

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5549786号
(P5549786)

(45) 発行日 平成26年7月16日(2014.7.16)

(24) 登録日 平成26年5月30日(2014.5.30)

(51) Int.Cl.

B21B 45/02

(2006.01)

F 1

B 21 B 45/02 320 W
B 21 B 45/02 320 T
B 21 B 45/02 320 B

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-547760 (P2013-547760)
 (86) (22) 出願日 平成25年6月6日 (2013.6.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/065647
 (87) 国際公開番号 WO2013/183694
 (87) 国際公開日 平成25年12月12日 (2013.12.12)
 審査請求日 平成25年11月6日 (2013.11.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-130630 (P2012-130630)
 (32) 優先日 平成24年6月8日 (2012.6.8)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-196536 (P2012-196536)
 (32) 優先日 平成24年9月6日 (2012.9.6)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006655
 新日鐵住金株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (74) 代理人 100106909
 弁理士 棚井 澄雄
 (74) 代理人 100129403
 弁理士 増井 裕士
 (74) 代理人 100134359
 弁理士 勝俣 智夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱延鋼板用冷却水の水切り装置及び水切り方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に、前記熱延鋼板に対して $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の水量密度で噴射された冷却水を水切りする水切り装置であって、

前記熱延鋼板に水切り水を噴射するための、それぞれフラットスプレーノズルからなる複数の水切りノズルを備え、

前記複数の水切りノズルは、前記熱延鋼板の表面において、その各々から噴射される前記水切り水の衝突領域が、互いに隣り合う前記衝突領域の一部で重なり合いながら、前記熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並ぶように配設され、

前記衝突領域上に、前記熱延鋼板の幅方向に連続した水壁が形成されることを特徴とする、熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

【請求項 2】

前記熱延鋼板の幅方向に互いに隣り合う前記水切り水の噴流が合流する高さが、前記熱延鋼板の通板方向から見た側面視において前記熱延鋼板の表面から 400 mm より高いことを特徴とする請求項 1 に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

【請求項 3】

前記熱延鋼板の表面において、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記水切り水の運動量 F_A が、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記冷却水の運動量 F_B の $1.0 \sim 1.5$ 倍であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

10

20

【請求項 4】

前記複数の水切りノズルは、前記水切り水の噴射方向における前記水切りノズルと前記熱延鋼板の表面との距離が 2000 mm 以内となるように、前記熱延鋼板の幅方向に並べて配置されていることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

【請求項 5】

前記水切りノズルから噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度は、20～65 度であることを特徴とする、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

【請求項 6】

前記複数の水切りノズルは、前記熱延鋼板に冷却水を噴射する冷却水ノズルの上流側と下流側にそれぞれ配置されていることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り装置。

【請求項 7】

熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に、前記熱延鋼板に対して $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の水量密度で噴射された冷却水を、複数の水切りノズルから前記熱延鋼板の表面に噴射される水切り水によって水切りする水切り方法であって、

前記各水切りノズルとして、それぞれフラットスプレーノズルを用い、

かつ前記熱延鋼板の表面において、前記水切りノズルの各々から噴射される水切り水の衝突領域が、互いに隣り合う前記衝突領域の一部で重なり合いながら、前記熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並び、前記衝突領域上に、前記熱延鋼板の幅方向に連続した水壁が形成されるように、複数の水切りノズルから前記水切り水を前記熱延鋼板に噴射する工程を含む

ことを特徴とする、熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【請求項 8】

前記熱延鋼板の幅方向に互いに隣り合う前記水切り水の噴流が合流する高さが、前記熱延鋼板の通板方向から見た側面視において前記熱延鋼板の表面から 400 mm より高いことを特徴とする請求項 7 に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【請求項 9】

前記熱延鋼板の表面において、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記水切り水の運動量 F A が、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記冷却水の運動量 F B の 1.0～1.5 倍であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【請求項 10】

前記複数の水切りノズルは、前記水切り水の噴射方向における前記水切りノズルと前記熱延鋼板の表面との距離が 2000 mm 以内となるように、前記熱延鋼板の幅方向に並べて配置されていることを特徴とする請求項 7～9 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【請求項 11】

前記水切りノズルから噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度は、20～65 度であることを特徴とする、請求項 7～10 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【請求項 12】

前記複数の水切りノズルは、前記熱延鋼板に冷却水を噴射する冷却水ノズルの上流側と下流側にそれぞれ配置されており、前記冷却水ノズルの上流側及び下流側に配置された前記水切りノズルから噴射される前記水切り水によって、前記冷却水ノズルの上流側と下流側における冷却水を水切りすることを特徴とする、請求項 7～11 のいずれか一項に記載の熱延鋼板用冷却水の水切り方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に当該熱延鋼板に対して噴射された冷却水、特に $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の水量密度の冷却水を水切りする水切り装置及び水切り方法に関する。

本願は、2012年06月08日に、日本に出願された特願2012-130630号と、2012年09月06日に、日本に出願された特願2012-196536号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】**【0002】**

10

熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板は、仕上げ圧延機からコイラーマーまでをランアウトテーブルによって搬送される間に、ランアウトテーブルの上下に設けられている冷却装置によって所定の温度まで冷却された後、コイラーマーに巻き取られる。熱延鋼板の熱間圧延においては、この仕上げ圧延後の冷却の様態が熱延鋼板の機械的特性、加工性、溶接性などを決定する重要な因子となっており、熱延鋼板を均一に所定の温度に冷却することが重要となっている。

【0003】

この仕上げ圧延後の冷却工程では、通常、冷却媒体として例えば水（以下、冷却水と呼称する）を用いて熱延鋼板を冷却する。具体的には、熱延鋼板の所定の冷却領域において、冷却水を用いて熱延鋼板を冷却している。そして、上述したように熱延鋼板を均一に所定の温度に冷却するためには、この冷却領域の上流側や下流側に余分な冷却水が流出するのを防止する必要がある。

20

【0004】

そこで、熱延鋼板上の冷却水の水切りが行われている。この冷却水の水切り方法としては、従来より種々の方法が提案されている。

【0005】

特許文献1には、冷却装置、すなわち冷却水を噴射する冷却ノズルの下流側において、噴射角度が熱延鋼板の通板方向上流側に向けて傾斜するように、スリット状または円形状のノズル噴射口から水切り水を噴射する1列以上のノズルを配置することが提案されている。そして、このノズルから熱延鋼板に噴射される水切り水によって冷却水の水切りを行っている。

30

【0006】

また、特許文献2には、冷却装置に水噴射式水切り設備を併設し、さらに水噴射式水切り設備の下流側にエアノズル群を配置することが提案されている。そして、水噴射式水切り設備から熱延鋼板に水切り水を噴射すると共に、エアノズル群から熱延鋼板に、エア風向が通板方向とほぼ直交するエアを一斉に噴射して、冷却水の水切りを行っている。

【0007】

さらに、特許文献3には、熱延鋼板に水切り水を噴射するノズルが設けられたヘッダからなる水切り装置において、水切り水の単位時間及び単位幅当たりの運動量（水切り水の力）を、熱延鋼板上面に滞留する冷却水が有する単位時間及び単位幅当たりの運動量（冷却水の力）の1.5~5倍の範囲内に維持して、ノズルから熱延鋼板に水切り水を噴射することが提案されている。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0008】**

【特許文献1】日本国特開2007-152429号公報

【特許文献2】日本国特開2010-227966号公報

【特許文献3】日本国特開2012-51013号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

50

【0009】

ここで、熱延鋼板を冷却する際には、例えば $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大きい水量密度の冷却水を熱延鋼板に噴射する場合がある。

【0010】

しかしながら、特許文献1には水切り水を噴射するノズルの噴射角度のみ例示されているが、その他の条件、例えば水切り水の水量や流速等は開示されていない。また、特許文献2にも、水切り水の水量や流速等の条件は開示されていない。さらに、特許文献3では、例えば特許文献3の明細書の実施例及び表1に記載されているとおり、 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の小さい水量密度の冷却水を熱延鋼板に噴射する場合のみを考慮している。10したがって、これら特許文献1～3に記載された水切り方法は、大きい水量密度の冷却水を水切りすることは全く考慮されておらず、大きい水量密度の冷却水を水切りできない場合がある。

