

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2023-178223  
(P2023-178223A)

(43)公開日 令和5年12月14日(2023.12.14)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 2 D 11/10 (2006.01)	B 2 2 D 11/10 3 3 0 A	4 E 0 0 4
B 2 2 D 41/50 (2006.01)	B 2 2 D 41/50 5 2 0	4 E 0 1 4
B 2 2 D 11/115 (2006.01)	B 2 2 D 11/115 B	

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2023-83287(P2023-83287)	(71)出願人 000001258
(22)出願日 令和5年5月19日(2023.5.19)	J F E スチール株式会社
(31)優先権主張番号 特願2022-90625(P2022-90625)	東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(32)優先日 令和4年6月3日(2022.6.3)	(74)代理人 110001542
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	弁理士法人銀座マロニエ特許事務所
	(72)発明者 荒牧 則親
	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 外石 圭吾
	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 鄭 賛佑
	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) 4E004 FB10 MB12

最終頁に続く

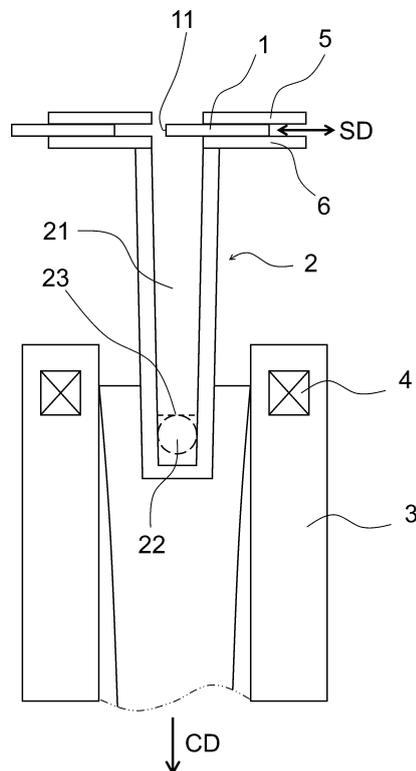
(54)【発明の名称】 鋼の連続鋳造方法

(57)【要約】

【課題】表面、内部品質に優れた鋳片を製造することができる鋼の連続鋳造方法を提供する。

【解決手段】タンディッシュの底部に設けたスライディングノズルから浸漬ノズルを介して溶鋼を鋳型内に供給するに際し、前記浸漬ノズルは、前記鋳型内溶鋼への浸漬部の外形の横断面形状を楕円形または流線形とし、内孔の横断面形状の前記鋳型長辺に略平行な一の軸 $D_1$ と該一の軸に直交する他の軸 $D_2$ との長さ比 $D_1 / D_2$ を $1.00 \sim 3.00$ の範囲とし、前記内孔の最小断面積部における断面積 $S_1$ と前記スライディングノズルのノズル孔の断面積 $S_0$ との比 $S_1 / S_0$ を、 $0.96 \sim 1.30$ の範囲とし、吐出孔の一方の面積 $N_1$ と前記断面積 $S_1$ との比 $N_1 / S_1$ を $0.96 \sim 1.20$ の範囲とする、鋼の連続鋳造方法である。

【選択図】図1



10

20

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

タンディッシュの底部に設けたスライディングノズルから浸漬ノズルを介して溶鋼を鋳型内に供給するに際し、

前記浸漬ノズルは、前記鋳型内溶鋼への浸漬部の外形の横断面形状を楕円形または流線形とし、

内孔の横断面形状における前記鋳型長辺に略平行な一の軸  $D_1$  と該一の軸に直交する他の軸  $D_2$  との長さ比  $D_1 / D_2$  を  $1.00 \sim 3.00$  の範囲とし、

前記内孔の最小断面積部における断面積  $S_1$  と前記スライディングノズルのノズル孔の断面積  $S_0$  との比  $S_1 / S_0$  を、 $0.96 \sim 1.30$  の範囲とし、

吐出孔の一方の面積  $N_1$  と前記断面積  $S_1$  との比  $N_1 / S_1$  を  $0.96 \sim 1.20$  の範囲とする、鋼の連続鋳造方法。

## 【請求項 2】

前記浸漬ノズルは、前記一の軸の方向が前記鋳型の長辺に略平行となるように配置し、対向する前記鋳型の短辺方向に向けて溶鋼を吐出するように、前記一の軸方向の両側面に少なくとも一対の吐出孔を設ける、請求項 1 に記載の鋼の連続鋳造方法。

## 【請求項 3】

前記浸漬ノズルは、前記一の軸の方向が前記鋳型の長辺に略平行となるように配置し、前記吐出孔が対向する前記鋳型の長辺と  $60^\circ$  以内に偏向させて溶鋼を吐出するように、両側面に少なくとも一対の吐出孔を設ける、請求項 1 に記載の鋼の連続鋳造方法。

## 【請求項 4】

前記浸漬ノズルは、前記他の軸側外側面と鋳型の長辺側内壁との距離が  $80 \text{ mm}$  以上となるように配置する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の鋼の連続鋳造方法。

## 【請求項 5】

電磁攪拌装置により鋳型内の溶鋼に旋回性を付与しつつ鋳造を行う、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の鋼の連続鋳造方法

## 【請求項 6】

電磁攪拌装置により鋳型内の溶鋼に旋回性を付与しつつ鋳造を行う、請求項 4 に記載の鋼の連続鋳造方法

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、タンディッシュの底部に設けたスライディングノズルから浸漬ノズルを介して溶鋼を鋳型内に供給する鋼の連続鋳造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

