

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-222923

(P2017-222923A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
C 2 3 C	2/20	(2006.01)	C 2 3 C 2/20	4 K O 2 7
C 2 3 C	2/00	(2006.01)	C 2 3 C 2/00	
C 2 3 C	2/40	(2006.01)	C 2 3 C 2/40	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-121238 (P2016-121238)	(71) 出願人	000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(22) 出願日	平成28年6月17日 (2016.6.17)	(74) 代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100165696 弁理士 川原 敬祐
		(72) 発明者	寺崎 優 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	高橋 秀行 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

最終頁に続く

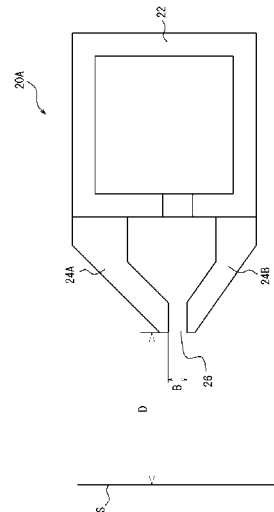
(54) 【発明の名称】 溶融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続溶融金属めっき設備

(57) 【要約】

【課題】湯ジワの発生を十分に抑え、高品質の溶融金属めっき鋼帯を低コストで製造可能な溶融金属めっき鋼帯の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明の溶融金属めっき鋼帯の製造方法は、溶融金属浴14から引き上げられる鋼帯Sに、一对のガスワイピングノズル20A, 20Bからガスを吹き付けて、鋼帯Sの両面の溶融金属の付着量を調整する際に、ガスワイピングノズルの噴射口を構成する、鋼帯の幅方向に延在するスリットのギャップBを操業中に変更することを特徴とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶融金属浴に連続的に鋼帯を浸漬し、

前記溶融金属浴から引き上げられる鋼帯に、該鋼帯を挟んで配置される一对のガスワイピングノズルからガスを吹き付けて、該鋼帯の両面の溶融金属の付着量を調整して、

連続的に溶融金属めっき鋼帯を製造する溶融金属めっき鋼帯の製造方法であって、

前記ガスワイピングノズルの噴射口を構成する、前記鋼帯の幅方向に延在するスリットのギャップを操業中に変更することを特徴とする、溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 2】

前記ガスワイピングノズルのヘッド圧力、目標のめっき厚さ、前記ガスワイピングノズルの先端と前記鋼帯との距離、及び前記鋼帯の走行速度に応じて、前記スリットのギャップを制御して前記付着量を調整する、請求項 1 に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 3】

前記スリットのギャップ B が以下の式 (1) を満たすように制御する、請求項 2 に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【数 1】

$$\alpha_1 \frac{WD}{V} + \beta_1 \leq B \leq \alpha_2 \frac{W}{V^2 P^2 \sqrt{D}} + \beta_2 \quad \dots (1)$$

B : ワイピングノズルのスリットギャップ [mm]

W : 目標のめっき厚さ [μm]

D : ガスワイピングノズルの先端と鋼帯との距離 [mm]

P : ガスワイピングノズルのヘッド圧力 [kPa]

V : 鋼帯の走行速度 [m/min]

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$: 定数

【請求項 4】

ワイピング後の前記鋼帯の表面の外観を観察し、その結果に基づいて前記スリットのギャップを制御する、請求項 1 に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 5】

前記外観観察において、湯ジワ欠陥が発生した場合には前記スリットのギャップを大きくし、スプラッシュ欠陥が発生した場合には前記スリットのギャップを小さくする、請求項 4 に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 6】

前記ガスが不活性ガスである請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 7】

前記ガスワイピングノズルの先端から吐出した直後の前記ガスの温度 T () が、前記溶融金属の融点 T_M () との関係で、 $T_M - 150 < T < T_M + 250$ を満たすように制御される請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 8】

前記溶融金属の成分は、Al : 1.0 ~ 10 質量 %、Mg : 0.2 ~ 1 質量 %、Ni : 0.005 ~ 0.1 質量 % を含有し、残部が Zn 及び不可避免的不純物からなる請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【請求項 9】

溶融金属を収容し、溶融金属浴を形成しためっき槽と、

前記溶融金属浴から連続的に引き上げられる鋼帯を挟んで配置され、前記鋼帯に向けてガスを吹き付け、前記鋼帯の両面のめっき付着量を調整する一对のガスワイピングノズルと、

前記ガスワイピングノズルの噴射口を構成する、前記鋼帯の幅方向に延在するスリットのギャップを操業中に変更する駆動装置と、

10

20

30

40

50

を有することを特徴とする連続溶融金属めっき設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続溶融金属めっき設備に関し、特に、鋼帯表面の溶融金属の付着量（以下、「めっき付着量」ともいう。）を調整するガスワイピングに関するものである。

【背景技術】

【0002】

連続溶融金属めっきラインでは、図4に示すように、還元雰囲気連続焼鈍炉で焼鈍された鋼帯Sは、スナウト10内を通過して、めっき槽12内の溶融金属浴14中に連続的に導入される。その後鋼帯Sは、溶融金属浴14中のシンクロール16、サポートロール18を介して溶融金属浴14の上方に引き上げられ、ガスワイピングノズル20A、20Bで所定のめっき厚みに調整された後に、冷却されて後工程に導かれる。ガスワイピングノズル20A、20Bは、めっき槽12上方に、鋼帯Sを挟んで対向して配置され、その噴射口から鋼帯Sの両面に向けてガスを吹き付ける。このガスワイピングにより、余剰な溶融金属が掻き取られて、鋼帯表面のめっき付着量が調整されるとともに、鋼帯表面に付着した溶融金属が板幅方向及び板長手方向で均一化される。ガスワイピングノズル20A、20Bは、多様な鋼帯幅に対応するとともに、鋼帯引き上げ時の幅方向の位置ズレなどに対応するため、通常、鋼帯幅より幅広く構成され、鋼帯の幅方向端部より外側まで延びている。

