

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年12月23日 (23.12.2004)

PCT

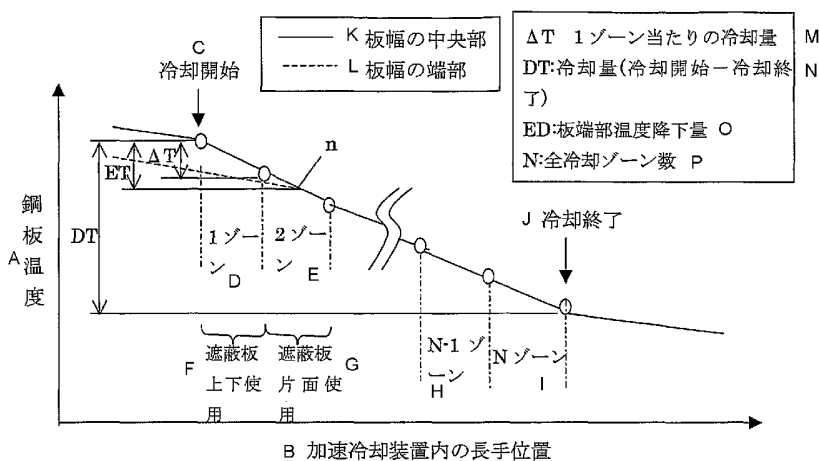
(10) 国際公開番号
WO 2004/110662 A1

- (51) 国際特許分類: **B21B 45/02**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008294
- (22) 国際出願日: 2004年6月8日 (08.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2003-170006 2003年6月13日 (13.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): JFE スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上岡 悟史 (UEOKA, Satoshi) [JP/JP]; 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 井原 健滋 (IHARA, Kenji) [JP/JP]; 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 弓削 佳徳 (YUGE, Yoshinori) [JP/JP]; 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 落合 憲一郎 (OCHIAI, Kenichiro); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: CONTROLLABLE COOLING METHOD FOR THICK STEEL PLATE, THICK STEEL PLATE MANUFACTURED BY THE CONTROLLABLE COOLING METHOD, AND COOLING DEVICE FOR THE THICK STEEL PLATE

(54) 発明の名称: 厚鋼板の制御冷却方法、その制御冷却方法で製造された厚鋼板及びその冷却装置



(57) Abstract: A controllable cooling method for a hot rolled thick steel plate, a thick steel plate manufactured by the controllable cooling method, and a cooling device for the thick steel plate. Specifically, the controllable cooling method for the thick steel plate, the method wherein the temperature distribution of the thick steel plate in the lateral direction is uniformized before or at the beginning of the controllable cooling, and the entire part of the thick steel plate in the lateral direction is cooled by the controllable cooling device at a same cooling rate.

(57) 要約: 本発明は熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法及びその冷却装置に関するものである。具体的には、熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法において、制御冷却前あるいは制御冷却の初期において、厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化させ、その後の制御冷却装置により厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で冷却する厚鋼板の制御冷却方法、その制御冷却方法で製造された厚鋼板およびその冷却装置である。

- A...TEMPERATURE OF STEEL PLATE
- B...LONGITUDINAL POSITION IN ACCELERATED COOLING DEVICE
- C...START OF COOLING
- D...1ST ZONE
- E...2ND ZONE
- F...BOTH UPPER AND LOWER SURFACES OF SHIELD PLATE ARE USED.
- G...ONE SURFACE OF SHIELD PLATE IS USED.
- H...N-1 ZONE
- I...N ZONE
- J...END OF COOLING
- K...CENTER OF PLATE IN LATERAL DIRECTION
- L...ENDS OF PLATE IN LATERAL DIRECTION
- M...ΔT: COOLING AMOUNT PER ZONE
- N...DT: COOLING AMOUNT (START OF COOLING - END OF COOLING)
- O...ED: FALLEN AMOUNT OF TEMPERATURE AT PLATE ENDS
- P...N: NUMBER OF ALL COOLING ZONES



WO 2004/110662 A1



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

厚鋼板の制御冷却方法、その制御冷却方法で製造された厚鋼板及びその冷却装置

技術分野

本発明は熱間圧延を完了した厚鋼板(steel plate)の制御冷却方法(accelerated control cooling system)、その制御冷却方法で製造された厚鋼板及びその冷却装置に関するものである。

背景技術

厚鋼板の製造において、鋼板に要求される機械的性質、特に強度と靱性を確保するため、圧延後の厚鋼板には冷却速度が大きい制御冷却が行われる場合がある。制御冷却とは、熱間圧延後、オーステナイト(austenite)からフェライト(ferrite)への変態温度領域(transformation range)を急速に冷却して変態組織を制御して、鋼の結晶組織を調整し、目的とする機械的性質等の材質を得る技術である。また、同時に厚鋼板全体の材質の均一性を確保し、冷却後の厚鋼板の歪み(strain)の発生を抑制するために冷却が厚鋼板面全体にわたって均一に行われることが必要である。一方、現状の制御冷却技術では、冷却後の厚鋼板の四周部(four periphery zones)が厚鋼板の中央部と比較して過冷却(supercooling)の状態となり、厚鋼板面全体が、均一に冷却がなされていないのが実態である。

このような要求に応えるために、特開平10-58026号公報には、冷却水を、鋼板の搬送方向に対して所定の角度をなし、鋼板の幅方向に対しては所定の間隔をもった平行な複数個の

高速の水膜として鋼板表面に衝突させた技術が開示されている。そして、衝突後の冷却水は衝突域を境にして均等に左右に分かれて鋼板表面に沿った流水域を形成し、かつ、衝突域の端部は、鋼板の搬送方向から見て互いに重ならず連続するように配置して冷却する、高温鋼板の冷却方法が提案されている。

また、特開平6-184623号公報（特許第2698305号公報）には、仕上圧延され、圧延波を矯正された厚鋼板を冷却する方法として、制御冷却装置の入側に設けた高い冷却能力を有するスリットジェット(slit jet)冷却ノズルから高圧水流を厚鋼板に対して斜めに噴射し、厚鋼板の幅方向の両端部への水流を遮蔽する手段が提案されている。

また、特開昭61-219412号公報には、圧延熱鋼板の冷却前の鋼板の幅方向の温度分布を測定し、この測定結果から該熱鋼板への幅方向の水量分布を演算する。ついで該熱鋼板の直前に冷却した先行熱鋼板の冷却後の温度データを用いて前記演算水量分布を補正し、該補正演算冷却水量分布に基づいて熱鋼板の幅方向注水量分布を調整することを特長とする熱鋼板の均一冷却方法が提案されている。

また、特開昭58-32511号公報には、熱間圧延後の厚鋼板の上面及び下面に冷却水を衝突させ、前記厚鋼板の端部を遮蔽樋により遮蔽して、前記厚鋼板の端部に上面冷却水流が直接衝突することを防ぎながら、前記厚鋼板を冷却する技術が、開示されている。そして、前記厚鋼板の板幅、上下面冷却水量、及び冷却開始時の前記厚鋼板の板幅方向の温度分布に基づいて冷却終了時に前記厚鋼板の幅方向に均一な温度分布が得られるような、前記遮蔽樋による前記厚鋼板の端部の遮蔽幅を演算する。かくして得られた演算結果に基づいて前記遮

蔽幅が得られるように前記遮蔽樋の位置を制御することを特長とする厚鋼板の冷却方法が提案されている。

上述の4つの特開平10-58026号公報、特開平6-184623号公報（特許第2698305号公報）、特開昭61-219412号公報および特開昭58-32511号公報に開示された手段は、いずれにおいても冷却の際、厚鋼板の板幅方向の端部で過冷却される現象を防止するものである。ある程度その効果を見込むことができるものであるが、なお厚鋼板全体を均一に冷却する点において問題が残されている。これらの発明の技術思想は冷却前又/及び冷却中に厚鋼板の幅方向の端部に発生する過冷却を、冷却中において厚鋼板の幅方向の端部のみ冷却速度を遅くして、冷却後の厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化する技術である。そのため、これらの提案による際には、厚鋼板の板面内の温度分布を均一にするためにある程度冷却速度を犠牲にする必要があり、材質の向上の隘路(bottle neck)になっている。さらに、これらの提案では、圧延途中の中間圧延材の先尾端部(top and tail end)に至る温度の均一性を確保することができず、冷却後に歪みを発生するおそれもある。また、後述するように膜沸騰(film boiling)や遷移沸騰(transition boiling)など冷却中の伝熱形態の変化について考慮していないため、厚鋼板の板端部の冷却速度を制御することが難しく、板厚や冷却開始温度、冷却終了温度、冷却水量等がある特定条件では調整できたとしても、冷却条件が変化した場合に調整できない場合も多く、これに関する具体的な記述も無いため、実際の操業は困難である。

また、特開昭61-15926には、熱鋼板を複数のロールで上下面から押しながら注液冷却(water flow cooling)する方法において、ロール間毎の上方及び/又は、下方に配置したヘッ

ダーに、任意に開閉時間を制御できる遮断弁を設けた技術が開示されている。更に該熱鋼板の通過位置の検出手段と冷却開始前の該熱鋼板の長手方向の温度プロフィールを検出する手段ならびに冷却演算制御手段を設け、移動中の該熱鋼板の先端部及び/又は後端部が通過しようとする位置に相当するヘッドの遮断弁を開閉制御することを特長とする熱鋼板の冷却方法が提案されている。しかし、特開昭61-15926公報では冷却の際、厚鋼板が長手方向の先尾端部で過冷却される現象を防止するものであるが、これらの提案では、圧延材の幅方向の中央部では温度の均一性を確保することができず、冷却後の歪みや鋼板の端部における応力の残留を回避する手段がない。

また、特開平11-267737号公報には、熱間圧延された高温の鋼板を制御冷却して鋼板を製造する鋼板の製造方法が開示されている。そして、粗圧延機(roughing mill)と仕上圧延機(finishing mill)の間に設けられた冷却装置により、加熱炉から粗圧延終了までに生じた厚鋼板の板端部付近の温度低下量及び仕上圧延時に生じると推定される板端部付近の温度低下量を補償するように、厚鋼板の板幅方向に温度分布を持った冷却を行い、仕上圧延後は、厚鋼板の幅方向に均一な冷却条件で制御冷却を行うことを特長とする厚鋼板の製造方法が提案されている。しかし、特開平11-267737号公報は、厚鋼板の幅方向の端部の温度補償を仕上圧延前の早い段階で実施するが、そもそも、仕上圧延完了時に厚鋼板の幅方向の温度分布が均一となるよう仕上圧延前の温度分布を予測することが難しい。これは、圧延中において厚鋼板の板端部が、厚鋼板の上下面方向および厚鋼板の側面から放射及び自然対流による冷却がなされるのに加え、圧延中は厚鋼板の形状や表面状態

を制御するためにウォータージェット(water jet)によるデスクーリング(descaling)による冷却がなされ、厚鋼板の幅方向端部や厚鋼板の先尾端に温度分布の偏差が発生しやすくなる。特に、デスクーリングはオペレーター(operator)が厚鋼板の状態を見ながら使用・不使用を判断することが多く、粗圧延完了段階の温度分布制御により、再現良く仕上圧延完了時の温度分布を均一化することが困難である。

また、制御冷却において厚鋼板の幅方向に均一な温度分布とする具体的手法が提示されておらず、実現は困難である。

また、特開2001-137943号公報には、熱間圧延が完了した後、金属板の幅エッジ部を加熱し、その後、水冷却及び/又は熱間矯正を行なうことを特長とする金属板の平坦度制御方法が提案されている。しかし、特開2001-137943号公報では、バーナー(burner)による加熱の場合、加熱効率が悪いため大容量バーナーを使用せざるを得ず加熱コスト(cost)が高くなり、更に厚鋼板の加熱部が酸化され表面性状が損なわれる問題がある。誘導加熱の場合は非常に設備コスト及び加熱コストが高くなるため現実的ではない。また、何らかの手段で厚鋼板の板幅方向の温度分布が冷却前に均一化されても、その後、厚鋼板の板幅方向の温度分布が均一になるように冷却する手法が提示されていないため、冷却装置によっては先に述べたように沸騰現象や鋼板上面の滞留水が端部から落下ことによる厚鋼板の端部の被水量増加に起因した過冷却が発生する。

発明の開示

本発明は、上記従来技術の問題点を解決することを課題とし、圧延を完了した厚鋼板を制御冷却するに際して、板面内の温度分布を厚鋼板の幅方向、厚鋼板の長手方向全域にわた

って均一にすることができ、かつ、全体として冷却速度が大きい厚鋼板の制御冷却方法、その制御冷却方法で製造された厚鋼板及び装置を提案するものである。また、厚鋼板の板幅方向や厚鋼板の長手方向の残留応力(residual stress)分布が均一であり、条切りキャンバー(camber)等の加工形状不良を生じない厚鋼板の冷却方法、その制御冷却方法で製造された厚鋼板及び装置を提供するものである。

すなわち、本発明は、熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法において、厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化させつつ冷却する第1の冷却ステップ(step)と、厚鋼板の幅方向の温度分布の均一化終了後に、厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する第2の冷却ステップとを有する熱間圧延を完了した厚鋼板の冷却方法である。

また、本発明は、前記第1の冷却ステップは、複数の独立した冷却ゾーン(zone)を有する通過型の制御冷却装置における一以上の入側の冷却ゾーンにより厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限しながら冷却し、前記第2の冷却ステップは、前記一以上の入側の冷却ゾーンの後続の冷却ゾーンにより厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、前記第1の冷却ステップは、予備冷却装置により厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限しながら冷却し、前記第2の冷却ステップは、前記予備冷却装置の後段に設置された複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の制御冷却装置により、厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、前記厚鋼板の幅方向

の両側端部の冷却水量の制限を、厚鋼板の幅方向の端部に設置した遮蔽部材(masking member)にて行なう厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、前記制御冷却装置の前段の冷却において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量を制限する厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、前記予備冷却装置若しくは前記予備冷却装置および前記制御冷却装置の冷却において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量を制限する厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量の制限を、厚鋼板の長手方向の先尾端部の通過信号により所定時間作動する水量制御手段にて行なう厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、前記制御冷却装置の前段部は、各ゾーン間に厚鋼板の幅方向の端部の水量制限が可能な厚鋼板の幅方向の端部に設置した遮蔽部材を設置し、遮蔽部材は各ゾーン及び上下面において、それぞれ独立して厚鋼板の幅方向の端部の冷却水を遮蔽できる厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、制御冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量及び温度低下が発生している厚鋼板の幅方向の端部からの距離を解析し、その結果に基づき制御冷却装置前段の各冷却ゾーンに設置されている遮蔽部材による遮蔽量と遮蔽を実施する冷却ゾーン数を演算して、演算された結果に基づき遮蔽部材を制御する厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、上記方法において、予備冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定し、測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量及び温度低下が発生している厚鋼板の幅方向の端部からの距離を解析し、その結果に基づき予備冷却装置における遮蔽部材による遮蔽量と冷却時間を演算し、演算された結果に基づき予備冷却装置による冷却を実施する厚鋼板の制御冷却方法である。

また、本発明は、熱間圧延後、上記の制御冷却方法により、制御冷却されて製造された厚鋼板である。

また、本発明は、複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の制御冷却装置であって、各冷却ゾーンは冷却水量密度が1200 liter (以降、Lと略す)/min.m²以上通水可能であり、かつ前段の冷却ゾーンに厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限する遮蔽部材が設置されている厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、圧延機の後面に予備冷却装置、制御冷却装置が順に配列された冷却装置であって、前記予備冷却装置は投入水量密度が500L(literの略)/min.m²以下でかつ、厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限する遮蔽部材が設置されており、かつ前記制御冷却装置は複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の装置であって、各冷却ゾーンの冷却水量密度が1200L/min.m²以上通水可能である厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、前記厚鋼板の幅方向の温度分布が均一化されるように、前記遮蔽部材の動作を制御する厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の通過信号により所定時間作動する水量制御手段を

有する厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、前記制御冷却装置は、スリットジェット (slit jet) 冷却ノズル (nozzle) を使用する厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、前記予備冷却装置はラミナーフロー (laminar flow) 冷却ノズルを使用し、前記制御冷却装置はスリットジェット冷却ノズルを使用する厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、前記制御冷却装置の前段部の冷却ゾーン間に設置された遮蔽部材は、各冷却ゾーン及び上下面毎に、それぞれ独立して厚鋼板の幅方向の端部の冷却水を遮蔽できるような構造である厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、制御冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量及び温度低下が発生している厚鋼板の幅方向の端部からの距離を解析する手段を持ち、その結果に基づき、制御冷却装置前段の各冷却ゾーンに設置されている遮蔽部材による遮蔽量と遮蔽を実施する冷却ゾーン数を演算する手段をもち、演算された結果に基づき遮蔽部材を制御する機構をもつ厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、予備冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と、測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量及び温度低下が発生している厚鋼板の幅方向の端部からの距離を解析する手段を持ち、その結果に基づき予備冷却装置の遮蔽部材による遮蔽量と冷却時間を演算する手段を持ち、演算された結果に基

づき予備冷却装置における遮蔽部材及び通板速度を制御可能な機構をもつ厚鋼板の制御冷却装置である。

また、本発明は、上記装置において、前記制御冷却装置の前、あるいは、前記予備冷却装置と前記制御冷却装置の間に矯正機が設置されている厚鋼板の制御冷却装置である。

図面の簡単な説明

図 1：高温の厚鋼板を冷却した場合における鋼板の表面温度と抜熱量(value of heat flux)の関係を説明した図である。

図 2：厚鋼板を冷却した場合における鋼板上面の水の流れについて説明した図である。

図 3：従来法により厚鋼板の幅方向の端部の冷却制御をした時における厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の温度履歴を説明した図である。

