

(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
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/170714 A1

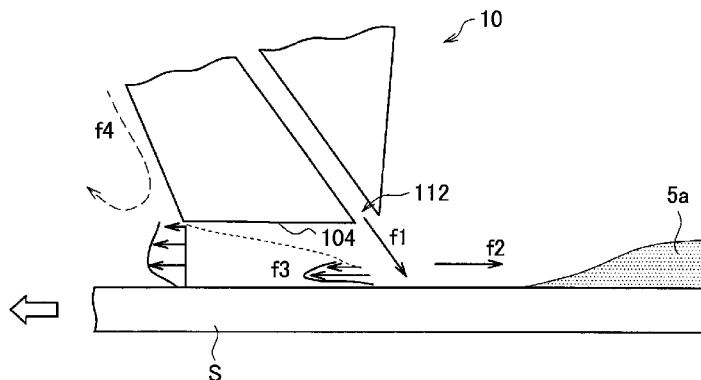
- (51) 国際特許分類:
C23G 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012951
- (22) 国際出願日: 2017年3月29日(29.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-066122 2016年3月29日(29.03.2016) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田谷 貴男(TAYA, Takao); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 加藤 弘之(KATO, Hiroyuki); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 清末考範(KIYOSUE, Takanori); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 山田 義博(YAMADA, Yoshihiro); 〒1008071 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一富澤ビル はつき国際特許事務所 四谷オフィス 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIQUID REMOVAL APPARATUS AND LIQUID REMOVAL METHOD

(54) 発明の名称: 液体除去装置及び液体除去方法

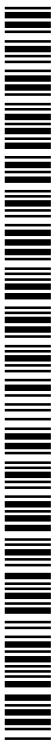
$$P_n \geq 2.0 \times 10^{10} (h/d)^{0.6} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta + \theta - 58)} + 1 \right)^4 L^{-7}, \beta + \theta \geq 60^\circ, L \geq 20mm$$



(57) Abstract: [Problem] To provide a liquid removal apparatus capable of removing a liquid on a steel sheet without using wringer rolls and a dryer. [Solution] This liquid removal apparatus removes liquid on the surface of a plate-like member moving relatively. The liquid removal apparatus is provided with: a slit nozzle which sprays gas onto the surface of the plate-like member; and a gap measurement device which measures the gap between the spray opening of the slit nozzle and the plate-like member. The slit nozzle is disposed so as to spray the gas from a downstream side towards an upstream side in the moving direction of the plate-like member moving relative to the slit nozzle. The spray angle θ , the angle β of inclination of a back surface, the length L of the nozzle back surface, the gap h , the width d of a slit and the nozzle pressure P_n of the slit nozzle satisfy a relational expression.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/170714 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

【課題】 リンガーロール及びドライヤーを用いることなく、鋼板上の液体を除去可能な液体除去装置を提供する。 【解決手段】 相対的に移動する板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去装置であって、板状部材の表面に対してガスを噴射するスリットノズルと、スリットノズルの噴射口と板状部材とのギャップを測定するギャップ測定装置とを備え、スリットノズルは、当該スリットノズルに対して相対的に移動している板状部材の移動方向下流側から上流側へ向かってガスを噴射するように設置されており、噴射角度 θ 、背面傾斜角度 β 、ノズル背面の背面長さ L 、ギャップ h 、スリット幅 d 、スリットノズルのノズル圧 P_n が以下の関係式を満たすように構成される。

明 細 書

発明の名称：液体除去装置及び液体除去方法

技術分野

[0001] 本発明は、板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去装置及びこれを用いた液体除去方法に関する。

背景技術

[0002] 熱間圧延後の鋼板の表面には、スケールと呼ばれる酸化膜が形成されている。スケールは鋼板の疵等の要因となるため、必要に応じて、塩酸や硫酸等による酸洗処理を鋼板に対して行う。従来の連続式酸洗ラインでは、コイル状の鋼板をアンコイラーにより巻き戻してレベラーにより形状矯正し、先行する鋼板の後端と後行の鋼板の先端とを溶接して連続した鋼板とした後、酸洗槽を通板させることで鋼板表面のスケールを溶解除去する。酸洗槽にてスケールが除去された鋼板は、表面に付着している酸や水が水洗槽で除去され、ドライヤーで乾燥された後、再びコイル状に巻き取られる。

[0003] ここで、従来、鋼板に付着している酸や水等を除去するため、水洗槽に設置され、通板される鋼板の液体を除去する一対のリンガーロールと、リンガーロール通過後に鋼板表面に残存する液体を熱風で吹き飛ばし、乾燥を促進させるドライヤーとを利用していた。リンガーロールは、表面が柔らかいゴム層で形成されており、リンガーロールを鋼板に押し付けることで鋼板表面に付着した液を絞り、除去する。

[0004] この際、リンガーロールと鋼板の両端部との間に隙間が生じると、当該隙間に液体が滞留し、リンガーロール通過後の鋼板の両端部表面に液体が帯状に残留する。また、リンガーロールを長期に使用すると、鋼板の両端部に対応する部分が摩耗して鋼板に接触しない空間が生じ、液体が鋼板表面に残留する範囲が広がる。このようにリンガーロール通過後の鋼板表面に液体が残存すると、ドライヤーによって十分吹き飛ばすことができない。

[0005] そこで、リンガーロールとドライヤーとの間に、液切り装置を設置し、リ

ンガーロール通過後に残存した液体を除去する技術が提案されている。例えば特許文献1には、鋼帯の上下面に付着する液体を押圧しながら除去する一対の液切りロールと、該液切りロールと鋼帯の端部との間に形成される隙間に向けて、気体を鋼帯中央部から鋼帯端部に指向して所定の流速で噴射するノズルとを備える、液体の除去方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平6-65766号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、上記特許文献1に記載の液体の除去方法を用いても、リングーロール及びドライヤーの両者を備える必要があり、設備を維持するためのコストが大きくなるという問題があった。

[0008] そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、リングーロール及びドライヤーを用いることなく、鋼板上の液体を除去することが可能な、新規かつ改良された液体除去装置及びこれを用いた液体除去方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、搬送される板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去装置であって、板状部材の表面に対してガスを噴射するスリットノズルと、スリットノズルの噴射口と板状部材とのギャップを測定するギャップ測定装置と、を備え、スリットノズルは、当該スリットノズルに対して相対的に移動する板状部材の移動方向下流側から上流側へ向かってガスを噴射するように設置されており、スリットノズルの内部のガス圧をノズル圧 P_n [KPa] と定義し、板状部材の表面に対して垂直な方向と前記ガスの噴射方向とのなす角度を噴射角度 θ [°] と定義し、スリットノズルの噴射口から移動方向下流側に配置される面である

ノズル背面とガスの噴射方向とのなす角度を背面傾斜角度 β [°] と定義し、移動方向におけるノズル背面の長さを L [mm] と定義し、ギャップを h [mm] と定義し、スリットノズルのスリット幅を d [mm] と定義したとき、以下の関係式を満たす、液体除去装置が提供される。

[数1]

$$P_n \geq 2.0 \times 10^{10} (h/d)^{0.6} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta + \theta - 58)} + 1 \right)^{-4} L^{-7}, \quad \beta + \theta \geq 60^\circ, \quad L \geq 20 \text{ mm}$$

[0010] 液体除去装置は、ギャップ測定装置の測定結果に基づいてギャップを調整するギャップ調整機構をさらに備えてもよい。ギャップ調整機構は、ギャップを 20 mm 以下に調整する。

[0011] ギャップ調整機構は、スリットノズルの位置を変更することにより、ギャップを調整してもよい。

[0012] あるいは、板状部材を搬送するテーブルロールにより板状部材が移動方向に移動されるとき、ギャップ調整機構は、板状部材が載置されるテーブルロールの位置を変更することにより、ギャップを調整してもよい。

[0013] ギャップ測定装置は、スリットノズルの噴射口の長手方向両端付近の測定位置でギャップをそれぞれ測定し、ギャップ調整機構は、測定位置でのギャップをそれぞれ 20 mm 以下に調整してもよい。

[0014] ギャップ測定装置は例えばレーザ距離計によりギャップを測定してもよい。

[0015] スリットノズルは固定されており、板状部材は搬送装置により前記移動方向に移動されることにより、スリットノズルに対して相対的に移動するようにしてもよい。

[0016] 搬送装置は、板状部材が載置されるテーブルロールであってもよい。

[0017] あるいは、搬送装置は、コイル状に巻回された板状部材を巻き戻すペイオフロールと、液体が除去された板状部材をコイル状に巻き取るテンションロールとを含む巻取巻戻装置であってもよい。

- [0018] また、板状部材は静止しており、スリットノズルはノズル移動機構により板状部材に対して相対的に移動するようにしてもよい。
- [0019] 液体除去装置のスリットノズルは、噴射口と、外部から送り込まれたガスを噴射口へ導くガス流路とを備えるノズル本体部と、ノズル本体部の噴射口から板状部材の移動方向下流側に向けて延設されるノズル背面を有する背面部材と、から構成してもよい。このとき、ノズル背面は、板状部材の表面に対向する背面部材の対向面である。
- [0020] また、本発明の別の観点によれば、上記液体除去装置を用いて、板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去方法であって、スリットノズルの噴射口と板状部材とのギャップをギャップ測定装置により測定する測定ステップと、測定されたギャップに基づいて、スリットノズルまたは板状部材のうち少なくともいずれか一方の位置を変更することにより、当該ギャップを20mm以下に調整するギャップ調整ステップと、スリットノズルと板状部材とを相対的に移動させながら、スリットノズルから板状部材の表面に対してガスを噴射し、板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去ステップと、を含む、液体除去方法が提供される。
- [0021] 板状部材の板厚が変化する度に、測定ステップ及びギャップ調整ステップを実行することによりギャップが再調整されてもよい。

発明の効果

- [0022] 以上説明したように本発明によれば、リンガーロール及びドライヤーを用いることなく、鋼板上の液体を除去することができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]一般的なスリットノズルを用いた液体除去装置による液切り状況を示す説明図である。
- [図2]本発明の一実施形態に係るスリットノズルを用いた液体除去装置による液切り状況を示す説明図である。
- [図3]同実施形態に係る液体除去装置の一構成例を示す側面図である。
- [図4]図3に示した液体除去装置の背面図である。

[図5]同実施形態に係るスリットノズルの詳細な構成を示す説明図である。

[図6]背面長さ L を20mm、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和を 90° としたときの流速 $u_+(x)$ と流速 $u_-(x)$ との一関係例を示す説明図である。

。

[図7]背面長さ L を15mm、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和を 50° としたときの流速 $u_+(x)$ と流速 $u_-(x)$ との一関係例を示す説明図である。

。

[図8]噴射角度 θ を 45° として背面傾斜角度 β 及び背面長さ L を変化させたときの、ギャップ h とノズル圧 P_n との関係を示す説明図である。

[図9]図8のプロット線に関して、ノズル背面の流れの状態を説明するための説明図である。

[図10]同実施形態に係る液体除去装置のノズル構成の一変形例を示す説明図である。

[図11]前面傾斜角度 α を 30° としたときの、背面長さ L と鋼板表面に残存する液体の膜厚との一関係を示すグラフである。

[図12]ギャップ h と鋼板表面に残存する液体の膜厚との一関係を示すグラフである。

[図13]鋼板表面上の液体の膜厚と鋼板品質に関する不良判定率との関係を示す説明図である。

[図14]前面傾斜角度 α を 35° としたときの、背面長さ L と鋼板表面に残存する液体の膜厚との一関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0025] <1. 概要>

