|----------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2012-3816 (P2012-3816)   | (71) 出願人 | 000001258           |
| (22) 出願日     | 平成24年1月12日 (2012.1.12)     |          | J F E スチール株式会社      |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2011-13835 (P2011-13835) |          | 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号   |
| (32) 優先日     | 平成23年1月26日 (2011.1.26)     | (74) 代理人 | 100080687           |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                   |          | 弁理士 小川 順三           |
|              |                            | (74) 代理人 | 100077126           |
|              |                            |          | 弁理士 中村 盛夫           |
|              |                            | (74) 代理人 | 100107227           |
|              |                            |          | 弁理士 藤谷 史朗           |
|              |                            | (72) 発明者 | 古戸 晃                |
|              |                            |          | 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 | 松蔭 誠作               |
|              |                            |          | 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J |
|              |                            |          | F E スチール株式会社内       |

最終頁に続く

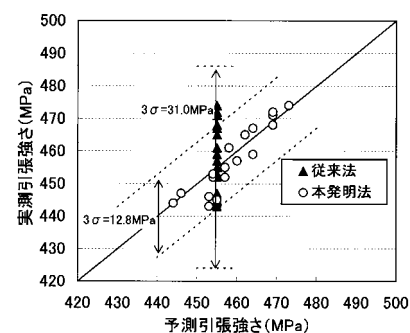
(54) 【発明の名称】 冷延鋼板の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】引張強さのばらつきを極めて小さくすることができる 440 MPa 級の冷延鋼板の有利な製造方法を提案する。

【解決手段】好ましくは C : 0.08 ~ 0.20 mass %、Mn : 0.65 ~ 1.50 mass % を含有する鋼素材を、熱間圧延し、冷間圧延し、連続焼鈍して冷延鋼板を製造する方法において、予め鋼素材の C と Mn の含有量、熱間圧延後の巻取温度および連続焼鈍における均熱温度と均熱時間と、連続焼鈍後の鋼板の引張強さとの関係式を求めておき、上記関係式に鋼素材の C と Mn の含有量、熱間圧延後の巻取温度の実績値および連続焼鈍における予定均熱時間および目標引張強さを代入して、連続焼鈍における設定均熱温度を算出し、上記設定均熱温度および予定均熱時間で均熱焼鈍する連続焼鈍を施すことを特徴とする冷延鋼板の製造方法。

【選択図】図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

鋼素材を熱間圧延し、冷間圧延し、連続焼鈍して冷延鋼板を製造する方法において、鋼素材の C と Mn の含有量、熱間圧延後の巻取温度および連続焼鈍における均熱温度と均熱時間と、連続焼鈍後の鋼板の引張強さとの関係を表す下記 ( 1 ) 式を予め求めておき、上記関係式に鋼素材の C と Mn の含有量、熱間圧延後の巻取温度の実績値および連続焼鈍における予定均熱時間および目標引張強さを代入して、連続焼鈍における設定均熱温度を算出し、上記設定均熱温度および予定均熱時間で均熱焼鈍する連続焼鈍を施すことを特徴とする冷延鋼板の製造方法。

記

$$T ( \quad ) = a \times TS ( MPa ) + b \times C ( mass \% ) + c \times Mn ( mass \% ) + d \times CT ( \quad ) + e \times t ( 秒 ) + f \quad \cdots ( 1 )$$

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度 ( )、TS：引張強さ ( MPa )、C：鋼素材の C 含有量 ( mass % )、Mn：鋼素材の Mn 含有量 ( mass % )、CT：熱間圧延後の巻取温度 ( )、t：連続焼鈍における均熱時間 ( 秒 )、a, b, c, d, e, f：定数

## 【請求項 2】

上記鋼素材は、C：0.08～0.20 mass %、Mn：0.65～1.50 mass % を含有することを特徴とする請求項 1 に記載の冷延鋼板の製造方法。

## 【請求項 3】

上記 ( 1 ) 式として、下記 ( 2 ) 式を用いることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の冷延鋼板の製造方法。

記

$$T ( \quad ) = 5.68 \times TS ( MPa ) - 2600 \times C ( mass \% ) - 217 \times Mn ( mass \% ) + 0.16 \times CT ( \quad ) + 0.29 \times t ( 秒 ) - 1420 \quad \cdots ( 2 )$$

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度 ( )、TS：引張強さ ( MPa )、C：鋼素材の C 含有量 ( mass % )、Mn：鋼素材の Mn 含有量 ( mass % )、CT：熱間圧延後の巻取温度 ( )、t：連続焼鈍における均熱時間 ( 秒 )

## 【請求項 4】

熱間圧延後の巻取温度を 400～750 とし、冷間圧延後、730～870 の均熱温度で 100～600 秒の均熱時間保持する均熱焼鈍を行う連続焼鈍を施すことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の冷延鋼板の製造方法。

