

(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2020-6420
(P2020-6420A)

(43) 公開日 令和2年1月16日 (2020.1.16)

(51) Int.Cl.
B 2 2 D 11/04 (2006.01)
B 2 2 D 11/11 (2006.01)

F I
B 2 2 D 11/04
B 2 2 D 11/11

3 1 1 J
D

テーマコード (参考)
4 E 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-131005 (P2018-131005)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成30年7月10日 (2018. 7. 10)		日本製鉄株式会社
		(74) 代理人	100090273
			弁理士 國分 孝悦
		(72) 発明者	植木 勉
			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	梅津 健司
			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 AA09 MB11 NB01

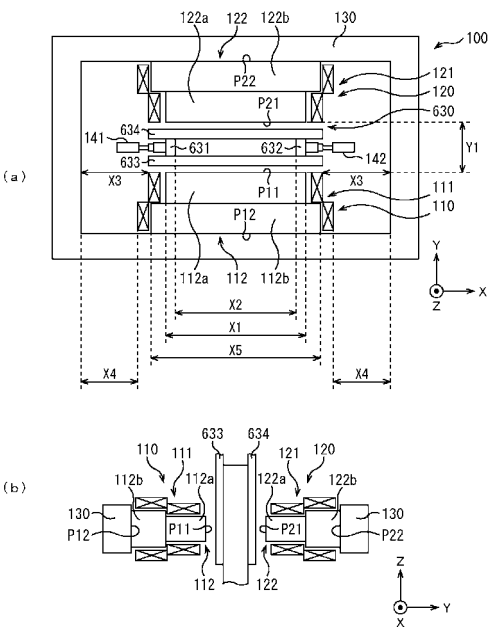
(54) 【発明の名称】 電磁ブレーキ装置

(57) 【要約】

【課題】 鋳型の幅方向の全体に亘って、溶鋼の下向きの流速を適切に低減することができる電磁ブレーキ装置を提供する。

【解決手段】 鉄心112、122をZ軸方向に沿って見た場合に、鉄心112、122の先端面P11、P21の長さが、基端面P12、P22の長さを下回り、且つ、鉄心112の何れの位置を第1の位置としても、当該第1の位置における、鉄心112のX軸方向の長さは、当該第1の位置よりも基端面P12、P22側の第2の位置における、鉄心112のX軸方向の長さ以下になるように電磁ブレーキ装置100を構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

連続鑄造設備の鑄型の内部の溶鋼の下向きの流速を低減させるための電磁ブレーキ装置であって、

前記鑄型を介して第 1 の方向において相互に対向する位置に配置される 2 つの電磁石と、支持フレームと、を有し、

前記 2 つの電磁石は、鉄心と、当該鉄心に対して巻き回されるコイルとを有し、

前記支持フレームは、軟磁性材料を用いて構成され、前記鉄心と磁気的に結合した状態で、前記第 1 の方向および第 2 の方向により定まる仮想的な平面において、前記鑄型および前記電磁石を取り巻くように周回し、

前記鉄心の先端面の第 2 の方向の長さは、前記鉄心の基端面の第 2 の方向の長さを下回り、且つ、前記鉄心の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、前記鉄心の第 2 の方向の長さは、当該第 1 の位置よりも前記基端面側の第 2 の位置における、前記鉄心の第 2 の方向の長さ以下であり、

前記第 1 の方向は、前記鑄型の厚み方向であり、

前記第 2 の方向は、前記鑄型の幅方向であり、

前記鉄心の先端面は、前記鉄心の第 1 の方向の両端面のうち、前記鑄型に近い方の面であり、

前記鉄心の基端面は、前記鉄心の前記第 1 の方向の両端面のうち、前記鑄型から遠い方の面であることを特徴とする電磁ブレーキ装置。

【請求項 2】

前記鉄心を第 3 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 2 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記鉄心の先端面が階段の上端面となり、前記鉄心の基端面が下端面となる階段形状であり、

前記第 3 の方向は、前記鑄型の高さ方向であることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 3】

前記鉄心を第 3 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 2 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記基端面から前記先端面に向かって先細りとなるように傾斜するテーパ状であり、

前記第 3 の方向は、前記鑄型の高さ方向であることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 4】

前記鉄心を前記第 3 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 2 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記基端面から前記先端面に向かって、一定の傾斜角で先細り、または、前記先端面に近い位置であるほど前記第 2 の方向の単位長さの変化に対する前記第 1 の方向の長さの変化が大きくなるように傾斜するテーパ状であることを特徴とする請求項 3 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 5】

前記鉄心の先端面の第 3 の方向の長さは、前記鉄心の基端面の第 3 の方向の長さを下回り、且つ、前記鉄心の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、前記鉄心の第 3 の方向の長さは、当該第 3 の位置よりも前記基端面側の第 4 の位置における、前記鉄心の第 3 の方向の長さ以下であり、

前記第 3 の方向は、前記鑄型の高さ方向であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 6】

前記鉄心を前記第 2 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 3 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記鉄心の先端面が階段の上端面となり、前記鉄心の基端面が下端面となる階段形状であることを特徴とする請求項 5 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 7】

前記鉄心を前記第 2 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 3 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記基端面から前記先端面に向かって先細りとなるように傾斜するテーパ状であることを特徴とする請求項 5 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 8】

前記鉄心を前記第 2 の方向に沿って見た場合に、前記鉄心の形状が、前記第 3 の方向の両側のそれぞれにおいて、前記基端面から前記先端面に向かって、一定の傾斜角で先細り、または、前記先端面に近い位置であるほど前記第 3 の方向の単位長さの変化に対する前記第 1 の方向の長さの変化が大きくなるように傾斜するテーパ状であることを特徴とする請求項 7 に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 9】

前記鉄心の先端面の前記第 2 の方向の長さは、前記鋳型の最大鋳造幅以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 10】

前記 2 つの電磁石が有する前記鉄心の前記第 1 の方向の間隔は、前記コイルの、前記鋳型に最も近い位置にある部分と、前記支持フレームとの間の前記第 2 の方向の距離以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 の何れか 1 項に記載の電磁ブレーキ装置。

【請求項 11】

前記コイルの、前記鋳型から最も遠い位置にある部分と、前記支持フレームとの間の前記第 2 の方向の距離は、前記 2 つの電磁石が有する前記鉄心の前記第 1 の方向の間隔以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 10 の何れか 1 項に記載の電磁ブレーキ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電磁ブレーキ装置に関し、特に、連続鋳造設備における鋳型の下方に介在物が進入するのを抑制するために用いて好適なものである。

【背景技術】

【0002】

図 6 は、鋳片を製造する際に用いられる連続鋳造設備の概略構成の一例を示す図である。尚、各図において、X 軸、Y 軸、Z 軸は、各図の向きを示す。○の中に●が付されているものは、紙面の奥側から手前側に向かう方向を示し、○の中に×が付されているものは、紙面の手前側から奥側に向かう方向を示す。また、各図において、説明および表記の都合上、説明に必要な部分のみを必要に応じて簡略化または省略化して示す。

【0003】

図 6 (a) は、連続鋳造設備を、その軸を通り、鋳型 630 の幅方向 (X 軸方向) および鋳型 630 の高さ方向 (Z 軸方向) に沿うように切った場合の概略構成を示す。図 6 (b) は、連続鋳造設備を、その軸を通り、鋳型 630 の厚み方向 (Y 軸方向) および鋳型 630 の高さ方向 (Z 軸方向) に沿うように切った場合の概略構成を示す。

【0004】

図 6 において、連続鋳造機は、タンディッシュ 610 と、浸漬ノズル 620 と、鋳型 (モールド) 630 と、ピンチロール 641 ～ 644 と、電磁ブレーキ装置 650 とを有する。

【0005】

タンディッシュ 610 は、取鍋から供給された溶鋼 (金属溶湯) M を一時的に貯留する。

鋳型 630 は、タンディッシュ 610 と間隔を有して、タンディッシュ 610 の下方に配置される。鋳型 630 は、例えば、2 つの短辺部 631、632 と、2 つの長辺部 633、634 と、を有する。2 つの短辺部 631、632 は、鋳型 630 の幅方向 (X 軸方向) において相互に対向するように間隔を有して配置される。2 つの長辺部 633、634 は、鋳型 630 の厚み方向 (Y 軸方向) において相互に対向するように間隔を有して配置される。2 つの長辺部 633、634 と 2 つの短辺部 631、632 とにより囲まれる