まず、図1及び図2に基づいて、本発明の一実施形態に係る液体除去装置

の概略構成について説明する。図1は、一般的なスリットノズル3を用いた液体除去装置による液切り状況を示す説明図である。図2は、本発明の一実施形態に係るスリットノズル10を用いた液体除去装置による液切り状況を示す説明図である。

[0026] 本実施形態に係る液体除去装置では、スリットノズルにより板状部材である鋼板の表面に空気を噴射し、鋼板表面上の液体を除去する。一般的なスリットノズルを用いた液体除去装置としては、図1に示すように、当該液体除去装置に対して相対的に移動する鋼板の移動方向下流側から鋼板表面に対してスリットノズル3の噴射口3aから空気を噴射するエアブロー装置が用いられている。図1に示すように、スリットノズル3から噴射される高速のガス噴流f1は、鋼板Sの表面に衝突して、移動方向上流側へ向かう流れf2によって鋼板S上の液体5aを押し返すことで、鋼板S上の液体5aを除去する。

[0027] 一方で、ガス噴流f1が鋼板Sの表面に衝突した際に、移動方向下流側へ向かう反転流f3も発生する。この反転流f3と、エアブロー装置が外気を吸い込む際に生じさせる、スリットノズル3の背面に沿って鋼板Sの表面に流れる外気吸い込み流f4とが干渉し、ガス噴流f1が一時的に乱れる。その結果、ガス噴流f1が鋼板Sの表面に衝突するときの衝突圧が低下し、移動方向上流側へ向かう流れf2の圧力も低下するため、鋼板S上の液体5aを十分に除去できず、スリットノズル3よりも移動方向下流側においても鋼板S上に液体5bが残存してしまう。

[0028] そこで、本願発明者は、外気吸い込み流f4と鋼板Sの表面衝突後の反転流f3との干渉によるガス噴流f1の衝突圧低下を抑制できる液体除去装置の構成を検討した。その結果、図2に示すように、鋼板Sの移動方向下流側の面であるノズル背面104を、図1に示したスリットノズル3よりも移動方向下流側へ鋼板Sの表面に沿って延設することにより、コアンダ効果による外気吸い込み流f4の影響を抑制し、ガス噴流f1の乱れを抑制できるという知見を得た。以下、本実施形態に係る液体除去装置について詳細に説明

していく。

[0029] <2. 液体除去装置の構成>

(2-1. 全体構成)

まず、図3及び図4に基づいて、本実施形態に係る液体除去装置1の全体構成を説明する。図3は、本実施形態に係る液体除去装置1の一構成例を示す側面図である。図4は、図3に示した液体除去装置1の背面図である。本実施形態では、液体除去装置1は固定して使用される場合について説明する。すなわち、スリットノズル10は固定であり、搬送装置によって搬送される鋼板Sがスリットノズル10に対して相対移動しているものとする。

[0030] 本実施形態に係る液体除去装置1は、例えば板状部材の一例である鋼板Sの表面に付着した液体を除去する装置である。液体除去装置1は固定されており、鋼板Sが搬送装置によって搬送されることにより、鋼板Sは液体除去装置1に対して相対的に移動する。以下では、液体除去装置1に対して相対的に移動する鋼板Sの移動方向を搬送方向ともいう。液体除去装置1は、図3に示すように、搬送装置によって搬送されている鋼板Sを挟んで対称となるように上下にそれぞれ配置されている。上下の液体除去装置1は同一構成としてもよい。鋼板Sを搬送する搬送装置は、例えば載置された鋼板Sを回転により移動させるテーブルロールであってもよい。あるいは、搬送装置は、鋼板Sの搬送方向に液体除去装置1を挟んで両端に設けられた両端ロールからなる巻取巻戻装置であってもよい。巻取巻戻装置は、両端ロールとして、コイル状に巻回された鋼板Sを巻き戻すペイオフロールと、液体除去装置1により表面の液体が除去された鋼板Sをコイル状に巻き取るテンションロールとを備えている。

[0031] 本実施形態に係る液体除去装置1は、図3に示すように、スリットノズル10と、ギャップ測定装置30と、ギャップ調整機構40とを備える。

[0032] スリットノズル10は、エア供給管20を介して外部から送り込まれたガス(例えば、空気)を、ノズル先端の噴射口112から鋼板Sの表面に対して噴射する。スリットノズル10は、スリット状に開口する噴射口112の

スリット長さ方向が鋼板Sの幅方向に対応するように配置される。これにより、鋼板Sの幅全体にわたって鋼板S上の液体を除去することができる。噴射口112は、鋼板Sの搬送方向下流側から上流側へ向かって（すなわち、X軸負方向側から正方向側に向かって）ガスを噴射するように鋼板Sの表面に向けられる。また、スリットノズル10は、図4に示すように、スリット状に開口する噴射口112のスリット長さ方向（Y方向）の両側において、スリットノズル10を鋼板Sに対して近接／離隔させるギャップ調整機構40により支持されている。ギャップ調整機構40によってスリットノズル10を上下に移動させることで、噴射口112と鋼板Sの表面とのギャップが調整可能となっている。

[0033] 本実施形態に係るスリットノズル10は、図2に示したように、外気吸い込み流f4の影響を抑制し、ガス噴流f1の乱れを抑制するため、スリットノズル10の内部のガス圧であるノズル圧と、スリットノズル10の噴射角度、背面傾斜角度、背面長さ、スリット幅及びギャップとが所定の関係を満たすように構成されている。スリットノズル10の詳細構成及びノズル圧との関係については、後述する。

[0034] ギャップ測定装置30は、スリットノズル10の先端にある噴射口112と鋼板Sの表面との距離（以下、「ギャップ」ともいう。）を測定する。ギャップ測定装置30は、図3及び図4に示すように、スリットノズル10の噴射口112のスリット長さ方向（Y方向）両側にそれぞれ設けられている。ギャップ測定装置30をかかる位置に設けることで、スリット長さ方向におけるスリットノズル10の噴射口112の鋼板Sの表面に対する傾きを検出することが可能となり、スリット長さ方向においてギャップが一定となるように調整することができる。ギャップ測定装置30は、例えばスリット長さ方向においてスリットノズル10を上下に移動させるギャップ調整機構40と略同一位置に設けられていてもよい。

[0035] ギャップ測定装置30は、レーザ距離計等の距離センサ31を備えている。ギャップ測定装置30は、例えば、距離センサ31を鋼板Sの表面と対向

させ、鋼板Sに対して出射したレーザ光とそのレーザ光の鋼板Sの表面での反射光との位相差に基づき、ギャップを測定する。距離センサ31は、例えば図4に示すように、ギャップ測定装置30にそれぞれ1つ設けてもよく、スリット長さ方向にそれぞれ複数配設してもよい。距離センサ31は、噴射口112の両端112e付近に配置される。本実施形態において噴射口112の両端112e付近とは、スリット長さ方向におけるスリットノズル10の噴射口112の長さをスリット長 w としたとき、噴射口112の両端部112eから $\pm 1/4w$ の範囲をいう。また、距離センサ31は、鋼板Sと対向される必要があるため、例えば、液体除去装置10が設置されるラインにて通板可能な鋼板Sの最小板幅及び最大板幅に応じてその設置位置が決定される。このように距離センサ31は、噴射口112の両端112e付近であって、かつ、鋼板Sと対向するように設置される。例えば、距離センサ31は、鋼板Sの端部から板幅の $1/6$ 程度内側の位置に設置されてもよい。ギャップ測定装置30は、距離センサ31の検出結果に基づき得られたギャップを、ギャップ測定値として、ギャップ調整機構40へ出力する。

[0036] ギャップ調整機構40は、ギャップ測定装置30の測定結果に基づいてギャップが所定の大きさとなるように調整する。本実施形態に係るギャップ調整機構40は、スリットノズル10を上下（Z方向）に移動させる駆動部41と、駆動部41の駆動を制御する制御部（図示せず。）とを備える。

[0037] 駆動部41は、図3及び図4に示すように、スリットノズル10の噴射口112のスリット長さ方向（Y方向）両側にそれぞれ設けられており、支持部材51、53、55を介してスリットノズル10を支持している。このように駆動部41を設置することで、噴射口112のスリット長さ方向における噴射口112と鋼板Sとの距離を均一にすることができる。駆動部41は、例えばシリンダにより構成され、支持部材55が固定されたピストンを移動させることで、スリットノズル10の高さ位置を調整することができる。なお、本発明はかかる例に限定されず、駆動部41は、例えば鋼板Sが載置されたテーブルロールの高さ位置を変更するアクチュエータであってもよい。

。このようにスリットノズル10の噴射口112に対してテーブルロールを近接／離隔させることによってもギャップを調整することができる。

[0038] 制御部は、ギャップ測定装置30の測定結果に基づいて、噴射口112が鋼板Sに接触しない範囲でなるべく鋼板Sに近づけるように各駆動部41を駆動させ、スリットノズル10の高さ位置を調整する。ギャップ測定装置30によるギャップ測定値は、距離センサから鋼板Sの表面までの距離であるため、制御部は、ギャップ測定値から距離センサとスリットノズル10の噴射口112との距離を差し引いた値を現在のギャップとして、スリットノズル10の高さ位置が所定の範囲内となるように調整する。制御部によるギャップ調整により、スリットノズル10から噴射されたガスが当該スリットノズル10のノズル背面と鋼板Sとの間に流れ込み、図2に示すように外気吸い込み流(f4)がガス噴流(f1)に影響を及ぼすのを抑制できるようにすることができる。かかる作用を奏するため、ギャップ調整機構40により、ギャップを20mm以下とするのがよい。

[0039] (2-2. スリットノズルの構成とノズル圧との関係)

本実施形態に係るスリットノズル10は、上述したように、外気吸い込み流f4の影響を抑制してガス噴流f1の乱れを抑制するため、スリットノズル10のノズル圧と、スリットノズル10の噴射角度、背面傾斜角度、背面長さ、スリット幅及びギャップとが所定の関係を満たすように構成されている。

[0040] 図5は、本実施形態に係るスリットノズル10の詳細な構成を示す説明図である。図5に示すように、スリットノズル10は、噴射口112から鋼板Sの搬送方向上流側へ向かうノズル前面102と、噴射口112から鋼板Sの搬送方向下流側へ向かうノズル背面104とを備える。ノズル前面102は、搬送方向上流側への傾斜が抑制され、ノズル背面104は、搬送方向下流側へ鋼板Sの表面に沿って延設されている。

[0041] ここで、鋼板Sの表面に垂直な方向を基準方向C1として、基準方向C1とスリットノズル10の噴射口112からのガスの噴射方向C3とのなす角

を噴射角度 θ [°]、基準方向 C 1 とノズル前面 1 0 2 とのなす角を前面傾斜角度 α [°]、ガスの噴射方向 C 3 とノズル背面 1 0 4 とのなす角を背面傾斜角度 β [°] とする。また、鋼板 S の搬送方向 C 2 におけるノズル背面 1 0 4 の長さを背面長さ L [mm] とする。そして、噴射口 1 1 2 と鋼板 S の表面との距離をギャップ h [mm]、スリットノズル 1 0 のスリットの開口幅をスリット幅 d [mm]、スリットノズル 1 0 の内部のガス圧をノズル圧 P_n [KPa] としたとき、液体除去装置 1 は、下記式 (1) ~ (3) の関係を満たすように構成される。

