(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3620464号
(P3620464)
(45)発行日　平成17年2月16日(2005.2.16)　(24)登録日　平成16年11月26日(2004.11.26)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
B21B 1/26	B21B	1/26	E
B21B 45/00	B21B	45/00	N
B21B 45/02	B21B	45/02	32OT

請求項の数 4　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2001-121679(P2001-121679)
(22)出願日　平成13年4月19日(2001.4.19)
(65)公開番号　特開2002-11502(P2002-11502A)
(43)公開日　平成14年1月15日(2002.1.15)
審査請求日　平成15年5月13日(2003.5.13)
(31)優先権主張番号　特願2000-131346(P2000-131346)
(32)優先日　平成12年4月28日(2000.4.28)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(74)代理人　100081352
弁理士　広瀬　章一
(72)発明者　木村　和喜
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
住友金属工業株式会社内

審査官　國方　康伸

(56)参考文献　特開平１０－２０２３１１（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１３７９３１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】熱延鋼板の製造方法および製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

連続鋳造鋳片を粗圧延機により粗圧延材に圧延した後、加熱装置により板幅方向の全体にわたって加熱するとともに、複数スタンドからなる仕上圧延機の各スタンド間の少なくとも一つのスタンド間に設けられた冷却装置により鋼板を水冷却しながら仕上げ圧延する方法であって、前記加熱装置は、該加熱装置の入側における、長手方向の全長にわたって各サンプリング点と対応して測定した粗圧延材の温度測定値または温度計算値に基づき、前記仕上圧延機の第１スタンドおよび／または第２スタンドの圧延負荷が設備の限界値以下となるように粗圧延材を加熱し、前記冷却装置は、仕上圧延機の出口における鋼板の温度が目標値になるように鋼板を水冷却することを特徴とする熱延鋼板の製造方法。

【請求項２】

連続鋳造鋳片を粗圧延機により粗圧延材に圧延した後、加熱装置により板幅方向の全体にわたって加熱するとともに、複数スタンドからなる仕上圧延機の各スタンド間の少なくとも一つのスタンド間に設けられた冷却装置により鋼板を水冷却しながら仕上げ圧延する方法であって、前記加熱装置の昇温量を、前記仕上圧延機の出口および／または前記仕上圧延機の各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間における鋼板の温度の測定値に基づいて、仕上圧延機の出口における鋼板の温度が目標値となるように制御することを特徴とする熱延鋼板の製造方法。

【請求項３】

前記冷却装置は前記仕上圧延機の第１スタンドと第２スタンドとの間および／または第２

スタンドと第３スタンドとの間に設けることを特徴とする請求項１または２に記載の熱延鋼板の製造方法。

【請求項４】

粗圧延機と、該粗圧延機により圧延された粗圧延材を板幅方向の全体にわたって加熱する加熱装置と、加熱装置により加熱された粗圧延材を圧延する複数のスタンドを有する仕上圧延機とが順次配置された装置であって、該仕上圧延機を構成する各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間に冷却装置を備え、前記加熱装置は、該加熱装置の上流側の、長手方向の全長にわたって各サンプリング点と対応して測定した粗圧延材の温度測定値または温度計算値に基づき粗圧延材を加熱する機能を有し、前記冷却装置は、仕上圧延機の入側、出側およびスタンド間の少なくとも１箇所における粗圧延材および／または鋼板の温度測定値に基づき鋼板を水冷却する機能を有することを特徴とする熱延鋼板の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は連続鋳造機にて製造したスラブを加熱炉にて加熱した後、粗圧延機にて粗圧延し、さらに仕上圧延機で仕上圧延して所定の板厚の熱延鋼板とする方法と装置に関し、仕上圧延機出口での設備トラブルを回避しながら仕上圧延機出口における鋼板温度を目標温度にするための熱延鋼板の製造方法およびその装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

熱延鋼板は、前述のように連続鋳造機にて製造したスラブを加熱炉にて加熱した後、粗圧延機にて粗圧延して粗圧延材とし、粗圧延材は粗圧延機から仕上圧延機までを搬送テーブルにより所定の搬送パターンで搬送され、最終的に仕上圧延機で仕上圧延され所定の板厚に仕上げられる。

【０００３】

この際、仕上圧延機出口における鋼板の温度の目標値は、たとえば、鋼板の機械的特性の制約から下限値が８３０℃で、仕上圧延機の圧延ロールのロール肌荒れ防止の観点から上限値が８８０℃である場合には、８３０℃～８８０℃の温度範囲、例えば８６０℃と設定されている。

【０００４】

従来の圧延方法においては、板厚が薄く（１．８ｍｍ以下）、板幅の広い（１２５０ｍｍ以上）高張力鋼板（「薄広ハイテン材」と呼ぶ）では、仕上圧延機出口の目標温度が前記低炭素鋼に比べたとえば８３０℃と低いため、仕上圧延機において特に圧下率の高い第１スタンドおよび第２スタンドなどの前段スタンドの圧延負荷、すなわち圧延荷重や圧延トルクが高くなるという問題があった。また、仕上圧延機出口の温度確保の観点から、圧延速度を大きくする必要があるとき、仕上圧延機の中間スタンドから後段スタンドにかけてモータパワーが高くなるという問題があった。

