

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年1月6日(06.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/001935 A1

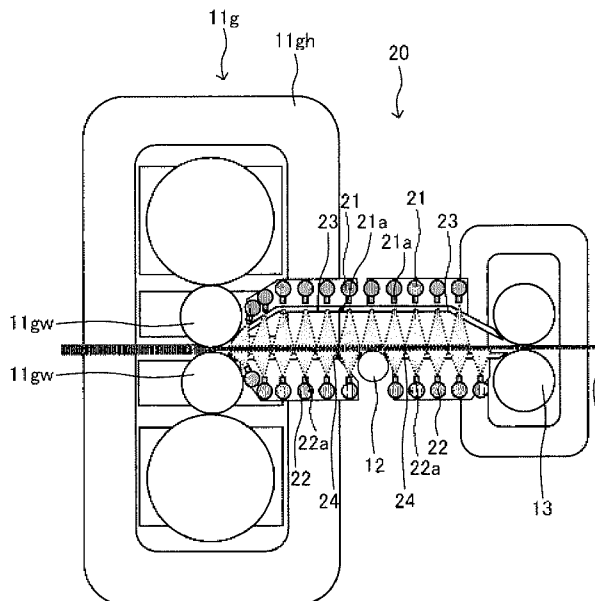
- (51) 国際特許分類:
B21B 45/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/060971
- (22) 国際出願日: 2010年6月28日(28.06.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-156258 2009年6月30日(30.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社(SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 江藤 学 (ETO, Manabu) [JP/JP]; 〒5410041 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 Osaka (JP). 原口 洋一 (HARAGUCHI, Yoichi) [JP/JP]; 〒5410041 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 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 星野 哲郎, 外 (HOSHINO, Tetsuro et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COOLING DEVICE, COOLING METHOD, MANUFACTURING DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD FOR HOT-ROLLED STEEL SHEET

(54) 発明の名称: 熱延鋼板の冷却装置、冷却方法、製造装置、及び、製造方法

[図2]



(57) Abstract: Provided are a cooling device for a hot-rolled steel sheet, a cooling method for a hot-rolled steel sheet, a manufacturing device for a hot-rolled steel sheet, and a manufacturing method for a hot-rolled steel sheet, which are capable of manufacturing a hot-rolled steel sheet having ultra-fine crystal grains and of increasing the usage efficiency of cooling water. The cooling device for a hot-rolled steel sheet, when an average cooling speed of the steel sheet surface present within a position equivalent of the radius of the work roll at the final stand is denoted by V1, an average cooling speed of the steel sheet surface present between the position equivalent of the radius of the work roll and the exit side of a housing post at the final stand is denoted by V2, and an average cooling speed of the steel sheet surface present between a cooling start point and the exit side of the housing post is denoted by Vm, satisfies the relationships $V1 \geq V2$ and $Vm \geq 400$ °C/s. The cooling method for a hot-rolled steel sheet uses the cooling device. The manufacturing device for a hot-rolled steel sheet includes the final stand in a hot finish rolling machine line and the cooling device.

vice. The manufacturing method for a hot-rolled steel sheet includes a step of processing, using the manufacturing device, a steel sheet rolled at the final stand in the hot finish rolling machine line.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造すること及び冷却水の使用効率を高めることが可能な、熱延鋼板の冷却装置、熱延鋼板の冷却方法、熱延鋼板の製造装置、並びに、熱延鋼板の製造方法を提供することを主目的とする。本発明は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板表面の平均冷却速度を V_1 、ワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板表面の平均冷却速度を V_2 、冷却開始点とハウジングポスト出側との間に存在する鋼板表面の平均冷却速度を V_m とすると、 $V_1 \geq V_2$ 且つ $V_m \geq 400^\circ\text{C}/\text{s}$ である熱延鋼板の冷却装置、該冷却装置を用いる熱延鋼板の冷却方法、熱間仕上げ圧延機列の最終スタンド及び上記冷却装置を備える熱延鋼板の製造装置、並びに、該製造装置を用いて熱間仕上げ圧延機列の最終スタンドで圧延された鋼板を処理する工程を含む熱延鋼板の製造方法とする。

明 細 書

発明の名称：

熱延鋼板の冷却装置、冷却方法、製造装置、及び、製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、熱延鋼板の冷却装置、冷却方法、製造装置及び製造方法に関する。本発明は、特に、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造する際に好適に用いられる熱延鋼板の冷却装置、冷却方法及び製造装置、並びに、超微細結晶粒を有する熱延鋼板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 自動車用や構造材用等として用いられる鋼材は、強度、加工性、靱性といった機械的特性に優れることが求められ、これらの機械的特性を総合的に高めるには、熱延鋼板の結晶粒を微細化することが有効である。そのため、微細結晶粒を有する熱延鋼板を得るための製造方法が数多く模索されてきている。また、結晶粒を微細化すれば、合金元素の添加量を削減しても優れた機械的性質を具備した高強度熱延鋼板を製造することが可能になる。

[0003] 熱延鋼板の結晶粒の微細化方法としては、熱間仕上げ圧延の特に後段において、高圧下圧延を行ってオーステナイト粒を微細化するとともに粒内に圧延歪を蓄積させ、冷却後（又は変態後）に得られるフェライト粒の微細化を図る方法等が知られている。そして、オーステナイト粒の再結晶や回復を抑制してフェライト変態を促進させるという観点からは、圧延後の短時間で鋼板を所定の温度以下（例えば、 720°C 以下）まで冷却することが有効である。すなわち、微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造するためには、熱間仕上げ圧延に引き続き、従来よりも早く冷却することが可能な冷却装置を設置し、圧延後の鋼板を急冷することが有効である。

[0004] 微細結晶粒を有する熱延鋼板の製造を可能にする技術、又は、微細結晶粒を有する熱延鋼板の製造に適用可能な技術が、これまでにいくつか開示されてきている。例えば特許文献1には、 $\text{C} : 0.01 \sim 0.3$ 質量%を含有す

る炭素鋼又は低合金鋼からなる鋼板又はスラブを多パス熱間圧延して熱延鋼板を製造する方法であって、最終圧延パスを A_{r3} 点以上の温度で終了し、その後0.4秒以内に720℃以下まで冷却することを特徴とする、超微細結晶粒熱延鋼板の製造方法が開示されている。また、特許文献2には、熱延仕上げ圧延機列における最終スタンドと、第1の冷却装置と、第2の冷却装置と、巻き取り装置とが、鋼板搬送方向に順に配置されるとともに、第1の冷却装置と第2の冷却装置との間に非冷却の領域が設けられている熱延鋼板の製造設備において、第1の冷却装置は、鋼板の被冷却面に帯状又は長円状の噴流衝突域を形成すべきノズルと、該ノズルから噴射された冷却水を堰止めるべき堰止めロールとを備え、最終スタンドのロールと堰止めロールとの間の領域に冷却水のプールが形成されるとともに、第1の冷却装置内を搬送される鋼板がプールの冷却水中に浸漬されるように、堰止めロールを配設する技術が開示されている。また、特許文献3には、鋼板を熱間圧延する圧延機の入側又は／及び出側の圧延機に近接する位置に、鋼板を通過させながら鋼板の上面に冷却水を供給する冷却設備を配置し、該冷却設備は、鋼板の上面に対して棒状冷却水を圧延機側に向いて伏角30°～60°で噴射するノズルを有するヘッダを、鋼板に供給した後の冷却水が圧延機のワークロールで堰き止められるような位置に備えていることを特徴とする鋼板の熱間圧延設備が開示されている。そして、特許文献3には、冷却水が分散して棒状でなくなり冷却水を堰き止める作用がなくなる事態を回避するため、上ノズルの先端とパスラインとの距離を500mm～1800mmとするのが好ましい旨、記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-213595号公報

特許文献2：特許第4029865号公報

特許文献3：特開2007-61838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に開示されている技術によれば、温度が A_{r3} 点以上である鋼板を、最終圧延パス終了後の0.4秒以内に720℃まで冷却するので、超微細結晶粒（例えば、平均粒径が2 μ m以下の結晶粒をいう。以下において同じ。）を有する熱延鋼板を製造することが可能になると考えられる。ところが、特許文献1には、最終圧延パス終了から0.4秒以内に鋼板を720℃まで冷却し得る冷却装置の詳細な構成については開示されていない。また、特許文献2に開示されている技術によれば、熱間圧延機列の最終スタンドのロールと堰止めロールとの間の領域に形成した冷却水のプールに鋼板を浸漬させるため、熱延鋼板の冷却能率を向上させることが可能になると考えられる。ここで、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造する際に必要とされる急冷は、例えば特許文献1に示される通り少なくとも400℃/s以上の冷却速度を有するものであり、それには鋼板を核沸騰冷却で急冷することが求められる。ところが、特許文献2に開示されているように、冷却水のプールを積極的に形成して鋼板を冷却すると、鋼板表面に衝突する冷却水の衝突圧力を、核沸騰冷却が可能な程度にまで増大させ難く、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造するためには、更なる技術改良が必要になるという課題があった。また、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造する際に必要とされる急冷では、鋼板表面に衝突させる冷却水の衝突圧力を所定値以上にする必要があるのに対し、特許文献3に開示されている技術では、鋼板へと供給される棒状冷却水の噴射角度を主に規定しているのみである。また、特許文献3では、鋼板に噴射された冷却水が鋼板とワークロールとが接触する部位まで流れるため当該部位の直後からの冷却が可能であるとしているが、衝突後に鋼板上を流れる冷却水では十分な急冷はできず、この部分の冷却は超微細結晶粒の形成にほとんど寄与しない。よって、当該技術を単に用いても、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造することは困難であるという問題があった。

[0007] そこで、本発明は、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造すること及び冷

却水の使用効率を高めることが可能な、熱延鋼板の冷却装置、熱延鋼板の冷却方法、熱延鋼板の製造装置、及び、熱延鋼板の製造方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者らは、超微細結晶粒を有する熱延鋼板（以下において、「超微細粒鋼」ということがある。）の製造に関する研究調査を行い、以下の知見を得た。

（１）図１１に示されるように、 A_{r3} 点以上の温度域で圧延された後、０．２秒以内に 720°C までの冷却を完了すると、結晶粒をさらに微細化することが可能になる。

（２） A_{r3} 点以上の例えば 820°C から 720°C までの 100°C 降下の冷却を、圧延後０．２秒以内で終了させるには、例えば $500^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の平均冷却速度で急冷を行う必要があり、 $600^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で急冷を行うことが好ましい。ここで、熱間仕上げ圧延機列の最終スタンドにおける圧下点（圧延される鋼板の上面と接触するワークロールの下死点、及び、圧延される鋼板の下面と接触するワークロールの上死点をいう。以下において同じ。）から当該最終スタンドのハウジングポスト出側までの領域（以下において、「スタンド内領域」ということがある。）の鋼板搬送方向の長さを L_1 、スタンド内領域において急速冷却が可能な区間の鋼板搬送方向の長さを L_2 、当該区間における冷却速度を Z_1 、スタンド内領域において急速冷却が困難な区間の鋼板搬送方向の長さを L_3 、当該区間における冷却速度を Z_2 とすると、 $\{L_2 \times Z_1 + L_3 \times Z_2\} / L_1$ で表される冷却速度が、平均冷却速度である。 $600^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の冷却速度で鋼板を冷却した場合、鋼板の温度を 100°C 低下させるための所要時間は０．１６７秒である。したがって、冷却を０．２秒以内で終了させるためには、圧延後０．０３３秒以内に冷却を開始する必要がある。例えば、鋼板を $10\text{m}/\text{s}$ の速度で移動させた場合、０．０３３秒で移動する距離は０．３３ｍである。したがって、圧延後の急冷は、熱間圧延機列における最終スタンドのワークロールの半径

相当位置以内から開始し、少なくとも熱間圧延機列における最終スタンド内ではほぼ連続して急冷することが好ましい。

(3) 例えば、鋼板の圧延速度が 10 m/s の場合、 0.2 秒間で鋼板が移動する距離は 2 m である。また、一般的な熱間仕上げ圧延機列の最終スタンドにおける圧下点から当該最終スタンドのハウジングポスト出側までの距離も約 2 m である。そのため、必要とされる急速冷却は、ほぼ最終スタンド内で行わなければならない。しかしながら、圧下点極近傍に代表されるように、圧下点から最終スタンドのハウジングポスト出側までの間には、急速冷却を実施することが困難な部分もある。したがって、急速冷却を実施することが困難な部分の存在も考慮すると、急速冷却可能範囲（圧下点からスタンド出側までの領域から、急速冷却の実施が困難な部分を除いた領域をいう。以下において同じ。）における冷却速度を高めることで、最終スタンドの圧下点から最終スタンドのハウジングポスト出側までの領域における必要な平均冷却速度を確保する必要がある。

(4) 鋼板へと噴射された冷却水が鋼板に衝突する圧力（面圧）と鋼板の冷却速度との間には相関があり（図6参照）、冷却水が鋼板に衝突する圧力を増大させることによって鋼板の冷却速度を増大させることが可能になる。超微細粒鋼を製造するためには、鋼板へ向けて高圧ジェット水を噴射する必要がある、鋼板を核沸騰冷却する必要がある。