## 【請求項 5】

上記冷延鋼板は、C, Mn の他に、Si：0.03 mass % 以下、P：0.025 mass % 以下、S：0.010 mass % 以下、Al：0.07 mass % 以下および N：0.0060 mass % 以下を含有することを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の冷延鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、加熱帯、均熱帯および冷却帯を有する連続焼鈍設備を用いて 440 MPa 級の冷延鋼板を安定して製造する方法に関するものである。なお、本発明でいう 440 MPa 級の冷延鋼板とは、引張強さが 390～490 MPa の範囲の高強度冷延鋼板のことをいう。

## 【背景技術】

## 【0002】

440 MPa 級の冷延鋼板は、主に自動車車体の各種部材の素材として広く用いられており、近年、燃費改善や安全性向上を図る観点から、その使用部位も大きく拡大してきている。そのため、斯かる用途に用いられる鋼板には、高強度であることの他に、加工性に優れていることも必要とされている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

冷延鋼板の加工性に影響を及ぼす因子としては、 $n$  値、 $r$  値、降伏比などの各種指標がある。しかし、例えば、プレス加工で自動車部材を製造する場合、その加工を安定して行うには、引張強さ ( $TS$ ) の変動が小さいことが重要である。

## 【 0 0 0 4 】

連続焼鈍法を用いて製造する  $440\text{MPa}$  級の冷延鋼板は、鋼組織がフェライト・パーライト組織からなり、固溶強化やパーライト組織強化で高強度化を図っているものがある。このような鋼の強化機構を利用した鋼板の製造においては、焼鈍後の製品の引張強さは大きく変動し、 $440\text{MPa}$  級冷延鋼板の引張強さの変動量は  $3\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) で  $30\text{MPa}$  程度もあり、 $3\sigma$  で  $15\text{MPa}$  以下に抑えて安定して製造することは極めて難しい。

10

## 【 0 0 0 5 】

ところで、連続焼鈍設備を用いて製造する冷延鋼板の強度のばらつきを抑制する技術としては、特許文献 1 の技術がある。この技術は、焼入れ手段を有する連続焼鈍設備を用いて高強度冷延鋼板を製造するに際して、予め鋼板の板厚、炭素含有量、リン含有量、焼入れ開始温度、焼入れ停止温度および焼入れ後の焼戻し温度と引張強度の関係を求めておき、対象鋼板の板厚、炭素含有量、リン含有量、焼入れ停止温度および焼入れ後の焼戻し温度を考慮して、目標引張強度に応じて焼入れ開始温度を算出し、求めた焼入れ開始温度で焼入れすることで、引張強度が  $50 \sim 150\text{kgf/mm}^2$  ( $490 \sim 1470\text{MPa}$ ) の強度ばらつきの少ない高強度冷延鋼板を安定して得る技術に関するものである。

20

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2003 - 277832 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記特許文献 1 の技術は、水焼入れのような  $100$  / 秒以上で急速冷却してマルテンサイト相のような低温変態相を生成させて引張強さ  $TS$  が  $490\text{MPa}$  以上の高強度冷延鋼板を製造する場合に有効な技術であり、ロール冷却やガスジェット冷却のように  $5 \sim 50$  / 秒の中低速冷却を実施する  $440\text{MPa}$  級の冷延鋼板の製造方法には適用することはできない。

30

## 【 0 0 0 8 】

そこで、本発明の目的は、連続焼鈍設備を用いて、ロール冷却やガスジェット冷却のような中低速冷却で  $440\text{MPa}$  級の冷延鋼板を製造する場合において、引張強さのばらつきを極めて小さくすることができる冷延鋼板の有利な製造方法を提案することにある。なお、具体的な目標としては、 $440\text{MPa}$  級の冷延鋼板における引張強さのばらつきを  $3\sigma$  で  $15\text{MPa}$  以内に抑えることにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

発明者らは、上記課題を解決するべく、連続焼鈍後の鋼板の引張強さに影響を及ぼす各種製造因子の見直しを行った。その結果、鋼組織がフェライト・パーライト組織からなる  $440\text{MPa}$  級の冷延鋼板の場合には、引張強さに大きな影響を及ぼす製造因子としては、鋼素材中の  $C$  と  $Mn$  の含有量、熱間圧延における巻取温度および連続焼鈍における均熱温度と均熱時間とがあり、それらの製造因子によって鋼板強度がほぼ決定されていることを知見した。そこで、発明者らは、上記各種製造因子と鋼板強度 (引張強さ) との間の関係式を予め求めておき、この関係式に連続焼鈍より前工程の製造因子の実績値を代入して、連続焼鈍条件を設定してやれば引張強さのばらつきを低減できることに想到し、本発明を完成させた。

40

## 【 0 0 1 0 】

50

すなわち、本発明は、鋼素材を熱間圧延し、冷間圧延し、連続焼鈍して冷延鋼板を製造する方法において、鋼素材のCとMnの含有量、熱間圧延後の巻取温度および連続焼鈍における均熱温度と均熱時間と、連続焼鈍後の鋼板の引張強さとの関係を表す下記(1)式；

$$T(\quad) = a \times TS(\text{MPa}) + b \times C(\text{mass}\%) + c \times Mn(\text{mass}\%) + d \times CT(\quad) + e \times t(\text{秒}) + f \cdots (1)$$