10

20

【0003】

このようなガスワイピング方式では、(1)ワイピングガスの衝突圧力の振動、(2)溶融金属の酸化/冷却による粘度ムラ、の一方又は両方に起因して、製造された溶融金属めっき鋼帯のめっき表面に波形流紋状の湯ジワ（湯ダレ）が発生しやすい。このような湯ジワが生じためっき鋼板は、外装板の用途において、そのめっき表面を塗装下地表面とした場合に、塗膜の表面性状、特に平滑性を阻害する。そのため、湯ジワが生じためっき鋼板は、外観の優れた塗装処理が求められる外装板に用いることができず、めっき鋼板の歩留まりに大きな影響を及ぼす。

【0004】

30

湯ジワというめっき表面欠陥を抑制する方法としては、以下の方法が知られている。特許文献1には、めっき後の工程である調質圧延に際して、調質圧延ロールの表面性状や圧延条件を変えることで、湯ジワを目立たなくする方法が記載されている。特許文献2には、鋼板を溶融亜鉛めっき浴中に導入する前に、スキンパスミル及びテンションレベラー等を用いて鋼板表面の粗さをめっき付着量に応じて調整して、湯ジワの発生を抑制する方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-27263号公報

40

【特許文献2】特開昭55-21564号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、本発明者らが検討したところによれば、特許文献1に示された方法では、軽微な湯ジワは改善されるが、重度の湯ジワに対しては効果が見られなかった。また、特許文献2に示された方法では、溶融亜鉛めっき浴の前工程にスキンパスミル、テンションレベラー等を設置する必要性からコスト的な問題がある。また、これらを設置した場合も、前処理設備及び焼鈍炉での酸洗及び再結晶化に伴う亜鉛めっき被膜の化学的・物理的变化によって、理想とする表面粗度が得られにくく、湯ジワ発生を十分に抑制することが

50

困難であると考えられる。

【0007】

そこで本発明は、上記課題に鑑み、湯ジワの発生を十分に抑え、高品質の溶融金属めっき鋼帯を低コストで製造可能な溶融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続溶融金属めっき設備を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するべく本発明者らが鋭意検討したところ、付着量の調整や、ワイピング後の鋼帯の表面外観を良好にするための操業条件の制御手法として、ガスワイピングノズルのスリットギャップを変更することが有効であることを見出し、本発明を完成するに至った。

10

【0009】

上記知見に基づき完成された本発明の要旨構成は以下のとおりである。

[1] 溶融金属浴に連続的に鋼帯を浸漬し、

前記溶融金属浴から引き上げられる鋼帯に、該鋼帯を挟んで配置される一対のガスワイピングノズルからガスを吹き付けて、該鋼帯の両面の溶融金属の付着量を調整して、

連続的に溶融金属めっき鋼帯を製造する溶融金属めっき鋼帯の製造方法であって、

前記ガスワイピングノズルの噴射口を構成する、前記鋼帯の幅方向に延在するスリットのギャップを操業中に変更することを特徴とする、溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0010】

20

[2] 前記ガスワイピングノズルのヘッド圧力、目標のめっき厚さ、前記ガスワイピングノズルの先端と前記鋼帯との距離、及び前記鋼帯の走行速度に応じて、前記スリットのギャップを制御して前記付着量を調整する、上記[1]に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0011】

[3] 前記スリットのギャップBが以下の式(1)を満たすように制御する、上記[2]に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【数1】

$$\alpha_1 \frac{WD}{V} + \beta_1 \leq B \leq \alpha_2 \frac{W}{V^2 P^2 \sqrt{D}} + \beta_2 \quad \dots (1)$$

30

B：ワイピングノズルのスリットギャップ[mm]

W：目標のめっき厚さ[μm]

D：ガスワイピングノズルの先端と鋼帯との距離[mm]

P：ガスワイピングノズルのヘッド圧力[kPa]

V：鋼帯の走行速度[m/min]

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ ：定数

【0012】

[4] ワイピング後の前記鋼帯の表面の外観を観察し、その結果に基づいて前記スリットのギャップを制御する、上記[1]に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

40

【0013】

[5] 前記外観観察において、湯ジワ欠陥が発生した場合には前記スリットのギャップを大きくし、スプラッシュ欠陥が発生した場合には前記スリットのギャップを小さくする、上記[4]に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0014】

[6] 前記ガスが不活性ガスである上記[1]～[5]のいずれか一項に記載の溶融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0015】

[7] 前記ガスワイピングノズルの先端から吐出した直後の前記ガスの温度T()が、前記溶融金属の融点 T_M ()との関係で、 $T_M - 150 < T < T_M + 250$ を満たすように

50

制御される上記 [1] ~ [6] のいずれか一項に記載の熔融金属めっき鋼帯の製造方法。

【 0 0 1 6 】

[8] 前記熔融金属の成分は、Al : 1.0 ~ 10質量%、Mg : 0.2 ~ 1質量%、Ni : 0.005 ~ 0.1質量%を含有し、残部がZn及び不可避免的不純物からなる上記 [1] ~ [7] のいずれか一項に記載の熔融金属めっき鋼帯の製造方法。

【 0 0 1 7 】

[9] 熔融金属を収容し、熔融金属浴を形成しためっき槽と、

前記熔融金属浴から連続的に引き上げられる鋼帯を挟んで配置され、前記鋼帯に向けてガスを吹き付け、前記鋼帯の両面のめっき付着量を調整する一对のガスワイピングノズルと、

前記ガスワイピングノズルの噴射口を構成する、前記鋼帯の幅方向に延在するスリットのギャップを操作中に変更する駆動装置と、

を有することを特徴とする連続熔融金属めっき設備。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の熔融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続熔融金属めっき設備によれば、湯ジワの発生を十分に抑え、高品質の熔融金属めっき鋼帯を低コストで製造できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による連続熔融金属めっき設備 1 0 0 の構成を示す模式図である。

【 図 2 】 本発明の他の実施形態による連続熔融金属めっき設備 2 0 0 の構成を示す模式図である。

【 図 3 】 図 1 及び図 2 に示す製造装置 1 0 0 , 2 0 0 における、ガスワイピングノズル 2 0 A の先端部の周辺の拡大図である。

【 図 4 】 従来の連続熔融金属めっき設備の構成を示す模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