[0009] さらに、冶金学的見地からは、圧延後 0.2 秒以内の中でもより早い時期から冷却を行うことが望ましく、最終スタンドの圧下点により近い位置から冷却を開始するのが望ましい。同様に、最終スタンドの圧下点に近い位置で、より強く冷却するのが望ましい。発明者らは、最終スタンドの圧下点に近い部分、すなわちワークロールの半径相当位置以内で特に強い冷却を行うことが、結晶粒の微細化に及ぼす影響について調査した。具体的には、ワークロールの半径相当位置以内とそれ以降のハウジングポスト出側までの間で冷却条件を変えた圧延、冷却試験を行い、得られた鋼板のフェライト組織の結晶粒径を調査した。この調査において、圧下点からハウジングポスト出側ま

での距離は1.8 m、ワークロール半径は0.35 m、噴射された冷却水が直接鋼板に衝突する部位の最も上流側の点（以下において、「冷却開始点」という。）は圧下点から0.15 m、通板速度は10 m/s、鋼板の板厚は3 mmであった。また、冷却水の給水圧力は冷却ヘッダー一部で1.5 MPaであった。結晶粒径の目標である2 μ m以下を達成できた条件のみを抜粋し、結果を表1に示す。

[0010] [表1]

試験 No.	冷却速度 [°C/s]			衝突圧 [kPa]			流量密度 [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$]			フェライト 粒径 [μm]
	V1	V2	Vm	P1	P2	Pm	W1	W2	Wm	
1	615	615	615	3.5	3.5	3.5	4.2	4.2	4.2	1.8
2	1010	560	614	8.0	3.0	3.6	9.5	3.6	4.3	1.6
3	1600	480	615	17.3	2.3	4.1	20.5	2.8	4.9	1.5
4	1600	360	510	17.3	1.4	3.4	20.5	1.7	4.0	1.7
5	1600	240	404	17.3	0.7	2.7	20.5	0.9	3.2	1.9

[0011] 表1において、ワークロールの半径相当位置以内の領域（以下において、「領域1」と呼ぶことがある。）を示す添え字を「1」、それ以降のハウジングポスト出側までの領域（以下において、「領域2」と呼ぶことがある。）を示す添え字を「2」とし、それぞれの領域における冷却速度がV1、V2、冷却水の鋼板への衝突圧力がP1、P2、冷却水の流量密度がW1、W2である。また、冷却開始点（0.15 m）からハウジングポスト出側（1.8 m）までの領域（以下において、「全冷却域」と呼ぶことがある。）を示す添え字を「m」とし、全冷却域の平均値（Vm、Pm、Wm）も付記した。図6に示した通り、冷却速度Vと衝突圧Pには相関があり、高い冷却速度を得るためには高い衝突圧を必要とした。また、ヘッダー内における冷却水の圧力（1.5 MPa）が一定の条件下では、高い衝突圧を得るためには高い冷却水噴射速度を必要とした。この噴射速度に代わる数値が単位面積当たりの流量、すなわち流量密度Wである。噴射された冷却水の鋼板幅方向の長さを一定とすれば、冷却面積も一定であるため、流量密度Wは使用する冷却水量の指標でもあり、冷却水を供給するポンプの所要エネルギーを比較す

る指標ともなる

[0012] 表 1 に示すように、 $V_1 = V_2$ となるように冷却を実施した試験 No. 1 に対し、全冷却域での平均冷却速度 V_m を、試験 No. 1 と同じ $615^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 付近に保ちつつ V_1 を V_2 より大きくした試験 No. 2 と No. 3 では、結晶粒の微細化効果が増し、試験 No. 1 よりも細かいフェライト粒径が得られた。また、試験 No. 3 に対し、試験 No. 4 と試験 No. 5 において、 V_1 を $1600^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の一定に保ちつつ V_2 を低下させたところ、結晶粒微細化効果はやや低減したものの平均冷却速度が $404^{\circ}\text{C}/\text{s}$ となった試験 No. 5 の条件下でもまだなお、 $2\mu\text{m}$ 以下の目標粒径を得られることが判明した。試験 No. 1 と試験 No. 4 と試験 No. 5 を比較すると、ほぼ同程度の結晶粒微細化効果を得つつ、試験 No. 4 と試験 No. 5 の W_m は、試験 No. 1 の W_m よりも小さくなっており、全体としては少ない冷却水量で効率よく細粒化を達成できていた（冷却水の使用効率を高めることができていた）。 V_1 を更に大きくし、結晶粒微細化効果を高めたり、冷却水の使用効率を高めたりすることも可能だが、領域 1 での局所的な流量密度が過度に高まると、圧延機内での冷却水の排出に支障を来し、滞留水によって冷却水噴射の鋼板への衝突力が削がれ、結果的に V_1 を大きくできない虞もある。そのため、圧延機内における排水性等を考慮すると、流量密度 W_1 の上限値は $20\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 程度にすることが好ましく、これに相応する板厚 3mm での冷却速度 V_1 の上限は $1600^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 程度である。

[0013] 本発明は、上記知見に基づいて完成されたもので、その要旨は以下の通りである。

[0014] 以下、本発明について説明する。なお、本発明の理解を容易にするため、添付図面の参照符号を括弧書きにて付記するが、それにより本発明が図示の形態に限定されるものではない。

[0015] 本発明の第 1 の態様は、熱間仕上げ圧延機列（11）における最終スタンド（11g）内の下流側に配置され、パスラインを搬送される鋼板（1）の表面へ向けて高圧ジェット水を噴射可能に設けられた複数のノズル（21a

、21a、…、22a、22a、…）を備えるヘッダー（21、22）を具備する熱延鋼板の冷却装置（20）であって、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水によって冷却される鋼板表面の平均冷却速度を V_1 、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水によって冷却される鋼板表面の平均冷却速度を V_2 、とするとき、 $V_1 \geq V_2$ であり、且つ、最終スタンド内における冷却開始点と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水によって冷却される鋼板表面の平均冷却速度 V_m が $400^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上であることを特徴とする、熱延鋼板の冷却装置である。

- [0016] ここに、「下流側」とは、鋼板（1）の搬送方向の下流側をいう。また、「高圧ジェット水」とは、鋼板（1）を核沸騰冷却し得る圧力を有する噴流水をいう。また、「最終スタンドのワークロールの半径相当位置」とは、図4に示すように、圧延される鋼板（1）と最終スタンドのワークロール（11gw、11gw）とが接触する部位（より詳細には、鋼板（1）の上面と接触するワークロール（11gwu）の下死点、及び、鋼板（1）の下面と接触するワークロール（11gwd）の上死点。以下において、当該部位を「圧下点」ということがある。）から鋼板（1）の搬送方向下流側へ最終スタンドのワークロール（11gw、11gw）の半径分だけ離れた位置をいう。また、「最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面」とは、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と圧下点との間（最終スタンドのワークロールの半径相当位置よりも圧下点側）に存在する鋼板（1）の表面（上面及び下面）をいう。また、「鋼板表面の平均冷却速度」とは、例えば、後述する高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を算出する際に考慮される複数の平行四辺形領域それぞれについて算出した冷却速度の平均値をいう。また、「 V_1 」は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の上面（又は下面

）を、上記平行四辺形領域によって複数に区画し、各平行四辺形領域について算出した冷却速度の平均値をいう。その際、ワークロールに最も近い領域の上流側の境界は高圧ジェット水が直接鋼板に衝突する部位の最も上流側、すなわち圧下点に近い点（冷却開始点）である。高圧ジェットスプレーを最もロールに近接させて設置する場合には、ノズル噴射孔の中心からロール円周に引いた接線が鋼板に達する点に相当する。また、「最終スタンドのハウジングポスト出側」とは、最終スタンドのハウジングポスト（11g h）の外側（鋼板搬送方向下流側の外側）をいう。また、「V2」は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の上面（又は下面）を、上記平行四辺形領域によって複数に区画し、各平行四辺形領域について算出した冷却速度の平均値をいう。また、「Vm」は、最終スタンド内の冷却開始点と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の上面（又は下面）を、上記平行四辺形領域によって複数に区画し、各平行四辺形領域について算出した冷却速度の平均値をいう。

[0017] 本発明の第2の態様は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を P_1 、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を P_2 、とするとき、 $P_1 \geq P_2$ であり、且つ、最終スタンド内における冷却開始点と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分 P_m が 2.7 kPa 以上であることが好ましい。

[0018] ここに、「高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分」とは、鋼板幅方向における任意の位置、例えば幅方向中央部で、鋼板搬送方向の線分に沿って鋼板表面が受ける高圧ジェット水の衝突圧力を測定又は算出し、これを所定の領域で平均化したものの垂直成分をいう（以下

において、「平均衝突圧」又は「平均衝突圧力」ということがある。) 。鋼板を板幅方向に均一に冷却するためには、鋼板幅方向のすべての領域において、この鋼板搬送方向平均値の垂直成分を等しくすることが望ましい。少なくともノズルピッチ相当の幅を持つ面で考えても、線分上で求めた鋼板面衝突圧力の垂直成分と等しくなるべきである。従って、上記鋼板搬送方向平均値の垂直成分を求めるにあたり、ノズル一個が受け持つ鋼板面での平均衝突圧力を鋼板の搬送方向に並ぶノズル列毎に求めて、これを鋼板の搬送方向に平均化しても良い(図4及び図9参照)。ノズルがフラットスプレーノズルである場合、本発明では、例えば図7に示すように、鋼板幅方向におけるノズルピッチをA、鋼板の搬送方向におけるノズルピッチ、すなわちヘッダー間隔をBとすると、ノズル一個が受け持つ鋼板面での平均衝突圧力は、面積が $A \times B$ で表される平行四辺形領域に衝突した冷却水の力(衝突力)を、当該平行四辺形の面積 $A \times B$ で除することによって算出することができる。一方、ノズルが柱状ノズルである場合も同様に、鋼板の板幅方向のノズルピッチをA、鋼板の搬送方向のノズルピッチをBとすると、ノズル一個が受け持つ鋼板面での平均衝突圧力は、面積が $A \times B$ で表される平行四辺形領域に衝突した高圧ジェット水の力(衝突力)を、当該平行四辺形領域の面積 $A \times B$ で除することによって算出することができる。また、「 P_m 」は、最終スタンド内の冷却開始点と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の上面(又は下面)を、上記平行四辺形領域によって複数に区画し、各平行四辺形領域について算出した平均衝突圧力の平均値をいう。

[0019] また、上記本発明の第1の態様及び上記本発明の第2の態様において、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面へと噴射される高圧ジェット水の単位面積当たりの水量を W_1 、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと噴射される高圧ジェット水の単位面積当たりの水量を W_2 、とすると、 $W_1 \geq W_2$ であることが好ましい。

[0020] ここに、「単位面積」は、水量 W_1 を導出する際の面積と水量 W_2 を導出

する際の面積とが同一であれば、特に限定されるものではない。当該「単位面積」は、例えば、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を導出する際に用いた平行四辺形の面積等を用いることができる。

[0021] また、上記本発明の第 1 の態様において、最終スタンドのワークロールに最も近い位置に配置されたノズルの高圧ジェット水噴射口と鋼板との距離を D_1 、最終スタンドのハウジングポスト出側に最も近い位置に配置されたノズルの高圧ジェット水噴射口と鋼板との距離を D_2 、とすると、 $D_1 \leq D_2$ であることが好ましい。

[0022] また、上記本発明の第 1 の態様において、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内から最終スタンドのハウジングポスト出側までの区間で、鋼板の上面及び下面へ向けて、ノズルから高圧ジェット水を鋼板の搬送方向へ連続的に噴射可能に構成されていることが好ましい。

[0023] ここに、「最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内から」とは、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と圧下点との間（最終スタンドのワークロールの半径相当位置よりも圧下点側）に存在する鋼板（1）の上面及び下面へ、ノズル（21a、21a、…、22a、22a、…）から噴射された高圧ジェット水が供給されることをいう。高圧ジェット水を連続的に噴射する区間の厳密な開始点は、ワークロールの半径相当位置以内において高圧ジェット水が直接鋼板に衝突する部位の最も上流側、すなわち圧下点に近い点である。高圧ジェット水を噴射するノズルを、最終スタンドのワークロールに最も近接させて設置する場合には、ノズルの噴射孔の中心からワークロールの表面に引いた接線が鋼板の表面に達する点が、高圧ジェット水を連続的に噴射する区間の厳密な開始点に相当する。また、「最終スタンドのハウジングポスト出側」とは、最終スタンドのハウジングポスト（11gh）の外側（鋼板搬送方向下流側の外側）をいう。また、「ノズルから高圧ジェット水を鋼板の搬送方向へ連続的に噴射可能に構成されている」とは、鋼板（1）の搬送方向に所定の間隔で配置された複数のノズル（21a、2

1 a、…、2 2 a、2 2 a、…）から鋼板（1）の上面及び下面へ向けて高圧ジェット水を連続的に噴射可能に構成されていることをいう。

[0024] また、上記本発明の第1の態様において、上記区間における、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分が、上面及び下面において3. 5 k P a以上であることが好ましい。