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度( )、TS：引張強さ(MPa)、C：鋼素材のC含有量(mass%)、Mn：鋼素材のMn含有量(mass%)、CT：熱間圧延後の巻取温度( )、t：連続焼鈍における均熱時間(秒)、a, b, c, d, e, f：定数

10

を予め求めておき、上記関係式に鋼素材のCとMnの含有量、熱間圧延後の巻取温度の実績値および連続焼鈍における予定均熱時間および目標引張強さを代入して、連続焼鈍における設定均熱温度を算出し、上記設定均熱温度および予定均熱時間で均熱焼鈍する連続焼鈍を施すことを特徴とする冷延鋼板の製造方法である。

#### 【0011】

本発明の冷延鋼板の製造方法における鋼素材は、C：0.08～0.20mass%、Mn：0.65～1.50mass%を含有することを特徴とする。

#### 【0012】

また、本発明の冷延鋼板の製造方法は、上記(1)式として、下記(2)式；

$$T(\quad) = 5.68 \times TS(\text{MPa}) - 2600 \times C(\text{mass}\%) - 217 \times Mn(\text{mass}\%) + 0.16 \times CT(\quad) + 0.29 \times t(\text{秒}) - 1420 \cdots (2)$$

20

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度( )、TS：引張強さ(MPa)、C：鋼素材のC含有量(mass%)、Mn：鋼素材のMn含有量(mass%)、CT：熱間圧延後の巻取温度( )、t：連続焼鈍における均熱時間(秒)を用いることを特徴とする。

#### 【0013】

本発明の冷延鋼板の製造方法は、熱間圧延後の巻取温度を400～750とし、冷間圧延後、730～870の均熱温度で100～600秒の均熱時間保持する均熱焼鈍を行う連続焼鈍を施すことを特徴とする。

#### 【0014】

30

本発明の製造方法における上記冷延鋼板は、C, Mnの他に、Si：0.03mass%以下、P：0.025mass%以下、S：0.010mass%以下、Al：0.07mass%以下およびN：0.0060mass%以下を含有することを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明によれば、440MPa級の冷延鋼板の強度のばらつきを3σで15MPa以内に低減することが可能となるので、鋼板メーカーにおける歩留りの向上だけでなく、この鋼板を用いて各種自動車部材を製造している部材メーカーの製造安定性や歩留り向上に大きく寄与する。

#### 【図面の簡単な説明】

40

#### 【0016】

【図1】本発明の焼鈍に用いる連続焼鈍設備の概略図である。

【図2】440MPa級冷延鋼板の目標あるいは予測引張強さと、実測引張強さの関係を示すグラフである。

【図3】440MPa級冷延鋼板の引張強さに及ぼす均熱温度の影響を模式的に説明する図である。

【図4】本発明と従来技術における440MPa級冷延鋼板の引張強さの分布を対比して示した図である。

【図5】本発明と従来技術における440MPa級冷延鋼板の全伸びの分布を対比して示した図である。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

まず、本発明が対象とする440MPa級の冷延鋼板について説明する。

本発明が対象とする440MPa級の冷延鋼板とは、引張強さTSが390～490MPa(40～50kgf/mm<sup>2</sup>)の範囲の比較的低強度の高強度冷延鋼板のことをいう。この440MPa級の冷延鋼板は、C、Mn以外、特別な元素を含有しない鋼素材(スラブ)を熱間圧延し、冷間圧延した鋼板を、図1に示したように、加熱帯、均熱帯、冷却帯および過時効帯を有する連続焼鈍設備を用いて再結晶焼鈍して製造するのが一般的である。また、上記連続焼鈍における均熱焼鈍後の冷却速度は、水冷却のような急速冷却ではなく、5～50 / 秒程度の中低速冷却であるため、得られる鋼板組織は、フェライトとパーライトからなる組織となる。

10

## 【0018】

上記440MPa級の冷延鋼板には、近年、部材メーカーでの製造安定性を確保するため、引張強さのばらつきをより小さくすることが求められている。そこで、本発明は、引張強さTSのばらつきを、3σで15MPa以下とすることを目標としている。例えば、規格値の引張強さが440MPa以上の場合には、製造上の目標引張強さを455MPaとすると、製品冷延鋼板の引張強さは440～470MPaの範囲内にあることが必要となる。

## 【0019】

先述したように、引張強さのばらつきを抑える技術としては、特許文献1の技術がある。しかし、特許文献1の製造方法は、本発明の440MPa級の冷延鋼板の製造方法とは、連続焼鈍における冷却速度が異なることに起因して、得られる鋼板組織も強度レベルもまったく異なるため、特許文献1の技術を、440MPa級の冷延鋼板の製造にそのまま適用することはできない。そこで、発明者らは、440MPa級の冷延鋼板の強度のばらつきの原因を解明するため、鋼成分、熱延、冷延および連続焼鈍における各種製造因子が製品鋼板の引張強さに及ぼす影響の大きさを調査した。その結果、フェライト・パーライト組織からなる440MPa級の冷延鋼板の引張強さに大きく影響を及ぼす連続焼鈍前の製造因子としては、鋼素材中のCとMnの含有量、熱間圧延における巻取温度が、また、連続焼鈍における製造因子としては均熱温度と均熱時間があり、それらの製造因子によって鋼板強度がほぼ決定されていることを知見した。

