

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6233613号
(P6233613)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int. Cl.	F 1
B 2 1 B 45/02 (2006.01)	B 2 1 B 45/02 3 2 O T
B 2 1 B 1/26 (2006.01)	B 2 1 B 45/02 3 2 O S
	B 2 1 B 1/26 B

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-12185 (P2016-12185)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成28年1月26日 (2016.1.26)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2017-131906 (P2017-131906A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成29年8月3日 (2017.8.3)	(74) 代理人	110001542
審査請求日	平成29年4月27日 (2017.4.27)		特許業務法人銀座マロニエ特許事務所
早期審査対象出願		(72) 発明者	上岡 悟史
			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	田村 雄太
			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	白崎 園美
			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】 熱延鋼帯の製造設備列および熱延鋼帯の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定温度に加熱された被圧延材を熱間圧延して仕上げ圧延開始板厚にする複数の粗圧延機からなる粗圧延機群と、該被圧延材を仕上げ板厚まで制御圧延する複数の仕上げ圧延機からなる仕上げ圧延機群とを備える熱延鋼帯の製造設備列であって、

前記複数の粗圧延機のうちの少なくとも1つが可逆式圧延機であり、

前記可逆式圧延機の上流側または下流側において、 $1000\text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 未満の水量密度で被圧延材を緩冷却する緩冷却装置と、圧延方向で前記緩冷却装置と隣り合わせに配置され、 $1000\text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 以上の水量密度で前記緩冷却後の被圧延材を急冷却する急冷却装置と、を備えることを特徴とする熱延鋼帯の製造設備列。

10

【請求項 2】

前記複数の粗圧延機のうち少なくとも最下流に配置された粗圧延機が可逆式圧延機である、請求項 1 に記載の熱延鋼帯の製造設備列。

【請求項 3】

前記急冷却装置および前記緩冷却装置は、前記可逆式圧延機に近い方から急冷却装置、緩冷却装置の順に配置されている、請求項 1 または 2 に記載の熱延鋼帯の製造設備列。

【請求項 4】

前記被圧延材は、その板厚みが 80 mm 以上では前記緩冷却装置により緩冷却され、その板厚みが 80 mm 未満では前記急冷却装置により急冷却される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造設備列。

20

【請求項 5】

前記緩冷却装置および前記急冷却装置による冷却時間は、被圧延材の冷却中の表面温度が 600 以上となるようそれぞれ設定される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造設備列。

【請求項 6】

前記複数の仕上げ圧延機のうち最終段の仕上げ圧延機の出側板厚は 12 mm 以上である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造設備列。

【請求項 7】

所定温度に加熱された被圧延材を複数の粗圧延機により熱間圧延して仕上げ圧延開始板厚にし、該被圧延材を複数の仕上げ圧延機により仕上げ板厚まで制御圧延する熱延鋼帯の製造方法であって、

前記複数の粗圧延機のうちの少なくとも 1 つが可逆式圧延機であり、

前記可逆式圧延機の上流側または下流側において、被圧延材を緩冷却装置により 1000 L/min・m² 未満の水量密度で緩冷却し、前記緩冷却後の被圧延材を、圧延方向で前記緩冷却装置と隣り合わせに配置された急冷却装置により 1000 L/min・m² 以上の水量密度で急冷却することを特徴とする熱延鋼帯の製造方法。

【請求項 8】

前記複数の粗圧延機のうち少なくとも最下流に配置された粗圧延機が可逆式圧延機である、請求項 7 に記載の熱延鋼帯の製造方法。

【請求項 9】

前記急冷却装置および前記緩冷却装置を、前記可逆式圧延機に近い方から急冷却装置、緩冷却装置の順に配置する、請求項 7 または 8 に記載の熱延鋼帯の製造方法。

【請求項 10】

前記被圧延材を、その板厚みが 80 mm 以上では前記緩冷却装置により緩冷却を行い、その板厚みが 80 mm 未満では前記急冷却装置により急冷却を行う、請求項 7 ~ 9 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造方法。

【請求項 11】

前記緩冷却装置および前記急冷却装置で冷却する被圧延材の冷却中の表面温度が 600 以上となるよう被圧延材を冷却する、請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造方法。

【請求項 12】

前記複数の仕上げ圧延機のうち最終段の仕上げ圧延機の出側板厚を 12 mm 以上とする、請求項 7 ~ 11 のいずれか一項に記載の熱延鋼帯の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、特に 12 mm 以上の厚みを持ち、且つ高靱性が要求される厚肉熱延鋼帯の製造において制御圧延を実施する熱延鋼帯の製造設備列および熱延鋼帯の製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

図 1 には一般的な熱延工程が示されており、この圧延工程では、まず連続加熱炉 1 により 1200 程度まで加熱された被圧延材（スラブ）をサイジングプレス 2 により板幅方向に鍛造することで板幅を調整し、次いでこの被圧延材を粗圧延機群 3 により圧延して厚み 30 ~ 50 mm のシートバー 10 とし、続いてこのシートバー 10 を連続圧延可能な 6 ~ 7 スタンドの仕上げ圧延機群 6 により 1.2 ~ 2.5 mm まで圧延して圧延鋼帯とし、次いでランアウトテーブル 7 により冷却してコイラー 8 で巻き取る。

【0003】

ところで従来、熱延鋼帯はプレス加工で使われることが多いため、成形性など加工性が重視されていたが、近年ではラインパイプなどに代表される構造用鋼板で利用されるよう

10

20

30

40

50

になり、強度や靱性も要求されることが多くなった。構造用鋼板はその厚みが8～25mmであり、熱延鋼帯の中では極めて厚い寸法を持ち、特にラインパイプ素材では12mm以上の厚みを有している。強度や靱性を高めるためには熱延鋼帯の製造工程において制御圧延(Controlled-Rolling ;CR)を実施することが有用である。制御圧延とは、主に厚鋼板の製造プロセスにおいて古くから実施されているものであり、鋼の結晶粒の成長速度が遅い低温域で圧延することで、結晶組織を微細化し靱性を向上させる技術である。