[0042] [数2]

$$P_n \geq F(h, L, \beta, \theta, d) \\ = 2.0 \times 10^{10} (h/d)^{0.6} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta + \theta - 58)} + 1 \right)^{-4} L^{-7} \quad \dots (1)$$

$$\beta + \theta \geq 60^\circ \quad \dots (2)$$

$$L \geq 20mm \quad \dots (3)$$

[0043] なお、噴射角度 θ 及び背面傾斜角度 β は、大きさを表すものであり、0 以上の値で表されるものとする。前面傾斜角度 α については、基準方向 C 1 を 0° とし、鋼板 S の搬送方向上流側への傾きを正の値、下流側への傾きを負の値で表すとする。また、例えば図 3 に示すように、ノズル背面 1 0 4 が鋼板 S と平行でない場合の背面長さ L は、実際の背面長さを L' [mm] としたとき、 $L' \cos(90^\circ - \theta - \beta)$ により算出することができる。このように、背面長さ L は、ノズル背面 1 0 4 を水平投影面に投影したときの水平投影面上におけるノズル背面 1 0 4 の搬送方向 (X 方向) の長さに相当する。

[0044] (a. ノズル圧 P_n との関係)

まず、上記式 (1) は、図 1 及び図 2 にて示した、外気吸い込み流 f 4 の影響を抑制してガス噴流 f 1 の乱れを抑制するための条件を表している。ここで、図 5 に示したスリットノズル 1 0 に対して、以下のように物理量を定

義する。xは鋼板Sの搬送方向における位置を表す。鋼板Sの搬送方向（X方向）におけるノズル背面104の最下流側の位置を基準位置（x=0）とする。

$u_+(x)$: コアンダ効果にて噴射口側へ引き込まれる流速

$u_-(x)$: 鋼板に衝突したガス噴流の搬送方向（X方向）成分流速

y(x) : 鋼板とノズル背面との距離

λ : 管摩擦係数

[0045] u_+ のX方向分布は、経験的に知見がある高速噴流の10%の大きさを初速 $u_+(0)$ としたとき、X方向に進むにつれて圧力損失により流速は初速 $u_+(0)$ から減少していく。定量的には、X方向における位置に対する圧力損失は、下記式（1-1）で与えられる。

[0046] [数3]

$$\Delta P_+(x) = \int_x^{x+dx} \frac{\lambda}{y(x)} \rho u_+^2 dx \quad \dots (1-1)$$

[0047] 上記式（1-1）により表される圧力損失の変動を下記式（1-2）に代入すると、速度の減少量 $\Delta u_+(x)$ が求められる。

[0048] [数4]

$$\Delta u_+(x) = \sqrt{2\Delta P_+ / \rho} \quad \dots (1-2)$$

[0049] そして、下記式（1-3）より、求めた速度の減少量 $\Delta u_+(x)$ を前の位置での速度 $u_+(x)$ から引くことで、 $x+dx$ 位置における速度 $u_+(x+dx)$ が求められる。

[0050] [数5]

$$u_+(x+dx) = u_+(x) - \Delta u_+(x) \quad \dots (1-3)$$

[0051] 一方、鋼板に衝突したガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ は、スリットノズル10から噴射されるガスの噴流の流速uを用いて下記式（1-4）で

求められる。

[0052] [数6]

$$u_-(x) = u(1 - \cos \theta) \times d / y(x) \quad \dots (1 - 4)$$

[0053] ここで、図5に示すように、基準位置 ($x = 0$) から搬送方向上流側へノズル背面104の背面長さLだけ離れた位置での、コアンダ効果によって噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(L)$ と、鋼板Sに衝突したガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ との大きさを考える。

[0054] まず、流速 $u_+(L)$ が流速 $u_-(L)$ 以下であるとき ($u_+(L) \leq u_-(L)$) は、すなわち、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ がコアンダ効果によって引き込まれる流速 $u_+(L)$ 以上となるときである。このため、ガス噴流f1は、コアンダ効果で引き込まれる流速 $u_+(L)$ から影響を受けることはなく、振動しない。したがって、ガス噴流f1は乱れることなく鋼板Sに衝突し、図2に示すように、液体除去装置1による液切り能力が発揮される。

[0055] 一方、流速 $u_+(L)$ が流速 $u_-(L)$ より大きいとき ($u_+(L) > u_-(L)$) は、すなわち、コアンダ効果によって引き込まれる流速 $u_+(L)$ がガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ より大きくなるときである。このとき、ガス噴流f1はコアンダ効果で引き込まれる流速 $u_+(L)$ から影響を受ける。その結果、ガス噴流f1が水平方向に振動し、ガス噴流f1の鋼板Sへの衝突圧が低下するので、図1に示すような液体除去装置1の液切り能力低下につながる。

[0056] 以上より、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ がコアンダ効果で引き込まれる流速 $u_+(L)$ 以上となるようにすることで、液体除去装置1による液切り能力を発揮させることができる。すなわち、 $x = L$ の位置でのガス噴流吐出位置での流速 u_+ と流速 u_- のバランスを考慮することで、液体除去装置1による液切り能力が発揮された状態することができる。

[0057] 例えば、図6に、背面長さLを20mm、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β と

の和を 90° としたときのコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ と、鋼板Sに衝突したガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ との一関係例を示す。図6に示すように、基準位置($x=0$)から搬送方向上流側に10mmより大きく離れると、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ がコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ よりも大きくなる。したがって、背面長さLが20mmの場合、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ がコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ よりも大きいため、ノズル背面104の流れは整流化される。

[0058] 一方、例えば、図7に、背面長さLを15mm、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和を 50° としたときのコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ と、鋼板Sに衝突したガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ との一関係例を示す。図7に示すように、基準位置($x=0$)から搬送方向上流側に15mm離れても、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ はコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ よりも小さい。このため、背面長さLが15mmの場合、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(x)$ がコアンダ効果にて噴射口112側へ引き込まれる流速 $u_+(x)$ よりも小さいため、ノズル背面104の流れは乱流化し、ガス噴流f1が乱れることになる。

[0059] そこで、本願発明者は、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ がコアンダ効果によって引き込まれる流速 $u_+(L)$ 以上となる液体除去装置1の構成及び設定を検討した結果、上記式(1)の関係式を想到した。すなわち、スリットノズル10のノズル圧 P_n [KPa]が、ギャップ h [mm]、背面長さ L [mm]、背面傾斜角度 β [$^\circ$]、スリット幅 d [mm]及び噴射角度 θ [$^\circ$]で表される関係式 $F(h, L, \beta, \theta, d)$ の値以上となるようにスリットノズル10を構成し配置することで、外気吸い込み流f4の影響を抑制し、ガス噴流f1の乱れを抑制することができる。

[0060] 関係式 $F(h, L, \beta, \theta, d)$ は、例えばタフト法によりスリットノズル10のノズル背面104における流れを可視化し、ノズル背面104の流

れが整流化するノズル圧 P_n を特定することで求めることができる。上記式（1）は、スリット幅 d を0.4 mmとして、ギャップ h を1 mm～25 mm、背面長さ L を10～50 mm、背面傾斜角度 β を5～45°、噴射角度 θ を0～75°の範囲で設定し、ノズル圧 P_n を5～1000 kPaまで徐々に変化させたときのノズル背面104の流れが整流化するノズル圧 P_n の閾値を、タフト法を用いて測定し、設定したものである。

[0061] 具体的には、直径0.025 mm、長さ3 mmのポリエチレン製の糸を5 mmピッチでノズル背面104に鋼板Sの搬送方向に沿って配置して、ノズル圧 P_n に応じて変化するノズル背面104の流れによって糸が動くようにすることで、ノズル背面104の流れを可視化した。ノズル背面104に設けたすべての糸が鋼板Sの搬送方向を向いたとき、ノズル背面104の流れが整流化したと判定し、このときのノズル圧 P_n を閾値とした。そして、ギャップ h 、背面長さ L 、背面傾斜角度 β 及び噴射角度 θ を変化させて設定して得られたノズル圧 P_n の各閾値について、ギャップ h 、背面長さ L 、背面傾斜角度 β 及び噴射角度 θ に対して多変数重回帰分析を行うことで、上記式（1）が得られる。

[0062] このようにして得られた式（1）の関係式 $F(h, L, \beta, \theta, d)$ の値がスリットノズル10のノズル圧 P_n 以下の場合には、ガス噴流の搬送方向成分流速 $u_-(L)$ がコアンダ効果によって引き込まれる流速 $u_+(L)$ 以上となる。このとき、ガス噴流 f_1 は乱れることなく鋼板Sに衝突し、液体除去装置1は液切り能力を発揮する。したがって、上記式（1）を満たすように液体除去装置1を構成し設定することで、鋼板S上の液体を除去することが可能となる。

[0063] また、ギャップ h 、背面長さ L 、背面傾斜角度 β 及び噴射角度 θ については、以下のように設定される。

[0064] (b. 噴射角度 θ 、背面傾斜角度 β)

噴射角度 θ と背面傾斜角度 β とは、上記式（2）で表されるように、これらの和は60°以上となるように設定される。噴射角度 θ と背面傾斜角度 β

との和は、基準方向C1に対するノズル背面104の傾斜状態を表している。噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 90° のとき、ノズル背面104と鋼板Sの表面とは平行となる。噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 60° より小さいと、外気吸い込み流 f_4 と鋼板Sの表面衝突後の反転流 f_3 との干渉が生じ、ガス噴流 f_1 の衝突圧が低下して、鋼板Sの表面上の液体5aを除去することができなくなる。このため、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和は 60° 以上に設定される。なお、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和の上限は、ノズル背面104が鋼板Sの表面に接触しない範囲での最大値となる。

[0065] ノズル背面104は、鋼板Sの表面と平行となるように配置されるのが望ましい。すなわち、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和は、 90° とするのがよい。これにより、ガス噴流 f_1 が鋼板Sの表面に衝突した後、鋼板Sの搬送方向下流側に向かう反転流 f_3 が、ノズル背面104と鋼板Sの表面との間をスムーズに流れるようにすることができる。

[0066] また、ガスの噴射角度 θ は、 45° であるのが望ましい。これにより、スリットノズル10の噴射口112から噴射されたガスは、鋼板Sの表面に対しての搬送方向下流側から 45° の角度で衝突し、鋼板Sの表面上の液体5aを搬送方向上流側へ向かって効果的に押し返し、除去することができる。噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 90° であるのが望ましいことを考慮すると、噴射角度 θ 及び背面傾斜角度 β は、それぞれ 45° とするのがよい。

[0067] (c. 背面長さL)

ノズル背面104の背面長さLは、式(3)に示すように、20mm以上に設定される。背面長さLが20mmより小さいと、外気吸い込み流 f_4 と反転流 f_3 とが、ガス噴流 f_1 近辺で衝突してしまい、ガス噴流 f_1 を乱してしまう。そこで、背面長さLを20mm以上とすることにより、外気吸い込み流 f_4 と反転流 f_3 との衝突が、ガス噴流 f_1 近辺で発生しないようにし、外気吸い込み流 f_4 によるガス噴流 f_1 の乱れを抑制する。また、背面

長さ L を20mm以上とすることで、外気吸い込み流 f_4 が衝突するまでに反転流 f_3 の圧力も低下するため、外気吸い込み流 f_4 と反転流 f_3 とが衝突したときの空気の乱れも小さくなる。背面長さ L を大きくすることで、外気吸い込み流 f_4 がノズル背面104と鋼板 S の表面との間の区間にも入り込み難くなる。したがって、背面長さ L は、20mm以上に設定するのがよい。

[0068] なお、ノズル背面104の背面長さ L の上限は、特に制限されないが、設備上、他の部材との接触がなければよい。例えば、背面長さ L は、100mm程度までとしてもよい。