【０００５】

また、鋼板の先端部は、仕上圧延機に通板する際に一般的に鋼板の長手方向中央部に比べて低速にて圧延され、先端部が仕上圧延機を通過した後、生産能率の上昇および、仕上圧延機出口温度の上昇を目的として仕上圧延機は加速され、その後高速にて圧延される。後端部が仕上圧延機の最初のスタンドを通過した時点から鋼板は減速され、仕上圧延機を通過し終わった後、コイラーで巻き取られる。

【０００６】

このように、特に鋼板の先端部および後端部では、圧延速度が低いことから鋼板からの抜熱量の増大に基づく温度降下が激しく、目標温度が得られない場合や、逆に、鋼板の中央部では、仕上圧延機の高速圧延のために仕上出口温度が目標温度以上となるなど、長手方向の鋼板温度を目標値に制御するのが難しいという問題があった。

【０００７】

特開平１０－１５６４０４号公報には、仕上圧延機の各スタンドの圧延荷重と圧延動力を常時測定し、これが設備限界値を超えないように粗圧延材加熱装置の入側に設置した温度計測定値に基づき前記加熱装置にて鋼板を加熱する方法が示されている。

【０００８】

特開平９－２２５５１７号公報には、加熱装置で粗圧延材を加熱することにより、仕上圧延機入側の粗圧延材温度を一定にし、該長手方向に一定温度の粗圧延材を仕上圧延機により一定速度で圧延することにより仕上圧延機出口の鋼板温度を一定にする方法が提案されている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

特開平１０－１５６４０４号公報に記載の方法は、加熱装置が仕上圧延機の前にあることから、仕上圧延機の圧延荷重と圧延動力を測定後その値が設備の限界値に近いことが判明し、鋼板を加熱しても既に加熱を受けずに仕上圧延機に供給されている部分が存在する。したがって、この部分が仕上圧延機を通過する際に圧延負荷が設備限界値を超えて設備を破損させる場合がある。

【００１０】

さらに、低炭素鋼のように仕上圧延機出口の鋼板の目標温度が高い場合は加熱のみを行えば良いが、ハイテン材のように目標温度が低い場合は、鋼板が目標温度以上に加熱され、所定の機械的特性が得られないという問題もある。

【００１１】

特開平９－２２５５１７号公報に記載の方法は、仕上圧延機の圧延速度を一定とするために、圧延長さが非常に長くなる板厚の薄い鋼板などでは、先端部を通板した時と同様の低い圧延速度で鋼板全長にわたって圧延を行うと能率の低い圧延となり、生産性が低くなる問題がある。

【００１２】

また、粗圧延材は、先端部から加熱されて仕上圧延機に供給されるが、先端部が加熱されている間に後端部は空冷され、温度が低下する。この温度低下を抑制するために先端部から後端部にかけて加熱装置の昇温量を増大させていくと、後端部では非常に大きな昇温量が必要となる場合があり、電力消費量が増大して製造コストが高くなるという問題がある。

【００１３】

本発明は、上記の従来技術における問題点を解決するためになされたものであり、その課題は、仕上圧延機での設備トラブルを回避しながら仕上圧延機出口における鋼板温度を目標温度に調整するための圧延方法およびそれに用いる装置を提供することにある。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

本発明は前記の課題に鑑みてなされたものであり、その要旨は次のとおりである。

【００１５】

(1)本発明の熱延鋼板の製造方法は、連続鋳造鋳片を粗圧延機により粗圧延材に圧延した後、加熱装置により板幅方向の全体にわたって加熱するとともに、複数スタンドからなる仕上圧延機の各スタンド間の少なくとも一つのスタンド間に設けられた冷却装置により鋼板を水冷却しながら仕上げ圧延する方法であって、前記加熱装置は、該加熱装置の入側における、長手方向の全長にわたって各サンプリング点と対応して測定した粗圧延材の温度測定値または温度計算値に基づき、前記仕上圧延機の第１スタンドおよび／または第２スタンドの圧延負荷が設備の限界値以下となるように粗圧延材を加熱し、前記冷却装置は、仕上圧延機の出口における鋼板の温度が目標値になるように鋼板を水冷却することを特徴とする。

【００１６】

(2)本発明の熱延鋼板の製造方法は、連続鋳造鋳片を粗圧延機により粗圧延材に圧延した後、加熱装置により板幅方向の全体にわたって加熱するとともに、複数スタンドからなる

仕上圧延機の各スタンド間の少なくとも一つのスタンド間に設けられた冷却装置により鋼板を水冷却しながら仕上げ圧延する方法であって、加熱装置の昇温量を、仕上圧延機の出口および／または仕上圧延機の各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間における鋼板の温度の測定値に基づいて、仕上圧延機の出口における鋼板の温度が目標値となるように制御することを特徴とする。

【００１７】

(3)本発明の熱延鋼板の製造方法では、冷却装置は仕上圧延機の第１スタンドと第２スタンドとの間および／または第２スタンドと第３スタンドとの間に設けることが望ましい。

