

(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2010-51984

(P2010-51984A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 D 11/11 (2006.01)	B 2 2 D 11/11 D	4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/04 (2006.01)	B 2 2 D 11/04 3 1 1 J	
B 2 2 D 11/10 (2006.01)	B 2 2 D 11/10 3 3 0 E	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-217399 (P2008-217399)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成20年8月26日 (2008. 8. 26)		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	100083253
			弁理士 苅米地 正敏
		(72) 発明者	三木 祐司
			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	岸本 康夫
			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 AA09 FB04 MB11

(54) 【発明の名称】 鋼の連続铸造方法

(57) 【要約】

【課題】 気泡性欠陥やフラックス性欠陥などが少ない高品質の鋳片を得る。

【解決手段】 鋳型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極を備え、且つ溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が10°以上30°未満の浸漬ノズルを備えた連続铸造機を用い、上部磁極と下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続铸造を行う方法において、铸造するスラブ幅と铸造速度に応じて、上部磁極と下部磁極に各々印加する直流磁界の強度および両直流磁界の強度比を最適化することにより、従来問題とされてきたような非金属介在物やモールドフラックスによる欠陥だけでなく、微小な気泡やモールドフラックスによる欠陥が少ない高品質の鋳片を得る。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋳型外側に、鋳型長辺部を挟んで対向する 1 対の上部磁極と 1 対の下部磁極を備えるとともに、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が 10° 以上 30° 未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続鋳造機を用い、前記 1 対の上部磁極と 1 対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続鋳造を行う方法であって、

鋳造速度を 1.0 m / 分 以上とし、且つ下記条件 (イ) ~ (ハ) に従って連続鋳造を行うことを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

・条件 (イ) : 鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記 (a) ~ (e) の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極に印加する直流磁界の強度 B の比 A / B を $1.3 \sim 2.5$ 、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A を $0.20 \sim 0.40 \text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度 B を $0.10 \sim 0.25 \text{ T}$ とする。

(a) スラブ幅 1250 mm 未満

(b) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で且つ鋳造速度 1.4 m / 分 以上

(c) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鋳造速度 1.9 m / 分 以上

(d) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鋳造速度 2.3 m / 分 以上

(e) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鋳造速度 2.6 m / 分 以上

・条件 (ロ) : 鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記 (f)、(g) の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極に印加する直流磁界の強度 B の比 A / B を $0.7 \sim 1.5$ 、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A を $0.25 \sim 0.35 \text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度 B を $0.20 \sim 0.40 \text{ T}$ とする。

(f) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鋳造速度 2.8 m / 分 以上

(g) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鋳造速度 2.9 m / 分 以上

・条件 (ハ) : 鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記 (h) ~ (m) の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極に印加する直流磁界の強度 B の比 A / B を 0.5 以下、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A を $0 \sim 0.06 \text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度 B を $0.10 \sim 0.40 \text{ T}$ とする。

(h) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で 1.4 m / 分 未満

(i) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鋳造速度 1.9 m / 分 未満

(j) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鋳造速度 2.3 m / 分 未満

(k) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鋳造速度 2.6 m / 分 未満

(l) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鋳造速度 2.8 m / 分 未満

(m) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鋳造速度 2.9 m / 分 未満

【請求項 2】

浸漬ノズルのノズル浸漬深さを $230 \sim 290 \text{ mm}$ とすることを特徴とする請求項 1 に記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項 3】

浸漬ノズルのノズル内径 (但し、溶鋼吐出孔の位置でのノズル内径) を $70 \sim 90 \text{ mm}$ とすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項 4】

浸漬ノズルの各溶鋼吐出孔の開口面積を $3600 \sim 8200 \text{ mm}^2$ とすることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか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、電磁力によって鋳型内の溶鋼流動を制御しながら溶鋼を鋳造して鋳片を製造する連続鋳造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

鋼の連続鑄造では、タンディッシュ内に入れられた溶鋼が、タンディッシュ底部に接続された浸漬ノズルを通じて連続鑄造用鑄型内に注入される。この場合、浸漬ノズルの吐出孔から鑄型内に吐出される溶鋼流に、非金属介在物（主にアルミナなどの脱酸生成物）や、浸漬ノズルの内壁面から吹き込まれた不活性ガス（アルミナなどの付着・堆積によるノズル閉塞を防止するために吹き込まれる不活性ガス）の気泡が随伴するが、これが凝固シェルに捕捉されると、製品欠陥（介在物性欠陥、気泡性欠陥）となる。また、メニスカスに達した溶鋼上昇流にモールドフラックス（モールドパウダー）が巻き込まれ、これも凝固シェルに捕捉されることにより製品欠陥となる。

【0003】

従来、溶鋼中の非金属介在物、モールドフラックス、気泡が凝固シェルに捕捉され、製品欠陥となることを防止するために、鑄型内で溶鋼流に磁界を印加し、磁界による電磁気力を利用して溶鋼の流動を制御することが行われており、この技術に関して数多くの提案がなされている。

例えば、特許文献1には、鑄型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動する方法が開示されている。この方法は、浸漬ノズルの吐出口から吐出された後、上昇流と下降流に分かれる溶鋼流のうち、下降流を下部の直流磁界で制動し、上昇流を上部の直流磁界で制動することで、溶鋼流に随伴する非金属介在物やモールドフラックスが凝固シェルに捕捉されないようするものである。

【0004】

また、特許文献2には、特許文献1と同じく鑄型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動するとともに、上部磁極または下部磁極に交流磁界を重畳して印加する方法が開示されている。この方法は、特許文献1と同様の直流磁界による溶鋼流の制動を行うとともに、交流磁界による溶鋼の攪拌により、凝固シェル界面での非金属介在物などの洗浄効果を得ようとするものである。

【特許文献1】特開平3-142049号公報

【特許文献2】特開平10-305353号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

最近、自動車外板用鋼板の品質厳格化に伴い、これまで問題にならなかった微小な気泡やモールドフラックスの巻き込みに起因する欠陥が問題視されるようになりつつあり、上記従来技術のような連続鑄造方法では、そのような厳しい品質要求に十分に対応できない。特に、合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、溶融めっき後、加熱して母材鋼板の鉄成分を亜鉛めっき層に拡散させるものであり、母材鋼板の表層性状が合金化溶融亜鉛めっき層の品質に大きく影響する。すなわち、母材鋼板の表層に気泡性やフラックス性の欠陥があると、小さな欠陥であってもめっき層の厚みにむらが生じ、それが表面に筋状の欠陥としてが現れ、自動車外板などのような品質要求の厳しい用途には使用できなくなる。

【0006】

したがって本発明の目的は、上記のような従来技術の課題を解決し、電磁力を利用して鑄型内の溶鋼流動を制御することにより、従来問題とされてきたような非金属介在物やモールドフラックスによる欠陥だけでなく、微小な気泡やモールドフラックスの巻き込みによる欠陥が少ない高品質の鑄片を得ることができる連続鑄造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、上記課題を解決するために、電磁力を利用して鑄型内の溶鋼流動を制御する際の諸々の鑄造条件を検討した結果、鑄型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続鑄造を行う方法において、鑄造するスラブ幅と鑄造速度に応じて、上部磁極と下部磁極に各々印加する直流磁界の強度および両直流磁界の強度比を最適化することにより、従来問題とされ

