

(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2017-196636

(P2017-196636A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.
B22D 11/06 (2006.01)F1
B22D 11/06 330Bテーマコード (参考)
4E004

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-88450 (P2016-88450)
(22) 出願日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)(71) 出願人 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 100175802
弁理士 寺本 光生
(74) 代理人 100106909
弁理士 棚井 澄雄
(74) 代理人 100134359
弁理士 勝俣 智夫
(74) 代理人 100188592
弁理士 山口 洋

最終頁に続く

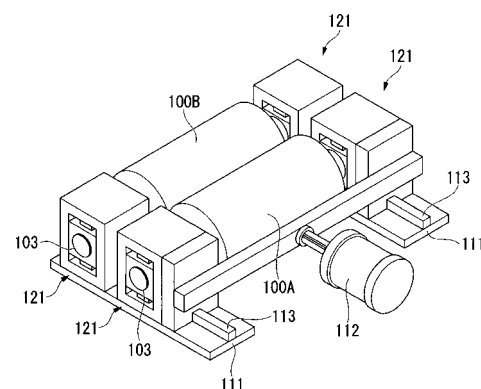
(54) 【発明の名称】 双ドラム式連続鋳造装置、及び、金属薄帯の製造方法

(57) 【要約】

【課題】金属薄帯のクラウン及びウェッジを精度良く調整することができ、幅方向での厚み分布が安定した高品質な金属薄帯を製造することが可能な双ドラム式連続鋳造装置を提供する。

【解決手段】一対の冷却ドラム100A、100Bのうちの少なくとも一方の冷却ドラム100Aを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させる第1移動機構と、一対の冷却ドラム100A、100Bを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させる第2移動機構と、を有し、前記第2移動機構は、一対の冷却ドラム100A、100Bの回転軸の交差角を調整する交差角調整機構と、前記交差角を維持した状態で一対の冷却ドラム100A、100Bの鋳造方向におけるオフセット量を調整するオフセット機構と、前記交差角に応じて前記オフセット量を制御するオフセット制御部と、を備えている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転する一对の冷却ドラムにより金属溶湯を凝固させて金属薄帯を製造する双ドラム式連続鑄造装置であって、

前記一对の冷却ドラムのうちの少なくとも一方の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させる第 1 移動機構と、前記一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させる第 2 移動機構と、を有し、

前記第 2 移動機構は、前記冷却ドラムの回転軸を前記金属薄帯の板面と平行する面内で傾斜させ、前記一对の冷却ドラムの交差角を調整する交差角調整機構と、前記一对の冷却ドラムの交差角を維持した状態で、前記一对の冷却ドラムの鑄造方向におけるオフセット量を調整するオフセット機構と、前記交差角に応じて前記一对の冷却ドラムのオフセット量を制御するオフセット制御部と、を備えていることを特徴とする双ドラム式連続鑄造装置。

10

【請求項 2】

前記第 2 移動機構は、前記交差角調整機構とオフセット機構とが、共通の機構によって構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の双ドラム式連続鑄造装置。

【請求項 3】

前記第 1 移動機構は、前記金属薄帯の板面に直交する面内において前記一对の冷却ドラムの回転軸が互いに平行な状態を維持したままの状態、少なくとも一方の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させるガイド部を備えていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の双ドラム式連続鑄造装置。

20

【請求項 4】

前記一对の冷却ドラムの下流側に、前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測する厚み分布計測器が配設されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の双ドラム式連続鑄造装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の双ドラム式連続鑄造装置を用いた金属薄帯の製造方法であって、

前記金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差を前記交差角調整機構によって調整し、前記金属薄帯の両端部の厚みの差を前記オフセット機構によって調整することを特徴とする金属薄帯の製造方法。

30

【請求項 6】

請求項 4 に記載の双ドラム式連続鑄造装置を用いて、前記厚み分布計測器により前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測し、

前記金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差を所定の目標値となるように、かつ、前記金属薄帯の両端部の厚みの差が小さくなるように、前記交差角調整機構及び前記オフセット機構をフィードバック制御することを特徴とする請求項 5 に記載の金属薄帯の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、回転する一对の冷却ドラムにより金属溶湯を凝固させて金属薄帯を製造する双ドラム式連続鑄造装置、及び、この双ドラム式連続鑄造装置を用いた金属薄帯の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

金属薄帯を製造する場合、例えば特許文献 1 に示されるように、一对の連続鑄造用冷却ドラム（以下、冷却ドラムという。）を平行に配置し、対向する周面をそれぞれ上方から下方に回転させ、これら冷却ドラムの周面によって形成された湯溜まり部に金属溶湯を注入し、金属溶湯を冷却ドラムの周面上で冷却、凝固させて、金属薄帯を連続鑄造する双

50

ラム式連続鋳造装置が用いられている。このような双ドラム式連続鋳造装置は、各種金属において適用されている。

【0003】

双ドラム式連続鋳造装置は、鋳造開始前には、冷却ドラムは低温であることが一般的である。鋳造を開始すると、冷却ドラムは高温の金属溶湯との接触により昇温する。また、冷却ドラムは、内面から冷却媒体（例えば、冷却水）によって一定温度以上にならないように冷却されている。冷却ドラムの温度が一定に到達して以降の期間を定常鋳造時といい、定常鋳造時の冷却ドラムの温度を定常温度という。

