

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3550521号
(P3550521)

(45) 発行日 平成16年8月4日(2004.8.4)

(24) 登録日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 2 1 B 45/02
B 2 1 B 43/00

B 2 1 B 45/02 3 2 0 M
B 2 1 B 43/00 A

請求項の数 3 (全 12 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平11-371380 | (73) 特許権者 | 000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2 6号 |
| (22) 出願日 | 平成11年12月27日(1999.12.27) | (74) 代理人 | 100061745 弁理士 安田 敏雄 |
| (65) 公開番号 | 特開2001-179325(P2001-179325A) | (72) 発明者 | 島 英雄 兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所 内 |
| (43) 公開日 | 平成13年7月3日(2001.7.3) | (72) 発明者 | 外山 雅雄 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会 社神戸製鋼所 神戸製鉄所内 |
| 審査請求日 | 平成14年9月20日(2002.9.20) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱間圧延線材の徐冷方法及び製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱間圧延後の線材をコイル状に形成してコンベア上に載置して冷却させる工程において、以下の式(1)~(4)を満足するようにコンベア上のコイルの線径とリングピッチ、徐冷カバーの温度を調節することを特徴とする熱間圧延線材の徐冷方法。

【数1】

$$g(D_i, TS) > f_c(\phi, RP, T_{cov}) \dots (1)$$

ただし、

【数2】

$$g(D_i, TS) = (4.99 \times 10^{-4}) \left(0.0097 - \frac{1}{D_i}\right) (TS^2 - 2300TS + 1.1 \times 10^6) \dots (2)$$

【数3】

$$f_c(\phi, RP, T_{cov}) = (5.63E-13) \left(0.22 - \frac{1}{\phi}\right) (\sqrt{RP} - 2.10) (1.60 \times 10^{12} - T^4_{cov}) \dots (3)$$

【数4】

$$D_i = 15.07 \sqrt{C \exp(-0.08 \gamma GS)} (1 + 0.7 Si) (1 + 3.33 Mn) (1 + 2.91 Cr) (1 + 2.9 Mo) (1 + 0.9 Ni) (1 + 1.5 (0.9 - C) x) \dots (4)$$

10

xはBを含有する場合は1、しない場合は0、各元素単位は重量%

TS：製品の引っ張り強度(MPa)、 ϕ ：線径(mm)、RP：コンベア上のコイルのリングピッチ(mm)

T_{cov}：コンベアの徐冷カバーのコイル側表面温度()

【請求項2】

熱間圧延後の線材をコイル状に形成してコンベア上に載置して冷却させる工程において、以下の式(5)(6)を満足するようにコンベア上のコイルの線径とリングピッチ、徐冷カバーの温度を調節することを特徴とする請求項1に記載の熱間圧延線材の徐冷方法。

20

【数5】

$$f_d(\phi, RP, T_{cov}) > 0.05 \dots (5)$$

ただし、

【数6】

$$f_d(\phi, RP, T_{cov}) = -1.29 \times 10^{-12} \left(0.20 - \frac{1}{\phi}\right) (\sqrt{RP} - 1.328) (8.26E11 - T^4) \dots (6)$$

30

【請求項3】

重量%で、C：0.25～0.5%、Si：0.5%以下(0%を含まない)、Mn：0.2～2.0%、さらにCr：2.0%以下(0%を含まない)、Mo：1.0%以下(0%を含まない)、Ni：3%以下(0%を含まない)、B：0.01%以下(0%を含まない)、Nb：0.001～0.1%、Ti：0.001～0.1%、v：0.001～0.5%の1種または2種以上、不可避不純物および鉄からなる組成を有する鋼線材を対象とする請求項1または2に記載の徐冷方法による熱間圧延線材の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱間圧延線材の徐冷方法に関するものであり、より詳細には、炭素鋼、強靱鋼、ボロン鋼などの熱間圧延後の冷却コンベア上のコイルの冷却速度を、線材の成分、徐冷開始時のオーステナイト粒径、線径、リングピッチ、徐冷カバーの温度を制御することによって、直接軟質化を可能にする製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