10

20

30

40

50

てきたような非金属介在物やモールドフラックスによる欠陥だけでなく、微小な気泡やモールドフラックスによる欠陥が少ない高品質の鋳片が得られることを見出した。また、そのような連続鋳造においてより高品質な鋳片を得るために、浸漬ノズルのノズル浸漬深さやノズル内径、スラブ厚さなどに最適範囲があり、その範囲において発明の効果が最も発現しやすいことが判った。

【0008】

本発明は、このような知見に基づきなされたもので、以下を要旨とするものである。

[1] 鋳型外側に、鋳型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極を備えるとともに、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が 10° 以上 30° 未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続鋳造機を用い、前記1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続鋳造を行う方法であって、

鋳造速度を 1.0 m/分 以上とし、且つ下記条件(イ)～(ハ)に従って連続鋳造を行うことを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

・条件(イ)：鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記(a)～(e)の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aと下部磁極に印加する直流磁界の強度Bの比 A/B を $1.3 \sim 2.5$ 、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aを $0.20 \sim 0.40\text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度Bを $0.10 \sim 0.25\text{ T}$ とする。

(a) スラブ幅 1250 mm 未満

(b) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で且つ鋳造速度 1.4 m/分 以上

(c) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鋳造速度 1.9 m/分 以上

(d) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鋳造速度 2.3 m/分 以上

(e) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鋳造速度 2.6 m/分 以上

・条件(ロ)：鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記(f)、(g)の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aと下部磁極に印加する直流磁界の強度Bの比 A/B を $0.7 \sim 1.5$ 、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aを $0.25 \sim 0.35\text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度Bを $0.20 \sim 0.40\text{ T}$ とする。

(f) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鋳造速度 2.8 m/分 以上

(g) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鋳造速度 2.9 m/分 以上

・条件(ハ)：鋳造するスラブ幅と鋳造速度が下記(h)～(m)の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aと下部磁極に印加する直流磁界の強度Bの比 A/B を 0.5 以下、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aを $0 \sim 0.06\text{ T}$ 、下部磁極に印加する直流磁界の強度Bを $0.10 \sim 0.40\text{ T}$ とする。

(h) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で 1.4 m/分 未満

(i) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鋳造速度 1.9 m/分 未満

(j) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鋳造速度 2.3 m/分 未満

(k) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鋳造速度 2.6 m/分 未満

(l) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鋳造速度 2.8 m/分 未満

(m) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鋳造速度 2.9 m/分 未満

【0009】

[2] 上記[1]の連続鋳造方法において、浸漬ノズルのノズル浸漬深さを $230 \sim 290\text{ mm}$ とすることを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

[3] 上記[1]または[2]の連続鋳造方法において、浸漬ノズルのノズル内径(但し、溶鋼吐出孔の位置でのノズル内径)を $70 \sim 90\text{ mm}$ とすることを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

[4] 上記[1]～[3]のいずれかの連続鋳造方法において、浸漬ノズルの各溶鋼吐出孔の開口面積を $3600 \sim 8200\text{ mm}^2$ とすることを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、電磁力を利用して鋳型内の溶鋼流動を制御するに当たり、鋳造するスラブ幅と鋳造速度に応じて、上部磁極と下部磁極に各々印加する直流磁界の強度および両直流磁界の強度比を最適化することにより、従来問題とされなかったような微小な気泡性欠陥やフラックス性欠陥が非常に少ない高品質の鋳片を得ることができる。このため、従来にない高品質のめっき層を有する合金化溶融亜鉛めっき鋼板を製造することが可能となる。

また、特に、浸漬ノズルのノズル浸漬深さ、ノズル内径、溶鋼吐出孔の開口面積を最適化することにより、より高品質な鋳片を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

10

本発明の連続鋳造方法は、鋳型外側（鋳型側壁の背面）に、鋳型長辺部を挟んで対向する１対の上部磁極と１対の下部磁極を備えるとともに、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度 α が 10° 以上 30° 未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続鋳造機を用い、前記１対の上部磁極と１対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続鋳造を行う。

図１および図２は、本発明の実施に供される連続鋳造機の鋳型および浸漬ノズルの一実施形態を示すもので、図１は鋳型および浸漬ノズルの縦断面図、図２は同じく水平断面図（図１のⅠⅠ-ⅠⅠ線に沿う断面図）である。

【0012】

20

図において、１は鋳型であり、この鋳型１は鋳型長辺部１０（鋳型側壁）と鋳型短辺部１１（鋳型側壁）とにより水平断面矩形状に構成されている。

２は浸漬ノズルであり、この浸漬ノズル２を通じて鋳型１の上方に設置されたタンディッシュ（図示せず）内の溶鋼を鋳型１内に注入する。この浸漬ノズル２は、筒状のノズル本体の下端に底部２１を有するとともに、この底部２１の直上の側壁部に、両鋳型短辺部１１と対向するように１対の溶鋼吐出孔２０が貫設されている。

溶鋼中のアルミナなどの非金属介在物が浸漬ノズル２の内壁面に付着・堆積してノズル閉塞を生じることを防止するため、浸漬ノズル２のノズル本体内部に設けられたガス流路にＡｒガスなどの不活性ガスが導入され、この不活性ガスがノズル内壁面からノズル内に吹き込まれる。

30

【0013】

タンディッシュから浸漬ノズル２に流入した溶鋼は、浸漬ノズル２の１対の溶鋼吐出孔２０から鋳型１内に吐出される。吐出された溶鋼は、鋳型１内で冷却されて凝固シェル５を形成し、鋳型１の下方に連続的に引き抜かれ鋳片となる。鋳型１内のメニスカス６には、溶鋼の保温剤および凝固シェル５と鋳型１との潤滑剤として、モールドフラックスが添加される。

また、浸漬ノズル２の内壁面から吹き込まれた不活性ガスの気泡は、溶鋼吐出孔２０から溶鋼とともに鋳型１内に吐出される。

【0014】

40

鋳型１の外側（鋳型側壁の背面）には、鋳型長辺部を挟んで対向する１対の上部磁極３ａ，３ｂと１対の下部磁極４ａ，４ｂが設けられ、これら上部磁極３ａ，３ｂと下部磁極４ａ，４ｂは、それぞれ鋳型長辺部１０の幅方向において、その全幅に沿うように配置されている。

上部磁極３ａ，３ｂと下部磁極４ａ，４ｂは、鋳型１の上下方向において、上部磁極３ａ，３ｂの磁場のピーク位置（上下方向でのピーク位置：通常は上部磁極３ａ，３ｂの上下方向中心位置）と下部磁極４ａ，４ｂの磁場のピーク位置（上下方向でのピーク位置：通常は下部磁極４ａ，４ｂの上下方向中心位置）の間に溶鋼吐出孔２０が位置するように、配置される。また、１対の上部磁極３ａ，３ｂは、通常、メニスカス６をカバーする位置に配置される。

【0015】

50

浸漬ノズル 2 の溶鋼吐出孔 20 から鑄型短辺部方向に吐出された溶鋼は、鑄型短辺部 1 の前面に生成した凝固シェル 5 に衝突して下降流と上昇流に分かれる。前記 1 対の上部磁極 3a, 3b と 1 対の下部磁極 4a, 4b には、各々直流磁界が印加されるが、これら磁極による基本的な作用は、直流磁界中を移動する溶鋼に作用する電磁気力を利用して、上部磁極 3a, 3b に印加される直流磁界で溶鋼上昇流を制動（減速させる）し、下部磁極 4a, 4b に印加される直流磁界で溶鋼下降流を制動（減速させる）するものである。