図 1 及び図 2 を参照して、本発明の一実施形態による熔融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続熔融金属めっき設備 1 0 0 , 2 0 0 (以下、単に「めっき設備」とも称する。) を説明する。

【 0 0 2 1 】

図 1 及び図 2 を参照して、本実施形態のめっき設備 1 0 0 , 2 0 0 は、スナウト 1 0 と、熔融金属を収容するめっき槽 1 2 と、シンクロール 1 6 と、サポートロール 1 8 とを有する。スナウト 1 0 は、鋼帯 S が通過する空間を区画する、鋼帯進行方向に垂直な断面が矩形状の部材であり、その先端は、めっき槽 1 2 に形成される熔融金属浴 1 4 に浸漬されている。一実施形態において、還元雰囲気連続焼鈍炉で焼鈍された鋼帯 S は、スナウト 1 0 内を通過して、めっき槽 1 2 内の熔融金属浴 1 4 中に連続的に導入される。その後鋼帯 S は、熔融金属浴 1 4 中のシンクロール 1 6 、サポートロール 1 8 を介して熔融金属浴 1 4 の上方に引き上げられ、一对のガスワイピングノズル 2 0 A , 2 0 B で所定のめっき厚みに調整された後に、冷却されて後工程に導かれる。

【 0 0 2 2 】

図 1 及び図 2 に加えて図 3 も参照して、一对のガスワイピングノズル 2 0 A , 2 0 B (以下、単に「ノズル」ともいう。) は、めっき槽 1 2 上方に、鋼帯 S を挟んで対向して配置される。ノズル 2 0 A は、その先端で鋼帯の板幅方向に延在する噴射口 2 6 (ノズルスリット) から鋼帯 S に向けてガスを吹き付け、鋼帯の表面のめっき付着量を調整する。他方のノズル 2 0 B も同様であり、これら一对のノズル 2 0 A , 2 0 B によって、余剰な熔融金属が掻き取られて、鋼帯 S の両面のめっき付着量が調整され、かつ、板幅方向及び板長手方向で均一化される。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

ノズル 20A, 20B は、多様な鋼帯幅に対応するとともに、鋼帯引き上げ時の幅方向の位置ズレなどに対応するため、通常、鋼帯幅より長く構成され、鋼帯の幅方向端部より外側まで延びている。また、図 3 に示すように、ノズル 20A は、ノズルヘッド 22 と、このノズルヘッド 22 に連結された上ノズル部材 24A 及び下ノズル部材 24B とを有する。上下ノズル部材 24A, 24B の先端部分は、鋼帯 S に垂直な断面視で互いに平行に対向して、ガスの噴射口 26 (ノズルスリット) を形成している。噴射口 26 は、鋼帯 S の板幅方向に延在している。ノズル 20A の縦断面形状は、先端に向かって先細りするテーパ形状となっている。上下ノズル部材 24A, 24B の先端部の厚みは、1~3mm 程度とすればよい。また、噴射口の開口幅 (ノズルギャップ) は、特に限定されないが 0.5~3.0mm 程度とすることができる。図示しないガス供給機構から供給されるガスが、ヘッド 22 の内部を通過し、さらに上下ノズル部材 24A, 24B が区画するガス流路を通過し、噴射口 26 から噴射されて、鋼帯 S の表面に吹きつけられる。他方のノズル 20B も同様の構成を有する。

10

【0024】

本実施形態の溶融金属めっき鋼帯の製造方法では、溶融金属浴 14 に連続的に鋼帯 S を浸漬し、溶融金属浴 14 から引き上げられる鋼帯 S に、該鋼帯 S を挟んで配置される一対のガスワイピングノズル 20A, 20B からガスを吹き付けて、鋼帯 S の両面の溶融金属の付着量を調整して、連続的に溶融金属めっき鋼帯を製造するものである。

【0025】

本実施形態は、ガスワイピングノズル 20A, 20B の噴射口を構成するノズルスリット 24 のギャップ B (図 3 参照) を操業中に変更することを特徴とする。上記で説明した湯ジワの発生原因としては、ワイピングガスが溶融金属表面に衝突する点 (淀み点) での初期凹凸の生成が挙げられる。初期凹凸の生成原因は、(1) ワイピングガスの衝突圧力の振動、(2) 溶融金属の酸化/冷却による粘度ムラ、の一方又は両方に起因して、鋼帯上で溶融金属が不規則に流れることであると考えられる。そのため、この(1)及び/又は(2)の現象を抑制することが、湯ジワの発生抑制につながると考えられる。ギャップ B を操業中に変更することによって、目標のめっき付着量を高精度に実現しやすくなり、湯ジワの発生を十分に抑え、高品質の溶融金属めっき鋼帯を低コストで製造できる。ギャップ B の具体的な変更態様を以下に説明する。

20

【0026】

(第一の実施形態)

第一の例として、ガスワイピングノズルのヘッド圧力 P、目標のめっき厚さ W、ガスワイピングノズルの先端と鋼帯との距離 D (図 3 参照)、及び鋼帯の走行速度 V に応じて、スリットのギャップ B を制御して、付着量を調整することができる。湯ジワ欠陥は、目標のめっき厚さ W が厚い条件 (10 μm 以上) で特に発生しやすいため、本実施形態による効果は、目標のめっき厚さ W が厚い条件に顕著に得られる。

30

【0027】

例えば、スリットのギャップ B が以下の式 (1) を満たすように制御することができる。

【数 2】

$$\alpha_1 \frac{WD}{V} + \beta_1 \leq B \leq \alpha_2 \frac{W}{V^2 P^2 \sqrt{D}} + \beta_2 \quad \dots (1)$$

40

B : ワイピングノズルのスリットギャップ [mm]

W : 目標のめっき厚さ [μm]

D : ガスワイピングノズルの先端と鋼帯との距離 [mm]

P : ガスワイピングノズルのヘッド圧力 [kPa]

V : 鋼帯の走行速度 [m/min]