図 4：本発明第 1 の実施形態を示し、厚鋼板の幅方向の端部の冷却制御をした時における厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の温度履歴を説明した図である。

図 5：本発明第 2 の実施形態を示し、厚鋼板の幅方向の端部の冷却制御をした時における厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の温度履歴を説明した図である。

図 6：本発明第 1 の実施形態を実施する厚鋼板の制御冷却装置の概念図である。

図 7：本発明における制御冷却装置の概念図である。

図 8：本発明に係る制御冷却装置で使用する冷却水の遮蔽部材の取り付け概念図である。

図 9：厚鋼板の幅方向の端部における過冷却を定義した図である。

図 10：本発明第 1 の実施形態を具体的に実施するときの制

御方法を説明した図である。

図 1 1 : 本発明第 1 の実施形態を実施した場合と実施しなかった場合の冷却後の厚鋼板の幅方向の温度分布を示した図である。

図 1 2 : 本発明第 1 の実施形態における厚鋼板の長手方向の先尾端部に水量制御を実施する制御冷却装置の構成図である。

図 1 3 : 本発明第 1 の実施形態における厚鋼板の長手方向の先尾端部に水量制御を実施する制御冷却装置の構成図である。

図 1 4 : 厚鋼板の長手方向の先尾端部における過冷却を定義した図である。

図 1 5 A, 1 5 B : 本発明第 1 の実施形態における厚鋼板の長手方向の先端部の通板時の冷却水の作動要領を示す説明図である。

図 1 6 A, 1 6 B : 本発明第 1 の実施形態における厚鋼板の長手方向の尾端部の通板時の冷却水の作動要領を示す説明図である。

図 1 7 : 本発明第 2 の実施形態を実施する厚鋼板の制御冷却装置の概念図である。

図 1 8 : 本発明に係る厚鋼板の制御冷却装置で使用する冷却水遮蔽部材の取り付け概念図である。

図 1 9 : 厚鋼板の長手方向の先端部の通板時のラミナーフロー冷却装置の作動要領を示す説明図である。

図 2 0 : 厚鋼板の長手方向の尾端部の通板時のラミナーフロー冷却装置の作動要領を示す説明図である。

図 2 1 : 本発明において矯正機 3 0 を設置した場合の設備レイアウト (layout) 図である。

図 2 2 : 本発明の実施例における冷却後の鋼板切断位置について説明した図である。

図 2 3 : 本発明の実施例における冷却後の鋼板 5 2 を条切りした場合の条切りキャンバーの測定方法について示す。

図 2 4 : 本発明の実施例における冷却後の鋼板 5 5 を条切りした場合の条切りキャンバーの測定方法について示す。

図 2 5 、 図 2 6 : 本発明の実施例における制御冷却装置内の遮蔽板の寸法とその配置を示す。

図 2 7 : 本発明の実施例における予備冷却装置内に付けられた遮蔽部材の構造を示す。

図 2 8 : 本発明の実施例における予備冷却装置内の遮蔽部材の配置を示す。

符号の説明

- 1 : 厚鋼板圧延機
- 2 : 厚鋼板
- 3 : ローラーテーブル(roller table)
- 10 : ラミナーフロー冷却装置
- 11 : 上ヘッダー(upper header)
- 12 : 下ヘッダー(lower header)
- 13、14 : 水流
- 15 : 遮蔽部材
- 16 : (遮蔽部材の)前後進機構
- 17 : フォトセル(photo cell)
- 20 : スリットジェット冷却装置
- 21 : 上ヘッダー
- 22 : 下ヘッダー
- 23 : 上スリットジェット冷却ノズル
- 24 : 下スリットジェット冷却ノズル

- 25：制御冷却装置前段
- 26：制御冷却装置後段
- 27：水きりロール
- 28：上部遮蔽部材
- 29：下部遮蔽部材
- 30：予備冷却装置入側温度計
- 31：制御冷却装置入側温度計
- 32：制御冷却装置出側温度計
- 41：流量制御装置
- 42：三方弁
- 51：鋼板先端試材
- 52：幅方向の条切りキャンバー測定用試材
- 53：幅方向及び長手方向中央部の試材
- 54：鋼板尾端試材
- 55：長手方向の条切りキャンバー測定用試材

発明を実施するための最良の形態

本発明の技術思想について従来方法と対比して説明する。図3は従来方法である厚鋼板の板幅方向の板端部の過冷却を防止する方法における厚鋼板の温度履歴を示す。従来方法では制御冷却前において、すでに厚鋼板の板幅方向の板端部が厚鋼板の中央部と比較して温度が低くなっている。その後の制御冷却中において厚鋼板の板幅方向の板端部に遮蔽部材を置いたり、冷却水量を調整したりすることにより、厚鋼板の板幅方向の板端部に被水する冷却水量を減らし厚鋼板の中央部と比較して冷却速度を低くしている。冷却終了時に厚鋼板の板幅方向の板端部と厚鋼板の中央部の温度を均一化する技術である。この問題は下記に述べるように、厚鋼板の板幅方向

の板端部における冷却速度が厚鋼板の中央部と比較して低くなるため、厚鋼板の板幅方向の板端部では、厚鋼板の中央部と同等の材質を得ることができなくなる。

ここで、厚鋼板の四周部 (four periphery zones) の過冷却現象は、以下に示す3つのメカニズムにより発生していると考えられている。

(1) 圧延中の放冷に起因したもの

一般的な圧延プロセスで厚鋼板を製造すると、圧延している段階において厚鋼板の四周部では厚鋼板の上下面からの放冷冷却 (空冷 (air cooling)) に加え、厚鋼板の側面からも放冷冷却 (空冷) されるため、厚鋼板の中央部と比較して温度が低くなる。また、そのような厚鋼板を制御冷却した場合、冷却で厚鋼板の全面に亘って均一な冷却能力で冷却したとしても、冷却前にすでに厚鋼板の四周部が厚鋼板の中央に比べて過冷却となっているため、冷却後もこの温度分布は保持される。

(2) 水冷中の沸騰現象に起因したもの

厚鋼板を冷却前に鋼板内に温度分布の偏差のある状態で冷却を行った場合、温度分布の偏差は拡大することがある。これについて図1を用いて詳細に説明する。図1に厚鋼板の表面温度が、700℃以上の高温の厚鋼板を冷却する際の厚鋼板の表面温度と熱流束 (heat flux) の関係 (単位面積、単位時間当たりの抜熱量 (transition of heat flux)) を示す。厚鋼板の表面温度が高い状態では膜沸騰 (film boiling)、厚鋼板の表面温度が低い状態では核沸騰 (nucleate boiling)、この中間の温度領域では遷移沸騰 (transition boiling) となっている。厚鋼板の表面温度が高い状態で存在する膜沸騰では厚鋼板の表面と冷却水の間に蒸気膜 (vapor film) が発生し、この蒸気

膜内の熱伝導により伝熱がなされる状態となり、熱流束（冷却能力）は低い。一方、厚鋼板の表面温度が低い状態で存在する核沸騰では、厚鋼板の表面と冷却水は直接接触し且つ厚鋼板の表面から冷却水の一部が蒸発して出来た蒸気泡 (vapor bubble) が発生し直ぐ回りの冷却水により凝縮され消滅するといった複雑な現象が起こる。このため、蒸気泡の生成・消滅に伴う冷却水の攪拌が発生することから、極めて高い熱流束（冷却能力）を有する。この核沸騰、膜沸騰の領域では、図1に示すように、厚鋼板の温度が高いほど熱流束（冷却能力）が高く、厚鋼板の温度が低いほど熱流束（冷却能力）が低くなるといった伝熱特性を有している。このため、冷却前に厚鋼板内に温度分布の偏差があった場合、厚鋼板の高温部ほど冷却速度が速く、厚鋼板の低温部ほど冷却速度が低くなり、冷却前の温度分布の偏差は縮小するといった伝熱特性を有する。一方、厚鋼板の表面温度が、中間の温度領域では膜沸騰と核沸騰が混在した状態である遷移沸騰状態となる。遷移沸騰状態では、核沸騰や膜沸騰と異なり、厚鋼板の温度が低くなるにつれ熱流束（冷却能力）が大きくなる現象が起こり、厚鋼板の温度が低いほど熱流束（冷却能力）が高くなるため、冷却前に厚鋼板内に温度分布の偏差が有ると厚鋼板の低温部ほど良く冷えるため、冷却後の温度分布の偏差は拡大する。また、冷却水量密度を高めていくと、図1の点線の曲線に示すように、膜沸騰から遷移沸騰に移行する表面温度 T_{tf} は高くなり、冷却の初期段階で遷移沸騰が開始する。さらに、冷却水量密度を高くした場合は、冷却の初期から核沸騰による冷却が可能となる。一方、冷却水量密度を少なくしていくと、膜沸騰から遷移沸騰に移行する表面温度 T_{tf} は低くなり、冷却中全て膜沸騰にすることができる。

一般的な制御冷却では、この点をあまり考慮しておらず、遷移沸騰が発生する冷却水量密度で冷却することが多いため、冷却後の厚鋼板内の温度分布の偏差を拡大させている場合が多い。

(3) 厚鋼板の上面における排水に起因したもの

厚鋼板を水平状態にして、冷却した場合、厚鋼板の上部では図2に示すように、冷却水は外周方向に流れて板端部より落下する。そのため、厚鋼板の上面のエッジ部分Aでは、厚鋼板の上部に設置されているノズルから噴射される冷却水に加えて、厚鋼板の板端部に排水される冷却水による冷却がなされるため、厚鋼板の上面のエッジ部分の被水量が多くなり冷却速度が大きくなる。なお、厚鋼板の下面側では厚鋼板に衝突した冷却水は速やかに落下するため、このような現象は発生しない。

以上で述べたような3つのメカニズム(mechanism)から制御冷却後の厚鋼板の四周部は厚鋼板の中央部に比べて温度が低下する。

そのため、冷却直後において鋼板の形状が均一だったとしても、この厚鋼板内の温度分布の偏差により、その後の空冷(air cooling)の過程で高温の厚鋼板の中央部では熱収縮量(value of heat shrinkage)が大きく、厚鋼板の四周部では熱収縮量が少ないため、厚鋼板に残留応力(residual stress)が発生し、厚鋼板に歪が発生する。また歪が発生しなかったとしても、厚鋼板の端部には応力が残留し、客先で条切り加工等をおこなうと、厚鋼板の四周部でいわゆる条切りキャンバーと呼ばれる反りが発生するといった問題がある。また、この厚鋼板の四周部では、予期した以上に低温度まで冷却がなされるため、厚鋼板の材質も変化して強度が高くなってしま

う等の問題も生じる。そこで、本発明では、次の二つの技術思想から構成される。

- (1) 制御冷却直前若しくは制御冷却初期に厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化させる。
- (2) 制御冷却において、厚鋼板の幅方向の端部から厚鋼板の中央部に亘って同一の冷却速度で冷却する。

この具体的説明を図4と図5を用いて説明する。図4は制御冷却初期に厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化しておき、その後の制御冷却で厚鋼板の端部と厚鋼板の中央部に亘って同一の冷却速度で均一に冷却した場合の温度履歴を示す。本発明では、制御冷却初期に厚鋼板の幅方向の端部に遮蔽物による水量制御を行い、厚鋼板の中央部では通常に制御冷却を実施する。その後、厚鋼板の中央部と厚鋼板の幅方向の端部とで同じ温度になった時点で、厚鋼板の幅方向の端部から厚鋼板の中央部に亘って同一の冷却速度で冷却するものである。この様なプロセス(process)にすると、厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部とで冷却速度及び冷却停止温度が一致するため、厚鋼板の幅方向の材質が均一化する。図5は制御冷却前に予備冷却装置で厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化しておき、その後の制御冷却で厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部に亘って同一の冷却速度で冷却した場合の温度履歴を示す。この場合においても、制御冷却中は厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の冷却速度が一致するので、先ほどの図4と同等の効果を得ることができる。

つぎに、制御冷却装置において、厚鋼板の板幅方向に亘って同一の冷却速度で冷却するために、核沸騰冷却を行う。図1から、冷却中の厚鋼板の表面温度が遷移沸騰領域になると冷却後の温度分布の偏差は拡大するが、核沸騰領域では温度が

高いほど冷却能力が高い（熱流束が高い）ため、冷却前に温度分布の偏差があったとしてもその差は縮小し、厚鋼板の幅方向の板端部と厚鋼板の中央部における冷却能力差を少なくすることができる。また、本願のように冷却前の厚鋼板内の温度分布が均一であれば、元々厚鋼板内の温度分布の偏差が無い場合冷却後も温度分布の偏差の無い冷却が原理的に可能となる。

また、図2で厚鋼板の上面の板端部では、厚鋼板の上部に設置されているノズルから噴射される冷却水に加えて、厚鋼板の端部に排水される冷却水による冷却がなされるため、被水量が多くなり冷却速度が速くなると説明した。これに対して、冷却水の運動量の高い核沸騰冷却を行うことでこの問題を回避できる。高い運動量をもった冷却水をノズルから噴射すると、噴射された冷却水は排水される液膜を貫通して鋼板表面まで届き、さらに蒸気膜を破壊することが可能となるため、核沸騰領域で冷却が行われる。この状態での冷却はノズルから噴射された冷却水により支配されるため、鋼板の幅方向の端面から排水される水による冷却の影響は小さい。この冷却水の高い運動量により核沸騰冷却を行うためには、冷却水の噴射圧力を高くしたり、冷却水量密度を多くしたりして水の運動量を高くする方法や、スリットジェット冷却ノズル等水の運動量が高い冷却ノズルを採用すればよい。

本発明に使用される冷却ノズルとしては、スプレーノズル、ミストノズル、円管若しくはスリットラミナーノズル、円管若しくはスリットジェット冷却ノズル等でもかまわないが、水量や水の噴射圧力を少なくする場合は、水の運動量が高い円管若しくはスリットジェット冷却ノズルを採用するのが好ましい。

一方、このように水の運動量の高いノズルを使うもう一つのメリットとして、厚鋼板の幅方向の板端部を遮蔽部材などで遮蔽した時に、厚鋼板の中央部と厚鋼板の幅方向の端部とで冷却能力を大きく変化させることが可能となり、極めて短い時間で、厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の温度差を縮小することが可能となる。これは、厚鋼板の幅方向の端部から排水される水は、厚鋼板の垂直方向に運動量を持っていないので蒸気膜を打ち破ることができず膜沸騰で冷却がなされる。よって、厚鋼板の幅方向の端部のみ厚鋼板の上方や下方から噴射される運動量の高い冷却水の注水を遮蔽部材により遮断すると、厚鋼板の幅方向の端部では冷却能力の低い膜沸騰、厚鋼板の中央部では冷却能力の高い核沸騰にすることが可能となる。このため、厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部とで冷却能力の差を大きくすることができ、厚鋼板内の温度分布の偏差を縮小することができる。さらに、温度分布の偏差を拡大させる遷移沸騰領域での冷却も無くなり、厚鋼板の板幅方向に均一な冷却が可能となる。

このような核沸騰域での制御冷却を実現するためには、例えばスリットジェット冷却を採用した場合、水量密度を $1200\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上噴射すればよい。さらに好適には、 $1500\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上にすると、より安定して核沸騰冷却を実現できるため望ましい。なお、設備コストやランニングコスト (running cost) の観点から、水量密度は $3000\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以下とすることが望ましい。ここで、スリットジェット冷却とは、スリット状の冷却水噴射口を有するスリットジェット冷却ノズルから高速の水流を噴射し、冷却するものであり、その水の運動量及び冷却速度は比較的高い。このスリットジェット冷却ノズルを利用した冷却装置をスリットジェット冷却装置と

称す。

以上で述べたことをまとめると、まず制御冷却前あるいは、制御冷却の初期において、厚鋼板の幅方向について温度分布を均一化しておけば、制御冷却後の厚鋼板の幅方向の温度分布も均一になる。さらに、制御冷却における冷却ノズルとして水の運動量の高いものを採用することにより、核沸騰領域で冷却すれば同一の冷却速度で冷却が可能となる。

また、以上で述べた考え方は、厚鋼板の幅方向の端部のみならず厚鋼板の長手方向の先尾端部にも適用が可能である。

以下、具体的に図を用いて、本発明を説明する。

図6は、本発明の第1の実施形態である厚鋼板の制御冷却装置の概念図である。制御冷却装置20としては、通過型の制御冷却装置を用いる。通過型制御冷却装置は、制御冷却装置内に厚鋼板を通過させながら冷却する装置であり、後述するゾーン制御が可能であることから停止型の制御冷却装置に比べて温度制御の制御性に優れている。たとえば、停止型制御冷却装置の場合、厚鋼板が所定の温度となった時点で冷却水の注水を停止するが、停止時の遮断弁の応答遅れなどがあり、正確に水冷時間を制御することが難しいためである。ここに示すように厚鋼板の素材スラブは厚板圧延機1により所定の板厚に圧延され、厚鋼板2となってローラーテーブル3上を移送されて、制御冷却装置20内を通過させる冷却により所定の冷却速度で冷却停止温度まで冷却される。制御冷却装置20は厚鋼板2のパスラインを上下に挟んで上ヘッダー21及び下ヘッダー22が配置されており、これに高圧水を噴出するスリットジェット冷却ノズル23、24が取り付けられており、厚鋼板2の表面に衝突する極めて高圧の噴出水により厚鋼板を急速冷却する機能を有する。また、制御冷却装置20の入側と出側には

温度計31、32が設置されており制御冷却の前後で厚鋼板の温度測定ができるようになっている。

また、制御冷却装置20の詳細図を図7に示す。制御冷却装置20は複数の冷却ゾーンから構成されており、それぞれの冷却ゾーンでは水切りロール27で仕切られており、且つ個別に冷却水量が調整可能となっている。この冷却ゾーンは圧延機に近いほうから順に1ゾーン、2ゾーン・・・と呼称する。またスリットジェット冷却ノズルの水量密度は伝熱状態を核沸騰にして厚鋼板の端部に亘って同一の冷却速度で冷却できるように、水量密度を1200 L/min.m²以上通水できる設備となっている。