10

20

30

40

50

領域は、中空の直方体形状の領域になる。この領域が、鋳型 630 の内部の領域になる。

【0006】

浸漬ノズル 620 は、タンディッシュ 610 に貯留されている溶鋼 M を鋳型 630 の内部に注入する。浸漬ノズル 620 は、その基端がタンディッシュ 610 の底面に位置すると共に、先端側の所定の領域が鋳型 630 の内部に位置するように配置される。また、浸漬ノズル 620 の内部とタンディッシュ 610 の内部は連通している。尚、タンディッシュ 610 から浸漬ノズル 620 に供給される溶鋼 M の供給量は、スライディングノズルまたはストッパーにより調節される。

【0007】

鋳型 630 の内部の溶鋼にはパウダー 660 が随時添加される。パウダー 660 の薄膜は、鋳型 630 の内部の溶鋼の表面に加え、鋳型 630 の内壁面と凝固殻 671、672 との間にも存在する。このようにしてパウダー 660 を添加することにより、溶鋼の保温と、溶鋼の酸化の防止と、溶鋼中の介在物の吸収と、凝固殻 671、672 の潤滑性の確保と、溶鋼の熱の抜熱の調整とを行う。

【0008】

鋳型 630 から下方に引き出された鋼の搬送経路に沿うように、複数対のピンチロール 641 ~ 644 が配置される。尚、図 6 では、二対のピンチロール 641 ~ 644 のみを示す。しかしながら、実際には、搬送経路の長さに応じて、より多くのピンチロールが配置される。ピンチロール 641 ~ 644 の外側には、不図示の複数の冷却スプレーが配置される。複数の冷却スプレーは、鋳型 630 から下方に引き出された鋼を冷却するための冷却水を当該鋼に対して噴射する。

【0009】

このように、鋳型 630 の内部の注入された溶鋼は、鋳型 630 で冷却され、その表面から凝固殻 671、672 が形成されて凝固する。表面は凝固殻 671、672 となっているが内部は凝固していない鋼が、ピンチロール 641 ~ 644 によって挟まれながら鋳型 630 の下端部から連続的に引き出される。このようにして鋳型 630 から引き出される過程で、冷却スプレーから噴射される冷却水によって鋼の冷却を進めることで、内部まで鋼を凝固させる。このようにして凝固した鋼は、連続鋳造機の下流側で所定の大きさに切断され、スラブ、ブルーム、ピレット等、断面の形状が異なる鋳片が製造される。

【0010】

以上のようにして連続鋳造機で鋳片を製造する際に、気泡やアルミナ等の介在物が溶鋼の流動によって溶鋼の表面に浮上せず（パウダー 660 に吸着されず）溶鋼の内部に進出し、その状態で鋼が鋳型 630 から引き出されると、当該介在物に起因して鋳片の内部に欠陥が生じる。この欠陥は、鋼材の機械的特性を低下させる等、鋼材の品質に影響を及ぼす。

【0011】

そこで、浸漬ノズル 620 から鋳型 630 の内部に溶鋼が注入されることにより生じる下向き（Z 軸の負の方向）の溶鋼の流速を低減させるために電磁ブレーキ装置 650 が配置される。電磁ブレーキ装置 650 は、2つの電磁石 651 と、652 を有する。図 6（b）に示すように、電磁石 651 と、652 は、鋳型 630 の厚み方向（Y 軸方向）において鋳型 630 の長辺部 633、634 を介して相互に対向するように間隔を有して配置される。電磁石 651、652 は、同じ構成を有するもので実現することができ、それぞれ、コイルおよび鉄心を有する。この電磁石によって導電体である溶鋼に直流磁界を印加すると、溶鋼の進行方向とは逆向きの電磁力を溶鋼に作用させることができる。従って、溶鋼の下向きの流速を低減させる領域と、鋳型 630 の高さ方向（Z 軸方向）の位置を合わせて電磁石 651 と、652 を配置することにより、溶鋼の下向きの流速を低減させることができる。

【0012】

電磁ブレーキ装置 650 によって溶鋼の内部に発生する磁束密度を高くすれば、前述した電磁力を高めることができ、溶鋼の下向きの流速を低減させる効果を大きくすることが

10

20

30

40

50

できる。そこで、特許文献 1 に記載の技術には、電磁石 6 5 1 と、6 5 2 を構成する鉄心として、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）に垂直な断面の形状がコの字状の鉄心であって、当該断面が、先端部から根元部になるにつれて大きくなる形状を有する鉄心を用いることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 1 3】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 1 9 7 9 5 1 号公報

【特許文献 2】特開平 5 - 1 2 3 8 4 1 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 4】

ところで、電磁石 6 5 1 と、6 5 2（鉄心）の、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の端部付近では、磁束の漏れが生じる。このため、電磁ブレーキ装置 6 5 0 では、鋳型 6 3 0 の内部にある溶鋼の、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の端部付近の領域における磁束密度が低下する。特許文献 1 に記載の技術では、溶鋼に発生する磁束密度を高くすることだけを考慮しており、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の端部付近の領域における磁束の漏れについての検討がなされていない。従って、特許文献 1 に記載の技術では、鋳型 6 3 0 の内部にある溶鋼の、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の端部付近の領域における磁束密度の低下を抑制することが容易ではない。このため、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の全体に亘って、溶鋼の下向きの流速を適切に低減することが容易ではない。特に、特許文献 2 に記載の技術のように、電磁ブレーキを支持するための支持フレームを、軟磁性材料（軟質磁性材料）を用いて構成し、支持フレームを鉄心の一部として使用する構成の電磁ブレーキ装置では、電磁石 6 5 1 と、6 5 2（鉄心）の、鋳型 6 3 0 の幅方向（X 軸方向）の端部付近から発生する磁束が、支持フレームの方向に向かい易くなるため、磁束の漏れが大きくなる。

20

【0 0 1 5】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、鋳型の幅方向の全体に亘って、溶鋼の下向きの流速を適切に低減することができる電磁ブレーキ装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 6】

本発明の電磁ブレーキ装置は、連続鋳造設備の鋳型の内部の溶鋼の下向きの流速を低減させるための電磁ブレーキ装置であって、前記鋳型を介して第 1 の方向において相互に対向する位置に配置される 2 つの電磁石と、支持フレームと、を有し、前記 2 つの電磁石は、鉄心と、当該鉄心に対して巻き回されるコイルと、を有し、前記支持フレームは、軟磁性材料を用いて構成され、前記鉄心と磁氣的に結合した状態で、前記第 1 の方向および第 2 の方向により定まる仮想的な平面において、前記鋳型および前記電磁石を取り巻くように周回し、前記鉄心の先端面の第 2 の方向の長さは、前記鉄心の基端面の第 2 の方向の長さを下回り、且つ、前記鉄心の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、前記鉄心の第 2 の方向の長さは、当該第 1 の位置よりも前記基端面側の第 2 の位置における、前記鉄心の第 2 の方向の長さ以下であり、前記第 1 の方向は、前記鋳型の厚み方向であり、前記第 2 の方向は、前記鋳型の幅方向であり、前記鉄心の先端面は、前記鉄心の第 1 の方向の両端面のうち、前記鋳型に近い方の面であり、前記鉄心の基端面は、前記鉄心の前記第 1 の方向の両端面のうち、前記鋳型から遠い方の面であることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0 0 1 7】

本発明によれば、鋳型の幅方向の全体に亘って、溶鋼の下向きの流速を適切に低減することができる電磁ブレーキ装置を提供することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】電磁ブレーキ装置の構成の第 1 の例を示す図である。