【0016】

本発明法では、溶鋼吐出孔 20 からの溶鋼吐出角度 α 、すなわち水平方向から下向きの溶鋼吐出角度 α が 10° 以上 30° 未満の浸漬ノズルを用いる。溶鋼吐出角度 α が 10° 未満では、上部磁極 3a, 3b の直流磁界で溶鋼上昇流を制動しても、溶鋼表面の乱れを適切に制御できず、モールドフラックスの巻き込みを生じてしまう。これに対して、溶鋼吐出角度 α が大きくなると、非金属介在物や気泡が溶鋼下降流によって鑄型下方に運ばれて凝固シェルに捕捉されやすくなり、一方において、溶鋼吐出角度 α が 30° 未満では、本発明法による直流磁場制御で溶鋼流を最適化できることが判ったので、本発明では溶鋼吐出角度 α が 30° 未満の浸漬ノズル 2 を用いる。

10

【0017】

本発明法では、生産性の観点から鑄造速度を 1.0 m/分 以上とするが、さらに、鑄造するスラブ幅と鑄造速度に応じて、上部磁極 3a, 3b と下部磁極 4a, 4b に各々印加する直流磁界の強度および両直流磁界の強度比を、下記条件（イ）～（ハ）のように最適化することにより、フラックス性欠陥および気泡性欠陥の原因となる、凝固シェル 5 へのモールドフラックスの巻き込み捕捉と、同じく微小気泡（主に浸漬ノズル内壁面から吹き込まれた不活性ガスの気泡）の捕捉を抑制するものである。

20

【0018】

条件（イ）： 鑄造するスラブ幅と鑄造速度が下記（a）～（e）の場合には、上部磁極 3a, 3b に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極 4a, 4b に印加する直流磁界の強度 B の比 A/B を $1.3 \sim 2.5$ 、上部磁極 3a, 3b に印加する直流磁界の強度 A を $0.20 \sim 0.40 \text{ T}$ 、下部磁極 4a, 4b に印加する直流磁界の強度 B を $0.10 \sim 0.25 \text{ T}$ とする。

（a）スラブ幅 1250 mm 未満

（b）スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で且つ鑄造速度 1.4 m/分 以上

（c）スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鑄造速度 1.9 m/分 以上

（d）スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鑄造速度 2.3 m/分 以上

（e）スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鑄造速度 2.6 m/分 以上

30

【0019】

上記（a）のようにスラブ幅が小さい場合や、上記（b）～（e）のようにスラブ幅が大きくても相対的に鑄造速度が大きい場合には、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が鑄型短辺部側の凝固シェルに衝突し、上方側に反転することにより生じる溶鋼上昇流（反転流）が強くなるので、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度が下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度よりも小さいと、溶鋼表面でモールドフラックスの巻き込みが生じやすくなる。このため上記（a）～（e）の場合には、溶鋼上昇流の制動を主眼とした直流磁界の制御を行うことが必要である。

40

上記（a）～（e）の場合に、上部磁極 3a, 3b の直流磁界と下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度比 A/B が 1.3 未満では、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度が相対的に弱くなりすぎるため、溶鋼上昇流（反転流）によるモールドフラックスの巻き込みが生じやすくなる。一方、強度比 A/B が 2.5 を超えると、溶鋼上昇流（反転流）の制動効果はあるものの、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が下方向への大きな流れになりやすく、この溶鋼流に随伴する非金属介在物や気泡が下方向に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。

【0020】

また、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A が 0.20 T 未満では、その直流磁界によ

50

る溶鋼上昇流の制動効果が不十分で湯面変動が大きく、モールドフラックスの巻き込みが生じやすい。一方、強度 A が 0.40 T を超えると、溶鋼上昇流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなる。

また、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B が 0.10 T 未満では、その直流磁界による溶鋼下降流の制動効果が不十分であるため、溶鋼下降流に随伴する非金属介在物や気泡が下方に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。一方、強度 B が 0.25 T を超えると、溶鋼下降流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなる。

【0021】

また、上記 (a) ~ (e) の各場合には、それぞれ特に最適な上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B、および両直流磁界の強度比 A / B がある。すなわち、(a) の場合には、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A を 0.27 ~ 0.32 T、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B を 0.12 ~ 0.16 T、両直流磁界の強度比 A / B を 2.00 ~ 2.25 とすることが好ましい。また、(b) の場合には、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A を 0.27 ~ 0.32 T、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B を 0.13 ~ 0.18 T、両直流磁界の強度比 A / B を 1.78 ~ 2.08 とすることが好ましい。また、(c) の場合には、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A を 0.27 ~ 0.32 T、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B を 0.15 ~ 0.20 T、両直流磁界の強度比 A / B を 1.60 ~ 1.80 とすることが好ましい。また、(d) の場合には、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A を 0.27 ~ 0.32 T、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B を 0.16 ~ 0.21 T、両直流磁界の強度比 A / B を 1.52 ~ 1.69 とすることが好ましい。また、(e) の場合には、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A を 0.27 ~ 0.32 T、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B を 0.18 ~ 0.24 T、両直流磁界の強度比 A / B を 1.33 ~ 1.50 とすることが好ましい。

【0022】

条件 (ロ) : 鑄造するスラブ幅と鑄造速度が下記 (f)、(g) の場合には、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極に印加する直流磁界の強度 B の比 A / B を 0.7 ~ 1.5、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A を 0.25 ~ 0.35 T、下部磁極に印加する直流磁界の強度 B を 0.20 ~ 0.40 T とする。

(f) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鑄造速度 2.8 m / 分以上

(g) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鑄造速度 2.9 m / 分以上

【0023】

上記 (f)、(g) のようにスラブ幅が大きくても鑄造速度が極めて大きい場合には、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が鑄型短辺部側の凝固シェルに衝突し、上方側に反転することにより生じる溶鋼上昇流 (反転流) が非常に強くなるので、上部磁極 3a, 3b と下部磁極 4a, 4b の両方の直流磁界の強度を大きくしないと、溶鋼表面でのモールドフラックスの巻き込みと非金属介在物や気泡の下方への潜り込みの両方が生じやすくなる。このため上記 (f)、(g) の場合には、溶鋼上昇流と下降流の両方を制動する直流磁界の制御を行うことが必要である。

【0024】

上記 (f)、(g) の場合に、上部磁極 3a, 3b の直流磁界と下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度比 A / B が 0.7 未満では、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度が相対的に弱くなりすぎるため、溶鋼上昇流 (反転流) によるモールドフラックスの巻き込みが生じやすくなる。一方、強度比 A / B が 1.5 を超えると、溶鋼上昇流 (反転流) の制動効果はあるものの、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が下方への大きな流れになりやすく、この溶鋼流に随伴する非金属介在物や気泡が下方に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。

【0025】

また、上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A が 0.25 T 未満では、その直流磁界による溶鋼上昇流の制動効果が不十分で湯面変動が大きく、モールドフラックスの巻き込みが

生じやすい。一方、強度 A が 0.35 T を超えると、溶鋼上昇流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなる。

また、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度 B が 0.20 T 未満では、その直流磁界による溶鋼下降流の制動効果が不十分であるため、溶鋼下降流に随伴する非金属介在物や気泡が下方方向に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。一方、強度 B が 0.40 T を超えると、溶鋼下降流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなる。