【0011】

また、流量 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の冷却水で生じる板上水の水切りをする場合、図8に示すように平面視において、複数のフラットスプレーノズル100から噴射されて熱延鋼板10の表面に衝突する水切り水の衝突領域101が、相互に干渉しないように山形に配置されるのを考えることができる。これは、フラットスプレーノズル100によって板上水の通板方向（図8中のY方向負方向）の流れを一旦受け止め、幅方向に流れを生じさせ、その流れによって板上水が排出されるものである。干渉し合わない水切り水の流れの幅方向成分が効率的に作用するので、水切り水の間に隙間があっても、流量 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の冷却水の場合では、図8中の斜めの矢印のようには冷却水が漏れることはほとんどないと考えられる。20

【0012】

さらに、発明者らが鋭意検討したところ、 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大きい水量密度の冷却水を熱延鋼板に噴射する場合において、特許文献3に記載されたように水切り水の運動量を冷却水の運動量の1.5～5倍の範囲内に維持すると、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板の冷却能力が低下することが分かった。30

【0013】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を大水量の冷却水で冷却する際に、当該冷却水による熱延鋼板の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は、上記課題を解決して係る目的を達成するために以下の手段を採用する。すなわち、

(1) 本発明の一態様に係る熱延鋼板用冷却水の水切り装置は、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に、前記熱延鋼板に対して $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の水量密度で噴射された冷却水を水切りする水切り装置であって、前記熱延鋼板に水切り水を噴射するための、それぞれフラットスプレーノズルからなる複数の水切りノズルを備え、前記複数の水切りノズルは、前記熱延鋼板の表面において、その各々から噴射される前記水切り水の衝突領域が、互いに隣り合う前記衝突領域の一部で重なり合いながら、前記熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並ぶように配設され、前記衝突領域上に、前記熱延鋼板の幅方向に連続した水壁が形成されるものである。40

【0015】

既に述べたように、従来の冷却設備は、冷却水の水量が少ないものが多く、大水量の冷却水を使用する冷却設備周辺の水切りに関するニーズはなかった（特許文献1～3参照）。しかしながら、さまざまな材質の鋼板が求められる近年では、冷却設備の大水量化が進んでおり、大水量の板上水の流出を防ぐための水切り設備が必要とされはじめている。50

そこで、本願発明者らが鋭意検討した結果、熱延鋼板を $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大きい水量密度の冷却水で冷却する場合、前記熱延鋼板に水切り水を噴射するための複数の水切りノズルとして、それぞれフラットスプレーノズルを用い、その複数の水切りノズルを、熱延鋼板の表面において、その各々から噴射される水切り水の衝突領域が、互いに隣り合う前記衝突領域の一部で重なり合いながら、熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並ぶように配設して、前記衝突領域上に、前記熱延鋼板の幅方向に連続した水壁が形成されるようにするという条件を満たすことにより、冷却水による熱延鋼板の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りできることが判明した。

【0016】

従来、小水量の冷却水を水切りする場合、熱延鋼板の表面において、複数の水切りノズルから噴射される水切り水の衝突領域を、板上水の流れ方向に対してクサビ状に配置することで、板上水を左右に押し分ける方法を採用することが一般的であった（図8参照）。このような従来の水切り方法において、隣り合う水切り水の衝突領域の間に隙間があっても、流量 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の小水量の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合では、上記隙間から図8中の斜め矢印のように板上水（冷却水）が漏れることはなかった。

しかしながら、熱延鋼板を $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大水量の冷却水で冷却する場合、上記のような従来の水切り方法では、隣り合う水切り水の衝突領域の隙間から図8中の斜め矢印のように板上水が漏れ出てしまい、熱延鋼板の冷却及び冷却水の水切りを適切に行うことができない。

そこで、本願発明者は、まず、熱延鋼板の表面において、複数の水切り水の衝突領域が熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並ぶように、水切り水のノズル配置や噴射方向を調整して水切り効果を検証した。その結果、隣り合う水切り水の衝突領域の隙間が無くなり、従来手法と比較して板上水の漏出を改善することに成功したが、本願発明者は、より大水量の冷却水に対応するために、さらなる検討を行った。

【0017】

小水量の冷却水に対応した従来の水切り方法では、図8に示すように、隣り合う水切り水の衝突領域が重ならないように（言い換えれば、水切り水同士が干渉しないように）、水切りノズルの配置や水切り水の噴射方向等が設定されていた。例えば、冷却水やデスケーリング用の高圧水についても、ノズルから噴射される水同士が干渉しないように、ノズルの配置や水の噴射方向等が設定されることが一般的である。この理由として、ノズルから噴射される水同士の干渉が冷却能力或いはデスケーリング能力に及ぼす影響を予測することが困難であること、また、水流の損失も大きいことが挙げられる。このため、従来の水切り方法でも、冷却水やデスケーリング用の高圧水の噴射方法に従って、水切り水同士の干渉を回避していた。

しかしながら、熱延鋼板に対して水切り水を噴射する場合、水切り水同士の干渉による冷却能力への影響や水流の損失等を考慮する必要はなく、水切り水の噴射によって鋼板表面に形成される水流で板上水の漏出を防ぐことが最優先の目的となる。

【0018】

そこで、本願発明者は、従来の技術常識に縛られることなく、熱延鋼板の表面において、複数の水切り水の衝突領域が熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並び、さらに、互いに隣り合う衝突領域の一部が重なり合うように（つまり、互いに隣り合う水切り水が干渉するように）、水切り水のノズル配置や噴射方向を調整して水切り効果を検証したところ、熱延鋼板を $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大水量の冷却水で冷却する場合であっても、従来手法と比較して板上水の漏出を大幅に改善することに成功した。

この理由として、隣り合う水切り水の衝突領域の隙間が無くなるのに加えて、隣り合う水切り水の干渉によって強固な水壁が形成されることにより、大水量で水位の高い板上水の漏出が妨げられたことが挙げられる。また、上記の検証の結果、水切り水同士の干渉が原因と考えられる問題は発生しないことも確認された。

10

20

30

40

50

【0019】

以上のように、上記(1)に記載の水切り装置によれば、従来手法と比較して大水量の板上水(冷却水)の漏出を大幅に改善することができる。このような水切り装置の構成は、大水量の冷却水に対応するために、従来の一般的な技術常識から発想を転換した本願発明者であればこそ実現できたものであり、他の当業者が実現することは困難である。

【0020】

(2) 上記(1)に記載の水切り装置において、前記熱延鋼板の幅方向に互いに隣り合う前記水切り水の噴流が合流する高さが、前記熱延鋼板の通板方向から見た側面視において前記熱延鋼板の表面から400mmより高くてよい。

すなわち、熱延鋼板の表面から400mmより高い位置までは、水切り水が鉛直方向に隙間なく存在している。本願発明者の検証により、熱延鋼板を大水量の冷却水で冷却する場合でも、この冷却水の高さは熱延鋼板の表面から400mm未満であることが判明した。したがって、隣り合う水切り水の噴流が合流する高さが、熱延鋼板の表面から400mmより高いという条件を満たすことによって、冷却水が水切り水を超えて流出することはない。なお、特に大きい水量密度の冷却水を熱延鋼板に噴射する場合、当該冷却水が熱延鋼板の表面から鉛直上方に飛散するので、この水切り水の高さの条件を満たすことが好ましい。

【0021】

(3) 上記(1)または(2)に記載の水切り装置では、前記熱延鋼板の表面において、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記水切り水の運動量 F_A が、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍であってもよい。

このように水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B 以上であるので、水切り水が冷却水を堰き止めることができ、冷却水が水切り水を突き抜けて流出することはない。一方、本願発明者の検証により、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の1.5倍よりも大きくなると、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板の冷却能力が低下することが判明した。したがって、上記のように、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍であることが好ましい。

【0022】

なお、上述したように特許文献3では、水切り水の単位時間及び単位幅当たりの運動量(水切り水の力)を、冷却水の単位時間及び単位幅当たりの運動量(冷却水の力)の1.5~5倍としている。この条件は、例えば特許文献3の実施例及び表1に記載されているように $4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 以下の小水量密度(以下、この水量密度の範囲を小水量密度と呼称する)の冷却水で熱延鋼板を冷却する際に、冷却水を水切りするための条件であり、 $4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 超から $10\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 以下の大きい水量密度(以下、この水量密度の範囲を大水量密度と呼称する)の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合には適用できない。

【0023】

本願発明者の検証により、特許文献3に記載されているように、小水量密度の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合と、本発明のように大水量密度の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合とでは、熱延鋼板を冷却するメカニズムが異なることが判明した。