溶鋼を取鍋から中間容器であるタンディッシュを介して鋳型に供給する鋼の連続鋳造方法が一般的に行われている。その際、タンディッシュの底部に設置した浸漬ノズルを鋳型内溶鋼に浸漬して鋳造する。たとえば、横断面形状が長方形である鋳片を鋳造するための鋳型内に溶鋼を注入する際、通常、鋳型の両側の短辺方向にそれぞれ 1 つの吐出孔を有する浸漬ノズルが用いられる。このような浸漬ノズル内を通過する溶鋼の流量を制御する装置として、タンディッシュ内に設置したストッパーやタンディッシュ底部に設置したスライディングノズルが用いられる。

## 【0003】

一般的にはスライディングノズルは 2 枚板と 3 枚板の場合がある。2 枚板の場合には摺動方向が幅方向（鋳型長辺に平行な方向）なので幅方向に偏流が発生する。3 枚板の場合は、摺動方向が厚み方向（鋳型長辺に直交する方向）になるので厚み方向に偏流が発生する。一方、ストッパー制御の場合には、ストッパーの周辺から均一に湯が落下するため偏流が起こりにくいといわれている。しかし、ストッパーは耐火物であり、溶鋼中では浮力があるので、必ずしもストッパーの軸と上ノズルの軸とが同軸配置にならず、偏流を防止

10

20

30

40

50

できていない。

【 0 0 0 4 】

浸漬ノズルからの溶鋼の吐出流を安定させて良好な表面品質や内部品質を有する鋳片を製造するために、従来から種々の技術が開発されている。特許文献 1 には、鋳型内の溶鋼の片流れ現象を防止するために、スライディングノズルと吐出流のなす水平面内の角度を  $80 \sim 90^\circ$  とした連続鋳造方法が開示されている。特許文献 2 には、浸漬ノズルを矩形断面のものとして、注入ノズルから鋳型への注入流を一様な低速下降流に保持して鋳造する注入方法が開示されている。特許文献 3 には、吐出孔をスリット状として浸漬ノズルから吐出する溶鋼流を分散化、均一化することにより、表面、内部欠陥のない鋳片を製造する連続鋳造方法が開示されている。

10

【 0 0 0 5 】

特許文献 4 には、内部にねじりテープ状の旋回羽根を備えた浸漬ノズルが開示されている。特許文献 5 には、浸漬ノズル内に不活性ガスを導入し内部の圧力を制御することにより吐出孔からの溶鋼流動に偏流が生じることを防止する連続鋳造方法が開示されている。

【 0 0 0 6 】

特許文献 6 には、浸漬ノズル内孔の横断面形状を楕円などの扁平なものとしてその長軸を鋳型長辺と平行とし、かつスライディングノズルの摺動方向を前記長軸と直交する方向とする技術が開示されている。もって、浸漬ノズル内での溶鋼流を安定させるものである。

【 先行技術文献 】

20

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 3 0 1 5 4 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開昭 5 8 - 7 4 2 5 7 号公報

【 特許文献 3 】 特開平 9 - 2 8 5 8 5 2 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 0 - 2 3 7 8 5 2 号公報

【 特許文献 5 】 特開平 9 - 2 2 5 6 0 4 号公報

【 特許文献 6 】 特開 2 0 0 7 - 6 9 2 2 2 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上記従来技術の方法によってもなお、鋳型内に吐出する溶鋼流を安定させて偏流を十分に防止することはできていない。圧延後のコイル表面に発生するスリバーと呼ばれる介在物起因の表面欠陥やブローホールと呼ばれる浸漬ノズル吹込みアルゴン起因の気泡欠陥を十分に防止することはできなかった。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記した従来の問題点を解決し、浸漬ノズルからの吐出流を安定させることによってスリバーの原因となるアルミナなど非金属介在物やブローホールの原因となるアルゴン気泡の巻き込みを防止して、表面、内部品質に優れた鋳片を製造することができる鋼の連続鋳造方法を提供することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

上記課題を有利に解決する本発明にかかる鋼の連続鋳造方法は、タンディッシュの底部に設けたスライディングノズルから浸漬ノズルを介して溶鋼を鋳型内に供給するに際し、前記浸漬ノズルは、前記鋳型内溶鋼への浸漬部の外形の横断面形状を楕円形または流線形とし、内孔の横断面形状の前記鋳型長辺に略平行な一の軸  $D_1$  と該一の軸に直交する他の軸  $D_2$  との長さ比  $D_1 / D_2$  を  $1.00 \sim 3.00$  の範囲とし、前記内孔の最小断面積部における断面積  $S_1$  と前記スライディングノズルのノズル孔の断面積  $S_0$  との比  $S_1 / S_0$  を、 $0.96 \sim 1.30$  の範囲とし、吐出孔の一方の面積  $N_1$  と前記断面積  $S_1$  との比  $N_1 / S_1$  を  $0.96 \sim 1.20$  の範囲とすることを特徴とする。