【図 2】漏れ磁束による磁力線の一例を概念的に示す図である。

【図 3】磁束密度と幅方向位置との関係の一例を示す図である。

【図 4】電磁ブレーキ装置の構成の第 2 の例を示す図である。

【図 5】電磁ブレーキ装置の構成の第 3 の例を示す図である。

【図 6】連続鋳造設備の概略構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

10

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。尚、各図において、図 6 に示す構成と同一の部分については、図 6 に付した符号と同一の符号を付す。また、以下の説明では、鋳型 6 3 0 の高さ方向を必要に応じて Z 軸方向、鋳型 6 3 0 の幅方向（鋳型 6 3 0 をその高さ方向に垂直な方向に切った場合の断面の長辺に沿う方向）を必要に応じて X 軸方向、鋳型 6 3 0 の厚み方向（鋳型 6 3 0 をその高さ方向に垂直な方向に切った場合の断面の短辺に沿う方向）を必要に応じて Y 軸方向と称する。

【 0 0 2 0 】

（第 1 の実施形態）

まず、第 1 の実施形態を説明する。図 1 は、電磁ブレーキ装置 1 0 0 の構成の一例を鋳型 6 3 0 と共に示す図である。図 1 (a) は、Z 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 1 0 0 の概略構成の一例を示す。図 1 (b) は、X 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 1 0 0 の概略構成の一例を示す。

20

【 0 0 2 1 】

図 1 において、鋳型 6 3 0 は、図 6 に示したものと同一であり、公知の鋳型で実現することができる。鋳型 6 3 0 の短辺部 6 3 1、6 3 2 には、それぞれ油圧駆動機構 1 4 1、1 4 2 が取り付けられる。油圧駆動機構 1 4 1、1 4 2 は、X 軸方向における短辺部 6 3 1、6 3 2 の位置を調整するためのものである。短辺部 6 3 1、6 3 2 の X 軸方向における位置を調整することにより、鋳造幅が調整される。図 1 に示す X 軸方向における短辺部 6 3 1、6 3 2 の位置は、鋳型 6 3 0 の最大鋳造幅 X 2 のときの位置であるものとする。鋳型 6 3 0 の最大鋳造幅 X 2 は、設計上、鋳型 6 3 0 において鋳造することができる鋳片の幅（X 軸方向の長さ）の最大値である。即ち、鋳型 6 3 0 の最大鋳造幅 X 2 は、X 軸方向における短辺部 6 3 1、6 3 2 の内壁面の間隔の最大値である。従って、短辺部 6 3 1 を、図 1 (a) に示す位置よりも X 軸の負の方向側の位置に移動させて鋳造することはできず、同様に、短辺部 6 3 2 を、図 1 (a) に示す位置よりも X 軸の正の方向側の位置に移動させて鋳造することはできないものとする。尚、油圧駆動機構 1 4 1、1 4 2 は、公知のもので実現することができる（特許文献 2 を参照）。

30

【 0 0 2 2 】

電磁ブレーキ装置 1 0 0 は、電磁石 1 1 0、1 2 0 と、支持フレーム 1 3 0 とを有する。

電磁石 1 1 0、1 2 0 は、Y 軸方向において鋳型 6 3 0 の長辺部 6 3 3、6 3 4 を介して相互に対向するように間隔を有して配置される。電磁石 1 1 0 と、1 2 0 は、連続鋳造設備の軸（鋳型 6 3 0 の軸）を回転軸として略 2 回対称となる位置に配置される。ここで、連続鋳造設備の軸（鋳型 6 3 0 の軸）は、図 1 (a) において鋳型 6 3 0 の内部の矩形の中心を通り、Z 軸方向に延びる軸である。電磁石 1 1 0 は、コイル 1 1 1 と、鉄心 1 1 2 とを有する。電磁石 1 2 0 は、コイル 1 2 1 と、鉄心 1 2 2 とを有する。

40

【 0 0 2 3 】

鉄心 1 1 2 は、鋳型 6 3 0 （の長辺部 6 3 3）と間隔を有して相互に対向する位置に配置される。

図 1 (a) に示すように、鉄心 1 1 2 の先端面 P 1 1 の X 軸方向の長さは、基端面 P 1 2 の X 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 1 の位置としても、当

50

該第 1 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さは、第 2 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さ以下になる。ここで、鉄心 1 1 2 の先端面 P 1 1 は、鉄心 1 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0 (の長辺部 6 3 3) に近い方の面である。一方、鉄心 1 1 2 の基端面 P 1 2 は、鉄心 1 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0 (の長辺部 6 3 3) から遠い方の面である。また、第 2 の位置は、鉄心 1 1 2 の位置であって、第 1 の位置よりも基端面 P 1 2 側にある位置である。

また、図 1 (b) に示すように、鉄心 1 1 2 の先端面 P 1 1 の Z 軸方向の長さは、基端面 P 1 2 の Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さは、第 4 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さ以下になる。ここで、第 4 の位置は、鉄心 1 1 2 の位置であって、第 3 の位置よりも基端面 P 1 2 側にある位置である。

10

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、鉄心 1 1 2 は、先端側鉄心部 1 1 2 a と、基端側鉄心部 1 1 2 b とを有する。先端側鉄心部 1 1 2 a および基端側鉄心部 1 1 2 b は、直方体形状を有する。先端側鉄心部 1 1 2 a の X 軸方向の長さは、基端側鉄心部 1 1 2 b の X 軸方向の長さを下回り、先端側鉄心部 1 1 2 a の Z 軸方向の長さは、基端側鉄心部 1 1 2 b の Z 軸方向の長さを下回る。また、先端側鉄心部 1 1 2 a の中心の X 軸方向および Z 軸方向の位置と基端側鉄心部 1 1 2 b の中心の X 軸方向および Z 軸方向の位置は、略同じである。また、先端側鉄心部 1 1 2 a の Y 軸方向の両端面のうちの一方の端面と、基端側鉄心部 1 1 2 b の Y 軸方向の両端面のうちの一方の端面は相互に接触する。

20

【 0 0 2 5 】

以上のようにして先端側鉄心部 1 1 2 a および基端側鉄心部 1 1 2 b を構成することにより、図 1 (a) に示すように、鉄心 1 1 2 を Z 軸方向に沿って見た (Z 軸方向から見た (X 軸および Y 軸により定まる X - Y 面を見た)) 場合に、鉄心 1 1 2 の形状は、X 軸方向の両側のそれぞれにおいて、鉄心 1 1 2 の先端面 P 1 1 が (階段の) 上端面となり、基端面 P 1 2 が (階段の) 下端面となる 2 段の階段形状になる。同様に、図 1 (b) に示すように、鉄心 1 1 2 を X 軸方向に沿って見た (X 軸方向から見た (Y 軸および Z 軸により定まる Y - Z 面を見た)) 場合に、鉄心 1 1 2 の形状は、Z 軸方向の両側のそれぞれにおいて、鉄心 1 1 2 の先端面 P 1 1 が (階段の) 上端面となり、基端面 P 1 2 が (階段の) 下端面となる 2 段の階段形状になる。

30

【 0 0 2 6 】

先端側鉄心部 1 1 2 a と、基端側鉄心部 1 1 2 b は、軟磁性材料を用いて構成される。先端側鉄心部 1 1 2 a と、基端側鉄心部 1 1 2 b は、例えば、複数の電磁鋼板を積み重ねることにより構成される。先端側鉄心部 1 1 2 a と、基端側鉄心部 1 1 2 b は、磁氣的に結合されていれば、一体となっていて、別々の物体であってもよい。

【 0 0 2 7 】

コイル 1 1 1 は、鉄心 1 1 2 に対して巻き回される。鉄心 1 1 2 に対して巻き回すコイル 1 1 1 の巻き数は特に限定されないが、巻き数を多くすると、起磁力を大きくすることができ、電磁石 1 1 0 から発生する磁束の磁束密度を高めることができる (起磁力 V_m は、コイルに流れる電流 I とコイルの巻き数 N との積で表される ($V_m = I \times N$)) 。従って、例えば、溶鋼に付与する磁束密度の設計値に応じてコイル 1 1 1 の巻き数を決定することができる。また、コイル 1 1 1 のうち、先端側鉄心部 1 1 2 a に対して巻き回される部分の巻き数と基端側鉄心部 1 1 2 b に対して巻き回される部分の巻き数は、例えば、先端側鉄心部 1 1 2 a および基端側鉄心部 1 1 2 b の大きさおよび形状に応じて決定することができる。コイル 1 1 1 に直流電流を流すことにより、電磁石 1 1 0 から Y 軸方向に直流磁界を発生させる。背景技術で説明したように、この直流磁界により、溶鋼の進行方向とは逆向きの電磁力を溶鋼に作用させ、溶鋼の下向きの流速を低減させることができる。