[0025] また、上記本発明の第1の態様において、ノズル（2 1 a、2 1 a、…、2 2 a、2 2 a、…）が、フラットスプレーノズルであることが好ましい。

[0026] また、上記本発明の第1の態様において、冷却装置（2 0）の鋼板幅方向両端面と最終スタンド（1 1 g）の鋼板幅方向両端面との間に、冷却水を排出可能な空間が確保されていることが好ましい。

[0027] ここに、「冷却装置（2 0）の鋼板幅方向両端面」とは、鋼板（1）の幅方向両端側における冷却装置（2 0）の外面をいう。また、「最終スタンド（1 1 g）の鋼板幅方向両端面」とは、鋼板（1）の幅方向両端側における最終スタンドのハウジングポスト（1 1 g h）の内面をいう。

[0028] また、上記本発明の第1の態様において、鋼板（1）の上面側に設けられたヘッダー（2 1）及びノズル（2 1 a、2 1 a、…）と、該ノズルとパスラインとの間に設けられている上面ガイド（2 3）とが、一体に構成されていることが好ましい。

[0029] ここに、「上面ガイド（2 3）」とは、最終スタンド（1 1 g）で圧延された鋼板（1）が、最終スタンドのワークロール（1 1 g w u）や冷却装置（2 0）のノズル（2 1 a、2 1 a、…）へ衝突することを防止する等の目的で鋼板（1）の上面側に設置される、冷却装置（2 0）の部材をいう。

[0030] また、上記本発明の第1の態様において、鋼板（1）の下面側に設けられたヘッダー（2 2）及びノズル（2 2 a、2 2 a、…）と、該ノズルとパスラインとの間に設けられている下面ガイド（2 4）とが、一体に構成されていることが好ましい。

[0031] ここに、「下面ガイド（2 4）」とは、最終スタンド（1 1 g）で圧延された鋼板（1）が、最終スタンドのワークロール（1 1 g w d）や冷却装置

(20) のノズル (22a、22a、…) へ衝突することを防止する等の目的で鋼板 (1) の下面側に設置される、冷却装置 (20) の部材をいう。

[0032] また、上記本発明の第1の態様において、ヘッダー (21、31、22、32) が複数備えられ、該ヘッダーの少なくとも一部は、鋼板 (1) の搬送方向及び鋼板 (1) の幅方向のそれぞれへ複数列に配置されたノズル (31a、31a、…、32a、32a、…) へ冷却水を一括供給可能に構成されていることが好ましい。

[0033] また、ヘッダーの少なくとも一部が、鋼板の搬送方向及び鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置されたノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されている上記本発明の第1の態様において、鋼板の上面側に複数のヘッダー (21、31) が配置され、鋼板の上面側に設けられているヘッダーのうち、少なくとも鋼板の搬送方向最上流側に配置されたヘッダー (31) が、鋼板の搬送方向及び鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置されたノズル (31a、31a、…) へ冷却水を一括供給可能に構成されているヘッダーであることが好ましい。

[0034] また、ヘッダーの少なくとも一部が、鋼板の搬送方向及び鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置されたノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されている上記本発明の第1の態様において、鋼板の下面側に複数のヘッダー (22、32) が配置され、鋼板の下面側に設けられているヘッダーのうち、少なくとも鋼板の搬送方向最上流側に配置されたヘッダー (32) が、鋼板の搬送方向及び鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置されたノズル (32a、32a、…) へ冷却水を一括供給可能に構成されているヘッダーであることが好ましい。

[0035] 本発明の第3の態様は、上記本発明の第1の態様又は上記本発明の第2の態様にかかる熱延鋼板の冷却装置を用いて鋼板を冷却することを特徴とする、熱延鋼板の冷却方法である。

[0036] 本発明の第4の態様は、熱間仕上げ圧延機列 (11) における最終スタンド (11g) と、上記本発明の第1の態様又は上記本発明の第2の態様にか

かる熱延鋼板の冷却装置（20、20'）とを、鋼板（1）の搬送方向に順に備えることを特徴とする、熱延鋼板の製造装置（10）である。

[0037] 本発明の第5の態様は、上記本発明の第4の態様にかかる熱延鋼板の製造装置（10）を用いて、熱間仕上げ圧延機列（11）における最終スタンド（11g）で圧延された鋼板（1）を処理する工程を含むことを特徴とする、熱延鋼板の製造方法である。

発明の効果

[0038] 本発明では、最終スタンドのワークロール半径相当位置よりも圧下点側に存在する鋼板の表面へと噴射された高圧ジェット水によって冷却される平均冷却速度 V_1 が、最終スタンドのワークロール半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと噴射された高圧ジェット水によって冷却される平均冷却速度 V_2 以上とされ、且つ、 $V_m \geq 400^\circ\text{C}/\text{s}$ とされる。また、本発明では、最終スタンドのワークロールの半径相当位置よりも圧下点側に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分 P_1 が、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分 P_2 以上とされ、且つ、 $P_m \geq 2.7 \text{ kPa}$ とされる。そのため、本発明によれば、最終スタンドの圧延終了直後から、鋼板を急冷することができ、且つ、超微細粒鋼を製造する際に使用される冷却水の使用効率を高めることができる。圧延終了直後から鋼板を急冷することにより、オーステナイト組織の回復等を抑制することが可能になる。したがって、本発明によれば、超微細結晶粒を有する熱延鋼板を製造すること及び冷却水の使用効率を高めることが可能な、熱延鋼板の冷却装置、熱延鋼板の冷却方法、熱延鋼板の製造装置、並びに、熱延鋼板の製造方法を提供することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1] 本発明にかかる熱延鋼板の製造装置の一部を模式的に示す図である。

[図2] 図 1 から本発明の熱延鋼板の冷却装置が配置される部分を抽出し拡大して示す図である。

[図3] 本発明の熱延鋼板の冷却装置の形態例を示す図である。

[図4] 最終スタンドのワークロールの半径相当位置及び最終スタンドのハウジングポストの出側並びに高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分の概念を説明する図である。

[図5] 鋼板の上面へと噴射された高圧ジェット水の圧力分布を示す概念図である。

[図6] 高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値と鋼板の平均冷却速度との関係を示す図である。

[図7] 高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力のノズル一個あたりの平均値を説明する図である。

[図8] ノズルから噴射された高圧ジェット水が鋼板表面に衝突する部位の形状と高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を導出する際に考慮される平行四辺形領域とを示す図である。図 8 (a) はノズルがフラットスプレーノズルである場合を示しており、図 8 (b) はノズルが柱状ノズルである場合を示している。

[図9] 他の実施形態にかかる本発明の熱延鋼板の冷却装置における最終スタンドのワークロールの半径相当位置及び最終スタンドのハウジングポスト出側並びに高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分の概念を説明する図である。

[図10] 他の形態にかかる本発明の熱延鋼板の冷却装置が配置される部分を抽出し拡大して示す図である。

[図11] 720℃までの冷却所要時間と得られるフェライト粒径との関係を示す図である。

符号の説明

[0040] 1…鋼板

10…熱延鋼板の製造装置

1 1 …熱間仕上げ圧延機列
1 1 g …最終スタンド
1 1 g h …最終スタンドのハウジングポスト
1 1 g w …最終スタンドのワークロール
1 1 g w u …最終スタンドのワークロール
1 1 g w d …最終スタンドのワークロール
1 2 …搬送ロール
1 3 …ピンチロール
2 0、2 0' …熱延鋼板の冷却装置
2 1 …ヘッダー
2 1 a …ノズル
2 2 …ヘッダー
2 2 a …ノズル
2 3 …上面ガイド
2 4 …下面ガイド
3 0 …熱延鋼板の冷却装置
3 1 …集合型ヘッダー
3 1 a …ノズル
3 2 …集合型ヘッダー
3 2 a …ノズル

発明を実施するための形態

[0041] 以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。

[0042] 図 1 は、本発明の熱延鋼板の冷却装置 2 0、及び、該冷却装置 2 0 を備えた本発明の熱延鋼板の製造装置 1 0 の一部を概略的に示した図である。図 1 において、鋼板 1 は紙面左（上流側）から右（下流側）の方向へと搬送されており、紙面上下方向が鉛直方向である。以下において、当該上流側・下流側方向を搬送方向と記載することがあり、これに直交する方向で、通板される鋼板の板幅の方向を鋼板幅方向と記載することもある。また、見やすさの

ため、図では、繰り返しとなる符号の記載を省略することがある。

[0043] 図 1 に示すように、本発明の熱延鋼板の製造装置 10（以下において、単に「製造装置 10」ということがある。）は、熱間仕上げ圧延機列 11、本発明の熱延鋼板の冷却装置 20（以下において、単に「冷却装置 20」ということがある。）、搬送ロール 12、及び、ピンチロール 13 を備えている。また図示及び説明は省略するが、熱間仕上げ圧延機列 11 より上流側には、加熱炉や粗圧延機列等が配置され、熱間仕上げ圧延機列 11 によって圧延される鋼板の条件を整えている。一方、ピンチロール 13 の下流側には他の冷却装置や巻き取り機等が配置され、鋼板をコイルとして出荷するための各種設備が配置されている。

[0044] 熱延鋼板は概ね次のように製造される。すなわち、加熱炉から抽出され粗圧延機で所定の厚さまで圧延された粗バーが、温度を制御されながら連続的に熱間仕上げ圧延機列 11 で所定の厚さまで圧延される。その後、冷却装置 20 によって急速に冷却される。ここに、冷却装置 20 は、熱間仕上げ圧延機列 11 の最終スタンドのハウジングポスト 11 g h の内側から最終スタンドのワークロール 11 g w、11 g w（以下において、鋼板 1 の上面と接触するワークロール 11 g w を「ワークロール 11 g w u」、鋼板 1 の下面と接触するワークロール 11 g w を「ワークロール 11 g w d」ということがある。）に極力近接するように設置されている。そして、ピンチロール 13 を通過した鋼板は、その後、他の冷却装置により所定の巻き取り温度まで冷却され、巻き取り機によりコイル状に巻き取られる。

[0045] 上述のように、製造装置 10 は、熱間仕上げ圧延機列 11 を備えている。本実施形態では、7 機の圧延機（11 a、11 b、11 c、…、11 g）が搬送方向に沿って並列されている。それぞれの圧延機 11 a、11 b、…、11 g は、いわゆる各スタンドを構成する圧延機で、最終製品において必要とされる厚さ、機械的性質、表面品質等の条件を満たすことができるように圧下率等が設定されている。

[0046] 図 2 及び図 3 は、冷却装置 20 が配置される部分を拡大して示す図である

。図2は、最終スタンド11gの圧下点通過直後から鋼板の上面及び下面を急冷する冷却装置20の様子を示しており、図2の点線は高圧ジェット水を表している。これに対し、図3は、最終スタンド11gのワークロール11gw、11gwを交換する際における冷却装置20の様子を示している。また、図4は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置、及び、最終スタンドのハウジングポスト11ghの出側、並びに、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分（以下において、「冷却水の衝突圧力平均値」ということがある。）を説明する図である。図4の紙面左側が鋼板搬送方向上流側であり、図4の紙面右側が鋼板搬送方向下流側である。図5は、鋼板1の上面へと噴射された高圧ジェット水の圧力分布を示す概念図である。図5の縦軸は鋼板1の上面へと噴射された高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分[kPa]であり、図5の横軸は最終スタンドの圧下点からの距離である。また、図5において、X1は最終スタンドのワークロールの半径相当位置であり、X2は最終スタンドのハウジングポスト出側の位置である。以下、図2～図5を参照しつつ、冷却装置20について具体的に説明する。

[0047] 図2及び図3に示すように、冷却装置20は、熱間仕上げ圧延機列11における最終スタンド11gの下流側に配置されている。冷却装置20は、鋼板1の上面へ向けて高圧ジェット水を噴射するフラットスプレーノズル21a、21a、…（以下において、単に「ノズル21a」等ということがある。）が複数接続されたヘッダー21、21と、鋼板1の下面へ向けて高圧ジェット水を噴射するフラットスプレーノズル22a、22a、…（以下において、単に「ノズル22a」等ということがある。）が複数接続されたヘッダー22、22と、を備えている。ヘッダー21には、鋼板幅方向に所定のピッチで配置された複数のノズル21a、21a、…が接続されており、複数のヘッダー21、21、…が鋼板の搬送方向に所定のピッチで配置されている。同様に、ヘッダー22には、鋼板幅方向に所定のピッチで配置された複数のノズル22a、22a、…が接続されており、複数のヘッダー22、