20

30

## 【0020】

そこで、発明者らは、表1に示した、鋼素材中のC、Mnの含有量、熱延巻取温度、鋼板寸法(板厚、板幅)が異なる各種冷間圧延後の鋼板を、均熱温度を目標引張強さに応じて所定温度に設定する従来方法で連続焼鈍し、目標引張強さが455MPaの冷延鋼板を製造した。次いで、その連続焼鈍後の鋼板から、引張方向を圧延直角方向とするJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z2241(1998)に準じて引張試験を行い、引張強さTSを測定し、その結果を、図2に黒三角(▲)印で示した。この結果から、実測した引張強さは474～443MPaの範囲に分布しており、上記目標引張強さに対して3σで31.0MPaのばらつきを有していることがわかった。

## 【0021】

40

【表 1】

| 鋼板<br>No. | 鋼素材成分<br>(mass%) |      | 熱間圧延<br>巻取温度<br>(°C) | 冷延鋼板寸法      |             | 連続焼鈍均熱条件     |             | 引張強さ T S<br>の実測値<br>(a)<br>(MPa) | 引張強さ T S (MPa)     |                      | 引張強さ T S の<br>予測値と実測値の差<br>(MPa) |           |
|-----------|------------------|------|----------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|-----------|
|           | C                | Mn   |                      | 板 厚<br>(mm) | 板 幅<br>(mm) | 均熱温度<br>(°C) | 均熱時間<br>(s) |                                  | 従来法の<br>目標値<br>(b) | (A) 式の<br>計算値<br>(c) | (b) - (a)                        | (c) - (a) |
| 1         | 0.184            | 0.76 | 562                  | 0.788       | 874         | 753          | 140         | 474                              | 455                | 473                  | -19                              | -1        |
| 2         | 0.102            | 1.38 | 572                  | 0.802       | 976         | 751          | 145         | 461                              | 455                | 458                  | -6                               | -3        |
| 3         | 0.166            | 0.74 | 567                  | 0.806       | 1009        | 752          | 127         | 459                              | 455                | 464                  | -4                               | 5         |
| 4         | 0.183            | 0.71 | 605                  | 0.985       | 789         | 761          | 166         | 471                              | 455                | 469                  | -16                              | -2        |
| 5         | 0.172            | 0.73 | 555                  | 0.985       | 789         | 767          | 138         | 472                              | 455                | 469                  | -17                              | -3        |
| 6         | 0.096            | 1.41 | 558                  | 1.002       | 1235        | 751          | 200         | 452                              | 455                | 454                  | 3                                | 2         |
| 7         | 0.100            | 1.44 | 570                  | 1.002       | 1275        | 750          | 137         | 457                              | 455                | 460                  | -2                               | 3         |
| 8         | 0.167            | 0.70 | 575                  | 1.008       | 804         | 759          | 178         | 465                              | 455                | 462                  | -10                              | -3        |
| 9         | 0.183            | 0.76 | 589                  | 1.198       | 884         | 749          | 175         | 468                              | 455                | 469                  | -13                              | 1         |
| 10        | 0.160            | 0.76 | 569                  | 1.215       | 1120        | 772          | 159         | 467                              | 455                | 464                  | -12                              | -3        |
| 11        | 0.161            | 0.71 | 596                  | 1.619       | 859         | 779          | 274         | 452                              | 455                | 457                  | 3                                | 5         |
| 12        | 0.158            | 0.72 | 571                  | 1.619       | 1125        | 776          | 322         | 453                              | 455                | 454                  | 2                                | 1         |
| 13        | 0.163            | 0.69 | 578                  | 1.998       | 1394        | 779          | 325         | 445                              | 455                | 455                  | 10                               | 10        |
| 14        | 0.148            | 0.69 | 571                  | 1.998       | 1394        | 768          | 329         | 447                              | 455                | 446                  | 8                                | -1        |
| 15        | 0.088            | 1.42 | 556                  | 2.014       | 1298        | 757          | 361         | 444                              | 455                | 444                  | 11                               | 0         |
| 16        | 0.162            | 0.72 | 540                  | 2.085       | 889         | 768          | 296         | 455                              | 455                | 457                  | 0                                | 2         |
| 17        | 0.149            | 0.73 | 568                  | 2.085       | 889         | 778          | 285         | 443                              | 455                | 453                  | 12                               | 10        |
| 18        | 0.164            | 0.69 | 567                  | 2.420       | 1156        | 775          | 370         | 446                              | 455                | 453                  | 9                                | 7         |
|           |                  |      |                      |             |             |              |             |                                  |                    | 3σ:31.0              | 3σ:12.8                          |           |