[0069] (d. ギャップ h)

噴射口112と鋼板 S の表面との距離であるギャップ h は、上述したように、噴射口112が鋼板 S に接触しない範囲でなるべく鋼板 S に近づけるように設定されるのが望ましい。これにより、スリットノズル10から噴射されたガスが当該スリットノズル10のノズル背面と鋼板 S との間に流れ込み、図2に示すように外気吸い込み流 f_4 がガス噴流 f_1 に影響を及ぼすのを抑制できるようにすることができる。かかる作用を奏するため、ギャップ h は例えば20mm以下とするのが望ましい。

[0070] なお、前面傾斜角度 α は、特に限定されないが、 30° 以下に設定してもよい。前面傾斜角度 α が 30° より大きくなると、ノズル前面102が搬送方向上流側へ傾斜しすぎて、ガス噴流 f_1 が鋼板 S の表面に衝突した後、搬送方向上流側へ向かう流れ f_2 がそのまま上流側に向かわず、ノズル前面102に沿って再びスリットノズル10の噴射口112に向かう流れとなりやすい。このような流れが形成されると、流れ f_2 による鋼板 S の表面上の液体5aの除去性能が低下する。したがって、液体除去性能の低下を抑制するため、前面傾斜角度 α は 30° 以下に設定してもよい。望ましくは、前面傾斜角度 α は 0° 以下であるのがよい。これにより、搬送方向上流側へ向かう流れ f_2 がノズル前面102に沿って再びスリットノズル10の噴射口112に向かう流れとなることをより確実に防止することができる。

- [0071] 以上より、上記式(1)～(3)を満たすように、スリットノズル10が構成され、配置される。これにより、外気吸い込み流 f_4 と反転流 f_3 との衝突によってガス噴流 f_1 が乱れるのを低減することができ、ガス噴流 f_1 が鋼板Sの表面に衝突するときの衝突圧が低下せず、搬送方向上流側へ向かう流れ f_2 の圧力も維持できる。したがって、鋼板S上の液体5aを十分に除去することが可能となる。本実施形態に係る液体除去装置1によれば、リンガーロールやドライヤーを用いることなく鋼板上の液体を十分に除去できるため、設備を維持するためのコストも低減することができる。
- [0072] ここで、図8に、噴射角度 θ を 45° として、背面傾斜角度 β 及び背面長さ L を変化させたときのギャップ h と上記式(1)により算出されたノズル圧 P_n との関係を示す。図8に示すノズル圧 P_n は、上述のタフト法によりノズル背面104の流れが整流化したと判定されたときの閾値を示しており、式(1)の両辺が同一値を示したとき($P_n = F(h, L, \beta, \theta, d)$)の値である。すなわち、図8に示すケースa～fのプロット線は、ノズル背面104の流れが整流となる領域と乱流となる領域との境界を示している。図9に示すように、プロット線上またはプロット線より上側であれば、ノズル圧 P_n が関係式 $F(h, L, \beta, \theta, d)$ の値以上となり、上記式(1)の関係を満たすため、ノズル背面104の流れは整流化された状態となる。一方、プロット線より下側であれば、ノズル圧 P_n は関係式 $F(h, L, \beta, \theta, d)$ の値より小さくなるため、上記式(1)の関係を満たさない。その結果、ノズル背面104の流れは乱流となり、ガス噴流 f_1 が乱れる状態となる。
- [0073] 図8において、背面傾斜角度 β と噴射角度 θ との和は、ケースa～cでは 90° 、ケースd～fでは 60° であり、いずれも上記式(2)を満たしている。背面長さ L については、ケースa、b、d、eは25mmまたは20mmであり上記式(3)を満たしているが、ケースc、fは15mmであり上記式(3)を満たしていない。図8に示すように、上記式(3)を満たしていないケースc、fのプロット線は、上記式(3)を満たしているケース

a、b、d、eのプロット線と比較して傾きが大きく、ギャップ h が3mmと接近した場合においてもノズル圧 P_n が200kPa以上必要となる。200kPa以上のノズル圧 P_n が必要となると、工場の配管設置状況によっては当該圧力が確保できず液体除去装置1を設置できない、あるいは、液体除去装置1を設置できたとしても必要なエア流量が莫大となりコスト増となる等が想定される。このため、背面長さ L は20mm以上に設定するのがよい。

[0074] 一方、ケースa、b、d、eのプロット線は、同程度の傾きを有しており、ギャップ h が大きくなってもスリットノズル10のノズル圧 P_n を200kPaより小さく設定しても、上記式(1)を満たすことが可能である。なお、背面長さ L が同一である場合には、背面傾斜角度 β と噴射角度 θ との和が大きいほど必要となるノズル圧 P_n を小さくすることができる

[0075] 以上のように、スリットノズル10を、上記式(1)～(3)を満たす構成及び配置とすることで、ノズル背面104の流れを整流化し、ガス噴流 f_1 の流れに影響を与えないようにすることができる。その結果、エア圧力の汎用性を確保することができ、エア流量も経済的である液体除去装置を実現することが可能となる。

[0076] (2-3. 変形例)

図5に示した液体除去装置1のスリットノズル10は、ノズル自体の外形が上記式(1)～(3)を満たすように形成されている場合を示したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば図10に示すように、液体除去装置1のスリットノズル10を、一般的に使用されている軸対称の外形を有するスリットノズル(以下、「ノズル本体部」と称する。)210と、背面部材220とから構成してもよい。ノズル本体部210は、ガスを噴射するスリットである噴射口216を有する。ノズル本体部前面212とノズル本体部背面214とは、ガスの噴射方向 C_3 に対して対称である。背面部材220は、例えば鋼板等の板材である。背面部材220は、ノズル本体部背面214に接続されており、ノズル本体部210の噴射口216から鋼板 S の搬送方向下流側に向かって延びるノズル背面を構成する。すなわち、鋼板 S の表

面に対向する背面部材 220 の対向面がノズル背面となる。

[0077] このようなスリットノズル 10 においても、上記式 (1) ~ (3) を満たすようにして、ノズル背面として機能する背面部材 220 の底面 222 については搬送方向下流側へ鋼板 S の表面に沿って延設されるようにする。これにより、図 5 に示したスリットノズル 10 と同様、外気吸い込み流 f_4 と反転流 f_3 との衝突によってガス噴流 f_1 が乱れるのを低減することができ、ガス噴流 f_1 が鋼板 S の表面に衝突するときの衝突圧が低下せず、搬送方向上流側へ向かう流れ f_2 の圧力も維持できるため、鋼板 S 上の液体 5a を十分に除去することが可能となる。

[0078] 図 10 に示すような構成は、既存のスリットノズルであるノズル本体部 210 に対して背面部材 220 を設けることで実現可能であり、既存設備に対して変更が少なくすむ。このような構成の液体除去装置によっても、鋼板 S の表面の液体を除去する効果を十分に得ることができる。

[0079] <3. 液体除去方法>

鋼板 S の表面に付着した液体の除去は、上述の液体除去装置 1 のスリットノズル 10 を鋼板 S の表面に対向させ、スリットノズル 10 から鋼板 S の表面に対してガスを噴射して行われる。この際、まず、スリットノズル 10 の噴射口 112 と鋼板 S とのギャップをギャップ測定装置 30 により測定する。そして、測定されたギャップに基づいて、スリットノズル 10 または鋼板 S のうち少なくともいずれか一方の位置をギャップ調整機構 40 の駆動部により駆動して変更することにより、ギャップを 20 mm 以下に調整する。その後、スリットノズル 10 と鋼板 S とを相対的に移動させながらスリットノズル 10 から鋼板 S の表面に対してガスを噴射することで、鋼板 S の表面に付着した液体を除去することができる。

[0080] なお、ギャップ測定装置 30 によるギャップの測定とギャップ調整機構 40 によるギャップ調整は、処理対象の鋼板 S が異なる毎に実施してもよい。あるいは、鋼板 S の通板中に板厚が変更する場合には、板エッジの耳波も変わり、許容されるギャップの大きさも変わる。したがって、鋼板 S の通板中

にリアルタイムでギャップ測定装置30によりギャップを測定し、取得されたギャップ測定値に基づいてギャップ調整機構40によりギャップを20mm以下に調整するようにしてもよい。

実施例

- [0081] 本発明の液体除去装置に用いるスリットノズルに関し、鋼板表面上の液体を除去する液切り効果を検証した。本検証では、連続鋼板処理ラインの洗浄設備後に本発明に係る液体除去装置を設置し、液体除去装置によって鋼板表面上の液体を除去した後の、鋼板表面に残存する液体の膜厚を測定した。リンガーロール及びドライヤーは不使用とした。このとき、鋼板のライン速度は100mm/s、ギャップは3mm、噴射角度 θ は45°、スリット幅dは0.4mmとした。
- [0082] そして、前面傾斜角度 α を30°として、それぞれ背面傾斜角度 β を10°、15°、45°（すなわち、 $\theta + \beta = 55^\circ$ 、60°、90°）とさせた場合、また、ノズル圧 P_n を90kPa、150kPaとした場合の、ノズル背面の背面長さLと鋼板表面に残存する液体の膜厚との関係を調べた。この結果を図11及び表1に示す。本検証では、ケースA～Fの6つの背面傾斜角度 β とノズル圧 P_n との組合せについて、背面長さLを変化させたときの液切り効果を評価した。下記表1においてケースA～Fの枝番「-1」、「-2」、「-3」は、それぞれ背面長さLが15mm、20mm、25mmの場合であることを示している。
- [0083] 本検証では、液体除去装置によって鋼板表面上の液体を除去した後に残存する液体の膜厚により、液切り効果を評価した。操業において、液切りの評価は目視にて行われる。通常図13に示すように、鋼板表面上の液体の膜厚が0.5 μ m以上となると目視にて液残りが確認されることから、鋼板表面の品質不良と判定される。これより、鋼板表面上の液体の膜厚が0.5 μ mより小さければ液切り効果があると評価した。表1では、鋼板表面上の液体の膜厚が0.5 μ mより小さい場合を「液切り効果あり（○）」、鋼板表面上の液体の膜厚が0.5 μ m以上の場合を「液切り効果なし（×）」として

いる。

[0084] [表1]

表1：

ケース	噴射 角度 θ [°]	前面 傾斜 角度 α [°]	背面 傾斜 角度 β [°]	$\beta + \theta$ [°]	背面 長さ L[mm]	スリット幅 d[mm]	キップ h[mm]	関係式 Fの値 [KPa]	ノズル 圧Pn [KPa]	膜厚 [μ m]	液 切り 効果	
ケース A-1	比較例1	45	30	10	55	15	0.4	3	5700	90	2.4	×
ケース A-2	比較例2	45	30	10	55	20	0.4	3	761	90	0.9	×
ケース A-3	比較例3	45	30	10	55	25	0.4	3	160	90	0.7	×
ケース B-1	比較例4	45	30	10	55	15	0.4	3	5700	150	2.3	×
ケース B-2	比較例5	45	30	10	55	20	0.4	3	761	150	0.7	×
ケース B-3	比較例6	45	30	10	55	25	0.4	3	160	150	0.54	×
ケース C-1	比較例7	45	30	15	60	15	0.4	3	5700	90	2	×
ケース C-2	実施例1	45	30	15	60	20	0.4	3	82	90	0.48	○
ケース C-3	実施例2	45	30	15	60	25	0.4	3	17	90	0.3	○
ケース D-1	比較例8	45	30	15	60	15	0.4	3	615	150	1.9	×
ケース D-2	実施例3	45	30	15	60	20	0.4	3	82	150	0.3	○
ケース D-3	実施例4	45	30	15	60	25	0.4	3	17	150	0.14	○
ケース E-1	比較例9	45	30	45	90	15	0.4	3	392	90	1.8	×
ケース E-2	実施例5	45	30	45	90	20	0.4	3	52	90	0.4	○
ケース E-3	実施例6	45	30	45	90	25	0.4	3	11	90	0.22	○
ケース F-1	比較例 10	45	30	45	90	15	0.4	3	392	150	1.8	×
ケース F-2	実施例7	45	30	45	90	20	0.4	3	52	150	0.4	○
ケース F-3	実施例8	45	30	45	90	25	0.4	3	11	150	0.22	○

