

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6372527号  
(P6372527)

(45) 発行日 平成30年8月15日 (2018. 8. 15)

(24) 登録日 平成30年7月27日 (2018. 7. 27)

(51) Int. Cl.	F 1
C 2 3 C 2/20 (2006. 01)	C 2 3 C 2/20
C 2 3 C 2/40 (2006. 01)	C 2 3 C 2/40
C 2 3 C 2/06 (2006. 01)	C 2 3 C 2/06
C 2 2 C 18/04 (2006. 01)	C 2 2 C 18/04

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-138823 (P2016-138823)  
 (22) 出願日 平成28年7月13日 (2016. 7. 13)  
 (65) 公開番号 特開2018-9220 (P2018-9220A)  
 (43) 公開日 平成30年1月18日 (2018. 1. 18)  
 審査請求日 平成30年2月21日 (2018. 2. 21)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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  
 (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) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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対のガスワイピングノズルと、を有し、前記ガスワイピングノズルは、その噴射口部分が水平面となす角度 が10度以上75度以下となるように、該水平面に対して下向きに設置され、前記ガスワイピングノズルのヘッダ圧力 P が30kPa未満に設定され、前記ヘッダ圧力 P が30kPa未満の範囲で、ヘッダ圧力 P と好適な角度 との関係を記録したメモリと、前記角度 を検出する角度検出器と、前記角度 を変更するためのノズル駆動装置と、前記ノズル駆動装置の制御装置と、

をさらに有し、前記制御装置は、操業条件が変更されて前記ヘッダ圧力 P が変更された場合に、変更後の圧力 P に対応する好適な角度 を前記メモリから読み出し、前記角度検出器により検出された検出角度が前記好適な角度 を満たさない場合に、前記ノズル駆動装置を制御して、前記検出角度を前記好適な角度 とすることを特徴とする連続溶融金属めっき設備。

【請求項 2】

10

20

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対のガスワイピングノズル  
と、

を有し、前記ガスワイピングノズルは、その噴射口部分が水平面となす角度 が10度以上  
75度以下となるように、該水平面に対して下向きに設置され、前記ガスワイピングノズル  
のヘッダ圧力 P が30kPa未満に設定され、

ワイピング後の前記鋼帯の表面外観を観察する表面外観検出器と、

前記角度 を変更するためのノズル駆動装置と、

前記ノズル駆動装置の制御装置と、

をさらに有し、前記制御装置は、前記表面外観検出器からの出力に基づいて前記ノズル駆  
動装置を制御して、前記角度 を微調整することを特徴とする連続溶融金属めっき設備。

#### 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の連続溶融金属めっき設備を用いて、

前記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、前記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。

#### 【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 2 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、20  
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。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。

#### 【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】

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

10

20

30

40

50

、鋼板を熔融亜鉛めっき浴中に導入する前に、スキン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

【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】

10

【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、熔融亜鉛めっき浴の前工程にスキンスミル、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、高品質の熔融金属めっき鋼帯を低コストで製造可能な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を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するべく、本発明者らは、ガスワイピングノズルの設置角度に着目した。通常、ガスワイピングノズルは、ガス噴射方向が鋼帯に対して略垂直（すなわち水平方向）となるように設置するが、ガス噴射方向が水平方向に対して所定角度以上下向きになるようにガスワイピングノズルを傾斜して設置することによって、湯ジワの発生が十分に抑えられることを本発明者らは見出した。

【0009】

30

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）熔融金属浴に連続的に鋼帯を浸漬し、

前記熔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、該鋼帯の両面の熔融金属の付着量を調整して、

連続的に熔融金属めっき鋼帯を製造する熔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は、その噴射口部分が水平面となす角度が10度以上75度以下となるように、該水平面に対して下向きに設置され、前記ガスワイピングノズルのヘッド圧力Pが30kPa未満であることを特徴とする熔融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0010】

（2）前記熔融金属の成分は、Al：1.0～10質量%、Mg：0.2～1質量%、Ni：0～0.1質量%を含有し、残部がZn及び不可避免の不純物からなる上記（1）に記載の熔融金属めっき鋼帯の製造方法。

