

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3661434号

(P3661434)

(45) 発行日 平成17年6月15日(2005.6.15)

(24) 登録日 平成17年4月1日(2005.4.1)

(51) Int.Cl.⁷

F I

B 2 1 B 45/02

B 2 1 B 45/02

3 2 O S

C 2 1 D 1/00

C 2 1 D 1/00

1 1 8 Z

C 2 1 D 9/00

C 2 1 D 9/00

1 O 1 W

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-253768
 (22) 出願日 平成10年9月8日(1998.9.8)
 (65) 公開番号 特開2000-84612(P2000-84612A)
 (43) 公開日 平成12年3月28日(2000.3.28)
 審査請求日 平成15年11月25日(2003.11.25)

(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 100083839
 弁理士 石川 泰男
 (72) 発明者 木部 洋
 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
 日本鋼管株式会社内
 (72) 発明者 藤林 晃夫
 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
 日本鋼管株式会社内
 (72) 発明者 堀江 正之
 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
 日本鋼管株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱間圧延鋼板の制御冷却方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱間圧延鋼板の制御冷却方法において、冷却を途中で一旦停止し、次いで、熱間矯正し、次いで、再び前記冷却の冷却速度と同一の冷却速度で冷却することを特徴とする、熱間圧延鋼板の制御冷却方法。

【請求項 2】

熱間矯正するときの鋼板温度が $A r_3 - 150$ 以上 $A r_3 - 20$ 以下の範囲であることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

熱間矯正するときの鋼板の変態率が 5 % 以上 75 % 以下の範囲であることを特徴とする 10
 請求項 1 または 2 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、熱間圧延鋼板の制御冷却方法に関するもので、特に厚鋼板の制御冷却方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、厚鋼板の製造プロセスとして、オンライン制御冷却法の適用が拡大している。これは、圧延直後の熱間鋼板をオンラインで冷却する方法で、高強度、高靱性の付与といった 20

効果の他、合金元素の低減、省熱処理などのコスト削減効果も得られる。

【0003】

しかしながら、一般に圧延後の熱間鋼板は、温度分布、板形状、表面性状等が必ずしも均一でないため、冷却中に鋼板内に冷却むらが発生しやすく、冷却後の鋼板に変形、残留応力、材質不均一等が生じ、品質不良や作業上のトラブルを招いている。そこで、鋼板の冷却むらの発生を抑えるために、これまで数多くの均一冷却方法が提案されている。

【0004】

圧延後の熱間鋼板の板形状を予め平坦にすることによって、板変形に起因する冷却むらを防止する方法として、特開昭54-124864号公報には、熱間圧延機の直後に設けられた第1のホットレベラーで鋼板を矯正後、このレベラーの直後に設けられた冷却装置で冷却を行い、更に、第2のホットレベラーで矯正して平坦な鋼板を得る技術が開示されている（以下、「先行技術1」という）。 10

【0005】

一方、冷却中に発生する温度むらを冷却中に緩和する方法として、特開昭62-289316号公報には、冷却を2段に分け、前段冷却で鋼板表面温度を100℃以上低下させ、引き続き、後段冷却で所定の温度まで冷却することにより、板幅方向の温度差を減少させる方法が開示されている（以下、「先行技術2」という）。

【0006】

また、特開平7-284836号公報には、同じく二段冷却法において、前段冷却と後段冷却との間で一旦冷却を停止し、鋼板表面温度が復熱して750～650℃になるように前段冷却を調整し、後段冷却では所望の冷却水量で冷却を行うことによって、板内温度の均一性を向上させる方法が開示されている（以下、「先行技術3」という）。 20

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、先行技術1に示される方法では、鋼板の形状によって引き起こされる冷却むらを解消することはできるが、冷却前の鋼板の温度分布、表面粗さ、スケール形状などによって発生する冷却むらを防止することはできず、仮に冷却後ホットレベラーで鋼板を平坦にしても、室温まで空冷される途中で、冷却むらに起因した変形が再び発生してしまう。

【0008】

先行技術2に示される方法では、前段冷却時に鋼板内に冷却むらや変形が発生すると、引き続き行なわれる後段冷却で、温度むらや変形は積算され、更に拡大するといった問題が発生する。 30