制御冷却装置20は前段部25と後段部26に分かれており、制御冷却装置前段部25は、各冷却ゾーンに遮蔽部材が設置されており、厚鋼板の幅方向の板端部の冷却水量調整が可能となっている。図7のAAの断面図である図8に示すように、上スリットジェット冷却ノズル23の下部、厚鋼板の幅方向の両側端部に相当する箇所に左右一対の上面遮蔽部材28を設け、下スリットジェット冷却ノズル24の上部、厚鋼板の幅方向の両側端部に相当する箇所に左右一対の下面遮蔽部材29を設け、これを前後進機構16によって厚鋼板2の板幅方向に出し入れさせることにより行なう。上面及び下面の遮蔽部材28,29は上面部単独、下面部単独、上面部下面部同時などで出し入れできる構造となっている。また、制御冷却装置20の前段に設置されている遮蔽部材28、29は水冷ゾーン毎に独立して出し入れ可能であり、例えば1つの冷却ゾーンのみ遮蔽部材を入れたり、前段の冷却ゾーン全てで遮蔽部材を入れたりすることが可能である。

本発明の第1の実施形態では、第1の冷却ステップとして

、前段の冷却ゾーンで厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限しながら冷却し、厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の温度が一致させた後、第2の冷却ステップとして、後段の冷却ゾーンで、厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却を行なう。

ここで、厚鋼板の幅方向の端部の水量を制限するに当たっては、その遮蔽ゾーン数と遮蔽距離を決定する観点から、冷却前の厚鋼板の幅方向の端部の情報について、図9のような定義を行なう。ここで、温度降下距離とは、厚鋼板の幅方向における厚鋼板の温度の勾配がゼロになる位置から厚鋼板の幅方向の端部までの距離で定義され、温度降下量とは厚鋼板の幅方向における厚鋼板の温度の勾配がゼロになる位置における温度と、厚鋼板の幅方向の端部の温度との差で定義される。

この温度降下量や温度降下距離は、圧延前素材の板厚やその加熱条件、圧延完了後の厚鋼板の板幅や製品板厚、圧延完了温度等により変化するが、一般的な圧延材では、厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量は40～50℃程度、厚鋼板の幅方向の端部の温度降下距離は100～300mm程度である。厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量や厚鋼板の幅方向の端部の温度降下距離は、圧延前素材板厚等のパラメーター(parameter)で実測値を解析し、予めテーブル化にしてもよいし、制御冷却装置前に厚鋼板の全面の温度分布が測定可能なように走査型温度計等を設置して、その値を計算機で演算して求めてもかまわない。

この情報を元に制御冷却装置の前段において、厚鋼板の幅方向の中央部で通常に冷却し、厚鋼板の幅方向の端部は遮蔽部材により冷却水量を制限して、厚鋼板の幅方向の端部をな

るべく空冷に近い状態となるようにして、厚鋼板の中央部と厚鋼板の幅方向の端部の温度を一致させる。この第1の冷却ステップでは、厚鋼板の幅方向の温度分布の均一化の目標を20℃以下、好ましくは10℃以下とする。

遮蔽部材の移動量は、図9における厚鋼板の幅方向の端部の温度降下距離分だけ遮蔽すればよい。また、遮蔽部材を使用する冷却ゾーン数は、図10を参照しながら次のように決定する。

- (1) 制御冷却装置の前段及び後段の冷却ゾーン数を合計した全冷却ゾーン数 N と、目標の冷却開始温度、冷却終了温度との温度差 $D T$ (冷却量)から、以下の式により1ゾーンあたりの冷却量 ΔT を計算する。

$$\Delta T = D T / N$$

- (2) 冷却前の厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量 $E D$ だけ厚鋼板の中央部の冷却が可能となる冷却ゾーン数 n を1ゾーンあたりの冷却量 ΔT から求める。 $n = E D / \Delta T$
- (3) 制御冷却装置前段の最初のゾーンである1ゾーンから(2)で求めた冷却ゾーン数分の遮蔽部材を使用する。

このとき、算出される冷却ゾーン数は、必ずしも整数とはならないが、本設備では、上面部遮蔽部材を単独若しくは下面部遮蔽部材を単独で遮蔽できるため、0.5ゾーン単位で制御が可能であると考えられる。例えば冷却ゾーン数が1.4など算出された場合は、1.5ゾーン分使用すればよく、具体的には、1ゾーンで上下面部の両方の遮蔽部材使用、2ゾーンで上面部のみ遮蔽部材使用とすればよい。ここで、各冷却ゾーンの設備長をなるべく短くし、冷却ゾーン数を多くするほど、厚鋼板の幅方向の端部の温度制御性は向上する。

また、遮蔽部材により冷却水をほぼ遮断して、厚鋼板の幅

方向の端部では空冷に近い条件にした方が良い。これは、厚鋼板の幅方向の端部の温度が厚鋼板の中央部の温度に近づくにつれ、厚鋼板の中央部と厚鋼板の幅方向の端部の温度分布を均一化するために要する時間が長くなり、遮蔽部材の使用ゾーン数も多くなる。その結果、制御冷却装置の後段側における冷却量が少なくなるため、本発明の効果である厚鋼板の幅方向の端部と厚鋼板の中央部の冷却速度が一致するメリットが得られにくくなるからである。

図11には本発明例として、先に述べた手法により冷却を実施した場合の冷却前後の厚鋼板の幅方向の温度分布を示す。条件は、板厚30mm、板幅3200mm、板長25mの厚鋼板を用い、厚鋼板の幅中央部において750℃から制御冷却を開始し、550℃で冷却を終了した。冷却前の厚鋼板は、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量は30℃、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下距離は200mmであった。また、本発明の実施例に用いた冷却装置は先に述べた構成であるが、冷却ゾーン数は10ゾーンであり、冷却水量密度は上下ノズル共に1800L/min.m²噴射した。先に述べた手法で遮蔽部材の使用ゾーン数を求めたところ、1.5ゾーンとなったため、1ゾーンでは上下面部両方に遮蔽部材を使用し、2ゾーンでは下面部のみ遮蔽部材を使用した。遮蔽部材の移動量は、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下距離が200mmであることから、200mmだけ厚鋼板の幅方向の端部が遮蔽させる位置まで遮蔽部材を移動した。本発明では、冷却前に30℃あった厚鋼板の幅方向の端部の温度低下はほぼ消失することが出来た。一方、比較として遮蔽部材を使用しなかった場合についても実施してみたが、冷却後は厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量は60℃となり厚鋼板の幅方向の温度分布の偏差が拡大していることが分かる。

また、前段の冷却ゾーンで厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却において冷却水量を制限しながら冷却し、厚鋼板の長手方向の先尾端部と厚鋼板の中央部の温度が一致させた後、後段の冷却ゾーンで厚鋼板の長手方向全体を同一の冷却速度で冷却を行なう。

これについても、先ほど厚鋼板の板幅方向の端部について説明したものと同様の手法が適用可能である。この厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却制御を行なうためには、図6と7における制御冷却装置には、図12のように、制御冷却ゾーンの厚鋼板2の先端通過を例えばフォトセル17によって検知し、フォトセル17による厚鋼板の先端通過の検知時間を基準として上記分割された冷却ゾーンに進入するタイミング(timing)で流量計及び流量調整弁から構成される流量制御装置41が作動し始めるようタイマー(timer)Tをセットする。また、流量制御装置の他の方法としては図13のように制御冷却装置の前段部に三方弁42を設置し、厚鋼板の先尾端において冷却水を外部に逃がすことによりノズルから噴射する冷却水を停止可能な構造としてもよい。

まず、厚鋼板の先尾端部の水量を制限するに当たっては、その遮蔽ゾーン数と遮蔽距離を決定する観点から、冷却前の厚鋼板の先尾端部の情報について、図14のような定義を行なう。厚鋼板の先尾端部の温度降下量や温度降下距離の定義は、図9における厚鋼板の板幅方向の端部の定義と同じである。この温度降下量や温度降下距離は、圧延前素材の板厚やその加熱条件、圧延完了後の板幅や製品板厚、圧延完了温度等により変化するが、一般的な圧延材では、厚鋼板の先尾端部の温度降下量は40～50℃程度、厚鋼板の先尾端部の温度降下距離は300から500mm程度である。厚鋼板の先尾端部の温度

降下量や厚鋼板の先尾端部の温度降下距離は、圧延前素材の板厚等のパラメーターで実測値を解析し、予めテーブル化にしてもよいし、制御冷却装置前に厚鋼板の長手方向の温度分布が測定可能なように走査型温度計やスポット温度計等の表面温度計を設置して、その値を計算機で演算して求めてもかまわない。

この情報を元に制御冷却装置の前段において、厚鋼板の長手方向の中央部で通常に冷却し、厚鋼板の長手方向の先尾端部は流量制御装置41により冷却水量を制限して、なるべく空冷に近い状態となるようにして、厚鋼板の長手方向の中央部と厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度を一致させる。これも厚鋼板の幅方向での遮蔽部材の使用と同様の考え方が適用可能である。例えば厚鋼板の長手方向の先端部の温度降下部の温度を補償するためには図15に示すように、制御冷却装置20の各冷却ヘッダーにおいて、まず冷却水を停止した状態としておき（図15Aの状態）、厚鋼板の先端部の温度降下部と厚鋼板の中央部との境界が各冷却ゾーンに進入したタイミングで流量制御装置41が動作させ冷却水を噴射する（図15Bの状態）ようにタイマーを設定すればよい。

また、厚鋼板の長手方向の尾端部の温度降下部の温度を補償するためには図16に示すように、制御冷却ゾーン20の各冷却ヘッダーにおいて、まず冷却水を通水した状態としておき（図16Aの状態）、厚鋼板の長手方向の尾端部の温度降下部と厚鋼板の長手方向の中央部との境界が各冷却ゾーンに進入したタイミングで流量制御装置41が動作して冷却水を停止する（図16Bの状態）ようにタイマーを設定すればよい。

また、流量制御装置41を動作させる冷却ゾーン数は、厚鋼

板の幅方向における制御法と同様に、次のように決定する。

- (1) 制御冷却装置の前段及び後段の冷却ゾーン数を合計した全冷却ゾーン数 N と、目標の冷却開始温度、冷却終了温度との温度差 $D T$ (冷却量) から、以下の式により 1 ゾーンあたりの冷却量 ΔT を計算する。

$$\Delta T = D T / N$$

- (2) 冷却前の厚鋼板の先端若しくは厚鋼板の尾端部温度降下量 $E D L$ だけ、厚鋼板の長手方法の中央部が冷却できるゾーン数 $n L$ を 1 ゾーンあたりの冷却量から求める。

$$n L = E D L / \Delta T$$

- (3) 制御冷却装置の前段の最初のゾーンである 1 ゾーンから (2) で求めた冷却ゾーン数分 $n L$ の流量制御装置を動作させる。

このとき、算出される冷却ゾーン数は、必ずしも整数とはならないが、例えば冷却ゾーン数が 1.4 など算出された場合は、近い整数となる 1 ゾーン分使用する。これは、厚鋼板の幅方向の制御と異なり、例えば厚鋼板の上面だけ冷却水を噴射したりすると厚鋼板の上下面で発生する温度差により厚鋼板に反りが発生する危険性があるが、このような厚鋼板の長手方向の先尾端の反りは、後に実施するローラーレベラー (roller leveler) などの矯正工程で矯正しにくいため好ましくない。ここで、厚鋼板の幅方向の場合と同じく、厚鋼板の長手方向においても、各冷却ゾーンの設備長をなるべく短くし、冷却ゾーン数を多くするほど、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度制御性は向上する。また、厚鋼板の長手方向の先尾端部において冷却水はほぼ遮断して、空冷に近い条件にした方がよい。これは、厚鋼板の板幅方向の制御と同じく、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度が厚鋼板の長手方向の中央部の温度

に近づくとつれ、厚鋼板の長手方向の中央部と厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度を均一化するために要する時間が長くなり、流量調整を実施する水冷ゾーン数も多くなる。その結果、制御冷却装置の後段側における冷却量が少なくなるため、本発明の効果である厚鋼板の長手方向の先尾端部と厚鋼板の長手方向の中央部の冷却速度が一致するメリットが得られにくくなるからである。

以上述べたような厚鋼板の長手方向の先尾端の温度降下部に関しても、厚鋼板の幅方向の端部と同様の冷却制御が可能となるため、厚鋼板の長手方向全長に亘って均一な温度に冷却可能であることは言うまでも無い。

また本方式のメリットは、厚鋼板の幅方向の温度降下を解消するために遮蔽部材の使用ゾーン数を制御し、厚鋼板の長手方向の先尾端の温度降下を解消するために厚鋼板の長手方向の先尾端の水の流量制御を行なう冷却ゾーン数を制御するので、厚鋼板の幅方向と厚鋼板の長手方向の先尾端を独立して制御することが可能となる。そのため、例えば厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量が30℃で、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度降下量が70℃といったように、異なる温度降下量であっても温度分布の均一化が可能となる。

図17は本発明の第2の実施形態である厚鋼板の制御冷却装置の概念図である。熱間圧延された厚鋼板2は、ローラーテーブル3上を移送されて順次、予備冷却装置10、制御冷却装置20へ搬送され、所定の冷却速度で冷却停止温度まで冷却される。

予備冷却装置10とは、本発明の第1の冷却ステップを達成するために、制御冷却装置の前に設置された冷却装置であり、少なくとも厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量である40～

50℃程度を冷却できる能力があればよい。ここでは、予備冷却装置10には、厚鋼板2のパスライン(pass line)を上下に挟んで上ヘッダー11及び下ヘッダー12が配置されており、これらヘッダーに設けられたノズル(図示せず)から水流13、14が厚鋼板2の表裏面に当りラミナーフロー冷却ができるようになっていいる。なお、ラミナーフロー冷却とは、水流が遅いときに生ずる層流(ラミナーフロー)を利用して厚鋼板の表面に水膜を生じさせて冷却する方法であり、その冷却速度は比較的小さい。ラミナーフロー冷却を利用した冷却装置をラミナーフロー冷却装置と称す。

制御冷却装置20は、本発明の第一の実施形態と同じく、厚鋼板2のパスラインを上下に挟んで上ヘッダー21及び下ヘッダー22が配置されており、これに高圧水を噴出するスリットジェット冷却ノズル23、24が取り付けられており、厚鋼板の表面に衝突する極めて高圧の噴出水により厚鋼板を急速冷却する機能を有する。さらに、制御冷却装置20は図7に示すように複数の冷却ゾーンから構成されており、それぞれの冷却ゾーンでは水切りロール27(図示せず)で仕切られており、且つ個別に冷却水量密度が調整可能となっている。この冷却ゾーンは圧延機に近いほうから順に1ゾーン、2ゾーン・・・と呼称する。また水量密度は核沸騰状態にし、厚鋼板の端部に亘って均一な冷却速度で冷却ができるように、1200L/min.m²以上通水できる設備となっている。

また、予備冷却装置の入側並及び制御冷却装置の入側と出側には表面温度計30、31、32が設置されており冷却前後で厚鋼板の温度測定が可能となっている。

本発明第2の実施形態では、これらラミナーフロー冷却装置を有した予備冷却装置10とスリットジェット冷却ノズル冷

却装置を有した制御冷却装置20を併用する。その際、ラミナーフロー冷却装置を有した予備冷却装置において、厚鋼板2の幅方向両側端部及び厚鋼板の先尾端部の冷却水量制御を行なう。

厚鋼板の幅方向の冷却水量の調整は、図18に図17のA-A断面図として示すように、予備冷却装置10において、上ヘッダー11の下部、及び下ヘッダー12の上部に厚鋼板の幅方向の両側端部に相当する箇所左右一対の遮蔽部材15を設け、これを前後進機構16によって厚鋼板2の板幅方向に出し入れさせることにより行なう。

本発明第2の実施形態では、第1の実施形態における制御冷却装置前段の機能を予備冷却装置10に置き換えるものであり、予備冷却装置10において、設備全長に亘って遮蔽部材を取り付けることにより厚鋼板の幅方向の温度分布の均一化を確実に行なう。ついで、引き続き制御冷却装置20により、厚鋼板の幅方向の端部から厚鋼板の幅方向の中央部に亘って同一の冷却速度で冷却する技術である。本発明第1の実施形態で説明した通り、厚鋼板の板幅方向の端部の温度降下量は40～50℃程度であるため、厚鋼板の板幅方向の温度分布を均一にするためには厚鋼板の板幅方向の端部では冷却せずに、厚鋼板の幅方向の中央部のみ40～50℃冷却すればよい。目標の冷却する量が極めて少ないため、冷却速度を遅くして、比較的長い時間冷却するほうが、制御的にも容易であり、高精度の冷却が可能となるため、第2の実施形態による手法は、第1の実施形態による手法よりも厚鋼板の板幅方向の温度分布の均一性を高くすることができる。本手法では、40～50℃程度冷却可能とする設備が制御冷却装置前にあればよいので、極めて安いコストで設置も可能となる。また、制御方法としては先

ほど説明した第1の実施形態と同じように遮蔽部材の使用ゾーンを予備冷却装置の前段で実施しても良いし、遮蔽部材の使用ゾーン数などは冷却装置全長使用しても良いが、前者のように予備冷却装置の前段で遮蔽部材を使用すると、厚鋼板の端部は予備冷却装置の後段で冷却がなされることによりその後の制御冷却を開始する温度が、後者と比較して低くなる。そのため、後者のように遮蔽部材を冷却装置全長に亘って使用して、通板速度を変化させて冷却を実施する方が好ましい。