40

【0011】

（3）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、前記熔融金属の融点 $T_M$ （ ）との関係で、 $T_M - 150 \leq T \leq T_M + 250$ を満たすように制御される上記（1）又は（2）に記載の熔融金属めっき鋼帯の製造方法。

【0012】

（4）前記ガスが不活性ガスである上記（1）～（3）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。

【0013】

50

(5) 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対のガスワイピングノズルと、  
を有し、前記ガスワイピングノズルは、その噴射口部分が水平面となす角度 が10度以上75度以下となるように、該水平面に対して下向きに設置され、前記ガスワイピングノズルのヘッド圧力 P が30kPa未満に設定されることを特徴とする連続溶融金属めっき設備。

【0014】

(6) ワイピング後の前記鋼帯の表面外観を観察する表面外観検出器と、  
前記角度 を変更するためのノズル駆動装置と、  
前記ノズル駆動装置の制御装置と、  
を有し、前記制御装置は、前記表面外観検出器からの出力に基づいて前記ノズル駆動装置を制御して、前記角度 を微調整する、上記(5)に記載の連続溶融金属めっき設備。

【0015】

(7) 前記ヘッド圧力 P が30kPa未満の範囲で、ヘッド圧力 P と好適な角度 との関係  
を記録したメモリと、  
前記角度 を検出する角度検出器と、  
をさらに有し、前記制御装置は、操業条件が変更されて前記ヘッド圧力 P が変更された場合に、変更後の圧力 P に対応する好適な角度 を前記メモリから読み出し、前記角度検出器により検出された検出角度が前記好適な角度 を満たさない場合に、前記ノズル駆動装置を制御して、前記検出角度を前記好適な角度 とする、上記(6)に記載の連続溶融金属めっき設備。

【発明の効果】

【0016】

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。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態による連続溶融金属めっき設備100の構成を示す模式図である。

【図2】従来の連続溶融金属めっき設備の構成を示す模式図である。

【図3】(A)及び(B)は、本発明の一実施形態における、ガスワイピングノズル20Aの鋼帯Sに垂直な断面図である。

【図4】種々のノズル角度 における衝突圧力分布曲線を示すグラフである。

【図5】ノズル角度 が80度の場合を示す、ガスワイピングノズル20Aの鋼帯Sに垂直な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1を参照して、本発明の一実施形態による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100(以下、単に「めっき設備」とも称する。)を説明する。

【0019】

図1を参照して、本実施形態のめっき設備100は、スナウト10と、溶融金属を収容するめっき槽12と、シンクロール16と、サポートロール18とを有する。スナウト10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12に形成される溶融金属浴14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、一対の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。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 に加えて図 3 ( A ) , ( B ) も参照して、一対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、これら一対のノズル 2 0 A , 2 0 B によって、余剰な溶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 1 】

ノズル 2 0 A 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 ( B ) に示すように、ノズル 2 0 A は、ノズルヘッド 2 2 と、このノズルヘッド 2 2 に連結された上ノズル部材 2 4 A 及び下ノズル部材 2 4 B とを有する。上下ノズル部材 2 4 A , 2 4 B 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 2 6 ( ノズルスリット ) を形成している ( 図 3 ( B ) 中の平行部分 ) 。噴射口 2 6 は、鋼帯 S の板幅方向に延在している。ノズル 2 0 A 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 2 4 A , 2 4 B の先端部の厚みは、1 ~ 3 mm 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 ~ 3.0 mm 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 2 2 の内部を通過し、さらに上下ノズル部材 2 4 A , 2 4 B が区画するガス流路を通過し、噴射口 2 6 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 2 0 B も同様の構成を有する。

## 【 0 0 2 2 】

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 1 4 に連続的に鋼帯 S を浸漬し、溶融金属浴 1 4 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 2 0 A , 2 0 B 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。