40

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、電磁石 1 1 0、1 2 0 は、同じ構成を有するもので実現されるものとする。そうすると、電磁石 1 2 0 の説明は、電磁石 1 1 0 の説明において、電磁石 1 1 0

50

を電磁石 1 2 0、鉄心 1 1 2 を鉄心 1 2 2、先端側鉄心部 1 1 2 a を先端側鉄心部 1 2 2 a、基端側鉄心部 1 1 2 b を基端側鉄心部 1 2 2 b、先端面 P 1 1 を先端面 P 2 1、基端面 P 1 2 を基端面 P 2 2、長辺部 6 3 3 を長辺部 3 4 にそれぞれ置き換えたものとなる。また、コイル 1 2 1 の説明は、コイル 1 1 1 の説明において、電磁石 1 1 0 を電磁石 1 2 0、コイル 1 1 1 をコイル 1 2 1、鉄心 1 1 2 を鉄心 1 2 2、先端側鉄心部 1 1 2 a を先端側鉄心部 1 2 2 a、基端側鉄心部 1 1 2 b を基端側鉄心部 1 2 2 b にそれぞれ置き換えたものとなる。従って、ここでは、電磁石 1 2 0 についての詳細な説明を省略する。

【0029】

支持フレーム 1 3 0 は、電磁石 1 1 0、1 2 0 の位置を固定すると共に電磁石 1 1 0、1 2 0 の鉄心 1 1 2、1 2 2 と磁氣的に結合され、コイル 1 1 1、1 2 1 に直流電流が流れると、鉄心 1 1 2、1 2 2 と共に閉磁路を形成する。支持フレーム 1 3 0 は、軟磁性材料を用いて構成される。支持フレーム 1 3 0 は、例えば、複数の普通鋼の構造体により構成される。また、支持フレーム 1 3 0 は、電磁石 1 1 0、1 2 0 を支持できる強度を有するように構成される。支持フレーム 1 3 0 は、電磁石 1 1 0、1 2 0 の鉄心 1 1 2、1 2 2 とは別のものであり、例えば、支持フレーム 1 3 0 の凹部に鉄心 1 1 2、1 2 2 の凸部を嵌めることにより、電磁石 1 1 0、1 2 0 を支持フレーム 1 3 0 に取り付けることができる。尚、図 1 (a) 等では、表記および説明の都合上、支持フレーム 1 3 0 と、油圧駆動機構 1 4 1、1 4 2 および長辺部 6 3 3、6 3 4 とを離して示しているが、支持フレーム 1 3 0 には、油圧駆動機構 1 4 1、1 4 2 および長辺部 6 3 3、6 3 4 が取り付けられている。

10

20

【0030】

図 1 (a) に示すように、支持フレーム 1 3 0 は、X 軸方向および Y 軸方向により定まる仮想的な平面 (X - Y 平面) において、鋳型 6 3 0 および電磁石 1 1 0、1 2 0 を取り巻くように周回する構成となっている。本実施形態では、Z 軸方向に沿って見た場合の支持フレーム 1 3 0 の形状が、中空矩形状である場合を例に挙げて示す。支持フレーム 1 3 0 は、例えば、振動テーブルの上に取り付けられる。尚、支持フレーム 1 3 0 自体は、公知の技術で実現することができる (特許文献 2 等を参照) 。

【0031】

ここで、起磁力 V_m と磁束密度 B との関係は、起磁力 V_m が小さい範囲では比例関係が成り立つ。従って、電磁石 1 1 0、1 2 0 から発生する磁束密度を高めれば、溶鋼に作用させる電磁力を大きくすることができる。よって、電磁石 1 1 0、1 2 0 から発生する磁束密度を高めるために、コイル 1 1 1、1 2 1 における起磁力 V_m (コイルに流す電流およびコイルの巻き数の少なくとも何れか一方) を大きくすることが考えられる。しかしながら、起磁力 V_m が大きくなると、鉄心 1 1 2、1 2 2 は磁気飽和を起こし、起磁力 V_m の増加量に対する磁束密度 B の増加量はどんどん小さくなる。

30

【0032】

そこで、起磁力 V_m は同じでも、少しでも鋳型 6 3 0 を貫通する磁束密度 B を増やす手段として、先端面 P 1 1、P 2 1 の周囲で多くの磁束を増やして、この 2 つの先端面 P 1 1、P 1 2 に磁束を集中させることを考える。具体的に磁束を増やすことは、磁束の定義から、磁束が通る断面積の拡大によって実現できる。本実施形態では、鉄心 1 1 2、1 2 2 を通る磁束の総量を多くするように、磁束が通る断面積を拡大する。

40

【0033】

図 1 (a) および図 1 (b) に示すように、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 は、鋳型 6 3 0 との取り合い、冶金効果上の磁場印加適正領域や最大鋳造幅 X 2 などにより、それらの X 軸方向および Z 軸方向の長さの範囲が決められる。従って、この決められた 2 つの先端面 P 1 1、P 2 1 の面積の中により多くの磁束を引き込むためには、隣接する鉄心 1 1 2 b、1 2 2 b で多くの磁束を作り、鉄心 1 1 2 a、1 2 2 a に供給させることが必要である。鉄心 1 1 2 a、1 2 2 a は飽和状態になっており、鉄心 1 1 2 a、1 2 2 a に供給された磁束の一部は受け取られずに漏れていくが、それでも磁束の総量は供給量の増大に伴い増え、先端面 P 1 1、P 1 2 を抜けて鋳型 6 3 0 を貫通する。

50

【 0 0 3 4 】

しかしながら、鉄心 1 1 2、1 2 2 を通る磁束の総量を多くするようにしても、X 軸方向の両端付近の領域における磁束の漏れ（電磁石 1 1 0、1 2 0（鉄心 1 1 2、1 2 2）から発生する磁束のうち、鋳型 6 3 0 の内部にある溶鋼を貫かずに、鋳型 6 3 0 の外部に漏れてしまう磁束）を低減することができない。磁束の総量の調節と漏れ磁束の低減とは直接には関係しないからである。

そこで、次に、この漏れ磁束の低減に関して説明する。図 2 は、漏れ磁束による磁力線の一例を概念的に示す図である。

図 1（a）に示すように、鉄心 1 1 2、1 2 2 は、先端側鉄心部 1 1 2 a、1 2 2 a と基端側鉄心部 1 1 2 b、1 2 2 b とに段差がある。このため、基端側鉄心部 1 1 2 b、1 2 2 b の、X 軸の正の方向側の端部側の領域における磁束は、鉄心 1 1 2、1 2 2 の外部よりも透磁率が高い先端側鉄心部 1 1 2 a、1 2 2 a の方向に向かう。一般に、磁束による磁力線 F L は、図 2 に示すように、曲率（曲率半径 R）を有し、鉄心 1 1 2、1 2 2 へと直進せずに漏れた磁束の磁力線 F L もこの曲率を有する。ここで、このような磁束による磁力線 F L の或る位置における曲率半径を R、磁力線 F L の当該位置における主法線方向の単位ベクトルを n、空気の透磁率を μ_0 、磁束密度を B とすると、磁力線 F L の張力 T は、以下の（1）式で表される。

$$T = (1/R) (B^2 / \mu_0) n \cdots (1)$$

【 0 0 3 5 】

透磁率 μ_0 は一定であり、磁束密度 B はコイル 1 1 1、1 2 1 に流す直流電流に応じて定まる。従って、磁束密度 B が同じで張力 T も同じ磁力線 F L は、同じ曲率（曲率半径 R）で曲がって漏れることになる。このような磁力線 F L の性質から、本実施形態のように、鉄心 1 1 2、1 2 2 を Z 軸方向に沿って見た場合に、鉄心 1 1 2、1 2 2 の形状が階段形状になるようにすれば、鉄心 1 1 2、1 2 2 から出る磁束は全体的に鋳型 6 3 0 の中心寄りに向かうようになり、特に磁束が支持フレーム 1 3 0 に向かって漏れる鉄心 1 1 2、1 2 2 の X 軸方向の両端では、同じ張力の磁力線 F L が同じ曲率で、より鋳型 6 3 0 の中心を向くようになるため、磁力線 F L は、支持フレーム 1 3 0 の方向に向かうよりも、鉄心 1 1 2、1 2 2 間を通るようになり、鉄心 1 1 2、1 2 2 間の磁氣的結合度が上昇する。こうして、電磁石 1 1 0、1 2 0 から磁束が漏れる特性そのものを変化させることで、鋳型 6 3 0 を貫通する磁束を増やすことができ、磁束密度 B を増大させることができる。