２２、…が鋼板１の搬送方向に所定のピッチで配置されている。ヘッダー２１、２１、…は、鋼板１の幅方向へ所定のピッチで配置された複数のノズル２１ａ、２１ａ、…へ冷却水を一括供給可能に構成され、ヘッダー２２、２２、…は、鋼板１の幅方向へ所定のピッチで配置された複数のノズル２２ａ、２２ａ、…へ冷却水を一括供給可能に構成されている。鋼板１の搬送方向最上流側に配設された、鋼板１の上面側の２列のノズル２１ａ、２１ａ、及び、鋼板１の下面側の２列のノズル２２ａ、２２ａは、鋼板１の搬送方向の上流側へ向けて高圧ジェット水を斜めに噴射可能なように、それぞれの軸方向が垂直面に対して交差するように配置されている。冷却装置２０において、鋼板１の搬送方向最上流側に配置されたノズル２１ａ、２２ａの軸方向が垂直面に対してなす角（以下において、「垂直面内傾き角」という。）は、当該ノズル２１ａ、２２ａと鋼板１の搬送方向下流側に隣接するノズル２１ａ、２２ａに付与されている垂直面内傾き角以上とされている。ワークロール１１ｇｗ、１１ｇｗの近傍に配置されたノズル２１ａ、２１ａ、…、及び、ノズル２２ａ、２２ａ、…は、ワークロール１１ｇｗ、１１ｇｗまでの距離が近づくほど鋼板１へ近づくように配置されている。加えて、ワークロール１１ｇｗｕの近傍のノズル２１ａ、２１ａ、…は、ワークロール１１ｇｗｕへ近づくほど、噴射された高圧ジェット水の鋼板１の上面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように配置されている。同様に、ワークロール１１ｇｗｄの近傍のノズル２２ａ、２２ａ、…は、ワークロール１１ｇｗｄへ近づくほど、噴射された高圧ジェット水の鋼板１の下面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように配置されている。

[0048] 冷却装置２０において、ノズル２１ａ、２１ａ、…と鋼板１の上面との間には、ノズル２１ａ、２１ａ、…と鋼板１との衝突等を防止する上面ガイド２３、２３が備えられ、ノズル２２ａ、２２ａ、…と鋼板１の下面との間には、ノズル２２ａ、２２ａ、…と鋼板１との衝突等を防止する下面ガイド２４、２４が備えられている。冷却装置２０は、最終スタンド１１ｇのワークロール１１ｇｗｕに近接して備えられるヘッダー２１と上面ガイド２３とが

一体に構成されるとともに、最終スタンド 11g のワークロール 11gw d に近接して備えられるヘッダー 22 と下面ガイド 24 とが一体に構成されている。そのため、例えば、最終スタンドのワークロール 11gw、11gw u を交換する際には、図 3 に示すように、最終スタンドのワークロール 11gw u に近接して備えられる上面ガイド 23 とともにヘッダー 21 を移動させ、且つ、最終スタンドのワークロール 11gw d に近接して備えられる下面ガイド 24 とともにヘッダー 22 を移動させることができ、これによって、駆動側（図 3 紙面奥側）のチョック（不図示）が操作側まで抜け出てくる空間が空き、ロール交換の作業が可能になる。

- [0049] 図 2 及び図 4 に示すように、冷却装置 20 を用いて鋼板 1 を急冷する際には、ノズル 21a から噴射された高圧ジェットの影響域が、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置よりも圧下点側の領域へと達し、且つ、ノズル 22a から噴射された高圧ジェットの影響域が、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置よりも圧下点側の領域へと達する。さらに、図 2 及び図 3 に示すように、冷却装置 20 には、鋼板幅方向に所定ピッチで配置された複数のノズル 21a、21a、…が接続されたヘッダー 21、21、…、及び、鋼板幅方向に所定ピッチで配置された複数のノズル 22a、22a、…が接続されたヘッダー 22、22、…が、鋼板の搬送方向に所定ピッチで配置されている。そのため、冷却装置 20 を用いることにより、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置以内から最終スタンドのハウジングポスト 11gh の出側までの区間において、高圧ジェット水を鋼板 1 の上面及び下面へと連続的に噴射することができる。また、図 2 及び図 4 に示す冷却装置 20 は、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置よりも圧下点側に位置する鋼板 1 の上面の平均冷却速度 V_{1a} が、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置と最終スタンド 11g のハウジングポスト 11gh の出側との間に位置する鋼板 1 の上面の平均冷却速度 V_{2a} と等しく、且つ、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置よりも圧下点側に位置する鋼板 1 の下面の平均冷却速度 V_{1b} が、最終スタンド 11g のワー

ワークロール半径相当位置と最終スタンド 11g のハウジングポスト 11gh の出側との間に位置する鋼板 1 の下面の平均冷却速度 V_{2b} と等しくなるように、高圧ジェット水を鋼板 1 へ向けて噴射している。

[0050] 一方、図 5 に示すように、ノズル 21a から最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置 X_1 よりも圧下点側の領域へと噴射された冷却水の衝突圧力平均値 P_1 は、ノズル 21a から最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置 X_1 と最終スタンド 11g のハウジングポスト出側 X_2 との間へと噴射された冷却水の衝突圧力平均値 P_2 と等しい。後述するように、冷却水の衝突圧力平均値と鋼板の平均冷却速度との間には相関があり、冷却水の衝突圧力平均値を増大させることにより、鋼板の平均冷却速度を増大させることが可能になる。それゆえ、冷却装置 20 によれば、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置と最終スタンド 11g のハウジングポスト 11gh の外面との間に存在する鋼板の上面及び下面のみならず、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置以内に存在する鋼板 1 の上面及び下面も、高圧ジェット水を用いて急冷することができる。加えて、上述のように、冷却装置 20 では、ワークロール 11gwu の近傍のノズル 21a、21a、…は、ワークロール 11gwu へ近づくほど、噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の上面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように（すなわち、垂直面内傾き角が大きくなるように）配置され、ワークロール 11gwd の近傍のノズル 22a、22a、…は、ワークロール 11gwd へ近づくほど、噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の下面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように（すなわち、垂直面内傾き角が大きくなるように）配置されている。そのため、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置以内に存在する鋼板 1 の上面及び下面へと衝突した高圧ジェット水は、その後、ワークロール 11gwu、11gwd 側へと進み、ワークロール 11gwu、11gwd に衝突することにより、ワークロール 11gwu、11gwd の近傍（最終スタンドのワークロール半径相当位置以内）において噴流を生じさせる。ここで、鋼板 1 の上面及び下面で噴流を生じさせると、鋼板 1 の上

面及び下面へと衝突する噴流水の圧力を増大させることが可能になる。それゆえ、冷却装置 20 によれば、最終スタンド 11g のワークロール半径相当位置以内に存在する鋼板 1 の上面及び下面へ高圧ジェット水を噴射すること、及び、鋼板 1 の上面及び下面へと衝突した後の高圧ジェット水が噴流を生じさせることによって、圧下点を通過した直後の鋼板 1 を急冷することができる。もちろんワークロール半径相当位置以内へ衝突する高圧スプレーの給水压を高めたり、ノズル型式を変更したりすることによっても P1 を大きくすることができる。すなわち、冷却装置 20 をかかる形態とすることにより、圧下点を通過した鋼板 1 の上面及び下面を、より早く、より強く、連続的に、冷却することが可能になる。したがって、本発明によれば、超微細粒鋼を製造することが可能な冷却装置 20 を提供することができる。なお、鋼板 1 の表面に滞留水が存在していても、高圧ジェット水は鋼板表面の沸騰膜を貫通することができるので、高圧ジェット水を鋼板 1 へと噴射することにより、鋼板 1 を核沸騰冷却する（急冷する）ことが可能になる。

[0051] 図 6 は、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値と鋼板の平均冷却速度との関係を示す図である。図 6 の縦軸は、表面に冷却水が滞留していない板厚 3 mm の鋼板の温度を 750℃ から 600℃ まで両面（上面及び下面）から冷却する際の平均冷却速度 [℃/s] であり、図 6 の横軸は、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値 [kPa] である。図 6 に示すように、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値と鋼板の平均冷却速度との間には相関があり、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値を増大させると、鋼板の平均冷却速度を増大させることが可能になる。また、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値は、図 7 に示したように、鋼板表面へと到達した冷却水の鋼板幅方向のノズルピッチを A、鋼板搬送方向のノズルピッチを B とするとき、面積が $A \times B$ で表される四辺形領域に衝突した冷却水の力（衝突力）を、当該四辺形領域の面積 $A \times B$ で除することによって導出される、ノズル一個あたりの平均衝突圧力を、搬送方向の当該区間で平均化したものである。

[0052] 本発明において、冷却装置 20 から鋼板 1 へと噴射される高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分は、2.7 kPa 以上とする。オーステナイト粒の回復等を抑制しながら鋼板 1 を急冷しやすい形態にする等の観点からは、3.5 kPa 以上とすることが好ましい。また、本発明において、結晶粒をより微細化可能な形態にする等の観点からは、1000°C/s 以上の平均冷却速度で鋼板 1 を急冷することが好ましい。1000°C/s 以上の平均冷却速度で鋼板 1 を急冷可能な形態にする観点から、本発明では、冷却水の衝突圧力平均値を、8 kPa 以上とすることがより好ましい。冷却速度は板厚によって変わり、近似的にはほぼ板厚に反比例する。板厚が 3 mm の鋼板を 1000°C/s の平均冷却速度で急冷する能力を本発明の熱延鋼板の冷却装置が有していれば、板厚が 5 mm の鋼板を 600°C/s の平均冷却速度で急冷することが可能になる。

[0053] 上述のように、ノズル一個あたりの平均衝突圧力は、ノズルから噴出される高圧ジェット水の衝突力を当該ノズルが受け持つ冷却面積で除したものに等しい。したがって圧力を測定する代わりに衝突力を計測しても、冷却水の衝突圧力平均値を算出することができる、また、高圧ジェット水の衝突力はその流量、流速から求めることができ、流量及び流速は、ノズルへの給水圧力に依存するため、所定の圧力損失を見込めば、ノズルへの給水圧力から、鋼板面衝突圧力平均値を概算することもできる。鋼板面衝突圧力平均値の算出方法の一例を、以下に記載する。

$$\text{鋼板面衝突圧力平均値 } P_s = F / (A \cdot B) \quad [\text{Pa}]$$

ここで、A は鋼板幅方向ノズルピッチ [m]、B は搬送方向ノズルピッチ [m]、F は高圧ジェット水の鋼板表面への衝突力 [N] である。衝突力 F は、以下の式で求めることができる。

$$\text{衝突力 } F = 44.7 \cdot C \cdot q \cdot P^{0.5} \quad [\text{N}]$$

ここで、44.7 は水の密度の 0.5 乗を含む定数 [$\text{N}^{0.5} \text{s} / \text{m}^2$]、C は損失係数 (0.8 ~ 1.0 程度)、q はフラットスプレーノズルの流量 [m^3 / s]、P は給水圧力 [Pa] である。なお、フラットスプレーノズルの流

量は、ノズル形式（特性）に応じ、給水圧力との関係で定まる。

[0054] また、本発明において、鋼板の表面に滞留水が存在すると、ノズル 2 1 a から噴射された高圧ジェット水の圧力が滞留水によって低減され、鋼板 1 の表面へと達する際の高圧ジェット水の衝突圧力が低減しやすい。そのため、鋼板 1 を急冷しやすい形態にする等の観点からは、鋼板 1 の表面の滞留水を低減することが好ましい。かかる観点から、本発明では、冷却装置 2 0 の鋼板幅方向両端面と最終スタンド 1 1 g の鋼板幅方向両端面との間に、冷却水を排出可能な空間が確保されていることが好ましい。

[0055] 本発明の冷却装置 2 0 に関する上記説明では、ワークロール 1 1 g w、1 1 g w の近傍に配置されたノズル 2 1 a、2 1 a、…、及び、ノズル 2 2 a、2 2 a、…を、ワークロール 1 1 g w、1 1 g w までの距離が近づくほど鋼板 1 へ近づくように（すなわち、 $D 1 < D 2$ となるように）配置される形態を例示した。かかる形態とすることにより、冷却装置 2 0 では、ワークロール 1 1 g w u へ近づくほど、ノズル 2 1 a、2 1 a、…から噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の上面に対する角度を小さくし、且つ、ワークロール 1 1 g w d へ近づくほど、ノズル 2 2 a、2 2 a、…から噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の下面に対する角度を小さくしても、 $V 1 = V 2$ 且つ $P 1 = P 2$ となるようにしているが、本発明の熱延鋼板の冷却装置は当該形態に限定されるものではない。本発明の熱延鋼板の冷却装置では、 $D 1 = D 2$ とすることも可能であり、 $V 1 > V 2$ や $P 1 > P 2$ とすることも可能である。本発明の熱延鋼板の冷却装置で、最終スタンドのワークロールへ近づくほど、鋼板表面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように、当該ワークロールの近傍のノズルから高圧ジェット水が噴射される場合には、例えば、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面へと噴射される高圧ジェット水の単位面積当たりの水量 $W 1$ 、及び、最終スタンドのワークロールの半径相当位置と最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する鋼板の表面へと噴射される高圧ジェット水の単位面積当たりの水量 $W 2$ が、 $W 1 \geq W 2$ となるように高圧ジェット水を噴射することによって