【００１８】

(4) 本発明の熱延鋼板の製造装置は、粗圧延機と、この粗圧延機により圧延された粗圧延材を板幅方向の全体にわたって加熱する加熱装置と、加熱装置により加熱された粗圧延材を圧延する複数のスタンドを有する仕上圧延機とが順次配置された装置であって、仕上圧延機を構成する各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間に冷却装置を備え、加熱装置は、加熱装置の上流側の、長手方向の全長にわたって各サンプリング点と対応して測定した粗圧延材の温度測定値または温度計算値に基づき粗圧延材を加熱する機能を有し、冷却装置は、仕上圧延機の入側、出側およびスタンド間の少なくとも１箇所における粗圧延材および／または鋼板の温度測定値に基づき鋼板を水冷却する機能を有する。

【００２１】

ここで、本発明が、前記冷却装置としてデスケーラーを含むこと、および、本発明の各装置間または本発明の装置列の前後に他の装置が設置されている場合や他の工程が付加された場合も含むことはいうまでもない。

【００２２】

なお、本発明は、仕上圧延機の入側において先行材の尾部と後続材の先端部を接合して連続的に圧延するいわゆるエンドレス圧延にも有効である。

【００２３】

【発明の実施の形態】

図１は、本発明の熱延鋼板の製造装置の実施の形態例を示す模式図である。図１を用い、仕上圧延機出口温度の確保が困難な薄物材を対象にして、本発明の内容を詳細に説明する。

【００２４】

薄物材として、鋼組成がＣ：０．０９％、Ｓｉ：０．０７％、Ｍｎ：１．４０％、板厚：１．６ｍｍ、板幅：１５５０ｍｍの高張力鋼板（薄広ハイテン材）を対象に数値シミュレーションによる効果の検証を行った。

【００２５】

図１において１は粗圧延機であり、この上手に設けられた図示しない加熱炉にて加熱されたスラブを粗圧延材に圧延する。２は仕上圧延機であり６基のスタンドからなるタンデム圧延機であり、６基のスタンドにより同時に圧延する。３はランナウトテーブルであり、３１はランナウトテーブルに設置された水冷装置であって仕上圧延された鋼板を所定の温度に冷却する。４はダウンコイラであり仕上圧延された鋼板をコイルに巻き取る。

【００２６】

５は加熱装置であり、誘導加熱、ガス燃焼加熱、通電加熱などの方法により粗圧延材を板幅方向全体にわたり所定温度に昇温する。ガス燃焼加熱方法は燃焼効率が低く、また、通電加熱方法は疵が発生しやすいという問題があるので、誘導加熱方式の燃焼装置が望ましい。誘導加熱方式としては、ソレノイドコイル加熱方式（軸方向磁束加熱）やトランスバース加熱方式（横断磁束加熱）とすることができる。ソレノイドコイル加熱方式は、誘導加熱コイルをソレノイド（線輪筒）状に形成し、その中に被加熱材を挿入し、ソレノイドコイル内に発生した交番磁界の作用で被加熱材を加熱するものである。一方、トランスバース加熱方式は、鉄心付き誘導加熱コイルを被加熱材の上下に配置し、コイル鉄心内に発生した交番磁界の作用で被加熱材を加熱するものである。好ましくは、加熱効率が高いソレノイドコイル加熱方式である。誘導加熱方式の加熱能力は、被加熱材の寸法や加熱条件

により決定されるが、例えば２００００ＫＷ以上あれば十分である。

【００２７】

６、６は冷却装置であり、鋼板を板幅方向全体にわたり所定温度に水冷却（以下、単に冷却ともいう）する。本実施形態では、第１スタンド（Ｆ１スタンド）と第２スタンド（Ｆ２スタンド）との間、および、第４スタンド（Ｆ４スタンド）と第５スタンド（Ｆ５スタンド）との間に冷却装置６、６を設けたが、本発明はこの形態には限定されず、仕上圧延機２を構成する各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間に設ける。好ましくは、第１スタンドと第２スタンドとの間および／または第２スタンドと第３スタンドとの間、あるいは、第１スタンドと第２スタンドとの間および第４スタンドと第５スタンドとの間である。なお、冷却装置はスタンド間に１基設けても良いし、複数基設けても良い。７は粗圧延材、８は鋼板である。

【００２８】

９は粗圧延機出口温度計、１０は粗圧延材の長さを測るメジャリングロールである。１１は仕上圧延機の出口に設置された仕上圧延機出口温度計、１２は仕上圧延機のスタンド間に設置された仕上スタンド間温度計（例として、第３スタンドと第４スタンドの間に設置）であり、１３は加熱冷却設定装置、１４は温度制御装置である。なお、本実施形態では、第３スタンドと第４スタンドとの間に仕上スタンド間温度計１２を設けたが、本発明はこの形態には限定されず、仕上圧延機２を構成する各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間に設ける。また、本実施形態では、仕上圧延機温度計とスタンド間温度計とを設けたが、本発明はこの形態には限定されず、いずれか一方でもよい。

【００２９】

本発明では、圧延負荷が設備の限界値以下となるように板幅方向の全体にわたって粗圧延材を加熱することを特徴とする。

圧延負荷とは、圧延荷重、圧延トルク、圧延パワーを意味する。圧延荷重はスタンドの強度に影響を及ぼし、圧延トルクや圧延パワーは、圧延に用いるロールを駆動するモータの容量を決定する上で重要な因子である。これらの圧延負荷は、鋼板の変形抵抗、板厚、板幅、圧下量などによって決まるものである。