[0085] 図11及び表1に示す検証結果をみると、ケースA（ケースA-1、A-2、A-3）及びケースB（ケースB-1、B-2、B-3）については、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 55° であり、上記式(2)の関係を

満たしていない。このため、ノズル圧 P_n またはノズル背面の背面長さ L を変化させても、鋼板表面上の液体の膜厚は $0.5\mu\text{m}$ 以上となり、十分な液切り効果を得られなかった。

[0086] 一方、ケースC～Fについては、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和は 60° 以上であり、上記式(2)を満たすようにスリットノズルが構成されている。これらについては、ノズル背面の背面長さ L が 20mm 未満であるケースC-1、D-1、E-1、F-1の場合には、鋼板表面上の液体の膜厚は $0.5\mu\text{m}$ 以上となり、十分な液切り効果を得られなかった。一方、上記式(3)を満たすようにノズル背面の背面長さ L を 20mm 以上としたケースC-2、C-3、D-2、D-3、E-2、E-3、F-2、F-3の場合に、鋼板表面上の液体の膜厚が $0.5\mu\text{m}$ より小さくなり、十分な液切り効果が確認された。特に、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 90° となるケースE-2、E-3、F-2、F-3では、噴射角度 θ と背面傾斜角度 β との和が 60° となるケースC-2、C-3、D-2、D-3と比較して、鋼板表面上の液体の膜厚がより小さくなり、水切り効果が高いことがわかる。

[0087] また、ケースA～Fを通して、噴射角度 θ 、前面傾斜角度 α 、背面傾斜角度 β 、スリット幅 d 、及びノズル背面の背面長さ L が同一条件である場合には、ノズル圧 P_n を高く設定するほど、水切り効果が高くなることがわかる。

[0088] 水切り効果が確認された場合については、図2に示したように、スリットノズルのノズル背面においてガス流れが整流化された状態となっているものと考えられる。一方、水切り効果が確認されなかった場合については、図1に示したように、スリットノズルのノズル背面においてガス流れが乱流化され、ガス噴流へ影響を及ぼした状態となっているものと考えられる。

[0089] また、ノズル圧 P_n を 90KPa として、背面傾斜角度 β を 10° ($\theta + \beta = 55^\circ$)、スリットノズルの背面長さ L を 15mm とした場合(表1のケースA-1(比較例1))、背面傾斜角度 β を 15° ($\theta + \beta = 60^\circ$)、スリットノズルの背面長さ L を 20mm とした場合(表1のケースC-2(

実施例1))、背面傾斜角度 β を 45° ($\theta + \beta = 90^\circ$)、スリットノズルの背面長さ L を 25 mm とした場合(表1のケースE-3(実施例6))の、ギャップ h と鋼板表面に残存する液体の膜厚との関係を調べた。この結果を図12に示す。

[0090] 図12に示すように、表1のケースA-1(比較例1)の場合には、ギャップ h を $3\sim 20\text{ mm}$ の間で変化させても上記式(1)~(3)を満たさない。このため、ノズル背面が乱流化し、鋼板表面上の液体の膜厚が $0.5\ \mu\text{m}$ 以上となった。一方、表1のケースC-2(実施例1)及びケースE-3(実施例6)の場合には、ギャップ h を $3\sim 20\text{ mm}$ の間で変化させても上記式(1)~(3)を常に満たしており、鋼板表面上の液体の膜厚を $0.5\ \mu\text{m}$ より小さくすることができた。

[0091] 以上より、本発明の液体除去装置のスリットノズル構成とすることで、鋼板表面の品質不良を生じさせることがなく、十分な液切り効果が得られることが示された。

[0092] なお、前面傾斜角度 α に関して、図11の検証と同様の条件で、ケースA~Fの前面傾斜角度 α のみを 35° に変更して検証を行った。図14のケースG~Iは、それぞれ図11のケースA~Fに対応する。図14に示すように、図11の結果より、噴射角度 θ 、背面傾斜角度 β 、ノズル背面の背面長さ L 、スリット幅 d 及びギャップ h とノズル圧 P_n とが上記式(1)~(3)の関係を満たした場合であっても、鋼板表面上の液体の膜厚は $0.5\ \mu\text{m}$ 以上となり、十分な液切り効果を得られなかった。したがって、前面傾斜角度 α は 30° 以下に設定するのが望ましい。

[0093] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0094] 例えば、上記本実施形態では、スリットノズル10を備える液体除去装置1が固定され、鋼板Sが搬送装置によって搬送されてスリットノズル10に対して相対移動している場合について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、板状部材が静止しており、スリットノズルを備える液体除去装置がノズル移動機構により板状部材に対して平行に相対移動される場合にも、本発明の液体除去装置は適用可能である。

符号の説明

[0095]	1	液体除去装置
	10	スリットノズル
	20	エア供給管
	30	ギャップ測定装置
	40	ギャップ調整機構
	41	駆動部
	51、53、55	支持部材
	102	ノズル前面
	104	ノズル背面
	110	ガス流路
	112、216	噴射口
	210	ノズル本体部
	212	ノズル本体部前面
	214	ノズル本体部背面
	220	背面部材
	S	鋼板

請求の範囲

[請求項1]

板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去装置であって、
前記板状部材の表面に対して噴射口からガスを噴射するスリットノズルと、

前記スリットノズルの噴射口と前記板状部材とのギャップを測定するギャップ測定装置と、

を備え、

前記スリットノズルは、当該スリットノズルに対して相対的に移動する前記板状部材の移動方向下流側から上流側へ向かってガスを噴射するように設置されており、

前記スリットノズルの内部のガス圧をノズル圧 P_n [KPa] と定義し、

前記板状部材の表面に対して垂直な方向と前記ガスの噴射方向とのなす角度を、噴射角度 θ [°] と定義し、

前記スリットノズルの前記噴射口から前記移動方向下流側に配置される面であるノズル背面と前記ガスの噴射方向とのなす角度を、背面傾斜角度 β [°] と定義し、

前記移動方向における前記ノズル背面の長さを L [mm] と定義し、

、

前記ギャップを h [mm] と定義し、

前記スリットノズルのスリット幅を d [mm] と定義したとき、

以下の関係式を満たす、液体除去装置。

[数1]

$$P_n \geq 2.0 \times 10^{10} (h/d)^{0.6} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta + \theta - 58)} + 1 \right)^{-4} L^{-7}, \quad \beta + \theta \geq 60^\circ, \quad L \geq 20 \text{mm}$$

[請求項2]

前記ギャップ測定装置の測定結果に基づいて前記ギャップを調整するギャップ調整機構をさらに備え、

前記ギャップ調整機構は、前記ギャップを20mm以下に調整する、請求項1に記載の液体除去装置。

[請求項3] 前記ギャップ調整機構は、前記スリットノズルの位置を変更することにより、前記ギャップを調整する、請求項2に記載の液体除去装置。

[請求項4] 前記板状部材は、前記板状部材を搬送するテーブルロールにより前記移動方向に移動され、

前記ギャップ調整機構は、前記板状部材が載置される前記テーブルロールの位置を変更することにより、前記ギャップを調整する、請求項2または3に記載の液体除去装置。

[請求項5] 前記ギャップ測定装置は、前記スリットノズルの噴射口の長手方向両端付近の測定位置で前記ギャップをそれぞれ測定し、

前記ギャップ調整機構は、前記測定位置での前記ギャップをそれぞれ20mm以下に調整する、請求項2～4のいずれか1項に記載の液体除去装置。

[請求項6] 前記ギャップ測定装置はレーザ距離計である、請求項5に記載の液体除去装置。

[請求項7] 前記スリットノズルは固定されており、

前記板状部材は搬送装置により前記移動方向に移動されることにより、前記スリットノズルに対して相対的に移動する、請求項1～6のいずれか1項に記載の液体除去装置。

[請求項8] 前記搬送装置は、前記板状部材が載置されるテーブルロールである、請求項7に記載の液体除去装置。

[請求項9] 前記搬送装置は、コイル状に巻回された前記板状部材を巻き戻すペイオフリールと、前記液体が除去された前記板状部材をコイル状に巻き取るテンションリールとを含む巻取巻戻装置である、請求項7に記載の液体除去装置。

[請求項10] 前記板状部材は静止しており、

前記スリットノズルはノズル移動機構により前記板状部材に対して相対的に移動する、請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。

[請求項11]

前記スリットノズルは、

前記噴射口と、外部から送り込まれた前記ガスを前記噴射口へ導くガス流路とを備えるノズル本体部と、

前記ノズル本体部の前記噴射口から前記板状部材の移動方向下流側に向けて延設された前記ノズル背面を有する背面部材と、から構成され、

前記ノズル背面は、前記板状部材の表面に対向する前記背面部材の対向面である、請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。

[請求項12]

請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の前記液体除去装置を用いて、前記板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去方法であって、

前記スリットノズルの噴射口と前記板状部材とのギャップを前記ギャップ測定装置により測定する測定ステップと、

測定された前記ギャップに基づいて、前記スリットノズルまたは前記板状部材のうち少なくともいずれか一方の位置を変更することにより、前記ギャップを 20 mm 以下に調整するギャップ調整ステップと、

前記スリットノズルと前記板状部材とを相対的に移動させながら前記スリットノズルから前記板状部材の表面に対してガスを噴射し、前記板状部材の表面に付着した前記液体を除去する液体除去ステップと、を含む、液体除去方法。

[請求項13]

前記板状部材の板厚が変化する度に、前記測定ステップ及び前記ギャップ調整ステップを実行することにより前記ギャップが再調整され

る、請求項 1 2 に記載の液体除去方法。

補正された請求の範囲
[2017年7月19日(19.07.2017) 国際事務局受理]

- [請求項 1] [補正後]板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去装置であって、
- 前記板状部材の表面に対して噴射口からガスを噴射するスリットノズルと、
- 前記スリットノズルの噴射口と前記板状部材とのギャップを測定するギャップ測定装置と、
- を備え、
- 前記スリットノズルは、当該スリットノズルに対して相対的に移動する前記板状部材の移動方向下流側から上流側へ向かってガスを噴射するように設置されており、
- 前記板状部材の前記移動方向は水平方向であり、
- 前記スリットノズルの内部のガス圧をノズル圧 P_n [KPa] と定義し、
- 前記板状部材の表面に対して垂直な方向と前記ガスの噴射方向とのなす角度を、噴射角度 θ [°] と定義し、
- 前記スリットノズルの前記噴射口から前記移動方向下流側に配置される面であるノズル背面と前記ガスの噴射方向とのなす角度を、背面傾斜角度 β [°] と定義し、
- 前記移動方向における前記ノズル背面の長さを L [mm] と定義し、
- 前記ギャップを h [mm] と定義し、
- 前記スリットノズルのスリット幅を d [mm] と定義したとき、
- 以下の関係式を満たす、液体除去装置。