【0026】

また、上記 (f)、(g) の各場合には、それぞれ特に最適な上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度 A 、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度 B 、および両直流磁界の強度比 A/B がある。すなわち、(f) の場合には、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度 A を $0.27 \sim 0.32\text{ T}$ 、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度 B を $0.30 \sim 0.36\text{ T}$ 、両直流磁界の強度比 A/B を $0.89 \sim 0.90$ とすることが好ましい。また、(g) の場合には、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度 A を $0.27 \sim 0.32\text{ T}$ 、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度 B を $0.30 \sim 0.36\text{ T}$ 、両直流磁界の強度比 A/B を $0.89 \sim 0.90$ とすることが好ましい。

【0027】

条件 (ハ)： 鑄造するスラブ幅と鑄造速度が下記 (h) ~ (m) の場合には、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極 $4a$ 、 $4b$ に印加する直流磁界の強度 B の比 A/B を 0.5 以下、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ に印加する直流磁界の強度 A を $0 \sim 0.06\text{ T}$ 、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ に印加する直流磁界の強度 B を $0.10 \sim 0.40\text{ T}$ とする。

(h) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で且つ鑄造速度 1.4 m/分 未満

(i) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ鑄造速度 1.9 m/分 未満

(j) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ鑄造速度 2.3 m/分 未満

(k) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ鑄造速度 2.6 m/分 未満

(l) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ鑄造速度 2.8 m/分 未満

(m) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ鑄造速度 2.9 m/分 未満

【0028】

上記 (h) ~ (m) のようにスラブ幅がある程度大きく且つ相対的に鑄造速度が小さい場合には、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が鑄型短辺部側の凝固シェルに衝突し、上方側に反転することにより生じる溶鋼上昇流 (反転流) が弱くなるので、モールドフラックスの巻き込みは生じにくくなる一方で、図 6 (a) に示すように下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度が上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度よりも小さいと、気泡や非金属介在物が下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の下方側に流出し、欠陥が発生しやすくなる。これに対し、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度が上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度よりも大きければ、図 6 に (b) に示すように、気泡が上昇・浮上しやすくなり、欠陥が少なくなる。このため上記 (h) ~ (m) の場合には、溶鋼上昇流をあまり減速させないような制動を主眼とした直流磁界の制御を行うことが必要である。

【0029】

上記 (h) ~ (m) の場合に、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界と下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度比 A/B が 0.5 を超えると、浸漬ノズル 2 から吐出した溶鋼流が下方方向への大きな流れになりやすく、この溶鋼流に随伴する非金属介在物や気泡が下方方向に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。

また、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ には直流磁界を印加しなくてもよい。一方、上部磁極 $3a$ 、 $3b$ の直流磁界の強度 A が 0.06 T を超えると、溶鋼上昇流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなる。

また、下部磁極 $4a$ 、 $4b$ の直流磁界の強度 B が 0.10 T 未満では、その直流磁界による溶鋼下降流の制動効果が不十分であるため、溶鋼下降流に随伴する非金属介在物や気泡が下方方向に潜り込み、凝固シェルに捕捉されやすくなる。一方、強度 B が 0.40 T を超えると、溶鋼下降流による洗浄効果が低下するため非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕

捉されやすくなる。

【0030】

また、上記(h)～(m)の各場合には、それぞれ特に最適な上部磁極3a、3bの直流磁界の強度A、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度B、および両直流磁界の強度比A/Bがある。すなわち、(h)、(i)の場合には、上部磁極3a、3bの直流磁界の強度Aを0～0.03T、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度Bを0.10～0.15T、両直流磁界の強度比A/Bを0～0.20とすることが好ましい。また、(j)の場合において casting 速度が1.6m/分以上の場合には、上部磁極3a、3bの直流磁界の強度Aを0～0.03T、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度Bを0.13～0.19T、両直流磁界の強度比A/Bを0～0.16とすることが好ましい。また、(j)の場合において casting 速度が1.6m/分未満の場合には、上部磁極3a、3bの直流磁界の強度Aを0～0.03T、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度Bを0.32～0.38T、両直流磁界の強度比A/Bを0～0.08とすることが好ましい。また、(k)～(m)の場合には、上部磁極3a、3bの直流磁界の強度Aを0～0.03T、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度Bを0.32～0.38T、両直流磁界の強度比A/Bを0～0.08とすることが好ましい。

【0031】

なお、以上述べた本発明の連続 casting 方法は、スラブ幅と casting 速度に応じて規定される、下記(i)～(iii)のような3つの連続 casting 方法として捉えることもできる。

(i) 鋳型外側に、鋳型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極を備え、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が10°以上30°未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続 casting 機を用い、前記1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続 casting を行う方法であって、

casting 速度1.0m/分以上であって、スラブ幅と casting 速度を下記(a)～(e)のいずれかの条件とし、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aと下部磁極に印加する直流磁界の強度Bの比A/Bを1.3～2.5、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aを0.20～0.40T、下部磁極に印加する直流磁界の強度Bを0.10～0.25Tとして連続 casting を行うことを特徴とする鋼の連続 casting 方法。

(a) スラブ幅1250mm未満

(b) スラブ幅1250mm以上1350mm未満で且つ casting 速度1.4m/分以上

(c) スラブ幅1350mm以上1450mm未満で且つ casting 速度1.9m/分以上

(d) スラブ幅1450mm以上1550mm未満で且つ casting 速度2.3m/分以上

(e) スラブ幅1550mm以上1650mm未満で且つ casting 速度2.6m/分以上

また、上記(a)～(e)の各場合には、それぞれにさきに述べたような特に最適な上部磁極3a、3bの直流磁界の強度A、下部磁極4a、4bの直流磁界の強度B、および両直流磁界の強度比A/Bがある。

【0032】

(ii) 鋳型外側に、鋳型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極を備え、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が10°以上30°未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続 casting 機を用い、前記1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続 casting を行う方法であって、

casting 速度1.0m/分以上であって、スラブ幅と casting 速度を下記(f)、(g)のいずれかの条件とし、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aと下部磁極に印加する直流磁界の強度Bの比A/Bを0.7～1.5、上部磁極に印加する直流磁界の強度Aを0.25～0.35T、下部磁極に印加する直流磁界の強度Bを0.20～0.40Tとして連続 casting を行うことを特徴とする鋼の連続 casting 方法。

(f) スラブ幅1650mm以上1750mm未満で且つ casting 速度2.8m/分以上

10

20

30

40

50

(g) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ casting 速度 2.9 m / 分以上

また、上記 (f), (g) の各場合には、それぞれにさきに述べたような特に最適な上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B、および両直流磁界の強度比 A / B がある。

【0033】

(iii) 鋳型外側に、鋳型長辺部を挟んで対向する 1 対の上部磁極と 1 対の下部磁極を備えるとともに、溶鋼吐出孔の水平方向から下向きの溶鋼吐出角度が 10° 以上 30° 未満の浸漬ノズルを備え、前記上部磁極の磁場のピーク位置と前記下部磁極の磁場のピーク位置の間に前記溶鋼吐出孔が位置する連続鋳造機を用い、前記 1 対の上部磁極と 1 対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動しつつ、鋼の連続鋳造を行う方法であって、

10

鋳造速度 1.0 m / 分以上であって、スラブ幅と鋳造速度を下記 (h) ~ (m) のいずれかの条件とし、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A と下部磁極に印加する直流磁界の強度 B の比 A / B を 0.5 以下、上部磁極に印加する直流磁界の強度 A を 0 ~ 0.06 T、下部磁極に印加する直流磁界の強度 B を 0.10 ~ 0.40 T として連続鋳造を行うことを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