、 $V_1 \geq V_2$ や $P_1 \geq P_2$ とすることも可能である。

[0056] また、本発明の冷却装置 20 に関する上記説明では、ワークロール 11 g w u へ近づくほど、ワークロール 11 g w u の近くのノズル 21 a、21 a、…から噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の上面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように、且つ、ワークロール 11 g w d へ近づくほど、ワークロール 11 g w d の近くのノズル 22 a、22 a、…から噴射された高圧ジェット水の鋼板 1 の下面に対する角度（噴射角度）が小さくなるように、高圧ジェット水が噴射される形態を例示したが、本発明の熱延鋼板の冷却装置は当該形態に限定されるものではない。ただし、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内へと噴射した高圧ジェット水を積極的に当該ワークロールへ衝突させて、圧下点の近傍に噴流を生じさせることによって、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する鋼板の表面を急冷しやすい形態にする等の観点からは、ワークロールに近づくほど高圧ジェット水の噴射角度が小さくなるように、高圧ジェット水を噴射することが好ましい。

[0057] 本発明の冷却装置 20 に関する上記説明では、フラットスプレーノズル 21 a、21 a、…、22 a、22 a、…が備えられる形態を例示したが、本発明の熱延鋼板の冷却装置は当該形態に限定されるものではなく、いわゆる柱状ノズルが備えられる形態とすることも可能である。ただし、ノズルの目詰まりを低減し、且つ、表面に滞留水が存在している場合であっても高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を増大させやすい形態の冷却装置を提供する等の観点からは、フラットスプレーノズルが備えられる形態とすることが好ましい。また、フラットスプレーノズルは、配置形態を工夫することにより、鋼板表面に存在する冷却水の排水に指向性を生じさせることが可能になるので、排水性を向上させることも可能になる。

[0058] 図 8 は、ノズルから噴射された高圧ジェット水が鋼板表面に衝突する部位の形状例と高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を導出する際に考慮される四辺形領域の形状例とを示す図である。図 8（

a) はノズルがフラットスプレーノズルである場合を示しており、図8 (b) はノズルが柱状ノズルである場合を示している。図8において、紙面奥／手前方向が鋼板の厚さ方向である。また、図8に着色した部位は、高圧ジェット水が鋼板表面に衝突した部位を表している。

図8 (a) に示すように、ノズルがフラットスプレーノズルの場合には、高圧ジェット水が鋼板表面に衝突する部位が楕円形状又は長円形状になる。この場合、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を導出する際に考慮される四辺形領域（平行四辺形領域）の面積は、鋼板の板幅方向におけるノズルピッチAと鋼板の搬送方向におけるノズルピッチBとを乗ずることによって、算出することができる。また、図8 (b) に示すように、ノズルが柱状ノズルの場合には、高圧ジェット水が鋼板表面に衝突する部位が円形状になる。この場合、高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を導出する際に考慮される四辺形領域（長方形領域）の面積は、鋼板の板幅方向におけるノズルピッチAと鋼板の搬送方向におけるノズルピッチBとを乗ずることによって、算出することができる。

[0059] また、本発明の冷却装置20に関する上記説明では、熱間圧延機列の最終スタンドのハウジングポスト出側までの区間のみならず、当該区間よりも下流側の領域にも、フラットスプレーノズルが配置されている形態を示したが、本発明は当該形態に限定されるものではない。ただし、圧延終了後短時間内に720℃より低い温度まで鋼板を急冷することが求められる場合も想定し得る。そこで、720℃より低い温度まで引き続き鋼板を急冷し得る形態の冷却装置を提供可能にする等の観点からは、熱間圧延機列の最終スタンドのハウジングポスト出側までの区間、及び、当該区間よりも下流側の領域に、フラットスプレーノズルが連続的に配置されていることが好ましい。

[0060] また、本発明の冷却装置20に関する上記説明では、鋼板1の上面側に配置されたヘッダー21と上面ガイド23とが一体に構成され、且つ、鋼板1の下面側に配置されたヘッダー22と下面ガイド24とが一体に構成される

形態を例示したが、本発明の熱延鋼板の冷却装置は当該形態に限定されるものではない。本発明の熱延鋼板の冷却装置は、鋼板の下面側に配置されたヘッダーと下面ガイドとが一体に構成されない形態や、鋼板の上面側に配置されたヘッダーと上面ガイドとが一体に構成されない形態とすることも可能である。熱間圧延機列の最終スタンドに備えられるロールを交換可能にするため、ワークロール 11 g w u に近接して配置されるヘッダー 21、上面ガイド 23、ワークロール 11 g w d に近接して配置されるヘッダー 22、及び、下面ガイド 24 は、移動可能に構成されていれば良く、これらは油圧シリンダー等の公知の手段を用いて移動させることができる。ただし、ロール交換の作業効率を向上させやすい形態にする等の観点からは、鋼板の上面側に配置されたヘッダーと上面ガイドとが同時に退避あるいは復帰動作することが好ましく、そのために一体に構成することが好ましい。同様に、鋼板の下面側に配置されたヘッダーと下面ガイドとが一体に構成される形態とすることが好ましい。

[0061] また、本発明の冷却装置 20 に関する上記説明では、鋼板 1 の幅方向へ所定ピッチで配置された複数のノズル 21 a、21 a、…が接続された複数のヘッダー 21、21、…が、鋼板 1 の搬送方向へ所定ピッチで配置され、且つ、鋼板 1 の幅方向へ所定ピッチで配置された複数のノズル 22 a、22 a、…が接続された複数のヘッダー 22、22、…が、鋼板 1 の搬送方向へ所定ピッチで配置されている形態のみを例示したが、本発明の熱延鋼板の冷却装置は当該形態に限定されるものではない。本発明の冷却装置は、鋼板の幅方向及び鋼板の搬送方向へそれぞれ所定ピッチで配置された複数のノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されたヘッダー（以下において、「集合型ヘッダー」ということがある。）が、鋼板の上面側及び／又は下面側に配設される形態とすることも可能である。集合型ヘッダーが備えられる本発明の熱延鋼板の冷却装置の形態例を、図 9 に示す。図 9 は、集合型ヘッダーが備えられている熱延鋼板の冷却装置の形態例を説明する図であり、図 9 には、最終スタンドのワークロールの半径相当位置及び最終スタンドのハウジングポス

ト出側並びに高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分の概念をあわせて示している。図9において、製造装置10や冷却装置20と同様に構成されるものには、図4で使用した符号と同一の符号を付し、その説明を適宜省略する。

[0062] 図9に示すように、本発明の熱延鋼板の冷却装置30（以下において、単に「冷却装置30」ということがある。）は、鋼板1の上面側に、鋼板搬送方向最上流側の3列のフラットスプレーノズル列を構成する各フラットスプレーノズル31a、31a、…（以下において、単に「ノズル31a」等ということがある。）へ冷却水を一括供給可能に構成された集合型ヘッダー31が備えられ、鋼板1の下面側にも、鋼板搬送方向最上流側の3列のフラットスプレーノズル列を構成する各フラットスプレーノズル32a、32a、…（以下において、単に「ノズル32a」等ということがある。）へ冷却水を一括供給可能に構成された集合型ヘッダー32が備えられるほかは、冷却装置20と同様に構成されている。集合型ヘッダー31に接続された、鋼板1の搬送方向最上流側から2列のノズル31a、31aは、鋼板1の搬送方向の上流側へ向けて高圧ジェット水を斜めに噴射可能に接続されており、集合型ヘッダー32に接続された、鋼板1の搬送方向最上流側から2列のノズル32a、32aは、鋼板1の搬送方向の上流側へ向けて高圧ジェット水を斜めに噴射可能に接続されている。冷却装置30において、鋼板1の搬送方向最上流側に配置されたノズル31a、32aの垂直面内傾き角は、当該ノズル31a、32aと鋼板1の搬送方向下流側に隣接するノズル31a、32aに付与されている垂直面内傾き角以上とされている。また、鋼板1の搬送方向最上流側に配置されたノズル31a、32aから噴射された高圧ジェット水は、最終スタンドのワークロールの半径相当位置よりも圧下点側の領域へと達している。それゆえ、このような冷却装置30であっても、冷却装置20と同様に、超微細粒鋼を製造することが可能になる。

[0063] このように、本発明の冷却装置20、30を用いることにより、超微細粒鋼を製造することが可能になる。したがって、冷却装置20を備える製造装

置 10 や冷却装置 30 を備える熱延鋼板の製造装置を用いることにより、超微細粒鋼を製造することが可能になる。さらに、冷却装置 30 を備える熱延鋼板の製造装置や製造装置 10 を用いて熱間仕上げ圧延機列における最終スタンドで圧延された鋼板を処理する工程を有する形態とすることにより、超微細粒鋼を製造することが可能な、熱延鋼板の製造方法を提供することが可能になる。

[0064] 本発明において、鋼板の上面側に配置されるノズルと鋼板上面との間の距離は、特に限定されるものではないが、鋼板表面へノズルを近づけることにより、冷却水の衝突圧力平均値を増大させることが容易になり、鋼板を急冷することが容易になる。そこで、鋼板を急冷しやすい形態にする等の観点から、本発明では、鋼板に面しているノズル表面（高圧ジェット水の噴射面）と鋼板表面との距離を 500 mm 未満とすることが好ましい。より好ましくは、350 mm 以下である。

[0065] また、上記説明では、鋼板搬送方向上流側に配置されたノズルに、垂直面内傾き角が付与されている形態を例示したが、本発明は当該形態に限定されるものではない。ただし、鋼板搬送方向上流側、特に、最終スタンドのワークロールに最も近い位置に配置されるノズル列を含む 1 列又は 2 列以上のノズル列に、垂直面内傾き角を付与することにより、最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内の中でもよりロールバイト直近に位置する鋼板の上面及び下面へ高圧ジェット水を衝突させることが容易になり、圧延後の鋼板を急冷することが容易になる。それゆえ、鋼板を急冷しやすい形態にする等の観点からは、最終スタンドのワークロールに最も近い位置（鋼板搬送方向の最上流側）に配置されるノズル列を含む 1 列又は 2 列以上のノズル列（鋼板の上面側及び下面側のそれぞれに配置されるノズル列）に、垂直面内傾き角を付与することが好ましく、鋼板搬送方向上流側に配置されるノズルほど、垂直面内傾き角を大きくすることが好ましい。さらに、鋼板を急冷しやすい形態にする等の観点からは、鋼板搬送方向最上流側に配置されるノズル列に垂直面内傾き角を付与し、且つ、鋼板搬送方向最上流側に配置されるノズ

ル列の表面（高圧ジェット水の噴射面）と鋼板表面との距離を最短にすることがより好ましい。

- [0066] また、上記説明では、少なくとも、熱間仕上げ圧延機列における最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内から最終スタンドのハウジングポスト出側までの領域で高圧ジェット水を鋼板へと連続的に衝突させることによって、圧下点通過直後から鋼板を急冷する形態の本発明について言及したが、本発明は当該形態に限定されるものではない。本発明は、圧下点通過から 0.2 秒以内に鋼板を 720℃以下まで冷却することが可能であれば、スタンド内領域に、高圧ジェット水を鋼板へ連続的に衝突させない区間が存在していても良い。スタンド内領域に、急速冷却の実施が困難な部分（高圧ジェット水を鋼板へ連続的に衝突させない区間）が存在する場合には、当該部分を除くスタンド内領域における冷却速度を高め、スタンド内領域における必要な平均冷却速度を確保することによって、圧下点通過から 0.2 秒以内に鋼板を 720℃以下まで冷却すれば良い。スタンド内領域に存在する、急速冷却の実施が困難な部分としては、例えば、図 4 に示したロールバイト位置と連続冷却の範囲の鋼板搬送方向上流端との間の区間を例示することができる。このほか、例えば、図 10 に示す熱延鋼板の冷却装置 20' のように、圧下点と最終スタンドのハウジングポスト出側との間における鋼板下面側にも搬送ロール 12 が配設されている場合には、当該搬送ロール 12 によって高圧ジェット水の衝突が妨げられる鋼板下面側の部位も、急速冷却の実施が困難な部分になる。冷却装置 20' を用いても、圧下点通過から 0.2 秒以内に鋼板を 720℃以下まで冷却することで、超微細粒を形成することが可能になる。したがって、冷却装置 20' を備える熱延鋼板の製造装置を用いることにより、また、冷却装置 20' による冷却工程を経ることにより、超微細粒鋼を製造することが可能になる。さらに、冷却装置 20' を備える熱延鋼板の製造装置を用いて熱間仕上げ圧延機列における最終スタンドで圧延された鋼板を処理する工程を有する形態とすることにより、超微細粒鋼を製造することが可能な、熱延鋼板の製造方法を提供することが可能になる。