【0004】

冷却ドラムのプロフィールは、鋳造を開始してから定常鋳造時に到達するまでに、経過時間とともに変化する（熱膨張する）。そのため、冷却ドラムの初期プロフィールは、定常鋳造時における金属薄帯の板プロフィール（クラウン）が所望の板プロフィールとなるように冷却ドラムの幅中央部のドラム径が冷却ドラムの両端部のドラム径よりも小さくされた凹クラウンに設定されている。（以下、冷却ドラムの初期の径分布のことをイニシャルクラウンという。）

10

【0005】

上述のように、鋳造開始時における冷却ドラムには凹クラウンが設定されていることから、鋳造開始直後の金属薄帯の板プロフィールは板中央部の板厚は厚く、板端部の板厚は薄くなるような分布となっており、鋳造時間の経過とともにこの板厚偏差は減少して行き、定常鋳造時の金属薄帯の板プロフィールは板中央部の板厚と板端部の板厚との差が小さくなり、平坦な板面に近づいていく。この定常鋳造時の金属薄帯の具体的なクラウンは、最終製品の板厚となった際に顧客の要求を満足するように設定される。

20

【0006】

ここで、金属薄帯のクラウンを制御する手段として、例えば特許文献1、2には、一对の冷却ドラムの回転軸を、金属薄帯の板面と平行する面内で互いに反対方向に傾斜させ、一对の冷却ドラム間の最接近距離の幅方向の分布を二次曲線状とする技術が開示されている。

【0007】

また、双ドラム式連続鋳造装置によって金属薄帯を製造する場合、一对の冷却ドラムは、鋳造方向（金属薄帯の引き抜き方法）から見て回転軸が平行になるように配置されており、鋳造中は回転軸の平行を維持したまま所定の押圧力で金属薄帯を挟圧している。金属薄帯からの反力は、凝固状態によって変化し、幅方向に不均一となることがある。このため、機械装置の剛性まで含めて考えれば、一对の冷却ドラムの回転軸の平行度を厳密に保つことは困難である。このため、金属薄帯には、両端部における厚みの差、いわゆるウェッジが発生することがある。また、金属薄帯からの反力の幅方向の不均一が幅中央部と両端部を含む場合には、クラウンにも影響がある。

30

このようなウェッジについては、特許文献1、2に記載された方法では、制御することができなかった。

【0008】

ここで、双ドラム式連続鋳造装置には、鋳造される金属薄帯の厚みを変更するため、及び、金属薄帯に狭圧力を負荷するために、一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させて間隔を調整するドラム開閉機構が設けられている。そして、例えば特許文献3には、相対する一对の冷却ドラムの平行度を保つために、冷却ドラムの軸方向の両端にそれぞれ油圧シリンダを配設し、これらの油圧シリンダを個別に位置制御しつつ、常に同量だけ移動させる構造が開示されている。

40

【0009】

また、双ドラム式連続鋳造装置においては、特に鋳造開始直後の凝固状態の変動により、金属薄帯の厚みが局部的に増大して瘤ができたり、凝固シェルが薄くなり一定のドラム間隔では金属薄帯に対して狭圧力を付与できなくなったりすることがある。この対策として、特許文献4には、油圧回路中にアキュムレータを設け、冷却ドラムを金属薄帯に対し

50

て弾力的に押し付ける方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開昭60-024250号公報

【特許文献2】特公平06-102255号公報

【特許文献3】特公平03-069616号公報

【特許文献4】特許第2957040号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0011】

ところで、特許文献3では、凝固状態が安定した後に油圧回路を切り替えて、冷却ドラムの平行度を保ちつつ位置制御を行う構成とされているが、鑄造開始直後から一貫して冷却ドラムの平行度を維持できず、鑄造が安定して所定の形状の金属薄帯を得るまでに時間を要するといった問題があった。また、油圧装置が複雑となるといった問題があった。

また、特許文献4のように、冷却ドラムの軸方向の両端にそれぞれ油圧シリンダを配設し、これらの油圧シリンダを個別に位置制御する構造において、アキュムレータを配設して弾力性を付与した場合には、一对の冷却ドラムの平行度を厳密に保つことができなくなってしまうといった問題があった。

【0012】

20

本発明は、金属薄帯のクラウン及びウェッジを精度良く調整することができ、幅方向での厚み分布が安定した高品質な金属薄帯を製造することが可能な双ドラム式連続鑄造装置、及び、この双ドラム式連続鑄造装置を用いた金属薄帯の製造方法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】

【0013】

上記課題を解決するために、本発明に係る双ドラム式連続鑄造装置は、回転する一对の冷却ドラムにより金属溶湯を凝固させて金属薄帯を製造する双ドラム式連続鑄造装置であって、前記一对の冷却ドラムのうちの少なくとも一方の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させる第1移動機構と、前記一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させる第2移動機構と、を有し、前記第2移動機構は、前記冷却ドラムの回転軸を前記金属薄帯の板面と平行する面内で傾斜させて前記一对の冷却ドラムの前記回転軸の交差角を調整する交差角調整機構と、前記一对の冷却ドラムの交差角を維持した状態で前記一对の冷却ドラムの鑄造方向におけるオフセット量を調整するオフセット機構と、前記交差角に応じて前記一对の冷却ドラムのオフセット量を制御するオフセット制御部と、を備えていることを特徴としている。

30

なお、本発明において、オフセット量とは、一对の冷却ドラムの幅中央における、これら一对の冷却ドラムの鑄造方向の相互位置のずらし量を意味する。

【0014】

この構成の双ドラム式連続鑄造装置によれば、前記一对の冷却ドラムのうちの少なくとも一方の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させる第1移動機構と、前記一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させる第2移動機構と、がそれぞれ独立して設けられているので、第1移動機構によって一对の冷却ドラム間の開度を調整しつつ、第2移動機構によって一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させることが可能となる。