## 【 0 0 2 3 】

ここで、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。

## 【 0 0 2 4 】

この観点から、本発明では、ガスワイピングノズル 2 0 A , 2 0 B は、その噴射口部分が水平面となす角度  $\theta$  が 10 度以上となるように、水平面に対して下向きに設置されることが重要である。角度  $\theta$  を 10 度以上とすることにより、湯ジワの発生を十分に抑制できる。一方、角度  $\theta$  が 75 度を超えても、後述する不安定な圧力溜まりの発生により、湯ジワの発生が抑えられなくなるため、角度  $\theta$  は 75 度以下とする。ここで本明細書において「噴射口部分が水平面となす角度  $\theta$  」とは、図 3 ( A ) , ( B ) に示すように、上ノズル部材 2 4 A と下ノズル部材 2 4 B とが対向してスリットを形成している部分 ( 平行部分 ) を、鋼帯に垂直な断面で見ても、当該平行部分の延在方向が水平面となす角度を意味するものとする。

## 【 0 0 2 5 】

本発明では、ワイピングノズルのヘッド圧力 P は 30 kPa 未満とする。ヘッド圧力 P を 30 kPa 以上にすると、ワイピングガスが浴面に衝突する際の風速が速くなり、浴面スプラッシュが多発してしまうためである。なお、目標とするめっき付着量が多い場合、ヘッド圧力 P は小さくすることになるが、その場合、上記の湯ジワが発生しやすい。しかし、ガスワイピングノズルの角度  $\theta$  を上記のように設定することによって、30 kPa 未満という小さな

10

20

30

40

50

ヘッド圧力  $P$  であっても、十分に湯ジワの発生を抑制できる。ヘッド圧力  $P$  が  $10\text{kPa}$  未満の場合、特に鋼帯エッジ部の衝突圧力が弱くなるため、エッジ部の付着量が厚くなりすぎてしまい、鋼帯幅方向で不均一な付着量となってしまう可能性があるため、ヘッド圧力  $P$  は  $10\text{kPa}$  以上であることが好ましい。

#### 【0026】

本発明では、このようにワイピングノズルの角度  $\theta$  を制御することで、鋼帯  $S$  に対して作用する衝突圧力の範囲を広げ、湯ジワの発生を抑制することを特徴とする。通常、ワイピングノズルは、ガス噴射方向が鋼帯  $S$  に対して略垂直になるように設置するため、衝突圧力が大きくなる。そのため、湯ジワが発生する条件で衝突圧力を測定すると、衝突圧力が経時的に振動していることが判明した。この原因として、特に低ガス圧力の場合は、ノズル内部の平行部分（図3（B）参照）で十分にポテンシャルコアが発達せず、ノズルから噴出した後の外気でポテンシャルコアが乱されたためと考えられる。

10

#### 【0027】

衝突圧力が振動している場合、衝突圧力の作用する範囲が局所的だと振動がそのままめっき付着量のムラになってしまう。一方、衝突圧力が振動していても、作用する範囲が広い場合、振動によって生じた液膜の凹凸が重なり合うため、結果として付着量ムラが生じにくくなる。衝突圧力が作用する範囲を拡大させる簡単な方法として、ワイピングノズルの角度  $\theta$  を制御する方法を実施した。

#### 【0028】

角度  $\theta$  を変更しながらワイピングを実施し、ワイピング後の表面外観を検査した。 $\theta = 0^\circ$  では湯ジワ欠陥が発生したが、 $\theta = 10^\circ$  以上で改善傾向が見られた。図4は、 $\theta = 0^\circ, 10^\circ, 30^\circ, 80^\circ$  の条件で測定した衝突圧力の分布曲線を比較したものである。図4において、(a)は  $\theta = 0^\circ$  の場合での衝突圧力分布曲線、(b)は  $\theta = 10^\circ$  の場合での衝突圧力分布曲線、(c)は  $\theta = 30^\circ$  の場合での衝突圧力分布曲線、(d)は  $\theta = 80^\circ$  の場合での衝突圧力分布曲線である。なお、図4において、 $b$  はノズルスリットの開口幅（ノズルギャップ）、 $y$  はガス噴流中心（ $y = 0$ ）からの鉛直方向距離であり、横軸の  $y/b$  は両者の比率を示す。 $y < 0$  はガス噴流中心より下方側（溶融めっき槽側）、 $y > 0$  はガス噴流中心より上方側（反溶融めっき槽側）を意味する。また、縦軸の衝突圧力比とは、それぞれ設定したノズル角度  $\theta$  での衝突圧力分布曲線の最大圧力を基準（1.0）としたときの、他の条件における衝突圧力の比率を示す。なお、「ガス噴流中心」とは、ガスが鋼帯に衝突する鉛直方向範囲の鉛直方向中心を意味する。