【0004】

一般に、制御圧延を開始する温度は、NbやVなどの添加元素により異なるものの、およそ950以下であり、制御圧延開始厚みから製品厚みになるまで少なくとも60%程度の圧下を実施する。例えば、圧下率60%で制御圧延を実施する場合、熱延鋼板の最終厚みを12mmとすると制御圧延開始厚みは約30mmであり、最終厚みを25mmとすると制御圧延開始厚みは約63mmとなる。最終厚みを25mmとした場合、一般的な熱延鋼板の製法では、まず粗圧延終了までにシートバーの板厚みが63mmとなるよう粗圧延を行い、次いでシートバーの中心温度が950以下となるまで仕上げ圧延機群6の前でシートバーを空冷待機させ、その後仕上げ圧延機群6で圧延する手法がとられる。この際に、仕上げ圧延機群6の前でシートバーを待機させる時間は200～300秒程度必要であるため、この間に次材を圧延することが出来ず圧延能率が大きく低下する。熱延鋼帯の製造ラインに関して、上記の課題を解決するための先行文献は少ないが、厚鋼板の製造ラインでは数多く検討されており、例えば以下のような技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-143459号公報

【特許文献2】特許4720250号公報

【特許文献3】特開平4-274814号公報

【特許文献4】特許4946516号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の技術は、可逆式の粗圧延機の入側若しくは出側に15～300 / 秒程度の冷却装置を設置し、粗圧延機の圧延パスのパス間で冷却を実施することにより、つまり制御圧延開始厚みよりも板厚みが厚い段階で上記水冷装置により被圧延材の冷却を実施することにより、制御圧延開始までに目標の制御圧延開始温度にする技術である。しかしこの技術は、冷却速度が高く且つ板厚みが大きい場合は、鋼材の表面と中心の温度差が大きくなり、水冷中にシートバーの表層が相変態温度を下回る可能性があるという問題がある。この場合、シートバーの表層のみがフェライト変態する可能性があり、所定の機械試験値を満たさない可能性がある。

【0007】

特許文献2に記載の技術は、複数の被圧延材を同時に圧延する手法に関するものであり、制御圧延前の厚みまで圧延が完了した後に、被圧延材を一旦圧延機から遠方の搬送テーブル上で待機させておき、その間に次材の圧延を実施することで、圧延機のアイドリング時間を極小化する技術である。しかし本技術は、制御圧延開始までの空冷による待機時間と圧延時間がほぼ一致しているときには能率向上効果が大きいものの、大きく異なる場合は圧延能率があまり上がらないという問題がある。

【0008】

特許文献3には、制御圧延前の圧延が完了した鋼板を、次の被圧延材が通過できる高さに持ち上げて待機状態に保持する片持ちフォーク状のアームを有する昇降装置が開示されている。シートバーの厚みが十分厚く、且つ待機させるシートバーの待機時間が通過させるシートバーの圧延時間と一致している時には非常に有用な技術である。一方、熱延鋼帯では、厚鋼板と比較してスラブの重量が20～30トンと大きく、またシートバーの長さ

が例えば20mを超えるなど極めて長くなることから、大規模な昇降装置が必要になる。また、昇降装置のアームとシートバーが長時間接するため、その接触部の温度が低くなるという問題もある。さらに、待機装置を用いて次材を追い越して圧延を行うことができることが示唆されているが、冷却待ちを要する制御圧延材が含まれている場合に、どのように圧延を行えば、熱間圧延機の空き時間を低減して、圧延能率を向上させることができるかについては示されていない。

【0009】

特許文献4には、上記文献の弱点を補強するために、特許文献3の昇降装置に加えて、圧延機の前後に水冷装置を設置することが開示されている。しかし本文献にも、特許文献3と同様、様々なサイズおよび温度条件のシートバーに対してどのように圧延を行えば、熱間圧延機の空き時間を低減して、圧延能率を向上させることができるかについては示されていない。

10

【0010】

それ故本発明の課題は、制御圧延に先立って行う冷却中にシートバーの表層が相変態温度を下回ることを防止しつつ、制御圧延開始までに要する時間を低減して能率よく熱延鋼帯を製造することができる熱延鋼帯の製造設備列および熱延鋼帯の製造方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記課題を有利に解決する本発明の熱延鋼帯の製造設備列は、所定温度に加熱された被圧延材を熱間圧延して仕上げ圧延開始板厚にする複数の粗圧延機からなる粗圧延機群と、該被圧延材を仕上げ板厚まで制御圧延する複数の仕上げ圧延機からなる仕上げ圧延機群とを備える熱延鋼帯の製造設備列であって、

20

前記複数の粗圧延機のうちの少なくとも1つが可逆式圧延機であり、

前記可逆式圧延機の上流側または下流側において、 $1000\text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 未満の水量密度で被圧延材を緩冷却する緩冷却装置と、圧延方向で前記緩冷却装置と隣り合わせに配置され、 $1000\text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 以上の水量密度で前記緩冷却後の被圧延材を急冷却する急冷却装置と、を備えることを特徴とするものである。ここで、「隣り合わせ」とは、緩冷却装置と急冷却装置とがその相互間に粗圧延機を介さず直接隣り合うことを意味する。

30

【0012】

なお、本発明の熱延鋼帯の製造設備列にあっては、前記複数の粗圧延機のうち少なくとも最下流に配置された粗圧延機が可逆式圧延機であることが好ましい。

【0013】

また、本発明の熱延鋼帯の製造設備列にあっては、前記急冷却装置および前記緩冷却装置は、前記可逆式圧延機に近い方から急冷却装置、緩冷却装置の順に配置されていることが好ましい。

【0014】

さらに、本発明の熱延鋼帯の製造設備列にあっては、前記被圧延材は、その板厚みが80mm以上では前記緩冷却装置により緩冷却され、その板厚みが80mm未満では前記急冷却装置により急冷却されることが好ましい。