ここで、板端部の水量を制限するに当たっては、その冷却時間と遮蔽距離を決定する観点から、予備冷却前の板端部の情報について、第1の実施形態において図9で説明したような定義を行なう。これについても第1の実施形態で説明したのと同じく、この温度降下量や温度降下距離は、圧延前素材の板厚やその加熱条件、圧延完了後の板幅や製品板厚、圧延完了温度等により変化するため、実測値を解析し予めテーブル化にしてもよいし、制御冷却装置前に厚鋼板の全面の温度分布が測定可能なように走査型温度計等の表面温度計を設置して、その値を計算機で演算して求めてもかまわない。

この情報を元に予備冷却装置において、厚鋼板の幅方向の中央部で通常に冷却し、厚鋼板の幅方向の板端部は遮蔽部材により冷却水量を制限して、なるべく空冷に近い状態となるようにして、厚鋼板の幅方向の中央部と厚鋼板の幅方向の端部の温度を一致させる。遮蔽部材の移動量は、図9における厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下距離分だけ遮蔽すればよい。また、冷却前の厚鋼板の幅方向の端部の温度降下量分だけ予備冷却装置10によって冷却するために必要な冷却時間を算出し、設備長とその冷却時間から通板速度を決定すればよ

く、第1の実施形態よりも簡単に演算可能である。また、第1の実施形態と異なり、0.5ゾーン単位の冷却ゾーン数制御ではなく、冷却時間を連続的に制御することが可能となるため、厚鋼板の板幅方向の温度分布の均一性を高くすることが可能となる。

また、予備冷却装置では、冷却水量密度は、 $100\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上、 $500\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以下の範囲に留めておくのが好ましい。課題を解決する手段で説明したように、厚鋼板の幅方向全面に均一冷却速度で冷却するためには、厚鋼板の幅方向の端部から排水による過冷却を防止すればよく、このために、運動量の高い冷却形式を採用するのが良い(具体的には $1200\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上のスリットジェットタイプの冷却ノズルを使用する)と説明した。そのため、この予備冷却装置では、厚鋼板の幅方向の端部から厚鋼板の幅方向の中央部に亘って同一な冷却速度にすることが出来ないが、そもそも厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量は、 $40\sim 50^\circ\text{C}$ と非常に小さく、且つ材質を決定しない高温域で制御冷却前の厚鋼板の幅方向の幅方向の温度を均一化すればよいため、低水量で且つ表面高温が高い状態に存在する、図1における膜沸騰領域における伝熱特性を応用する。冷却前に厚鋼板の幅方向に温度分布の偏差がある状態では、図1における遷移沸騰領域では厚鋼板の表面温度が低いほど冷却能力(熱流束)が高くなるため、例えば厚鋼板の幅方向の端部のように冷却前において温度が低い領域では、加速度的に冷却能力(熱流束)が高くなるが、膜沸騰領域で温度が高い領域ほど冷却能力(熱流束)が高くなるため、冷却前の厚鋼板の幅方向の温度分布の偏差は拡大しない。そのため予備冷却装置において膜沸騰で冷却が可能ないように制御すれば、沸騰状態の変化による厚鋼板の板端部の過冷却は防止可能

である。そのため、厚鋼板の板端部の排水による水量増加を起因とした過冷却のみ考えればよく、比較的容易に厚鋼板の幅方向の温度分布の均一化が可能となる。また、そもそも膜沸騰では冷却能力（熱流束）が低いため、厚鋼板の板端部の温度低下量である20～30℃の冷却を制御良くコントロール(control)できるメリットもある。これを実現する設備としては、予備冷却装置10の冷却水量密度は、100L/min.m²以上、500L/min.m²以下とすれば、安定した膜沸騰を実現できる。また、膜沸騰を実現するためには、厚鋼板と冷却水の間に安定した蒸気膜を存在させる必要があり、スプレー冷却やミスト冷却、ラミナーフロー冷却など水の運動量の低いものを採用することが好ましい。

一方、厚鋼板の先尾端部での冷却水量の調整は、第1の実施形態で説明したものと同様に厚鋼板の長手方向の先尾端部通過の際に水流をカットオフ(cut off)することによって行なう。具体的には図19に示すようにする。すなわち、ラミナーフロー冷却装置10の上ヘッダー11を分割し(図19の例では11a～11dの4分割)、一方、ラミナーフロー冷却装置10への厚鋼板2の長手方向の先端通過を、たとえばフォトセル17によって検知するようにする。そして、フォトセル17による厚鋼板の長手方向の先端部の通過の検知時間を基準として上記分割された上ヘッダーが作動し始めるようタイマーT1～T4をセットする。これにより、図19の厚鋼板の進行段階に応じて上ヘッダー11が作動し、厚鋼板の長手方向の先端部の水冷が緩和されることになる。タイマーによる冷却水噴射タイミングは第1の実施形態と同様に、予め求められた若しくは予備冷却前に測定された、厚鋼板の長手方向の先端部の温度低下長さを元に、第1の実施形態で説明したものと同一の制御を

行なえばよい。厚鋼板の長手方向の尾端部での冷却水量の調整は上記と同様にして、図20に示すように行なえばよい。

このように、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却制御は、本発明第1の実施形態と同一手法により可能である。

一方、上記に述べたような厚鋼板の長手方向の先尾端部において冷却水をカットオフするのは、厚鋼板の板幅方向における板端部に遮蔽部材を置いて冷却水量を制限して、板幅方向の中央部のみ冷却することと同じことを行っている。そのため、厚鋼板の板幅方向の温度降下量と厚鋼板の長手方向の先尾端部と同じ温度降下量である場合は、厚鋼板の全面に亘って制御冷却前に均一にすることが可能となるものの、第2の実施形態では、予備冷却装置の長手全長に亘って厚鋼板の板幅方向の端部の冷却水量を制限すると、厚鋼板の幅方向と厚鋼板の長手方向を独立に制御することが出来ないことから、厚鋼板の幅方向の温度分布若しくは厚鋼板の先尾端部の温度分布のどちらかのみしか均一化が出来ない。

厚鋼板の幅方向の温度分布と長手方向の温度分布の両者を均一化する方法としては、第1の発明形態と同じく、予備冷却装置においても複数の冷却ゾーンを設けて、予備冷却装置の前段において厚鋼板の幅方向の板端部の冷却水量制御を行なう方法や、予備冷却装置により厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化しておき、引き続いて行なう制御冷却装置において、第1の実施形態で説明したような厚鋼板の長手方向の先尾端部の制御冷却を実施する方法があるが、後者のほうが好ましい。前者の方法では、予備冷却装置の冷却ゾーン数制御によって、冷却時間の連続的な調整ができなくなり、厚鋼板の幅方向の高精度の温度分布の均一化を完全に享受できない欠点がある。また、厚鋼板の長手方向の温度分布の均一化まで

を予備冷却装置で行った場合、例えば厚鋼板の先尾端部の温度低下量が、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量よりも大きかった場合、厚鋼板の板幅方向及び長手方向の中央部においては、温度低下量の大きい先尾端部にあわせて冷却しなければならない。このため、厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化した場合よりも、低い温度から制御冷却をしなければならない。しかし、材質上の観点から制御冷却開始温度は少しでも高い温度から実施したほうが望ましい場合が多く、低い温度から制御冷却をすると、制御冷却前にフェライト変態がおり、焼入れ性が低下する懸念がある。また厚鋼板の幅方向の端部の温度分布の均一性を重視するケースが多い。したがって、後者の方法のように、予備冷却でまず幅方向を均一化し、後の制御冷却で厚鋼板の長手方向の温度分布を均一化する方法が望ましい。

以上において、本発明では第1の実施形態による手法と第2の実施形態による手法を説明したが、これらの手法は採用する製造ラインや製品の特長に合わせていずれか若しくは両方を実施できるようにすればよい。たとえば、材質の観点から冷却初期に予備冷却できない場合や、予備冷却装置を導入するスペースが無い場合は第1の実施形態を採用すればよいし、厚鋼板の長手方向よりも厚鋼板の幅方向の材質の均一性を高くしたい場合や元々予備冷却装置と制御冷却装置が直線的に並んだ配置で設備を持っている場合は、第2の実施形態を採用すればよい。

さらに、実施の形態1においては、制御冷却装置20の前に矯正機30を設置することができる。また、実施の形態2においては、前記予備冷却装置10と制御冷却装置20との間に図21に示すように、矯正機30を設置することができる。冷却前に

厚鋼板の平坦度が悪い場合は、ノズルと厚鋼板の距離が厚鋼板の各位置によって変化するため、温度均一が若干悪くなる場合がある。そこで、制御冷却前に、厚鋼板の形状矯正をしておけば、更に均一に制御冷却を実施することができ、製品鋼板の材質の均一性や平坦度の確保が容易になる。なお、矯正機30は、さらに制御冷却装置20の後面側にも設けることができる。

なお、本発明で用いる遮蔽部材は、厚鋼板の幅方向の端部をノズルからの水から遮蔽するものであれば、ブロック状(block type)、板状、樋状(canalculated type)等、どのような形状のものでも良いが、常に高圧水を受けるので、耐腐食性の素材から構成された剛性の大きな構造が望ましい。なお、遮蔽部材の作成及び取扱の都合から板状が最も好ましい。遮蔽板を採用する場合、その大きさは板端部の最大温度降下距離よりもわずかに長い構造がよい。これより短い場合は、板端部の温度降下距離が長い場合にカバーできないし、逆にあまり長くしすぎると遮蔽板の前後進機構が大きくなりすぎて例えば制御冷却装置内のような狭いスペースに遮蔽板を取り付けること自体が困難になってくる。先に述べたように一般的な板端部の温度降下距離は最大で300mm程度であるため、350mmから400mm程度の長さにすればよい。また、その材質としては、製造ラインで使用されている冷却水に塩素など腐食物質が含まれる場合が多く、ステンレス鋼等の腐食しにくい材料を使ったり、鋼板の表面に防食塗装や亜鉛・クロム等でメッキされた炭素鋼板などを使ったりすることがより好ましい。

実施例

本発明にしたがい制御冷却を行なう場合と従来法（比較例）により制御冷却を行なう場合の操業条件を表1に、その効果に対比したものを表2に示す。処理鋼板の条件としては、板厚25mm、板幅3800mm、板長25mの鋼板を用い、厚鋼板の板幅の中央部において750℃から制御冷却を開始し、550℃で冷却を終了した。厚鋼板の強度レベルは490MPa級とし、その許容範囲は490～610MPaである。冷却前の厚鋼板は、図9における厚鋼板の幅方向の端部の温度低下量は30℃、厚鋼板の幅方向の端部の温度低下距離は200mm、図14における厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度低下量は50℃、厚鋼板の長手方向の先尾端の温度低下距離は500mmである。なお、発明例1および2において、制御冷却装置に使用された遮蔽部材（以下、遮蔽板と称す）は、図25および図26に示すように、冷却ゾーン毎に左右、上下4枚の、長さ300mm x 幅350mm x 厚み7mmのZn-Niメッキ鋼板を使用した。なお、この遮蔽板で遮断した冷却水が再び厚鋼板に向かって落下しないように、水平線に対して傾斜を15°付けている。また、発明例3および4において、予備冷却装置に使用された遮蔽部材は、設備全長（長さ10m）に亘って冷却水を遮蔽できるようにZn-Niメッキ鋼板をL型に加工された遮蔽部材（長さ10m x 幅350mm x 厚み7mm x 高さ50mm）左右、上下4枚が取り付けられている。なお、予備冷却装置においては遮蔽部材の長さが極めて長く、遮蔽部材の自重によるたわみが発生する危険性があるため、遮蔽部材の剛性を確保するために、図27のようにL型に加工を施しかつ500mm間隔でリブを取り付けた構造とし、図28のように幅方向内向きに垂直方向の板が来るように取り付けた。これ

は、厚鋼板の端部を遮蔽して遮蔽部材により遮断した冷却水が厚鋼板に向かって落下しないようにするためである。

発明例 1 は、実施形態 1 に対応する実施例であり、図 6 から図 8 で説明した装置を用いて、冷却を実施した。図 7 を用いて、詳細な制御条件について説明する。冷却ゾーン数は 15 ゾーン、1 ゾーン当たりの設備長は 1.0m となっており、制御冷却装置の全長は 15m である。また各ゾーンで冷却水量密度を $1500\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 噴射し、このときの冷却速度は約 $30^\circ\text{C}/\text{s}$ である。 750°C から冷却を開始して、 550°C で冷却を終了するため、1 ゾーン当たりの冷却量は $(750^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}) / 15 \text{ ゾーン} = 13.3^\circ\text{C}$ となる。よって、厚鋼板の幅方向の端部で遮蔽部材を使用する必要ゾーン数は $30^\circ\text{C} / 13.3^\circ\text{C} = 2.26 \text{ ゾーン}$ となる。そのため、実際に使用したゾーン数は 2.5 ゾーンとし、1 ゾーンから 2 ゾーンは上下面、3 ゾーンでは下面のみ遮蔽部材を使用した。また、遮蔽部材移動量は、厚鋼板の幅方向の端部の温度降下距離が 200mm であることから、厚鋼板の幅方向の端部から 200mm だけ冷却水を遮蔽できるように設定した。一方、厚鋼板の長手方向の先尾端方向での流量調整は、図 12 のように流量制御装置により実施した。厚鋼板の長手方向の先尾端の温度降下量が 50°C であることから、必要ゾーン数は $50^\circ\text{C} / 13.3^\circ\text{C} = 3.8 \text{ ゾーン}$ となるため、1 から 4 ゾーンまで実施した。また、厚鋼板の長手方向の先端では図 15 のように始めは図 15 A のように冷却水を噴射しない状態で待機しておき、厚鋼板の長手方向の先端の温度降下距離だけ冷却装置に進入した状態図 15 B で冷却水を噴射する。厚鋼板の長手方向の尾端も同様に図 16 のような制御を実施した。なお、制御冷却装置による冷却速度は約 $30^\circ\text{C}/\text{s}$ であるため、制御冷却に必要な冷却時間は $(750^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}) / 30^\circ\text{C}/\text{s} = 6.6 \text{ sec}$ となり、制御冷却装置の通板

速度は $(15\text{m}/6.6\text{sec}) \times 60 = 134\text{mpm}$ とした。

発明例 2 は、実施形態 1 に対応するもうひとつの実施例であり、冷却水量密度を $1200\text{L}/\text{min} \cdot \text{m}^2$ とした。冷却水量密度以外の条件は発明例 1 と同じである。

発明例 3 は、実施形態 2 に対応する実施例であり、図 17 で説明した装置を用いて、まず予備冷却装置 10 により冷却して、厚鋼板の板幅方向の温度分布の偏差を均一化した後、制御冷却装置 20 で冷却を実施して、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度分布の偏差を均一化した。図 17 における予備冷却装置 10 は、設備長 10m で冷却水量密度は $100\text{L}/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 噴射可能であり、このときの冷却速度は約 $4^\circ\text{C}/\text{s}$ となる。厚鋼板の幅方向の板端部の温度は 720°C であるため、厚鋼板の幅方向の中央部を 750°C から 720°C まで冷却する時間は、 $(750^\circ\text{C} - 720^\circ\text{C}) / 4^\circ\text{C}/\text{s} = 7.5\text{sec}$ となる。そのため、予備冷却装置 10 の通板速度は $(10\text{m}/7.5\text{sec}) \times 60 = 80\text{mpm}$ となる。また、厚鋼板の長手方向の先尾端部は図 19 と、図 20 のように厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度降下距離 (500mm) だけ進入してから、順次冷却水を噴射していった。また、遮蔽部材移動量は、厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下距離が 200mm であることから、厚鋼板の幅方向の板端部から 200mm だけ冷却水を遮蔽できるように設定した。

また、図 17 における制御冷却装置は、発明例 1 と同じく、冷却ゾーン数は 15 ゾーン、1 ゾーン当たりの設備長は 1.0m となっており、制御冷却装置の全長は 15m である。また各ゾーンで冷却水量を $1500\text{L}/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 噴射し、このときの冷却速度は $30^\circ\text{C}/\text{s}$ である。制御冷却装置 20 では、 720°C から冷却を開始して、 550°C で冷却を終了するため、1 ゾーン当たりの冷却量は $(720^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}) / 15\text{ゾーン} = 11.3^\circ\text{C}$ となる。厚鋼板の長手方向の先尾

端方向での流量調整は、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度降下量が 50°C であるが、予備冷却装置により 30°C 分だけ温度分布の偏差を解消するので、制御冷却装置では 20°C 分の厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度降下量を制御する必要がある。そのため、必要ゾーン数は $20^{\circ}\text{C}/11.3^{\circ}\text{C}=1.8$ ゾーンとなるため、1から2ゾーンまで実施した。また、厚鋼板の長手方向の先端部では図15のように始めは図15Aのように冷却水を噴射しない状態で待機しておき、厚鋼板の長手方向の先端部の温度降下距離(500mm)だけ冷却装置に進入した状態図15Bで冷却水を噴射する。厚鋼板の長手方向の尾端部も同様に図16のような制御を実施した。なお、制御冷却装置による冷却速度は約 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ であるため、冷却時間は $(720^{\circ}\text{C}-550^{\circ}\text{C})/30^{\circ}\text{C}/\text{s}=5.7\text{sec}$ となり、制御冷却時の通板速度は $(15\text{m}/5.7\text{sec})\times 60=158\text{mpm}$ とした。尚、厚鋼板の長手方向の先尾端部の流量調整は図12のような流量調整弁により実施した。

発明例4は、実施形態2において予備冷却装置と制御冷却装置の間に矯正機を設置した実施例であり、冷却条件は発明例3と同じである。

比較例1は、発明例1と同一の設備により、同一の通板速度で冷却するが、厚鋼板の幅方向の端部の温度制御のための遮蔽部材と厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度制御のための流量制御を実施しなかった例である。