【００３０】

設備の限界値とは、圧延荷重に耐えうるスタンドの耐荷重の許容値や、圧延トルクや圧延パワーを発生するためのモータトルクやモータパワーの許容値などから、最小のものを選んで決定される値である。例えば、圧延荷重の設備限界は、急激な荷重変化を考慮して、耐荷重値の８０～１００％の間に設定される。また、モータトルクやモータパワーの設備限界は、モータの特性により差はあるが、通常、連続負荷状態時間制約（例えば１分間）のもとで、１５０～１７５％過負荷にする値が設定される。

【００３１】

次に、本発明の効果である仕上圧延機の前段スタンドの荷重低減効果と、仕上圧延機出口温度、つまり仕上出口温度の均一化の効果について説明する。

対象とする鋼板は、板厚の薄い鋼板であるため圧延長さが約２０００ｍに及ぶことから、仕上圧延機の圧延速度を一定にした圧延はできないので、図２に示すような仕上圧延速度パターンで加速圧延する場合について検証を行った。

【００３２】

表１に圧延スケジュールを示す。表１で各スタンドの板厚は、各スタンド出口での値である。

【００３３】

【表１】

	粗圧延材	F1	F2	F3	F4	F5	F6
板厚(mm)	30	13.5	8.45	4.75	2.91	2.13	1.60

【００３４】
その他の圧延条件は下記のとおりである。
［圧延条件］
加熱炉からのスラブ抽出温度：１２５０℃
粗圧延機出口での粗圧延材温度：１１００℃
仕上圧延速度：　先端部通板時：６５０ｍ／ｍｉｍ、最高速度：１０５０ｍ／ｍｉｎ
粗圧延材加熱装置による昇温量：５０℃
板幅：　１５００ｍｍ
粗圧延材加熱装置を用いない方法の場合（Ｃａｓｅ１）、粗圧延材加熱装置のみを用いる特開平９－２２５５１７号公報に記載の方法の場合（Ｃａｓｅ２）および本発明の粗圧延材加熱装置と仕上圧延機の第１スタンドと第２スタンドの間に設置した冷却装置とを用いる方法の場合（Ｃａｓｅ３）についてシミュレーションを行った。
【００３５】
圧延シミュレーションの結果のうちで、圧延負荷が高くかつ鋼板温度が低くなる後端部についての結果が特に重要となる。
図３は、粗圧延機出口から仕上圧延機出口までの鋼板後端部における温度降下の上記３つの方法によるシミュレーション結果を表す。
【００３６】
また、図４は、上記３つの方法による圧延の場合の鋼板後端部における圧延荷重のシミュレーション結果を表す。
これらより、Ｃａｓｅ１の場合は、鋼板の温度が低下し過ぎることにより仕上圧延機出口において目標温度を達成することができない。Ｃａｓｅ２の場合は、粗圧延材を加熱したために逆に温度が上昇し過ぎ、目標温度を超えている。これは、後述するように仕上圧延機前段スタンドの圧延荷重を低くすべく鋼板の圧延温度を高目とするように加熱したからである。
【００３７】
Ｃａｓｅ３の本発明例の場合は、粗圧延材を加熱する点ではＣａｓｅ２の場合と同様であるが、第１スタンドと第２スタンドの間で鋼板を冷却することにより目標温度に制御することができる。
【００３８】
次に、前段スタンドの圧延荷重について述べる。Ｃａｓｅ１の場合は、温度降下により鋼板の変形抵抗が大きくなることから圧延荷重も大きくなり、その結果、圧延荷重は設備限界値を超えている。Ｃａｓｅ２およびＣａｓｅ３の場合は、粗圧延材を加熱するため、鋼板の変形抵抗が小さくなり、その結果、圧延荷重も小さくなって設備限界値を超えることは無い。
【００３９】
以上のように本発明は、粗圧延材を加熱することにより仕上圧延機の前段スタンドの圧延負荷を下げ、さらに、仕上出口温度の目標値が低いハイテン材の場合に加熱のみでは仕上出口温度が目標値を超えるのを避けるために、仕上圧延機の前段スタンドにて冷却し、鋼板温度を目標値に調整するのである。
【００４０】
このシミュレーションでは、第１スタンドと第２スタンドとの間に冷却装置を設けたが、

仕上圧延機の各スタンド間のうちの少なくとも一つのスタンド間に設ければよい。但し、例えば、板厚の小さい鋼板を圧延する場合には、板厚が薄くなる後段スタンド間で冷却すると圧延荷重が大きくなり、鋼板形状が乱れることがあるので、前段スタンド間で冷却するのが望ましい。また、板厚が大きい鋼板を圧延する場合には、板厚が薄くなる後段スタンド間で冷却するのが望ましい。

【００４１】

次に、本発明の実施に当たり、仕上圧延機出口温度をより精度良く制御する方法について説明する。

まず粗圧延材の長手方向の温度変動を粗圧延機出口にて測定し、この長手方向の粗圧延材の各位置の温度を初期値とし、各位置における粗圧延機出口から仕上圧延機出口までの温度履歴を、搬送テーブルの速度パターンと仕上圧延機の速度パターン（図２参照）に基づいて計算し、仕上圧延機出口温度計算値が目標温度になるように加熱装置の昇温パターンを決定し粗圧延材を加熱する。