40

【0015】

さらに、本発明の熱延鋼帯の製造設備列にあっては、前記緩冷却装置および前記急冷却装置による冷却時間は、被圧延材の冷却中の表面温度が600以上となるようそれぞれ設定されることが好ましい。

【0016】

そして、本発明の熱延鋼帯の製造設備列にあっては、前記複数の仕上げ圧延機のうち最終段の仕上げ圧延機の出側板厚は12mm以上であることが好ましい。

【0017】

また、前記課題を有利に解決する本発明の熱延鋼帯の製造方法は、所定温度に加熱され

50

た被圧延材を複数の粗圧延機により熱間圧延して仕上げ圧延開始板厚にし、該被圧延材を複数の仕上げ圧延機により仕上げ板厚まで制御圧延する熱延鋼帯の製造方法であって、

前記複数の粗圧延機のうちの少なくとも１つが可逆式圧延機であり、

前記可逆式圧延機の上流側または下流側において、被圧延材を緩冷却装置により $1000 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 未満の水量密度で緩冷却し、前記緩冷却後の被圧延材を、圧延方向で前記緩冷却装置と隣り合わせに配置された急冷却装置により $1000 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 以上の水量密度で急冷却することを特徴とするものである。

【0018】

なお、本発明の熱延鋼帯の製造方法にあつては、前記複数の粗圧延機のうち少なくとも最下流に配置された粗圧延機が可逆式圧延機であることが好ましい。

10

【0019】

また、本発明の熱延鋼帯の製造方法にあつては、前記急冷却装置および前記緩冷却装置を、前記可逆式圧延機に近い方から急冷却装置、緩冷却装置の順に配置することが好ましい。

【0020】

さらに、本発明の熱延鋼帯の製造方法にあつては、前記被圧延材を、その板厚みが 80 mm 以上では前記緩冷却装置により緩冷却を行い、その板厚みが 80 mm 未満では前記急冷却装置により急冷却を行うことが好ましい。

【0021】

さらに、本発明の熱延鋼帯の製造方法にあつては、前記緩冷却装置および前記急冷却装置で冷却する被圧延材の冷却中の表面温度が 600 以上となるよう被圧延材を冷却することが好ましい。

20

【0022】

そして、本発明の熱延鋼帯の製造方法にあつては、前記複数の仕上げ圧延機のうち最終段の仕上げ圧延機の出側板厚を 12 mm 以上とすることが好ましい。

【発明の効果】

【0023】

本発明の熱延鋼帯の製造設備列および熱延鋼帯の製造方法においては、可逆式圧延機の上流側または下流側において、まず緩冷却装置により $1000 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 未満の水量密度で被圧延材を緩冷却し、その後、緩冷却後の被圧延材を、圧延方向で緩冷却装置と隣り合わせに配置された急冷却装置により $1000 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 以上の水量密度で急冷却する構成としたことにより、板厚みが比較的大きい圧延初期において、冷却速度は比較的小さいが比較的最長い時間冷却してもシートバーの表層の温度が相変態温度を下回ることのない緩冷却装置による緩冷却を行うことで、シートバー表層の相変態を防止しつつ大きな温度降下量を確保することができる。一方、板厚みが比較的小さい圧延後期では、シートバーの中心と表層とで温度差が小さくシートバーの表層の温度が相変態温度を下回り難いため、急冷却装置による急冷却を行うことで、冷却速度を高めて短時間で所期の制御圧延開始温度にまで冷却することができる。

30

【0024】

したがって、本発明の熱延鋼帯の製造設備列および熱延鋼帯の製造方法によれば、制御圧延に先立って行う冷却中にシートバーの表層が相変態温度を下回ることを防止しつつ、制御圧延開始までに要する時間を低減して能率よく熱延鋼帯を製造することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】一般的な熱延鋼帯の製造設備列を圧延パスとともに模式的に示す構成図である。

【図2】本発明の熱延鋼帯の製造方法の一実施形態を実施する、本発明の熱延鋼帯の製造設備列の一実施形態を圧延パスおよび冷却タイミングとともに模式的に示す構成図である。

。

【図3】板厚み 40 mm のシートバーを様々な冷却水量密度で冷却したときのシートバー表面の温度履歴を示すグラフである。

50

【図４】板厚み４０ｍｍのシートバーを様々な冷却水量密度で冷却したときのシートバーの断面平均温度を示すグラフである。

【図５】初期の表面温度が１０００の様々な板厚のシートバーについて、冷却水量密度とシートバーの表面温度が６００となるまで冷却したときの断面平均の限界温度降下量との関係を示すグラフである。

【図６】初期の表面温度が１０００の様々な板厚のシートバーについて、冷却水量密度とシートバーの断面平均の冷却速度との関係を示すグラフである。

【図７】図２に示す製造設備列において、可逆式圧延機の近くに配置された急冷却装置によりシートバーを冷却する様子を示した図である。

【図８】図２に示す製造設備列において、可逆式圧延機の遠方に配置された緩冷却装置によりシートバーを冷却する様子を示した図である。

【図９】本発明の熱延鋼帯の製造方法の他の実施形態を実施する、本発明の熱延鋼帯の製造設備列の他の実施形態を圧延パスおよび冷却タイミングとともに模式的に示す構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００２６】

以下、一般的な熱延鋼帯の製造設備列および製造方法を説明した後、この発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。図１は、一般的な熱延鋼帯の製造設備列を圧延パスとともに模式的に示す構成図である。