【0024】

例えば、小水量密度の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合、当該冷却水の運動量を定義するのに支配的な要因は、例えば特許文献3の明細書の段落0019に冷却水の運動量が定義されているとおり、熱延鋼板の表面に滞留する冷却水の深さ(位置エネルギー)になる。すなわち、熱延鋼板の表面に滞留する冷却水が、熱延鋼板の冷却に最も寄与する。この場合、冷却水の運動量が小さくなるので、水切り水の運動量を冷却水の運動量以上にすると、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、水切り無しで冷却した場合とは異なる冷却能力となってしまう。

【0025】

一方、本発明のように大水量密度の冷却水で熱延鋼板を冷却する場合、当該冷却水の運

10

20

30

40

50

動量 F_B を定義するのに支配的な要因は、ノズルから熱延鋼板に噴射された冷却水の水平成分である。すなわち、ノズルから噴射された冷却水が、熱延鋼板の冷却に最も寄与する。この場合、大水量密度の冷却水の運動量が大きくなるので、水切り水の運動量 F_A を冷却水の運動量 F_B の 1.5 倍より大きくすると、上述したように水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板の冷却能力が低下してしまう。

【0026】

(4) 上記(1)～(3)のいずれか一つに記載の水切り装置において、前記複数の水切りノズルが、前記水切り水の噴射方向における前記水切りノズルと前記熱延鋼板の表面との距離が 2000 mm 以内となるように、前記熱延鋼板の幅方向に並べて配置されていてもよい。

10

本願発明者の検証により、水切りノズルと熱延鋼板の表面との間の水切り水の噴射方向の距離が 2000 mm を超えた場合、水切りノズルから熱延鋼板に噴射された水切り水が空気抵抗により減衰して、当該水切り水の運動量が小さくなり、大水量の冷却水を適切に水切りできない可能性があることが判明した。そこで、上記のように、水切り水の噴射方向における水切りノズルと熱延鋼板の表面との距離を 2000 mm 以内に設定することが好みしい。

【0027】

(5) 上記(1)～(4)のいずれか一つに記載の水切り装置において、前記水切りノズルから噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度が、20～65 度であってもよい。

20

【0028】

(6) 上記(1)～(5)のいずれか一つに記載の水切り装置において、前記複数の水切りノズルが、前記熱延鋼板に冷却水を噴射する冷却水ノズルの上流側と下流側にそれぞれ配置されていてもよい。

【0030】

(7) 本発明の一態様に係る熱延鋼板用冷却水の水切り方法は、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に、前記熱延鋼板に対して $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の水量密度で噴射された冷却水を水切りする水切り方法であって、前記熱延鋼板の表面において複数の水切り水の衝突領域が前記熱延鋼板の幅方向に直線状に連続して並び、且つ互いに隣り合う前記衝突領域の一部が重なり合うように、複数の水切りノズルから前記水切り水を前記熱延鋼板に噴射する工程を含む。

30

【0031】

(8) 上記(7)に記載の水切り方法において、前記熱延鋼板の幅方向に互いに隣り合う前記水切り水の噴流が合流する高さが、前記熱延鋼板の通板方向から見た側面視において前記熱延鋼板の表面から 400 mm より高くてよい。

【0032】

(9) 上記(7)または(8)に記載の水切り方法において、前記熱延鋼板の表面において、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記水切り水の運動量 F_A が、前記熱延鋼板の通板方向に流れる前記冷却水の運動量 F_B の 1.0～1.5 倍であってもよい。

【0033】

(11) 上記(7)～(9)のいずれか一つに記載の水切り方法において、前記複数の水切りノズルが、前記水切り水の噴射方向における前記水切りノズルと前記熱延鋼板の表面との距離が 2000 mm 以内となるように、前記熱延鋼板の幅方向に並べて配置されていてもよい。

40

【0034】

(11) 上記(7)～(10)のいずれか一つに記載の水切り方法において、前記水切りノズルから噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度が、20～65 度であってもよい。

【0035】

(12) 上記(7)～(11)のいずれか一つに記載の水切り方法において、前記複数の水切りノズルが、前記熱延鋼板に冷却水を噴射する冷却水ノズルの上流側と下流側にそれ

50

それ配置されており、前記冷却水ノズルの上流側及び下流側に配置された前記水切りノズルから噴射される前記水切り水によって、前記冷却水ノズルの上流側と下流側における冷却水を水切りしてもよい。

【発明の効果】

【0037】

上記の態様によれば、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を大水量の冷却水で冷却する際に、当該冷却水を適切に水切りすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

10

【図1】本発明の一実施形態に係る水切り装置を有する熱間圧延設備の構成の概略を示す説明図である。

【図2】冷却装置と水切り装置の構成の概略を示す側面図である。

【図3】冷却装置と水切り装置の構成の概略を示す平面図である。

【図4】熱延鋼板の通板方向から見た側面図において、水切りノズルの配置を模式的に示す説明図である。

【図5】熱延鋼板の幅方向から見た側面図において、冷却水ノズルに対する水切りノズルの配置を模式的に示す説明図である。

【図6】水切り水の運動量 F_A を表す(1)式及び冷却水の運動量 F_B を表す(2)式の導出方法に関する説明図である。

20

【図7A】水切りノズルの配置に関する変形例を示す図である。

【図7B】水切りノズルの配置に関する変形例を示す図である。

【図8】平面図において、流量 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の冷却水で生じる板上水の水切りをする場合のフラットスプレーノズル衝突面と板上水の流れ方を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明の一実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係る水切り装置を有する熱間圧延設備1の構成の概略を示す説明図である。

【0040】

30

熱間圧延設備1では、加熱したスラブSをロールで上下に挟んで連続的に圧延し、例えば1mmの板厚まで薄くして熱延鋼板10を巻き取る。熱間圧延設備1は、スラブSを加熱するための加熱炉11と、この加熱炉11において加熱されたスラブSを幅方向に圧延する幅方向圧延機12と、この幅方向に圧延されたスラブSを上下方向から圧延して粗バーにする粗圧延機13と、粗バーをさらに所定の厚みまで連続して熱間仕上圧延をする仕上圧延機14と、この仕上圧延機14により熱間仕上圧延された熱延鋼板10を冷却水により冷却する冷却装置15と、冷却装置15から噴射された冷却水を水切りする水切り装置16と、冷却装置15により冷却された熱延鋼板10をコイル状に巻き取る巻取装置17とを備えている。

【0041】

40

加熱炉11には、装入口を介して外部から搬入してきたスラブSに対して、火炎を吹き出すことによりスラブSを加熱するサイドバーナ、軸流バーナ、及びルーフバーナが配設されている。加熱炉11に搬入されたスラブSは、各ゾーンにおいて形成される各加熱帯において順次加熱され、さらに最終ゾーンにおいて形成される均熱帯において、ルーフバーナを利用してスラブSを均等加熱することにより、最適温度で搬送できるようにするための保熱処理を行う。加熱炉11における加熱処理が全て終了すると、スラブSは加熱炉11外へと搬送され、粗圧延機13による圧延工程へと移行することになる。

【0042】

粗圧延機13は、搬入してきたスラブSにつき、複数スタンドに亘って配設される円柱状の回転ロールの間隙を通過させる。例えば、この粗圧延機13は、第1スタンドにお

50

いて上下に配設されたワークロール 13a のみによりスラブ S を熱間圧延して粗バーとする。次にこのワークロール 13a を通過した粗バーをワークロールとバックアップロールとにより構成される複数の 4 重圧延機 13b によりさらに連続的に圧延する。その結果、この粗圧延工程終了時に粗バーは、厚さ 30 ~ 60 mm 程度の板厚まで圧延され、仕上圧延機 14 へと搬送されることになる。

【0043】

仕上圧延機 14 は、搬送されてきた粗バーを数 mm 程度の板厚まで仕上げ圧延する。これら仕上圧延機 14 は、6 ~ 7 スタンドに亘って上下一直線に並べた仕上圧延ロール 14a の間隙に粗バーを通過させ、これを徐々に圧下していく。この仕上圧延機 14 により仕上げ圧延された熱延鋼板 10 は、後述する搬送ロール 18 により搬送されて冷却装置 15 へと送られることになる。10

【0044】

冷却装置 15 と水切り装置 16 の構成については、後述において詳しく説明する。

【0045】

巻取装置 17 は、冷却装置 15 により冷却された熱延鋼板 10 を所定の巻取温度で巻き取る。巻取装置 17 によりコイル状に巻き取られた熱延鋼板 10 は、熱間圧延設備 1 外へと搬送されることになる。