実施例

[0067] ロール直径700mm（半径350mm）、圧下点からハウジングポスト出側までの距離が1800mmの圧延機を用い、0.1質量%のC及び1質量%のMnを含有する鋼板を、圧下点出側の板厚が3mmとなるように出側速度600mpmで圧延し、その後急冷する試験を行った。圧延終了温度を820℃とし、圧下点から100mm下流側を急冷開始位置とした。急冷開始位置からロール半径相当位置350mmまでの冷却スプレーの平均衝突圧P1と、そこからハウジングポスト出側1800mmまでの平均衝突圧P2とを変化させ、最終的に得られたフェライト粒径を比較調査した。なお、ハウジングポスト出側までの区間で720℃まで冷しきれない場合には、ハウジングポスト出側に後続する冷却装置を用いて冷却した。なお、冷却水の給水圧力は冷却ヘッダ一部で1.5MPaであった。結果を表2に示す。条件No. 1～6が実施例（本発明例）であり、冷却速度 $V1 \geq V2$ 、平均衝突圧力 $P1 \geq P2$ 、単位面積当たりの流量 $W1 \geq W2$ とした。条件No. 7～8が比較例であり、 $V1 < V2$ 、 $P1 < P2$ 、 $W1 < W2$ とした。なお、表2では、冷却水の衝突圧力平均値を「衝突圧」と記載し、フェライト粒径を「粒径」と記載している。また、表2において、「高さD1」は、ロールバイト位置に最も近い位置に配置されたノズルの高圧ジェット水噴射口と鋼板との距離であり、「高さD2」は、ハウジングポスト出側に最も近い位置に配置されたノズルの高圧ジェット水噴射口と鋼板との距離である。また、表1において、「X～Ymm区間」とは、圧下点からの距離がXmm～Ymmの区間をいう。

[0068]

[表2]

No.	100～350mm区間				350～1800mm区間				100～1800mm区間			粒径	摘要
	衝突圧 P1	流量密度 W1	冷却速度 V1	高さ D1	衝突圧 P2	流量密度 W2	冷却速度 V2	高さ D2	衝突圧 Pm	流量密度 Wm	冷却速度 Vm		
1	3.6	4.2	620	250	3.6	4.2	620	350	3.6	4.2	620	1.8	本発明例
2	8.0	9.5	1010	250	3.5	4.2	615	350	4.2	5.0	670	1.5	本発明例
3	8.0	9.5	1010	250	4.5	5.3	715	350	5.0	6.0	760	1.7	本発明例
4	5.5	6.5	800	250	2.3	2.7	470	350	2.7	3.2	520	1.8	本発明例
5	8.0	9.5	1010	250	1.8	2.1	410	350	2.7	3.2	498	1.9	本発明例
6	13.9	16.4	1400	250	1.1	1.3	300	350	2.9	3.5	460	1.7	本発明例
7	1.7	2.0	400	250	2.5	3.0	500	350	2.4	2.8	485	2.2	比較例
8	3.6	4.2	620	250	1.1	1.3	300	350	1.4	1.7	350	2.5	比較例

[単位 衝突圧:kPa、流量密度: $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 、冷却速度: $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 、高さ:mm、粒径: μm]

[0069] 表2に示すように、条件No. 1～6では、 $V1 \geq V2$ であり、且つ、圧下点からの距離が100mm～1800mmである全冷却域における平均値として、冷却速度が $400^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上であった。そのため、条件No. 1～6では、フェライト粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の超微細粒組織が得られた。また、条件No. 1～6は、 $P1 \geq P2$ であり、且つ、圧下点からの距離が100mm～1800mmの全冷却域での平均値として、衝突圧（平均衝突圧）が2.7kPa以上であった。さらに、条件No. 1～6では、 $W1 \geq W2$ であり、圧下点からの距離が100mm～1800mmの全冷却域での平均値として、流量密度が $2.8\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 以上であった。他方、条件No. 7では、 $V1 < V2$ であり、 $P1 < P2$ 、 $W1 < W2$ でもあったため、フェライト粒径は $2\mu\text{m}$ よりも大きくなった。また、条件No. 8では $V1 \geq V2$ であり、 $P1 \geq P2$ 、 $W1 \geq W2$ でもあったが、冷却速度の全冷却域での平均値（Vm）が下限値（ $400^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ）を満たしておらず、さらに、衝突圧の全冷却域での平均値（Pm）も下限値（2.7kPa）を満たしておらず、フェライト粒径は $2\mu\text{m}$ よりも大きくなった。また、本発明例の範囲内である、条件No. 1と条件No. 4では同じフェライト粒径が得られたが、 $V1$ と $V2$ の差が大きく、 $P1$ と $P2$ の差が大きい条件No. 4の方が、流量密度の平均値が小さく、冷却水量が少なかった。すなわち、条件N

○. 4は条件N○. 1よりも冷却水の使用効率が高かった。同様に、条件N○. 3と条件N○. 6も同じフェライト粒径が得られたが、V1とV2の差が大きく、P1とP2の差が大きい条件N○. 6の方が、流量密度の平均値が小さく、冷却水量が少なかった。すなわち、条件N○. 6は条件N○. 3よりも冷却水の使用効率が高かった。以上より、 $V1 \geq V2$ や $P1 \geq P2$ とすることによる結晶粒微細化の促進と、V1とV2との差やP1とP2との差を大きくすることによる冷却水の使用効率の向上効果が確認された。

[0070] 以上、現時点において実践的であり、かつ好ましいと思われる実施形態に関連して本発明を説明したが、本発明は本願明細書中に開示された実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う熱延鋼板の冷却装置、熱延鋼板の冷却方法、熱延鋼板の製造装置、及び、熱延鋼板の製造方法も、本発明の技術的範囲に包含されるものとして理解されなければならない。

産業上の利用可能性

[0071] 本発明の熱延鋼板の冷却装置、熱延鋼板の冷却方法、熱延鋼板の製造装置、及び、熱延鋼板の製造方法は、超微細結晶粒を有する熱延鋼板の製造に用いることができる。また、超微細結晶粒を有する熱延鋼板は、自動車用、家電用、機械構造用、建築用等の用途に使用される素材として用いることができる。

請求の範囲

[請求項1] 熱間仕上げ圧延機列における最終スタンド内の下流側に配置され、パスラインを搬送される鋼板の表面へ向けて高圧ジェット水を噴射可能に設けられた複数のノズルを備えるヘッダー、を具備する熱延鋼板の冷却装置であって、

前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する前記鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水によって冷却される前記鋼板の表面の平均冷却速度を V_1 、前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置と前記最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する前記鋼板の表面へと衝突した高圧ジェット水によって冷却される前記鋼板の表面の平均冷却速度を V_2 、とするとき、 $V_1 \geq V_2$ であり、且つ、前記最終スタンド内における冷却開始点と前記最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する前記鋼板の表面へと衝突した前記高圧ジェット水によって冷却される前記鋼板の表面の平均冷却速度 V_m が $400^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上であることを特徴とする、熱延鋼板の冷却装置。

[請求項2] 前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する前記鋼板の表面へと衝突した前記高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を P_1 、前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置と前記最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する前記鋼板の表面へと衝突した前記高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分を P_2 、とするとき、 $P_1 \geq P_2$ であり、且つ、前記最終スタンド内における冷却開始点と前記最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する前記鋼板の表面へと衝突した前記高圧ジェット水の、鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分 P_m が 2.7 kPa 以上であることを特徴とする、熱延鋼板の冷却装置。

[請求項3] 前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内に存在する前記

鋼板の表面へと噴射される前記高圧ジェット水の単位面積当たりの水量を W_1 、前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置と前記最終スタンドのハウジングポスト出側との間に存在する前記鋼板の表面へと噴射される前記高圧ジェット水の単位面積当たりの水量を W_2 、とするとき、 $W_1 \geq W_2$ であることを特徴とする、請求の範囲第1項又は第2項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

[請求項4] 前記最終スタンドのワークロールに最も近い位置に配置された前記ノズルの高圧ジェット水噴射口と前記鋼板との距離を D_1 、前記最終スタンドのハウジングポスト出側に最も近い位置に配置された前記ノズルの高圧ジェット水噴射口と前記鋼板との距離を D_2 、とするとき、 $D_1 \leq D_2$ であることを特徴とする、請求の範囲第1項～第3項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

[請求項5] 前記最終スタンドのワークロールの半径相当位置以内から前記最終スタンドのハウジングポスト出側までの区間で、前記鋼板の上面及び下面へ向けて、前記ノズルから高圧ジェット水を前記鋼板の搬送方向へ連続的に噴射可能に構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項～第4項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

[請求項6] 前記区間における、前記高圧ジェット水の鋼板面衝突圧力の鋼板搬送方向平均値の垂直成分が、前記上面及び前記下面において 3.5 kPa 以上であることを特徴とする、請求の範囲第1項～第5項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

[請求項7] 前記ノズルが、フラットスプレーノズルであることを特徴とする、請求の範囲第1項～第6項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

[請求項8] 前記冷却装置の鋼板幅方向量端面と前記最終スタンドの鋼板幅方向両端面との間に、冷却水を排出可能な空間が確保されていることを特徴とする、請求の範囲第1～第7項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。

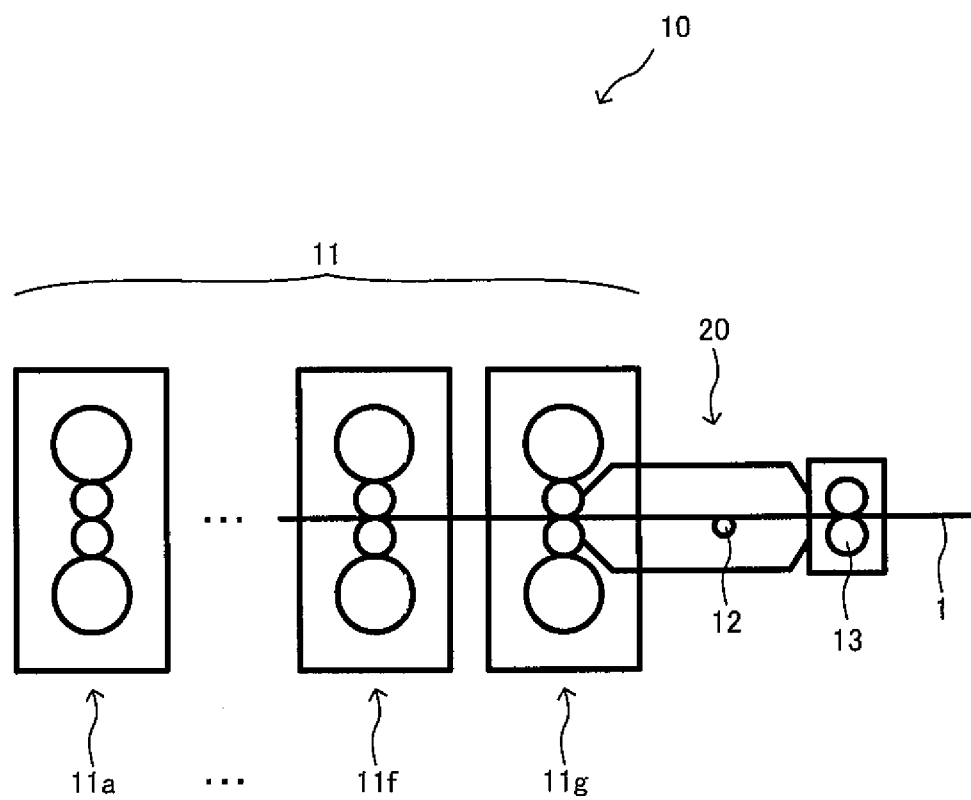
- [請求項9] 前記鋼板の上面側に設けられた前記ヘッダー及び前記ノズルと、該ノズルと前記パスラインとの間に設けられている上面ガイドとが、一体に構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項～第8項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。
- [請求項10] 前記鋼板の下面側に設けられた前記ヘッダー及び前記ノズルと、該ノズルと前記パスラインとの間に設けられている下面ガイドとが、一体に構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項～第9項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。
- [請求項11] 前記ヘッダーが複数備えられ、該ヘッダーの少なくとも一部は、前記鋼板の搬送方向及び前記鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置された前記ノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項～第10項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置。
- [請求項12] 前記鋼板の上面側に複数の前記ヘッダーが配置され、
前記鋼板の上面側に設けられている前記ヘッダーのうち、少なくとも前記鋼板の搬送方向最上流側に配置された前記ヘッダーが、前記鋼板の搬送方向及び前記鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置された前記ノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されている前記ヘッダーであることを特徴とする、請求の範囲第11項に記載の熱延鋼板の冷却装置。
- [請求項13] 前記鋼板の下面側に複数の前記ヘッダーが配置され、
前記鋼板の下面側に設けられている前記ヘッダーのうち、少なくとも前記鋼板の搬送方向最上流側に配置された前記ヘッダーが、前記鋼板の搬送方向及び前記鋼板の幅方向のそれぞれへ複数列に配置された前記ノズルへ冷却水を一括供給可能に構成されている前記ヘッダーであることを特徴とする、請求の範囲第11項又は第12項に記載の熱延鋼板の冷却装置。
- [請求項14] 請求の範囲第1項～第13項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却