【００４２】

さらに仕上圧延機出口温度が目標値となるように前記冷却装置で冷却する。この時、前述の温度計算誤差により鋼板温度は目標値から誤差を生じる場合がある。そこで、仕上圧延機出口および／または仕上圧延機スタンド間の温度計にて鋼板温度を測定し、前記測定値と目標値との誤差に応じて冷却装置の冷却水量を修正することにより温度制御精度を向上させる。この冷却制御の修正だけでは十分でない場合は、仕上圧延機の前段スタンドの圧延負荷が設備限界値内に収まる範囲内で、前記加熱装置の昇温量を修正することにより温度制御精度を向上させる。

【００４３】

図５は、加熱装置の昇温量ならびに冷却装置の冷却水量を求める要領を示すフローチャートである。この図に従って更に詳述する。

Ｓ１：鋼板の材料情報、圧延情報として、粗圧延材および製品の厚み、幅、目標温度、圧延速度パターンなどを圧延ライン総括計算機から加熱冷却設定装置１３（図１参照）に入力する。

【００４４】

Ｓ２：加熱装置５（図１参照）の昇温量と冷却装置６、６（図１参照）のそれぞれの冷却水量の初期値を設定する。

Ｓ３：粗圧延材の長手方向全長にわたって、各サンプリング点と対応した形で測定した粗圧延機出口温度を初期温度として、仕上圧延機の圧延速度パターンに基づき、各サンプリング点の粗圧延機出口から仕上げ圧延機出口までの温度降下量を式（１）に基づいて計算し、これを粗圧延機出口温度から減算して仕上圧延機の各スタンド出口温度を計算する。

【００４５】

Ｓ４：仕上げ圧延機の各スタンド出口温度の計算結果に基づき、式（２）を用いて、各スタンドの圧延負荷を計算する。

Ｓ５：仕上圧延機の圧延負荷が設備限界値以内か確認する。

【００４６】

Ｓ６：設備限界値を超えている場合は、さらに加熱装置の昇温量を増大し、設備限界置内に入るように昇温量を修正する。

Ｓ７：設備限界値を超えていない場合は、仕上圧延機出口温度が目標値となっているか確認する。

【００４７】

Ｓ８：仕上圧延機出口温度が目標値より高い場合は、冷却装置の冷却水量を増大し、仕上圧延機出口温度が目標値となるように冷却水量を修正する。目標値より低い場合は、冷却水量を減少し、仕上げ圧延機出口温度が目標値となるように冷却水量を修正する。

【００４８】

Ｓ９：各サンプリング点に対する昇温量と冷却水量をそれぞれ加熱装置と冷却装置に設定し、制御する。

【００４９】
【実施例】
本発明の実施例を図１に基づいて説明する。
対象材は前出と同一の鋼組成および寸法を有する高張力鋼板（薄広ハイテン材）である。
【００５０】
粗圧延機の上手にある図示しない加熱炉にて加熱された厚さ２５０ｍｍのスラブは、粗圧延機１にて途中製品である板厚３０ｍｍの粗圧延材７にまで圧延される。この粗圧延の段階で、粗圧延機出口温度計にて粗圧延材温度が測定される。前記粗圧延材の測定温度は、サンプリング装置によりバーの長手方向の定長ピッチにて各サンプリング点と対応した形でサンプリングされる。粗圧延材７が加熱装置５の直前に設置されたメジャリングロール１０に到達した時点から、前記粗圧延材の各サンプリング点が加熱装置５及び冷却装置６、６に到達するタイミングを逐次トラッキングし、各サンプリング点が加熱装置５及び冷却装置６、６の直下に到達するタイミングを計算する。粗圧延材の各サンプリング点が加熱装置５および冷却装置６、６の直下に到達したタイミングで、加熱装置５は加熱冷却設定装置１３にて計算された昇温量に基づいて加熱を行い、冷却装置６、６は同様に計算された冷却量に基づいて冷却を行う。
【００５１】
加熱冷却設定装置１３は、トラッキング装置（メジャリングロール）１０から送られてくる各サンプリング点の粗圧延機出口温度と、図示しない圧延ライン総括計算機（圧延ラインの全体を監視し、圧延する材料の情報、圧延情報などを送信する）から送られた粗圧延機と仕上圧延機間の搬送テーブル速度パターンと、仕上圧延機の速度パターンに基づき、前記粗圧延機出口温度を初期値として下記の式（１）に基づき仕上圧延機出口の温度を予測する。
【００５２】
【数１】