【００２７】

まず、一般的な熱延鋼帯の製造では、図１に示すように、連続加熱炉１で例えば板厚み２６０ｍｍの被圧延材（スラブ）を１２５０に加熱し、その後、粗圧延機群３により所定の厚みのシート状の被圧延材であるシートバー１０とする。この際に、シートバー１０の板幅を調整するために、連続加熱炉１の出側に設置されているサイジングプレス２で、所定のサイズまで幅方向に圧下した後に、粗圧延機群３の圧延機に近接した位置に設置されているエッジャー４で同じく幅方向に圧下する。次いで、クロップシャー５によりシートバー１０の先端および尾端を切断した後に、そのシートバー１０を仕上げ圧延機群６で所定の厚み（例えば２０ｍｍ）まで仕上げ圧延して熱延鋼帯とし、その後、ランアウトテーブル７にて所定の温度まで冷却した後に、コイラー８で巻き取る。

【００２８】

図示例では粗圧延機群３は２機の粗圧延機３１，３２から構成されており、粗圧延機群３のうち上流側（加熱炉側）には、リバース圧延可能な可逆式圧延機３１、下流側には下流側への搬送方向のみの圧延が可能な非可逆式圧延機３２が配置されている。この粗圧延機群３により、例えば、可逆式圧延機３１で５～１１パス程度圧延した後に、非逆式圧延機３２で１パスのみ圧延をする。

【００２９】

従来、所定の制御圧延開始厚みまで圧延されたシートバー１０は、所定の制御圧延開始温度に下がるまで粗圧延機群３と仕上げ圧延機群６の間でオシレーション待機される。シートバー１０の表面温度は放射温度計３３で測定し、シートバー１０の表面温度が所定の制御圧延開始温度にまで下がったことを確認した後、仕上げ圧延機群６に送り制御圧延を実施する。この際、空冷により１５０～２５０程度温度を低下させるため、６０～３００秒程度待機させる必要がある。この間、仕上げ圧延機群６では圧延を行うことができないため圧延能率の低下につながる。また、このときのシートバー１０の厚みを例えば５０ｍｍとすると、シートバー１０の長さは５０ｍ程度と極めて長いため、上記先行文献３や４に開示されるような、シートバーを持ち上げる昇降装置等の機構を導入するのは現実的ではない。

【００３０】

そこで、本発明の実施形態では粗圧延機群３の可逆式圧延機の片側（上流側若しくは下流側）に水量密度１０００Ｌ／ｍｉｎ・ｍ^２以上の急冷却装置と水量密度１０００Ｌ／ｍｉｎ・ｍ^２未満の緩冷却装置とを配置して粗圧延機群３内で冷却と圧延を同時に実施する

10

20

30

40

50

構成を採用している。これにより、粗圧延機群 3 で圧延が完了した時点でシートバー 10 の温度を制御圧延開始温度と等しくなるように調整することができ、制御圧延温度待ち時間を大幅に短縮することができる。

【0031】

これらの冷却装置の具体的な配置例とこれを用いた圧延方法を以下に説明する。図 2 は、図 1 に示した製造設備列に急冷却装置 41 および緩冷却装置 42 を付加した、本発明の熱延鋼帯の製造方法の一実施形態を実施する、本発明の熱延鋼帯の製造装置の一実施形態を模式的に示す構成図である。

【0032】

本実施形態では、図 2 に示すように、可逆式圧延機 31 の下流側に急冷却装置 41 および緩冷却装置 42 を、圧延方向でみて可逆式圧延機 31 に近いほうから急冷却装置 41、緩冷却装置 42 の順に配置する。そして、圧延初期では、図 2 の下段に圧延パスと冷却タイミングを示すように、可逆式圧延機 31 において圧延後に下流側へ送り出される各圧延パス間（圧延と次の圧延の間）で、可逆式圧延機 31 からみて急冷却装置 41 よりも遠方に設置されている緩冷却装置 42 を作動させるとともにシートバー 10 に該緩冷却装置 42 を通過させて往復冷却を実施する。シートバー 10 が所定の薄さとなったところで（圧延後期）、緩冷却装置 42 の放水を停止するとともに、可逆式圧延機 31 からみて緩冷却装置 42 よりも近接した位置に設置された急冷却装置 41 を作動させ、可逆式圧延機 31 において圧延後に下流側へ送り出される各圧延パス間および次工程への移送時にシートバー 10 に急冷却装置 41 を通過させて冷却を実施する。

【0033】

本実施形態では、可逆式圧延機 31 で繰り返し圧延されていくシートバー 10 の厚みに応じて急冷却装置 41 と緩冷却装置 42 を使い分けているがその理由は次の通りである。図 3 に一例として板厚み 40 mm のシートバー 10 を様々な冷却水量密度で冷却したときの表面の温度履歴を示す。図中、急激に温度が低下している領域は水冷を実施したことを示しており、下限温度を経て温度が上昇している時間領域は水冷を停止し放冷（空冷）を実施したことを示している。この図から冷却水の水量密度が多くなるに連れて表面の冷却速度（温度の時間勾配）は早くなることが分かる。一方、シートバー 10 の温度が 600 を下回ると、相変態が起こりオーステナイト組織からフェライト組織に変化する。このような状態で制御圧延を行った場合、表面延性が低下しフェライト粒界からの割れが発生するリスクがある。そのため、水冷中のシートバー 10 の最表層の温度は 600 以上に保持することが好ましい。図 3 に示す例ではそのような観点から、シートバー 10 の表面温度が下限温度の 600 となったところで水冷を停止している。図 4 は、そのときのシートバー 10 の断面平均温度を示す。同じく図中の急激に温度が低下している時間領域は水冷を実施したことを示す。冷却水の水量密度が高いとシートバー 10 の断面平均温度の時間勾配、つまり冷却速度は急峻になるものの、表面温度を 600 以上に保持しフェライト粒界からの割れを防止する観点から冷却水の供給を途中で停止しているため、冷却水の水量密度が高いほど冷却終了時の温度も高くなる。そのため、冷却水の水量密度を小さくするほど、冷却速度は遅いものの、1 回で冷却可能な温度降下量を大きくすることができることが分かる。