装置を用いて鋼板を冷却することを特徴とする、熱延鋼板の冷却方法。

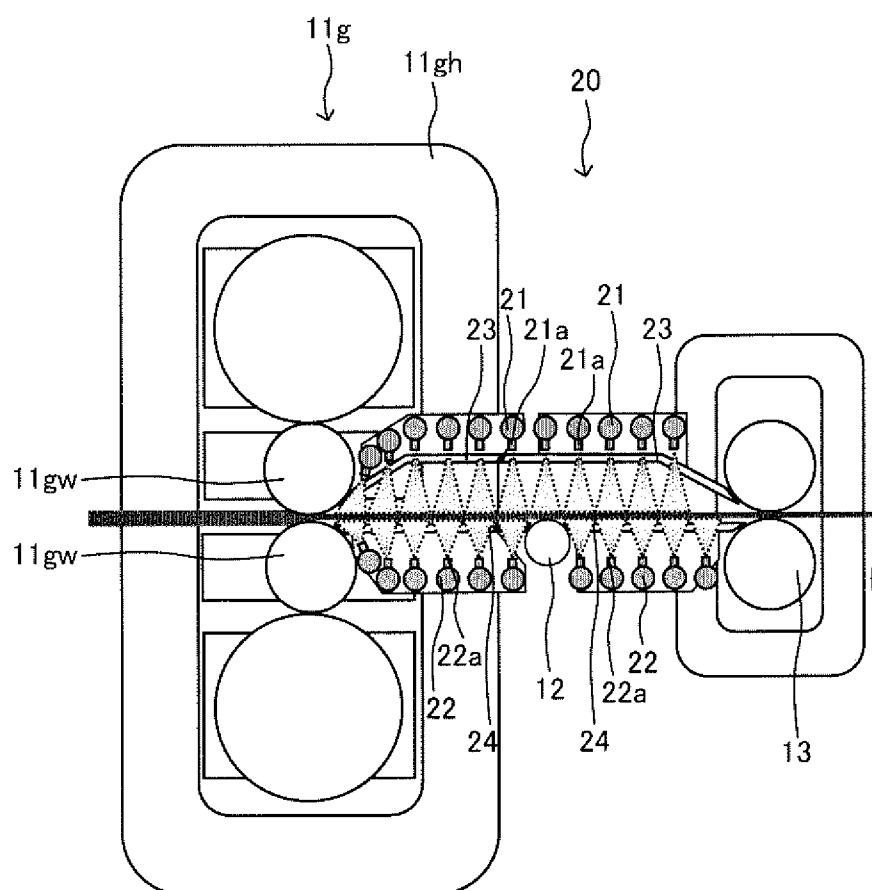
[請求項15] 熱間仕上げ圧延機列における最終スタンドと、請求の範囲第1項～第13項のいずれか1項に記載の熱延鋼板の冷却装置とを、鋼板の搬送方向に順に備えることを特徴とする、熱延鋼板の製造装置。

[請求項16] 請求の範囲第15項に記載の熱延鋼板の製造装置を用いて、熱間仕上げ圧延機列における最終スタンドで圧延された鋼板を処理する工程を含むことを特徴とする、熱延鋼板の製造方法。

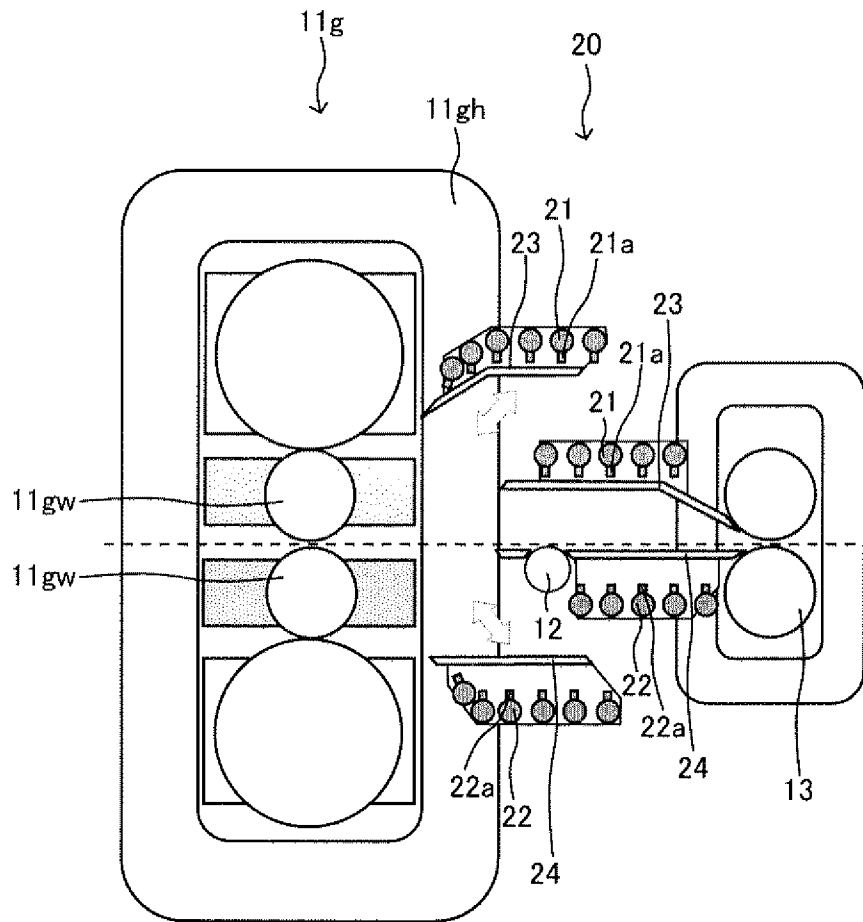
[図1]



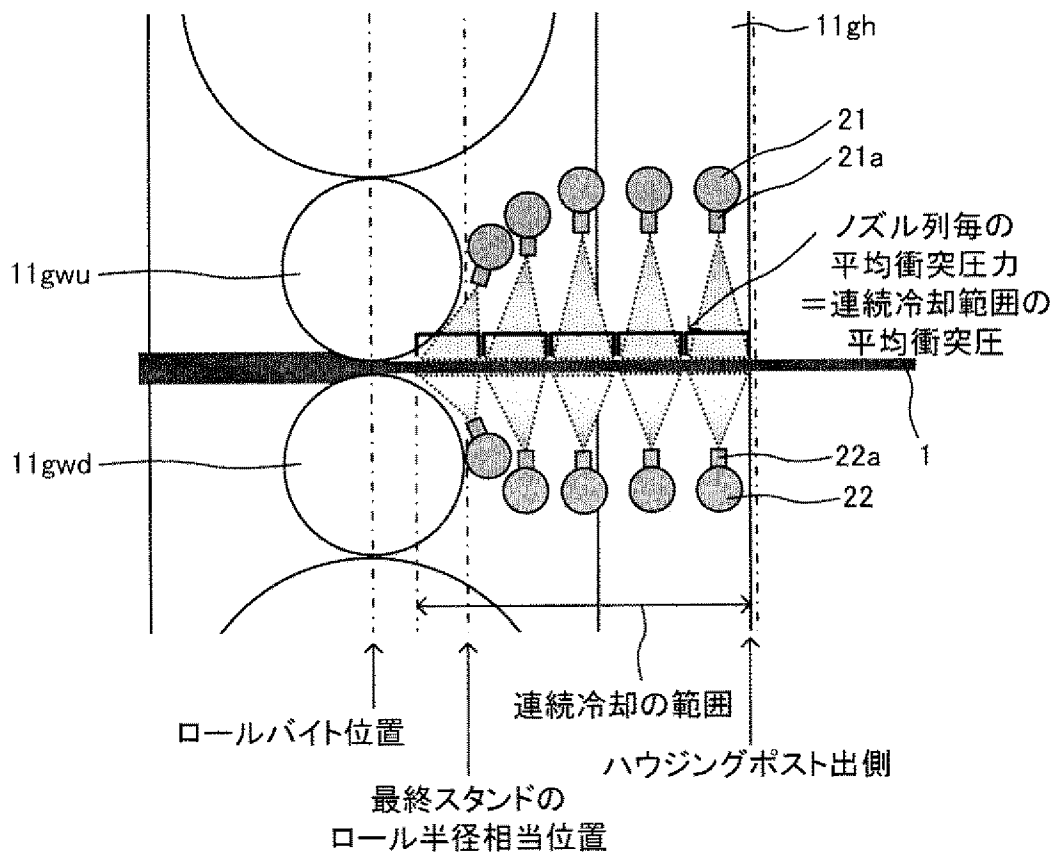
[図2]



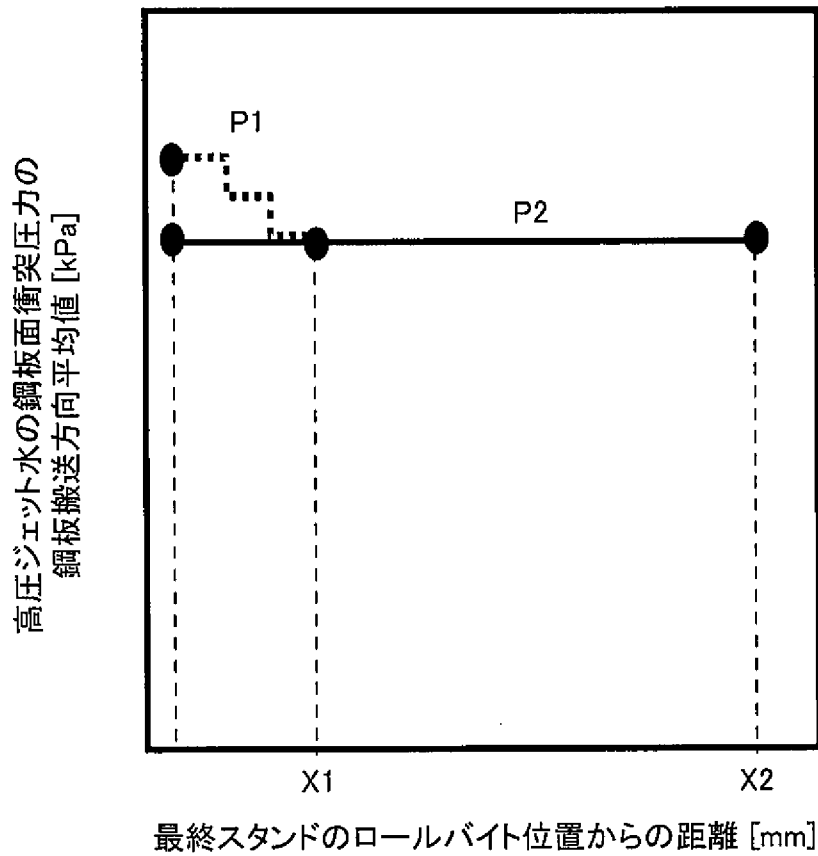
[図3]



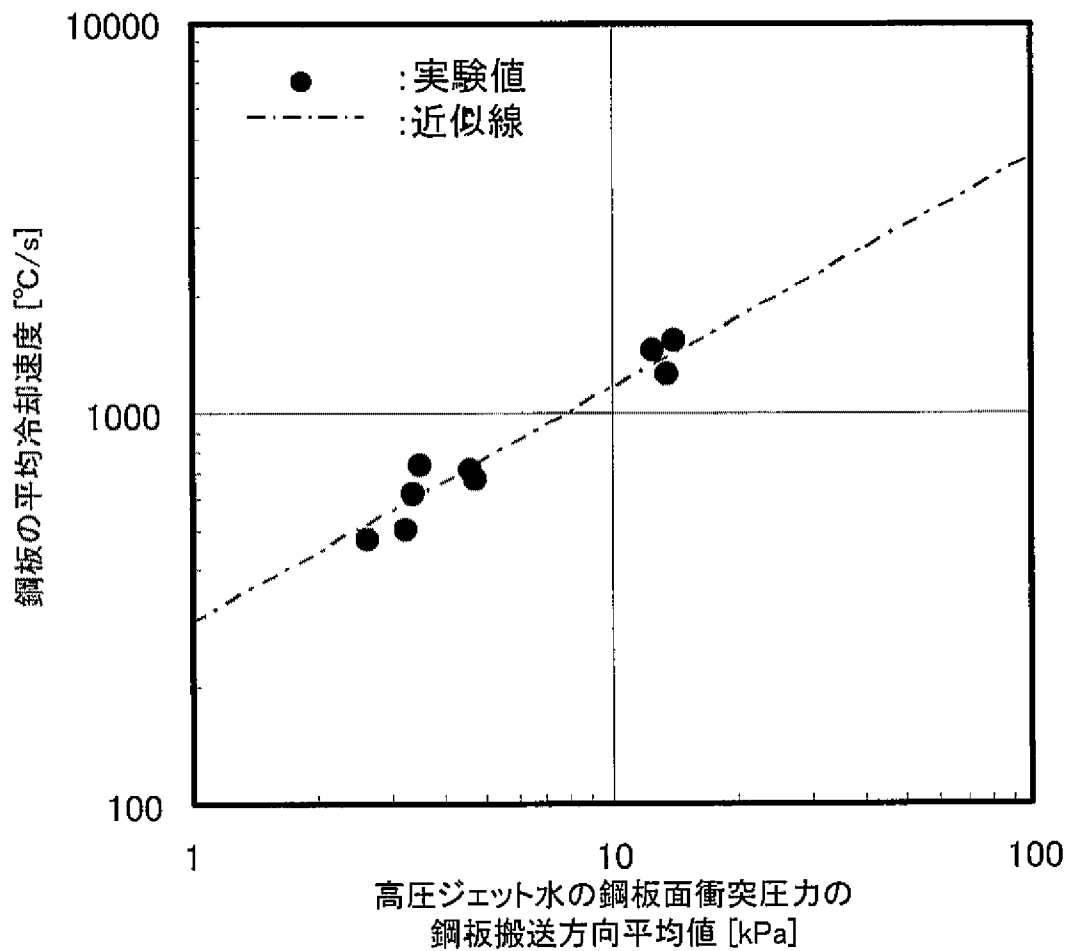
[図4]