$$T = T0 - \triangle T \qquad \cdots\cdots \quad (1)$$

$$\triangle T = \triangle Tw + \triangle Ta + \triangle Tr$$

$$\triangle Tw = \frac{hw \cdot tw \cdot (T - Tw)}{C \cdot \rho \cdot H}$$

$$\triangle Ta = \frac{ha \cdot ta \cdot (T - Ta)}{C \cdot \rho \cdot H}$$

$$\triangle Tr = \frac{hr \cdot tm \cdot (T - Tr)}{C \cdot \rho \cdot H}$$

【００５３】
ここで、Ｔは鋼板温度、Ｔ０は鋼板の初期温度、△Ｔは鋼板の温度降下量、　△Ｔｗは水冷による温度降下量、△Ｔａは空冷による温度降下量、△Ｔｒはロール接触による温度降下量である。また、ｔｗ、ｔａ、ｔｍはそれぞれ水冷、空冷、圧延に要した時間であり圧延機や搬送テーブルの速度パターンから求める。Ｔｗは冷却水の温度、Ｔａは空気の温度、Ｔｒはロールの表面温度であり、ｈｗ、ｈａ、ｈｒはそれぞれ、水冷、空冷、ロール接触による熱伝達係数である。Ｃ、ρ、Ｈはそれぞれ鋼板の比熱、密度、厚さを表す。
【００５４】
また、本温度計算値をもとに下記の圧延荷重計算式（２）に基づき圧延荷重が計算される

。

【００５５】

【数２】

$$P_i = 1.15bK_{fmi}\sqrt{R_i'(H_i - h_i)}Q_{Pi} \quad (i=1,\cdots,6) \quad ---- (2)$$

【００５６】

ここで、Ｐは圧延荷重、ｂは板幅、Ｋｍｆは平均変形抵抗、Ｒ’は偏平ロール半径、Ｈは入口板厚、ｈは出口板厚、Ｑｐは圧下力関数である。

上記温度計算値と圧延荷重に基づき、図５に示す計算フローにしたがって加熱装置５および冷却装置６のそれぞれの昇温量と冷却量を設定する。

【００５７】

まず、上記温度計算値と圧延荷重に基づき仕上圧延機の前段スタンド（ここでは第１および第２スタンド）の圧延荷重が設備限界値以内かどうかを確認し、設備限界値を超えている場合は、さらに加熱装置の昇温量を増大し設備限界値以内に入るように加熱装置の昇温量を設定する。

【００５８】

なお、上記の方法では、仕上圧延機出口の温度を粗圧延機出側温度計で測定した温度に基づいて予測するものであるが、本発明ではこの方法に限定されず、粗圧延機出口の温度を計算にて求め、この温度計算値から仕上圧延機出口の温度を（１）式と同様にして求めることができる。この粗圧延機出口の温度計算値は、加熱炉抽出時のスラブの長手方向にサンプリング点である温度制御点を設け、それぞれの温度制御点について、加熱炉抽出から粗圧延機出口までの温度降下を計算し、計算して得られた温度降下と加熱炉抽出時のスラブ温度とから求めることができる。

【００５９】

次に、この昇温量でさらに温度計算し、仕上出口温度が目標値になるかどうかを確認する。仕上出口温度が目標値より高い場合には、冷却装置の水量を増加し、反対に目標値より低い場合には、冷却装置の水量を減少することにより仕上出口温度が目標値となるまで繰り返し計算を行い、冷却装置の水量を設定する。このようにして鋼板を圧延することにより、仕上圧延機をその能力以上で作動させることなく、しかも鋼板の仕上出口温度を安定して目標温度とするよう圧延ができる。

【００６０】

しかし、上記の設定計算は、計算モデルによる予測制御であるため、予測モデルの誤差が生じる場合があり、この場合は、仕上圧延機出口で目標温度に制御できなくなる。

【００６１】

そこで、鋼板を上記設定値に基づき圧延しながら、前記仕上出口温度計１１および／または仕上スタンド間温度計１２にて鋼板温度を時々刻々測定し、目標値との温度偏差（測定値－目標値）を計算し、温度偏差がプラスの時には冷却装置の水量を増加し、反対にマイナスの時には冷却装置の水量を減少することにより仕上出口温度が目標値となるように温度制御装置１４にて制御する。ただし、冷却装置だけでは温度を制御できない場合、つまり、仕上出口温度が目標値より低下し、冷却装置の水量を減少しただけでは温度上昇量が不足する場合には、加熱装置の昇温量を増加することにより鋼板の温度を制御する。

【００６２】

すなわち、仕上圧延機出口温度計１１による温度制御方法では、仕上圧延された鋼板８が仕上圧延機出口温度計１１に到達した時点で鋼板の温度を測定し、測定した温度と目標値との温度偏差（測定値－目標値）を計算し、この温度偏差がプラスの場合には、鋼板温度

を下げるように、温度偏差に基づき冷却装置６、６の水量変更量を温度制御装置１４で計算し、計算で得られた水量変更量に基づき冷却装置６、６の水量を変更することにより、仕上圧延機出口の温度を目標値に制御することができる。

【００６３】

一方、温度偏差がマイナスの場合には、鋼板温度を上げるように、温度偏差に基づき加熱装置５の昇温量変更量を温度制御装置１４で計算し、計算で得られた昇温変更量に基づき加熱装置５の昇温量を変更することにより、仕上圧延機出口の温度を目標値に制御することができる。この制御は、鋼板８の先端が、仕上圧延機出口温度計に到達した時点から、冷却装置を抜けるまで実施する。