【0034】

図 5 には初期の表面温度が 1000 の様々な板厚のシートバー 10 について、冷却水量密度と表面温度が 600 となるまで冷却をしたときの断面平均の温度降下量との関係を示す。先に説明したように、表面温度を 600 以上に保持するという制約条件があることで、板厚みが大きくなるほど、また冷却水の水量密度が大きくなるほど 1 回の水冷による冷却温度降下量は小さくなる。以後、表面温度 600 の制約から 1 回の冷却で降下させることができる温度を限界温度降下量と呼ぶ。

【0035】

図 6 には初期の表面温度が 1000 の様々な板厚のシートバー 10 について、冷却水の水量密度とシートバー 10 の冷却速度の断面平均との関係を示す。冷却水の水量密度が

大きいほど冷却速度は速い。そのため、先の制約を併せて考えると、限界温度降下量以下の冷却を実施する場合は、冷却水の水量密度を高くするほうが短い時間で温度を降下させることが出来るため、圧延時間の短縮には有利となる。

【0036】

ここで実際の圧延工程を考えると、220～260mm程度の厚みを持つスラブを45mm程度まで10パス前後で圧延する。圧延初期では板厚みが大きく限界温度降下量が小さくなる傾向にあるため、1パスあたりの表面の下限温度の点から限界温度降下量が大きい緩冷却が有利である。圧延後期の板厚みが小さくなった条件では、限界温度降下量を大きくとることができるので、冷却速度を高めて短い時間で水冷する急冷却のほうが有利になる。また、板厚みが小さいほうが限界温度降下量が大きいことから、複数の粗圧延機が設けられている場合は、最も小さい板厚みに対応した最下流の可逆式圧延機の上流側若しくは下流側において冷却を実施するのが好適である。

10

【0037】

また、図5から分かるように、板厚みが比較的大きい80mmおよび120mmの場合では、冷却水の水量密度が $1000\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ を境に、低水量密度では限界温度降下量が大きくなる。そのため、シートバー10の表面のフェライト割れを防止する観点から、板厚み80mm以上では冷却水の水量密度を $1000\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 未満とすることで大きな限界温度降下量を確保することができる。

【0038】

そこで、本発明の実施形態では制御圧延に望ましい所定温度（制御圧延開始温度）までの冷却を複数パスに分散させ、1パスで20～30程度の冷却を実施する。その際、上記原理に鑑み、板厚みが比較的大きい、特に板厚みが80mm以上である圧延初期には、水量密度が $1000\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 未満である緩冷却装置42で冷却を実施し、板厚みが比較的小さい、特に板厚みが80mm未満となる圧延後期には、水量密度が $1000\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 以上の急冷却装置41で冷却を実施することで、シートバー10の表面のフェライト割れを防止しつつ効率的な冷却を行うことができ、圧延時間を短縮することが可能となる。

20

【0039】

なお、緩冷却装置42では、冷却水の水量密度を下げるほど1パスあたりの水冷による温度降下量は大きくなるが、冷却速度は遅くなるため、能率を向上させる効果が小さくなる。そこで、緩冷却装置42の冷却水量は $200\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 以上とするのが好ましい。一方、急冷却装置41では、冷却水量密度を大きくするほど1パスあたりの水冷による温度降下量は小さくなるが、冷却速度は速くなる。そのため、1パスあたりの限界冷却能力があまり変わらない範囲では、冷却水量増大に伴う設備コストの上昇もあるため、冷却水の水量密度を $6000\text{ L/min}\cdot\text{m}^2$ 以下とするのが好ましい。

30

【0040】

各冷却装置41、42は、複数の円管ノズルから構成される群噴流冷却、パイプラミナー、ミスト冷却、スプレー冷却などいかなる形式のものでかまわないが、急冷却装置41では冷却水量が多いためシートバー10上に厚い滞留水が発生し易く、当該滞留水が噴射された冷却水の、鋼板表面への衝突を阻害する結果、安定した冷却が得られない可能性がある。そこで、急冷却装置41には、液膜に対する貫通力の高い円管ノズルを複数有する群噴流冷却装置を用いることが好ましい。一方、緩冷却装置42では特に制限はなく、一般的に熱延鋼帯の冷却装置で使われているパイプラミナー方式やスプレー方式を用いることができる。

40

【0041】

次に冷却装置41、42の好ましい配置について説明すると、圧延方向でみて可逆式圧延機31に対して近い位置に急冷却装置41、遠い位置に緩冷却装置42の順に配置するのが好ましい。本実施形態では、シートバー10の厚みに応じて冷却装置を使い分けるが、シートバー10は各圧延パスで圧下されることで板厚みが小さくなり、その分だけシートバー10の長さが順次長くなる。つまり急冷却装置41を使用する板厚みが小さい領域

50

では、最も大きいシートバー長となる。一般的な粗圧延機群のレイアウトは、設計仕様のパススケジュールに基づき、各圧延機の間隔が決まっている。そのため、シートバー 10 を冷却装置 4 1, 4 2 で通過冷却する際に、シートバー 10 が長いとシートバー 10 が冷却装置 4 1, 4 2 から出た時点で隣接する圧延機まで到達して干渉する恐れがある。そこで、図 7 に示すように板厚みが小さく長いシートバー 10 を冷却する急冷却装置 4 1 は、可逆式圧延機 3 1 に近い位置に設置するのがよい。

【 0 0 4 2 】

また、急冷却装置 4 1 の冷却方式としては、通過冷却とするのが好ましい。この際、圧延と水冷を同時に実施するため、圧延速度および急冷却装置 4 1 の通過速度は同じ値にする必要がある。そこで、可逆式圧延機 3 1 と急冷却装置 4 1 の距離は可能な限り小さくすることが好ましいが、通常、可逆式圧延機 3 1 の周囲にはエッジャー 4 や圧延ガイドなどが設置されており近接配置には限界があるため、急冷却装置 4 1 は可逆式圧延機 3 1 の 2.5 m 以内に配置するのが好ましい。