【0046】

次に、上述した冷却装置 15 の構成について説明する。冷却装置 15 は、図 2 に示すようにランナウトテーブルの搬送ロール 18 上を搬送される熱延鋼板 10 の上方において、熱延鋼板 10 の表面に冷却水を噴射する冷却水ノズル 20 を複数有している。冷却水ノズル 20 には、例えばフルコーンスプレーノズルが用いられる。20

冷却水ノズル 20 は、図 3 に示すように熱延鋼板 10 の幅方向（図中の X 方向）に複数、例えば 5 つ配置され、また熱延鋼板 10 の通板方向（図中の Y 方向）に複数、例えば 4 つ配置されている。なお、本実施形態における冷却水ノズル 20 は、熱延鋼板 10 に対して $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大きい水量密度で冷却水を噴射し、熱延鋼板 10 を所定の温度に冷却する。

【0047】

また、冷却装置 15 は、図 2 に示すように熱延鋼板 10 の下方において、例えば熱延鋼板 10 の裏面に冷却水を噴射する他の冷却水ノズル 21 を複数有している。他の冷却水ノズル 21 にも、例えばフルコーンスプレーノズルが用いられる。また、他の冷却水ノズル 21 の配置も、上述した冷却水ノズル 20 の配置と同様である。30

なお、冷却水ノズル 20 及び 21 には、本実施形態のスプレーノズル以外の他のノズル、例えばパイプラミナーノズル等の種々のノズルを用いてもよい。例えば冷却ノズル 20 にパイプラミナーノズルを用いた場合、当該冷却ノズル 20 からの冷却水は鉛直方向に噴射されるため、後述する冷却水ノズル 20 から噴射される冷却水の鉛直方向からの噴射角度 β は 0° となる。

【0048】

次に、上述した水切り装置 16 の構成について説明する。水切り装置 16 は、熱延鋼板 10 の上方であって、冷却水ノズル 20 の上流側と下流側において、熱延鋼板 10 の表面に水切り水を噴射する水切りノズル 22 をそれぞれ複数有している。水切りノズル 22 には、例えばフラットスプレーノズルが用いられる。そして、図 3 に示すように、上流側の水切りノズル 22 は、当該水切りノズル 22 から噴射される水切り水によって、冷却水ノズル 20 から上流側に流れる冷却水を水切りする。同様に下流側の水切りノズル 22 は、当該水切りノズル 22 から噴射される水切り水によって、冷却水ノズル 20 から下流側に流れる冷却水を水切りする。40

【0049】

次に、上述した冷却水ノズル 20 に対する水切りノズル 22 の配置、及び冷却水に対する水切り水の作用について説明する。なお、上流側の水切りノズル 22 と下流側の水切りノズル 22 の配置、及び冷却水に対する水切り水の作用は同じである。50

【0050】

水切りノズル22は、図3に示すように熱延鋼板10の幅方向に複数、例えば5つ並べて配置されている。これら複数の水切りノズル22は、水切りノズル22から噴射されて熱延鋼板10の表面に衝突する水切り水の噴流の衝突領域30が、平面視において熱延鋼板10の幅方向に直線状に連続して並び、且つ互いに隣り合う衝突領域30の一部が重なり合うように配置されている。例えば熱延鋼板10の幅方向において、互いに隣り合う水切り水の衝突領域に隙間が存在すると、当該隙間から冷却水(板上水)が流出する可能性がある。この点、本実施形態では、熱延鋼板10の幅方向において、水切り水の衝突領域が隙間なく存在するので、冷却水が流出しない。なお、水切りノズル22は、水切り水の噴出角が冷却水ノズル20側に傾斜するように配置されている。

10

【0051】

図4は、熱延鋼板10の通板方向から見た側面視において、水切りノズル22の配置を模式的に示している。図4に示すように、互いに隣り合う水切りノズル22、22間の熱延鋼板10の幅方向の間隔Pは、熱延鋼板10の幅方向に互いに隣り合う水切り水の噴流が合流する高さHが、熱延鋼板10の表面から400mmより高くなるように設定されている。

すなわち、熱延鋼板10の表面から400mmより高い高さHまでは、水切り水が鉛直方向に隙間なく存在している。本願発明者の検証により、熱延鋼板10を大水量の冷却水で冷却する場合でも、この冷却水の高さは熱延鋼板10の表面から400mm未満であることが判明した。したがって、互いに隣り合う水切り水の噴流が合流する高さが、熱延鋼板10の表面から400mmより高いという条件を満たすことによって、冷却水が水切り水を超えて流出することはない。特に本実施形態のように、大きい水量密度の冷却水を熱延鋼板10に噴射する場合、当該冷却水が熱延鋼板10の表面から鉛直上方に飛散するので、この水切り水の高さの条件を満たすことが好ましい。

20

【0052】

なお、水切り水の噴流が合流する高さHは、下記式(3)によって幾何学的に算出される。そして、水切り水の噴流が合流する高さHが熱延鋼板10の表面から400mmより高くなるように、下記式(3)における水切りノズル22、22間の間隔P、水切り水の迎え角度_A、水切り水の噴射角度_sが設定される。また、水切り水の噴流が合流する高さHは、当然に水切りノズル22の熱延鋼板10の表面からの高さ_{hA}未満であって、その高さHの上限は実質的には900mmである。

30

$$\begin{aligned} H &= \{ h_A / \cos \alpha \times \tan(\beta / 2) - P / 2 \} \\ &\quad \times \cos \alpha / \tan(\beta / 2) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

但し、上記(3)式において、_{hA}は水切りノズル22の熱延鋼板10の表面からの高さ(1000mm程度)であり、_αは水切りノズル22から噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度(以下、迎え角度と呼称する場合がある)であり、_βは水切りノズル22からの水切り水の噴射角度であり、Pは水切りノズル22、22間の熱延鋼板10の幅方向の間隔である。

【0053】

水切り水の噴射角度_sは、例えば5~150°である。この水切り水の噴射角度_sは、10~130°であることが好ましく、さらに、20~60°であることがより好ましい。

40

水切り水の噴射角度_sが狭すぎると、水切り高さを確保するためにノズルピッチが小さくなり、ノズル数が増えるため経済性が悪くなる。一方、水切り水の噴射角度_sが広すぎると、ノズルピッチが大きくなり、ノズル数が少なくなるため経済性は良くなるが、冷却水を押し返す方向の水切り水の水量が減るので、水切りの機能が低下する。よって、水切り水の噴射角度_sは、5~150°であることが現実的である。

また、水切り水の噴射角度_sが、10~130°である場合には水切り性が向上するので好ましい。

さらに、水切り水の噴射角度_sは、20~60°であることがより好ましい。この理由

50

として、ノズル数を増やして噴射角度 θ_s を小さめに設定した方が、冷却水を押し返す方向の水切り水の水量を確保しやすいので、給水系の規模（配管やポンプ容量等）を小さくでき、経済性が高いことが挙げられる。

【0054】

図5は、熱延鋼板10の幅方向から見た側面視において、冷却水ノズル20に対する水切りノズル22の配置を模式的に示している。図5に示すように、水切りノズル22は、当該水切りノズル22からの水切り水の噴射方向において水切りノズル22と熱延鋼板10の表面との距離Lが2000mm以内となる位置に配置されている。本願発明者の検証により、水切りノズル22と熱延鋼板10の表面との間の水切り水の噴射方向の距離Lが2000mmを超えた場合、水切りノズル22から熱延鋼板10に噴射された水切り水が空気抵抗により減衰して、当該水切り水の運動量が小さくなり、大水量の冷却水を適切に水切りできない可能性があることが判明した。そこで、上記のように、水切り水の噴射方向における水切りノズル22と熱延鋼板10の表面との距離Lを2000mm以内に設定することが好ましい。
10

【0055】

また、複数の水切りノズル22を冷却水ノズル20に近い位置に配置すれば、熱間圧延設備1の占有面積を小さくすることもできる。ただし、水切りノズル22から噴射される水切り水と、冷却水ノズル20から噴射される冷却水とが、熱延鋼板10に到達する前に衝突することはない位置に水切りノズル22は配置される。すなわち、水切りノズル22と冷却水ノズル20との距離Dが下記式(4)を満たす位置に、水切りノズル22は配置される。
20

$$D = (h_A \times \tan \alpha_A + h_B \times \tan \beta_B) \quad \dots (4)$$

但し、上記(4)式において、 h_A は水切りノズル22の熱延鋼板10の表面からの高さであり、 α_A は水切りノズル22から噴射される水切り水の鉛直方向からの迎え角度であり、 h_B は冷却水ノズル20の熱延鋼板10の表面からの高さであり、 β_B は冷却水ノズル20から噴射される冷却水の鉛直方向からの噴射角度である。