【００６４】

また、仕上スタンド間温度計１２（第３スタンドと第４スタンドとの間に設置）による温度制御方法では、温度制御点が仕上スタンド間温度計１２の直下に到達する毎に温度を測定し、予め設定した第３スタンド出口温度（設定値）との温度偏差（測定値－設定値）を求め、この温度偏差がプラスの場合には、この温度偏差が零となるように、仕上スタンド間温度計１２より下流に設けた冷却装置６（下流冷却装置ともいう）の水量変更量を温度制御装置１４で計算し、この水量変更量に基づいて下流冷却装置６の水量を調整するフィードフォワード制御により、あるいは、温度偏差が零となるように、仕上スタンド間温度計１２より上流に設けた冷却装置６（上流冷却装置ともいう）の水量変更量を温度制御装置１４で計算し、この水量変更量に基づいて上流冷却装置６の水量を調整するフィードバック制御により、仕上圧延機出口の温度を目標値に制御することもできる。

【００６５】

一方、仕上スタンド間温度計１２で測定された温度と第３スタンド出口温度設定値との温度偏差（測定値－設定値）がマイナスの場合には、鋼板温度を上げるように、温度偏差に基づき加熱装置５の昇温量変更量を温度制御装置１４で計算し、計算で得られた昇温変更量に基づき加熱装置５の昇温量を変更することにより、仕上圧延機出口の温度を目標値にフィードバック制御することができる。なお、第３スタンド出口温度の設定値は、加熱装置の昇温量を計算するときに求めた第３スタンド出口温度の計算値とすることができるが、機械特性の観点から設定値を決めてもよい。

【００６６】

上述の圧延荷重の代わりに圧延負荷として圧延トルクや圧延パワーを判断基準にしてもよい。また、圧延荷重、圧延トルクおよび圧延パワーの２種以上を判断基準としてもよい。

【００６７】

また、仕上圧延機のスタンド間にデスケーラーが設置されている圧延機においては、上記冷却装置の代わりにデスケーラーを使用しても良いことはいうまでもない。

【００６８】

図６は、前述の仕上出口温度計および／または仕上スタンド間温度計の実測値に基づき冷却装置および／または加熱装置の設定値を修正することにより温度制御を行った場合の仕上出口温度の推移を示すシミュレーション結果である。

【００６９】

図７は特開平１０－１５４６４号公報に記載の方法に基づき加熱のみを実施した場合の仕上出口温度の推移を示すシミュレーション結果である。

これより、本発明の場合は、仕上出口温度は目標温度に制御できているが、加熱のみを実施する方法の場合は、予測モデルの誤差により仕上出口温度は目標温よりも高めに外れていることが明らかである。

【００７０】

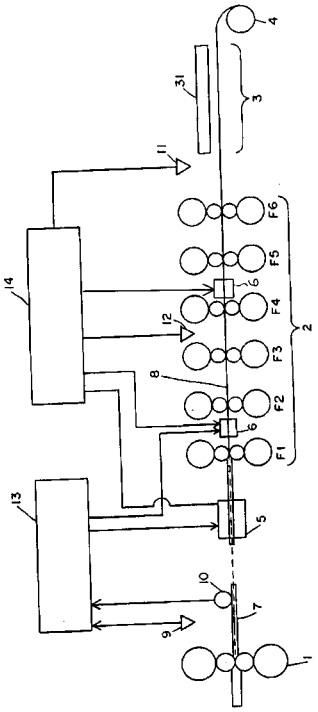
【発明の効果】

本発明の方法および製造装置によれば、仕上圧延機における圧延荷重を設備の限界値以内とすることにより、仕上圧延機出口での設備トラブルを回避しながら、仕上圧延機出口における鋼板温度を目標温度に制御することができる。

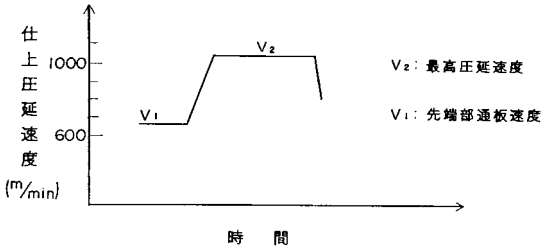
【００７１】

したがって、操業コストの低下および熱延鋼板品質の向上に寄与するところ大である。
また、仕上出口および／または仕上スタンド間の温度計にて鋼板温度を測定し、前記測定値と目標値との誤差に応じて冷却装置の冷却水量を修正することにより温度制御精度はさらに向上し、本発明の一層大きな効果が得られる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の熱延鋼板の製造装置の実施の形態例を示す模式図である。
【図２】仕上圧延機の圧延速度パターンの一例を示す図である。
【図３】粗圧延機出口から仕上圧延機出口までの鋼板後端部の温度降下のシミュレーション結果を示す図である。
【図４】鋼板後端部の圧延荷重のシミュレーション結果を示す図である。
【図５】加熱装置および冷却装置のそれぞれ昇温量および冷却量を設定するための計算フローを示す図である。
【図６】仕上出口温度計および／または仕上スタンド間温度計の実測値に基づき冷却装置および／または加熱装置の設定値を修正して制御した場合の仕上出口温度の推移を示すシミュレーション結果である。
【図７】特開平１０－１５４６４号公報に記載の方法に基づき加熱のみを実施した場合の仕上出口温度の推移を示すシミュレーション結果である。
【符号の説明】
１．　粗圧延機
２．　仕上圧延機
３．　ランナウトテーブル
３１．ランナウトテーブルに設置された水冷装置
４．　ダウンコイラ
５．　加熱装置
６．　冷却装置
７．　粗圧延材
８．　鋼板
９．　粗圧延機出口温度計
１０．メジャリングロール
１１．仕上圧延機出口温度計
１２．仕上圧延機のスタンド間温度計
１３．加熱冷却設定装置
１４．温度制御装置