【0009】

また、先行技術3に示される方法では、図7に示すような、前段冷却ゾーンa、復熱ゾーンbおよび後段冷却ゾーンcを有する冷却設備において、前段冷却ゾーンで冷却した後、復熱後の鋼板表面温度を750～650℃とし、更に、後段冷却すると、復熱させないで続けて冷却した場合に比べ、温度むらは減少するが、前段冷却終了時の鋼板内の変態進行状態が必ずしも均一でないため、復熱過程で変形が発生し、それが、後段冷却時の冷却むらの原因になってしまう問題があった。図7において、1は鋼板、2はテーブルロール、3、4は冷却ノズル、5はエアノズルである。 40

【0010】

従って、本発明の目的は、これら従来の問題を解決し、冷却中に発生する温度むらや変形を低減し、冷却後に平坦度の良好な鋼板が得られる冷却方法を提供することにある。特に、前段冷却終了時の鋼板内の変態進行状態の不均一の影響を低減し、後段冷却で、均一な冷却を可能にすることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、熱間圧延鋼板の制御冷却方法において、冷却を途中で一旦停止し、次いで、熱間矯正し、次いで、再び前記冷却の冷却速度と同一の冷却速度で冷却することに特徴を有するものである。 50

【0012】

請求項2記載の発明は、熱間矯正するときの鋼板温度が $A r_3 - 150$ 以上 $A r_3 - 20$ 以下の範囲であることに特徴を有するものである。

請求項3記載の発明は、熱間矯正するときの鋼板の変態率が5%以上75%以下の範囲であることに特徴を有するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】

次に、この発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

一般に、高温鋼板を冷却すると、膜沸騰、遷移沸騰および核沸騰を通過して低温に到達するが、鋼板表面温度が遷移沸騰領域の場合、冷却開始時に温度が高い部分は、温度が低い部分に比べて熱流束が小さいため冷却が遅れるのに対し、温度が低い部分は、逆に熱流束が大きいため冷却が促進される。その結果、両者の温度差は拡大することになる。連続的に冷却を行っていく限り、遷移沸騰中にこの局所的な温度むらは積算され、拡大していき、冷却後の鋼板に、平坦度不良の他、残留応力や材質むらを生じさせることになる。

10

【0014】

これに対し、冷却を一旦停止し、鋼板を板厚および板幅の両方向に渡って復熱させると、低温部と高温部との差が減少し、再び冷却する際の鋼板の温度むらを減少させることができる。ただし、復熱過程で温度むらは減少するものの、冷却中に発生した温度むらに起因する変形が復熱中に発生する。これは、鋼板内部の変態進行状態が均一ではないため、鋼板温度と鋼の伸び計の値との関係を示す図1に示すように、変態の進行状態によって、鋼の伸び計の値が異なることから説明される。即ち、鋼板内で局所的に変態の進行状態が異なると、その部分で冷却に伴う収縮量が異なるため、冷却後変形となって現れるのである。従って、一旦冷却を停止して復熱させたとしても、前段冷却によって発生した変形によって、後段冷却時に変形に起因する冷却むらが発生し、最終的な鋼板の温度分布は不均一となってしまふ。

20

【0015】

本発明者らは、前段冷却時に発生する温度むらを復熱により減少させると同時に、前段冷却時に発生する変形を熱間矯正によって除去することによって、引き続き行なわれる後段冷却を均一に行い、最終冷却後の鋼板の温度むらを抑制し、平坦度に優れた鋼板が得られることを見出して、本発明を完成したものである。

30

【0016】

更に、本発明者らは、熱間矯正するときの鋼板温度と、冷却後の鋼板の温度むらとの関係を仔細に調査し調査したところ、熱間矯正時の鋼板温度が特定の範囲において、冷却後の鋼板の温度むらが著しく向上することを見出した。図2は、板厚25mmの鋼板を900 から20 / s の冷却速度で種々の温度まで冷却した後、熱間矯正し、更に、20 / s の冷却速度で500 まで冷却したときの、熱間矯正したときの鋼板温度と冷却後の鋼板の温度むらとの関係を示すグラフである。ここで、鋼板の温度むらは、鋼板の板幅方向の変形量の、板長に対する割合で示した。図2から、鋼板の温度むらは、鋼板温度が $A r_3$ ($A r_3$ 変態点) - 150 以上 $A r_3 - 20$ 以下の範囲で特に低減することが分かった。これは、鋼板温度が $A r_3 - 150$ 以上 $A r_3 - 20$ 以下の範囲で、復熱による温度むら低減効果と、熱間矯正による変形矯正効果とが相乗的に働き、後段の冷却時の冷却むらが低減したことによると考えられる。これに対し、鋼板平均温度が $A r_3 - 20$ より高い場合、即ち、前段冷却で変態が余り進んでいない場合は、後段冷却時に発生する変形および冷却むらが共に大きいため、最終冷却後の鋼板の温度分布が不均一になってしまうものと考えられる。また、鋼板平均温度が $A r_3 - 150$ より低い場合は、前段冷却で変態が進行しているため、後段冷却で発生する変形は小さいものの、前段冷却時に発生した温度むらが大きく、前段冷却停止後の復熱中に緩和しきれず、最終冷却後に温度むらとして残ってしまうためと考えられる。