【0056】

水切りノズル22から噴射される水切り水は、熱延鋼板10の表面において、熱延鋼板10の通板方向の冷却水ノズル20側へ流れる水切り水の運動量 F_A が、熱延鋼板10の通板方向の水切りノズル22側へ流れる冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍になるよう噴射される。
30

水切り水の運動量 F_A は、例えば、水の密度、水切りノズル22から噴射される水切り水の水量 Q_A 、水切りノズル22から噴射される水切り水の流速 v_A 、及び水切りノズル22から噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度 α_A からなる下記(1)式で定義される。

また、冷却水の運動量 F_B は、例えば、水の密度、熱延鋼板10の幅方向に配置された一列の冷却水ノズル20から噴射される冷却水の水量 Q_B 、冷却水ノズル20から噴射される冷却水の流速 v_B 、及び冷却水ノズル20から噴射される冷却水の鉛直方向からの噴射角度 β_B からなる下記(2)式で定義される。
40

$$F_A = \rho \cdot Q_A \cdot v_A \cdot (1 + \sin \alpha_A) / 2 \quad \dots (1)$$

$$F_B = \rho \cdot Q_B \cdot v_B \cdot (1 + \sin \beta_B) / 2 \quad \dots (2)$$

【0057】

以下、上記(1)式の導出方法について説明する。なお、上記(2)式の導出方法は、上記(1)式の導出方法と同じである。

図6に示すように、水切りノズル22から噴射される水切り水の水量を Q_A 、水切りノズル22から噴射される水切り水の流速を v_A 、水切りノズル22から噴射される水切り水の鉛直方向からの噴射角度を α_A 、水の密度を ρ とする。ここで、熱延鋼板10の表面に衝突した後、熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20側へ流れる水切り水の運動量 F_A を下記(5)式で定義する。

また、熱延鋼板10の表面に衝突した後、熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル2
50

0の反対側へ流れる水切り水の運動量 F_A' を下記(6)式で定義する。

$$F_A = \cdot Q_1 \cdot v_1 \quad \dots (5)$$

$$F_A' = \cdot Q_2 \cdot v_2 \quad \dots (6)$$

ただし、上記(5)式において、 Q_1 は熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20側へ流れる水切り水の水量、 v_1 は熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20側へ流れる水切り水の流速である。

また、上記(6)式において、 Q_2 は熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20の反対側へ流れる水切り水の水量、 v_2 は熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20の反対側へ流れる水切り水の流速である。

【0058】

熱延鋼板10に水切り水が衝突する前後で摩擦などの損失が無いと仮定した場合、流体の運動量保存則に基づいて下記(7)式が成立する。

$$\cdot Q_A \cdot v_A \cdot \sin_A = \cdot Q_1 \cdot v_1 - \cdot Q_2 \cdot v_2 \quad \dots (7)$$

【0059】

ここで、熱延鋼板10に水切り水が衝突する前後で損失が無いという仮定から下記(8)式が成立すると考えると、上記(7)式は下記(9)式で表すことができる。

$$v_A = v_1 = v_2 \quad \dots (8)$$

$$Q_A \cdot \sin_A = Q_1 - Q_2 \quad \dots (9)$$

【0060】

水切り水の水量 Q_A 、 Q_1 及び Q_2 に関しては下記(10)式が成立する。従って、上記(9)式及び下記(10)式に基づいて、水切り水の水量 Q_1 は下記(11)式で表され、水切り水の水量 Q_2 は下記(12)式で表される。

$$Q_A = Q_1 + Q_2 \quad \dots (10)$$

$$Q_1 = Q_A \cdot (1 + \sin_A) / 2 \quad \dots (11)$$

$$Q_2 = Q_A \cdot (1 - \sin_A) / 2 \quad \dots (12)$$

【0061】

上記(5)式、上記(8)式及び上記(11)式により、最終的に、水切り水(つまり熱延鋼板10の表面に沿って冷却水ノズル20側へ流れる水切り水)の運動量 F_A を表す下記(1)式が導出される。

$$F_A = \cdot Q_A \cdot v_A \cdot (1 + \sin_A) / 2 \quad \dots (1)$$

なお、以上説明した(1)式の導出方法からわかるように、(2)式で表される冷却水の運動量 F_B は、熱延鋼板10の表面に沿って水切りノズル22側へ流れる冷却水の運動量である(図5参照)。

【0062】

本実施形態では、上記(1)式及び(2)式に基づいて、水切り水の運動量 F_A が、冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍になるように、各種の装置パラメータ(上記(1)式及び(2)式の各変数)が設定されている。これら水切り水の運動量 F_A と冷却水の運動量 F_B は、熱延鋼板10の表面において、水切り水と冷却水が互いに衝突する方向を向くベクトル量である。

なお、上記(1)式及び(2)式において、水切りノズル22と冷却水ノズル20から噴射される水切り水の水量 Q_A と冷却水の水量 Q_B は、それぞれ水切りノズル22と冷却水ノズル20から噴射された直後から熱延鋼板10の表面に到達するまで一定であると仮定している。また、冷却水ノズル20から噴射される冷却水の噴射角度 θ_B が鉛直方向からの角度であると仮定し、冷却水ノズル20から噴射される冷却水の水量 Q_B は、熱延鋼板10の表面においてすべて上流側又は下流側のいずれか一方に流れると仮定している。

【0063】

したがって、冷却水の水量 Q_B の水量を考慮する場合、最も危険側(水切りという観点からは最も安全側)の水量を考慮していることになり、冷却水の運動量 F_B も最も大きくなる。なお、冷却水の水量 Q_B を考慮する場合、最上流側又は最下流側の冷却水ノズル20、すなわち水切りノズル22に最も近い側の冷却水ノズル20からの冷却水の一列分のみ

を考慮しており、その他の冷却水ノズル20からの冷却水は考慮していない。また、その他の冷却水ノズル20からの冷却水については、熱延鋼板10の通板方向の流れが打ち消しあうので、当該冷却水は熱延鋼板10の幅方向に流れる。

【0064】

このように本実施形態では、熱延鋼板10の表面において、熱延鋼板10の通板方向に流れる水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B 以上であるので、水切り水が冷却水を堰き止めることができ、冷却水が水切り水を突き抜けて流出することはない。一方、本願発明者の検証により、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の1.5倍より大きくなると、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力が低下することが判明した。したがって、本実施形態のように、水切り水の運動量 F_A を冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍に設定することが好ましい。10

【0065】

なお、水切りノズル22から噴射される水切り水の鉛直方向からの迎え角度 α_A は、20~65度であり、より好ましくは30~50度である。例えば迎え角度 α_A が20度よりも小さくなると、水切りノズル22から噴射される水切り水が、冷却水と反対方向に流れるおそれがある。この場合、水切り水によって冷却水を適切に水切りできない可能性がある。また、例えば迎え角度 α_A が65度よりも大きくなると、水切りノズル22と衝突領域30との距離が大きくなり、熱間圧延設備1の占有面積が大きくなる。従って、迎え角度 α_A は20~65度であることが好ましい。20

【0066】

以上のように、本実施形態では、熱延鋼板10の表面において、水切りノズル22の各々から噴射される水切り水の衝突領域30が熱延鋼板10の幅方向に直線状に連続して並び、且つ互いに隣り合う衝突領域30の一部が重なり合うように、各水切りノズル22の配置及び水切り水の噴射角度が設定されている。20

また、本実施形態では、複数の水切りノズル22が、それぞれ、水切り水の噴射方向における水切りノズル22と熱延鋼板10の表面との距離 L が2000mm以内となるように、熱延鋼板10の幅方向に並べて配置されている。

また、本実施形態では、熱延鋼板10の幅方向に互いに隣り合う水切り水の噴流が合流する高さ H が、熱延鋼板10の通板方向から見た側面視において熱延鋼板10の表面から400mmより高くなるように設定されている。30