50

## 【 0 0 1 1 】

なお、本発明にかかる鋼の連続鋳造方法は、

- a . 前記浸漬ノズルは、前記一の軸の方向が前記鋳型の長辺に略平行となるように配置し、対向する前記鋳型の短辺方向に向けて溶鋼を吐出するように、前記一の軸方向の両側面に少なくとも一対の吐出孔を設けること、
  - b . 前記浸漬ノズルは、前記一の軸の方向が前記鋳型の長辺に略平行となるように配置し、前記吐出孔が対向する前記鋳型の長辺と60°以内に偏向させて溶鋼を吐出するように、両側面に少なくとも一対の吐出孔を設けること、
  - c . 前記浸漬ノズルは、前記他の軸側外側面と鋳型の長辺側内壁との距離が80mm以上となるように配置すること、
  - d . 電磁攪拌装置により鋳型内の溶鋼に旋回性を付与しつつ鋳造を行うこと、
- などがより好ましい解決手段になり得るものと考えられる。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 2 】

本発明によれば、浸漬ノズルの鋳型内溶鋼への浸漬部の外形を楕円形または流線形とし、内孔の横断面形状の長軸と短軸の長さ比を特定し、長軸を鋳型長辺と平行に配置した。それにより、浸漬ノズル近傍の鋳型内溶鋼の流れを乱すことなく浸漬することができ、メニスカス部の表面流速を確保できる。また、浸漬ノズルの内孔断面積とスライディングノズルのノズル孔の断面積との比を特定し、浸漬ノズルの吐出孔の面積と内孔断面積との比を特定した。そのことにより、浸漬ノズル内への空気の吸い込みに起因するノズル閉塞を発生させることなく偏流を防止することができる。

20

## 【 0 0 1 3 】

さらに、浸漬ノズルは、その浸漬部の長軸を鋳型の長辺に略平行に配置し、長軸方向の両側面に少なくとも一対の吐出孔を設けることが好ましい。そうすれば、溶鋼吐出流がメニスカスから未凝固部の奥深く侵入することを防止することができる。

## 【 0 0 1 4 】

また、浸漬ノズルは、その浸漬部の長軸を鋳型の長辺に略平行に配置し、吐出孔が対向する鋳型の長辺と所定の角度以内に偏向させて溶鋼を吐出するように、両側面に少なくとも一対の吐出孔を設けることが好ましい。そうすれば、鋳型内溶鋼に旋回流を付与することができる。もって、非金属介在物などの凝固シェルへの捕捉を防止して表面性状に優れた鋳片を製造することができる。

30

## 【 0 0 1 5 】

さらに、浸漬ノズルの短軸側外側面と鋳型の長辺側内壁との距離を適正化することが好ましい。そうすることで、浸漬ノズル近傍の溶鋼流速を十分に確保して溶鋼を鋳造することができる。

## 【 0 0 1 6 】

加えて、電磁攪拌装置により鋳型内の溶鋼に旋回性を付与しつつ鋳造を行うことが好ましい。そうすれば、非金属介在物などの凝固シェルへの捕捉を防止して表面性状に優れた鋳片を製造することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

40

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】本発明の一実施形態にかかる鋼の連続鋳造方法に適した鋳型および浸漬ノズルの縦断面図である。

【 図 2 】浸漬ノズルの最小断面積部の断面形状を示す図であって、( a )は楕円形状を示し、( b )は軸対称の流線形状を示す。

【 図 3 】鋳型内部の鋳型と浸漬ノズルの位置関係を示す模式上面図であって、( a )は吐出孔の向きが鋳型の長辺に平行な場合を示し、( b )は吐出孔が長辺側に偏向している場合を示す。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 8 】

50

以下、本発明の実施の形態について具体的に説明する。なお、各図面は模式的なものであって、現実のものとは異なる場合がある。また、以下の実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであり、構成を下記のものに特定するものでない。すなわち、本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

【0019】

発明者らは浸漬ノズル内や鋳型内の溶鋼の流れを解析した結果、以下のような知見を得て本発明を完成するに至った。

【0020】

浸漬ノズル内孔の横断面形状が真円である従来型浸漬ノズルの場合には、スライディングノズルを摺動させると、開口部が一方に偏っているために浸漬ノズル内でスライディングノズルの摺動方向に向かう偏流が発生する。この偏流によって、浸漬ノズル吐出孔からの溶鋼流速のばらつきが増大し、最大吐出流速が増大する。

10

【0021】

最大吐出流速の増加によって吐出流が未凝固部へ浸入する深さが増大する。そのため、脱酸生成物であるアルミナ、連鋳パウダー等の介在物や浸漬ノズル内への吹込みアルゴン気泡が、溶鋼の未凝固部の奥深くまで侵入し浮上できずに残留してしまう。そして、製品表面欠陥や割れ等の内部欠陥につながることもわかった。また、浸漬ノズルの外形の横断面形状が真円であると、浸漬ノズルの浸漬部の鋳型内溶鋼流動に対する抵抗が増加し、メニスカス表面流速が低減してしまう。メニスカス表面の流れが浸漬ノズルに衝突した場合に、流速が不均一になったり、周辺に渦が形成されたりして連鋳パウダーを削り込んで表面欠陥につながることもわかった。

20

【0022】

これらを防止するためには、ノズル内孔横断面形状を楕円形や長円形などの扁平なものや流線形として、その長軸の方向を鋳型の長辺方向と略平行とし、鋳造することが有効であることを見出した。