[数 1]

$$P_n \geq 2.0 \times 10^{10} (h/d)^{0.6} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta + \theta - 58)} + 1 \right)^{-4} L^{-7}, \quad \beta + \theta \geq 60^\circ, \quad L \geq 20 \text{mm}$$

- [請求項 2] 前記ギャップ測定装置の測定結果に基づいて前記ギャップを調整するギャップ調整機構をさらに備え、
- 前記ギャップ調整機構は、前記ギャップを 20 mm 以下に調整する、請求項 1 に記載の液体除去装置。

- [請求項 3] 前記ギャップ調整機構は、前記スリットノズルの位置を変更することにより、前記ギャップを調整する、請求項 2 に記載の液体除去装置。
- [請求項 4] 前記板状部材は、前記板状部材を搬送するテーブルロールにより前記移動方向に移動され、
前記ギャップ調整機構は、前記板状部材が載置される前記テーブルロールの位置を変更することにより、前記ギャップを調整する、請求項 2 または 3 に記載の液体除去装置。
- [請求項 5] 前記ギャップ測定装置は、前記スリットノズルの噴射口の長手方向両端付近の測定位置で前記ギャップをそれぞれ測定し、
前記ギャップ調整機構は、前記測定位置での前記ギャップをそれぞれ 20 mm 以下に調整する、請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。
- [請求項 6] 前記ギャップ測定装置はレーザ距離計である、請求項 5 に記載の液体除去装置。
- [請求項 7] 前記スリットノズルは固定されており、
前記板状部材は搬送装置により前記移動方向に移動されることにより、前記スリットノズルに対して相対的に移動する、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。
- [請求項 8] 前記搬送装置は、前記板状部材が載置されるテーブルロールである、請求項 7 に記載の液体除去装置。
- [請求項 9] 前記搬送装置は、コイル状に巻回された前記板状部材を巻き戻すペイオフリールと、前記液体が除去された前記板状部材をコイル状に巻き取るテンションリールとを含む巻取巻戻装置である、請求項 7 に記載の液体除去装置。
- [請求項 10] 前記板状部材は静止しており、
前記スリットノズルはノズル移動機構により前記板状部材に対して相対的に移動する、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。
- [請求項 11] 前記スリットノズルは、
前記噴射口と、外部から送り込まれた前記ガスを前記噴射口へ導くガス流路とを備えるノズル本体部と、
前記ノズル本体部の前記噴射口から前記板状部材の移動方向下流側に向けて延設された前記ノズル背面を有する背面部材と、から構成され、

前記ノズル背面は、前記板状部材の表面に対向する前記背面部材の対向面である、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の液体除去装置。

[請求項 12]

請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の前記液体除去装置を用いて、前記板状部材の表面に付着した液体を除去する液体除去方法であって、

前記スリットノズルの噴射口と前記板状部材とのギャップを前記ギャップ測定装置により測定する測定ステップと、

測定された前記ギャップに基づいて、前記スリットノズルまたは前記板状部材のうち少なくともいずれか一方の位置を変更することにより、前記ギャップを 20 mm 以下に調整するギャップ調整ステップと、

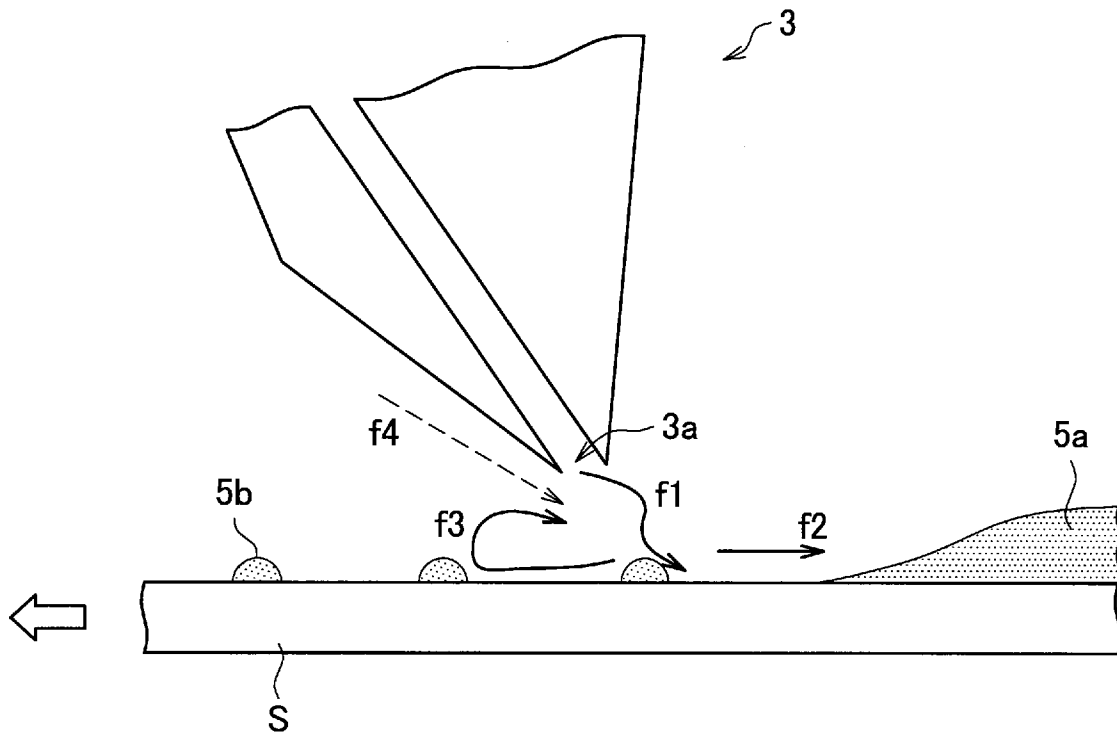
前記スリットノズルと前記板状部材とを相対的に移動させながら前記スリットノズルから前記板状部材の表面に対してガスを噴射し、前記板状部材の表面に付着した前記液体を除去する液体除去ステップと、

を含む、液体除去方法。

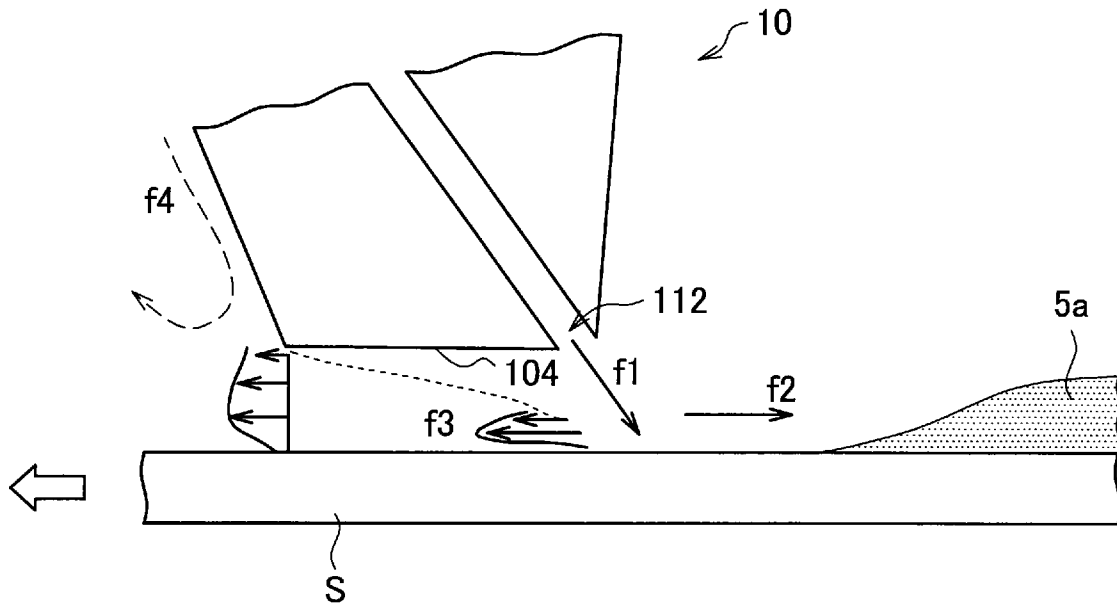
[請求項 13]

前記板状部材の板厚が変化する度に、前記測定ステップ及び前記ギャップ調整ステップを実行することにより前記ギャップが再調整される、請求項 12 に記載の液体除去方法。

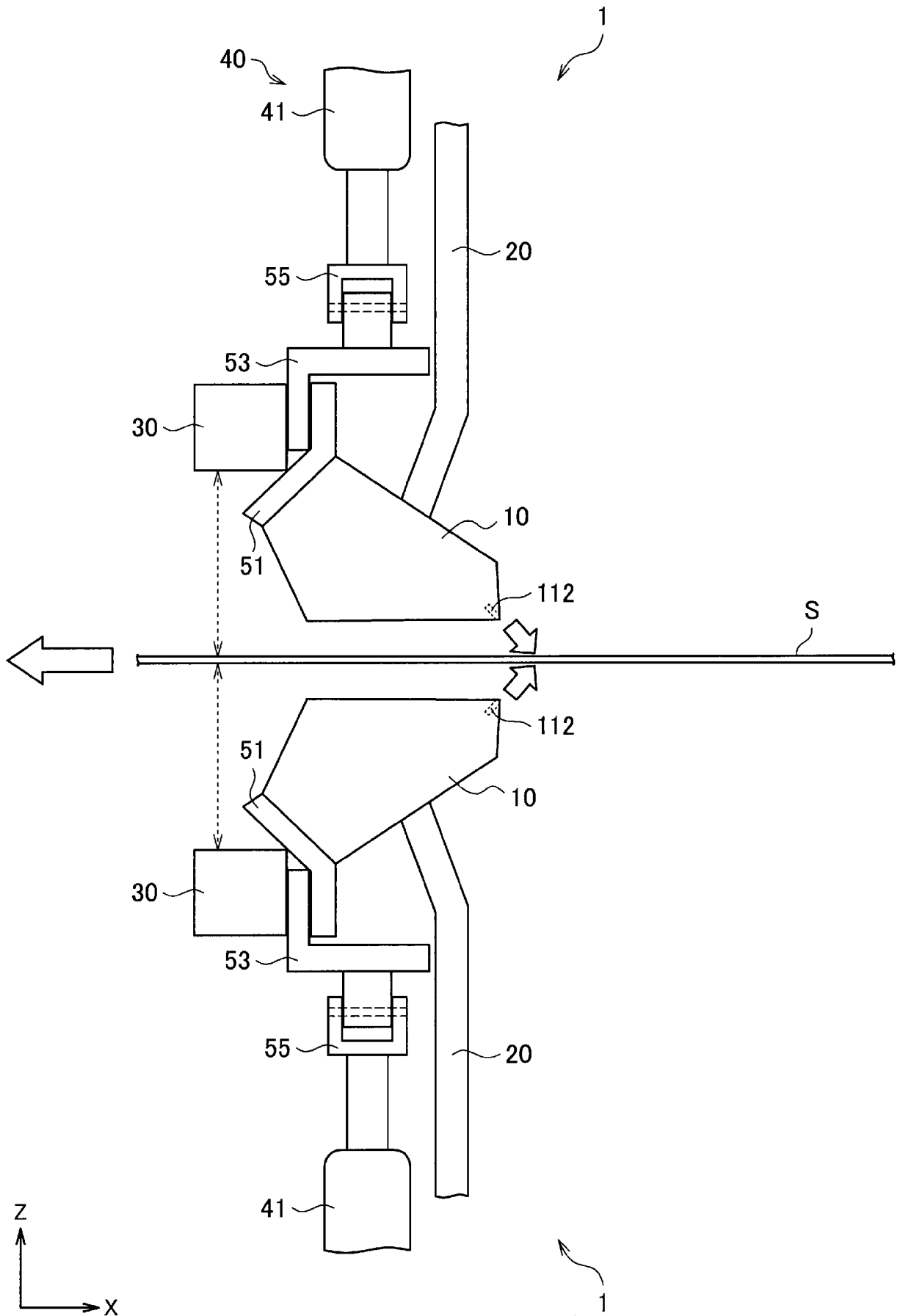
[図1]