【 0 0 3 6 】

以上の観点から、本実施形態では、前述したように、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の Z 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2 の Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さは、当該第 3 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2 側の第 4 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さ以下になるようにするだけでなく、以下の構成を採用する。即ち、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2 の X 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さは、当該第 1 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2 側の第 2 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さ以下になるようにする。その具体例として本実施形態では、鉄心 1 1 2、1 2 2 を X 軸方向に沿って見た場合に、Z 軸方向の両側のそれぞれにおいて、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 が（階段の）上端面となり、基端面 P 1 2、P 2 2 が（階段の）下端面となる 2 段の階段形状になるようにするだけでなく、鉄心 1 1 2、1 2 2 を Z 軸方向に沿って見た場合に、X 軸方向の両側のそれぞれにおいて、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 が（階段の）上端面となり、基端面 P 1 2、P 2 2 が（階段の）下端面となる 2 段の階段形状になるように鉄心 1 1 2、1 2 2 を構成する。

【 0 0 3 7 】

以上の効果を実現するために、鉄心 1 1 2、1 2 2 を以下のように構成するのが好ましい。

10

20

30

40

50

鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さ X 1 が、鋳型 6 3 0 の最大鋳造幅 X 2 以上 ($X 1 \geq X 2$) になるようにするのが好ましく、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さ X 1 が、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 (鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の Y 軸方向における距離 (間隔)) Y 1 との加算値以上 ($X 1 \geq X 2 + Y 1$) になるようにするのがより好ましい。鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 から発生する磁束を、前述した曲率半径 R を有した状態で、鋳型 6 3 0 の中心寄りに向かわせることができ、X 軸の正の方向側の端部から離れていく磁束を減らすことができるからである。尚、図 1、図 4、図 5 において、X 1 ~ X 5 は、一方の鉄心 (図 1 では鉄心 1 1 2) に対してのみ示し、他方の鉄心 (図 1 では鉄心 1 2 2) に対しての図示を省略する。

10

【0038】

また、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 が、第 1 のコイル支持フレーム間距離 X 3 以下 ($Y 1 \leq X 3$) であるのが好ましい。支持フレーム 1 3 0 への漏れ磁束を減らすことができるからである。ここで、第 1 のコイル支持フレーム間距離 X 3 は、コイル 1 1 1、1 2 1 の、鋳型 6 3 0 に最も近い位置にある部分と、支持フレーム 1 3 0 との間の X 軸方向の距離である。

【0039】

また、第 2 の鉄心支持フレーム間距離 X 4 が、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 以上であり ($X 4 \geq Y 1$)、且つ、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さ X 1 が、鉄心 1 1 2、1 2 2 の基端面 P 1 2、P 2 2 の X 軸方向の長さ X 5 未満 ($X 1 < X 5$) であるのが好ましい。ここで、第 2 の鉄心支持フレーム間距離 X 4 は、コイル 1 1 1、1 2 1 の、鋳型 6 3 0 から最も遠い位置にある部分と、支持フレーム 1 3 0 との間の X 軸方向の距離である。前述した曲率半径 R が同じ磁力線を、より鋳型 6 3 0 の中心寄りに向かわせ、支持フレーム 1 3 0 へと漏れる磁束を低減できるからである。磁力線 F L は、エネルギー最小化の原理から張力 T はできるだけ小さく (曲率半径 R はできるだけ大きくなる) なるとうとする。従って、これまで漏れていた磁束が鋳型 6 3 0 の中心寄りに向きが変わったことで支持フレーム 1 3 0 へと漏れていくためには、張力 T が大きく (曲率半径 R が小さく) なるため、より大きいエネルギーを要求することになり、磁束は容易には漏れにくくなる。第 2 の鉄心支持フレーム間距離 X 4 が、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 との間で、前述した不等号の関係を保つようにしていれば、前述した鉄心 1 1 2、1 2 2 間の磁氣的結合度を上げる効果を維持することができる。また、第 2 の支持フレーム間距離 X 4 と、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 との関係は、例えば、設備の制約からも定められる。また、第 2 の鉄心支持フレーム間距離 X 4 を小さくし過ぎると、基端側鉄心部 1 1 2 b、1 2 2 b にコイル 1 1 1、1 2 1 を巻き回せなくなる。言い換えると、基端側鉄心部 1 1 2 b、1 2 2 b にコイル 1 1 1、1 2 1 を巻き回せる範囲内で ($X 4 \geq Y 1$ を満たす範囲で)、鉄心 1 1 2、1 2 2 の段差 (傾き) を可及的に大きくする (鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さ X 1 よりも鉄心 1 1 2、1 2 2 の基端面 P 1 2、P 2 2 の X 軸方向の長さ X 5 を可及的に大きくする) のが好ましい。

20

30

【0040】

図 3 は、磁束密度と幅方向位置との関係の一例を示す図である。幅方向位置の Y 軸方向の位置は、鋳型 6 3 0 の Y 軸方向の中心の位置であり、幅方向位置の Z 軸方向の位置は、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Z 軸方向の中心の位置であり、このような Y 軸方向および Z 軸方向の位置の X 軸方向における各位置が幅方向位置である。図 3 において、C は、鋳型 6 3 0 の X 軸方向の中心の位置を示す。E 1、E 2 は、鋳型 6 3 0 の短辺部 6 3 1、6 3 2 の内壁面の X 軸方向の位置を示す。即ち、位置 E 1 ~ E 2 の領域が、鋳型 6 3 0 の内部の領域であることを示す。

40

【0041】

グラフ 3 1 0 は、発明例の結果を示し、グラフ 3 2 0 は、比較例の結果を示す。発明例の電磁ブレーキ装置は、本実施形態の電磁ブレーキ装置 1 0 0 である。比較例の電磁ブレ

50

ーキ装置は、基端側鉄心部 1 1 2 b、1 2 2 b を先端側鉄心部 1 1 2 a、1 2 2 a に置き換えて構成したものである。即ち、比較例の電磁ブレーキ装置の鉄心およびコイルは、その Y 軸方向に垂直な断面の X 軸方向の長さが一定の鉄心である。鉄心およびコイル以外の条件は、発明例と比較例とで異なる点はない。

【0042】

図 3 に示すように、比較例では、磁束密度の最大値が B 1（この値に到達する前から飽和状態になっている）であるのに対し、発明例では磁束密度の最大値が B 2 となり、磁束の飽和状態になっているにもかかわらず、磁束密度を大幅に上昇させることができている。また、発明例では、比較例に比べて位置 E 1、E 2 付近における磁束密度の低下を抑制できていることが分かる。

10

【0043】

以上のように本実施形態では、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2 の X 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さは、当該第 1 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2 側の第 2 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向の長さ以下になるように電磁ブレーキ装置 1 0 0 を構成する。従って、鋳型 6 3 0 の X 軸方向の全体に亘って、溶鋼の下向きの流速を適切に低減することができる電磁ブレーキ装置を提供することができる。

また、本実施形態では、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の Z 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2 の Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さは、当該第 3 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2 側の第 4 の位置における、鉄心 1 1 2 の Z 軸方向の長さ以下になるように電磁ブレーキ装置 1 0 0 を構成する。従って、鉄心 1 1 2、1 2 2 を通る磁束の総量をより多くすることができる。これにより、溶鋼中の磁束密度を高くすることができ、溶鋼に作用させる電磁力をより大きくすることができる。