20

30

#### 【0029】

図4に示されるように、(b)の  $\theta = 10^\circ$  での衝突圧力分布は、(a)の  $\theta = 0^\circ$  での衝突圧力分布に比べて、衝突圧力比の半値幅（FWHM）は1.2倍に拡大しており、より広い範囲でワイピングをしていることを示している。また、(c)の  $\theta = 30^\circ$  での衝突圧力分布は、(b)の  $\theta = 10^\circ$  での衝突圧力分布と比較して、さらに衝突圧力比の半値幅が拡大している。このように、角度  $\theta$  を適切な範囲に設定し、半値幅を広げてワイピングすることで、衝突圧力の振動の影響を抑制できるため、湯ジワ抑制効果を得られたと考えられる。

#### 【0030】

一方、さらに角度を大きくした  $\theta = 80^\circ$  では、衝突圧力分布(d)は(b)よりも更になだらかな圧力分布で半値幅が拡大しているが、めっき後の鋼帯外観が再び悪化した。このときの外観が悪化した理由としては、ワイピングノズル先端と鋼帯の距離  $d$  を一定として、ワイピングノズルの角度  $\theta$  を大きくすると、ワイピングノズル上部と鋼帯  $S$  との隙間が極端に狭くなるため、ワイピングガスと鋼帯  $S$  の隙間からワイピングガスが上手く排出されず、不安定な圧力溜まりとなってしまうためと推定される（図5参照）。従って、ある角度以上では、衝突圧力分布の半値幅が増加する効果よりも、発生した圧力溜まりの影響が強くでてしまい、外観が徐々に悪化すると考えられる。また、角度  $\theta$  を大きくすることによって、ワイピングノズルと鋼帯  $S$  の距離が短くなり、鋼帯  $S$  が振動した場合、ワイピングノズルと接触する危険性がある。以上より、角度  $\theta$  は  $75^\circ$  以下とする。

40

#### 【0031】

50

さらに、角度  $\theta$  の上限に関しては、湯ジワの発生をより十分に抑制する観点から、ヘッド圧力  $P$  との関係で以下のように設定することが好ましい。すなわち、ヘッド圧力  $P$  が  $0 \sim 10\text{kPa}$  の場合には、 $75^\circ$  とすることが好ましく、ヘッド圧力  $P$  が  $10\text{kPa}$  超え  $20\text{kPa}$  以下の場合には、 $60^\circ$  とすることが好ましく、ヘッド圧力  $P$  が  $20\text{kPa}$  超え  $30\text{kPa}$  以下の場合には、 $50^\circ$  とすることが好ましい。

#### 【0032】

また、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、 $T_M - 150 \leq T \leq T_M + 250$  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。

#### 【0033】

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。

#### 【0034】

本実施形態において、熔融金属の成分は、Al :  $1.0 \sim 10$  質量%、Mg :  $0.2 \sim 1$  質量%、Ni :  $0 \sim 0.1$  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。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。また、熔融金属の組成が、5 質量% Al - Zn の場合や、55 質量% Al - Zn の場合にも、本発明の湯ジワを抑制する効果を得ることができる。

#### 【0035】

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上げることができ、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。

#### 【0036】

本実施形態では、角度  $\theta$  を上記範囲に設定しつつ、さらに、角度  $\theta$  を微調整する制御を行うことが好ましい。

#### 【0037】

第一の制御例としては、ガスワイピングノズルのヘッド圧力  $P$  の値に応じて、ワイピングノズルの角度  $\theta$  が  $10 \sim 75^\circ$  の範囲内のさらに好適な範囲又は値となるように制御するものである。既述のように、ワイピングノズルの角度  $\theta$  の  $10 \sim 75^\circ$  の範囲での好適範囲は、ヘッド圧力  $P$  の値に応じて変化する。そのため、以下のようにして角度  $\theta$  の調整を行うことで、湯ジワの抑制をより確実かつ十分に行うことができる。