熱間圧延後のコイルを徐冷することによって直接軟質化するために、冷却コンベア上に徐

50

冷カバーをかける、コイルを層厚にするなどは一般的に行われている。しかし、単にこれらの方法で徐冷しただけでは、十分に冷却速度が遅くならず、望み通りの軟質化はできなかった。

特公昭56-28973では、コイルの周囲に輻射制御帯を設置し、コイルに輻射熱を与えて徐冷を実現して軟質化している。しかし、設備が非常に大掛かりで、コストが高くなってしまいう問題点があった。また、目標強度によっては必要以上に遅い徐冷速度になってしまい、熱エネルギーが無駄になるだけでなく、処理時間が長いために生産性も悪くなる欠点があった。

【0003】

そこで、本出願人は特開平10-192948号公報で開示した熱間圧延線材の徐冷方法および徐冷装置を提案した。 10

すなわち、「熱間圧延後の線材を層厚コイルに形成しつつコンベア上に載置し、加熱ヒータを有する徐冷カバーの包囲環境に前記コンベアを介して層厚コイルを通過させて徐冷する方法において、

コンベアの長手方向の複数箇所でコンベア上の層厚コイルにおける線材疎部の温度を計測し、該計測値とコンベア移送速度とから実際の冷却速度を算出し、この実際の冷却速度と目標冷却速度とを対比し、その偏差に基づいて加熱ヒータの出力をコンベア長手方向で制御することを特徴とする熱間圧延線材の徐冷方法。」および「熱間圧延された線材の層厚コイルとして載置移送するコンベアと、加熱ヒータを有して前記層厚コイルの移送経路を包囲する徐冷カバーと、を備え、熱間圧延された線材を引き続き冷却する装置において、 20

コンベア上の層厚コイルにおける線材疎部に相対する上部内面に備えている加熱ヒータをコンベアの長手方向で個別に温度制御可能として設置し、コンベア上の層厚コイルにおける線材疎部の温度を計測する測温計をコンベアの長手方向の複数箇所に設け、該測温計による計測値とコンベア移送速度とから実際の冷却速度を算出する第1処理部と、この第1処理部による実際の冷却速度と目標冷却速度とを対比する第2処理部と、この第2処理部による偏差に基づいて加熱ヒータの出力をコンベア長手方向で制御する第3処理部と、を備えていることを特徴とする熱間圧延線材の徐冷装置。」を提案した。

【0004】

しかしながら、これら従来例においては、軟質化に必要な条件すなわち、圧延材の引っ張り強度、徐冷開始前のオーステナイト粒度番号と、750 から650 の間の平均冷却速度の関係を考慮したものではなかった。 30

本発明は、こうした状況のもとでなされたものであり、本発明者等は、軟質化に必要な条件を鋭意検討した結果、圧延材の引っ張り強度、徐冷開始前のオーステナイト粒度番号と、750 から650 の間の平均冷却速度の関係を見出すことによって、鋼線材の熱間圧延において、必要な強度の軟化線材をインライン（オンライン）で、効率的に製造するための有効な製造方法（徐冷方法）を提供することが目的である。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項1に係る本発明の熱間圧延機材の徐冷方法は、熱間圧延後の線材をコイル状に形成してコンベア上に載置して冷却させる工程において、以下の式(1)~(4)を満足するようにコンベア上のコイルの線径とリングピッチ、徐冷カバーの温度を調節することを特徴とするものである。 40

【0006】

【数7】

$$g(D_i, TS) > f_c(\phi, RP, T_{cov}) \dots (1)$$

【0007】

ただし、

【0008】

【数8】

$$g(D_i, TS) = (4.99 \times 10^{-4}) \left(0.0097 - \frac{1}{D_i}\right) \\ (TS^2 - 2300TS + 1.1 \times 10^6) \dots (2)$$

【0009】

【数9】

$$f_c(\phi, RP, T_{cov}) = (5.63E-13) \left(0.22 - \frac{1}{\phi}\right) \\ (\sqrt{RP} - 2.10) (1.60 \times 10^{12} - T^4_{cov}) \dots (3)$$