さらに、本実施形態では、熱延鋼板10の表面において、熱延鋼板10の通板方向（冷却水ノズル側）に流れる水切り水の運動量 F_A が、熱延鋼板10の通板方向（水切りノズル側）に流れる冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍となるように設定されている。したがって、本実施形態によれば、熱延鋼板10を4m³/m²/min超から10m³/m²/min以下の大いい水量密度の冷却水で冷却する場合でも、冷却水による熱延鋼板10の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りできる。なお、各条件の効果については上述したとおりである。

【0067】

そして、このように水切りノズル22からの水切り水によって冷却水が適切に水切りされるので、当該冷却水が冷却装置15による冷却領域を超えて流出することがない。したがって、冷却装置15を用いて熱延鋼板10を均一に所定の温度に冷却することができる。また、4m³/m²/min超から10m³/m²/min以下の大いい水量密度の冷却水で熱延鋼板10を冷却するので、高い冷却能力で熱延鋼板10を適切に冷却することができる。40

【0068】

なお、本発明は上記実施形態に限定されず、以下のような変形例が挙げられる。

(1) 上記実施形態では、冷却水ノズル20の上流側と下流側の両側に水切りノズル22を設けていたが、例えばいずれか一方の水切りノズル22に代えて、拘束ロールやサイドスプレー等を用いてもよい。

【0069】

(2) 上記実施形態では、複数の水切りノズル22が、熱延鋼板10の幅方向に並べて配置されている場合を例示したが、例えば、図7A及び図7Bに示すように、平面視した場合に、複数の水切りノズル22が、熱延鋼板10の幅方向に対して傾斜した方向に並べて配置されていてもよい。

図7Aは、複数の水切りノズル22が、熱延鋼板10の幅方向に対して、反時計回りに角度1だけ傾斜した方向に並べて配置されている場合を図示している。図7Bは、複数の水切りノズル22が、熱延鋼板10の幅方向に対して、時計回りに角度2だけ傾斜した方向に並べて配置されている場合を図示している。

角度1及び2は、ともに0°以上30°以下であることが好ましい。角度1及び2が30°を超えると、配管長やノズル数の増大による設備サイズの大型化を招くので、経済性が悪化する。また、角度1及び2が30°を超えると、ワークサイドとドライブサイドの鋼板温度差が発生する等の不具合が生じる可能性もある。

【0070】

(3) 上記実施形態では特に言及していないが、水切り水がテーブルロール上に直接あたるように水切りノズル22を配置してもよい。隣り合うテーブルロールの中間位置に水切り水を噴射する場合、鋼板先端部の通過時に通板性を損なわないことを配慮する必要が生じる。例えば、水切り水の水量及び圧力等を鋼板先端部の通過時のみ低くしたり、鋼板先端部の通過後に水切り水を噴射する必要が生じる。従って、水切り水がテーブルロール上に直接あたるように水切りノズル22を配置することが好ましい。

10

20

【実施例】

【0074】

以下、本発明の水切り装置と水切り方法を用いた場合の冷却水の水切り効果について検証した結果について説明する。水切り効果の検証においては、本発明の水切り装置として、図1～5に示した水切り装置16を用いた。

【0075】

表1に示すように、冷却水の水量(水量密度) Q_B 、水切り水の水量(水量密度) Q_A 、水切り水の噴射角度 θ_s 、水切り水の迎え角度 θ_A 、水切りノズル22、22間の間隔(ピッチ) P をそれぞれ変化させて、冷却水の水切り効果について検証を行った。なお、冷却水の水量 Q_B は、最上流側又は最下流側の冷却水ノズル20、すなわち水切りノズル22に最も近い側の冷却水ノズル20からの冷却水の一列分の半分のみを考慮しており、その他の冷却水ノズル20からの冷却水は考慮していない。さらに、表1に示すいずれの実施例1～15及び比較例1～29においても、熱延鋼板10の表面における水切り水の噴流の衝突領域30は、平面視において熱延鋼板10の幅方向に直線状に連続して並び、且つ隣り合う衝突領域30の一部が重なり合っている。

30

【0076】

表1中の「冷却能力低下」の欄において、冷却能力低下の程度を、A、B、Cの3段階で示している。Aは、水切り水の運動量 F_A と冷却水の運動量 F_B との比率 F_A/F_B が1.3未満であって、冷却能力低下がほぼ無し(0%以上10%未満の冷却能力低下)と判断されることを意味している。Bは、水切り水の運動量 F_A と冷却水の運動量 F_B との比率 F_A/F_B が1.3以上1.5未満であって、冷却能力低下が若干有り(10%以上30%未満の冷却能力低下)と判断されることを意味している。Cは、水切り水の運動量 F_A と冷却水の運動量 F_B との比率 F_A/F_B が1.5以上であって、冷却能力低下が有り(30%以上の冷却能力低下)と判断されることを意味している。ただし、BとCは、冷却設備の冷却能力が設計通りにはならないが、水切りが可能なケースであり、冷却設備本体の冷却能力を把握することよりも水切りを優先する場合においては、運動量の比率 F_A/F_B が1.5以上でも良い。また、運動量の比率 F_A/F_B は目安であり、冷却設備の水量やノズル距離でも冷却能力の低下量は影響を受ける。

40

また、表1中の「水切り性」の欄において、実際に水切りの状況を観察した結果、水切りが余裕を持って適切に行われた場合には「A」を記し、水切りが適切に行われた場合には

50

「B」を記し、水切りが適切に行われず、冷却水が水切り水を超えて流出した場合には「C」を記している。

さらに、「冷却能力低下」が「A」または「B」であり、且つ「水切り性」が「A」又は「B」の場合には、表1中の「評価」の欄に「A」を記している。一方、「冷却能力低下」が「C」であるか、又は「水切り性」が「C」の場合には、表1中の「評価」の欄に「B」を記している。したがって、「評価」の欄が「A」であれば、本発明の効果が実証されたことになる。

【0077】

なお、「水切り性」の効果の検証に関しては、本発明の条件である。

(1) 熱延鋼板10の通板方向に流れる水切り水の運動量 F_A が、冷却水の運動量 F_B の1.0~1.5倍である。10

(2) 熱延鋼板10の幅方向に隣り合う水切り水の噴流が合流する高さHが熱延鋼板10の表面から400mmより高い、

(3) 水切りノズル22からの水切り水の噴射方向において水切りノズル22と熱延鋼板10の表面との距離Lが2000mm以内である、

という3つの条件を満たすか否かの検証を行った。

【0078】

表1中の比較例1~11は、冷却水の水量(水量密度) Q_B が、 $4\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 以下の小水量密度である。一方、表1中の実施例1~5及び比較例12~17、実施例6~10及び比較例18~23、実施例11~15及び比較例24~29は、それぞれ冷却水の水量(水量密度) Q_B が、 $4\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 超から $10\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 以下の大水量密度である。20

【0079】

先ず、冷却水の水量(水量密度) Q_B が、 $3.5\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ の小水量密度である比較例1~11について検討する。

比較例1~6は、上記の条件(1)~(3)をすべて満たしており、水切りが適切に行われた。しかしながら、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B 以上となる。この場合、小水量密度の冷却水で熱延鋼板10を冷却して、冷却水の運動量 F_B が小さくなるので、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力が低下した。30

また、比較例7は、条件(2)及び(3)を満たしており、且つ水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の1.5倍より大きいので水切り性は良いが、水切り水の運動量 F_A が大き過ぎるため、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力が低下した。したがって、比較例1~7の「評価」は「B」となる。

比較例8及び9は、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B 以上となるので、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力が低下した。しかも、条件(1)~(3)のいずれかを満たさないので、水切りも適切に行われなかった。したがって、比較例8及び9の「評価」は「B」となる。

比較例10及び11は、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B より小さいので、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力は低下しなかったが、条件(1)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。したがって、比較例10及び11の「評価」は「B」となる。40

以上のように、小水量密度の冷却水で熱延鋼板10を冷却した場合、冷却水による熱延鋼板10の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りすることはできなかった。

【0080】

次に、冷却水の水量(水量密度) Q_B が、 $4.2\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ の大水量密度である実施例1~5及び比較例12~17について検討する。

比較例12は、条件(2)及び(3)を満たし、且つ水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の1.5倍より大きいので水切り性は良いが、水切り水の運動量 F_A が大き過ぎるため、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板10の冷却能力が低50

下した。

比較例 13～15 は、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B より小さいので、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、条件(1)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。