40

【0015】

また、前記一对の冷却ドラムの前記回転軸を傾斜させて交差させることにより、一对の冷却ドラム間の最接近距離の幅方向の分布を二次曲線状とすることができる。ここで、本発明では、前記第2移動機構が前記冷却ドラムの回転軸を前記金属薄帯の板面と平行する面内で傾斜させて前記一对の冷却ドラムの前記回転軸の交差角を調整する交差角調整機構

50

を備えているので、前記一对の冷却ドラムの前記回転軸の交差角を調整することで、金属薄帯のクラウンを制御することが可能となる。

【0016】

そして、前記一对の冷却ドラムの前記回転軸を傾斜させて交差させた状態で、前記一对の冷却ドラムの鋳造方向の相対位置をオフセットさせると、一对の冷却ドラム間の最接近距離の幅方向の分布を示す二次曲線の中心が幅中央から幅端部側へと移動し、冷却ドラムの幅方向の一端側と他端側とで、一对の冷却ドラム間の最接近距離に差を設けることが可能となる。ここで、本発明では、前記第2移動機構が前記一对の冷却ドラムの交差角を維持した状態で前記一对の冷却ドラムの鋳造方向のオフセット量を調整するオフセット機構を備えているので、オフセット量を調整することで、金属薄帯の両端部の厚みの差、いわゆるウェッジを調整することが可能となる。

10

なお、オフセットによって生じる冷却ドラムの幅方向の一端側と他端側における前記最接近距離の差は、交差角に応じて変化することから、前記交差角に応じて前記一对の冷却ドラムのオフセット量を制御するオフセット制御部を備えることによって、金属薄帯のウェッジに応じて、オフセット量を精度良く制御することが可能となる。

この結果、金属薄帯のクラウンの制御とウェッジの制御とを同時に且つ精度よく行うことができる。

【0017】

ここで、本発明の双ドラム式連続鋳造装置においては、前記第2移動機構は、前記交差角調整機構とオフセット機構とが、共通の機構によって構成されていてもよい。

20

この場合、前記一对の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面に平行な方向に移動させる第2移動機構として一つの機構を設けることで、前記交差角調整機構及びオフセット機構を構成することができ、装置構成が簡単となる。

【0018】

また、本発明の双ドラム式連続鋳造装置においては、前記第1移動機構は、前記金属薄帯の板面に直交する面内において前記一对の冷却ドラムが互いに平行な状態を維持したまま、少なくとも一方の冷却ドラムを前記金属薄帯の板面と直交する方向に移動させるガイド部を備えていることが好ましい。

この場合、前記一对の冷却ドラムが互いに平行な状態を維持したまま、冷却ドラムの開閉、交差角及びオフセット量を制御することができ、金属薄帯の板厚、クラウン及びウェッジの制御を精度良く行うことができる。

30

【0019】

さらに、本発明の双ドラム式連続鋳造装置においては、前記一对の冷却ドラムの下流側に、前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測する厚み分布計測器が配設されていることが好ましい。

この場合、厚み分布計測器によって前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測し、この計測値を用いて前記交差角調整機構及び前記オフセット機構をフィードバック制御することができ、金属薄帯のクラウン及びウェッジの制御をさらに精度良く行うことが可能となる。

【0020】

本発明の金属薄帯の製造方法は、上述の双ドラム式連続鋳造装置を用いた金属薄帯の製造方法であって、前記金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差を前記交差角調整機構によって調整し、前記金属薄帯の両端部の厚みの差を前記オフセット機構によって調整することを特徴としている。

40

この構成の金属薄帯の製造方法によれば、上述の双ドラム式連続鋳造装置を用いているので、前記金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差（クラウン）を前記交差角調整機構によって調整し、前記金属薄帯の両端部の厚みの差（ウェッジ）を前記オフセット機構によって調整することにより、幅方向での厚み分布が安定した高品質な金属薄帯を製造することが可能となる。

【0021】

ここで、本発明の金属薄帯の製造方法においては、上述の双ドラム式連続鋳造装置を用

50

いて、前記厚み分布計測器により前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測し、前記金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差を所定の目標値となるように、かつ、前記金属薄帯の両端部の厚みの差が小さくなるように、前記交差角調整機構及び前記オフセット機構をフィードバック制御する構成とすることが好ましい。

この場合、前記厚み分布計測器により前記金属薄帯の幅方向厚み分布を計測し、前記交差角調整機構及び前記オフセット機構をフィードバック制御しているので、金属薄帯のクラウン及びウェッジの制御を精度良く行うことが可能となる。

【発明の効果】

【0022】

上述のように、本発明によれば、双ドラム式連続鑄造装置において、冷却ドラムの回転軸を前記金属薄帯の板面と平行する面内で傾斜させて前記一对の冷却ドラムの交差角を調整するとともに、前記一对の冷却ドラムの交差角を維持した状態で前記一对の冷却ドラムの鑄造方向のオフセット量を調整することで、金属薄帯のクラウン及びウェッジを精度良く調整でき、幅方向での厚み分布が安定した高品質な金属薄帯を製造することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施形態である双ドラム式連続鑄造装置の概略構成を示す説明図である。