#### 【0038】

図1を参照して、角度検出器 40 は、ノズル 20A, 20B の角度  $\theta$  を検出する装置であり、ノズル 20A, 20B が浴面に対して平行な状態で  $0^\circ$  を表示するよう調整されている。角度検出器 40 としては、分度器のような物理的な方式や、レーザーを使用した形式、特殊液の電気特性を応用した形式が挙げられるが、特にこれに限定されない。ノズル駆動装置 42 は、ノズル回転用モーターを備えており、角度  $\theta$  を変更することができる。メモリ 44 には、ヘッド圧力  $P$  とノズルの角度  $\theta$  との対応表、すなわち、ヘッド圧力  $P$  に対応する好適なノズル角度  $\theta$  の範囲に関する情報が格納されている。例えば、既述のとおり、ヘッド圧力  $P$  が  $0 \sim 10\text{kPa}$  の場合、角度  $\theta$  を  $10 \sim 75^\circ$  とし、ヘッド圧力  $P$  が  $10\text{kPa}$  超え  $20\text{kPa}$  以下の場合、角度  $\theta$  を  $10 \sim 60^\circ$  とし、ヘッド圧力  $P$  が  $20\text{kPa}$  超え  $30\text{kPa}$  以下の場合には、角度  $\theta$  を  $10 \sim 50^\circ$  とする対応表がメモリ 44 に記録されている。

## 【 0 0 3 9 】

ヘッダ圧力Pは、ライン速度、鋼帯の厚さ、目標のめっき付着量、ワイピングノズルの先端と鋼帯との距離等の操業条件から適宜決定することができる。そこで、所定の操業条件での操業に際して、あるいは、操業条件を変更するに際して、制御装置46は、決定されたヘッダ圧力Pに対応する好適な角度（好適範囲又は目標値）をメモリ44から読み出す。制御装置46は、メモリ44から読み出した角度と、角度検出器40の出力値から、必要な角度変更量を決定し、ノズル駆動装置42を制御する。ノズル駆動装置42は、制御装置46の出力値に応じて、ノズル20A, 20Bを所定の角度に回転させる。具体的には、制御装置46は、操業条件が変更されてヘッダ圧力Pが変更された場合に、変更後の圧力Pに対応する好適な角度をメモリ44から読み出し、角度検出器40により検出された検出角度が好適な角度を満たさない場合に、ノズル駆動装置42を制御して、検出角度を好適な角度とする。

10

## 【 0 0 4 0 】

第二の制御例としては、ワイピング後の鋼帯表面の外観を観察して、その結果に基づいて、角度を微調整するものである。図1を参照して、表面外観検出器48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48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46に入力する。表面外観検出器48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。制御装置46は、表面外観検出器48の出力に基づいて、ノズル駆動装置42を制御して、角度を微調整する。具体的には、以下のような制御を行う。

20

## 【 0 0 4 1 】

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＝スプラッシュ欠陥が多量に発生している亜鉛めっき鋼板（ $0 < Wa, 1.30 < S$ ）

×：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（ $1.50 < Wa, S < 1.30$ ）

○：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（ $1.00 < Wa < 1.50, S < 1.30$ ）

○：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（ $0.50 < Wa < 1.00, S < 1.30$ ）

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（ $0 < Wa < 0.50, S < 1.30$ ）

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Wa[ $\mu\text{m}$ ]の値である。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。

## 【 0 0 4 2 】

検出器で測定したWaが $0.50 < Wa < 1.00$ （すなわち合格「○」）の場合、ワイピングノズル角度が大きくなるよう微調整を行って、その後測定するWaが $0 < Wa < 0.50$ （すなわち合格「○」）となるようにする。これは、ワイピングノズル角度を大きくした場合、さらに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。

40

## 【 0 0 4 3 】

表面外観検出器48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Wa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。

## 【 0 0 4 4 】

ノズル高さHは低くしすぎると、浴面スプラッシュが多量に発生するため、200mm以

50



上の高さが望ましい。図3(A)に記載のノズル高さHやガスワイピングノズル先端と鋼帯間の距離 $d$ は、必ずしもワイピングノズル角度と連動させる必要はないが、目標付着量や浴面スブラッシュ量に応じて適宜変更することが好ましい。