10

【0010】

【数10】

$$D_i = 15.07 \sqrt{C \exp(-0.08 \gamma GS)} (1 + 0.7Si) \\ (1 + 3.33Mn) (1 + 2.91Cr) (1 + 2.9Mo) \\ (1 + 0.9Ni) (1 + 1.5(0.9 - C)x) \dots (4)$$

20

【0011】

xはBを含有する場合は1、しない場合は0、各元素単位は重量%

TS：製品の引っ張り強度(MPa)、 ϕ ：線径(mm)、RP：コンベア上のコイルのリングピッチ(mm)

T_{cov}：コンベアの徐冷カバーのコイル側表面温度()

請求項2に係る本発明の徐冷方法は、請求項1に加えて、以下の式(5)(6)を満足するようにコンベア上のコイルの線径とリングピッチ、徐冷カバーの温度を調節することを特徴とするものである。

30

【0012】

【数11】

$$f_d(\phi, RP, T_{cov}) > 0.05 \dots (5)$$

【0013】

ただし、

【0014】

【数12】

$$f_d(\phi, RP, T_{cov}) = -1.29 \times 10^{-12} \left(0.20 - \frac{1}{\phi}\right) \\ (\sqrt{RP} - 1.328) (8.26E11 - T^4) \dots (6)$$

40

【0015】

更に、請求項1又は2による請求項3に係る本発明の製造方法は、重量%で、C：0.25～0.5%、Si：0.5%以下(0%を含まない)、Mn：0.2～2.0、さらにCr：2.0%以下(0%を含まない)、Mo：1.0%以下(0%を含まない)、Ni：3%以下(0%を含まない)、B：0.01%以下(0%を含まない)、Nb：0.00

50

1 ~ 0.1%、Ti : 0.001 ~ 0.1%、v : 0.001 ~ 0.5%の1種または2種以上、不可避不純物および鉄からなる組成を有する鋼線材を対象とするものである。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明者等は、軟質化に必要な条件を鋭意検討した結果、圧延材の引っ張り強度(TS)、徐冷開始前のオーステナイト粒度番号(GS)と、750 から650 の間の平均冷却速度CRが次の関係で表されることを見出した。

すなわち、

$$CR = g(Di, TS)$$

ただし、

【0017】

【数13】

$$g(Di, TS) = (4.99 \times 10^{-4}) \left(0.0097 - \frac{1}{Di}\right) (TS^2 - 2300TS + 1.1 \times 10^6) \dots (2)$$

【0018】

【数14】

$$Di = 15.07 \sqrt{Cexp(-0.08 \gamma GS)(1 + 0.7Si)(1 + 3.33Mn)(1 + 2.91Cr)(1 + 2.9Mo)(1 + 0.9Ni)(1 + 1.5(0.9 - C)x)} \dots (4)$$

【0019】

xはBを含有する場合は1、しない場合は0、各元素単位は重量%である。

これは種々の鋼種を用い、熱間加工再現試験装置によって以下の実験により見出した結果である。この装置は、8 x 12 mmの円筒状に加工した試料を油圧パンチの間に挟み、高周波加熱装置によって温度制御できるようにしたものである。任意の温度、圧下率で熱間加工を行い、任意の冷却速度を制御できる。実験は(図1)の試験パターンで加工・徐冷し、試験後の試料にピッカース硬さを測定した。ピッカース硬さHvから、TSへは、 $TS(MPa) = 3.6Hv$ により換算して上式を得た。

【0020】

軟質化線材として必要な引っ張り強度TSに対し、圧延後の徐冷速度をこの式で求められるCR以下にすれば良い。いたずらに徐冷速度を落として、処理時間を長くする必要はない。750 から650 の間の平均冷却速度としたのは、徐冷中のオーステナイトからフェライト+パーライトへの変態が主にこの温度域でおこり、軟質化のために最も影響がある温度域だからである。

一方、徐冷コンベア上でのコイルの冷却速度を詳細に調べたところ、線径、リングピッチRP、徐冷カバーのコイル側表面温度Tcovと徐冷速度の間に、次の関係がある事を見出した。