40

【0017】

また、図3に、熱間矯正時の鋼板平均温度と変態率との関係を示す。図3から、図2で示

50

した冷却後の鋼板の温度均一性が向上する変態率の範囲が、5 % 以上 75 % 以下であることが分かる。同様の傾向は、他の鋼種、板厚、冷却速度においても認められた。

【0018】

また、本発明では、前段冷却と後段冷却との間に熱間矯正することを構成要件としているが、もちろん、必要に応じて、冷却前あるいは冷却後に熱間矯正しても良い。

【0019】

【実施例】

以下に、実施例を用いて本発明を更に詳細に説明する。

【実施例1】

図4は、この発明の実施例1に係る冷却装置の側面断面図である。冷却装置は、前段冷却装置8と後段冷却装置9とに別れ、その中間にホットレベラー7が配置されている。 10

【0020】

冷却装置は、テーブルロール2単位で分割され、上面には水切りロール6が設置されている。上面および下面の冷却方式は、共に冷却ノズル3、4によるスプレー冷却である。

【0021】

図4において、圧延機で圧延された熱間鋼板1は、テーブルロール2により搬送され制御冷却装置に運ばれる。このとき、本図では図示していないが、制御冷却装置に入る前に、更に、別のホットレベラーによって予め圧延歪みを除去すると更に良い。制御冷却装置に運ばれた鋼板1は、前段冷却装置8で冷却された後、ホットレベラー7で熱間矯正され、引き続き、後段冷却装置9で目標停止温度まで冷却される。冷却速度、冷却停止温度は、前段冷却装置8と後段冷却装置9の水量と鋼板1の搬送速度とによりコントロールされる。熱間矯正時の鋼板温度は、ホットレベラー7の前面(図4においてホットレベラー7の左側)の放射温度計によって、変態率は超音波を使った変態率計で測定した。 20

【0022】

表1に、供試材として、化学成分が重量%で、C:0.13wt.%, Si:0.35wt.%, Mn:1.35wt.%, Nb:0.01wt.%含有する鋼を、加熱炉で1150℃まで加熱した後、熱間圧延により板厚25mm、板幅3000mm、板長12000mmの鋼板とした後、種々の条件で冷却したときの、冷却後の鋼板の温度分布を調べた結果を示す。

【0023】

【表1】

30

表 1

No.	冷却 方式	前段冷却 開始温度	前段冷却 冷却速度	前段冷却後 熱間矯正	熱間矯正時の		後段冷却 停止温度	冷却後鋼板の 温度分布	備考
					鋼板温度	変態率			
1	二段冷却	800℃	10℃/s	有り	720℃	40 %	500℃	6℃	実施例
2	二段冷却	800℃	30℃/s	有り	740℃	5 %	550℃	8℃	
3	二段冷却	830℃	20℃/s	有り	600℃	75 %	450℃	8℃	
4	二段冷却	780℃	15℃/s	有り	720℃	50 %	500℃	5℃	
5	二段冷却	800℃	20℃/s	有り	630℃	50 %	500℃	5℃	
6	二段冷却	900℃	12℃/s	有り	780℃	0 %	500℃	15℃	
7	二段冷却	850℃	12℃/s	有り	550℃	80 %	500℃	15℃	
8	二段冷却	800℃	20℃/s	なし	—	—	500℃	38℃	比較例
9	連続冷却	800℃	20℃/s	—	—	—	500℃	59℃	

【 0 0 2 4 】

本発明に従って冷却を２回に分け、冷却の間に熱間矯正した場合と、熱間矯正をしなかった場合、更に、１回の冷却で目標停止温度まで冷却した場合とを比較した。ここで、冷却後の鋼板の温度分布は、鋼板面内の最高温度と最低温度との差で示した。この値が低いほど、温度むらは小さく、温度均一性が良好であることを意味する。表１から、本発明実施例１～７は、比較例８、９の連続冷却や二段冷却に比べ、冷却後の鋼板の温度分布が良好で、冷却均一性が向上していることが分かる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

[実施例 2]