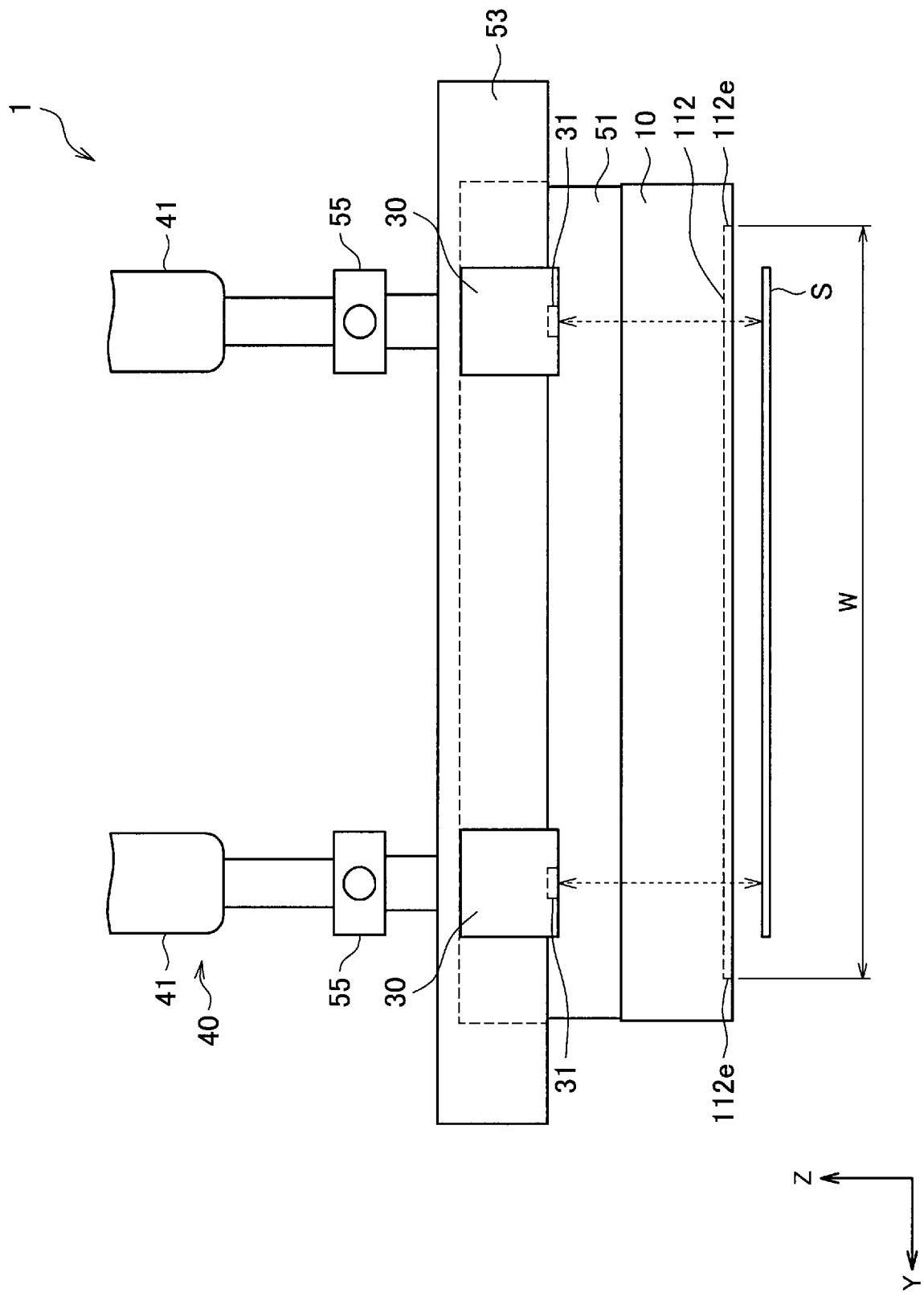
[図2]



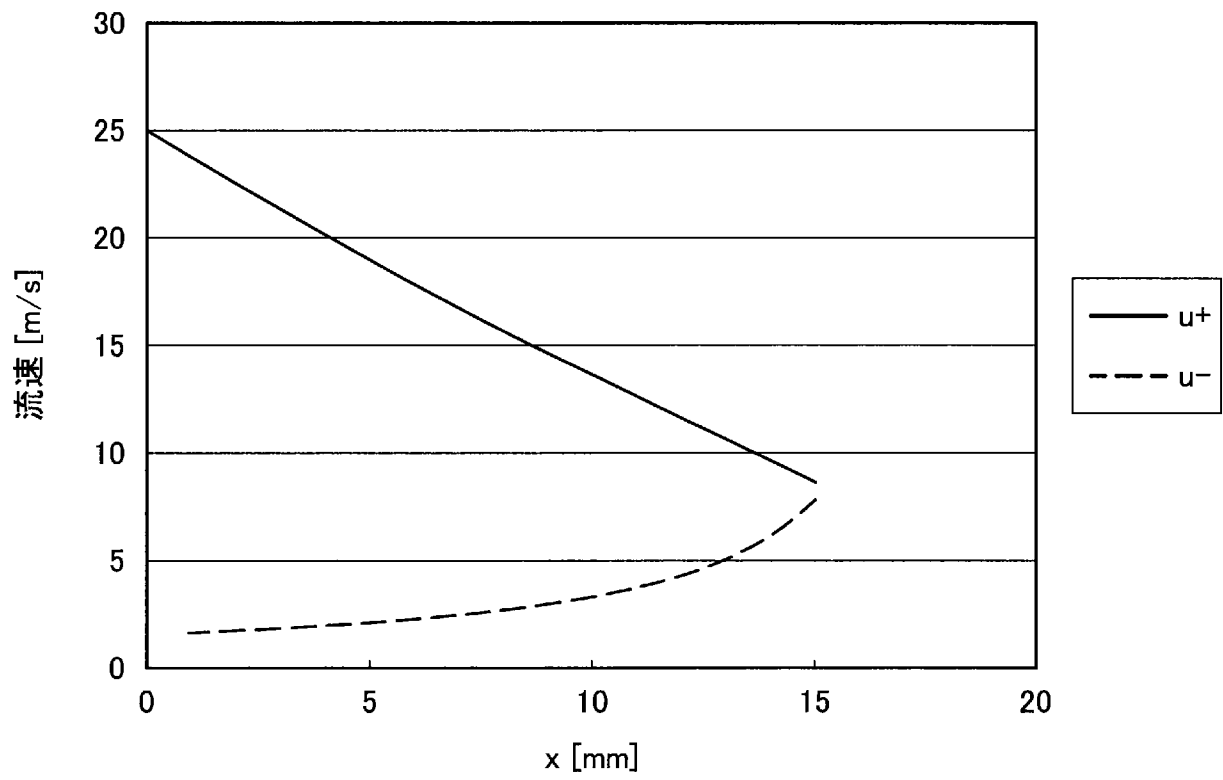
[図3]



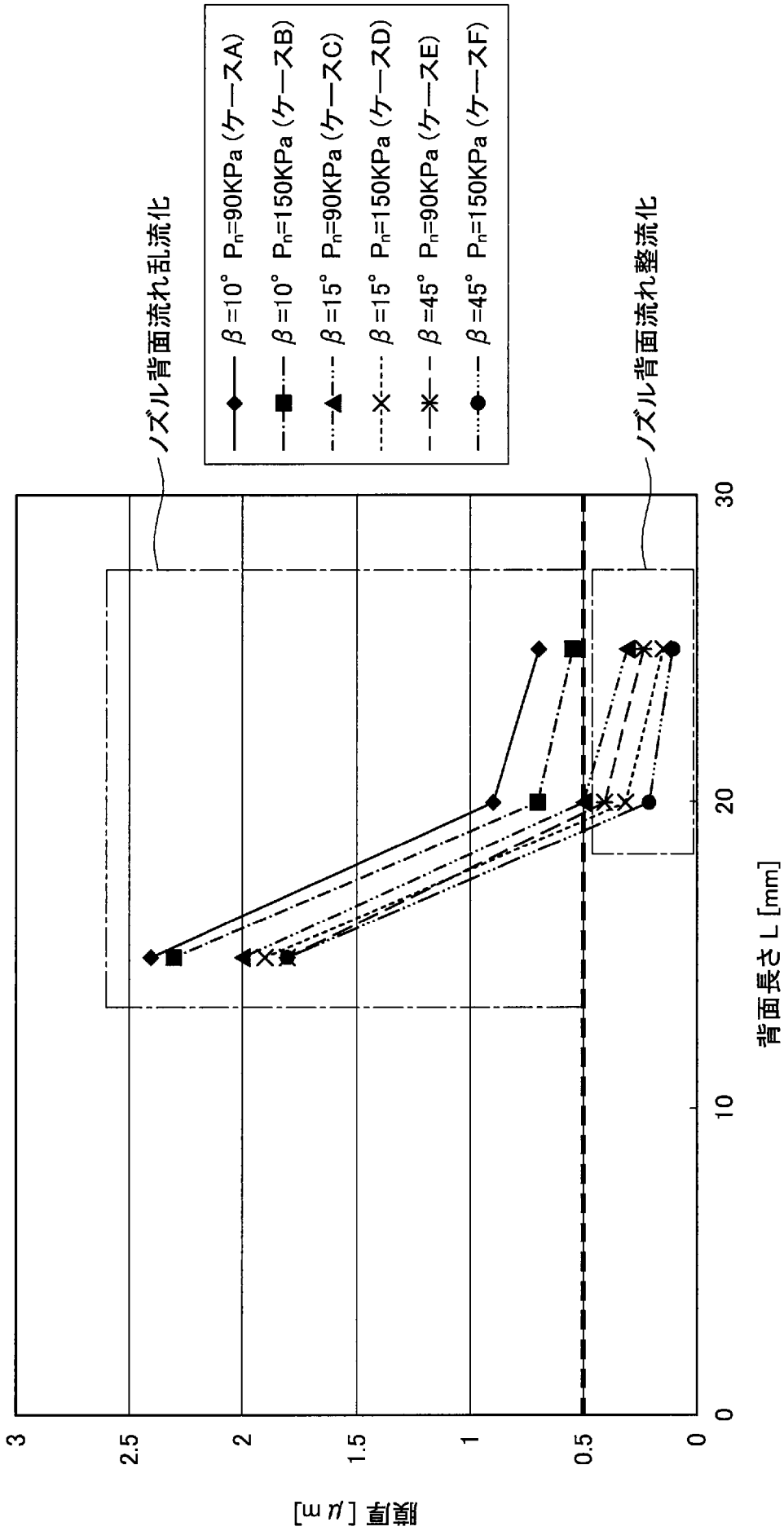
[図4]