コイル疎部：

【0021】

【数15】

$$fc(\phi, RP, Tcov) = (5.63E-13) \left(0.22 - \frac{1}{\phi}\right) (\sqrt{RP} - 2.10) (1.60 \times 10^{12} - T^4 cov) \dots (3)$$

10

20

30

40

50

【0022】

コイル密部：

【0023】

【数16】

$$f d (\phi, R P, T c o v) = -1.29 \times 10^{-12} \left(0.20 - \frac{1}{\phi}\right) (\sqrt{R P} - 1.328) (8.26 E 11 - T^4) \dots (6)$$

10

【0024】

T c o v は、特別の加熱装置を用いる事なく、コイルから輻射熱で高温にしても、電熱線などにより加熱して高温にしてもいずれでも良い。コイルの疎部から最も徐冷速度が速く、この部分の冷却速度を上式のCR以下にすれば、必要なTSが得られる事が判明し、以下の式を満足するように徐冷すれば良い事を見出した。

$$C R > f c (\phi, R P, T c o v)$$

ところが、この条件で徐冷を行うとコイル密部の徐冷速度が極度に遅くなるために、処理時間が非常に長くなって生産効率を落としてしまう場合がある。コイル密部の冷却速度を詳細に検討した結果、以下の式を満足するようにすれば良い事を見出した。

【0025】

20

【数17】

$$f d (\phi, R P, T c o v) > 0.05 \dots (5)$$

【0026】

但し、fdは750 から700 におけるコイル密部の徐冷速度である。

コイル密部の場合、徐冷速度の速い疎部に比べてより高い温度でフェライト+パーライト変態が起こるため、軟質化のために重要な温度域はより高温側にあり、750 から700 の範囲である。徐冷速度が0.05 /sを下回ると、この50 の温度域を徐冷するために必要な時間が1000秒を超えるようになり、処理時間が非常に長くなる。このためには徐冷コンベアの長さを非常に長くする必要があり、現実的には実現不可能である。

30

【0027】

本発明は、軟質化が必要な鋼種に関して広く適用できるが、以下の成分の場合にも効果が期待できる。

C：0.25～0.5%

Cは強制付与元素であり、0.25%以下では最終的に使用されるときに十分な強度が得られない。0.5%を超えると、韌性が劣化するためにこれを上限とする。

Si：0.5%以下(0%を含まない)

Siは脱酸材として添加されるが、多量に添加すると部品形状に成形する冷間加工の段階での加工性が悪化するため、上限を0.5%とする。

40

Mn：0.2～2.0

Mnは脱酸、脱硫材および焼き入れ性向上元素として添加されるが、その効果を発揮させるためには0.2%以上の添加が必要である。しかし、添加量が過剰になると固溶強化のために冷間加工性や韌性の悪化を招くため、上限を2.0%とする。

【0028】

本発明の鋼線材における基本的な化学成分は上記の通りであり、残部は不可避不純物からなる。必要によってCr、Mo、Ni、B、Nb、Ti、Vを添加することも有効である。

50

Cr : 2.0%以下(0を含まない)

Mo : 1.0%以下(0を含まない)

Ni : 3%以下(0を含まない)

B : 0.01%以下(0を含まない)

これらは焼き入れ性確保に有効であるが、過剰に含有させると冷間鍛造性や靱性を劣化させるので上限をそれぞれ2.0、1.0、3.0、0.01%とする必要がある。なお、これらの元素の上記効果は上記範囲内でその含有量を増加させるとともに大きくなるが、上記効果を発揮させるためには、Cr : 0.1%以上、Mo : 0.005%以上、Ni : 0.1%以上、B : 0.0005%以上が望ましい。

Nb : 0.001 ~ 0.1%

Ti : 0.001% ~ 0.1%

V : 0.001 ~ 0.5%

これらは、最終製品の強度を析出強化によってアップさせるとともに、圧延中のオーステナイトの再結晶・粒成長を抑制することにより、徐冷開始前のオーステナイトの微細化し、軟質化に必要な徐冷速度をアップさせる効果を持つ。しかし、添加量が0.001%以下ではこれらの効果が得られず、冷間加圧性や靱性を悪化させるためにNb、Ti、Vそれぞれ0.1、0.1、0.5%を上限とする。