【図2】第2移動機構の説明図である。

【図3】本発明の実施形態である双ドラム式連続鑄造装置における冷却ドラム周辺の概略を示す斜視図である。

【図4】図3に示す冷却ドラム周辺の上面説明図である。

【図5】図3に示す冷却ドラム周辺の側面説明図である。

【図6】一对の冷却ドラムの回転軸を交差させた際の冷却ドラム間の最接近距離を示す説明図である。

【図7】図6において、冷却ドラム間の最接近距離の幅方向の分布を示すグラフである。

【図8】一对の冷却ドラムの交差角を維持した状態で冷却ドラムの鑄造方向のオフセット量を変化させた場合における冷却ドラム間の最接近距離を示す説明図である。

【図9】オフセット量と冷却ドラム間の最接近距離の幅方向分布との関係を示すグラフである。

【図10】オフセット量と冷却ドラム間の最接近距離の変化量の幅方向分布との関係を示すグラフである。

【図11】交差角を変化させた場合のオフセット量と冷却ドラム間の最接近距離の変化量の幅方向分布との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、添付した図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

本実施形態である双ドラム式連続鑄造装置10は、図1に示すように、一对の冷却ドラム（第1冷却ドラム100A、第2冷却ドラム100B）と、金属薄帯Sを支持するピンチロール13と、一对の冷却ドラム100A、100Bの幅方向端部に配設されたサイド堰15と、これら一对の冷却ドラム100A、100Bとサイド堰15とによって画成された金属溶湯溜まり部16に供給される金属溶湯3を保持するタンディッシュ18と、このタンディッシュ18から金属溶湯溜まり部16へと金属溶湯3を供給する浸漬ノズル20と、を備えている。

【0025】

本実施形態では、一对の冷却ドラム（第1冷却ドラム100A、第2冷却ドラム100B）は、例えば、外径800mm、ドラム胴長（幅）1200mmとされている。なお、一对の冷却ドラム100の外径、ドラム胴長（幅）は、これに限定されないことはいうまでもない。

【0026】

ここで、本実施形態における一对の冷却ドラム100A、100Bの周辺構造を図2から図5に示す。

本実施形態である双ドラム式連続鑄造装置10においては、一对の冷却ドラム100A、100Bのうちの少なくとも一方の冷却ドラム（本実施形態では、図4から図5に示すように、第1冷却ドラム100A）を金属薄帯Sの板面と直交する方向（本実施形態では水平方向）に移動させる第1移動機構と、一对の冷却ドラム100A、100Bを金属薄帯Sの板面に平行な方向（本実施形態では鉛直方向）に移動させる第2移動機構と、を有している。

【0027】

10

ここで、本実施形態である双ドラム式連続鑄造装置10においては、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bは、図2に示すように、それぞれの回転軸の両端がチョック103に軸支されており、このチョック103が傾動フレーム121内に配設されている。

傾動フレーム121は、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bの回転軸の両端に設けられたチョック103をそれぞれ上下動させる構造とされている。

【0028】

ここで、傾動フレーム121において、チョック103を上下動させる機構は特に限定しない。例えばチョック103の下部に油圧ラム122を設置し、上部からばね123で押しつける方法でもよい。ばね力が十分であれば、ばね123を下部に、油圧ラム122を上部に設置してもよいし、それを冷却ドラム100A、100Bの一方側と他端側とで変えても構わない。

20

本実施形態では、チョック103の下側に油圧ラム122が配設されるとともに、チョック103の上側にばね123が配設された構造とした。

【0029】

この傾動フレーム121を用いることにより、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bの回転軸を金属薄帯Sの板面と平行する面内で傾斜させ、一对の冷却ドラム100A、100Bの回転軸の交差角 2θ を調整することが可能となる。

また、一对の冷却ドラム100の回転軸の交差角 2θ を維持した状態で、一对の冷却ドラム100A、100Bの鑄造方向（鉛直方向）のオフセット量を調整することが可能となる。

30

【0030】

すなわち、本実施形態では、この傾動フレーム121が、一对の冷却ドラム100A、100Bを金属薄帯Sの板面に平行な方向（本実施形態では鉛直方向）に移動させる第2移動機構を構成している。そして、この第2移動機構が、交差角調整機構とオフセット機構を兼備している。

また、本実施形態においては、傾動フレーム121には、交差角 2θ に応じて第1冷却ドラム100Aと第2冷却ドラム100Bとの鑄造方向（鉛直方向）のオフセット量を制御するオフセット制御部（図示なし）が配設されている。

【0031】

40

また、本実施形態では、図3に示すように、第2冷却ドラム100Bを支持する傾動フレーム121は、架台111の上に固定されており、第1冷却ドラム100Aを支持する傾動フレーム121は、油圧シリンダ112によって、架台111上に設けられたガイドレール113に沿って架台111上を水平方向に移動可能に配置されている。

このガイドレール113は、鉛直方向から見て第1冷却ドラムA100Aの回転軸と第2冷却ドラム100Bの回転軸とが平行な状態を維持したまま、第1冷却ドラム100Aを第2冷却ドラム100Bに対して近接離反させることが可能な構成とされている。

【0032】

本実施形態では、ガイドレール113及び油圧シリンダ112が、一对の冷却ドラム100のうちの少なくとも一方の冷却ドラム（第1冷却ドラム100A）を金属薄帯Sの板

50

面と直交する方向（本実施形態では水平方向）に移動させる第１移動機構を構成している。

なお、鑄造初期には第１冷却ドラム１００Ａ及び第２冷却ドラム１００Ｂを金属薄帯Ｓに弾力的に押し付けることが必要になる一方で、安定鑄造期には金属薄帯Ｓの厚みを一定に保つために第１冷却ドラム１００Ａと第２冷却ドラム１００Ｂとの間隔をしっかりと固定する必要も生じる。第１冷却ドラム１００Ａの移動機構は特に限定しないが、本実施形態のように油圧シリンダ１１２を用いて油圧回路を切り替えることでその両方を実現できる。