比較例2は、発明例2と同一の設備により、予備冷却装置及び制御冷却装置において同一の通板速度で冷却するが、厚鋼板の幅方向の端部の温度制御のための遮蔽部材と厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度制御のための流量制御を実施しなかった例である。

比較例3は、発明例2と同一の設備を用い、このうち予備冷却装置のみによって冷却するが厚鋼板の幅方向の板端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量制御を実施しなかった場合の例である。本例では、図17における予備冷却装置10は、設備長10mで冷却水量密度は500L/min.m²噴射する。このときの冷却速度は14℃/sとなり、この厚鋼板を750℃から550℃まで通過冷却するために必要な冷却時間は14.3secとなる。よって、通板速度は42mpmで予備冷却装置を通板した。ここで、本発明例3の予備冷却装置よりも水量を多くして冷却速度を高めている理由であるが、予備冷却装置のみで材質の作りこみを行なうため、冷却速度を高め設定したのである。このとき、厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量制御や厚鋼板の幅方向の遮蔽部材は使用しなかった。

比較例4は、発明例3と同一設備を用い、比較例3と同じく予備冷却装置のみによって冷却するが厚鋼板の幅方向の板端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量制御を実施した場合の例について説明する。本例では、比較例3と同じ通板速度、冷却水量密度で冷却を実施する。また、遮蔽部材移動量は、厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下距離が200mmであることから、厚鋼板の幅方向の板端部から200mmだけ冷却水を遮蔽できるように設定した。また、厚鋼板の長手方向の先尾端部は図19と、図20のように厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度降下距離(500mm)だけ進入してから、順次冷却水を噴射していった。

比較例5は、発明例1と同一の設備を用いるが、制御冷却設備の全ての冷却ゾーンに亘って厚鋼板の幅方向の端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部において水量制御を実施した場合の例について説明する。本例では、実施例1と同じ通板速度、

冷却水量密度で冷却するが、全ての冷却ゾーンについて遮蔽部材及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量調整を実施した。

遮蔽部材の移動量は厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下距離が200mmであることから、厚鋼板の幅方向の板端部から200mmだけ全ての冷却ゾーンについて、厚鋼板の幅方向の板端部の冷却水を遮蔽できるように設定した。一方、厚鋼板の長手方向の先端部では図15のように始めは図15Aのように冷却水を噴射しない状態で待機しておき、厚鋼板の長手方向の先端部の温度降下距離(500mm)だけ冷却装置に進出した状態図15Bで冷却水を噴射する。厚鋼板の長手方向の尾端部も同様に図16のような制御を実施した。

ここで、厚鋼板の幅方向の端部について図9のような定義を行なう。ここで、温度降下距離とは、厚鋼板の板幅方向における鋼板温度の勾配がゼロになる位置から厚鋼板の幅方向の板端部までの距離で定義され、温度降下量とは厚鋼板の板幅方向における鋼板温度の勾配がゼロになる位置における温度と、厚鋼板の幅方向の板端部の温度との差で定義される。そのため、厚鋼板の幅方向の板端部の温度が鋼板の中央部の温度よりも低い場合は、正の値となり、厚鋼板の幅方向の板端部の温度が厚鋼板の中央部の温度よりも高い場合は、負の値となる。厚鋼板の長手方向の端部については図14のような定義であり、厚鋼板の幅方向の温度降下量や幅方向の温度降下距離で定義されたものと同じである。

図22は冷却後の厚鋼板の板取について説明した図である。厚鋼板の長手方向の先端部及び尾端部から150mmの位置で切り出した厚鋼板の先端試材51及び厚鋼板の尾端試材54と厚鋼板の幅方向と厚鋼板の長手方向の中央部の試材53から、サン

プルを切り出して引張り強度を測定する。また、厚鋼板の板端部の強度は、厚鋼板の幅方向と厚鋼板の長手方向の中央部の試材の板端部から100mmの位置から切り出した試験片により引張り強度を測定した。

厚鋼板の幅方向の条切りキャンバー測定用試材52、厚鋼板の長手方向の先尾端部の条切りキャンバー測定用試材55は、それぞれ図23と図24に示すように、短冊状に切断する。図23には厚鋼板の幅方向の条切りキャンバー測定用試材の条切り位置とキャンバー測定位置について示す。条切りは、厚鋼板の板端部から300mmの位置で切断し、その時の短冊状に切断された厚鋼板の最大曲がり量を幅方向の条切りキャンバーとした。図24には厚鋼板の長手方向の条切りキャンバー測定用試材の条切り位置とキャンバー測定位置について示す。条切りは、厚鋼板の長手方向の尾端部から300mmの位置で切断し、その時の短冊状に切断された厚鋼板の最大曲がり量を長手方向の条切りキャンバーとした。

表2から分かるように、本発明を適用した場合には、全体として冷却速度が大きいにもかかわらず、冷却後の厚鋼板の幅方向の板端部の温度低下量は、 -4°C から 3°C と冷却前の温度低下量(30°C)よりも小さくなっている。また、厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度低下量についても同様に -7°C ~ 10°C と、冷却前の温度低下量(50°C)よりも小さくなっている。その結果、厚鋼板の板幅方向の残留応力も低減され、条切り後のキャンバーも小さい。また、厚鋼板の引張り強度についても、厚鋼板の長手方向の先尾端部及び厚鋼板の幅方向の板端部、厚鋼板の長手方向および幅方向の中央部に亘っておおよそ550MPa程度となっており、安定している。また、発明例4では予備冷却後に矯正を実施した後、制御冷却した例であるが

、制御冷却前の厚鋼板の形状は矯正をしなかった発明例1及び2と比較して非常に平坦となっており、その結果、制御冷却による冷却における温度分布の均一性が更によりよくなり、冷却後の厚鋼板の幅方向の板端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度低下量が少なく条切り後のキャンバーも更に少なくなった。

これに対し、厚鋼板の幅方向の端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量制御を行なわなかった比較例1～3では、冷却後の厚鋼板の幅方向及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の温度低下量は、冷却前のそれと比較して大きくなり、その結果条切り加工後大きなキャンバーが発生した。また、引張り強度に関しても厚鋼板の幅方向の板端部や厚鋼板の長手方向の先尾端部では、厚鋼板の中央部と比較して大きくなっており、一部許容範囲上限をオーバーしている。

また、厚鋼板の幅方向の端部及び厚鋼板の長手方向の先尾端部の水量制御を行なうが、本発明の方法に従わなかった比較例4～5では、冷却後の厚鋼板の長手方向の先尾端部及び厚鋼板の幅方向の端部の温度は厚鋼板の長手方向および幅方向の中央部の温度と比較して温度が高くなってしまったため、引張り強度に関しても厚鋼板の幅方向の板端部や厚鋼板の長手方向の先尾端部では、厚鋼板の長手方向および幅方向の中央部と比較して小さくなっており、一部許容範囲下限値を割れている。また、条切りキャンバーは、比較例1～3と比較して抑制されたものの、本発明例1～3よりも大きい。

産業上の利用可能性

本発明により、圧延を完了した厚鋼板の制御冷却するに際して、厚鋼板の板面内の温度分布を鋼板の幅方向および、厚

鋼板の長手方向全域にわたって均一にすることができ、かつ、全体として冷却速度が大きい厚鋼板の制御冷却が可能になる。その結果、厚鋼板の幅方向や長手方向の材質の均一性を確保し、さらに、冷却時の歪み及び残留応力を低減することが可能となった。

表 1

発明例	矯正装置	冷却装置		遮蔽部材使用ゾーン		先端流量制御使用ゾーン		通板速度 (mpm)		温度計測値 (幅・長手中央部) (°C)				冷却速度 (幅・長手中央部) (°C/s)	
		予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却	予備冷却	制御冷却
発明例1	不使用	不使用	使用	不使用	1-2z上下 3z下のみ	不使用	1~4z	-	134	-	751	543	-	31.0	
発明例2	不使用	不使用	使用	不使用	2-2z上下 3z下のみ	不使用	1~4z	-	133	-	755	553	-	30.0	
発明例3	不使用	使用	使用	全ゾーン	不使用	1~2z	1~2z	80	158	750	719	551	4.1	29.5	
発明例4	使用	使用	使用	全ゾーン	不使用	1~2z	1~2z	80	158	753	723	552	4.0	30.1	
比較例1	不使用	不使用	使用	不使用	不使用	不使用	不使用	-	134	-	752	552	-	29.8	
比較例2	不使用	使用	使用	不使用	不使用	不使用	不使用	80	158	746	714	545	4.3	29.7	
比較例3	不使用	使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	42	-	751	550	-	14.1	-	
比較例4	不使用	使用	不使用	全ゾーン	不使用	不使用	不使用	42	-	748	549	-	13.9	-	
比較例5	不使用	不使用	使用	不使用	全ゾーン	不使用	全ゾーン	-	134	-	753	550	-	30.2	

表 2

	温度降下量 (℃)		条切りキャン バー (mm)		引張り強さ (MPa)		
	幅方向 の端部	長手方 向の先 尾端部	幅方向 の端部	長手方 向の先 尾端部	幅・長 手中央 部	幅方向 の端部	長手方向の 先尾端部
発明例1	-4	10	9	5	553	551	547
発明例2	-5	9	10	4	556	550	547
発明例3	3	-7	7	4	551	549	553
発明例4	-1	5	3	2	549	555	546
比較例1	31	49	90	21	549	620	650
比較例2	52	74	157	32	548	630	610
比較例3	67	83	202	36	551	650	599
比較例4	-30	-30	91	13	551	490	501
比較例5	-40	-18	121	8	550	485	499

請求の範囲

1. 厚鋼板の幅方向の温度分布を均一化させつつ冷却する第1の冷却ステップと、厚鋼板の幅方向温度分布の均一化の終了後に、厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する第2の冷却ステップとを有する熱間圧延を完了した厚鋼板の冷却方法。
2. 請求項1において、前記第1の冷却ステップは、複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の制御冷却装置における一以上の入側の冷却ゾーンにより厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限しながら冷却し、前記第2の冷却ステップは、前記一以上の入側の冷却ゾーンの後続の冷却ゾーンにより厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法。
3. 請求項1において、前記第1の冷却ステップは、予備冷却装置により厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限しながら冷却し、
前記第2の冷却ステップは、前記予備冷却装置の後段に設置された複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の制御冷却装置により、厚鋼板の幅方向全体を同一の冷却速度で制御冷却する熱間圧延を完了した厚鋼板の制御冷却方法。
4. 請求項1～3の任意の請求項において、前記厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量の制限を、厚鋼板の幅方向の端部に設置した遮蔽部材にて行なう厚鋼板の制御冷却方法。
5. 請求項2または4の任意の請求項において、前記制御冷却装置の前段の冷却において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量を制限する厚鋼板の制御冷却方法
6. 請求項3または4の任意の請求項において、前記予備冷却装置若しくは前記

予備冷却装置および前記制御冷却装置の冷却において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量を制限する厚鋼板の制御冷却方法。

7. 請求項5または6の任意の請求項において、厚鋼板の長手方向の先尾端部の冷却水量の制限を、厚鋼板の長手方向の先尾端部の通過信号により所定時間作動する水量制御手段にて行なう厚鋼板の制御冷却方法。

8. 請求項2、4、5および7の任意の請求項において、前記制御冷却装置の前段部は、各ゾーン間に厚鋼板の幅方向の端部の水量制限が可能な厚鋼板の幅方向端部に設置した遮蔽部材を設置し、遮蔽部材は各ゾーン及び上下面において、それぞれ独立して厚鋼板の幅方向の端部の冷却水を遮蔽する厚鋼板の制御冷却方法。

9. 請求項8において、制御冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の板端部の温度低下量及び温度低下が発生している厚鋼板の幅方向の板端部からの距離を解析し、その結果に基づき制御冷却装置前段の各冷却ゾーンに設置されている遮蔽部材による遮蔽量と遮蔽を実施する冷却ゾーン数を演算し、演算された結果に基づき遮蔽部材を制御する厚鋼板の制御冷却方法。

10. 請求項3、4、6および7の任意の請求項において、予備冷却前に幅方向の温度分布を測定し、測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の板端部の温度低下量及び温度低下が発生している幅方向の板端部からの距離を解析し、その結果に基づき予備冷却装置における遮蔽部材による遮蔽量と冷却時間を演算し、演算された結果に基づき予備冷却装置の遮蔽部材及び通板速度を制御する厚鋼板の制御冷却方法。

11. 熱間圧延後、請求項1～10の制御冷却方法により、制御冷却されて製造された厚鋼板。

1 2. 複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の制御冷却装置であって、各冷却ゾーンは冷却水量密度が $1200\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上通水可能であり、かつ前段の冷却ゾーンに厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限する遮蔽部材が設置されている厚鋼板の制御冷却装置。

1 3. 圧延機の後面に予備冷却装置、制御冷却装置が順に配列された冷却装置であって、前記予備冷却装置は投入水量密度が $500\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以下でかつ、厚鋼板の幅方向の両側端部の冷却水量を制限する遮蔽部材が設置されており、かつ前記制御冷却装置は複数の独立した冷却ゾーンを有する通過型の装置であって、各冷却ゾーンの冷却水量密度が $1200\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 以上通水可能である厚鋼板の制御冷却装置。

1 4. 請求項 1 2 または 1 3 の任意の請求項において、前記厚鋼板の幅方向の温度分布が均一化されるように、前記遮蔽部材の動作を制御する厚鋼板の制御冷却装置。

1 5. 請求項 1 2 ～ 1 4 の任意の請求項において、厚鋼板の長手方向の先端部および尾端部の通過信号により所定時間作動する水量制御手段を有する厚鋼板の制御冷却装置。

1 6. 請求項 1 2、1 4 または 1 5 の任意の請求項において、前記制御冷却装置は、スリットジェット冷却ノズルを使用する厚鋼板の制御冷却装置。

1 7. 請求項 1 3、1 4 または 1 5 の任意の請求項において、前記予備冷却装置はラミナーフロー冷却ノズル、前記制御冷却装置はスリットジェット冷却ノズルを使用する厚鋼板の制御冷却装置。

1 8. 請求項 1 2、1 4、1 5 および 1 6 の任意の請求項において、前記制御冷却装置の前段部の冷却ゾーン間に設置された遮蔽部材は、各冷却ゾーン毎に及

び前記冷却ゾーンの上面部および下面部毎に、それぞれ独立して厚鋼板の幅方向の端部の冷却水を遮蔽できるような構造である厚鋼板の制御冷却装置。

19. 請求項18において、制御冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下量及び温度降下が発生している厚鋼板の幅方向の板端部からの距離を解析する手段を持ち、その結果に基づき、制御冷却装置前段の各冷却ゾーンに設置されている遮蔽部材による遮蔽量と遮蔽を実施する冷却ゾーン数を演算する手段をもち、演算された結果に基づき遮蔽部材を制御する機構をもつ厚鋼板の制御冷却装置。

20. 請求項13、14、15および17の任意の請求項において、前記予備冷却装置による冷却前に厚鋼板の幅方向の温度分布を測定する手段と、測定された温度分布から、厚鋼板の幅方向の板端部の温度降下量及び温度降下が発生している厚鋼板の幅方向の板端部からの距離を解析する手段を持ち、その結果に基づき予備冷却装置の遮蔽部材による遮蔽量と冷却時間を演算する手段を持ち、演算された結果に基づき予備冷却装置における遮蔽部材及び通板速度を制御可能な機構をもつ厚鋼板の制御冷却装置