【0023】

図1は、本実施形態にかかる鋼の連続鋳造方法を実施するための連続鋳造設備の鋳片短辺側から見た概略構成を示す模式縦断面図である。図示しないタンディッシュの底部にスライディングノズル1を設けている。スライディングノズル1の下方には浸漬ノズル2がつながっている。浸漬ノズル2から鋳型3に溶鋼が注入される。図1の例では、鋳型内溶鋼を攪拌するための電磁攪拌コイル4が鋳型3に設置されている。スライディングノズル1は、断面積が $S_0$ のノズル孔11を有している。図1の例では、上プレート5と下プレート6に挟まれて、鋳型3の長辺に直交する方向を摺動方向SDとする3枚板タイプである。鋳型3に冷却され凝固した凝固シェルは鋳造方向CDに引き抜かれる。

30

【0024】

本実施形態では、スライディングノズル1はノズル孔11を真円形とする。また、浸漬ノズル2は上部の内孔21の形状を真円形としている。そして、浸漬ノズル2は下部の内孔21の形状を図2(a)に示す楕円形や図2(b)に示す軸対称な流線形とする。浸漬ノズルはノズル耐火物の厚みをほぼ一定とすることから、内孔の断面形状が外形の形状を支配する。ここで、楕円形には、長楕円形を含み、真円形を含まない。また、楕円形に代えて、矩形の短辺側を円弧で置き換えた平行部を有する長円形とすることができる。また、流線形とは、流れの中に置かれたとき、周りに渦を発生せず、流れから受ける抵抗が最も小さくなる曲線で構成される形をいう。一様な流れにあっては、先端を丸く後端がとがる形状となる。

40

【0025】

図2(a)に例示するように、楕円形や長円形では、一の軸である長軸の長さ(長径) $D_1$ とこれに直交する他の軸である短軸の長さ(短径) $D_2$ を有する。図2(b)に示す軸対称な流線形では、流れに平行な一の軸の長さ $D_1$ と一の軸から最も離れた周囲の点から一の軸へおろす垂線の長さを他の軸の長さ $D_2$ の半分と定義する。後述するように、上

50

面視で長方形の鋳型内中央（幅方向および厚み方向で）に設置された浸漬ノズルと対向する鋳型の長辺との間の溶鋼は旋回流、つまり、鋳型中央を挟んで逆向きの溶鋼流れとすることが好ましく、浸漬ノズルの浸漬部の外形を軸対称の流線形とすることで、鋳型内溶鋼表面の渦の発生を低減できるからである。

**【0026】**

本実施形態では、図3(a)や(b)に示すような配置で鋳型内溶鋼に浸漬ノズル2を浸漬する。浸漬ノズル2の最小断面積部23の断面形状は楕円形とした。本実施形態では、浸漬ノズル2の長軸方向LAを鋳型3の長辺に平行または実質的に平行に一の軸方向として配置し、短軸方向SAを他の軸方向とする。上面視で長方形の鋳型内溶鋼に水平方向の旋回流を与えたときに浸漬ノズル近傍の溶鋼は長辺に平行に流れるので、図3(a)や(b)のように設置すれば流動抵抗を低減できる。この場合、短軸方向SAは、鋳型の長辺に直交または実質的に直交する。ここで、「長辺に実質的に平行に配置する」とは、設備や装置の設置誤差精度を許容することを意味し、5°以内の偏差であれば許容される。

10

**【0027】**

図3(a)の例では、浸漬ノズル2には二つの吐出孔22が長軸方向LAの両側に一対設けてあるので、対向する鋳型の短辺方向に向けて溶鋼を吐出することができる。吐出孔22は少なくとも一対であればよく、二対としてもよい。この配置であれば、溶鋼吐出流がメニスカスから奥深く鋳造方向CDに侵入することを防止することができる。

**【0028】**

図3(b)の例では、吐出孔22が対向する鋳型の長辺と角度θに偏向させて溶鋼を吐出するように一対設けてあるので、鋳型内溶鋼に旋回流を形成することができ、メニスカス近傍の凝固シェルを洗浄して介在物の付着を防止できる。吐出孔22は少なくとも一対であればよく、二対としてもよい。偏向角度θは60°以内が好ましい。より好ましくは30°以内である。偏向角度θが大きすぎると長辺側の凝固シェルに浸漬ノズルからの吐出流が衝突し、凝固シェルの凝固遅れによる内部割れやブレイクアウトなどの操業事故のおそれがある。また、偏向角度θは0°を含まず、鋳型内溶鋼の旋回流を有効に発生させる観点から5°以上とすることがより好ましい。

20

**【0029】**

本実施形態では、スライディングノズル1の摺動方向を浸漬ノズル2の内孔の長軸方向LAと直交する方向とすることが好ましい。浸漬ノズル2内での溶鋼の偏流する方向の幅を押さえ溶鋼を長軸方向LAに均等に流動させることができる。そのため、スライディングノズル1を摺動させたときに発生する浸漬ノズル2内溶鋼の偏流を小さいものとすることができる。