【0022】

そこで、発明者らは、上記従来技術において変動させた均熱温度と、440MPa級冷

10

20

30

40

50

延鋼板の引張強さとの関係を詳細に調査した。図3は、440MPa級の冷延鋼板の引張強さに及ぼす均熱温度の影響を示した模式図である。均熱温度が $A_1$ 変態点以下(730以下)の温度領域では、均熱温度が高いほど冷間圧延した鋼板の回復や再結晶が進行するため、引張強さは低下する。しかし、730以上の温度では、再結晶が完了し、粒成長するが、均熱温度の上昇にともなって、熱間圧延後の冷却過程で析出した炭化物( $Fe_3C$ )の再固溶が進行し、焼鈍後の冷却過程で析出するパーライトが増加するため、引張強さも直線的に上昇する。しかし、均熱温度がさらに上昇して870を超えると、結晶粒が粗大化するため、上記パーライト組織による強化効果が打ち消され、引張強さは低下するようになる。

#### 【0023】

10

そして、この均熱温度と引張強さの関係は、後述する本発明の製造条件の範囲内では、他の製造因子の変動によって上下左右方向に移動するが、曲線自体には大きな変化はないこともわかった。これらの結果から、図3において、引張強さが均熱温度によってほぼ直線的に変化する730~870の温度範囲で均熱焼鈍してやれば、その他の製造因子と引張強さとの関係も単純化され、単純な一次式で表わせることが推測された。

#### 【0024】

そこで、改めて、表1に示した、引張強さと製造因子(素材のC, Mn含有量、熱間圧延後の巻取温度、連続焼鈍における均熱温度、均熱時間)との関係を重回帰分析したところ、下記の(A)式；

$$TS(MPa) = 1/5 \cdot 68 \times (T(\quad) + 2600 \times C(mass\%) + 217 \times Mn(mass\%) - 0.16 \times CT(\quad) - 0.29 \times t(秒) + 1420) \dots (A)$$

20

ここで、TS：引張強さ(MPa)、T：連続焼鈍における均熱温度( )、C：鋼素材のC含有量(mass%)、Mn：鋼素材のMn含有量(mass%)、CT：熱間圧延後の巻取温度( )、t：連続焼鈍における均熱時間(秒)が得られた。

#### 【0025】

そこで、上記(A)式に、表1に示した引張強さ以外の製造因子を代入して引張強さ(予測引張強さ)を求め、この予測引張強さと実測引張強さと対比して図2中に○印で示した。この結果から、実測した引張強さは、(A)式から求められる予測引張強さに対して3σで15MPa以内に収まっており、(A)式から引張強さを精度よく予測できることがわかった。

30

#### 【0026】

そこで、本発明は、(A)式を変形した下記の(1)式；

$$T(\quad) = a \times TS(MPa) + b \times C(mass\%) + c \times Mn(mass\%) + d \times CT(\quad) + e \times t(秒) + f \dots (1)$$

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度( )、TS：引張強さ(MPa)、C：鋼素材のC含有量(mass%)、Mn：鋼素材のMn含有量(mass%)、CT：熱間圧延後の巻取温度( )、t：連続焼鈍における均熱時間(秒)、a, b, c, d, e, f：定数

40

を、冷延鋼板の製造実績から予め求めておき、この(1)式に、目標とする引張強さと、製造因子としてC, Mn含有量の実績値、熱延巻取温度の実績値および連続焼鈍における予定均熱保持時間を代入して、連続焼鈍における均熱温度を求め、その均熱温度で連続焼鈍することで、目標とする引張強さの冷延鋼板を得ることとした。

#### 【0027】

ここで、引張強さの制御を連続焼鈍における均熱保持時間でなく、均熱温度で行うこととした理由は、(A)式からわかるように、引張強さに及ぼす影響は、均熱温度の方が均熱保持時間より大きく、強度制御に適していること、また、均熱保持時間は連続焼鈍設備の均熱帯の長さ(設備によって一定)と通板速度によって決まるが、通板速度の変更は、均熱保持時間のみならず、加熱速度や冷却速度、過時効時間にも影響するため、変動させ

50

るのは好ましくないからである。

【0028】

なお、後述する、本発明に対して好ましい鋼成分および製造条件で製造される440MPa級の冷延鋼板の場合には、上記(1)式として、下記の(2)式；

$$T(\quad) = 5.68 \times TS(\text{MPa}) - 2600 \times C(\text{mass}\%) - 217 \times Mn(\text{mass}\%) + 0.16 \times CT(\quad) + 0.29 \times t(\text{秒}) - 1420 \quad \dots (2)$$

ここで、T：連続焼鈍における均熱温度( )、TS：引張強さ(MPa)、C：鋼素材のC含有量(mass%)、Mn：鋼素材のMn含有量(mass%)、CT：熱間圧延後の巻取温度( )、t：連続焼鈍における均熱時間(秒)

を用いることができる。

10

【0029】

また、表1に示した以外の440MPa級冷延鋼板についても同様の調査を行った結果、上記(1)式や(2)式に示した関係式は、後述する鋼成分および製造条件で製造する場合には、板厚が0.6~2.7mm、板幅が700~1650mmの範囲の冷延鋼板に適用可能であることを確認している。