21. 請求項12、14、15、16、18および19の任意の請求項において、前記制御冷却装置の前に矯正機が設置されている厚鋼板の制御冷却装置。

22. 請求項13、14、15、17および20の任意の請求項において、前記予備冷却装置と前記制御冷却装置の間に矯正機が設置されている厚鋼板の制御冷却装置。

図 1

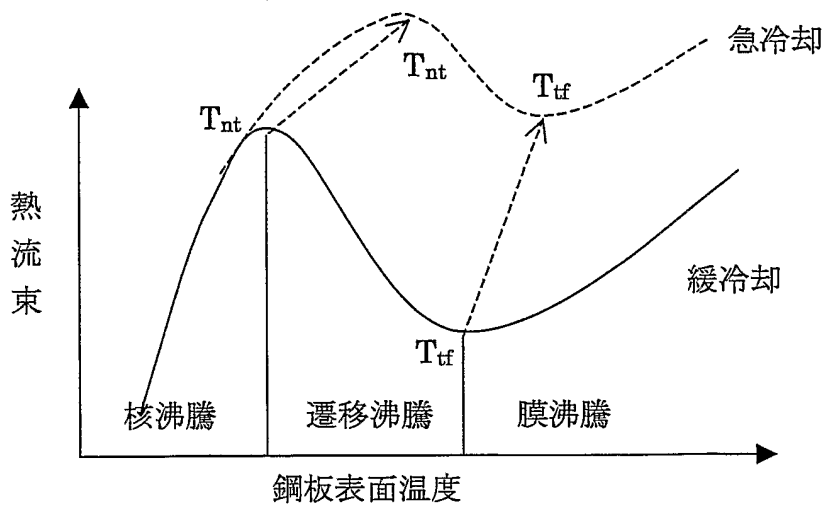


図 2

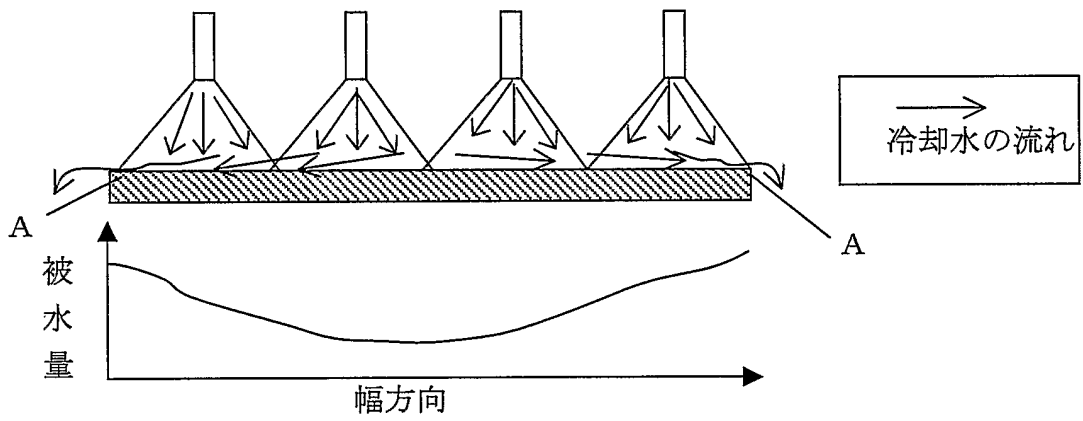


図 3

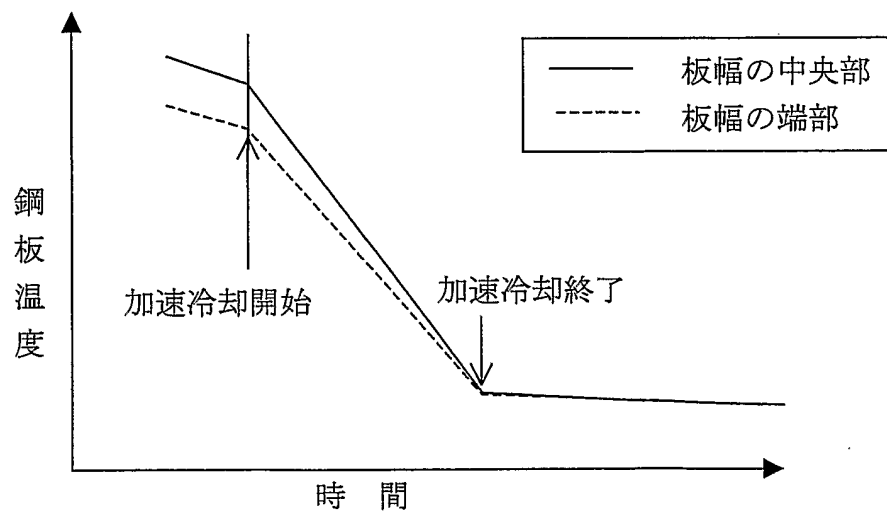


図 4

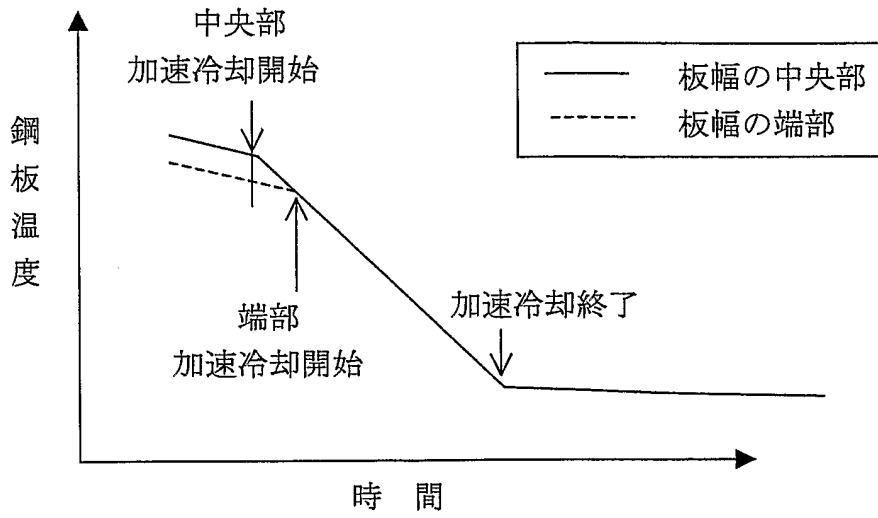


図 5

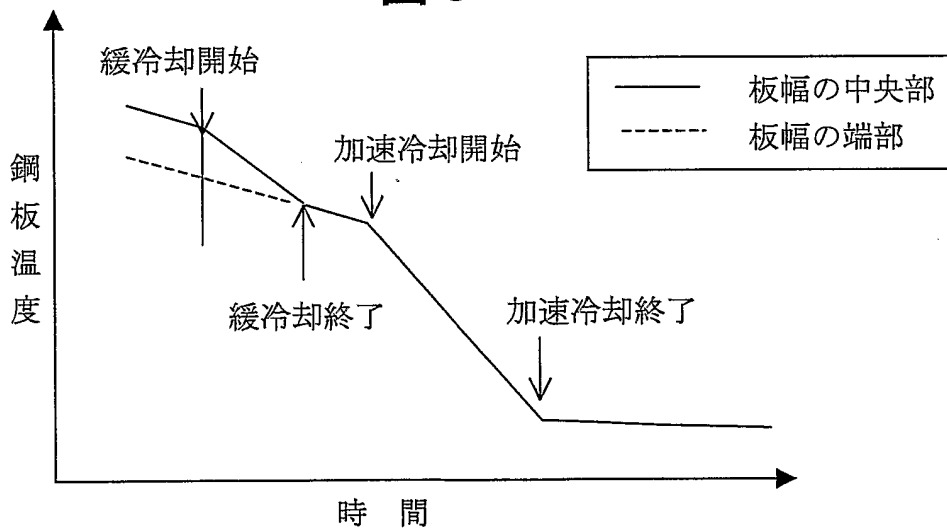


図 6

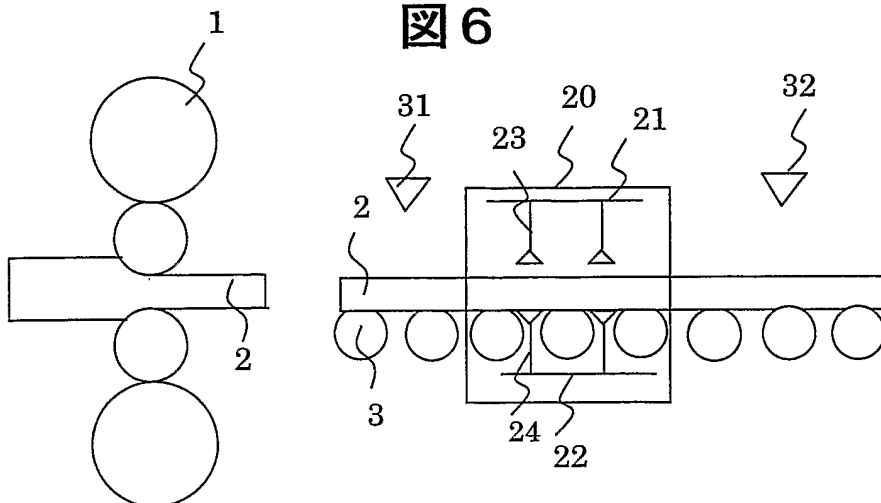


図 7

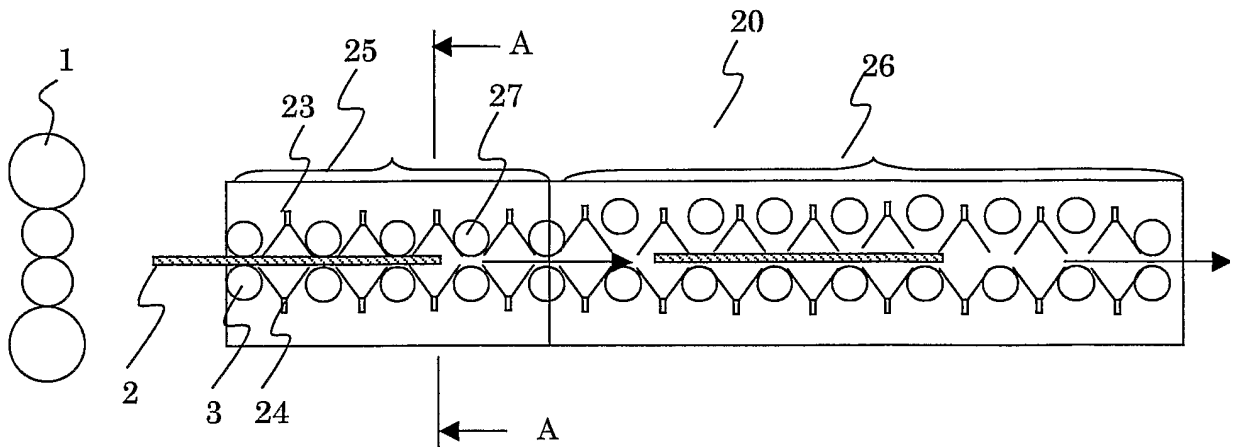


図 8

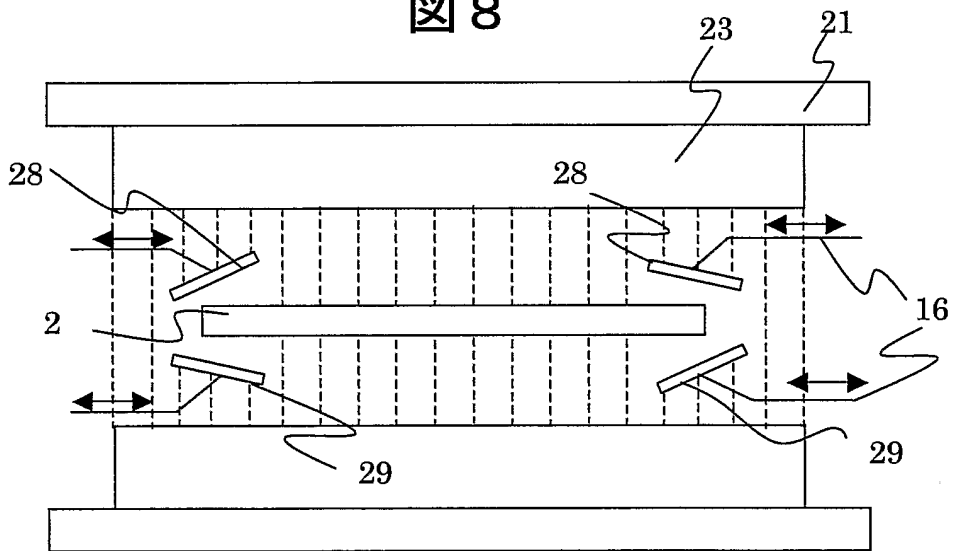


図 9

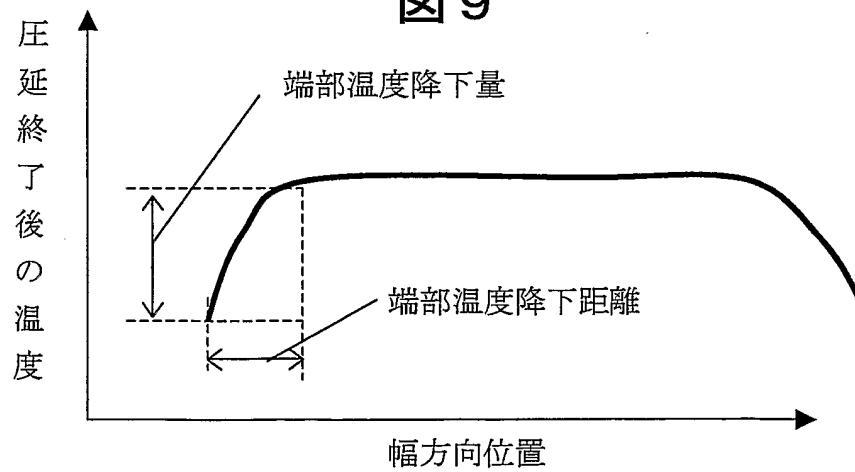


図 10

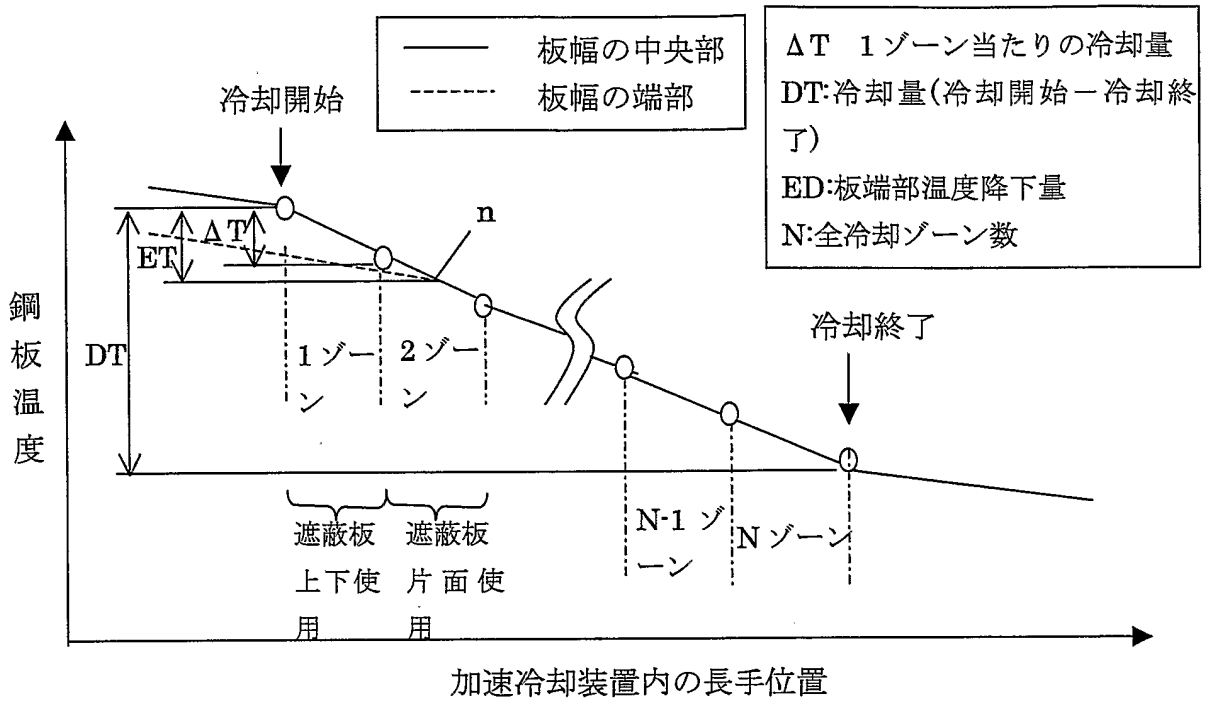


図 11

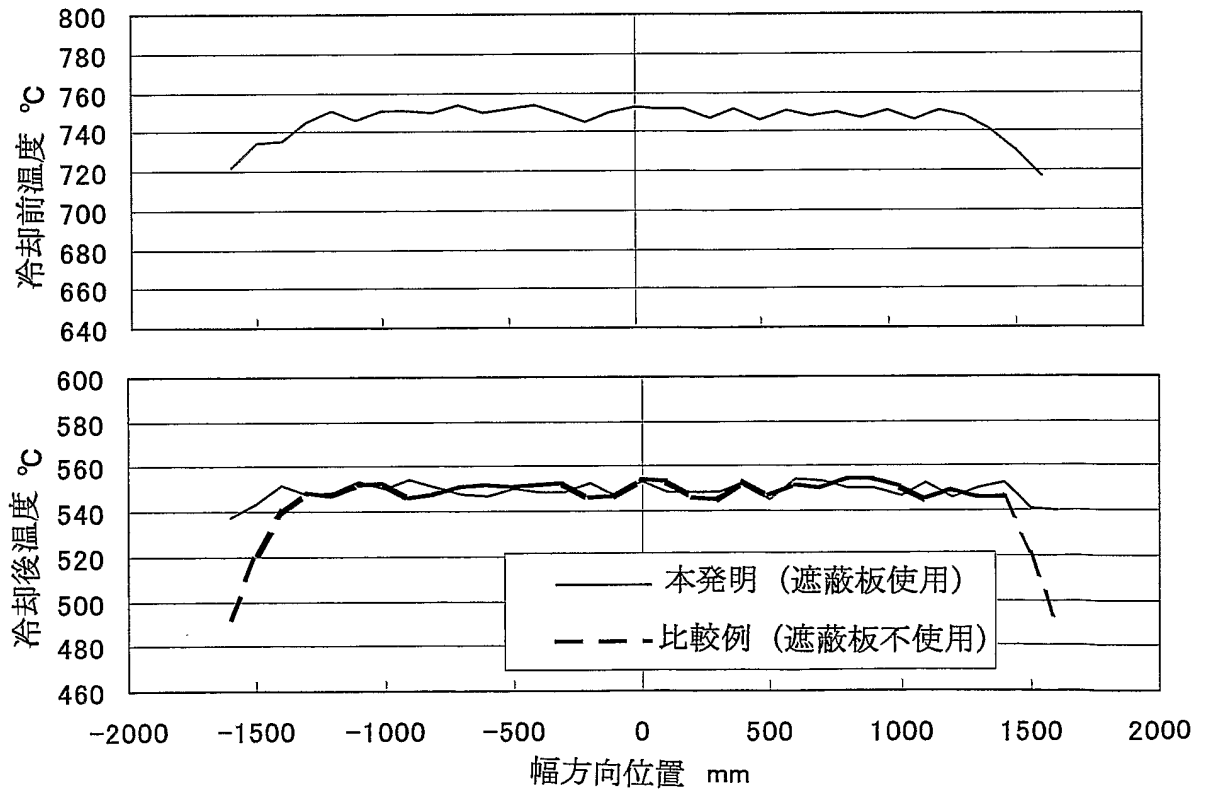


図 1 2

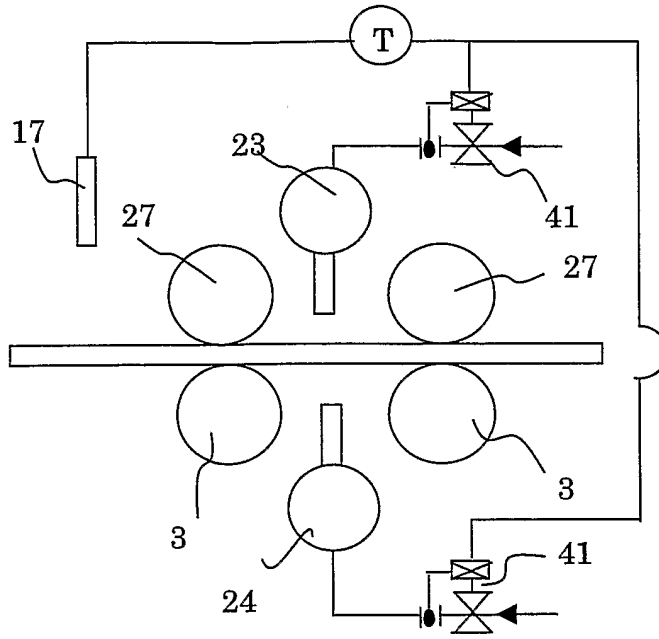


図 1 3

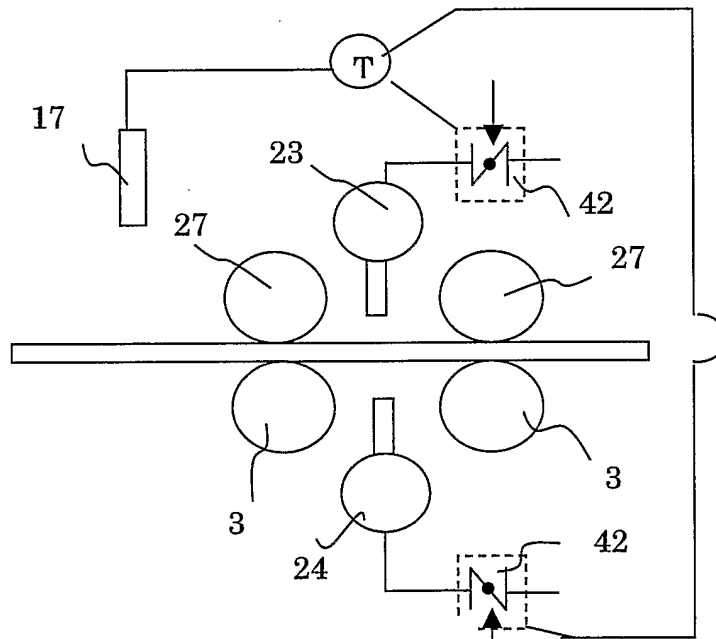


図 1 4

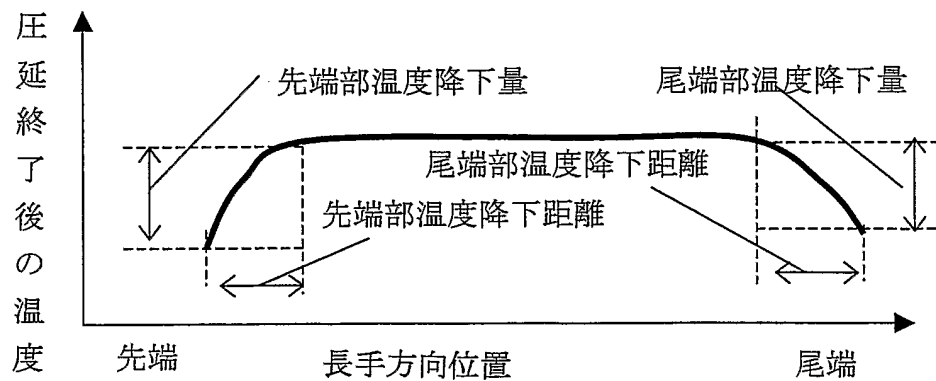


図 15A

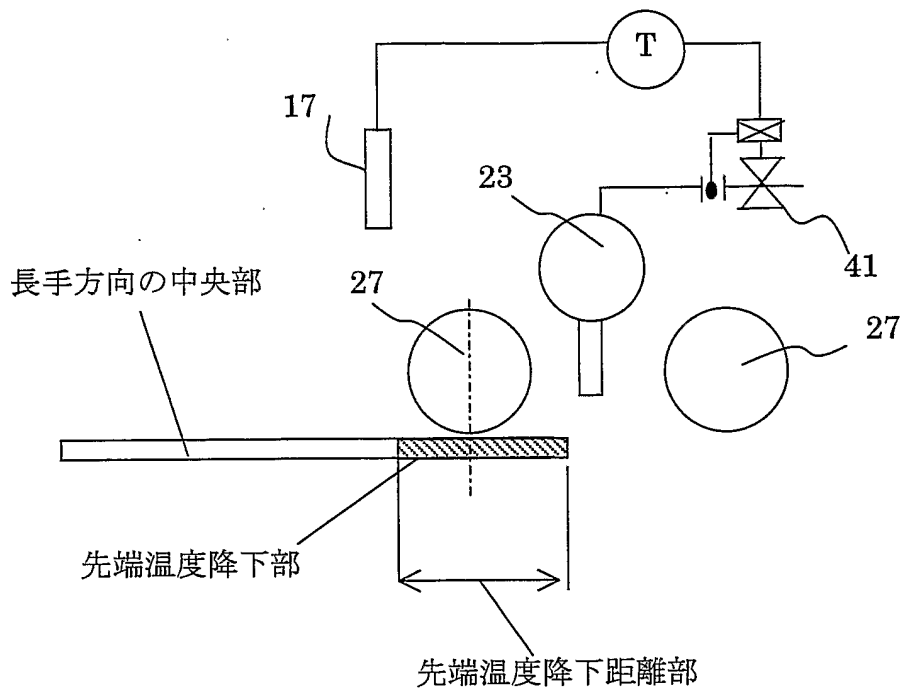


図 15B

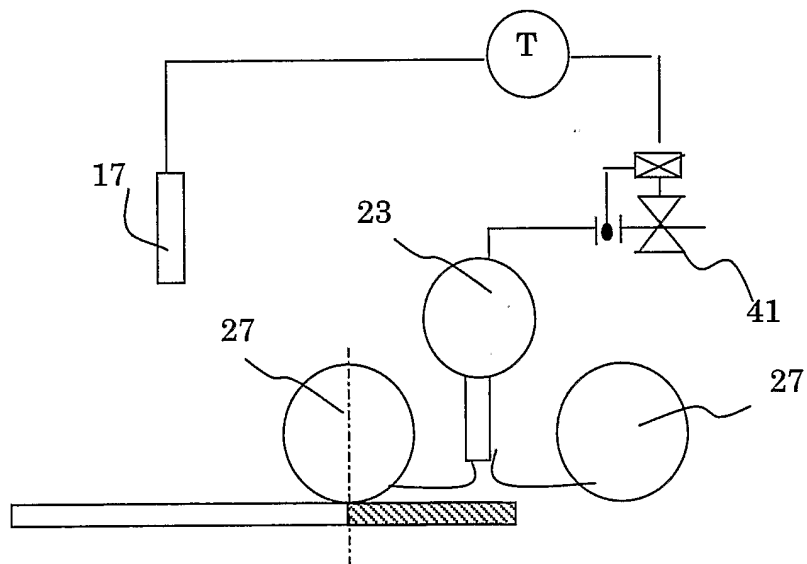


图 16A

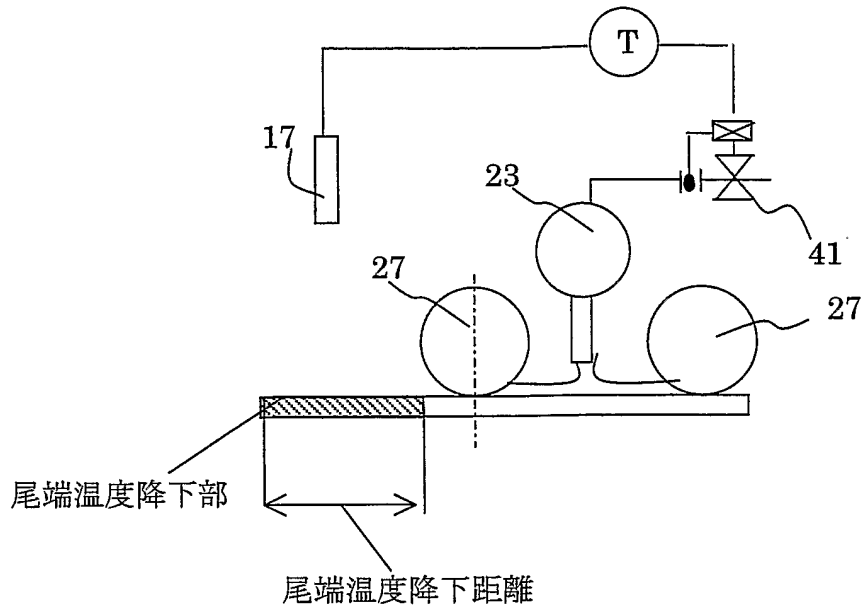


图 16B

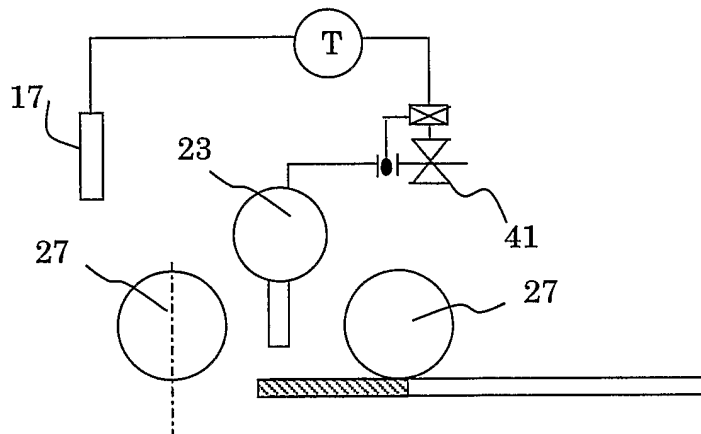


図 17

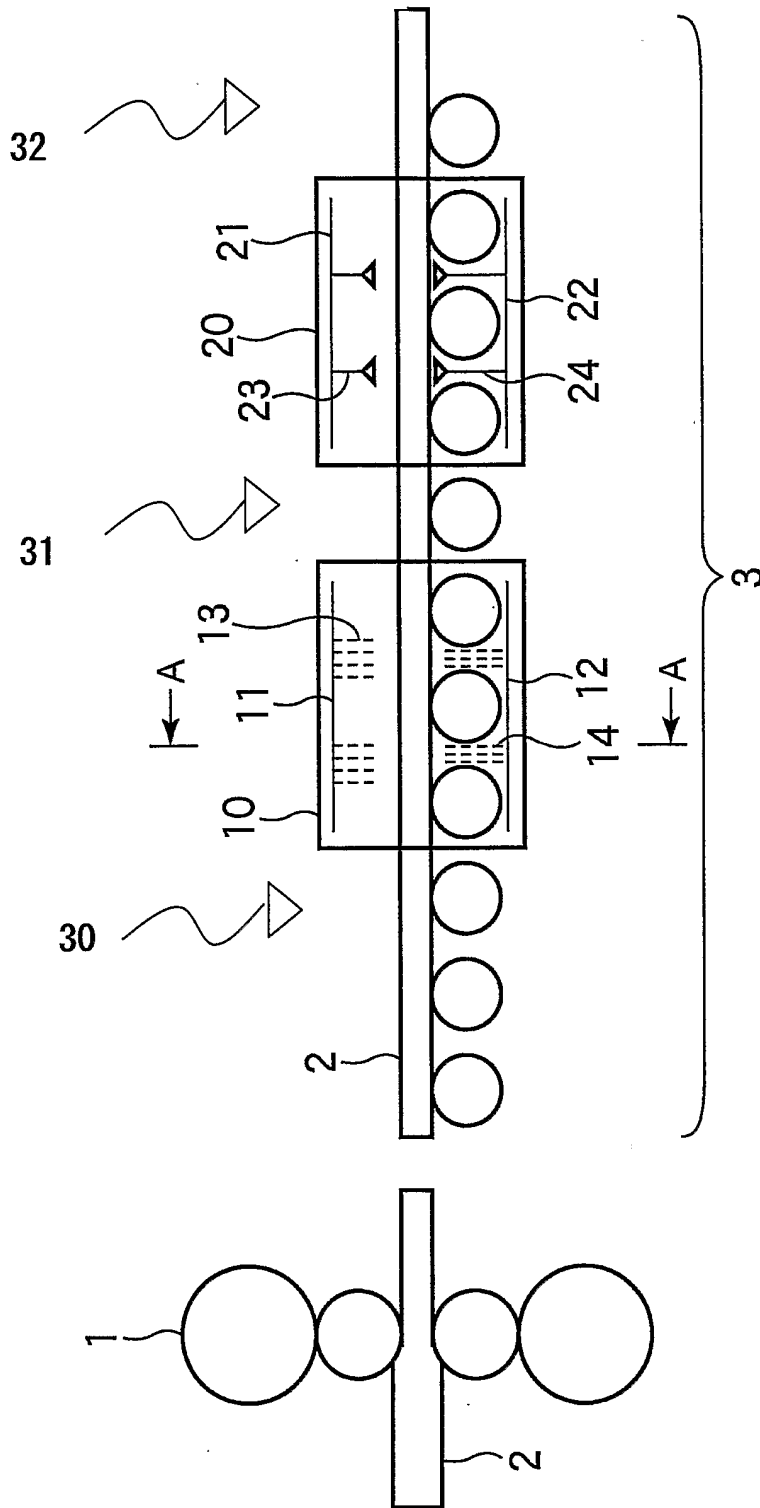


図 18

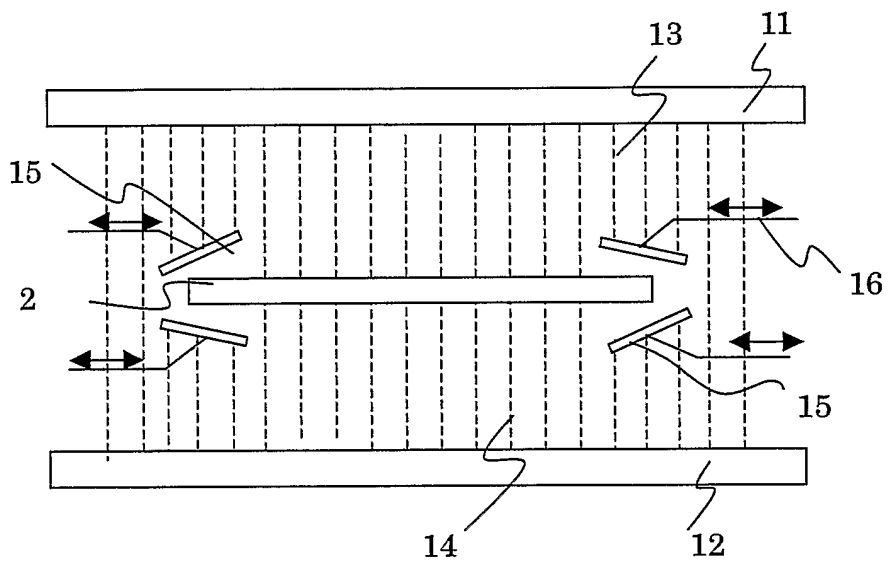


图 19

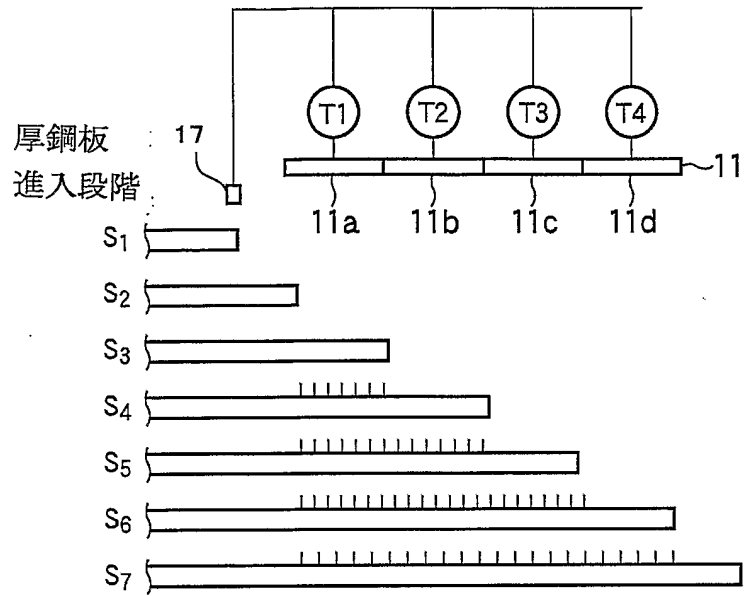


图 20

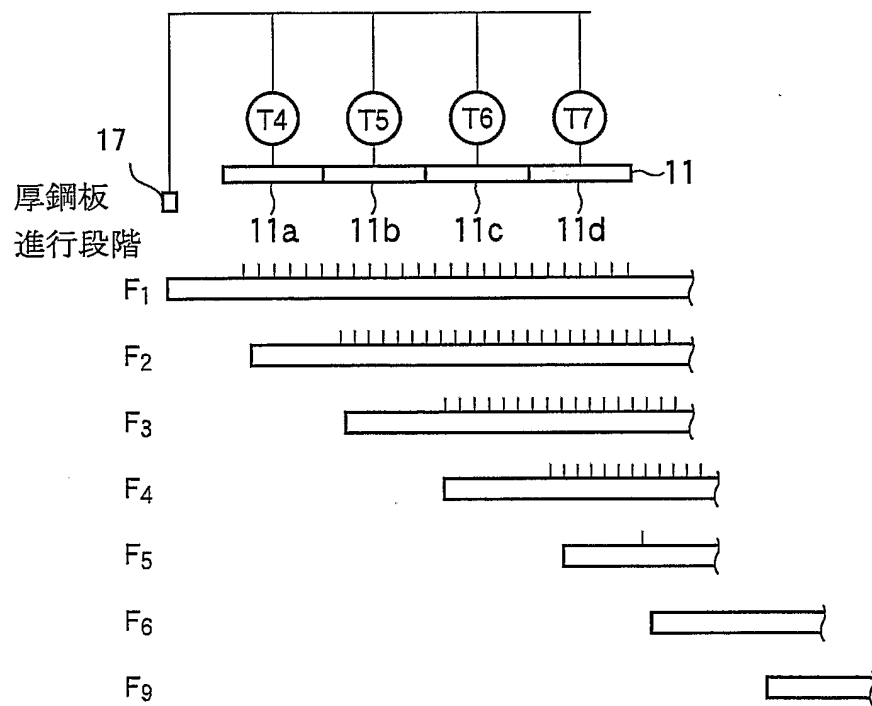


図 2 1

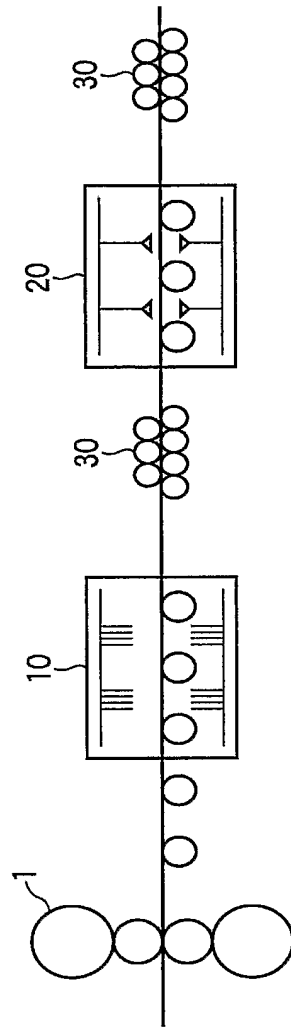


図 2 2

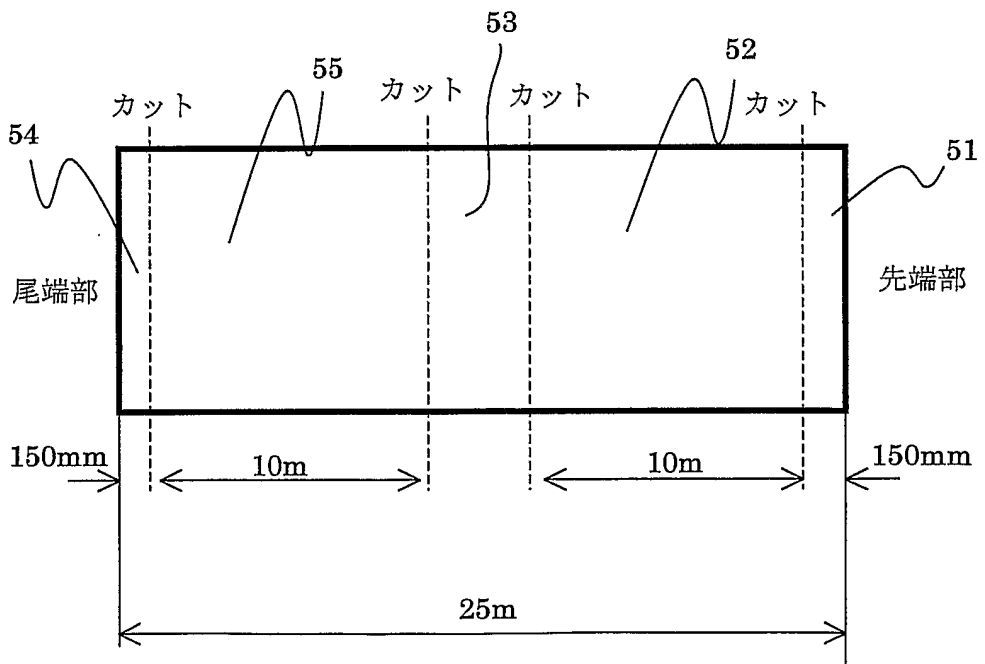


図 2 3

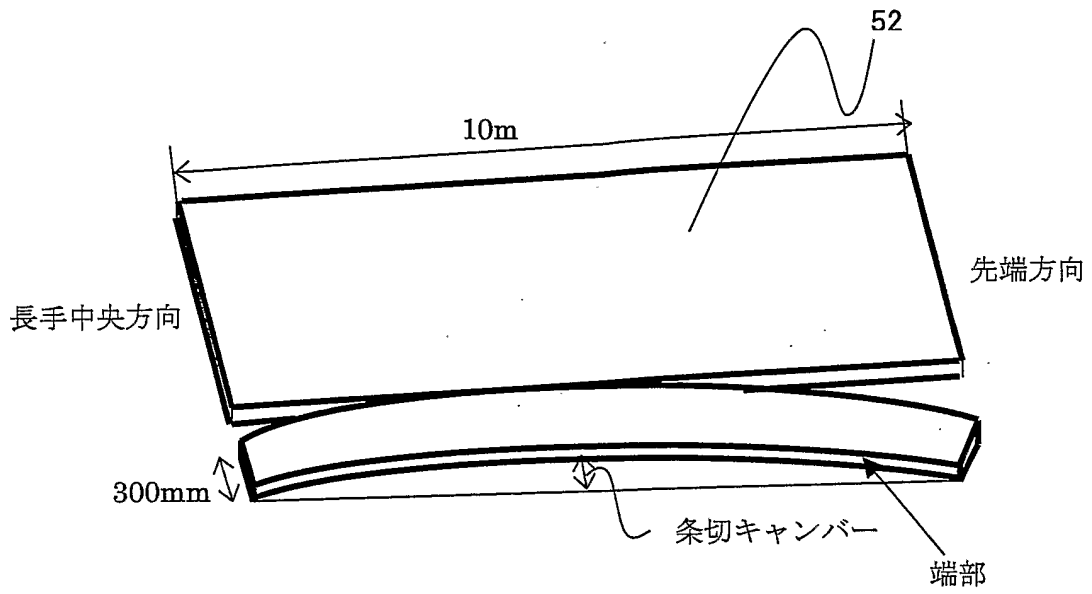


図 2 4

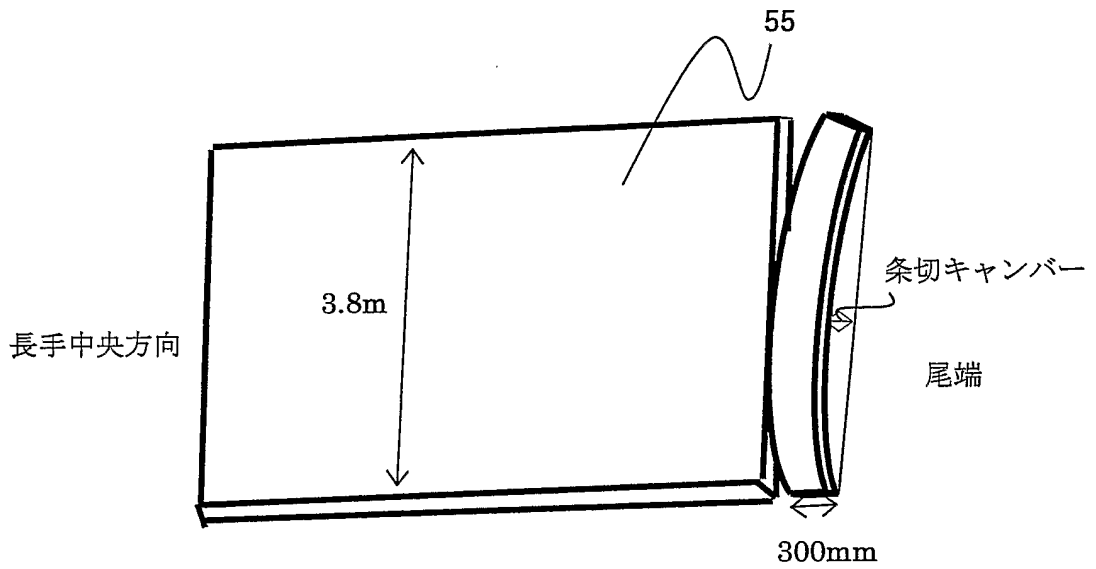


図 2 5

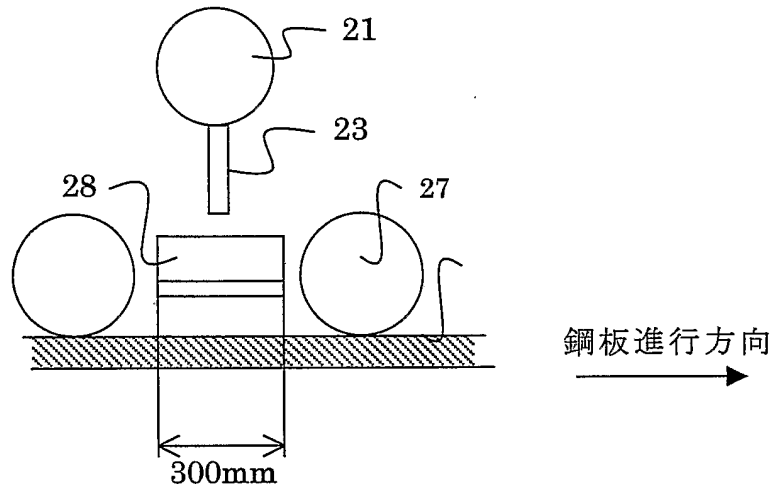