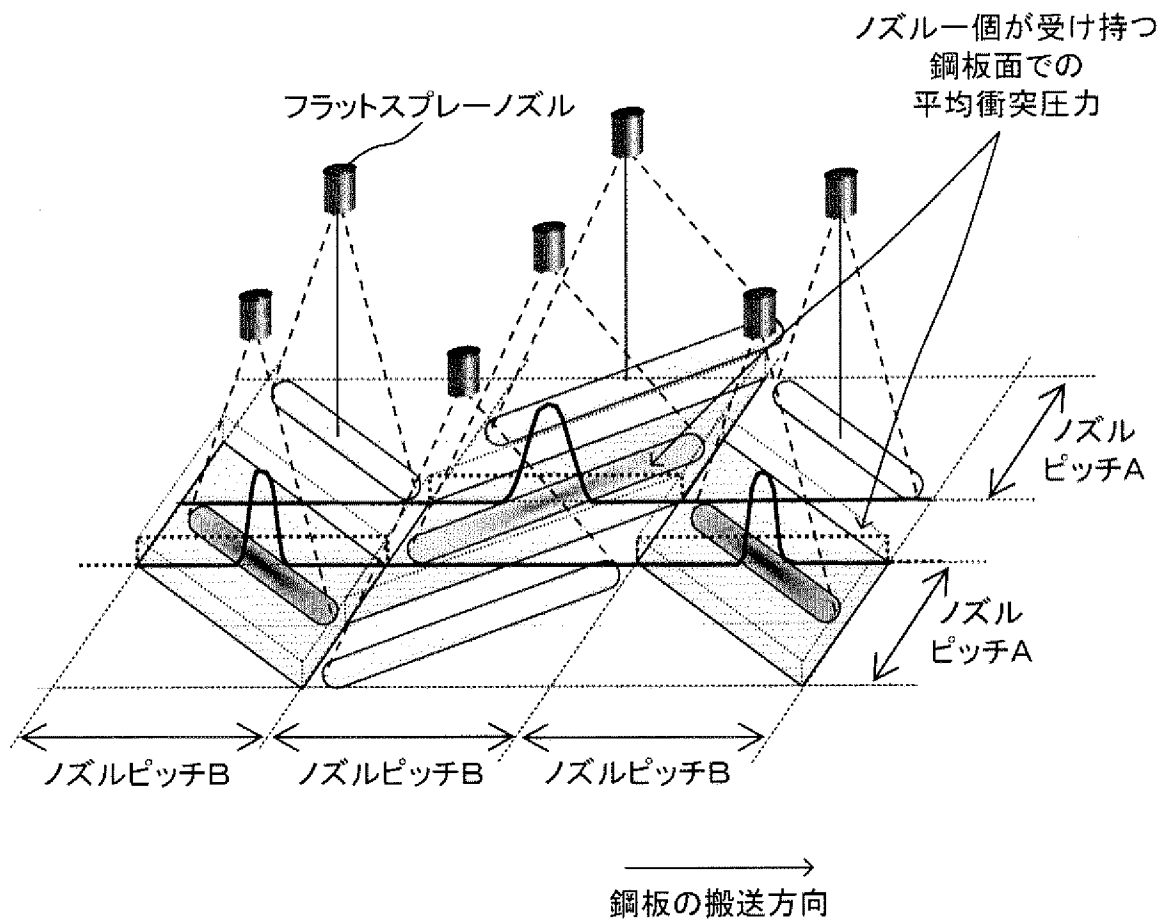
[図5]



[図6]

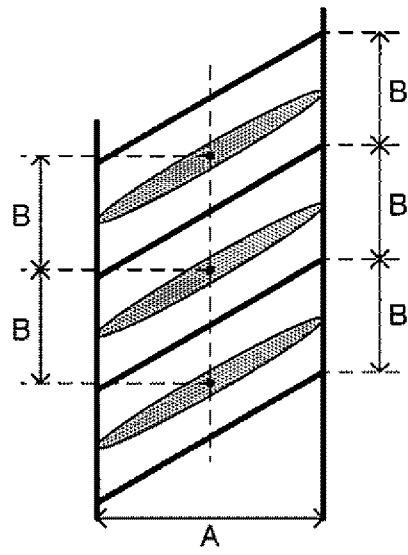


[図7]

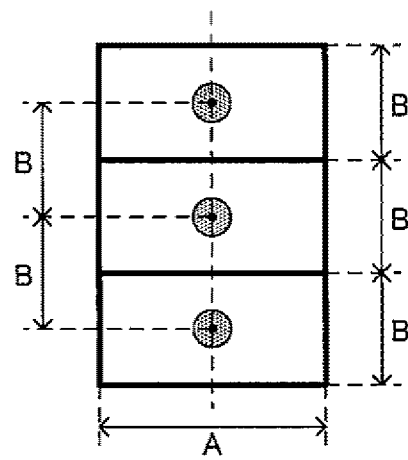


[図8]

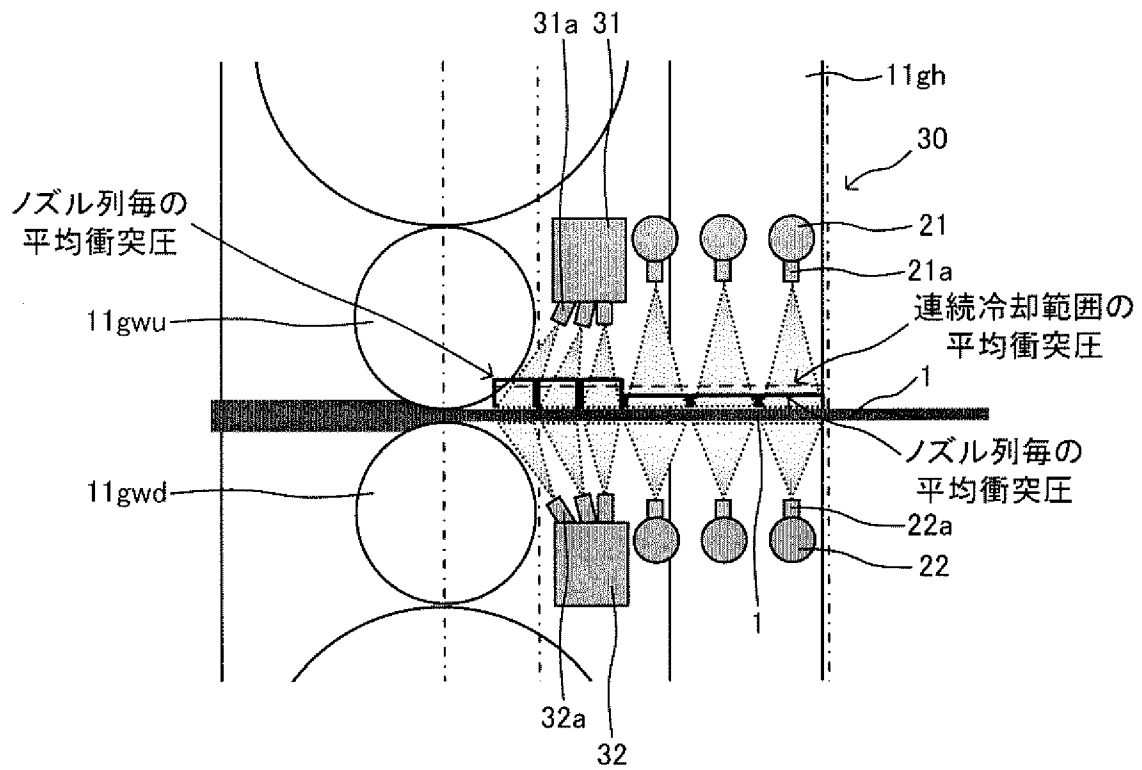
(a)



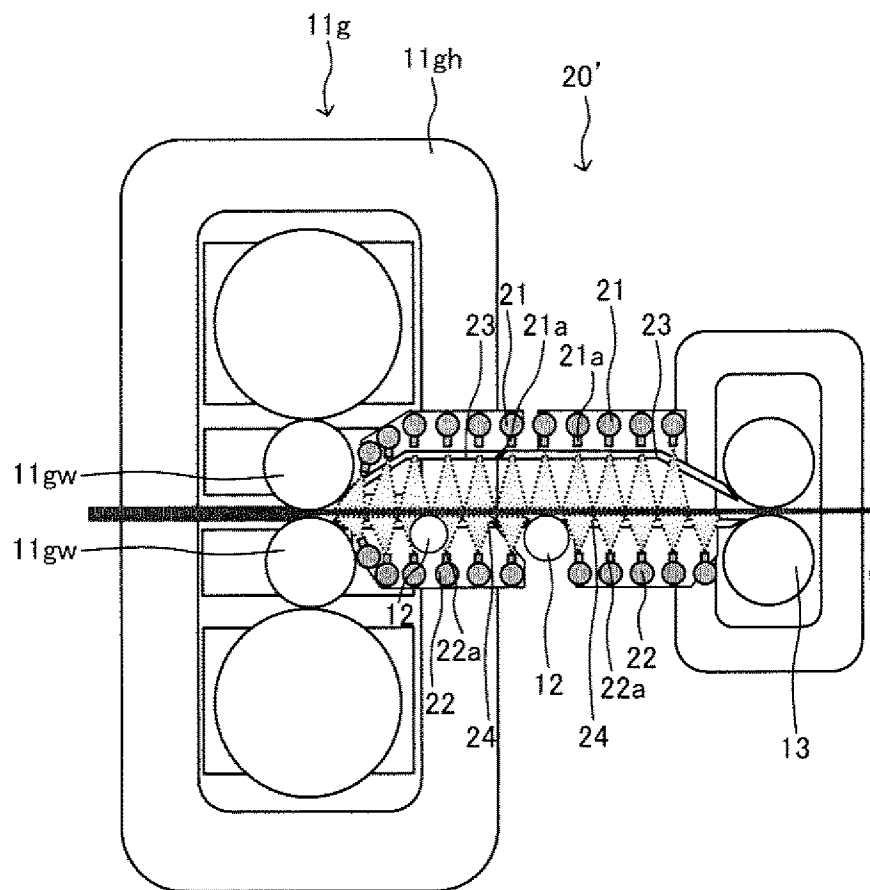
(b)



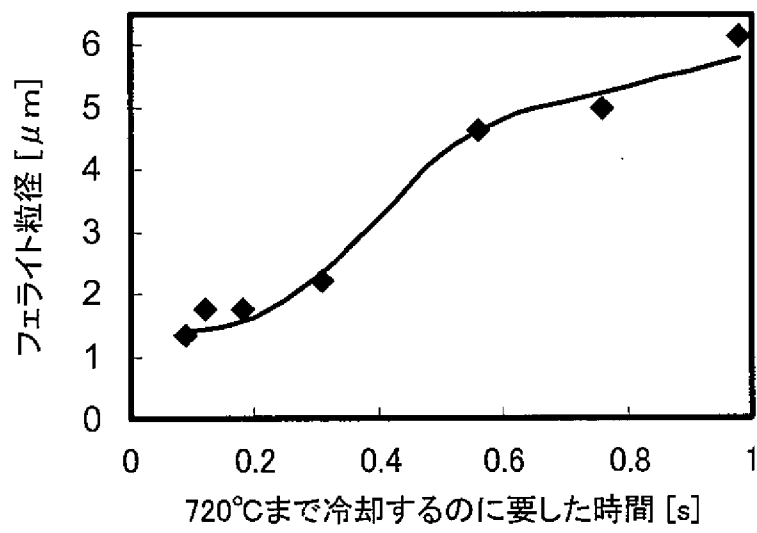
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/060971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B45/02 (2006.01) i

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)

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	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 2005-213595 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 11 August 2005 (11.08.2005), claims; paragraphs [0044], [0051], [0061] (Family: none)	1-16

☐

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

11 August, 2010 (11.08.10)

Date of mailing of the international search report

24 August, 2010 (24.08.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21B45/02 (2006.01) i

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（I P C））

Int.Cl. B21B45/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 請求項の番号
X	JP 2005-213595 A（住友金属工業株式会社）2005.08.11, 【特許請求の範囲】，【0044】，【0051】，【0061】（ファミリーなし）	1-16

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

の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

1 1 . 0 8 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 8 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

馳平 憲一

4 E

3 2 3 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5