【0030】

次に、本発明が対象とする440MPa級冷延鋼板の成分組成について説明する。

本発明における440MPa級の冷延鋼板は、C、Mn以外の合金元素を特に含有しないものであるが、好ましくは、下記の成分組成を有することが好ましい。

C：0.08~0.20mass%

20

Cは、固溶強化およびパーライト組織強化(フェライト+Fe<sub>3</sub>C)によって鋼を高強度化するのに有効な元素である。しかし、Cが0.08mass%未満では、上記高強度化効果が十分に得られず、440MPa級の強度を確保できないおそれがある。一方、Cが0.20mass%を超えると、引張強さや降伏応力が顕著に上昇するだけでなく、溶接性を害するようになる。よって、Cは0.08~0.20mass%の範囲とする。

【0031】

Mn：0.65~1.50mass%

Mnは、鋼の固溶強化元素として添加される元素である。しかし、0.65mass%未満の添加では、上記強度上昇効果が十分ではなく、一方、1.50mass%を超える添加は、引張強さや降伏応力が顕著に上昇し、440MPa級に必要な強度を上回るようになる。よって、Mnは0.65~1.50mass%の範囲とする。

30

【0032】

本発明の冷延鋼板は、上記C、Mnの他に含まれるSi、P、S、AlおよびNは、以下の範囲であることが好ましい。

Si：0.03mass%以下

Siは、脱酸元素として、また、鋼を固溶強化する元素として添加される元素であるが、0.03mass%を超える添加は、スケール性の表面欠陥を発生するおそれがある。よって、本発明では、Siは0.03mass%以下とするのが好ましい。

【0033】

P：0.025mass%以下

Pは、鋼を固溶強化する元素であるが、多量に含有すると二次加工脆性を引き起こすおそれがある。よって、本発明では0.025mass%以下とするのが好ましい。

40

【0034】

S：0.010mass%以下

Sは、強度に及ぼす影響は小さいが、硫化物系介在物を形成し、伸びフランジ性や耐食性を害する元素である。よって、本発明では0.010mass%以下とするのが好ましい。

【0035】

Al：0.07mass%以下

Alは、鋼の脱酸元素として添加される元素である。しかし、過剰な添加は、延性の低

50

下や鋼板表面品質の低下をまねくので、 $0.07\text{ mass \%}$ 以下の範囲で添加するのが好ましい。

#### 【0036】

N： $0.0060\text{ mass \%}$ 以下

Nは、鋼中に不可避免的に混入してくる不純物であり、過剰に含有すると、延性や鋼板表面品質の低下をまねくので、 $0.0060\text{ mass \%}$ 以下に制限するのが好ましい。

#### 【0037】

上記成分以外の残部は、Feおよび不可避免的不純物であるが、本発明の効果を阻害しない範囲内であれば、その他の元素を含有してもよい。例えば、Cu： $0.2\text{ mass \%}$ 以下、Ni： $0.2\text{ mass \%}$ 以下、Cr： $0.2\text{ mass \%}$ 以下、Mo： $0.1\text{ mass \%}$ 以下、Nb： $0.02\text{ mass \%}$ 以下、Ti： $0.02\text{ mass \%}$ 以下、V： $0.05\text{ mass \%}$ 以下、B： $0.003\text{ mass \%}$ 以下、Ca： $0.005\text{ mass \%}$ 以下、Sn： $0.03\text{ mass \%}$ 以下およびSb： $0.01\text{ mass \%}$ 以下を含有してもよい。

#### 【0038】

次に、本発明の $440\text{ MPa}$ 級冷延鋼板の製造方法について説明する。

本発明の $440\text{ MPa}$ 級の冷延鋼板の製造方法は、好ましくは、上記成分組成に調整した鋼素材（スラブ）を、熱間圧延し、冷間圧延し、連続焼鈍して製造するのが好ましく、具体的には、下記の条件とするのが好ましい。なお、鋼素材（スラブ）は、連続鋳造法、造塊 - 分塊圧延法等の常法によって製造すればよく、特に制限はない。

#### 【0039】

熱間圧延条件

上記鋼スラブは、所定の温度に再加熱後、あるいは連続鋳造後、熱片状態のまま熱間圧延し、熱延鋼板とするのが好ましい。上記熱間圧延前の再加熱温度および熱間圧延温度は、常法に準じて行えばよく、特に制限はない。

ただし、熱間圧延後の巻取温度CTは $400 \sim 750$  の範囲とするのが好ましい。巻取温度が $400$  未満では、熱延板のフェライト粒が微細化し、連続焼鈍後の結晶粒も微細化するため、降伏応力や引張強さが上昇し、鋼成分によっては $440\text{ MPa}$ 級としての強度範囲を超えるおそれがある。一方、 $750$  を超えると、セメントライトが凝集し、熱延板のフェライト粒が粗大化するため、連続焼鈍後の結晶粒も粗大化し、引張強さが低下して本発明が目的とする $440\text{ MPa}$ 級の強度を確保できないおそれがあるからである。

#### 【0040】

連続焼鈍条件

<均熱焼鈍>

上記熱間圧延後の鋼板は、その後、酸洗して脱スケール後、通常公知の範囲の圧下率で冷間圧延して冷延板とし、その後、図1に示したような、加熱帯、均熱帯および冷却帯、あるいはさらに過時効帯を有する連続焼鈍設備で連続焼鈍して、所望の鋼板組織と強度を有する製品板とする。