(h) スラブ幅 1250 mm 以上 1350 mm 未満で且つ casting 速度 1.4 m / 分未満

(i) スラブ幅 1350 mm 以上 1450 mm 未満で且つ casting 速度 1.9 m / 分未満

(j) スラブ幅 1450 mm 以上 1550 mm 未満で且つ casting 速度 2.3 m / 分未満

(k) スラブ幅 1550 mm 以上 1650 mm 未満で且つ casting 速度 2.6 m / 分未満

20

(l) スラブ幅 1650 mm 以上 1750 mm 未満で且つ casting 速度 2.8 m / 分未満

(m) スラブ幅 1750 mm 以上で且つ casting 速度 2.9 m / 分未満

また、上記 (h) ~ (m) の各場合には、それぞれにさきに述べたような特に最適な上部磁極 3a, 3b の直流磁界の強度 A、下部磁極 4a, 4b の直流磁界の強度 B、および両直流磁界の強度比 A / B がある。

【0034】

以下、本発明法において、発明の効果が最も発現しやすい、特に好ましい鋳造条件について説明する。

まず、浸漬ノズル 2 のノズル浸漬深さは 230 ~ 290 mm とすることが好ましい。ここで、ノズル浸漬深さとは、メニスカス 6 から溶鋼吐出孔 20 上端までの距離をいう。

30

このノズル浸漬深さが、本発明の効果に影響を及ぼすのは、ノズル浸漬深さが大きすぎても、小さすぎても、浸漬ノズル 2 から吐出される溶鋼の流動量や流速が変化したときに、鋳型内での溶鋼の流動状態が大きく変化するため、溶鋼流の適切な制御が難しくなるためである。すなわち、ノズル浸漬深さが 230 mm 未満では、浸漬ノズル 2 から吐出される溶鋼の流動量や流速が変化したときに、ダイレクトに溶鋼表面 (メニスカス) が変動し、表面の乱れが大きくなってモールドフラックスの巻き込みが起こり易くなり、一方、290 mm を超えると、溶鋼の流動量などが変動したときに、下方への流速が大きくなって非金属系介在物や気泡の潜り込みが大きくなる傾向がある。

【0035】

図 3 は、本発明法において、浸漬ノズル 2 のノズル浸漬深さの影響 (フラックス性欠陥および気泡性欠陥に及ぼす影響) を調べた結果を示すものであり、浸漬ノズルの溶鋼吐出孔の溶鋼吐出角度 α : 15°、スラブ幅 : 1000 mm、スラブ厚さ : 260 mm、鋳造速度 : 2.8 m / 分、上部磁極と下部磁極の直流磁界の強度比 A / B : 2.36、上部磁極の直流磁界の強度 A : 0.30 T、下部磁極の直流磁界の強度 B : 0.13 T の鋳造条件による試験結果を示している。その他の鋳造条件は、浸漬ノズル内径 : 80 mm、浸漬ノズルの各溶鋼吐出孔の開口面積 : 4900 mm² (70 mm * 70 mm)、浸漬ノズル内壁面からの不活性ガス吹き込み量 : 12 L / min、使用したモールドフラックスの粘度 (1300) : 0.6 cP である。

40

鋳造されたスラブについて、超音波探傷装置を用い、スラブ表層 2 ~ 3 mm の深さ位置に存在する粒径が概ね 80 μ m 以上の気泡性欠陥およびフラックス性欠陥の個数を測定し

50

、欠陥発生を指数化したものである。図3によれば、本発明法において、特に、浸漬ノズル2のノズル浸漬深さを230～290mmとすることにより、気泡性欠陥、フラックス性欠陥がより効果的に低減していることが判る。

【0036】

また、浸漬ノズル2のノズル内径、すなわち溶鋼吐出孔20の位置でのノズル内径は70～90mmとすることが好ましい。浸漬ノズル2の内側にアルミナなどが部分的に付着した場合に、浸漬ノズル2から吐出する溶鋼に偏流（幅方向での流速の対称性が悪くなる）が生じることがあり、ノズル内径が70mm未満では、そのような場合に偏流が極端に大きくなる恐れがある。このような極端な偏流が生じると、鑄型内での溶鋼流の制御が適切に行えなくなる。一方、浸漬ノズル2に流れる溶鋼量の調整は、浸漬ノズル2の上方の
10 スライディングノズルの開度調整により行われるが、ノズル内径が90mmを超えるとノズル内部に溶鋼が充填されない部分が生じる恐れがあり、この場合も上記と同じような極端な偏流が生じ、鑄型内での溶鋼流の制御が適切に行えなくなる恐れがある。

【0037】

図4は、本発明法において、浸漬ノズル2のノズル内径の影響（フラックス性欠陥に及ぼす影響）を調べた結果を示すものであり、浸漬ノズルの溶鋼吐出孔の溶鋼吐出角度 α ：
15°、スラブ幅：1300mm、スラブ厚さ：260mm、鑄造速度：2.3m/分、上部磁極と下部磁極の直流磁界の強度比A/B：2.36、上部磁極の直流磁界の強度A：
0.30T、下部磁極の直流磁界の強度B：0.13Tの鑄造条件による試験結果を示している。その他の鑄造条件は、浸漬ノズルのノズル浸漬深さ：260mm、浸漬ノズル
20 の各溶鋼吐出孔の開口面積：4900mm²（70mm×70mm）、浸漬ノズル内壁面からの不活性ガス吹き込み量：12L/min、使用したモールドフラックスの粘度（1300）：0.6cpである。

鑄造されたスラブについて、超音波探傷装置を用い、スラブ表層2～3mmの深さ位置に存在する粒径が概ね80μm以上のフラックス性欠陥の個数を測定し、欠陥発生を指数化したものである。図4によれば、本発明法において、特に、浸漬ノズル2のノズル内径を70～90mmとすることにより、フラックス性欠陥がより効果的に低減していることが判る。

【0038】

また、浸漬ノズル2の各溶鋼吐出孔20の開口面積は3600～8200mm²とすることが好ましい。この溶鋼吐出孔20の開口面積が、本発明の効果に影響を及ぼすのは、溶鋼吐出孔20の開口面積が小さすぎると溶鋼吐出孔20から吐出される溶鋼流速が大きくなりすぎ、逆に開口面積が大きすぎると溶鋼流速が小さすぎ、いずれの場合も鑄型内の溶鋼流の流速を適正化しにくくなるからである。

【0039】

図5は、本発明法において、浸漬ノズル2の各溶鋼吐出孔の開口面積の影響（フラックス性欠陥および気泡性欠陥に及ぼす影響）を調べた結果を示すものであり、浸漬ノズルの溶鋼吐出孔の溶鋼吐出角度 α ：
15°、スラブ幅：1300mm、スラブ厚さ：260mm、鑄造速度：2.3m/分、上部磁極と下部磁極の直流磁界の強度比A/B：2.36、上部磁極の直流磁界の強度A：
0.30T、下部磁極の直流磁界の強度B：0.13T
40 の鑄造条件による試験結果を示している。その他の鑄造条件は、浸漬ノズルのノズル浸漬深さ：260mm、浸漬ノズル内径：80mm、浸漬ノズル内壁面からの不活性ガス吹き込み量：12L/min、使用したモールドフラックスの粘度（1300）：0.6cpである。