比較例 16 は、条件(1)を満たしており、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、隣り合う水切り水の噴流が合流する高さ H が 400 mm 以下であり、条件(2)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。

比較例 17 は、水切りノズル 22 と熱延鋼板 10 の表面との距離 L が 2000 mm よりも大きくて、条件(3)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。また、この場合、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力が低下した。
10

これに対して、実施例 1～5 は、条件(1)～(3)のいずれも満たしており、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りすることができた。

【0081】

同様に、冷却水の水量（水量密度） Q_B が、 $6.0 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ の大水量密度である実施例 6～10 及び比較例 18～23 について検討する。

比較例 18 は、条件(2)及び(3)を満たし、且つ水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の 1.5 倍より大きいので水切り性は良いが、水切り水の運動量 F_A が大き過ぎるため、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力が低下した。
20

比較例 19～21 は、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B より小さいので、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、条件(1)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。

比較例 22 は、条件(1)を満たしており、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、隣り合う水切り水の噴流が合流する高さ H が 400 mm 以下であり、条件(2)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。

比較例 23 は、水切りノズル 22 と熱延鋼板 10 の表面との距離 L が 2000 mm よりも大きくて、条件(3)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。また、この場合、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力が低下した。
30

これに対して、実施例 6～10 は、条件(1)～(3)のいずれも満たしており、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りすることができた。

【0082】

同様に、冷却水の水量（水量密度） Q_B が、 $8.0 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ の大水量密度である実施例 11～15 及び比較例 24～29 について検討する。

比較例 24 は、条件(2)及び(3)を満たし、且つ水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B の 1.5 倍より大きいので水切り性は良いが、水切り水の運動量 F_A が大き過ぎるため、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力が低下した。

比較例 25～27 は、水切り水の運動量 F_A が冷却水の運動量 F_B より小さいので、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、条件(1)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。
40

比較例 28 は、条件(1)を満たしており、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力は低下しなかったが、隣り合う水切り水の噴流が合流する高さ H が 400 mm 以下であり、条件(2)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。

比較例 29 は、水切りノズル 22 と熱延鋼板 10 の表面との距離 L が 2000 mm よりも大きくて、条件(3)を満たしておらず、水切りが適切に行われなかった。また、この場合、水切り水が冷却水の下方に潜り込み、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却能力が低下した。

これに対して、実施例 11～15 は、条件(1)～(3)のいずれも満たしており、冷却
50

水による熱延鋼板 10 の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りすることができた。
。

【 0 0 8 3 】

以上の検証結果により、冷却水の水量密度が、 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 超から $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の大水量密度であり、且つ本発明の水切り装置と水切り方法を用いた場合、すなわち条件(1)～(3)をすべて満たす場合、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りできることが確認された。一方、冷却水の水量密度が、 $4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{min}$ 以下の小水量密度であるか、或いは条件(1)～(3)のいずれか 1 つでも満たさない場合、冷却水による熱延鋼板 10 の冷却を適切に行いつつ、冷却水を適切に水切りできないことが確認された。

10

【 0 0 8 4 】

なお、上述した実施例 1～15において、「水切り性」が「A」となる実施例 2、7 及び 12 が最良の実施例である。すなわち、水切り水の噴射角度 θ_s が 50 度であり、水切り水の迎え角度 θ_A が 30 度であり、水切りノズル 22、22 間の間隔 P が 225 mm とする条件が、最良の条件である。

【 0 0 8 5 】

この条件に比べて、水切り水の噴射角度 θ_s が 50 度より大きくなると、冷却水の運動量 F_B が小さくなる。一方、水切り水の噴射角度 θ_s が 50 度より小さくなると、隣り合う水切り水の噴流が合流する高さ H が低くなる。

20

【 0 0 8 6 】

また、水切り水の迎え角度 θ_A が 30 度より大きくなると、水切りノズル 22 と熱延鋼板 10 の表面との距離 L が長くなる。一方、水切り水の迎え角度 θ_A が 30 度より小さくなると、冷却水の運動量 F_B が小さくなる。

【 0 0 8 7 】

また、水切りノズル 22、22 間の間隔 P が 225 mm より大きくなると、冷却水の運動量 F_B が小さくなる。一方、水切りノズル 22、22 間の間隔 P が 225 mm より小さくなると、多数の水切りノズル 22 を設ける必要があり、装置のコストが高額化する。

【 0 0 8 8 】

【表1】

番号	冷却水 水量 Q_B $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$	冷却水 水量 Q_A $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$	水切り水		噴射角度 θ_s 度	迎え角度 θ_A 度	ピッチ mm	高さ mm	冷却水		水切り F_A/F_B	水切り高さ H mm	ノズル距離 L mm	冷却能力 低下	水切り性	評価
			冷却水 水量 F_B	水切り 水量 F_A					冷却水 水量 F_A	水切り 水量 F_B						
比較例1	3.5	2.9	140	30	225	1000	4.53	5.35	1.18	965	1155	C	B	B	B	B
比較例2	3.5	2.9	130	30	225	1000	4.53	5.51	1.22	955	1155	C	B	B	B	B
比較例3	3.5	2.5	50	30	225	1000	4.53	5.47	1.21	791	1155	C	A	B	B	B
比較例4	3.5	2.5	20	30	225	1000	4.53	5.58	1.23	447	1155	C	B	B	B	B
比較例5	3.5	3.8	50	20	225	1000	4.53	5.81	1.24	773	1064	C	B	B	B	B
比較例6	3.5	3.8	50	30	325	1000	4.53	5.68	1.25	698	1155	C	B	B	B	B
比較例7	3.5	2.5	50	60	225	1000	4.53	9.47	2.09	879	2000	C	A	B	B	B
比較例8	3.5	2.5	15	30	225	1000	4.53	5.59	1.23	260	1155	C	C	B	B	B
比較例9	3.5	2.5	50	65	225	1000	4.53	9.91	2.19	898	2366	C	C	C	B	B
比較例10	3.5	3.8	50	10	225	1000	4.53	2.85	0.63	762	1015	A	C	C	B	B
比較例11	3.5	3.8	50	30	425	1000	4.53	4.34	0.96	605	1155	A	C	B	B	B
実施例1	4.2	2.9	130	30	225	1000	5.44	5.51	1.01	955	1155	A	B	A	B	A
実施例2	4.2	3.4	50	30	225	1000	5.44	7.29	1.34	791	1155	B	A	A	B	A
実施例3	4.2	3.6	20	30	225	1000	5.44	7.90	1.45	447	1155	B	B	B	B	A
実施例4	4.2	3.8	50	20	225	1000	5.44	5.61	1.03	773	1064	A	B	A	B	B
実施例5	4.2	4.0	50	30	325	1000	5.44	5.99	1.10	698	1155	A	C	C	B	B
比較例12	4.2	2.5	50	60	225	1000	5.44	9.47	1.74	879	2000	C	A	A	B	B
比較例13	4.2	2.9	140	30	225	1000	5.44	5.35	0.98	965	1155	A	C	C	B	B
比較例14	4.2	3.8	50	10	225	1000	5.44	2.85	0.52	762	1015	A	C	B	B	B
比較例15	4.2	4.0	50	30	425	1000	5.44	4.58	0.84	605	1155	A	B	A	B	B
比較例16	4.2	2.9	15	30	225	1000	5.44	6.52	1.20	260	1155	A	C	B	B	A
比較例17	4.2	2.5	50	65	225	1000	5.44	9.91	1.82	898	2366	A	C	C	B	B
実施例6	6.0	4.2	130	30	225	1000	7.76	7.87	1.01	955	1155	A	B	A	B	B
実施例7	6.0	4.8	50	30	225	1000	7.76	10.41	1.34	791	1155	B	A	C	B	B
実施例8	6.0	5.1	20	30	225	1000	7.76	11.29	1.45	447	1155	B	B	A	A	A
実施例9	6.0	5.4	50	20	225	1000	7.76	8.01	1.03	773	1064	A	B	A	B	B
実施例10	6.0	5.7	50	30	325	1000	7.76	8.56	1.10	698	1155	A	B	B	B	B
比較例18	6.0	3.6	50	60	225	1000	7.76	13.53	1.74	879	2000	C	A	B	B	B
比較例19	6.0	4.2	140	30	225	1000	7.76	7.65	0.98	965	1155	A	C	B	B	B
比較例20	6.0	5.4	50	10	225	1000	7.76	4.07	0.52	762	1015	A	C	B	B	B
比較例21	6.0	5.7	50	30	425	1000	7.76	6.55	0.84	605	1155	A	C	C	B	B
比較例22	6.0	4.2	15	30	225	1000	7.76	9.31	1.20	260	1155	A	C	B	B	B
比較例23	6.0	3.6	50	65	225	1000	7.76	14.16	1.82	898	2366	A	C	B	B	B
実施例11	8.0	5.6	130	30	225	1000	10.35	10.50	1.01	955	1155	A	B	A	B	A
実施例12	8.0	6.4	50	30	225	1000	10.35	13.89	1.34	791	1155	B	A	A	A	A
実施例13	8.0	6.8	20	30	225	1000	10.35	15.05	1.45	447	1155	B	B	A	B	B
実施例14	8.0	7.2	50	20	225	1000	10.35	10.69	1.03	773	1064	A	B	A	B	B
実施例15	8.0	7.6	50	30	325	1000	10.35	11.42	1.10	698	1155	A	B	A	B	B
比較例24	8.0	4.8	60	225	1000	10.35	18.04	1.74	879	2000	C	A	B	B	B	
比較例25	8.0	5.6	150	30	225	1000	10.35	9.87	0.95	974	1155	A	C	B	B	B
比較例26	8.0	7.2	50	10	225	1000	10.35	5.43	0.52	762	1015	A	C	B	B	B
比較例27	8.0	7.6	50	30	425	1000	10.35	8.73	0.84	605	1155	A	C	B	B	B
比較例28	8.0	5.6	15	30	225	1000	10.35	12.42	1.20	260	1155	A	C	B	B	B
比較例29	8.0	4.8	50	65	225	1000	10.35	18.88	1.82	898	2366	A	C	B	B	B