【００３３】

また、本実施形態では、図３から図５に示すように、第１移動機構による第１冷却ドラム１００Ａの位置を検出する位置検出器１１５が設けられている。この位置検出器１１５は、第１冷却ドラム１００Ａ及び第２冷却ドラム１００Ｂを接触させた状態を基準とし、第１冷却ドラム１００Ａの位置を検出する構成とされている。なお、位置検出器１１５は、例えば油圧シリンダ１１２内に設けた変位計でもよい。

さらに、本実施形態では、第２冷却ドラム１００Ｂの傾動フレーム１２１にそれぞれ荷重計１１６が配設されている。また、油圧シリンダ１１２の圧力を測定する圧力計１１７が配設されている。

【００３４】

また、本実施形態では、図５に示すように、一対の冷却ドラム１００Ａ、１００Ｂの下流側に、金属薄帯Ｓの幅方向厚み分布を計測する厚み分布計測器１０７が配設されている。そして、この厚み分布計測器１０７によって測定された金属薄帯Ｓの幅方向厚み分布に応じて、第１冷却ドラム１００Ａの回転軸と第２冷却ドラム１００Ｂの回転軸との交差角 2θ 、及び、第１冷却ドラム１００Ａと第２冷却ドラム１００Ｂとの鑄造方向（鉛直方向）のオフセット量がフィードバック制御される構成とされている。

【００３５】

ここで、第１冷却ドラム１００Ａの回転軸と第２冷却ドラム１００Ｂの回転軸とを交差させた場合には、図６及び図７に示すように、第１冷却ドラム１００Ａと第２冷却ドラム１００Ｂとの間の最接近距離 δ は、幅方向で二次曲線状に分布することになる。なお、この最接近距離 δ は、以下の式によって算出され、最接近距離 δ の軸線方向（幅方向）の分布は交差角 2θ によって変化することになる。ここで、図中および式中の D は冷却ドラムの直径、 h は水平方向における（つまり平面視における）一対の冷却ドラム間の距離、 x はドラム幅方向におけるドラム幅中央からの距離、 L は冷却ドラムのドラム胴長である。

【数１】

$$\delta = \sqrt{(D + h)^2 + (2x \tan \theta)^2} - D \quad \cdots (1)$$

【００３６】

なお、第１冷却ドラム１００Ａの回転軸と第２冷却ドラム１００Ｂの回転軸との交差角 2θ は、第１冷却ドラム１００Ａ及び第２冷却ドラム１００Ｂの直径や胴長にもよるが、 3.0° で十分な場合が多い。例えば、ドラム胴長が 1200 mm 、幅両端のチョック１０３の中心間距離が 2000 mm とした場合、交差半角 θ で 1.5° の傾斜とは幅両端のチョック１０３で約 52 mm の高低差に相当する。第１冷却ドラム１００Ａの回転軸と第２冷却ドラム１００Ｂの傾動方向を定めておけば、例えば一方のチョック１０３は $0 \sim 26\text{ mm}$ 、他方のチョック１０３は -26 から 0 mm の調整範囲があればよい。

【００３７】

そして、第１冷却ドラム１００Ａ及び第２冷却ドラム１００Ｂを交差させ、第１冷却ドラム１００Ａと第２冷却ドラム１００Ｂとの間の最接近距離 δ を幅方向で二次曲線状に分布させた状態で、第１冷却ドラム１００Ａと第２冷却ドラム１００Ｂの鑄造方向（鉛直方向）のオフセット量を調整すると、図９に示すように、二次曲線の極小点位置が幅方向中央から移動する。これにより、図９及び図１０に示すように、第１冷却ドラム１００Ａと

第2冷却ドラム100Bとの間の最接近距離 δ が、幅両端部で異なる値となる。

なお、図11に示すように、第1冷却ドラム100Aの回転軸と第2冷却ドラム100Bの回転軸との交差角 2θ によって、オフセット量 f による最接近距離 δ の変化量が変わることになる。このため、第1冷却ドラム100Aの回転軸と第2冷却ドラム100Bの回転軸との交差角 2θ に応じて、オフセット量を調整する必要がある。そこで、本実施形態では、上述したオフセット制御部を備えている。

【0038】

以上のような構成の双ドラム式連続鑄造装置10においては、金属溶湯3が回転する冷却ドラム100A、100Bに接触して冷却されることにより、冷却ドラム100A、100Bの周面の上で凝固シェル5、5が成長し、一对の冷却ドラム100A、100Bにそれぞれ形成された凝固シェル5、5同士がドラム最接近点で圧着されることによって、所定厚みの金属薄帯Sが鑄造される。

【0039】

ここで、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bの熱膨張は、鑄造が進むにつれて幅中央が幅両端部に比べて径が大きくなる方向に進む。すなわちサーマルクラウンが成長する。結果として第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bの間隙分布は、次第に幅中央が狭くなるように変化する。一方で、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bの交差角 2θ が大きくなるほど幅中央のドラム間隙が狭くなる。したがって、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bのサーマルクラウン成長を補償するためには、交差角 2θ は初期値を大きくしておき、その後次第に小さくする必要がある。

【0040】

なお、金属薄帯Sのクラウンは、鑄造以降の圧延等の工程での作業安定性等の理由から、幅中央が両端部より僅かに厚い形状を狙うのが一般的である。サーマルクラウンの大凡の成長量を予め予測し、これを補償するに十分な交差角操作範囲を定めることが好ましい。

基本的にはその操作範囲の最大角度を初期設定角度とし、初期設定角度におけるドラム間隙分布が金属薄帯Sの狙いのクラウンと一致するように、第1冷却ドラム100A及び第2冷却ドラム100Bのイニシャルクラウンを予め研磨によって形成しておくことが好ましい。