#### 【実施例】

##### 【0045】

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、ノズルギャップが1.2mmのものを使用した。各発明例及び比較例で、めっき浴の組成、めっき浴の温度 $T$ 、めっき浴の融点 $T_M$ 、ノズルの角度、ワイピングガス圧力 $P$ 、ガス種、及びワイピングガスの温度 $T$ は、表1に示すものとした。ノズル先端と鋼帯との距離 $d$ は15mmとした。ノズルの浴面からの高さ $H$ は350mmとした。

10

##### 【0046】

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。こうして、板厚1.2mm×板幅1000mmの鋼帯を、鋼帯速度 $L$ (ライン速度)2m/sで通板して、熔融亜鉛めっき鋼帯を製造した。

##### 【0047】

また、製造された熔融亜鉛めっき鋼帯の外観と、両面の合計めっき付着量を評価した。鋼板の外観評価については、以下の基準で合否を判断した。結果を表1に示す。

××：不合格＝スブラッシュ欠陥が多量に発生している亜鉛めっき鋼板( $0 < Wa, 1.30$  S)

20

×：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( $1.50 < Wa, S < 1.30$ )

：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( $1.00 < Wa \leq 1.50, S < 1.30$ )

：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( $0.50 < Wa \leq 1.00, S < 1.30$ )

：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( $0 < Wa \leq 0.50, S < 1.30$ )

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 $Wa$  [ $\mu m$ ]の値である。スブラッシュ混入率 $S$ は、各製造条件で通過した鋼帯長さに対する、検査工程でスブラッシュ欠陥ありと判定された鋼帯長さの比率 [%] である。

30

##### 【0048】

【 表 1 】

No.	区分	めっき種	めっき浴組成[%]					T <sub>M</sub> [°C]	ノズル角度θ [°]	ガス圧力P [kPa]	ガス種	ガス温度 [°C]	付着量 [g/m <sup>2</sup> ]	Wa [μm]	スブラッシュ 混入率S [%]	外観
			Al	Mg	Ni	Si	Zn									
1	比較例	A	0.2	0	0	0	残部	460	420	14	空気	100	128	2.18	0.23	×
2	発明例															
3	発明例															
4	発明例															
5	比較例	B	4.5	0.5	0.05	0	残部	450	375	30	空気	100	78	0.76	1.83	××
6	比較例															
7	比較例															
8	比較例															
9	発明例	C	5	0	0	0	残部	450	375	14	空気	100	130	0.94	0.30	○
10	発明例															
11	発明例															
12	比較例															
13	比較例	D	55	0	0	1.6	残部	610	570	14	空気	450	133	1.42	0.30	△
14	比較例															
15	比較例															
16	比較例															
17	発明例	E	5	0.9	0	0	残部	450	375	14	空気	100	131	0.98	0.39	○
18	比較例															
19	比較例															
20	比較例															
21	発明例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
22	比較例															
23	比較例															
24	比較例															
25	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
26	比較例															
27	比較例															
28	比較例															
29	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
30	比較例															
31	比較例															
32	比較例															
33	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
34	比較例															
35	比較例															
36	比較例															
37	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
38	比較例															
39	比較例															
40	比較例															
41	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
42	比較例															
43	比較例															
44	比較例															
45	比較例	F	4.9	0.6	0.09	0	残部	450	375	14	空気	100	132	1.42	0.41	△
46	比較例															
47	比較例															
48	比較例															

【 0 0 4 9 】

表 1 から明らかなように、ノズル角度 が10～75度かつワイピングガス圧力 P が30kPa 未満の場合、Waが低く美しい表面外観が得られるのに対して、ノズル角度 又はガスワイピング圧力 P が本発明範囲を外れる場合、Waまたはスブラッシュ混入率Sが大きくなって

10

20

30

40

50

しまった。特に、めっき種 B , E , F では、ノズル角度 及びワイピングガス圧力 P を本発明範囲とした場合の効果が顕著に得られた。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 0 】