【産業上の利用可能性】

【0089】

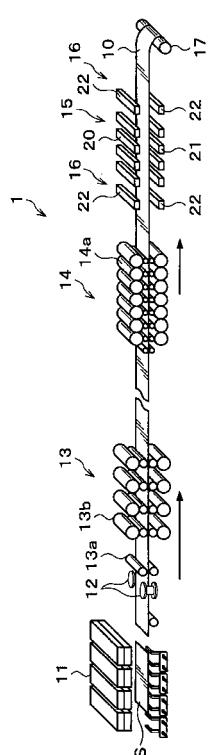
本発明は、熱間圧延工程の仕上げ圧延後の熱延鋼板を冷却する際に当該熱延鋼板に対して噴射された冷却水を水切りする際に有用である。

【符号の説明】

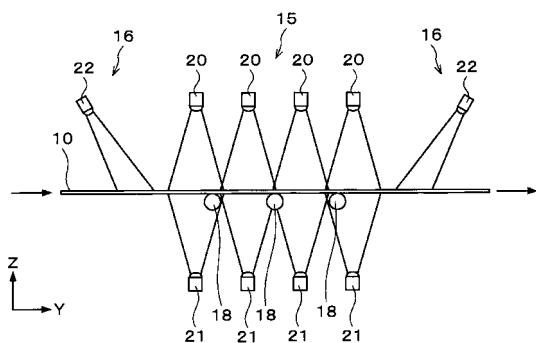
【 0 0 9 0 】

- 1 热间压延设备
 - 1 0 热延钢板
 - 1 1 加热炉
 - 1 2 幅方向压延机
 - 1 3 粗压延机
 - 1 3 a ワークロール
 - 1 3 b 4重压延机
 - 1 4 仕上压延机
 - 1 4 a 仕上压延ロール
 - 1 5 冷却装置
 - 1 6 水切り装置
 - 1 7 卷取装置
 - 1 8 搬送ロール
 - 2 0 冷却水ノズル
 - 2 1 他の冷却水ノズル
 - 2 2 水切りノズル
 - 3 0 衝突領域

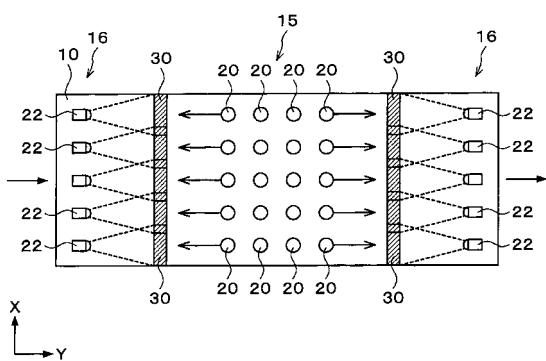
【圖 1】



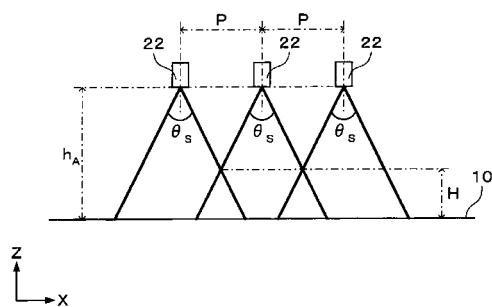
【 図 2 】



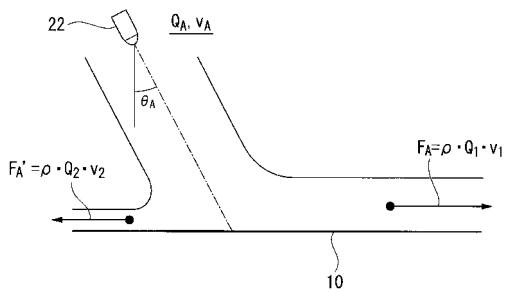
【 図 3 】



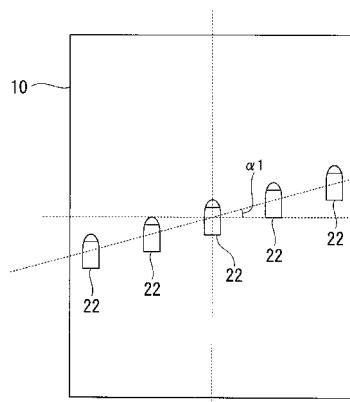
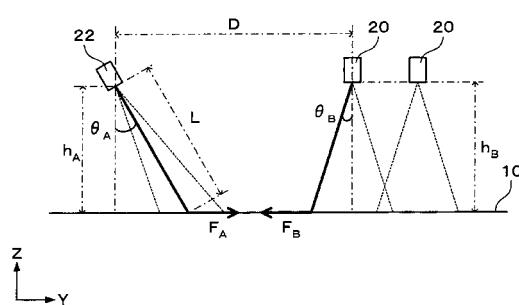
【図4】



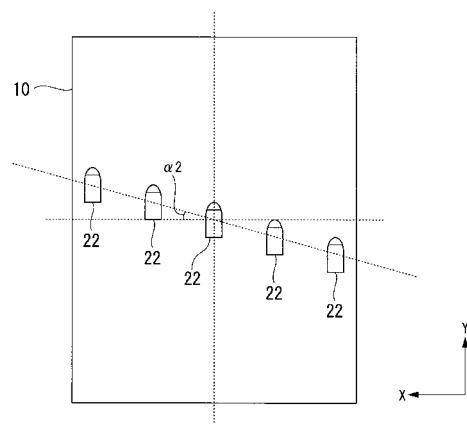
【図6】



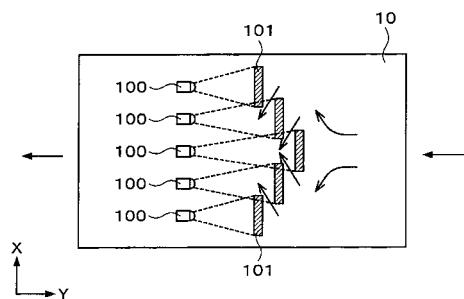
【図5】



【図7 B】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 二階堂 仁之
東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鐵住金株式会社内
(72)発明者 荒澤 良洋
東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鐵住金株式会社内
(72)発明者 菱沼 紀行
東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鐵住金株式会社内

審査官 水野 浩之

(56)参考文献 特開2012-051013(JP,A)
特開2007-152429(JP,A)
特開昭61-231125(JP,A)
特開平11-123439(JP,A)
特開2010-227966(JP,A)
特開2004-306064(JP,A)
特開2001-276923(JP,A)
特開2002-120011(JP,A)
特開2010-253522(JP,A)
特開2010-264498(JP,A)
特開2006-247714(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21B 45/00 - 45/08
C21D 1/00
C21D 9/00 - 9/66
B05B 1/00 - 17/08