図 5 は、この発明の実施例 2 に係る冷却装置の側面断面図である。ホットレベラー 7 は、冷却装置 10 の前面（図 5 において冷却装置 10 の左側）に置かれている。冷却装置 10 は、テーブルロール 2 単位で分割され、上面には水切りロール 6 が設置されている。冷却ノズル 3、4 による、上面の冷却方式はパイプラミナー、下面の冷却方式はスプレー冷却である。

【 0 0 2 6 】

圧延された熱間鋼板 1 は、ホットレベラー 7 で矯正された後、引き続き冷却装置 10 で所定の温度まで冷却される。その後、鋼板 1 はラインを逆送して冷却装置 10 を通過した後、再び熱間矯正され変形を除去した後、再び冷却装置 10 で目標とする停止温度まで冷却される。本実施例は、実施例 1 に比べ、能率は低下するが、ホットレベラー 1 台で冷却前および冷却途中の熱間矯正が可能である上、前段冷却条件と後段冷却条件とを完全に独立して設定できる。

【 0 0 2 7 】

この設備を用い、供試材として、化学成分が、C : 0 . 1 2 w t . %、Si : 0 . 3 6 w t . %、Mn : 1 . 3 0 w t . %、Nb : 0 . 0 1 2 w t . % 含有する鋼を、加熱炉で 1 1 5 0 まで加熱した後、熱間圧延により板厚 1 2 m m、板幅 4 0 0 0 m m、板長 1 8 0 0 0 m m の鋼板とした後、冷却開始温度 8 0 0、最終冷却停止温度 5 0 0 で冷却した。

【 0 0 2 8 】

本発明に従って冷却を 2 回に分け、冷却速度 3 0 / s で前段冷却後、7 0 0 で熱間矯正し、引き続き冷却速度 3 0 / s で後段冷却した場合、冷却後の鋼板の温度分布は 9 であった。

【 0 0 2 9 】

これに対し、冷却速度 3 0 / s で前段冷却後、熱間矯正をせず、そのまま、冷却速度 3 0 / s で後段冷却した場合、冷却後の鋼板の温度分布は 3 6 であった。更に、冷却速度 3 0 / s の連続冷却で 5 0 0 まで冷却した場合、冷却後の鋼板の歪量は 6 0 であった。

【 0 0 3 0 】

この結果から、本発明例は、比較例の連続冷却や二段冷却に比べ、冷却後の鋼板の温度むら小さく、冷却均一性が向上していることが分かる。

[実施例 3]

図 6 は、この発明の実施例 3 に係る冷却装置の側面断面図である。ホットレベラー 7 は、冷却装置 10 の後面（図 6 において冷却装置 10 の右側）に設置されている。冷却装置 10 はテーブルロール 2 単位で分割され、上面には水切りロール 6 が設置されている。冷却ノズル 3、4 による、上面の冷却方式はスリットラミナー、下面の冷却方式は噴水冷却である。

【 0 0 3 1 】

圧延された熱間鋼板 1 は、冷却装置 10 で所定の温度まで冷却された後、熱間矯正される。その後、鋼板 1 はラインを逆送し、再び冷却装置 10 で目標とする停止温度まで冷却される。

【 0 0 3 2 】

この設備を用い、供試材として、化学成分が、C : 0 . 1 4 w t . %、Si : 0 . 3 3 w t . %、Mn : 1 . 4 2 w t . % 含有する鋼を、加熱炉で 1 1 5 0 まで加熱した後、熱間圧延により板厚 4 0 m m、板幅 2 0 0 0 m m、板長 8 0 0 0 m m の鋼板とした後、冷却開始温度 8 0 0、最終冷却停止温度 5 0 0 で冷却した。

【 0 0 3 3 】

本発明に従って冷却を 2 回に分け、冷却速度 1 5 / s で前段冷却後、6 8 0 で熱間矯正し、引き続き冷却速度 1 5 / s で後段冷却した場合、冷却後の鋼板の温度分布は 6

10

20

30

40

50

であった。

【0034】

これに対し、冷却速度 $15 \text{ } / \text{ s}$ で前段冷却後、熱間矯正をせず、そのまま冷却速度 $15 \text{ } / \text{ s}$ で後段冷却した場合、冷却後の鋼板の歪量は 31 であった。更に、冷却速度 $15 \text{ } / \text{ s}$ の連続冷却で 500 まで冷却した場合、冷却後の鋼板の歪量は 52 であった。