【0029】

なお、これらの成分以外にも本発明の鋼線材にはその特性を阻害しない範囲の微量成分も含みうるものであり、こうした鋼線材も本発明の技術的範囲に含まれるものである。

以下、本発明を実施例によってさらに詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に特徴して設計変更することはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【0030】

【実施例】

下記の実施例に示す実験(No.1 ~ No.13)を行った。

この実験の鋼種を表1に示す。

【0031】

【表1】

10

20

| 類No. | 材料番号 | 化学組成成分 (質量%) | | | | | | | | | | | | | | Ti | V | 徐冷速度 | Di 値 | HV硬度 | TS強度 | CI強度 |
|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------|----|----|----|----|--------|--------|----|----|------|------|------|------|--------|------|
| | | C | Si | Mn | Cr | Mo | Ni | B | Nb | As | Sb | Sn | P | Se | Te | | | | | | | |
| 1 | A | 0.37 | 0.35 | 0.65 | 0.20 | | | | | | | | | | | | 8.7 | 52.5 | 190 | 685 | 0.239 | |
| 2 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | | | | 9.1 | 56.3 | 223 | 802 | 0.674 | |
| 3 | C | 0.38 | 0.12 | 0.82 | 0.98 | 0.05 | 1.05 | | | | | | | | | | 11.9 | 91 | 230 | 850 | 0.251 | |
| 4 | D | 0.44 | 0.20 | 1.54 | 1.01 | | | 0.0018 | | | | | | | | | 11.4 | 156 | 246 | 885 | -0.196 | |
| 5 | E | 0.27 | 0.16 | 1.15 | 0.25 | | | | | | | | 0.0117 | | | | 11.1 | 23.7 | 209 | 752 | 1.684 | |
| 6 | F | 0.40 | 0.16 | 1.17 | 0.65 | 0.25 | | | | | | | 0.0295 | | | | 8.9 | 101 | 254 | 915 | 0.168 | |
| 7 | G | 0.45 | 0.07 | 0.91 | 0.74 | 0.05 | 1.28 | | | | | | | | | | 11.8 | 97.1 | 233 | 838 | 0.180 | |
| 8 | H | 0.46 | 0.14 | 0.98 | 1.06 | 0.08 | 0.95 | | | | | | | | | | 8.5 | 173 | 277 | 998 | -0.292 | |
| 9 | I | 0.32 | 0.20 | 1.34 | 0.98 | 0.17 | 0.77 | | | | | | 0.0584 | 0.0131 | | | 10.9 | 177 | 221 | 794 | -0.157 | |
| 10 | J | 0.46 | 0.07 | 0.58 | 0.92 | 0.11 | 0.76 | | | | | | 0.0107 | | | | 8.2 | 87.8 | 229 | 825 | 0.260 | |
| 11 | K | 0.35 | 0.42 | 0.84 | 0.34 | 0.19 | 0.10 | | | | | | | | | | 8.8 | 53.7 | 225 | 810 | 0.777 | |
| 12 | L | 0.28 | 0.10 | 0.76 | 0.31 | 0.19 | 0.65 | | | | | | 0.0264 | 0.0532 | | | 11.0 | 41.9 | 218 | 784 | 1.088 | |
| 13 | M | 0.31 | 0.18 | 1.48 | 0.78 | 0.18 | 0.41 | 0.0031 | | | | | 0.0198 | | | | 11.3 | 242 | 201 | 725 | -0.111 | |