ここで、上記連続焼鈍条件は、均熱温度を $730 \sim 870$  、均熱保持時間を $100 \sim 600$  秒の範囲として均熱焼鈍するのが好ましい。

均熱温度が、 $730$  未満では、再結晶が完全に完了しないおそれがあり、また、 $\text{Fe}_3\text{C}$ の再固溶が十分ではないため、均熱焼鈍後の冷却過程で析出する微細析出物が不足し、目標とする引張強さを確保することが難しくなる。また、図3に示したように、均熱温度と引張強さの関係が直線から外れてくるため、上記(1)式や(2)式が成り立たなくなるおそれがある。一方、均熱温度が $870$  を超えると、フェライト粒が粗大化し、やはり、図3に示したように、均熱温度と引張強さの関係が直線から外れてくるので、上記(1)式や(2)式が成り立たなくなるおそれがある。

また、均熱保持時間が、 $100$  秒未満では、 $\text{Fe}_3\text{C}$ の再固溶が十分ではないため、均熱焼鈍後の冷却過程で析出する微細析出物( $\text{Fe}_3\text{C}$ )が不足し、目標とする引張強さを確保することが難しくなったり、均熱温度が低い場合には再結晶が完全に完了しないおそれがある。一方、 $600$  秒を超えると、結晶粒が粗大化して目標強度を確保できなくなっ

10

20

30

40

50

たり、通板速度を大きく低下させることになるため、生産性が著しく低下するおそれがある。

#### 【0041】

##### <均熱焼鈍後の冷却>

均熱焼鈍後の鋼板は、その後、600～300 の範囲までを平均冷却速度5～50 /秒で冷却し、過時効処理を施した後、室温まで冷却するのが好ましい。ここで、上記600～300 までの平均冷却速度が5～50 /秒の範囲とは、ロール冷却やガスジェット冷却による冷却速度範囲に対応する。

上記冷却速度が5 /秒未満では、冷却に長時間を要するため、生産性が低下するおそれがある。一方、冷却速度が50 /秒を超えると、パーライトが析出する時間を十分に確保できなくなったり、成分によってはベイナイトやマルテンサイト等が生成したりするため、上記(1)式や(2)式が成り立たなくなるおそれがある。また、強力な冷却設備が必要となるため設備費が嵩むという問題もある。また、安定してパーライトを生成させるため、均熱後、600～300 までを、上記冷却速度で冷却するのが好ましい。

#### 【0042】

##### <過時効処理>

上記冷却に続いて、過時効処理を施してもよい。この過時効処理は、500～200 の温度で100～1000秒間の範囲で行えば、特に生産性を阻害することはない。

なお、過時効処理終了後の鋼板は、室温まで冷却するが、このときの冷却速度は特に制限はなく、急速冷却してもよい。

#### 【0043】

上記連続焼鈍後の鋼板は、その後、常法に準じて調質圧延あるいはさらにレベラー処理等を施して製品(冷延鋼板)とすることが好ましい。

#### 【実施例】

#### 【0044】

C:0.08～0.20mass%、Mn:0.65～1.50mass%を含有し、その他の元素として、Si:0.03mass%以下、P:0.025mass%以下、S:0.010mass%以下、Al:0.07mass%以下、N:0.0060mass%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなる成分組成を有する鋼素材(スラブ)を熱間圧延し、750～400 の温度でコイルに巻き取り、その後、酸洗し、冷間圧延して板厚が0.6～2.7mm、板幅が700～1650mmの冷延板とした後、この冷延板を加熱帯、均熱帯、冷却帯および過時効帯を有する連続焼鈍設備を用いて連続焼鈍し、440MPa級の冷延鋼板を製造した。

#### 【0045】

なお、上記連続焼鈍においては、下記(2)式；

$$T(\quad) = 5.68 \times TS(\text{MPa}) - 2600 \times C(\text{mass}\%) - 217 \times Mn(\text{mass}\%) + 0.16 \times CT(\quad) + 0.29 \times t(\text{秒}) - 1420 \quad \cdots (2)$$

ここで、T:連続焼鈍における均熱温度( )、TS:引張強さ(MPa)、C:鋼素材のC含有量(mass%)、Mn:鋼素材のMn含有量(mass%)、CT:熱間圧延後の巻取温度( )、t:連続焼鈍における均熱時間(秒)

に、個々の冷延板の目標引張強さ、鋼素材のC、Mn含有量の実績値、熱延巻取温度の実績値および連続焼鈍における予定均熱時間を入力して、連続焼鈍における設定均熱温度を算出し、その均熱温度、均熱保持時間で均熱焼鈍した後、600～300 までの範囲を平均冷却速度5～50 /秒で冷却し、その後、500～200 の温度で100～1000秒間の過時効処理を施し、室温まで急冷し、伸長率0.5～2.0%の調質圧延を施して製品板(冷延鋼板)とした。

#### 【0046】

上記冷延鋼板から、圧延直角方向を引張方向とするJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z2241(1998)に準じて引張試験を行い、引張強さTSおよび全伸びE1を測定した。