【 0 0 4 3 】

緩冷却装置 4 2 は、図 8 に示すように板厚みが比較的大きいシートバー 10 に対して用いられるため、緩冷却装置 4 2 を通過した後のシートバー 10 が隣の粗圧延機 3 2 に干渉しないように、隣接する粗圧延機 3 1, 3 2 の略中央位置に配置するのがよい。可逆式圧延機 3 1 と緩冷却装置 4 2 との間の距離および緩冷却装置 4 2 とこの隣に設置された非可逆式圧延機 3 2 との間の距離が、水冷されるシートバー 10 の長さよりも大きい場合は、シートバー 10 を可逆式圧延機 3 1 で圧延した後に、その通板速度を変更して緩冷却装置 4 2 を通過させてもよく、これによれば冷却時の温度降下量を自在に調整することができる。このような観点からも、緩冷却装置 4 2 は隣り合う粗圧延機 3 1, 3 2 の中央位置に設置するのが好ましい。また、シートバー 10 の長さが緩冷却装置 4 2 の長さよりも小さい場合は、通過冷却に代えて、シートバー 10 を緩冷却装置 4 2 の直下まで搬送した後にシートバー 10 を停止若しくはオシレーションさせながら冷却してもかまわない。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態の圧延鋼帯の製造設備列は、図 2 に示すように、圧延パススケジュール作成装置 5 1 および冷却パススケジュール作成装置 5 2 を備えていてよい。圧延パススケジュール作成装置 5 1 は、パーソナルコンピュータ等によって構成され、入力されたスラブの厚みおよび制御圧延開始厚み等から、各圧延パスの圧下量の制限内でそのパス数ができる限り少なくなるよう各粗圧延機 3 1, 3 2 における圧下量およびパス数等のパススケジュールを算出し作成する。

【 0 0 4 5 】

冷却パススケジュール作成装置 5 2 は、パーソナルコンピュータ等によって構成され、上記圧延パススケジュール作成装置 5 1 により算出された各圧延パス後のシートバー 10 の厚み等に基づき、各冷却パスに対して、シートバー 10 の厚みが 80 mm 以上では緩冷却装置 4 2 による緩冷却を、シートバー 10 の厚みが 80 mm 未満では急冷却装置 4 1 による急冷却をそれぞれ割り当てるとともに、あらかじめの実験等により得られた所定の板厚みにおける冷却水量密度と温度降下量との関係、およびあらかじめの実験等により得られた所定の冷却水量密度におけるシートバー 10 の表面温度と冷却時間との関係から、冷却パス数や冷却時間を算出する。この際、冷却パススケジュール作成装置 5 2 は、シートバー 10 の冷却中の表面温度が 600℃ を下回らないよう緩冷却装置 4 2 および急冷却装置 4 1 による冷却時間や通板速度をそれぞれ算出する。なお、冷却パススケジュール作成装置 5 2 により作成された冷却パススケジュールは圧延パススケジュール作成装置 5 1 にフィードバックされるようにしてもよく、算出された冷却パス数に対して圧延パス数が不足する場合には、圧延パススケジュール作成装置 5 1 が圧下量ゼロの圧延パスを付加し、この圧延パス後に水冷を実施するようにしてもよい。このようにして作成された圧延パススケジュールおよび冷却パススケジュールは、各粗圧延機 3 1, 3 2 および冷却装置 4 1, 4 2 に出力され、各装置 3 1, 3 2, 4 1, 4 2 は当該スケジュールに従い圧延および冷却を実施する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

ところで、上記実施形態では、圧延方向でみて可逆式圧延機 3 1 の下流側に、急冷却装置 4 1、緩冷却装置 4 2、非可逆式圧延機 3 2 の順に配置した例を示したが、可逆式圧延機 3 1 の上流側で可逆式圧延機 3 1 に近いほうから急冷却装置 4 1、緩冷却装置 4 2 の順に設置してもかまわない。図示例では、奇数回目の圧延パス終了後にシートバー 1 0 の水冷を行っているが、可逆式圧延機 3 1 の上流側に該可逆式圧延機 3 1 に近いほうから急冷却装置 4 1、緩冷却装置 4 2 の順に設置した場合は、第 1 圧延パスの前と偶数回目の圧延パス終了時に水冷を実施することになる。

【 0 0 4 7 】

また、上記実施形態では、粗圧延機群 3 は各 1 機の可逆式圧延機 3 1 および非可逆式圧延機 3 2 からなると説明したが、粗圧延機群 3 は複数の可逆式圧延機 3 1 を有していてもよい。図 9 は、本発明に従う他の実施形態の熱延鋼帯の製造設備列およびこれを用いた熱延鋼帯の製造方法を示している。この図に示す実施形態では、粗圧延機群 3 は 3 機の可逆式圧延機 3 1 からなる。圧延方向でみて最下流側の可逆式圧延機 3 1 の上流側に、該可逆式圧延機 3 1 に近いほうから急冷却装置 4 1、緩冷却装置 4 2 の順で配置されている。図の下段には圧延工程中の水冷タイミングも記載されている。本製造設備列においては、図中の左側にある最上流の可逆式圧延機 3 1 から圧延を開始し、各可逆式圧延機 3 1 でそれぞれ 3 パス圧延を実施する。この際、中央の可逆式圧延機 3 1 では、奇数回目の圧延パス終了後に緩冷却装置 4 2 で冷却を行い、その後、中央の可逆式圧延機から右側の最下流の可逆式圧延機 3 1 への移送中と偶数回目の圧延パス終了後とに急冷却装置 4 1 で冷却を行うようにしている。