【0041】

なお、金属薄帯Sの狙い厚み、狙いクラウンは鑄造のスタート時と安定化後で意図的に変えても良い。例えばスタート時には鑄造の安定性に配慮し、本来の狙いよりもやや厚目、クラウン大とすることもある。ドラム間隔、交差角 2θ の初期設定や、イニシャルクラウンの設定においてはこれも考慮する。鑄造開始後はドラム下流側に設置した厚み分布計測器107による厚み、クラウン計測結果に基づいて、それらがその時々狙いと一致するように、第1移動機構および第2移動機構の動作をフィードバック制御する。

【0042】

ここで、ウェッジが検知されれば、これを補償する方向にオフセットをフィードバック制御する。なお、オフセットを操作すると幅中央部でのドラム間隙も僅かながら変化してしまう。その変化量はドラム径とオフセット量から幾何学的に決まるため、オフセット操作時に同時に、冷却ドラム間の距離を補正制御しても良いが、変化量が微小であることから、特に考慮せず、厚み分布計測器107の測定結果で第1移動機構の動作を変更するフィードバック制御で補償する方式としても問題はない。

【0043】

以上のように、本実施形態である双ドラム式連続鑄造装置および金属薄帯の製造方法によれば、金属薄帯の幅中央部と幅端部との厚みの差（クラウン）を交差角調整機構によって調整し、金属薄帯の両端部の厚みの差（ウェッジ）をオフセット機構によって調整することにより、幅方向での厚み分布が安定した高品質な金属薄帯を製造することができ、さらに鑄造状態の変化が生じた場合であっても、安定的に応答良く制御することが可能とな

る。

【0044】

なお、この発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の変更をすることが可能である。

【実施例】

【0045】

次に、本発明の効果を確認した実験結果について説明する。

前述の実施形態と同様の構成の双ドラム連続鑄造装置において、幅中央の直径が800 mm、胴長が1200 mmの一对の冷却ドラムを用い、板厚2 mmの低炭素鋼の鑄造を行った。

10

幅方向両端部のチョック間距離は2000 mmで、一对の冷却ドラムの回転軸の両端を軸支する計4チョックはそれぞれ実施形態で説明した傾動フレームに収容されている。一对の冷却ドラム間の間隙は、片方のドラムの開閉機構で調整可能で、もう一方のドラムは開閉機構を有しないが、鋼帯から受ける反力を検出可能な状態で支持されている。

【0046】

また、冷却ドラムの最接近点の下方1000 mmの位置に鋼帯の厚みを幅方向に多点同時計測できる厚み分布計測器を設置した。但し、厚み分布計測器で鋼帯幅最端部の厚みを測ることはできないため、以下において、鋼帯幅両端厚みとは、最端部から75 mm中央寄りの位置での厚みを指す。

【0047】

20

鑄造開始時においては、冷却ドラムは、金属製のダミーシートを所定の力で挟圧したまま静止しており、ドラム上方に設置されたタンディッシュから溶鋼を注入し始めた直後から回転を始め、加速した。ダミーシートに引き続き鋼帯が鑄造され、下方に排出されるが、この時点では冷却ドラムは弾力的に押しつけられており、鑄造状態の過渡的な変化に応じて鋼帯の厚みも大きく変化する。具体的には一旦、瘤とも呼ばれる局厚部が過ぎた後で漸減する。鑄造が安定した後に冷却ドラムの押し付けを剛性の高い開閉位置制御に切り替え、鋼帯の幅中央部の厚みが2.0 mmとなるように、厚み分布計測器の検出値を元にフィードバック制御した。

【0048】

鋼帯の凝固は冷却ドラムに接した表層部分から進み、一对の冷却ドラムの最接近点で厚みのほぼ全域が凝固することになる。凝固がこれより遅過ぎればドラム出側で破断などが生じ、早過ぎればドラム間に過大な反力が生じる。このためドラム反力を検知し、これが適値となるようにドラムの回転速度を調整した。結果的に定常状態の鑄造速度は155 mpmとなった。

30

【0049】

二つの冷却ドラムには研磨によって幅方向中央で径小、幅方向両端部で径大となる凹型のイニシャルクラウンを予め形成しておいた。イニシャルクラウンの形状は二次曲線で、幅中央と胴長1200 mmの両端との直径差は140 μ m、すなわち、ドラム直径は、幅中央で800.00 mm、幅方向両端部で800.14 mmである。鑄造開始時点での冷却ドラムの左右チョックには28.2 mmの高低差を付けることで交差角 2θ を1.61

40

6°とした。

【0050】

交差角およびオフセットによる鋼帯のクラウン、ウェッジ制御はドラムの押し付けを開閉位置制御に切り替えた時点から実施した。鋼帯の幅方向中央の厚みも同時に制御しているが、ここでは記載を割愛する。表1に制御状況の代表例を示す。本来、制御は連続的に行われるが、意図的に入り切りを繰り返す間欠制御とし、制御を行った前後でのクラウン、ウェッジ変化が明確になるようにした。