【0032】

表1の鋼種を用いて、実際の線材圧延ラインでコンペア上での徐冷速度と徐冷条件の関係を調べた。これを表2, 表3に示している。

【0033】

【表2】

| 実験No. | 化学組成成分 (質量%) | | | | | | | | | | | | | 目標TS (MPa) | γGS | Di値 | g(D, γGS) 適正徐冷 速度(1/s) |
|-------|--------------|------|------|------|------|------|------|---|----|----|---|-------|-------|---------------|------|------|------------------------------|
| | 鋼種 | C | Si | Mn | Cr | Mo | Ni | B | Nb | Ti | V | | | | | | |
| 実施例1 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 10.16 | 51.7 | 800 | 0.83 |
| 実施例2 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 10.91 | 48.7 | 800 | 0.91 |
| 実施例3 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 10.29 | 51.2 | 800 | 0.85 |
| 実施例4 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 10.57 | 50.0 | 800 | 0.88 |
| 実施例5 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 9.482 | 54.6 | 800 | 0.77 |
| 実施例6 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 11.1 | 48.0 | 800 | 0.93 |
| 実施例7 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 11.06 | 48.1 | 800 | 0.93 |
| 実施例8 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 11.01 | 48.3 | 800 | 0.92 |
| 実施例9 | E | 0.27 | 0.16 | 1.15 | 0.25 | 0.00 | | | | | | 0.012 | | 9.808 | 26.3 | 700 | 0.81 |
| 実施例10 | F | 0.40 | 0.16 | 1.17 | 0.65 | 0.25 | | | | | | 0.030 | | 9.287 | 98.0 | 1000 | 0.60 |
| 実施例11 | J | 0.46 | 0.07 | 0.58 | 0.92 | 0.11 | 0.76 | | | | | 0.011 | 0.127 | 10.72 | 71.8 | 950 | 0.73 |
| 実施例12 | K | 0.35 | 0.42 | 0.84 | 0.34 | 0.19 | 0.10 | | | | | | 0.075 | 9.374 | 51.3 | 900 | 1.19 |
| 実施例13 | L | 0.28 | 0.10 | 0.76 | 0.31 | 0.19 | 0.65 | | | | | 0.026 | 0.399 | 10.99 | 41.9 | 800 | 1.12 |
| 比較例1 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 10.4 | 50.7 | 800 | 0.86 |
| 比較例2 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 9.7 | 53.7 | 800 | 0.79 |
| 比較例3 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 11 | 48.3 | 800 | 0.92 |
| 比較例4 | B | 0.35 | 0.15 | 0.65 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | | 11.04 | 48.2 | 800 | 0.92 |

【 0 0 3 4 】

【 表 3 】

10

20

30

40

| 実験No. | コイル疎部・徐冷速度 (°C/s) | | コイル密部・徐冷速度 (°C/s) | | 線径 (mm) | リングピッチ (mm) | 徐冷カバー温度 (°C) | 仕上圧延温度 (°C) | 徐冷開始温度 (°C) | TS測定値 (MPa) | 評価 |
|-------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----|
| | 実測値 | fc (φ, RP, Tcov) 計算値 | 実測値 | fd (φ, RP, Tcov) 計算値 | | | | | | | |
| 実施例1 | 0.84 | 0.83 | 0.07 | 0.06 | 7.5 | 10.0 | 795 | 1002 | 753 | 756 | ○ |
| 実施例2 | 0.78 | 0.76 | 0.07 | 0.08 | 8.0 | 9.5 | 784 | 888 | 757 | 783 | ○ |
| 実施例3 | 0.68 | 0.70 | 0.24 | 0.27 | 8.0 | 3.5 | 650 | 987 | 726 | 792 | ○ |
| 実施例4 | 0.72 | 0.75 | 0.37 | 0.35 | 8.0 | 4.5 | 625 | 950 | 731 | 797 | ○ |
| 実施例5 | 0.78 | 0.66 | 0.11 | 0.10 | 8.0 | 4.9 | 749 | 1067 | 733 | 734 | ○ |
| 実施例6 | 0.85 | 0.75 | 0.23 | 0.20 | 8.0 | 7.0 | 728 | 787 | 751 | 771 | ○ |
| 実施例7 | 0.68 | 0.71 | 0.32 | 0.33 | 13.0 | 32.0 | 677 | 835 | 729 | 726 | ○ |
| 実施例8 | 0.68 | 0.78 | 0.39 | 0.45 | 15.0 | 45.0 | 489 | 857 | 730 | 741 | ○ |
| 実施例9 | 0.67 | 0.57 | 0.06 | 0.05 | 8.0 | 2.5 | 740 | 1038 | 734 | 698 | ○ |
| 実施例10 | 0.53 | 0.56 | 0.13 | 0.15 | 8.0 | 1.0 | 650 | 1083 | 736 | 934 | ○ |
| 実施例11 | 0.72 | 0.74 | 0.17 | 0.20 | 8.0 | 6.5 | 725 | 927 | 755 | 906 | ○ |
| 実施例12 | 1.01 | 0.87 | 0.50 | 0.56 | 8.0 | 5.8 | 482 | 1076 | 767 | 822 | ○ |
| 実施例13 | 0.68 | 0.81 | 0.49 | 0.41 | 8.0 | 5.9 | 614 | 866 | 773 | 756 | ○ |
| 比較例1 | 0.87 | 1.04 | 0.40 | 0.42 | 8.0 | 20.0 | 725 | 973 | 767 | 845 | × |
| 比較例2 | 0.83 | 0.98 | 0.59 | 0.69 | 8.0 | 9.5 | 445 | 1048 | 751 | 757 | × |
| 比較例3 | 0.73 | 0.63 | 0.01 | 0.01 | 8.0 | 5.0 | 780 | 860 | 732 | 752 | × |
| 比較例4 | 0.70 | 0.67 | 0.04 | 0.03 | 8.0 | 6.4 | 781 | 845 | 739 | 784 | × |