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$: 定数

【0028】

50

以下、適正なスリットギャップ B の決定方法の一例について述べる。

(A) まず、鋼帯の厚さ及び幅に応じて、適正な鋼帯の走行速度 V を適宜設定する。

(B) 次に、ガスワイピングノズルのヘッダ圧力 P を設定する。その際、使用するノズルにおいて設定可能な最低のガス圧力 P_{min} に設定することが好ましい。これにより、湯ダレの起点となる初期凹凸を低減できる。

(C) 次に、決定した走行速度 V 及びヘッダ圧力 P を考慮して、目標のめっき厚さ W となるための距離 D を設定する。

【0029】

このように、ヘッダ圧力 P、目標のめっき厚さ W、ノズル - 鋼帯間距離 D、及び鋼帯の走行速度 V の値を適宜決定した後、これを式 (1) に代入することによって、スリットギャップ B の好適な数値範囲を得ることができる。

10

【0030】

ここで、式 (1) における定数 $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ は、ノズル形状などのめっき設備の構成によって変化するため、オンライン実験で事前に決定する。以下、これら定数の求め方と、式 (1) の技術的な意味について説明する。

【0031】

【数3】

$$\alpha_1 \frac{WD}{V} + \beta_1 \leq B \quad \dots (2)$$

ここで、式 (2) の左辺は、湯ジワが発生しないスリットギャップ B の下限値を示している。式 (2) の左辺における各パラメータの意味について述べる。目標のめっき厚さ W が増加すると、湯ジワが発生しやすくなるため、スリットギャップ B の下限値が上昇する。鋼帯走行速度 V が増加すると、ワイピングガスが衝突する時間が短くなるため、湯ジワが発生しづらくなり、スリットギャップ B の下限値が減少する。距離 D が増加すると、ワイピングガスのポテンシャルコアが減衰するため、湯ジワが発生しやすくなり、スリットギャップ B の下限値が上昇する。

20

【0032】

ここで、定数 α_1, β_1 は以下のように求める。既述の (A) ~ (C) の方法で決定した P、W、D、V の値の組合せ (P_1, W_1, D_1, V_1) において、スリットギャップ B を種々変更して、湯ジワが発生し始める境界のスリットギャップ B_1 を求める。さらに、既述の (A) ~ (C) の方法で決定した別の P、W、D、V の値の組合せ (P_2, W_2, D_2, V_2) において、スリットギャップ B を種々変更して、湯ジワが発生し始める境界のスリットギャップ B_2 を求める。同様に、P、W、D、V の値の複数の組合せ (P_k, W_k, D_k, V_k) ($k; 1 \sim n$ の整数) において、湯ジワが発生し始める境界のスリットギャップ B_k を求める。横軸を WD/V として、縦軸を B としたグラフに、求めた n 点をプロットする。n 点のプロットから、最小二乗法で残差平方和が最小となる直線を求め、傾きの値を α_1 とし、縦軸の切片を β_1 とする。なお、「湯ジワが発生し始める境界のスリットギャップ」とは、ワイピング後の鋼帯表面において、JIS B0601-2001 の規格に基づいて測定した算術平均うねり Wa が $1.00 \mu\text{m}$ となるスリットギャップを意味するものとする。Wa が $1.00 \mu\text{m}$ を超えると、目視で小さな湯ジワが確認できるからである。定数 α_1, β_1 の精度の観点から、n は 4 以上であることが好ましい。

30

40

【0033】

【数4】

$$B \leq \alpha_2 \frac{W}{V^2 P^2 \sqrt{D}} + \beta_2 \quad \dots (3)$$

一方、スリットギャップ B を広げすぎると、ワイピングガスの流量が増加するため、溶融金属の飛沫 (スプラッシュ) が多量に発生し、鋼帯に付着して欠陥となったり、ノズル内部に詰まりめっき厚さのムラを生じさせたりする。そのため、スプラッシュが多量に発生しないスリットギャップ B の上限値以下でワイピングする必要がある。この上限値が、

50

式(3)の右辺となる。

【0034】

式(3)の右辺における各パラメータについて述べる。目標のめっき厚さWが増加すると、めっきの掻き落とし量が少なくなるため、スプラッシュが発生しづらくなり、スリットギャップBの上限値が上昇する。鋼帯走行速度Vが増加すると、鋼帯に随伴する熔融金属の量が増加するため、スプラッシュが発生しやすくなり、スリットギャップBの上限値が減少する。ヘッド圧力Pが増加すると、鋼帯に衝突するワイピングガスの風量が増加するため、スプラッシュが発生しやすくなり、スリットギャップBの上限値が減少する。距離Dが増加すると、噴流が振動するためスプラッシュが発生しやすくなり、スリットギャップBの上限値が減少する。

10

【0035】

ここで、定数 α_2 、 β_2 は以下のように求める。既述の(A)～(C)の方法で決定したP、W、D、Vの値の組合せ(P_1 、 W_1 、 D_1 、 V_1)において、スリットギャップBを種々変更して、スプラッシュ欠陥の許容限界のスリットギャップ B_1 を求める。さらに、既述の(A)～(C)の方法で決定した別のP、W、D、Vの値の組合せ(P_2 、 W_2 、 D_2 、 V_2)において、スリットギャップBを種々変更して、スプラッシュ欠陥の許容限界のスリットギャップ B_2 を求める。同様に、P、W、D、Vの値の複数の組合せ(P_k 、 W_k 、 D_k 、 V_k)(k ；1～nの整数)において、スプラッシュ欠陥の許容限界のスリットギャップ B_k を求める。横軸を $\frac{W}{V^2 P^2 \sqrt{D}}$ として、縦軸をBとした

20

グラフに、求めたn点をプロットする。n点のプロットから、最小二乗法で残差平方和が最小となる直線を求め、傾きの値を α_2 とし、縦軸の切片を β_2 とする。なお、「スプラッシュ欠陥の許容限界のスリットギャップ」とは、ワイピング後の鋼帯表面において、後述のスプラッシュ欠陥率Sが1.30となるスリットギャップを意味するものとする。Sが1.30を超えると、スプラッシュ欠陥が許容されない程度となる。定数 α_2 、 β_2 の精度の観点から、nは4以上であることが好ましい。