【実施例】

【 0 0 4 8 】

次に、本発明の実施例について説明する。対象とした圧延素材（被圧延材）は鋼材であり、下記表 1 に示すように製品厚みは 1 8 m m、2 4 m m とし、制御圧延圧下率は 6 0 % とした。つまり、制御圧延開始厚みは 4 5 m m および 6 0 m m となる。また、制御圧延開始温度は、8 5 0 とした。比較例 1 および 2 では、図 1 に示すラインを用いて、圧延素材を連続式加熱炉 1 で 1 1 5 0 まで加熱し、その後、粗圧延機群 3 で表 1 に記載されている制御圧延開始厚みまで圧延してシートバー 1 0 とし、放射温度計 3 3 でシートバー 1 0 の表面温度が 8 5 0 ± 1 0 となったことを確認した後に仕上げ圧延機群 6 により圧延を実施した。目標の制御圧延開始温度よりもシートバー 1 0 の温度が高い場合は、粗圧延機群 3 と仕上げ圧延機群 6 の間でシートバー 1 0 を所定の制御圧延開始温度となるまでオシレーション待機させた。

【 0 0 4 9 】

【表 1】

	加熱温度	製品厚み	制御圧延 開始厚み (仕上前厚)	制御圧延 開始温度 (仕上開始 温度)	緩冷却装置	急冷却装置
実施例 1	1150℃	18mm	45mm	850℃	22sec	5sec
実施例 2	1150℃	24mm	60mm	850℃	40sec	5sec
比較例 1	1150℃	18mm	45mm	850℃	不使用	不使用
比較例 2	1150℃	24mm	60mm	850℃	不使用	不使用

【 0 0 5 0 】

実施例 1 および 2 では、図 2 に示すように粗圧延機群 3 の可逆式圧延機 3 1（上流側）と非可逆式圧延機 3 2（下流側）との間に急冷却装置 4 1 および緩冷却装置 4 2 を配置して粗圧延工程において水冷を実施した。実施例 1 では、下記表 2 に記載のパススケジュール

ルに従い圧延および水冷を実施し、実施例 2 では下記表 3 のパススケジュールに従い圧延および冷却を実施した。同様に、比較例 1 については表 2 のパススケジュールに従い、比較例 2 については表 3 のパススケジュールに従いそれぞれ圧延を実施したが、水冷は行っていない。

【 0 0 5 1 】

【表 2】

圧延パス	圧延機 No.	圧延機形式	圧延方向	圧延機後厚み	冷却パス	冷却装置
				mm		
1	1	可逆式	下流側	230	有り(2回)	緩冷却装置
2	1	可逆式	上流側	190	無し	—
3	1	可逆式	下流側	150	有り(2回)	緩冷却装置
4	1	可逆式	上流側	120	無し	—
5	1	可逆式	下流側	90	有り(2回)	緩冷却装置
6	1	可逆式	上流側	85	無し	—
7	1	可逆式	下流側	75	有り(2回)	急冷却装置
8	1	可逆式	上流側	65	無し	—
9	1	可逆式	下流側	55	有り(1回)	急冷却装置
10	2	非可逆式	下流側	45	無し	—

【 0 0 5 2 】

【表 3】

圧延パス	圧延機 No.	圧延機形式	圧延方向	圧延機後厚み	冷却パス	冷却装置
				mm		
1	1	可逆式	下流側	230	有り(2回)	緩冷却装置
2	1	可逆式	上流側	190	無し	—
3	1	可逆式	下流側	160	有り(2回)	緩冷却装置
4	1	可逆式	上流側	130	無し	—
5	1	可逆式	下流側	100	有り(2回)	緩冷却装置
6	1	可逆式	上流側	85	無し	—
7	1	可逆式	下流側	70	有り(1回)	急冷却装置
8	2	非可逆式	下流側	60	無し	—

【 0 0 5 3 】

急冷却装置 4 1 には、穴径 5 mm の円管ノズルを搬送方向（圧延方向）および幅方向に 60 mm ピッチで多数配置した群噴流冷却装置を用い、その冷却水量密度は $3000 \text{ L} / \text{min} \cdot \text{m}^2$ とした。緩冷却装置 4 2 には、シートバー 10 の上面側に配置されたヘアピン型のパイプラミナー冷却装置と、シートバー 10 の下面側に配置されたスプレー冷却装置とを用い、その冷却水量密度は $900 \text{ L} / \text{min} \cdot \text{m}^2$ とした。また、冷却時のシートバー 10 の表面温度が 600 以上となるよう圧延速度および冷却装置通過速度を制御した。その結果、シートバー 10 を可逆式圧延機 3 1 から急冷却装置 4 1 へ搬送して冷却した後に該圧延機 3 1 まで戻って来るまでの時間は、表 1 に示すように 5 秒となった。また、シートバー 10 を可逆式圧延機 3 1 から緩冷却装置 4 2 へ搬送して冷却した後、該圧延機 3 1 に戻って来るまでの時間は、表 1 に示すように製品厚み 18 mm では 22 秒、製品厚み 24 mm では 40 秒となった。

【 0 0 5 4 】

上記条件下で、実施例 1 , 2 および比較例 1 , 2 の圧延素材について実際に圧延した結果を下記表 4 に示す。実施例 1 は、製品厚み 1 8 m m の例である。仕上げ圧延機群 6 前の待機時間は約 1 0 秒であり、待機時間と粗圧延時間の合計は 4 2 8 秒であった。なお、1 0 秒の待機時間は、仕上げ圧延機群 6 の前で放射温度計 3 3 により温度を確認するのに要した時間であり、実質的な待機時間は発生していない。実施例 1 と同じ圧延パススケジュールに従い圧延を行ったが本発明で提案した冷却装置 4 1 , 4 2 を使用していない比較例 1 では、仕上げ圧延機群 6 に到達した時のシートバー 1 0 の温度は 9 6 5 であり、目標の 8 5 0 よりも 1 1 5 高かったため、目標温度となるまで仕上げ圧延機群 6 の前で 1 7 0 秒待機（空冷）させた。待機時間と粗圧延時間の合計は 5 1 4 秒となり、実施例 1 よりも 8 6 秒長くなった。