鑄造されたスラブについて、超音波探傷装置を用い、スラブ表層2～3mmの深さ位置に存在する粒径が概ね80μm以上の気泡性欠陥およびフラックス性欠陥の個数を測定し、欠陥発生を指数化したものである。図5によれば、本発明法において、特に、浸漬ノズル2の各溶鋼吐出孔20の開口面積を3600～8200mm²とすることにより、気泡性欠陥、フラックス性欠陥がより効果的に低減していることが判る。

【0040】

10

20

30

40

50

また、その他の好ましい鑄造条件は以下のとおりである。

鑄造されるスラブ厚さは220～300mmとすることが好ましい。浸漬ノズル2の溶鋼吐出孔20から吐出される溶鋼は気泡を随伴しており、スラブ厚さが小さすぎると、溶鋼吐出孔20から吐出される溶鋼流が鑄型長辺部側の凝固シェル5に近づき、凝固シェル界面に気泡が捕捉されやすくなる。特に、スラブ厚さが220mm未満では、本発明のような溶鋼流の電磁流動制御を実施しても、上記のような理由により気泡分布の制御が難しくなる。一方、スラブ厚さが300mmを超えると、熱延工程の生産性が低くなる難点がある。

浸漬ノズル2の内壁面からの不活性ガス吹き込み量は5～20L/minとすることが好ましい。気泡性欠陥を低減するには、不活性ガス吹き込み量が少ない方が好ましく、一方、不活性ガス吹き込み量が少なすぎるとノズル閉塞を起こしやすく、かえって偏流を大きくするために流速の制御が困難となる。

使用するモールドフラックスは、1300 での粘度が0.4～10cpのものが好ましい。モールドフラックスの粘度が高すぎると、円滑な鑄造に支障をきたす恐れがあり、一方、モールドフラックスの粘度が低すぎるとモールドフラックスの巻き込みが生じやすくなる。

【実施例】

【0041】

図1および図2に示すような連続鑄造機、すなわち、鑄型外側（鑄型側壁の背面側）に、鑄型長辺部を挟んで対向する1対の上部磁極と1対の下部磁極を備え、上部磁極の磁場のピーク位置と下部磁極の磁場のピーク位置の間に浸漬ノズルの溶鋼吐出孔が位置する連続鑄造機を用い、1対の上部磁極と1対の下部磁極に各々印加される直流磁界により溶鋼流を制動する連続鑄造方法により、表1～表8に示す条件で約300トンのアルミキルド溶鋼を鑄造した。

浸漬ノズルからの吹き込み不活性ガスにはArガスを使用し、このArガスの吹き込み量は、ノズル閉塞が起こらないようにスライディングノズルの開度に応じて、5～12NL/minの範囲内で調整した。連続鑄造機の仕様および他の鑄造条件は以下のとおりである。

- ・浸漬ノズルの溶鋼吐出孔の溶鋼吐出角度 α ：15°
- ・浸漬ノズルの溶鋼吐出孔の形状：1辺の長さが80mmの正形状
- ・浸漬ノズルの浸漬深さ：260mm
- ・浸漬ノズル内径：80mm
- ・浸漬ノズルの各溶鋼吐出孔の開口面積：4900mm²
- ・使用したモールドフラックスの粘度（1300）：0.6cp

【0042】

鑄造されたスラブに対して熱間圧延、冷間圧延、合金化溶融亜鉛めっき処理を順次施し、この合金化溶融亜鉛めっき鋼板の表面欠陥をオンライン表面欠陥計で表面欠陥を連続的に測定し、コイル長さ100m当たりの欠陥個数に基づき下記基準で評価した（○が合格レベル）。さらに、その内のサンプル切断可能な複数の鋼板について、フラックス性欠陥と気泡性欠陥を欠陥の外観及び断面分析調査により区分し、その結果から欠陥起因比率を推定した。それらの結果を、鑄造条件とともに表1～表8に示す。

：欠陥個数0.20個以下

○：欠陥個数0.20個超、0.50個以下

×：欠陥個数0.50個超

【0043】

10

20

30

40

【表 1】

表 1

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
1	発明例	1100	250	2.0	0.20	0.10	2.00	○	◎	○
2	発明例	1100	250	2.2	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
3	発明例	1200	250	2.0	0.40	0.20	2.00	◎	○	○
4	発明例	1200	250	2.4	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
5	発明例	1200	250	1.0	0.25	0.10	2.50	○	○	○
6	発明例	1230	250	3.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
7	発明例	1200	250	2.4	0.27	0.12	2.25	◎	◎	◎
8	発明例	1200	250	2.4	0.32	0.16	2.00	◎	◎	◎
9	発明例	1250	260	1.9	0.20	0.10	2.00	○	◎	○
10	発明例	1300	260	2.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
11	発明例	1300	260	2.2	0.40	0.20	2.00	◎	○	○
12	発明例	1300	260	2.4	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
13	発明例	1300	260	1.4	0.25	0.10	2.50	○	○	○
14	発明例	1330	260	3.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
15	発明例	1300	260	2.4	0.27	0.13	2.08	◎	◎	◎
16	発明例	1300	260	2.4	0.32	0.18	1.78	◎	◎	◎
17	発明例	1350	270	2.0	0.20	0.10	2.00	○	◎	○
18	発明例	1400	270	2.3	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
19	発明例	1400	270	2.3	0.40	0.20	2.00	◎	○	○
20	発明例	1400	270	2.0	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
21	発明例	1400	270	1.9	0.25	0.10	2.50	○	○	○
22	発明例	1430	270	3.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎

【表 2】

表2

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
23	発明例	1400	270	2.0	0.27	0.15	1.80	◎	◎	◎
24	発明例	1400	270	2.0	0.32	0.20	1.60	◎	◎	◎
25	発明例	1450	260	2.5	0.20	0.10	2.00	○	◎	○
26	発明例	1500	260	2.8	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
27	発明例	1500	260	2.8	0.40	0.20	2.00	◎	○	○
28	発明例	1500	260	2.5	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
29	発明例	1500	260	2.3	0.25	0.10	2.50	○	○	○
30	発明例	1530	260	3.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
31	発明例	1500	260	2.5	0.27	0.16	1.69	◎	◎	◎
32	発明例	1500	260	2.5	0.32	0.21	1.52	◎	◎	◎
33	発明例	1550	270	2.8	0.20	0.10	2.00	○	◎	○
34	発明例	1600	270	2.8	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
35	発明例	1600	270	2.8	0.40	0.20	2.00	◎	○	○
36	発明例	1600	270	2.6	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
37	発明例	1600	270	2.6	0.25	0.10	2.50	○	○	○
38	発明例	1630	270	3.0	0.30	0.15	2.00	◎	◎	◎
39	発明例	1600	270	2.6	0.27	0.18	1.50	◎	◎	◎
40	発明例	1600	270	2.6	0.32	0.24	1.33	◎	◎	◎
41	発明例	1650	250	2.8	0.25	0.20	1.25	○	○	○
42	発明例	1700	250	2.8	0.35	0.40	0.88	◎	○	○
43	発明例	1700	250	2.8	0.30	0.40	0.75	◎	○	○
44	発明例	1700	250	2.8	0.30	0.30	1.00	◎	◎	◎