30

【0036】

このように、湯ジワ欠陥及びスプラッシュ欠陥を抑制するためには、ヘッド圧力P、目標のめっき厚さW、距離D、及び鋼帯走行速度Vに応じて、スリットギャップBを制御すること、具体的には式(1)を満たすように制御することが好ましい。つまり、ヘッド圧力P、目標のめっき厚さW、距離D、及び鋼帯走行速度Vのうち少なくとも1つの操作条件が変更になった場合には、それに伴って、スリットギャップBを好適値に変更する。

【0037】

ただし、ノズル詰まりの観点からスリットギャップBの最小値 B_{min} は0.50mmとし、ワイピングガスのコンプレッサの能力の観点からスリットギャップBの最大値 B_{max} は5.00mmとすることが好ましい。

40

【0038】

第一の例を実現可能な連続熔融金属めっき設備の一例を図1に示す。図1の連続熔融金属めっき設備100は、既述の構成に加えて、ノズル部材駆動装置30A、30B、スリットギャップ検出器32A、32B、メモリ34、及び制御装置40を有する。

【0039】

ノズル部材駆動装置30A、30Bは、ノズル外部又はノズル及び内部に配置されたアクチュエーターを備えており、上下ノズル部材24A、24Bを駆動してスリットギャップBを変更するための駆動装置である。駆動装置30A、30Bは、制御装置40の出力値に応じて、スリットギャップBを所定の値に変更させる。アクチュエーターは電動式、油圧

50

式、空圧式などが挙げられるが、特に限定されるものではない。

【0040】

スリットギャップ検出器32A, 32Bは、駆動装置30A, 30Bの駆動量から算出した値を制御装置40に出力する。スリットギャップ検出器32A, 32Bの形式は特に限定されず、メジャー等の物理的方式やレーザー方式によって実現される。また、制御装置40の形式は特に限定されず、例えば、コンピュータ内部の中央演算処理装置(CPU)によって実現できる。

【0041】

メモリ34には、既述の(A)~(C)の方法で決定したP、W、D、Vの値の組合せ(P_j 、 W_j 、 D_j 、 V_j) ($j: 1 \sim m$ の整数)と、予め求められた定数 α_1 、 α_2 、 α_3 の値が記録されている。組合せ(P_j 、 W_j 、 D_j 、 V_j) ($j: 1 \sim m$ の整数)は、本実施形態のめっき設備100において使用し得る全ての組合せを網羅することが好ましく、定数を求める際に使用した組合せ(P_k 、 W_k 、 D_k 、 V_k)と一部が重複していても良い。

10

【0042】

操業開始に際して、制御装置40は、当該操業における(P_j 、 W_j 、 D_j 、 V_j)をメモリ34から読み出し、式(1)に従ってスリットギャップBの好適数値範囲を算出する。さらに、制御装置40は、ノズル部材駆動装置30A, 30Bを制御して、スリットギャップ検出器32A, 32Bで検出される値(すなわち実際のスリットギャップB)が上記好適数値範囲内の値(例えば中央値)になるようにする。また、操業条件が変更される際には、制御装置40は、変更後の操業における(P_j 、 W_j 、 D_j 、 V_j)をメモリ34から読み出し、式(1)に従ってスリットギャップBの好適数値範囲を算出する。さらに、制御装置40は、スリットギャップ検出器32A, 32Bで検出される値が、変更後の好適数値範囲内であるか否かを判定し、好適数値範囲内の場合にはノズル部材駆動装置30A, 30Bを駆動せず、好適数値範囲外の場合には、ノズル部材駆動装置30A, 30Bを制御して、スリットギャップ検出器32A, 32Bで検出される値が上記好適数値範囲内の値(例えば中央値)になるようにする。

20

【0043】

(第二の実施形態)

第二の例として、ワイピング後の鋼帯の表面の外観を観察し、その結果に基づいてスリットのギャップBを制御することができる。

30

【0044】

第二の例を実現可能な連続溶融金属めっき設備の一例を図2に示す。図2の連続溶融金属めっき設備200は、既述の構成に加えて、ノズル部材駆動装置30A, 30B、スリットギャップ検出器32A, 32B、表面外観検出器36、表面欠陥検出器38、及び制御装置40を有する。ノズル部材駆動装置30A, 30B、スリットギャップ検出器32A, 32B、及び制御装置40の詳細は、図1の連続溶融金属めっき設備100におけるものと同様である。

【0045】

表面外観検出器36は、ガスワイピングノズル通過後の鋼帯表面の外観、例えば算術平均うねりWaを検出する装置であり、例えばガスワイピングノズル20Aの上方に設けられる。表面外観検出器36は、ガスワイピングノズル通過後の鋼帯表面を連続的に撮影し、その情報を制御装置40に入力する。表面外観検出器36の形式は、レーザーを使用した非接触の3D粗さ計などが挙げられるが、特に限定されるものではない。

40

【0046】

鋼帯の表面外観については、以下の基準で合否を判断するものとする。

- × : 不合格 = 目視で大きな湯ジワが確認できる亜鉛めっき鋼板 ($1.50 < Wa$)
- : 不合格 = 目視で小さな湯ジワが確認できる亜鉛めっき鋼板 ($1.00 < Wa < 1.50$)
- △ : 合格 = 目視で湯ジワが確認できない美しい亜鉛めっき鋼板 ($0.50 < Wa < 1.00$)
- : 合格 = 目視で湯ジワが確認できない非常に美しい亜鉛めっき鋼板 ($0 < Wa < 0.50$)

50

なお、 W_a は、JIS B0601-2001の規格に基づいて測定した算術平均うねり W_a [μm] の値である。

【0047】

表面欠陥検出器38は、ガスワイピングノズル通過後の鋼帯表面におけるスプラッシュ欠陥を検出し、その情報を制御装置40に入力する装置であり、例えばガスワイピングノズル20Aの上方に設けられる。表面欠陥検出器38としては、偏光方式や明・暗視野方式のカメラが挙げられるが、特にこれに限定されない。