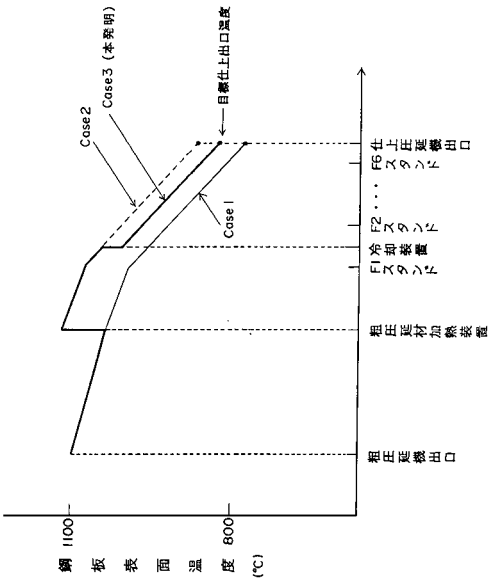
【図１】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
31
F1
F2
F3
F4
F5
F6

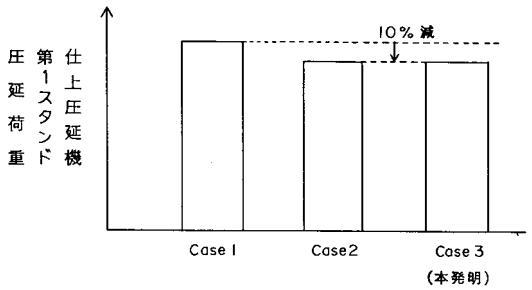
【図２】


仕上圧延速度 (m/min)
1000
600
V1
V2
V2：最高圧延速度
V1：先端部通板速度
時間

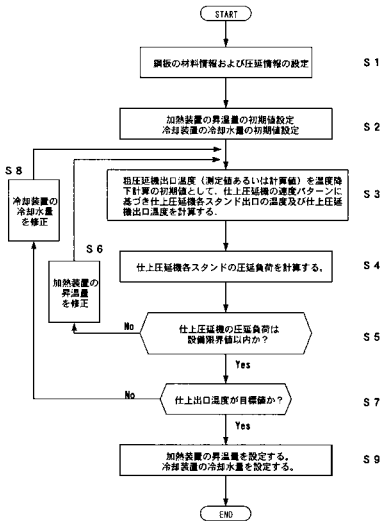
【図３】


鋼板表面温度 (℃)
1100
800
粗圧延機出口
粗圧延材加熱装置
F1冷却スタンド
F2・・・スタンド
F6仕上圧延機出口
Case1
Case2
Case3（本発明）
目標仕上出口温度

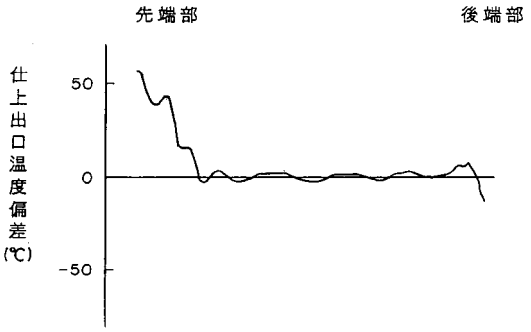
【図４】


第1スタンド仕上圧延機圧延荷重
10％減
Case1
Case2
Case3
（本発明）

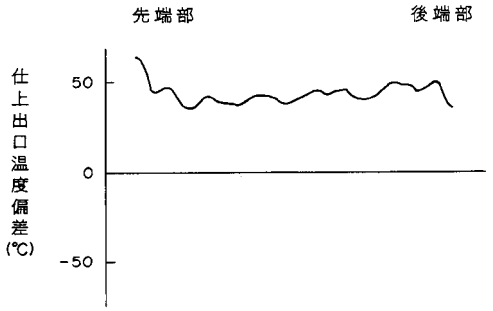
【図５】


START
鋼板の材料情報および圧延情報の設定
S 1
加熱装置の昇温量の初期値設定
冷却装置の冷却水量の初期値設定
S 2
粗圧延機出口温度（測定値あるいは計算値）を温度降下計算の初期値として、仕上圧延機の速度パターンに基づき仕上圧延機各スタンド出口の温度及び仕上圧延機出口温度を計算する。
S 3
仕上圧延機各スタンドの圧延負荷を計算する。
S 4
仕上圧延機の圧延負荷は設備限界値以内か？
S 5
No
Yes
仕上出口温度が目標値か？
S 7
No
Yes
加熱装置の昇温量を設定する。
冷却装置の冷却水量を設定する。
S 9
END
S 6
加熱装置の昇温量を修正
S 8
冷却装置の冷却水量を修正

【図６】


先端部
後端部
仕上出口温度偏差(℃)
50
0
-50

【図７】


先端部
後端部
仕上出口温度偏差(℃)
50
0
-50

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}, ＤＢ名)
B21B 1/00-1/46
B21B 45/00
B21B 45/02