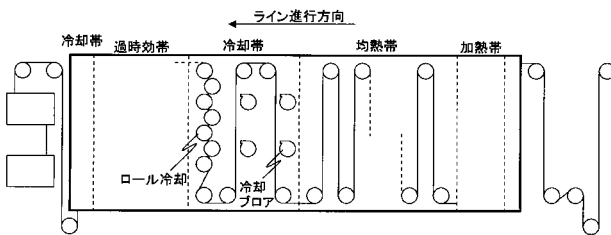
図4は、引張強さの目標値が異なる2種類の440MPa級冷延鋼板の引張強さの実測値の分布を、上記本発明の方法を適用する以前のもものと対比して示したものである。この図から、従来の方法では、目標とする引張強さ(455MPa)に対して実測引張強さは3 $\sigma$ で29.3MPaで変動しているが、本発明の製造方法を適用することにより、素材冷延板の板厚や板幅の大きく変動しているにも拘わらず、目標とする引張強さに対する変動幅を3 $\sigma$ で15MPa以内に収めることができていることがわかる。

【0047】

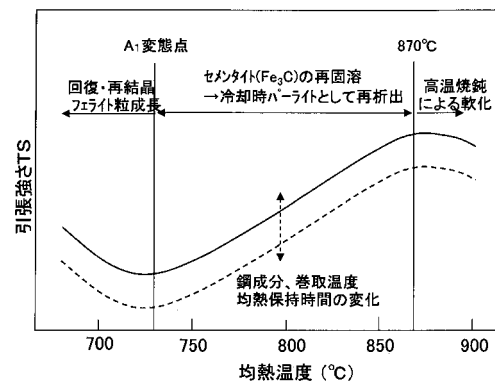
また、図5は、引張強さの目標値が異なる2種類の440MPa級冷延鋼板の全伸びの実測値の分布を、上記本発明の方法を適用する以前のもものと対比して示したものである。この図から、従来の方法では、目標とする引張強さ(455MPa)に対して実測伸びの3 $\sigma$ は4.8%で変動しているが、本発明の製造方法を適用することにより、伸びの変動幅が3 $\sigma$ で3.7%以下に収まっており、引張強さの変動だけでなく、伸びの変動も抑制できていることがわかる。

10

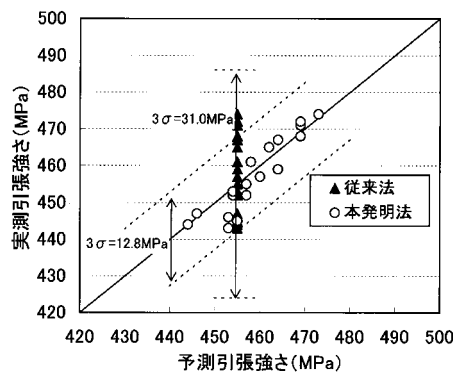
【図1】



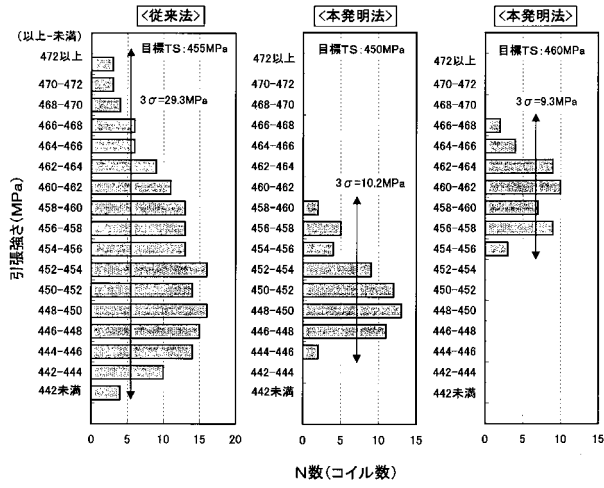
【図3】



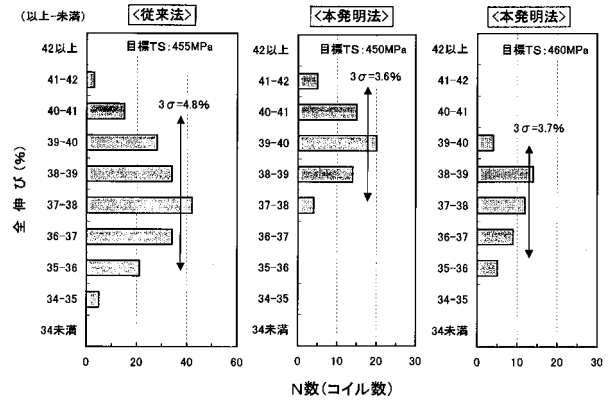
【図2】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 健太郎

東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社内

Fターム(参考) 4K037 EA01 EA05 EA06 EA15 EA18 EA23 EA25 EA27 EB05 EB08  
EC01 FE01 FE02 FE03 FH01 FJ05 FJ06 FK02 FK03 FL01  
FL02 FM02 JA01