【0048】

鋼帯のスプラッシュ欠陥については、以下の基準で合否を判定するものとする。表面欠陥検出器38の撮影データから、所定時間中に通過した鋼帯長さに対する、スプラッシュ欠陥ありと判定された鋼帯長さの比率 [%] を求め、スプラッシュ欠陥率 S とする。

\times : 不合格 = $1.30 < S$

: 合格 = $S < 1.30$

【0049】

操業条件を変更しない間も、種々の要因で、鋼帯表面の品質は変動を余儀なくされることがある。そこで、制御装置40は、表面外観検出器36からの出力値 W_a と表面欠陥検出器38からの出力値 S とに基づいて、ノズル部材駆動装置30A, 30Bを制御して、スリットギャップBを変更する。具体的には、以下のような制御を行う。

【0050】

例えば、検出器36で測定した W_a が $0.50 < W_a$ (すなわち、判定基準の「 \times 」、「 \square 」、「 \triangle 」のいずれか)である場合、スリットギャップBを大きくして、その後測定する W_a が $0 < W_a < 0.50$ (すなわち合格「 \square 」)となるようにする。これは、スリットギャップBを大きくした場合、ワイピングガスの衝突圧力の振動が少なくなるためである。

【0051】

また、検出器38で測定した S が $1.30 < S$ (すなわち、判定基準の「 \times 」)である場合、スリットギャップBを小さくして、その後測定する S が $S < 1.30$ (すなわち、合格「 \square 」)となるようにする。これは、鋼帯に衝突するワイピングガスの流量を減少させて、スプラッシュ発生量を少なくするためである。

【0052】

表面外観検出器36及び表面欠陥検出器38による測定箇所は、鋼帯Sがワイピングノズルを通過し、なおかつ鋼帯表面の熔融金属が固まった位置が望ましい。ワイピングノズル直上の場合、熔融金属が固まっていないため、測定した算術平均うねり W_a やスプラッシュ欠陥率 S にバラツキが出てしまう。そのため、鋼帯表面の熔融金属が固まった位置、例えばワイピングノズルの下流側40m以上の位置が望ましい。ちなみに、応答性は悪くなってしまうため、測定位置は熔融金属が固まった直後が望ましい。そのため、例えばワイピングノズルの下流側70m以下の位置が望ましい。

【0053】

また、ワイピングノズル高さHは低くしすぎると、浴面上でスプラッシュが多量に発生するため、100mm以上の高さが望ましい。これらの条件は、必ずしもワイピングノズルのスリットギャップBと連動させる必要はないが、目標のめっき厚さW、ノズル - 鋼板間距離D、ヘッダ圧力P、鋼帯走行速度Vの値に応じて適宜変更することが好ましい。

【0054】

(その他の説明)

ガスワイピングノズルの先端から吐出した直後のガスの温度 T () は、前記熔融金属の融点 T_M () との関係で、 $T_M - 150 < T < T_M + 250$ を満たすように制御することが好ましい。ガス温度 T を上記範囲で制御すると、熔融金属の冷却及び凝固を抑制できるため、粘度ムラが生じにくくなり、湯ジワの発生を抑制できる。一方、ガス温度 T が $T_M - 150$ 未満で低すぎると、熔融金属の流動性に影響を及ぼさないため、湯ジワの発生抑制には効果がない。また、ワイピングガスの温度が $T_M + 250$ で高すぎると、合金化が促進して、鋼板の外観が悪化してしまう。

10

20

30

40

50

【0055】

ノズル20A, 20Bから噴射されるガスは、不活性ガスであることが好ましい。不活性ガスにすることで、鋼帯表面上の熔融金属の酸化を防止できるため、熔融金属の粘度ムラをさらに抑制することができる。不活性ガスとしては、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0056】

本実施形態において、熔融金属の成分は、Al:1.0~10質量%、Mg:0.2~1質量%、Ni:0.005~0.1質量%を含有し、残部がZn及び不可避的不純物からなることが好ましい。このようにMgが含まれると、熔融金属の酸化/冷却による粘度ムラが生じやすく、湯ジワが発生しやすくなることが確認されている。また、上記の成分系では、Zn100%の熔融金属と比較すると粘度が低いため、淀み点で初期凹凸が発生した際に、熔融金属が固まる前により初期凹凸が大きく成長するため、湯ジワが発生しやすくなる。そのため、熔融金属が上記成分組成を有する場合に、本発明の湯ジワを抑制する効果が顕著に表れる。

10

【0057】

本発明の製造方法及びめっき設備で製造される熔融金属めっき鋼帯としては、熔融亜鉛めっき鋼板を挙げることができ、これは、熔融亜鉛めっき処理後合金化処理を施さないめっき鋼板(GI)と、合金化処理を施すめっき鋼板(GA)のいずれも含む。

【実施例】

【0058】

(実施例1)

熔融亜鉛めっき鋼帯の製造ラインにおいて、熔融亜鉛めっき鋼帯の製造試験を行った。各発明例及び比較例で、図1に示すめっき設備を用いた。ガスワイピングノズルは、ノズルギャップBが表1に示すものを使用した。各発明例及び比較例で、ワイピングノズルの浴面からの高さHは350mmで固定し、鋼帯表面に対するガスの噴射角度は90度(鋼帯面に直角)で固定した。熔融亜鉛めっき浴温度は440とした。めっき浴の組成、めっき浴の融点 T_M 、目標のめっき厚さW、ノズル先端と鋼帯との距離D、ノズルのヘッド圧力(ガス圧力)P、鋼帯走行速度(ライン速度)V、ガス種、及びガス温度Tは、表1に示すものとした。

20

【0059】

ガスワイピングノズルへのガス供給方法として、コンプレッサーで所定圧力に加圧したものを供給する方法を採用した。条件によっては、コンプレッサーで所定圧力に加圧した後、燃焼器で昇温したガスを供給した。駆動装置としては、ノズル内部に設置した空圧式アクチュエーターを用い、スリットギャップ検出器としては、アクチュエーターの変動を測定するレーザーを用いた。こうして、板厚1.2mm×板幅1000mmの鋼帯を通板して、熔融亜鉛めっき鋼帯を製造した。