【0035】

この結果からも、本発明例は比較例の連続冷却や二段冷却に比べ、冷却後の鋼板の温度むらが小さく、冷却均一性が向上していることが分かる。

【0036】

【発明の効果】

10

以上説明したように、この発明によれば、冷却によって発生する温度むらを低減し、冷却後の鋼板の平坦度を向上させることができ、これによって、冷却後の鋼板の再矯正や手入れが不必要となる他、材質のばらつきを抑え、歩留まりを向上させることが可能となり、かくして、工業上有用な効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】鋼板温度と鋼の伸び計の値との関係を示すグラフである。

【図2】熱間矯正時の鋼板温度と冷却後の鋼板の温度むらとの関係を示すグラフである。

【図3】熱間矯正時の鋼板温度と変態率との関係を示すグラフである。

【図4】この発明の実施例1に係る冷却装置の側面断面図である。

【図5】この発明の実施例2に係る冷却装置の側面断面図である。

20

【図6】この発明の実施例3に係る冷却装置の側面断面図である。

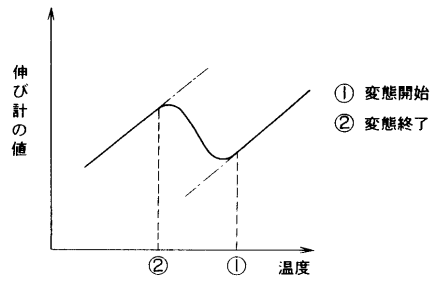
【図7】従来の二段冷却装置の説明図である。

【符号の説明】

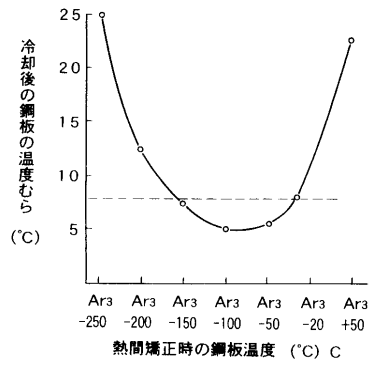
- 1：鋼板
- 2：テーブルロール
- 3：冷却ノズル
- 4：冷却ノズル
- 5：エアノズル
- 6：水切りロール
- 7：ホットレベラー
- 8：前段冷却装置
- 9：後段冷却装置
- 10：冷却装置
- a：前段冷却ゾーン
- b：復熱ゾーン
- c：後段冷却ゾーン

30

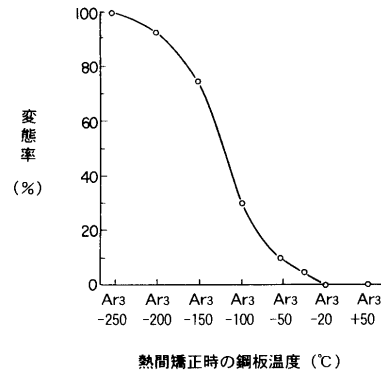
【図 1】



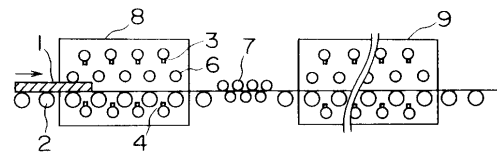
【図 2】



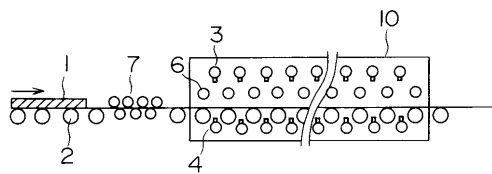
【図 3】



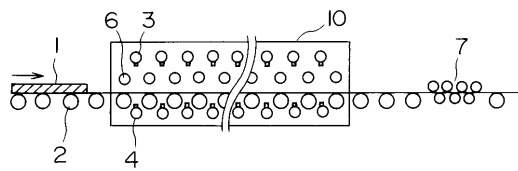
【図 4】



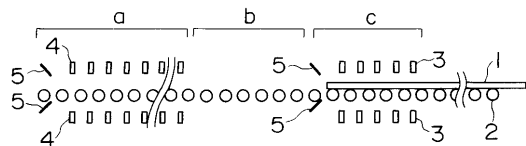
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 上岡 悟史
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内
(72)発明者 鈴木 伸一
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内

審査官 富永 泰規

- (56)参考文献 特開平08-300040(JP,A)
特開平07-284836(JP,A)
特開昭62-289316(JP,A)
特開平06-285531(JP,A)
特開平09-194934(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B21B 45/02

C21D 1/00

C21D 9/00