図 2 6

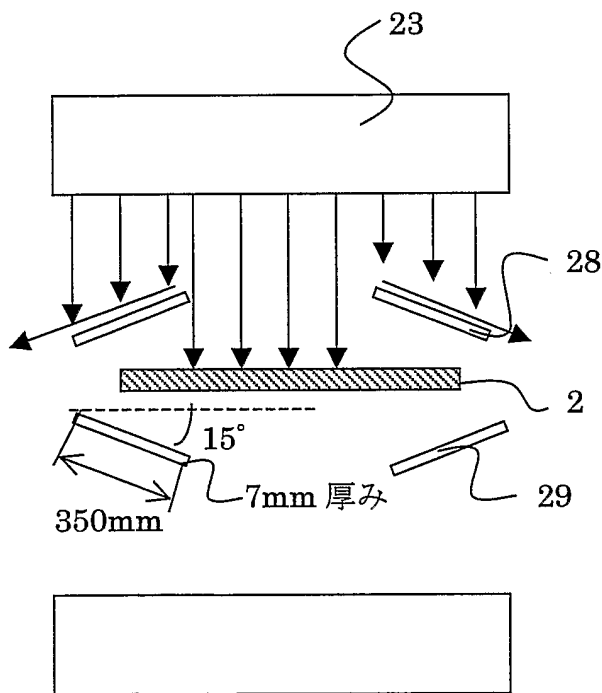


図 27

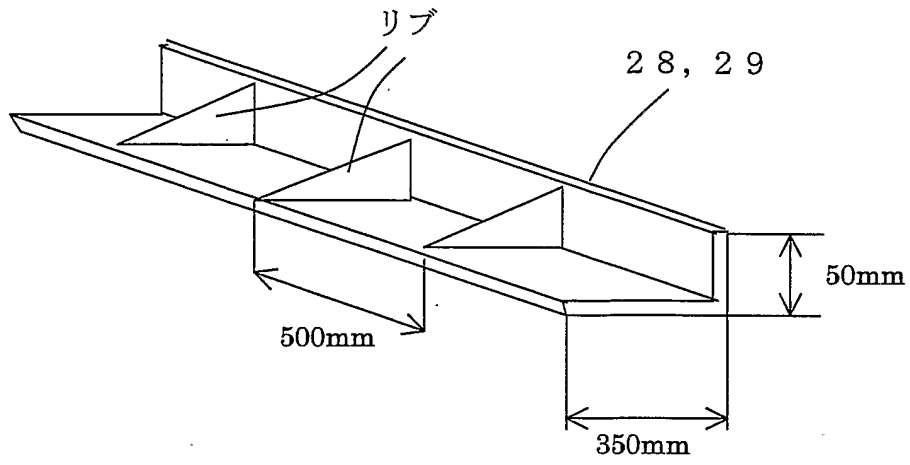
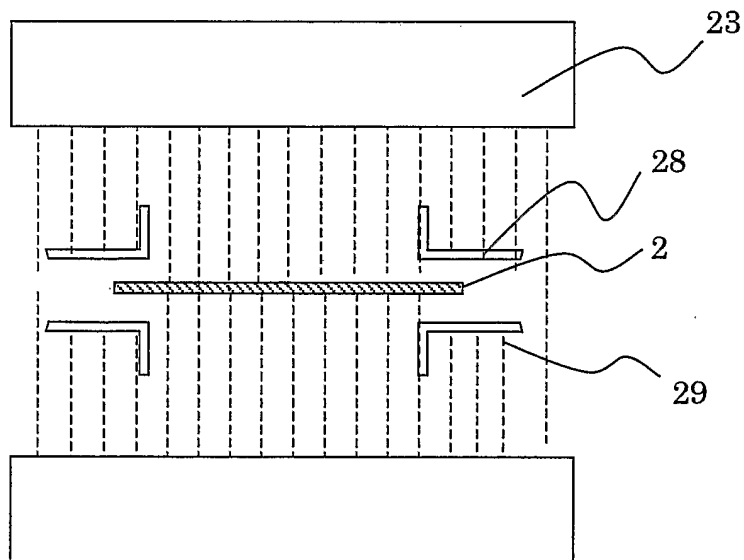


図 28



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008294

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ B21B45/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ B21B45/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 60-36625 A (Kawasaki Steel Corp.), 25 February, 1985 (25.02.85), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1, 11 3-7, 10, 13-17, 20, 22
X Y	JP 6-63636 A (Kawasaki Steel Corp.), 08 March, 1994 (08.03.94), Claims; Figs. 1, 4 (Family: none)	1, 11 3-7, 10, 13-17, 20, 22
X Y	JP 62-112733 A (Nippon Steel Corp.), 23 May, 1987 (23.05.87), Claims; page 2, lower left column, line 1 to 4; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 11 3-10, 12-22

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 September, 2004 (02.09.04)Date of mailing of the international search report
21 September, 2004 (21.09.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008294

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-71630 A (Kawasaki Steel Corp.), 19 March, 1996 (19.03.96), Claims; Fig. 1 (Family: none)	3-22
Y	JP 7-150229 A (Kawasaki Steel Corp.), 13 June, 1995 (13.06.95), Claims; column 3, line 34 to column 4, line 5; Figs. 1, 2 (Family: none)	4-22
Y	JP 61-15926 A (Nippon Steel Corp.), 24 January, 1986 (24.01.86), Claims; Figs. 1, 4 (Family: none)	5-11, 15-22