【表 3】

表3

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
45	発明例	1730	250	3.0	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
46	発明例	1700	250	2.8	0.27	0.30	0.90	◎	◎	◎
47	発明例	1700	250	2.8	0.32	0.36	0.89	◎	◎	◎
48	発明例	1750	270	2.9	0.25	0.20	1.25	○	○	○
49	発明例	1800	270	2.9	0.35	0.40	0.88	◎	○	○
50	発明例	1800	270	2.9	0.30	0.40	0.75	◎	○	○
51	発明例	1800	270	2.9	0.30	0.30	1.00	◎	◎	◎
52	発明例	1800	270	3.0	0.30	0.20	1.50	◎	○	○
53	発明例	1800	270	2.9	0.27	0.30	0.90	◎	◎	◎
54	発明例	1800	270	2.9	0.32	0.36	0.89	◎	◎	◎
55	発明例	1250	260	1.3	0.00	0.10	0.00	◎	◎	◎
56	発明例	1250	260	1.1	0.06	0.40	0.15	◎	○	○
57	発明例	1300	260	1.3	0.01	0.10	0.10	◎	◎	◎
58	発明例	1330	260	1.3	0.03	0.10	0.30	◎	◎	◎
59	発明例	1300	260	1.3	0.05	0.10	0.50	◎	○	◎
60	発明例	1300	260	1.3	0.03	0.15	0.20	◎	◎	◎
61	発明例	1350	270	1.8	0.00	0.10	0.00	◎	◎	◎
62	発明例	1350	270	1.7	0.06	0.40	0.15	◎	○	○
63	発明例	1400	270	1.5	0.01	0.10	0.10	◎	◎	◎
64	発明例	1430	270	1.6	0.03	0.10	0.30	◎	◎	◎
65	発明例	1400	270	1.6	0.05	0.10	0.50	◎	○	◎
66	発明例	1400	270	1.6	0.03	0.15	0.20	◎	◎	◎

【表 4】

表 4

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
67	発明例	1450	260	2.2	0.00	0.10	0.00	◎	◎	◎
68	発明例	1450	260	2.1	0.06	0.40	0.15	◎	○	○
69	発明例	1500	260	2.0	0.01	0.10	0.10	◎	◎	◎
70	発明例	1530	260	2.0	0.03	0.10	0.30	◎	◎	◎
71	発明例	1500	260	2.0	0.05	0.10	0.50	◎	○	○
72	発明例	1500	260	2.0	0.00	0.13	0.00	◎	◎	◎
73	発明例	1500	260	2.0	0.03	0.19	0.16	◎	◎	◎
74	発明例	1500	260	1.0	0.00	0.32	0.00	◎	◎	◎
75	発明例	1500	260	1.0	0.01	0.35	0.03	◎	◎	◎
76	発明例	1500	260	1.0	0.03	0.38	0.08	◎	◎	◎
77	発明例	1500	260	1.5	0.00	0.32	0.00	◎	◎	◎
78	発明例	1500	260	1.5	0.01	0.35	0.03	◎	◎	◎
79	発明例	1500	260	1.5	0.03	0.38	0.08	◎	◎	◎
80	発明例	1550	250	2.5	0.00	0.10	0.00	◎	○	○
81	発明例	1550	250	2.4	0.06	0.40	0.15	◎	○	○
82	発明例	1600	250	2.2	0.01	0.10	0.10	◎	○	○
83	発明例	1630	250	2.3	0.03	0.10	0.30	◎	○	○
84	発明例	1600	250	2.3	0.05	0.10	0.50	◎	○	○
85	発明例	1600	250	2.3	0.00	0.32	0.00	◎	◎	◎
86	発明例	1600	250	2.3	0.03	0.38	0.08	◎	◎	◎
87	発明例	1650	270	2.7	0.00	0.10	0.00	◎	○	○
88	発明例	1650	270	2.6	0.06	0.40	0.15	◎	○	◎

【表 5】

表5

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
89	発明例	1700	270	2.4	0.01	0.10	0.10	◎	○	○
90	発明例	1730	270	2.5	0.03	0.10	0.30	◎	○	○
91	発明例	1700	270	2.5	0.05	0.10	0.50	◎	○	○
92	発明例	1700	270	2.5	0.00	0.32	0.00	◎	◎	◎
93	発明例	1700	270	2.5	0.03	0.38	0.08	◎	◎	◎
94	発明例	1750	260	2.8	0.00	0.10	0.00	◎	○	○
95	発明例	1750	260	2.7	0.06	0.40	0.15	◎	○	◎
96	発明例	1800	260	2.5	0.01	0.10	0.10	◎	○	○
97	発明例	1800	260	2.6	0.03	0.10	0.30	◎	○	○
98	発明例	1800	260	2.6	0.05	0.10	0.50	◎	○	○
99	発明例	1800	260	2.6	0.00	0.32	0.00	◎	◎	◎
100	発明例	1800	260	2.6	0.03	0.38	0.08	◎	◎	◎
101	比較例	1100	250	2.0	0.15	0.10	1.50	X	○	X
102	比較例	1100	250	2.0	0.45	0.20	2.25	○	X	X
103	比較例	1100	250	2.0	0.20	0.08	2.50	○	X	X
104	比較例	1100	250	2.0	0.40	0.27	1.48	○	X	X
105	比較例	1100	250	2.0	0.24	0.20	1.20	○	X	X
106	比較例	1100	250	2.0	0.39	0.14	2.79	○	X	X
107	比較例	1200	260	2.4	0.15	0.10	1.50	X	○	X
108	比較例	1200	260	2.4	0.45	0.20	2.25	○	X	X
109	比較例	1200	260	2.4	0.20	0.08	2.50	○	X	X
110	比較例	1200	260	2.4	0.40	0.27	1.48	○	X	X

* 下線を付した数値が本発明範囲外

【表 6】

表6

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
111	比較例	1200	260	2.4	0.24	0.20	1.20	○	×	×
112	比較例	1200	260	2.4	0.39	0.14	2.79	○	×	×
113	比較例	1300	270	1.8	0.15	0.10	1.50	×	○	×
114	比較例	1300	270	1.8	0.45	0.20	2.25	○	×	×
115	比較例	1300	270	1.8	0.20	0.08	2.50	○	×	×
116	比較例	1300	270	1.8	0.40	0.27	1.48	○	×	×
117	比較例	1300	270	1.8	0.24	0.20	1.20	○	×	×
118	比較例	1300	270	1.8	0.39	0.14	2.79	○	×	×
119	比較例	1400	250	2.0	0.15	0.10	1.50	×	○	×
120	比較例	1400	250	2.0	0.45	0.20	2.25	○	×	×
121	比較例	1400	260	2.0	0.20	0.08	2.50	○	×	×
122	比較例	1400	260	2.0	0.40	0.27	1.48	○	×	×
123	比較例	1400	270	2.0	0.24	0.20	1.20	○	×	×
124	比較例	1400	270	2.0	0.39	0.14	2.79	○	×	×
125	比較例	1500	270	2.4	0.15	0.10	1.50	×	○	×
126	比較例	1500	270	2.4	0.45	0.20	2.25	○	×	×
127	比較例	1500	270	2.4	0.20	0.08	2.50	○	×	×
128	比較例	1500	270	2.4	0.40	0.27	1.48	○	×	×
129	比較例	1500	270	2.4	0.24	0.20	1.20	○	×	×
130	比較例	1500	270	2.4	0.39	0.14	2.79	○	×	×
131	比較例	1600	260	2.7	0.15	0.10	1.50	×	○	×
132	比較例	1600	260	2.7	0.45	0.20	2.25	○	×	×