20

【0044】

（第 2 の実施形態）

次に、第 2 の実施形態を説明する。前述した第 1 の実施形態では、鉄心 1 1 2、1 2 2 を階段状に構成することにより、鉄心 1 1 2、1 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1 の X 軸方向・Z 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2 の X 軸方向・Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2 の何れの位置を第 1 の位置・第 3 の位置としても、当該第 1 の位置・第 3 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向・Z 軸方向の長さは、当該第 1 の位置・当該第 3 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2 側の第 2 の位置・第 4 の位置における、鉄心 1 1 2 の X 軸方向・Z 軸方向の長さ以下になるようにする場合を例に挙げて説明した。これに対し、本実施形態では、鉄心を直線テーパ（線形テーパ）状に構成することにより鉄心の先端面の X 軸方向・Z 軸方向の長さが、基端面の X 軸方向・Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心の何れの位置を第 1 の位置・第 3 の位置としても、当該第 1 の位置・第 3 の位置における、鉄心の X 軸方向・Z 軸方向の長さは、当該第 1 の位置・当該第 3 の位置よりも基端面側の第 2 の位置・第 4 の位置における、鉄心の X 軸方向・Z 軸方向の長さ以下になるようにする場合について説明する。このように本実施形態と第 1 の実施形態は、電磁ブレーキ装置の電磁石の鉄心の形状が異なることによる構成が主として異なる。従って、本実施形態の説明において、第 1 の実施形態と同一の部分については、図 1 ~ 図 3、図 6 に付した符号と同一の符号を付す等して詳細な説明を省略する。

30

40

【0045】

図 4 は、電磁ブレーキ装置 4 0 0 の構成の一例を鋳型 6 3 0 と共に示す図である。図 4（a）は、Z 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 4 0 0 の概略構成の一例を示す。図 4（b）は、X 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 4 0 0 の概略構成の一例を示す。

【0046】

電磁ブレーキ装置 4 0 0 は、電磁石 4 1 0、4 2 0 と、支持フレーム 1 3 0 とを有する

50

。

電磁石 4 1 0、4 2 0 は、Y 軸方向において鋳型 6 3 0 の長辺部 6 3 3、6 3 4 を介して相互に対向するように間隔を有して配置される。電磁石 4 1 0 と、4 2 0 は、連続鋳造設備の軸（鋳型 6 3 0 の軸）を回転軸として略 2 回対称となる位置に配置される。電磁石 4 1 0 は、コイル 4 1 1 と、鉄心 4 1 2 とを有する。電磁石 4 2 0 は、コイル 4 2 1 と、鉄心 4 2 2 とを有する。

【0047】

鉄心 4 1 2 は、鋳型 6 3 0（の長辺部 6 3 3）と間隔を有して対向する位置に配置される。

図 4（a）に示すように、鉄心 4 1 2 の先端面 P 3 1 の X 軸方向の長さは、基端面 P 3 2 の X 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 4 1 2 の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、鉄心 4 1 2 の X 軸方向の長さは、当該第 1 の位置よりも基端面 P 3 2 側の第 2 の位置における、鉄心 4 1 2 の X 軸方向の長さ以下になる。ここで、鉄心 4 1 2 の先端面 P 3 1 は、鉄心 4 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0（の長辺部 6 3 3）に近い方の面である。一方、鉄心 4 1 2 の基端面 P 3 2 は、鉄心 4 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0（の長辺部 6 3 3）から遠い方の面である。具体的に本実施形態では、鉄心 4 1 2 を Z 軸方向に沿って見た場合の鉄心 4 1 2 の形状が、X 軸方向の両側のそれぞれにおいて、基端面 P 3 2 から先端面 P 3 1 に向かって一定の傾斜角で先細りとなるように傾斜する直線テーパ状になるようにする。

また、図 4（b）に示すように、鉄心 4 1 2 の先端面 P 3 1 の Z 軸方向の長さは、基端面 P 3 2 の Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 4 1 2 の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、鉄心 4 1 2 の Z 軸方向の長さは、当該第 3 の位置よりも基端面 P 3 2 側の第 4 の位置における、鉄心 4 1 2 の Z 軸方向の長さ以下になる。具体的に本実施形態では、鉄心 4 1 2 を X 軸方向に沿って見た場合の鉄心 4 1 2 の形状が、Z 軸方向の両側のそれぞれにおいて、基端面 P 3 2 から先端面 P 3 1 に向かって一定の傾斜角で先細りとなるように傾斜する直線テーパ状になるようにする。

鉄心 4 1 2 は、軟磁性材料を用いて構成される。例えば、鉄心 4 1 2 は、複数の電磁鋼板を積み重ねることにより構成される。

コイル 4 1 1 は、鉄心 4 1 2 に対して巻き回される。

【0048】

本実施形態では、電磁石 4 1 0、4 2 0 は、同じ構成を有するもので実現されるものとする。そうすると、電磁石 4 2 0 の説明は、電磁石 4 1 0 の説明において、電磁石 4 1 0 を電磁石 4 2 0、鉄心 4 1 2 を鉄心 4 2 2、先端面 P 3 1 を先端面 P 4 1、基端面 P 3 2 を基端面 P 4 2、長辺部 6 3 3 を長辺部 6 3 4 にそれぞれ置き換えたものとなる。また、コイル 4 2 1 の説明は、コイル 4 1 1 の説明において、電磁石 4 1 0 を電磁石 4 2 0、コイル 4 1 1 をコイル 4 2 1、鉄心 4 1 2 を鉄心 4 2 2 にそれぞれ置き換えたものとなる。従って、ここでは、電磁石 4 2 0 についての詳細な説明を省略する。

【0049】

また、鉄心 4 1 2、4 2 2 の先端面 P 3 1、P 4 1 の X 軸方向の長さ X 1、鋳型 6 3 0 の最大鋳造幅 X 2、第 1 のコイル支持フレーム間距離 X 3、第 2 のコイル支持フレーム間距離 X 4、鉄心 4 1 2、4 2 2 の基端面 P 3 2、P 4 2 の X 軸方向の長さ X 5、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 の好ましい関係は、第 1 の実施形態と同じである（ $X 1 < X 2$ 、 $X 1 < X 2 + Y 1$ 、 $Y 1 < X 3$ 、 $X 4 < Y 1$ 、 $X 1 < X 5$ ）。従って、その詳細な説明を省略する。

【0050】

以上のように本実施形態では、鉄心 4 1 2 を Z 軸方向に沿って見た場合の鉄心 4 1 2 の形状が、基端面 P 3 2 から先端面 P 3 1 に向かって一定の傾斜角で先細りとなるように傾斜する直線テーパ状になるようにする。従って、鉄心 4 1 2、4 2 2 の、X 軸方向の両端部付近からの磁束を、鋳型 6 3 0 の X 軸方向の中央寄りにより向かわせ易くすることができる。よって、第 1 の実施形態で説明した効果をより高めることができる。

【 0 0 5 1 】

(第 3 の 実 施 形 態)

次に、第 3 の実施形態を説明する。本実施形態では、鉄心を曲線テーパ状に構成することにより、鉄心の先端面の X 軸方向・Z 軸方向の長さが、基端面の X 軸方向・Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心の何れの位置を第 1 の位置・第 3 の位置としても、当該第 1 の位置・第 3 の位置における、鉄心の X 軸方向・Z 軸方向の長さは、当該第 1 の位置・当該第 3 の位置よりも基端面側の第 2 の位置・第 4 の位置における、鉄心の X 軸方向・Z 軸方向の長さ以下になるようにする場合について説明する。このように本実施形態と第 1、第 2 の実施形態は、電磁ブレーキ装置の電磁石の鉄心の形状が異なることによる構成が主として異なる。従って、本実施形態の説明において、第 1、第 2 の実施形態と同一の部分については、図 1 ~ 図 4、図 6 に付した符号と同一の符号を付す等して詳細な説明を省略する。