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。

【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

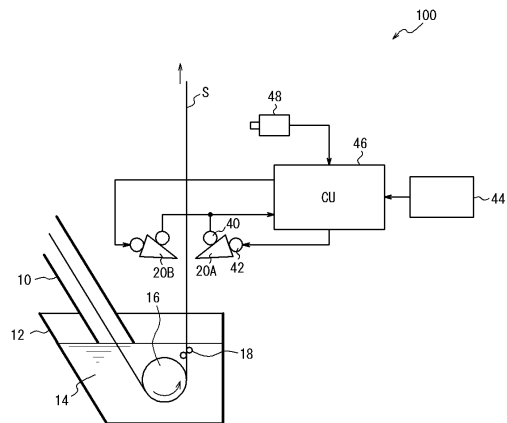
- 1 0 0 連続熔融金属めっき設備
- 1 0 スナウト
- 1 2 めっき槽
- 1 4 熔融金属浴
- 1 6 シンクロール
- 1 8 サポートロール
- 2 0 A , 2 0 B ガスワイピングノズル
- 2 2 ノズルヘッド
- 2 4 A 上ノズル部材
- 2 4 B 下ノズル部材
- 2 6 噴射口
- 4 0 角度検出器
- 4 2 ノズル駆動装置
- 4 4 メモリ
- 4 6 制御装置
- 4 8 表面外観検出器
- S 鋼帯

10

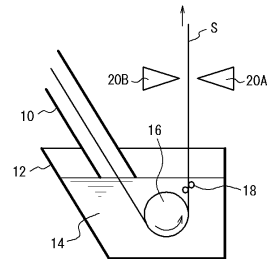
20

30

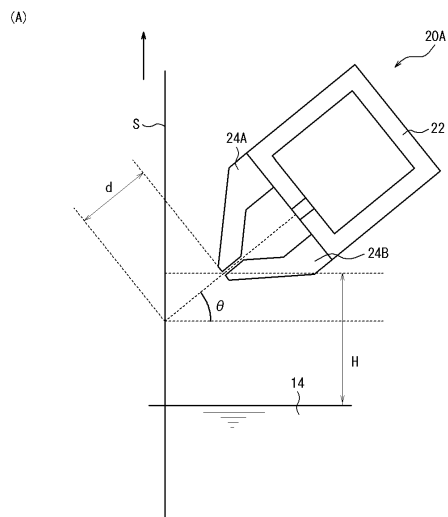
【図 1】



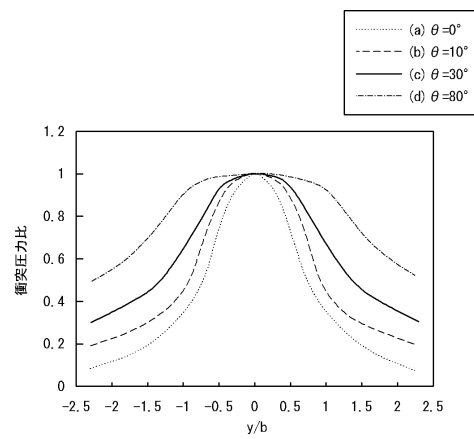
【図 2】



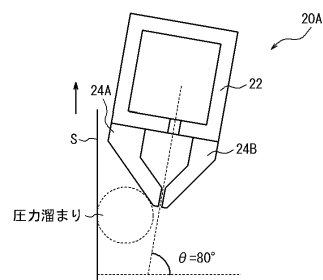
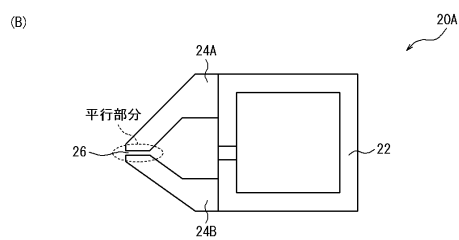
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

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

審査官 國方 康伸

- (56)参考文献 特開2011-068951(JP, A)  
特開平6-184717(JP, A)  
国際公開第2016/056178(WO, A1)  
特開2014-055307(JP, A)  
特開2001-279415(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C23C 2/00