30

**【0030】**

上記した形状の内孔21を有する浸漬ノズル2において、一の軸長さD<sub>1</sub>と他の軸長さD<sub>2</sub>との長さ比D<sub>1</sub>/D<sub>2</sub>を吐出孔22直上の最小断面積部23において1.00~3.00の範囲とする必要がある。長さ比D<sub>1</sub>/D<sub>2</sub>が1.00未満では、内孔21の扁平度が逆転しスライディングノズル1摺動方向への偏流の発生を効果的に防止することができない。そのうえ、浸漬ノズル2の内孔断面積S<sub>1</sub>がスライディングノズル1のノズル孔断面積S<sub>0</sub>より小さくなりすぎるおそれがある。一方、長さ比D<sub>1</sub>/D<sub>2</sub>が3.00超では扁平形状になり過ぎ浸漬ノズルが折損する危険性が増大するうえ、鋳造中に発生するアルミナ閉塞状況になった場合に十分な溶鋼流量の確保が難しく鋳型内湯面の制御ができず、湯面変動によって、安定操業の続行ができない状況が発生するおそれがある。なお、最小断面積部23は上下に複数の吐出孔22を有する浸漬ノズル2にあっては、最上部の吐出孔22の上端位置となる。

40

**【0031】**

上述したように浸漬ノズル2の内孔21は、上部から下部にむかって形状が変化するだけでなく、断面積が縮小される。吐出孔22直上の最小断面積部23の断面積S<sub>1</sub>とスライディングノズル1のノズル孔11の断面積S<sub>0</sub>との比S<sub>1</sub>/S<sub>0</sub>を0.96~1.30の範囲とする必要がある。この比S<sub>1</sub>/S<sub>0</sub>が0.96未満では、タンディッシュ内溶鋼

50

高さが低下する非定常部において、スライディングノズルの開度が上昇したときに溶鋼の供給が不足する。そのために、鑄型内湯面の制御ができず、湯面変動によって、安定操業の続行ができない状況が発生するおそれがある。一方、比  $S_1/S_0$  が 1.30 超では、内孔扁平度の影響が小さくなり、摺動方向の偏流が抑制される効果が低下する。それと共に、ノズル自体が大型化し、ランニングコストが増大してしまうという懸念がある。また、下ノズル 6 と浸漬ノズル 2 の段差に負圧が発生し、空気を吸い込む恐れがあるうえ、スライディングノズル 1 の摺動とともに浸漬ノズル内溶鋼に偏流が発生するおそれが高くなる。

#### 【0032】

鑄造のスタート時には、鍋から注入された溶鋼がタンディッシュを満たし、浸漬ノズルを介して鑄型に注入されるまでの間に、それぞれの耐火物に熱を奪われ、溶鋼温度が低下する。この温度低下が大きい場合には凝固点を下回って、浸漬ノズル内で溶鋼の凝固が生じ、いわゆる棚吊り状態となることがある。そのような場合、「鑄造スタート時の手動介入」として、たとえば、浸漬ノズルの吐出孔より酸素パイプを挿入して、凝固表面に酸素を吹きかけて溶融することが行われる。この鑄造スタート時の手動介入は作業員にとって危険を伴うものであるうえ、品質上もこのましくないなど連続鑄造の安定操業にとって妨げとなる。

#### 【0033】

また、吐出孔 22 の一方の面積  $N_1$  と前記断面積  $S_1$  との比  $N_1/S_1$  を 0.96 ~ 1.20 の範囲とする必要がある。吐出孔 22 の一方の面積  $N_1$  は、浸漬ノズル 2 の両側面に吐出孔 22 が対になって設けてある場合には、一方の側面の吐出孔 22 の合計面積とする。吐出孔 22 の一方の面積  $N_1$  は、浸漬ノズル 2 の底に吐出孔 22 が設けてある場合には、底の吐出孔 22 の面積を合算して計算する。なお、製品の表面品質を重視する場合には、浸漬ノズルの底に吐出孔 22 を配置せず、側面にのみ吐出孔 22 を配置することが好ましい。比  $N_1/S_1$  が 0.96 未満では、ノズル閉塞が発生しやすくなり、湯面変動が大きくなったり、必要吐出量に対する溶鋼吐出量の不足が発生し安定した操業ができなくなったりするおそれがある。一方、比  $N_1/S_1$  が 1.20 を超えると、対向する吐出孔間の吐出量のバランスが崩れ、一方の吐出孔の流量が多くなる、いわゆる偏流が生じる。その偏流により、介在物等を溶鋼の未凝固部の鑄造方向 CD の深くまで送り込むおそれがある。さらに、吐出口での流速低下部にノズル詰まりが生じて湯面変動が増大するおそれがある。加えて、偏流が極端に大きくなるとブレイクアウトなど操業事故が発生する危険性がある。

#### 【0034】

図 3 (a) に示すように、浸漬ノズル 2 の短軸側外側面と、鑄型 3 の長辺側内壁との距離  $L_S$  を、80 mm 以上とするのが好ましい。ここで、距離  $L_S$  は、対向する 2 つの鑄型長辺に対する距離のうち小さい方とする。距離  $L_S$  が 80 mm 未満では、鑄型内に旋回流を発生させる、たとえば、溶鋼を電磁攪拌したような場合に十分な溶鋼流速が得られないため、表面疵の原因となる介在物等を凝固シェルが捕捉するおそれが高いからである。

#### 【0035】

図 1 や図 3 (a)、(b) に示すように、鑄型 3 に電磁攪拌用の電磁攪拌コイル 4 を設置することが好ましい。鑄型 3 内の溶鋼に旋回性を付与しつつ鑄造を行うことができる。溶鋼を電磁的に攪拌することによって、介在物などの凝固シェルへの捕捉を防止して表面性状に優れた鑄片を製造することができる。