10

【 0 0 5 2 】

図 5 は、電磁ブレーキ装置 5 0 0 の構成の一例を鋳型 6 3 0 と共に示す図である。図 5 (a) は、Z 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 5 0 0 の概略構成の一例を示す。図 5 (b) は、X 軸方向に垂直な方向に切った場合の電磁ブレーキ装置 5 0 0 の概略構成の一例を示す。

【 0 0 5 3 】

電磁ブレーキ装置 5 0 0 は、電磁石 5 1 0、5 2 0 と、支持フレーム 1 3 0 とを有する。

20

電磁石 5 1 0、5 2 0 は、Y 軸方向において鋳型 6 3 0 の長辺部 6 3 3、6 3 4 を介して相互に対向するように間隔を有して配置される。電磁石 5 1 0 と、5 2 0 は、連続鋳造設備の軸（鋳型 6 3 0 の軸）を回転軸として略 2 回対称となる位置に配置される。電磁石 5 1 0 は、コイル 5 1 1 と、鉄心 5 1 2 とを有する。電磁石 5 2 0 は、コイル 5 2 1 と、鉄心 5 2 2 とを有する。

【 0 0 5 4 】

鉄心 5 1 2 は、鋳型 6 3 0 （の長辺部 6 3 3）と間隔を有して対向する位置に配置される。

図 5 (a) に示すように、鉄心 5 1 2 の先端面 P 5 1 の X 軸方向の長さは、基端面 P 5 2 の X 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 5 1 2 の何れの位置を第 1 の位置としても、当該第 1 の位置における、鉄心 5 1 2 の X 軸方向の長さは、当該第 1 の位置よりも基端面 P 5 2 側の第 2 の位置における、鉄心 5 1 2 の X 軸方向の長さ以下になる。ここで、鉄心 5 1 2 の先端面 P 5 1 は、鉄心 5 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0 （の長辺部 6 3 3）に近い方の面である。一方、鉄心 5 1 2 の基端面 P 5 2 は、鉄心 5 1 2 の Y 軸方向の両端面のうち、鋳型 6 3 0 （の長辺部 6 3 3）から遠い方の面である。具体的に本実施形態では、鉄心 5 1 2 を Z 軸方向に沿って見た場合の鉄心 5 1 2 の形状が、X 軸方向の両側のそれぞれにおいて、基端面 P 5 2 から先端面 P 5 1 に向かって先端面 P 5 1 に近い位置であるほど急峻な傾きで（X 軸方向の単位長さの変化に対する Y 軸方向の長さの変化の割合が大きくなるように）先細りとなるように傾斜する曲線テーパ状になるようにする。

30

【 0 0 5 5 】

また、図 5 (b) に示すように、鉄心 5 1 2 の先端面 P 5 1 の Z 軸方向の長さは、基端面 P 5 2 の Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 5 1 2 の何れの位置を第 3 の位置としても、当該第 3 の位置における、鉄心 5 1 2 の Z 軸方向の長さは、当該第 3 の位置よりも基端面 P 5 2 側の第 4 の位置における、鉄心 5 1 2 の Z 軸方向の長さ以下になる。具体的に本実施形態では、鉄心 5 1 2 を X 軸方向に沿って見た場合の鉄心 5 1 2 の形状が、Z 軸方向の両側のそれぞれにおいて、基端面 P 5 2 から先端面 P 5 1 に向かって先端面 P 5 1 に近い位置であるほど急峻な傾きで（Z 軸方向の単位長さの変化に対する Y 軸方向の長さの変化の割合が大きくなるように）先細りとなるように傾斜する曲線テーパ状になるようにする。このような曲線テーパ状にすることにより、図 2 に示した漏れ磁束の磁力線 F L について前述したように、張力 T が一定の下では、磁力線 F L がある曲率を持って曲がって

40

50

いく性質に沿って鉄心 5 1 2 の形状が構成されている点で最も優れたものとなっている。

【 0 0 5 6 】

テーパ状の曲線としては、例えば、一定の半径を持った円の一部や、図 5 (a) において、以下の式を満たすものでもよい。

$$X = a - a / h [b / (a \ln 3) \times \ln (2 - (Y - h) / h) - 1] (Y - h)$$

a は、先端面 P 5 1 の X 軸方向の中心から、先端面 P 5 1 の X 軸方向の端までの長さである。b は、基端面 P 5 2 の X 軸方向の中心 (X Y 座標の原点とする) から、基端面 P 5 2 の X 軸方向の端までの長さである。h は、先端面 P 5 1 の X 軸方向の中心と基端面 P 5 2 の X 軸方向の中心とを結んだ距離である。X、Y は、それぞれ X 軸、Y 軸の値である。また、ln は、自然対数を示す。尚、X Y 座標の原点は、例えば、連続鑄造設備の軸 (鑄型 6 3 0 の軸) の位置とすることもできるが、ここでは式の簡素化のために上述のようにした。また、前述した式において、X、Y の符号を変更することにより、鉄心 5 1 2、5 2 2 を Z 軸方向に沿って見た場合の鉄心 5 1 2、5 2 2 の X 軸方向の両端の曲線の形状を表現することができる。さらに、前述した式で、X を Z に変数変換することで、X Y 平面と同様に Z Y 平面において、同様の曲線を与えることができる。

鉄心 5 1 2 は、軟磁性材料を用いて構成される。例えば、鉄心 5 1 2 は、複数の電磁鋼板を積み重ねることにより構成される。

コイル 5 1 1 は、鉄心 5 1 2 に対して巻き回される。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、電磁石 5 1 0、5 2 0 は、同じ構成を有するもので実現されるものとする。そうすると、電磁石 5 2 0 の説明は、電磁石 5 1 0 の説明において、電磁石 5 1 0 を電磁石 5 2 0、鉄心 5 1 2 を鉄心 5 2 2、先端面 P 5 1 を先端面 P 6 1、基端面 P 5 2 を基端面 P 6 2、長辺部 6 3 3 を長辺部 6 3 4 にそれぞれ置き換えたものとなる。また、コイル 5 2 1 の説明は、コイル 5 1 1 の説明において、電磁石 5 1 0 を電磁石 5 2 0、コイル 5 1 1 をコイル 5 2 1、鉄心 5 1 2 を鉄心 5 2 2 にそれぞれ置き換えたものとなる。従って、ここでは、電磁石 5 2 0 についての詳細な説明を省略する。

【 0 0 5 8 】

また、鉄心 5 1 2、5 2 2 の先端面 P 5 1、P 6 1 の X 軸方向の長さ X 1、鑄型 6 3 0 の最大鑄造幅 X 2、第 1 のコイル支持フレーム間距離 X 3、第 2 のコイル支持フレーム間距離 X 4、鉄心 5 1 2、5 2 2 の基端面 P 5 2、P 6 2 の X 軸方向の長さ X 5、鉄心 1 1 2、1 2 2 の Y 軸方向の間隔 Y 1 の好ましい関係は、第 1 の実施形態と同じである (X 1 X 2、X 1 X 2 + Y 1、Y 1 X 3、X 4 Y 1、X 1 < X 5)。従って、その詳細な説明を省略する。

以上のように本実施形態では、鉄心 5 1 2 を Z 軸方向に沿って見た場合の鉄心 5 1 2 の形状が、基端面 P 5 2 から先端面 P 5 1 に向かって先端面 P 5 1 に近い位置であるほど急峻な傾きで先細りとなるように傾斜する曲線テーパ状になるようにする。従って、鉄心 5 1 2、5 2 2 の、X 軸方向の両端部付近からの磁束を、鑄型 6 3 0 の X 軸方向の中央寄りにより一層向かわせ易くすることができる。よって、第 1 の実施形態で説明した効果をより一層高めることができる。

【 0 0 5 9 】

(変形例)