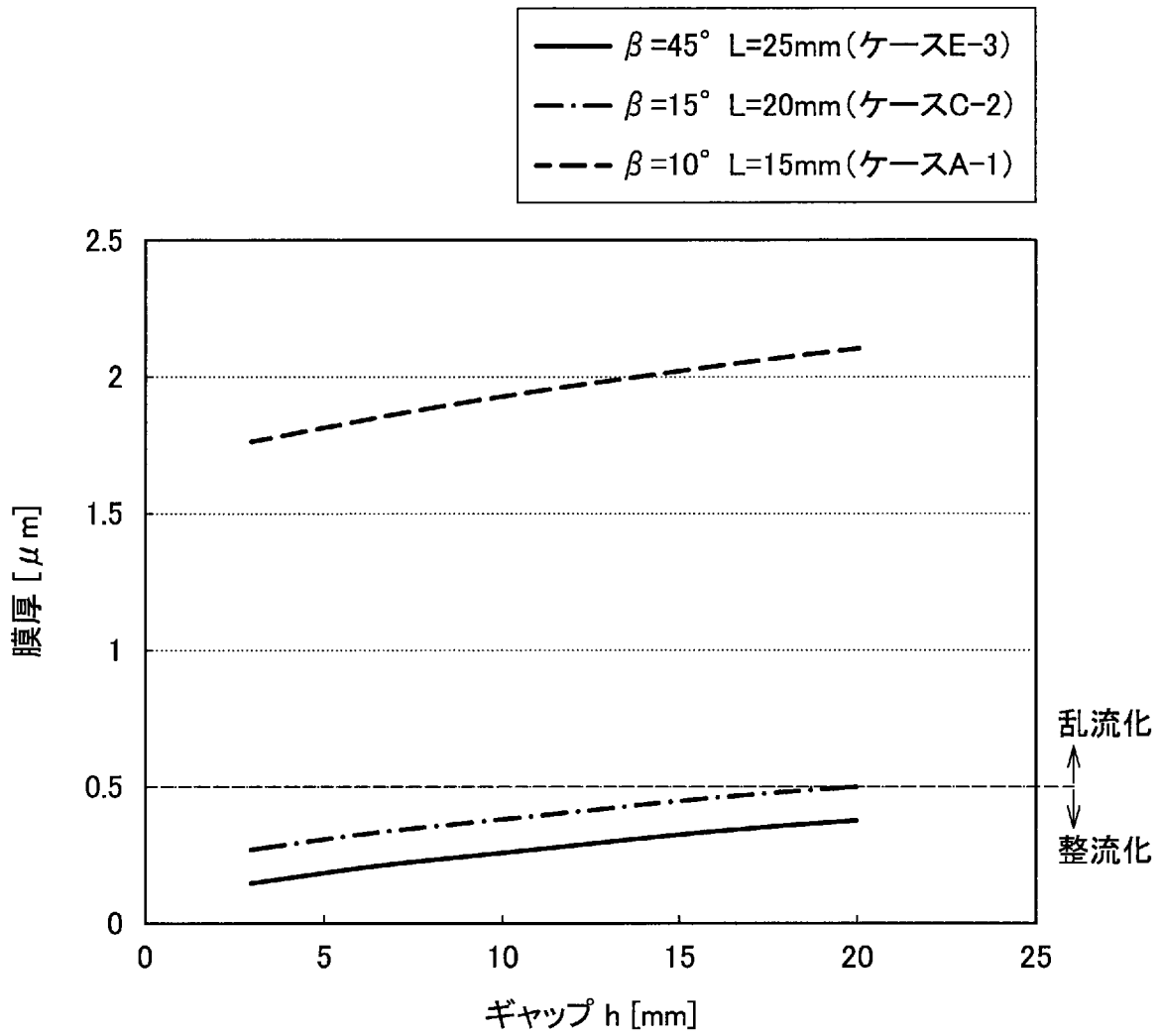
[図7]



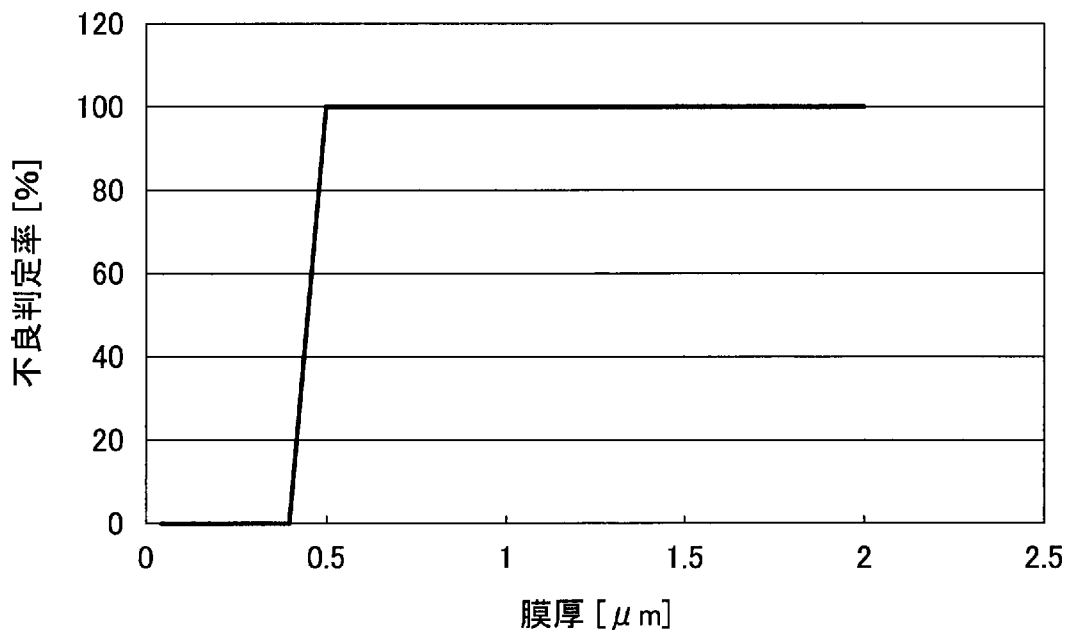
[図11]



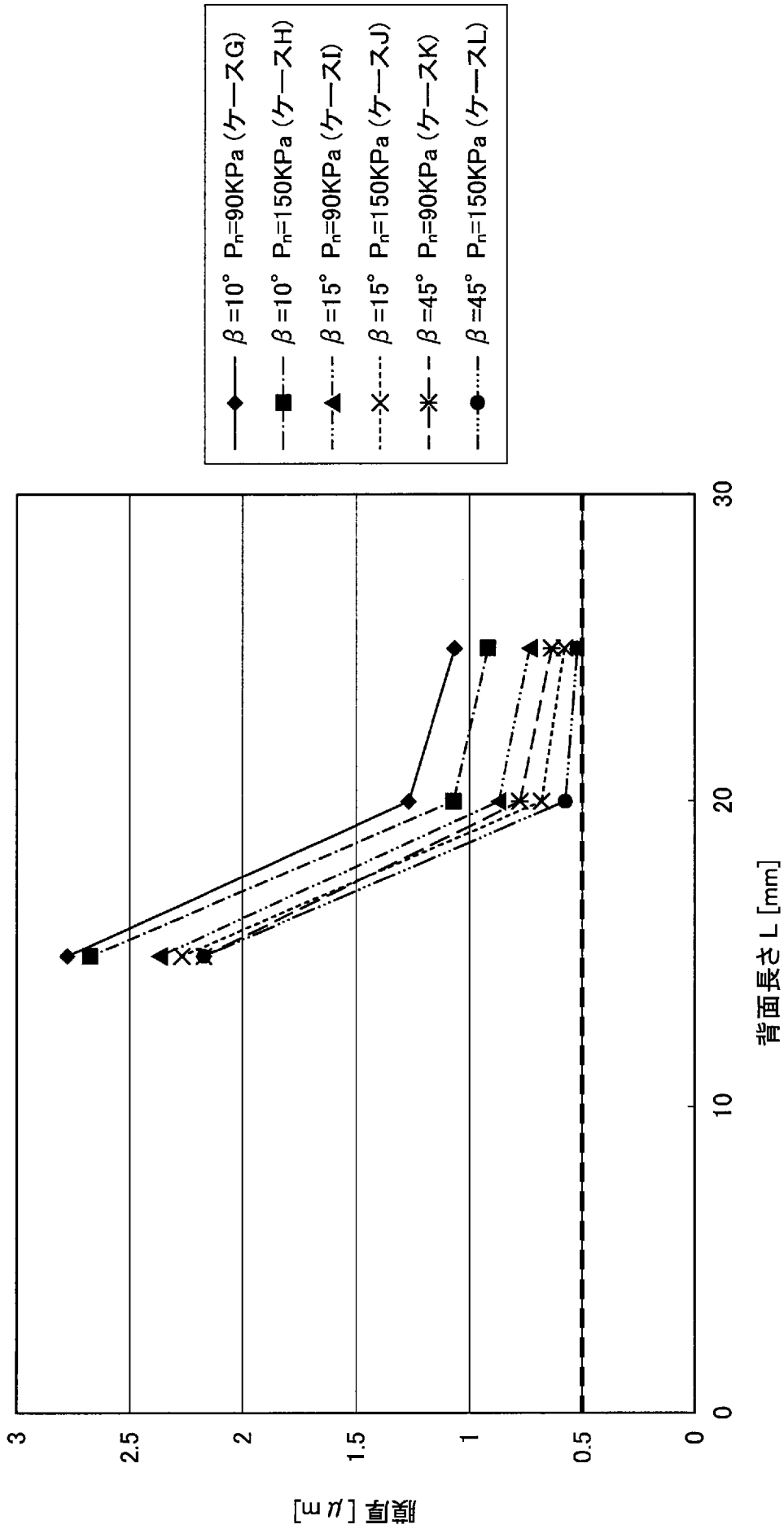
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/012951

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C23G3/00(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)
C23G3/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 <u>Y</u> A	JP 56-012316 B2 (Daini Seikosha Co., Ltd.), 19 March 1981 (19.03.1981), claims; columns 3 to 6; fig. 1 (Family: none)	1-3, 5, 7, 9-11 <u>4-11</u> 12-13
Y	JP 10-211514 A (Nippon Steel Corp.), 11 August 1998 (11.08.1998), paragraphs [0009] to [0010]; fig. 1 to 4 (Family: none)	4-11
Y	WO 2012/172648 A1 (Mitsubishi-Hitachi Metals Machinery, Inc.), 20 December 2012 (20.12.2012), paragraphs [0001] to [0008] (Family: none)	4-11

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 20 April 2017 (20.04.17)	Date of mailing of the international search report 09 May 2017 (09.05.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012951

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 06-336667 A (Kawasaki Steel Corp.), 06 December 1994 (06.12.1994), paragraph [0010]; fig. 1 (Family: none)	4-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C23G3/00(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 (IPC))

Int.Cl. C23G3/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 Y A	JP 56-012316 B2 (株式会社第二精工舎) 1981.03.19, 特許請求の範囲, 第3-6欄, 第1図 (ファミリーなし)	1-3, 5, 7, 9-11 <u>4-11</u> 12-13
Y	JP 10-211514 A (新日本製鐵株式会社) 1998.08.11, 段落0009-0010, 図1-4 (ファミリーなし)	4-11

☑ 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

20.04.2017

国際調査報告の発送日

09.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 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)

祢屋 健太郎

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

4E

3635

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 請求項の番号
Y	WO 2012/172648 A1 (三菱日立製鉄機械株式会社) 2012. 12. 20, 段落0001-0008 (ファミリーなし)	4-11
Y	JP 06-336667 A (川崎製鉄株式会社) 1994. 12. 06, 段落0010, 図1 (ファミリーなし)	4-11