Y	JP 61-264137 A (Kobe Steel, Ltd.), 22 November, 1986 (22.11.86), Claims; Fig. 1 (Family: none)	16-22
Y	JP 6-254616 A (Nippon Steel Corp.), 13 September, 1994 (13.09.94), Claims; Fig. 1 (Family: none)	21, 22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl⁷ B 2 1 B 4 5 / 0 2

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl⁷ B 2 1 B 4 5 / 0 2

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 60-36625 A (川崎製鉄株式会社) 1985. 02. 25, 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	1, 11 3-7, 10, 13-17, 20, 22
X Y	JP 6-63636 A (川崎製鉄株式会社) 1994. 03. 08, 特許請求の範囲, 図1, 4 (ファミリーなし)	1, 11 3-7, 10, 13-17, 20, 22

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 02. 09. 2004
 国際調査報告の発送日 21. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小柳 健悟	4E	3134
電話番号 03-3581-1101 内線 3423			

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 6 2 - 1 1 2 7 3 3 A (新日本製鐵株式会社) 1 9 8 7 . 0	1, 2, 11
Y	5 . 2 3, 特許請求の範囲, 第 2 頁左下欄第 1 - 4 行, 第 1, 2 図 (ファミリーなし)	3-10, 12-22
Y	J P 8 - 7 1 6 3 0 A (川崎製鐵株式会社) 1 9 9 6 . 0 3 . 1	3-22
Y	9, 特許請求の範囲, 図 1 (ファミリーなし)	
Y	J P 7 - 1 5 0 2 2 9 A (川崎製鐵株式会社) 1 9 9 5 . 0 6 .	4-22
Y	1 3, 特許請求の範囲, 第 3 欄第 3 4 行 - 第 4 欄第 5 行, 図 1, 2 (ファミリーなし)	
Y	J P 6 1 - 1 5 9 2 6 A (新日本製鐵株式会社) 1 9 8 6 . 0	5-11, 15-22
Y	1 . 2 4, 特許請求の範囲, 図 1, 4 (ファミリーなし)	
Y	J P 6 1 - 2 6 4 1 3 7 A (株式会社神戸製鋼所) 1 9 8 6 . 1	16-22
Y	1 . 2 2, 特許請求の範囲, 第 1 図 (ファミリーなし)	
Y	J P 6 - 2 5 4 6 1 6 A (新日本製鐵株式会社) 1 9 9 4 . 0	21, 22
	9 . 1 3, 特許請求の範囲, 図 1 (ファミリーなし)	