鉄心 1 1 2、1 2 2、4 1 2、4 2 2、5 1 2、5 2 2 の先端面 P 1 1、P 2 1、P 3 1、P 4 1、P 5 1、P 6 1 の X 軸方向・Z 軸方向の長さが、基端面 P 1 2、P 2 2、P 3 2、P 4 2、P 5 2、P 6 2 の X 軸方向・Z 軸方向の長さを下回り、且つ、鉄心 1 1 2、1 2 2、4 1 2、4 2 2、5 1 2、5 2 2 の何れの位置を第 1 の位置・第 3 の位置としても、当該第 1 の位置・第 3 の位置における、鉄心 1 1 2、1 2 2、4 1 2、4 2 2、5 1 2、5 2 2 の X 軸方向・Z 軸方向の長さは、当該第 1 の位置・当該第 3 の位置よりも基端面 P 1 2、P 2 2、P 3 2、P 4 2、P 5 2、P 6 2 側の第 2 の位置・第 4 の位置における、鉄心の X 軸方向・Z 軸方向の長さ以下になるようにする構成は、第 1 ~ 第 3 の実施形態で説明した構成に限定されない。例えば、第 1 ~ 第 3 の実施形態では、2 つの電磁石

110、120、410、420、510、520の鉄心112、122、412、422、512、522を同じ形状および大きさとした。しかしながら、2つの電磁石の鉄心の形状および大きさの少なくとも何れか一方を異ならせてもよい。また、例えば、鉄心をZ軸方向に沿って見た場合の鉄心の形状が、基端面から先端面に向かって先端面に近い位置であるほど急峻な傾きで先細りとなるように傾斜する曲線テーパ状になるようにし、鉄心をX軸方向に沿って見た場合の鉄心の形状が、基端面から先端面に向かって先端面に近い位置であるほど緩やかな傾きで先細りとなるように傾斜する曲線テーパ状になるようにしてもよい。

【0060】

また、第1～第3の実施形態では、鋳片としてスラブを製造（連続鋳造）する場合を例に挙げ、鋳型630が、2つの短辺部631、632と、2つの長辺部633、634と、を有する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、連続鋳造機で製造する鋳片は、スラブに限定されず、ピレットやブルームであってもよい。即ち、鋳型は、（鋳型の）幅方向（X軸方向）において相互に対向するように間隔を有して配置される2つの第1の部分（本実施形態では2つの短辺部631、632に対応）、（鋳型の）厚み方向（Y軸方向）において相互に対向するように間隔を有して配置される2つの第2の部分（本実施形態では2つの長辺部633、634に対応）と、を有していれば、第1の部分のY軸方向の長さが、第2の部分のX軸方向の長さよりも短くなくてもよい。

尚、これまでの説明において、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向は、それぞれ、第2の方向、第1の方向、第3の方向の一例である。

【0061】

尚、以上説明した本発明の実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

【符号の説明】

【0062】

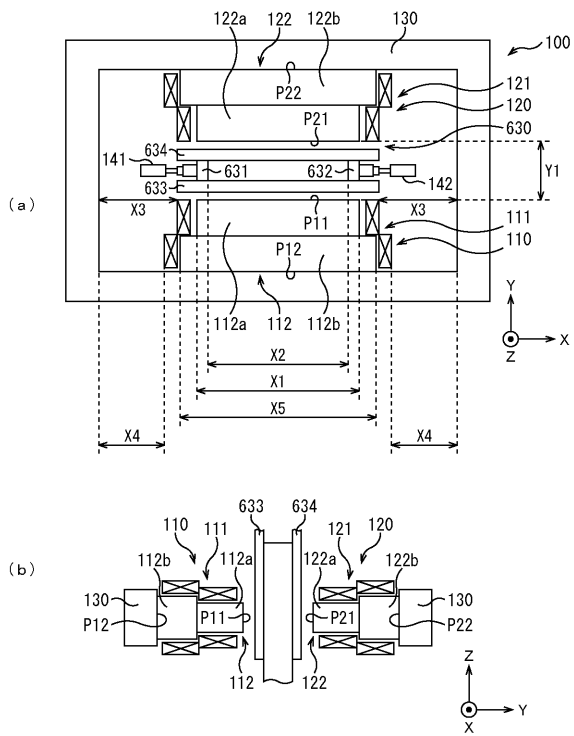
100、400、500：電磁ブレーキ装置、110、120、410、420、510、520：電磁石、111、121、411、421、511、521：コイル、112、122、412、422、512、522：鉄心、130：支持フレーム、630：鋳型、631、632：短辺部、641、642：長辺部

10

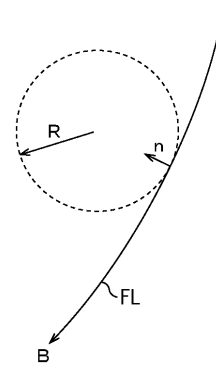
20

30

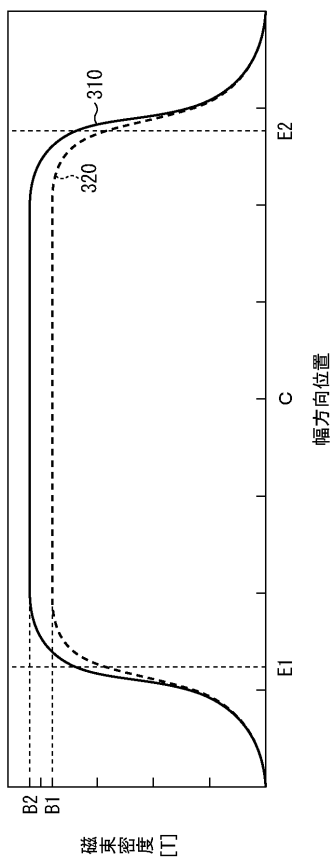
【図 1】



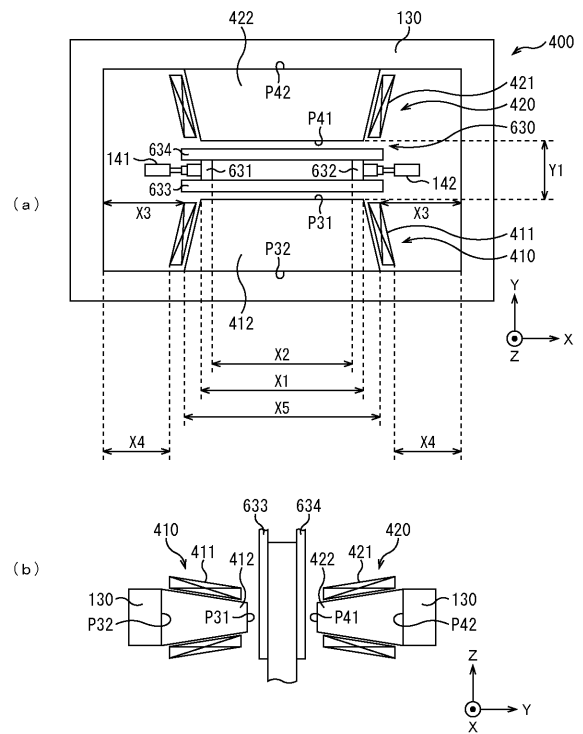
【図 2】



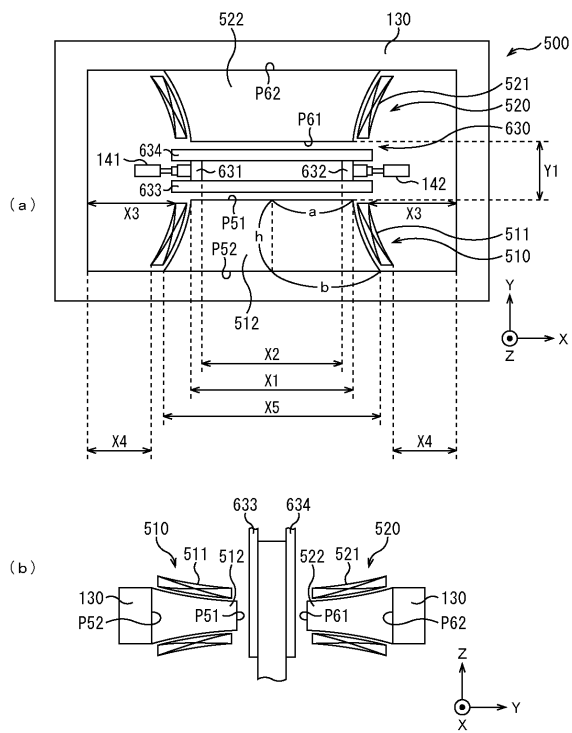
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