#### 【実施例】

#### 【0036】

次に、本発明の実施例について説明する。なお、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

#### 【0037】

極低炭素鋼の溶鋼 300 トンを転炉 - RH 脱ガス処理工程にて溶製した。タンディッシュ内の溶鋼温度を 1560 ~ 1580 とし、3 層式スライディングノズルおよび 2 層式

10

20

30

40

50

スライディングノズルと浸漬ノズルとを使用して鋳型内に溶鋼を注入し、厚さ 250 mm、幅 1200 ~ 1600 mm の鋳片を鋳造速度 1.6 ~ 2.0 mm/min で製造した。鋳造に当っては溶鋼を電磁攪拌で水平方向に回転させた。鋼板は、0.7 ~ 1.2 mm の冷延鋼板とした。効果はコイル欠陥混入率（欠陥個数 / コイル長 (m)）および鋳造中のノズル閉塞の有無にて評価した。種々の条件で連続鋳造を行って試験した結果を表 1 - 1 および 1 - 2 に示す。表中の、浸漬ノズル内孔形状は上側吐出孔直上の最小断面積部 23 の形状であり、処理 No. 19 を除き楕円形状をなし、処理 No. 19 は流線形をなす。また、 $D_1$  は鋳型の長辺に平行な一の軸長さ (mm)、 $D_2$  は一の軸に直交する他の軸長さ (mm)、 $S_1$  は浸漬ノズル 2 の最小断面積部 23 の断面積 ( $\text{mm}^2$ )、 $S_0$  はスライディングノズル 1 のノズル孔 11 の断面積 ( $\text{mm}^2$ )、 $\theta$  は浸漬ノズル吐出孔の方向と鋳型長辺とのなす角度 ( $^\circ$ )、 $n$  は浸漬ノズル 2 の吐出孔 22 の数、 $N_1 / S_1$  は吐出孔の一方の面積と浸漬ノズル 2 の最小断面積 23 の断面積との比、 $L_s$  は浸漬ノズル 2 の短軸側外側面と鋳型の長辺側内壁との距離 (mm)、 $D$  はコイル欠陥発生率であってコイル長 (m) 当たりの欠陥個数の百分率 (%/m) を表す。鋳造スタート時の成功率を鋳造スタート時の手動介入率として、手動介入数の鋳造スタート全数に対する百分率で表す。手動介入率は小さいほど安定した操業といえる。湯面変動による異常発生率を湯面変動回数の鋳込み回数に対する百分率として表す。表 1 - 1 および 1 - 2 中で、SD はスライディングノズル 1 の摺動方向と鋳型長辺との関係を表し、「直交」は 3 層式スライディングノズル、「平行」は 2 層式スライディングノズルを示す。

10

【 0 0 3 8 】

20

30

40

50

【 表 1 - 1 】

No	浸漬ノズル内孔形状			断面積			SD	吐出孔条件			Ls	欠陥率		浸漬ノズル閉塞有無	手動介入率	異常発生率	備考
	D1	D2	D1/D2	S1	S0	S1/S0		θ	n	N1/S1		ηD	%/m				
	mm	mm	-	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	-	-	°	-	-	mm						
1	93	62	1.50	4941	5027	0.98	直交	0	2	0.96	89	0.13	無し	2	3	3	発明例
2	79.31	77	1.03	4834	5027	0.96	直交	0	2	0.96	81.5	1.2	無し	2	3	3	発明例
3	90	75	1.20	5543	5027	1.10	直交	0	2	0.96	82.5	0.85	無し	1	1	1	発明例
4	98	70	1.40	5808	5027	1.16	直交	0	2	0.96	85	0.92	無し	1	1	1	発明例
5	97.5	65	1.50	5431	5027	1.08	直交	0	2	0.96	87.5	0.88	無し	1	1	1	発明例
6	96	60	1.60	4987	5027	0.99	直交	0	2	0.96	90	0.67	無し	1	2	2	発明例
7	88	80	1.10	5667	5027	1.13	直交	0	2	1.10	80	0.55	無し	0	1	1	発明例
8	93.75	75	1.25	5824	5027	1.16	直交	0	2	1.10	82.5	0.48	無し	0	1	1	発明例
9	101.5	70	1.45	6053	5027	1.20	直交	0	2	1.20	85	0.38	無し	0	1	1	発明例
10	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	0	2	1.20	90	0.88	無し	0	1	1	発明例
11	121.8	60	2.03	6535	5027	1.30	直交	0	2	1.20	90	0.92	無し	0	1	1	発明例
12	121.8	60	2.03	6535	5027	1.30	平行	0	2	1.20	90	1.9	無し	0	1	1	発明例
13	120	60	2.00	6427	5027	1.28	平行	0	2	1.20	90	1.8	無し	0	1	1	発明例
14	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	30	2	1.20	90	0.03	無し	0	1	1	発明例
15	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	60	2	1.10	90	0.98	無し	0	1	1	発明例
16	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	0	4	1.10	90	0.12	無し	0	1	1	発明例
17	126	42	3.00	4913	5027	0.98	直交	0	2	1.00	99	0.15	無し	1	3	3	発明例
18	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	65	2	1.00	90	1.1	無し	0	3	3	発明例
19	90	90	1.00	6362	5027	1.27	直交	0	2	1.00	75	1.5	無し	0	2	2	発明例