【0051】

【表 1】

時期	第1冷却ドラム 昇降 (mm)		第2冷却ドラム 昇降 (mm)		交差角 2θ	オフセット	計測値	
							クラウン	ウェッジ
鑄造開始前	14.1	-14.1	-14.1	14.1	1.616°	0mm	—	—
初期制御前	14.1	-14.1	-14.1	14.1	1.616°	0mm	57 μ m	-36 μ m
初期制御後	16.0	-14.4	-15.2	15.2	1.742°	0.8mm	30 μ m	2 μ m
(中略)								
中期制御前	6.8	-6.6	-6.7	6.7	0.768°	0.1mm	13 μ m	25 μ m
中期制御後	5.1	-5.1	-3.5	6.7	0.586°	-1.6mm	31 μ m	-1 μ m
鑄造終了時	5.6	-5.6	-4.3	6.9	0.642°	-1.3mm	28 μ m	0 μ m

【0052】

鑄造初期の例では鋼帯のクラウンが57 μ m、ウェッジが-36 μ m（右厚<左厚）であった。そこで、交差角 2θ を1.616°から1.742°に変更することでクラウンを狙いの30 μ mに制御することができた。また、オフセットを0.8mmとすることでウェッジを2 μ mに制御できた。

その後、ドラムのサーマルクラウン成長に応じて、交差角を漸減させた。鑄造中間期で再び制御を中断したところ、鋼帯のクラウンが13 μ m、ウェッジが25 μ m（右厚>左厚）であった。そこで、交差角 2θ を0.768°から0.586°に変更することでクラウンをほぼ狙い通りの31 μ mに制御することができた。また、オフセットを0.1mmから-1.6mmとすることでウェッジを-1 μ mに制御できた。

そして、鑄造終了時においては、交差角 2θ が0.642°、オフセットが-1.3mm

mとなり、鋼帯のクラウンは $28\text{ }\mu\text{m}$ 、ウェッジは $0\text{ }\mu\text{m}$ となっていた。

【0053】

本制御ではチョックの高さ位置を約 1 mm 程度で変更することで、 0.03 mm 程度のウェッジを制御できた。これを、従来のように幅方向両端のチョックの開閉を個別に調整する方式とした場合には、開閉をほぼ同オーダー（本装置の場合なら $2000/1200=1.7$ 倍程度）で精密に制御する必要がある。制御機構に求められる精度に大きな違いがあり、現実的には装置の精度限界から幅方向両端のチョックの個別開閉式では 0.03 mm 程度のウェッジを制御することは困難である。

【0054】

一方、鋼帯の幅方向中央を代表点とする全体厚み制御はドラム開閉装置で行っており、まさに同オーダーの調整が必要となるが、鋼帯はこの後で圧延されるので全体厚みはその際に制御することができる。これに対してウェッジが残留してこれを圧延工程で除去しようとするれば、片伸び形状や蛇行を招き、圧延作業を困難にってしまう。よって、鑄造段階でウェッジを制御性の高い手段で調整できることは、きわめて有効である。