* 下線を付した数値が本発明範囲外

【表 7】

表 7

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
133	比較例	1600	260	2.7	0.20	0.08	2.50	○	X	X
134	比較例	1600	260	2.7	0.40	0.27	1.48	○	X	X
135	比較例	1600	260	2.7	0.24	0.20	1.20	○	X	X
136	比較例	1600	260	2.7	0.39	0.14	2.79	○	X	X
137	比較例	1700	250	3.0	0.22	0.20	1.10	X	○	X
138	比較例	1700	250	3.0	0.40	0.40	1.00	○	X	X
139	比較例	1700	250	3.0	0.25	0.18	1.39	○	X	X
140	比較例	1700	250	3.0	0.35	0.42	0.83	○	X	X
141	比較例	1700	250	3.0	0.25	0.40	0.63	○	X	X
142	比較例	1700	250	3.0	0.35	0.22	1.59	○	X	X
143	比較例	1800	270	3.0	0.22	0.20	1.10	X	○	X
144	比較例	1800	270	3.0	0.40	0.40	1.00	○	X	X
145	比較例	1800	270	3.0	0.25	0.18	1.39	○	X	X
146	比較例	1800	270	3.0	0.35	0.42	0.83	○	X	X
147	比較例	1800	270	3.0	0.25	0.40	0.63	○	X	X
148	比較例	1800	270	3.0	0.35	0.22	1.59	○	X	X
149	比較例	1300	250	1.6	0.08	0.20	0.40	X	X	X
150	比較例	1300	250	1.6	0.02	0.08	0.25	X	○	X
151	比較例	1300	250	1.6	0.02	0.45	0.04	X	X	X
152	比較例	1300	250	1.6	0.06	0.10	0.60	X	X	X

* 下線を付した数値が本発明範囲外

【表 8】

No.	区分	スラブ幅 (mm)	スラブ厚さ (mm)	鑄造速度 (m/分)	印加直流磁界の強度			品 質		
					上部磁界A (T)	下部磁界B (T)	強度比 [A/B]	フラックス性 欠陥	気泡性 欠陥	全欠陥
153	比較例	1400	260	2.0	0.08	0.20	0.40	X	X	X
154	比較例	1400	260	2.0	0.02	0.08	0.25	X	O	X
155	比較例	1400	260	2.0	0.02	0.45	0.04	X	X	X
156	比較例	1400	260	2.0	0.06	0.10	0.60	X	X	X
157	比較例	1500	260	2.4	0.08	0.20	0.40	X	X	X
158	比較例	1500	260	2.4	0.02	0.08	0.25	X	O	X
159	比較例	1500	260	2.4	0.02	0.45	0.04	X	X	X
160	比較例	1500	260	2.4	0.06	0.10	0.60	X	X	X
161	比較例	1600	270	2.7	0.08	0.20	0.40	X	X	X
162	比較例	1600	270	2.7	0.02	0.08	0.25	X	O	X
163	比較例	1600	270	2.7	0.02	0.45	0.04	X	X	X
164	比較例	1600	270	2.7	0.06	0.10	0.60	X	X	X
165	比較例	1700	270	3.0	0.08	0.20	0.40	X	X	X
166	比較例	1700	270	3.0	0.02	0.08	0.25	X	O	X
167	比較例	1700	270	3.0	0.02	0.45	0.04	X	X	X
168	比較例	1700	270	3.0	0.06	0.10	0.60	X	X	X
169	比較例	1800	270	3.0	0.08	0.20	0.40	X	X	X
170	比較例	1800	270	3.0	0.02	0.08	0.25	X	O	X
171	比較例	1800	270	3.0	0.02	0.45	0.04	X	X	X
172	比較例	1800	270	3.0	0.06	0.10	0.60	X	X	X

* 下線を付した数値が本発明範囲外

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】本発明の実施に供される連続鑄造機の鑄型および浸漬ノズルの一実施形態を示す縦断面図

【図 2】図 1 の実施形態における鑄型および浸漬ノズルの水平断面図

【図 3】本発明法において、浸漬ノズルのノズル浸漬深さの影響（フラックス性欠陥および気泡性欠陥に及ぼす影響）を示すグラフ

【図 4】本発明法において、浸漬ノズルのノズル内径の影響（フラックス性欠陥に及ぼす影響）を示すグラフ

【図 5】本発明法において、浸漬ノズルの各溶鋼吐出孔の開口面積の影響（フラックス性欠陥および気泡性欠陥に及ぼす影響）を示すグラフ

【図 6】 上部磁極の直流磁界の強度と下部磁極の直流磁界の強度とが異なる場合における、溶鋼流およびこれに随伴する気泡や非金属介在物の挙動を示す説明図

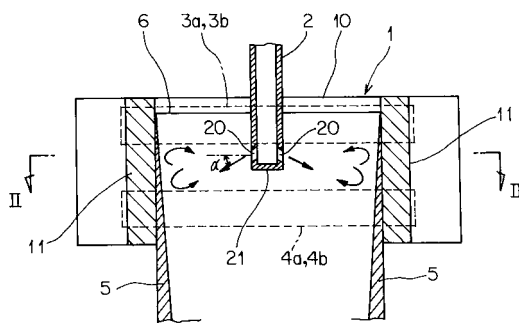
【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

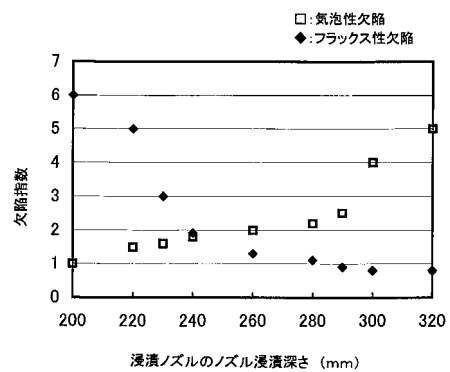
- 1 鋳型
- 2 浸漬ノズル
- 3 a, 3 b 上部磁極
- 4 a, 4 b 下部磁極
- 5 凝固シェル
- 6 メニスカス
- 1 0 鋳型長辺部
- 1 1 鋳型短辺部
- 2 1 底部
- 2 0 溶鋼吐出孔

10

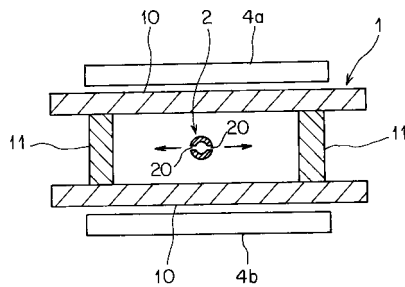
【図 1】



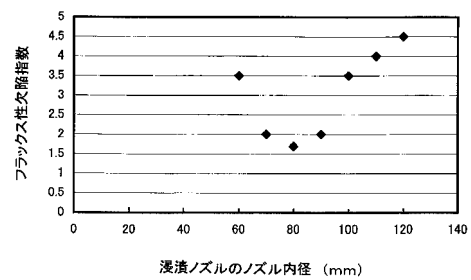
【図 3】



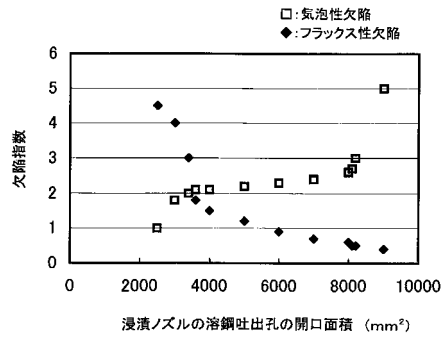
【図 2】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