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

【表 1 - 2】

No	浸漬ノズル内孔形状			断面積			SD	吐出孔条件			LS	欠陥率		浸漬ノズル閉塞有無	手動介入率	異常発生率	備考
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> /D <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub> /S <sub>0</sub>		θ	n	N <sub>i</sub> /S <sub>1</sub>		ηD	%/m				
20	142.6	46	3.10	6106	5027	1.21	直交	0	2	1.00	97	1.8	0	有り	0	10	比較例
21	112.5	45	2.50	4628	5027	0.92	直交	0	2	1.00	97.5	1.5	0	有り	14	15	比較例
22	130	65	2.00	7543	5027	1.50	直交	0	2	1.00	87.5	3.1	0	有り	0	12	比較例
23	76.44	78	0.98	4657	5027	0.93	直交	0	2	1.00	81	2.4	0	無し	15	3	比較例
24	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	0	2	0.95	90	1.3	0	有り	12	13	比較例
25	120	60	2.00	6427	5027	1.28	直交	0	2	1.25	90	2.6	0	有り	0	17	比較例

10

20

30

40

## 【0040】

処理No. 1～19については、本発明の範囲内で鑄造試験を実施した結果である。コイル欠陥発生率 Dも1.9%以下であり品質結果は非常に良好である。また、鑄造中のノズル閉塞も発生してない。鑄造スタート時の手動介入率も低く、湯面変動による異常発生率も低く、安定した操業であった。

## 【0041】

処理No. 20は、ノズルの扁平度合 D<sub>1</sub>/D<sub>2</sub> が大きい場合である。この場合、耐火物自体の製造が難しく割れやすく、かつ溶鋼の通過抵抗が大きくなり、ノズル閉塞が発生したものと推定される。加えて、D<sub>1</sub>/D<sub>2</sub> が大きすぎて、内孔形状が扁平になり、鑄造

50

中に発生するアルミナ閉塞状況になった場合に十分な溶鋼流量の確保が得られず湯面変動による異常発生率が高かった。

処理No. 21は、比 $S_1 / S_0$ が小さかった場合である。この場合、鑄型内への注ぎ上げ時にノズルの閉塞が発生した。スライディングノズル1のノズル孔断面積に対してノズル内径断面積が小さかったためと推定される。 $S_1$ が小さくなること、つまり、 $S_0$ が全開状態になっても $S_1$ 部分で溶鋼の流通抵抗が大きく、溶鋼流速が低下してしまい、必要な溶鋼量が供給されない状態となった。いわゆる、 $S_1$ 部分での棚吊り状態が発生し、湯面変動の制御性が著しく低下するだけでなく、鑄造スタート時の溶鋼温度降下が著しく大きくなり、鑄造スタート時の手動介入率が極めて高くなり、安定操業が行えなかった。

処理No. 22は、比 $S_1 / S_0$ が大きかった場合である。この場合、整流効果が得られず、鑄造中の湯面変動による異常発生率も高かった。そのため、コイル品質の悪化と鑄造末期でのノズルの閉塞が発生した。

処理No. 23は、ノズル扁平度 $D_1 / D_2$ が1.00よりも小さい場合であり、長軸と短軸の長さが逆転してしまう。また、比 $S_1 / S_0$ が小さくなった。そのため、流動の浸漬ノズルによる抵抗が大きくなり、品質は悪化した。 $S_1$ が小さくなること、つまり、 $S_0$ が全開状態になっても $S_1$ 部分で溶鋼の流通抵抗が大きく、溶鋼流速が低下してしまい、必要な溶鋼量が供給されない状態となった。いわゆる、 $S_1$ 部分での棚吊り状態が発生し、湯面変動の制御性が著しく低下するだけでなく、鑄造スタート時の溶鋼温度降下が著しく大きくなり、鑄造スタート時の手動介入率が極めて高くなり、安定操業が行えなかった。

処理No. 24は、ノズル最小断面積 $S_1$ に対して吐出孔の面積 $N_1$ が小さすぎた場合である。コイル成績は改善したが、鑄造中のノズル閉塞が散見された。 $S_1$ よりも $N_1$ が小さいと吐出孔での溶鋼の流通抵抗が大きく、溶鋼流速が低下してしまい、必要な溶鋼量が供給されない状態となった。そのため、湯面変動の制御性が著しく低下するだけでなく、鑄造スタート時の溶鋼温度降下が著しく大きくなり、鑄造スタート時の手動介入率が極めて高くなり、安定操業が行えなかった。

処理No. 25は、ノズル最小断面積 $S_1$ に対して吐出孔の面積 $N_1$ が大きすぎた場合である。吐出穴が大きいため整流効果は確認されず、鑄造中の湯面変動による異常発生率も高かった。そのため、コイル品質は改善しなかった。

#### 【0042】

上記の結果から、本発明の特徴、すなわち、浸漬ノズルの断面形状および内孔の直交する軸の長さ比 $D_1 / D_2$ 、浸漬ノズルの内孔とスライディングノズルのノズル孔との断面積比 $S_1 / S_0$ 、ならびに、浸漬ノズルの吐出孔と内孔との面積比 $N_1 / S_1$ をすべて適正な値とすることで、連続鑄造の操業開始から終了まで安定して操業することができる。本発明の特徴のいずれかの条件を外れる場合、短時間であれば安定操業できるものの、湯面変動時の制御性、スタートの安定性、アルミナ閉塞など安定操業性に影響するいずれかの因子が悪化し、連続鑄造の安定操業が損なわれる。

#### 【0043】

本明細書中で質量の単位「トン」は $10^3 \text{ kg}$ を表す。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0044】