【符号の説明】

【0055】

S 金属薄帯

10 双ドラム式連続鑄造装置

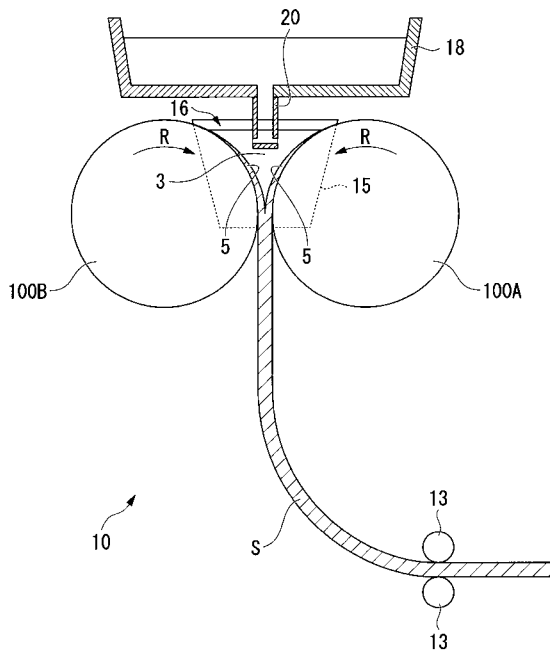
100A 第1冷却ドラム

100B 第2冷却ドラム

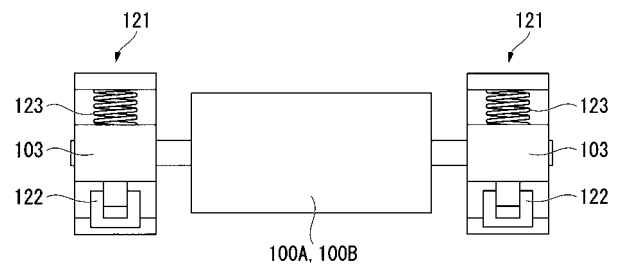
10

20

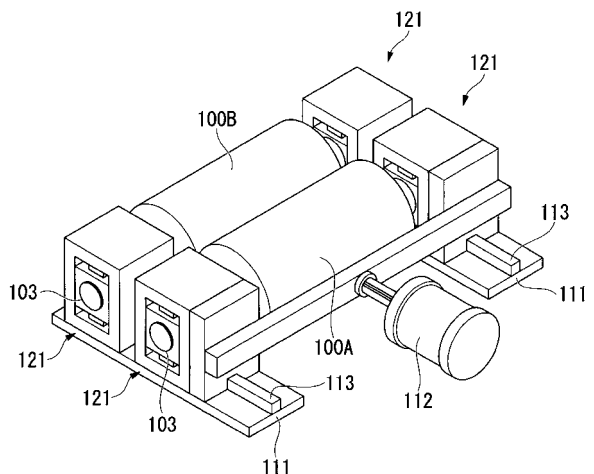
【図1】



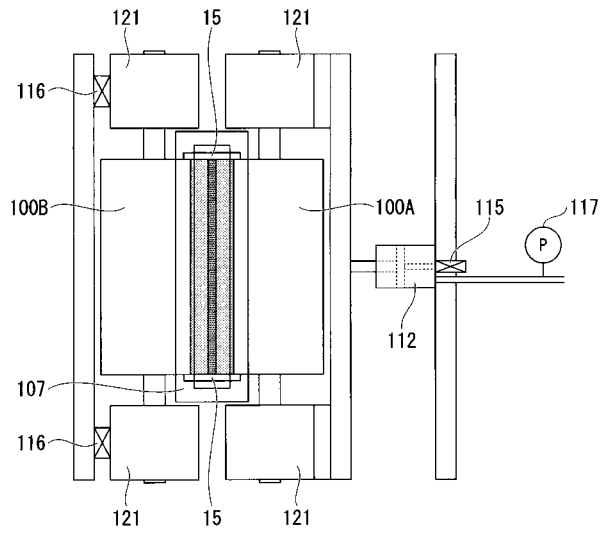
【図2】



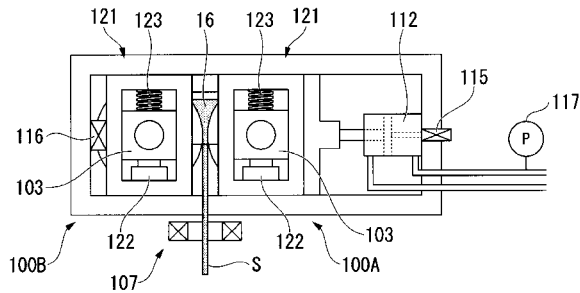
【図3】



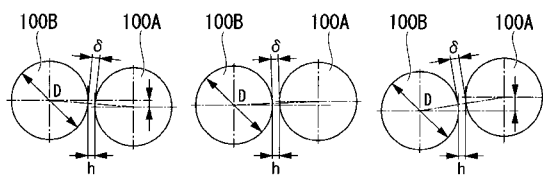
【図 4】



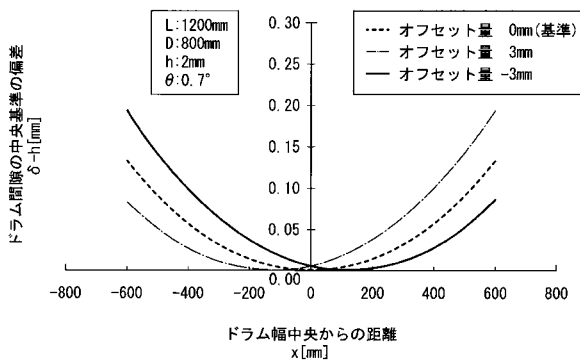
【図 5】



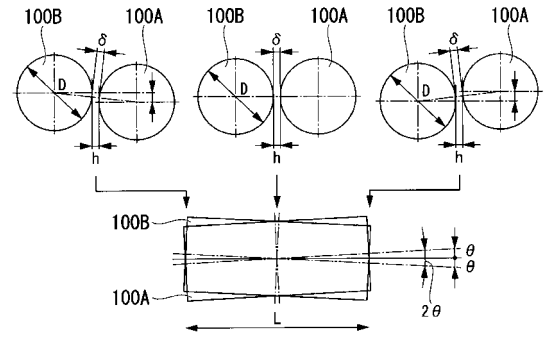
【図 8】



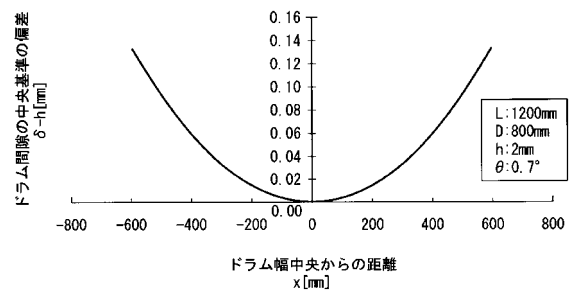
【図 9】



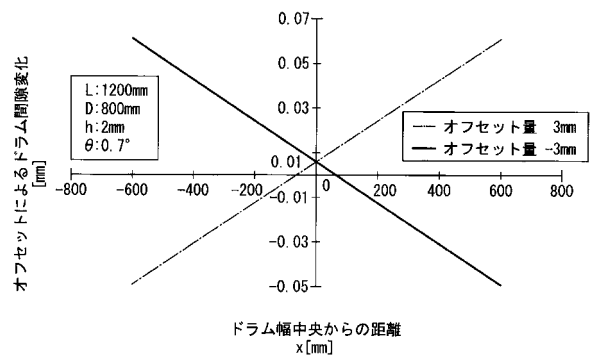
【図 6】



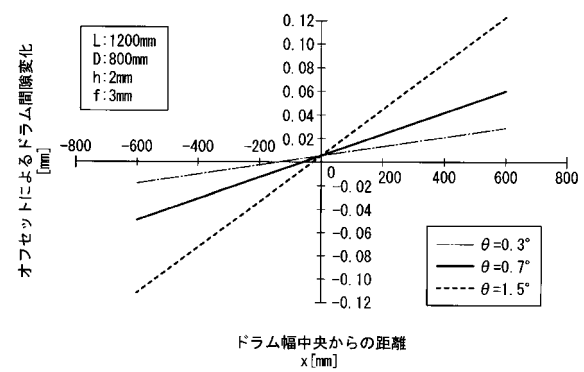
【図 7】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 江藤 学
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 新國 大介
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 白石 利幸
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
- Fターム(参考) 4E004 DA13 QA08