10

20

30

【0035】

各鋼種に対し、軟質化の目標TSをおくと、GSと目標TSから、適正徐冷速度 $g(D_i, TS)$ が求まる。コンペア上のコイル疎部・密部の各冷却速度 $f_c(φ, RP, Tcov)$ 、 $f_d(φ, RP, Tcov)$ が、 $g(D_i, TS) > f_c(φ, RP, Tcov)$ 、かつ $f_d(φ, RP, Tcov) > 0.05$ となるように線径、リングピッチRP、徐冷カバー温度Tcovを調整した場合が実施例1~13である。リングピッチは、圧延線材、コンペア速度で調整した。徐冷カバーは、電熱線のヒーターが組み込まれたカバーを使用し、温度を調節した。 f_c 、 f_d の実際の値は、サーモビュア(JEOL製JTG-6100型)を用いてコイル温度を測定して求めた。線材TSは、圧延コイルの長手方向中央付近から、5巻をサンプル採取し、リングを16等分して引っ張り試験を行い、その最大値を求めた。軟質化の場合、TSの平均値よりも最高値が問題になるためである。

40

【0036】

実施例ではいずれも、 f_c 、 f_d いずれも計算値と実測値が良く一致し、TS測定値も目

50

標値以下になっている。一方、比較例 1、2 はいずれも $g < f_c$ となるような徐冷条件に意図的に設定した例で、いずれも測定 T_S が目標 T_S を上回っている。比較例 3、4 は、 $f_d < 0.05$ となるような徐冷条件に設定した例であり、 $g < f_c$ となるために測定 T_S は目標 T_S 以下になるが、密部徐冷速度が実測値でも $f_d < 0.05$ となっており、非常に遅く、効率が悪い。

【0037】

【発明の効果】

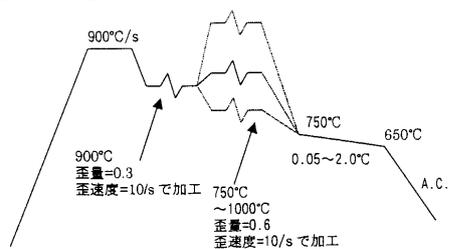
以上のように構成された本発明によれば、鋼線材の熱間圧延において、必要な強度の軟化線材をインライン（オンライン）で、効率的に製造する製造方法を実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】試験パターンを示す図である。

10

【図 1】



フロントページの続き

(72)発明者 富山 浩行

兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所 神戸製鉄所内

(72)発明者 家口 浩

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

審査官 小柳 健悟

(56)参考文献 特開昭59-016927(JP,A)

特開平11-010217(JP,A)

特開平10-192948(JP,A)

特開平06-190420(JP,A)

特開平06-226326(JP,A)

特開平08-197129(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B21B 45/02

B21B 43/00

C21D 9/52

C21D 9/573