30

【0060】

なお、事前のオンラインテストで式(1)中の定数をそれぞれ求めたところ、 $\alpha_1=2.4$ 、 $\alpha_2=1.5 \times 10^6$ 、 $\beta_1=0.2$ 、 $\beta_2=0.6$ であった。また、ノズル詰まりの観点からスリットギャップの最小値 B_{min} は0.50mmとし、ワイピングガスのコンプレッサーの能力の観点からスリットギャップの最大値 B_{max} は5.00mmとする。式(1)から算出されるスリットギャップBの好適範囲と、上記最小値 $B_{min}=0.50$ mm及び最大値 $B_{max}=5.00$ mmを考慮した好適範囲を、表1に示す。

40

【0061】

また、製造された熔融亜鉛めっき鋼帯の外観を、以下の基準で評価した。なお、Waは、JIS B0601-2001の規格に基づいて測定した算術平均うねり W_a [μm]の値であり、スプラッシュ混入率Sは、各製造条件で通過した鋼帯長さに対する、検査工程でスプラッシュ欠陥ありと判定された鋼帯長さの比率[%]である。結果を表1に示す。

×：不合格 = スプラッシュ欠陥が多量に発生している亜鉛めっき鋼帯

($0 < W_a, 1.30 < S$)

50

- : 不合格 = 目視で湯ジワが確認できる亜鉛めっき鋼板
($1.00 < W a$, $S < 1.30$)
- : 合格 = 目視で湯ジワが確認できない亜鉛めっき鋼板
($0.50 < W a \leq 1.00$, $S < 1.30$)
- : 合格 = 目視で湯ジワが確認できない非常に美しい亜鉛めっき鋼板
($0 < W a \leq 0.50$, $S < 1.30$)

【 0 0 6 2 】

【 表 1 】

表1	めっき浴組成[質量%]					T _M [°C]	ギャップB [mm]	式(1)から算出される ギャップ好適範囲 [mm]	B _{min} =0.5mm,B _{max} =5mm とした場合の ギャップ好適範囲 [mm]	めっき厚さW [μm]	ノズル-鋼板間 距離D [mm]	ガス圧力P [kPa]	鋼帯速度V [m/min]	ガス種	ガス温度 [°C]	Wa [μm]	スプラッシュ 混入率S [%]	外観
	Al	Mg	Ni	Zn														
発明例1	0.2	0	0	残部	420	3.7	3.50 - 23.63	3.50-5.00	18	22	10	50	空気	100	0.87	1.21	○	
発明例2	0.2	0	0	残部	420	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	100	0.77	1.05	○	
発明例3	0.2	0	0	残部	420	0.7	0.30 - 0.79	0.50-0.79	6	5	35	130	空気	100	0.56	0.98	○	
発明例4	0.2	0	0	残部	420	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	300	0.33	0.65	◎	
発明例5	0.2	0	0	残部	420	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	700	0.91	0.79	○	
発明例6	0.2	0	0	残部	420	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	窒素	100	0.42	0.77	◎	
発明例7	4.5	0.5	0.05	残部	375	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	100	0.94	0.89	○	
発明例8	4.5	0.5	0.05	残部	375	1.3	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	窒素	450	0.12	0.32	◎	
比較例1	0.2	0	0	残部	420	3.4	3.50 - 23.63	3.50-5.00	18	22	10	50	空気	100	2.37	0.44	△	
比較例2	0.2	0	0	残部	420	0.5	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	100	1.76	0.31	△	
比較例3	0.2	0	0	残部	420	2.7	0.64 - 2.56	0.64-2.56	12	8	20	90	空気	100	0.65	2.68	×	
比較例4	0.2	0	0	残部	420	0.9	0.30 - 0.79	0.60-0.79	6	5	35	130	空気	100	0.53	3.44	×	

【 0 0 6 3 】

10

20

30

40

50

発明例 1 ~ 3 は、スリットギャップ B を式 (1) で算出した適正範囲内に設定することにより、湯ジワ欠陥を防止できている。湯ジワ欠陥を防止できた理由としては、ワイピングガスと鋼帯の衝突位置での溶融亜鉛の凹凸を防止できたためと考えられる。

【 0 0 6 4 】

一方、比較例 1 ~ 4 では、スリットギャップ B が適正範囲を外れた場合を示している。比較例 1 及び比較例 2 で外観が悪化する理由として、ワイピングガスと鋼帯の衝突位置で、ワイピングガスの衝突圧力の変動が大きくなり、溶融亜鉛の凹凸が大きくなったため、 W_a が増加したからだと考えられる。また、比較例 3 及び比較例 4 で外観が悪化する理由としては、スリットギャップが広すぎるため、ワイピングガスの風量が多くなり、スブラッシュ発生量が増えたためと考えられる。

10

【 0 0 6 5 】

発明例 4 では、 $T_M - 150$ T $T_M + 250$ の範囲内の最適なワイピングガスの温度 T でワイピングしており、発明例 2 よりもさらに湯ジワ欠陥を防止できている。これは、噴出ガスによる冷却効果を阻害し、鋼板に付着した溶融亜鉛の粘度ムラを生じさせず、規則的に流下できたためと考えられる。

【 0 0 6 6 】

発明例 5 は、発明例 4 よりもさらにワイピングガスの温度 T を上昇させた場合である。発明例 2 よりも W_a が増加しており、これはワイピングガス温度が高すぎるため、鋼帯表層の亜鉛めっきの合金化が促進されたためと考えられる。なおかつ、合金化の促進により、鋼板表面が白っぽく変色して外観も多少悪化してしまった。