10

【 0 0 5 5 】

【表 4】

	粗圧延 パススケ ジュール	冷却装置 の使用	仕上げ圧延機 入り側温度		仕上げ圧 延機前の 待機時間	粗圧延時間 (加熱炉抽出 ～ 仕上げ圧延前)	待機時間＋ 粗圧延時間
			到着	圧延開始			
実施例 1	表 1	有り	856℃	852℃	10 sec	418 sec	428 sec
実施例 2	表 2	有り	852℃	850℃	10 sec	421 sec	431 sec
比較例 1	表 1	無し	965℃	852℃	170 sec	344 sec	514 sec
比較例 2	表 2	無し	992℃	847℃	290 sec	300 sec	590 sec

20

【 0 0 5 6 】

実施例 2 は、製品厚み 2 4 m m の例である。実施例 1 と同じく仕上げ圧延機群 6 前での待機時間は 1 0 秒程度であり、待機時間と粗圧延時間の合計は 4 3 1 秒となり、実施例 1 とほぼ同じ圧延時間となった。なお、1 0 秒の待機時間は、仕上げ圧延機群 6 の前で放射温度計 3 3 により温度を確認するのに要した時間であり、実質的な待機時間は発生していない。

【 0 0 5 7 】

実施例 2 と同じ圧延パススケジュールに従い圧延を行ったが、本発明で提案した冷却装置 4 1 , 4 2 を使用していない比較例 2 では、仕上げ圧延機群 6 に到達した時のシートバー 1 0 の温度は 9 9 2 であり、目標の 8 5 0 よりも 1 4 2 高かったため、目標温度となるまで仕上げ圧延機群 6 の前で 2 9 0 秒待機（空冷）させた。待機時間と粗圧延時間の合計は 5 9 0 秒となり、実施例 2 よりも 1 5 9 秒長くなった。

30

【 0 0 5 8 】

上記試験の結果、粗圧延機群 3 内に急冷却装置 4 1 および緩冷却装置 4 2 を設置しシートバーの厚みに応じて急冷却および緩冷却を使い分けることで、加熱炉から抽出してから仕上げ圧延を開始するまでの時間は、製品厚み 1 8 m m の素材では 8 6 秒短縮され、製品厚み 2 4 m m の素材では 1 5 9 秒短縮されることが確認された。

40

【 0 0 5 9 】

以上図示例に基づき本発明を説明したが、本発明はこれに限定されず、特許請求の範囲の記載範囲内で適宜変更、追加することができる。例えば、急冷却装置 4 1 および緩冷却装置 4 2 による冷却は、冷却装置 4 1 , 4 2 に向けて送り出される全ての圧延パス後に行わなくてもよく、水冷による温度降下量が大きく、仕上げ圧延機到達時の温度が仕上げ圧延の予定開始温度よりも下回る場合は、任意のパスの水冷を実施しなくてもよい。特に緩冷却装置 4 2 で水冷する場合は、通過冷却とするとともに緩冷却装置 4 2 の入側で通板速度を変更することで、温度降下量を調整してもよく、あるいは停止若しくはオシレーション冷却を実施するとともに冷却水の噴射時間を調整することで、温度降下量を調整してもよい。さらに、上記説明では、可逆式圧延機 3 1 に対して近い位置に急冷却装置 4 1 を、

50

遠い位置に緩冷却装置 4 2 をそれぞれ配置したが、粗圧延機 3 1 , 3 2 の間隔が十分に長い場合等では、可逆式圧延機 3 1 に対して近い位置に緩冷却装置 4 2 を、遠い位置に急冷却装置 4 1 をそれぞれ配置してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0060】

かくして本発明によれば、制御圧延に先立って行う冷却中にシートバーの表層が相変態温度を下回ることを防止しつつ、制御圧延開始までに要する時間を低減して能率よく熱延鋼帯を製造することができる。

【符号の説明】

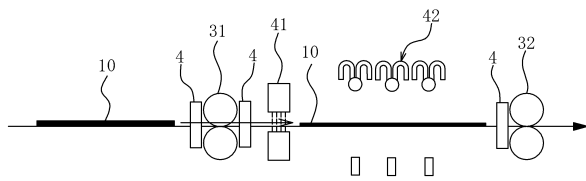
【0061】

- 1 連続加熱炉
- 2 サイジングプレス
- 3 粗圧延機群
- 4 エッジャー
- 5 クロップシャー
- 6 仕上げ圧延機群
- 7 ランアウトテーブル
- 8 コイラー
- 10 シートバー
- 31 可逆式圧延機
- 32 非可逆式圧延機
- 33 放射温度計
- 41 急冷却装置
- 42 緩冷却装置
- 51 圧延パススケジュール作成装置
- 52 冷却パススケジュール作成装置

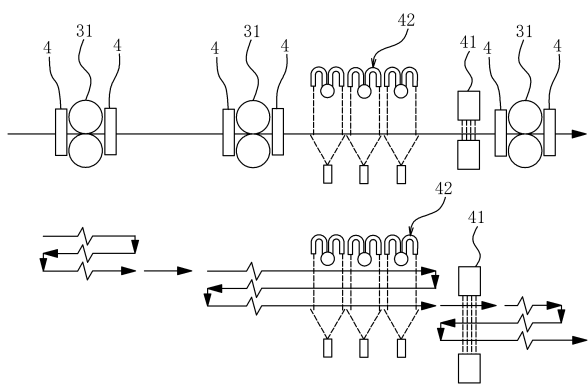
10

20

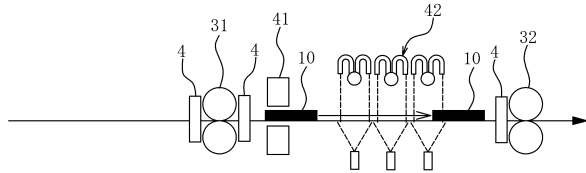
【図 7】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 片山 由佳子
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 松本 亨
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

審査官 國方 康伸

- (56)参考文献 特開2015-217411(JP, A)
特開2000-317501(JP, A)
特開2008-248291(JP, A)
国際公開第2008/108483(WO, A1)
特開2008-246579(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B21B 1/00 - 11/00
B21B 45/00 - 45/08