本発明の鋼の連続鑄造方法によれば、浸漬ノズルの閉塞なく安定して操業できるうえ、製品の欠陥の発生を少なくすることができるので産業上有用である。

#### 【符号の説明】

#### 【0045】

- 1 スライディングノズル
- 2 浸漬ノズル
- 3 鑄型
- 4 電磁攪拌コイル
- 5 上プレート

10

20

30

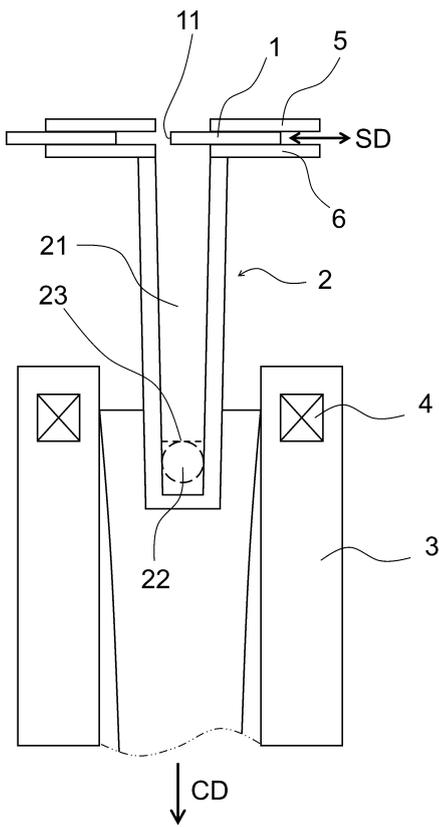
40

50

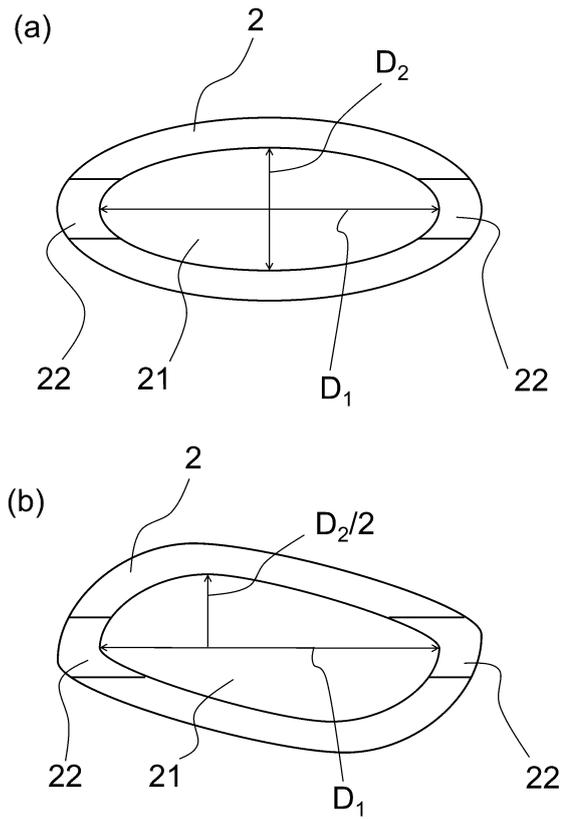
- 6 下プレート
- 1 1 ノズル孔
- 2 1 内孔
- 2 2 吐出孔
- 2 3 最小断面積部
- S D 摺動方向
- C D 鋳造方向
- L A 一の軸方向 (長軸方向)
- S A 他の軸方向 (短軸方向)
- D<sub>1</sub> 一の軸 (長さ)、長径
- D<sub>2</sub> 他の軸 (長さ)、短径
- L S 浸漬ノズル外側面と鋳型長辺との距離

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

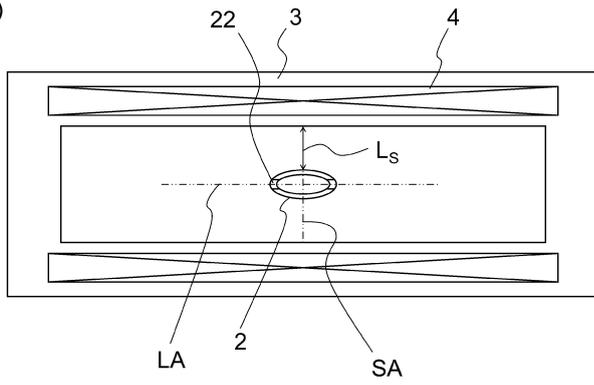
30

40

50

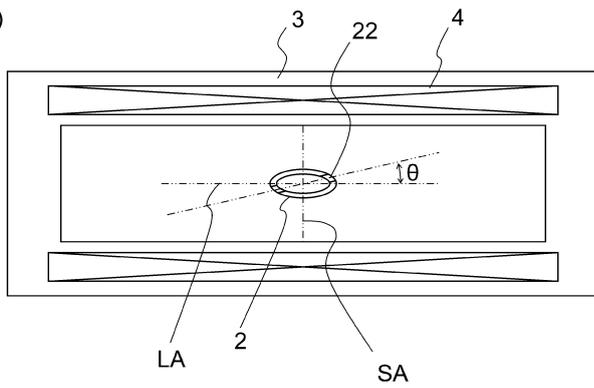
【 図 3 】

(a)



10

(b)



20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 4E014 DB04