20

【 0 0 6 7 】

発明例 6 では、ガス種を不活性ガスである窒素にしたため、発明例 2 と比べてより良好な外観を得られている。

【 0 0 6 8 】

発明例 7 はめっき層の組成を変更した場合を示している。発明例 7 では発明例 1 よりも、より大きな湯ジワの発生が確認できた。これは、めっき層成分中の Mg が酸化しやすいため、湯ジワが発生しやすくなったと考えられる。さらに、発明例 8 では、発明例 1 のワイピングノズルのスリットギャップを適用し、ガス種を不活性ガスである窒素に、ワイピングガスを適切な温度に調整したため、発明例 1 と比べてより良好な外観を得られている。

30

【 0 0 6 9 】

以上より、ヘッド圧力 P 、目標のめっき厚さ W 、距離 D 、及び鋼帯走行速度 V に応じて、スリットギャップ B を制御することにより、湯ジワ欠陥防止効果が得られることがわかる。

【 0 0 7 0 】

(実施例 2)

次に、図 2 に示すめっき設備を用いて、溶融亜鉛めっき鋼帯の製造試験を行った。ワイピングノズルの浴面からの高さ H は 350mm で固定し、鋼帯表面に対するガスの噴射角度は 90 度 (鋼帯面に直角) で固定した。溶融亜鉛めっき浴温度は 440 として。めっき浴の組成は、発明例 7, 8 と同じ浴組成とした。目標のめっき厚さ $W = 13 \mu m$ 、ノズル先端と鋼帯との距離 $D = 10 mm$ 、ノズルのヘッド圧力 $P = 25 kPa$ 、鋼帯走行速度 $V = 100 m/min$ 、ガス種：窒素、ガス温度 $T : 420$ として、試験を行った。

40

【 0 0 7 1 】

当初、スリットギャップ B を 0.6mm に設定して操業したが、表面外観検出器 36 での測定値が $W_a = 2.1 \mu m$ となり、湯ジワ欠陥の発生が見られた。そこで、スリットギャップ $B = 2.0 mm$ に変更したところ、 $W_a = 0.43 \mu m$ となり、湯ダレ欠陥のない美しい外観をもつ鋼帯が得られた。

【 0 0 7 2 】

また、同条件で、当初、スリットギャップ B を 4.2mm に設定した操業したが、表面欠陥検出器 38 での測定値が $S = 1.89$ となり、スブラッシュ欠陥の発生が見られた。そのた

50

め、スリットギャップ $B = 2.0\text{mm}$ に変更したところ、 $S = 0.72$ となり、スプラッシュ欠陥のない美しい鋼板を持つ鋼帯を得られた。

【0073】

上記より、表面外観検出器と表面欠陥検出器を使用し、外観に応じて適正なギャップに制御することで、湯ジワ欠陥及びスプラッシュ欠陥防止効果が得られることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明の溶融金属めっき鋼帯の製造方法及び連続溶融金属めっき設備によれば、湯ジワの発生を十分に抑え、高品質の溶融金属めっき鋼帯を低コストで製造できる。

【符号の説明】

10

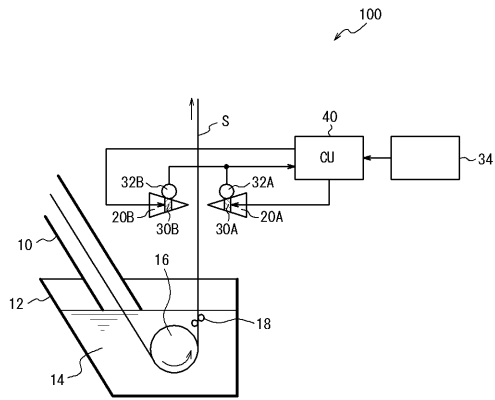
【0075】

- 100, 200 連続溶融金属めっき設備
- 10 スナウト
- 12 めっき槽
- 14 溶融金属浴
- 16 シンクロール
- 18 サポートロール
- 20A, 20B ガスワイピングノズル
- 22 ノズルヘッド
- 24A 上ノズル部材
- 24B 下ノズル部材
- 26 噴射口(ノズルスリット)
- 30A, 30B ノズル部材駆動装置
- 32A, 32B スリットギャップ検出器
- 34 メモリ
- 36 表面外観検出器
- 38 表面欠陥検出器
- 40 制御装置
- S 鋼帯
- B スリットギャップ
- D ガスワイピングノズルの先端と鋼帯との距離

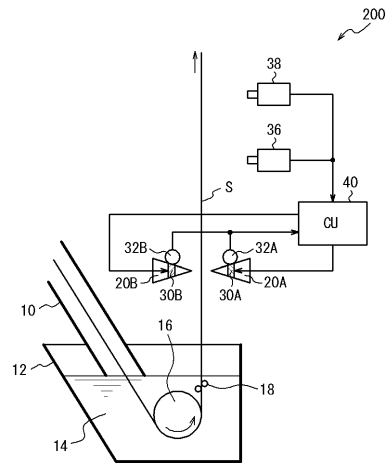
20

30

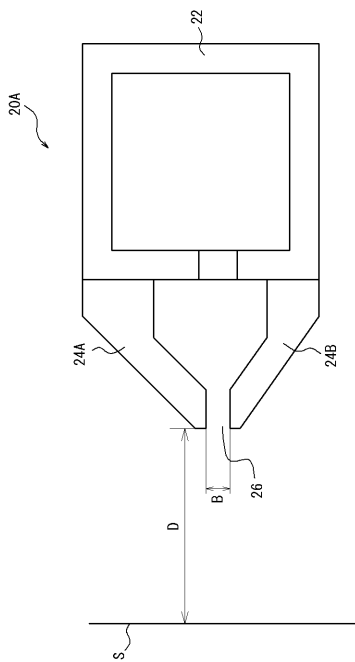
【 図 1 】



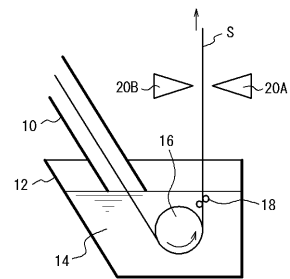
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 安福 悠祐
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者 小山 琢実
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者 稲葉 淳史
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- Fターム(参考) 4K027 AA05 AA22 AD21 AD23