

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号
WO 2020/170563 A1

(51) 国際特許分類:
B22D 37/00 (2006.01) B22D 11/16 (2006.01)
B22D 11/115 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048374

(22) 国際出願日: 2019年12月11日(11.12.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-027374 2019年2月19日(19.02.2019) JP

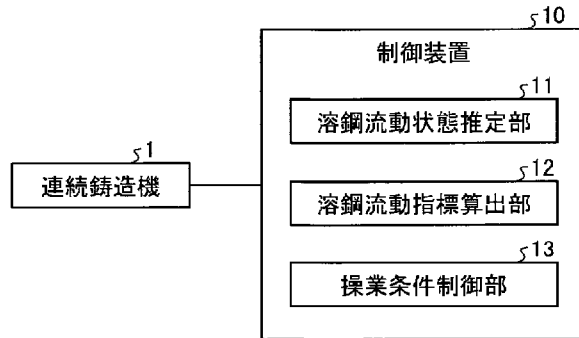
(71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 郡山 大河 (KORIYAMA, Taiga); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 松井 章敏(MATSUI, Akitoshi); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 橋本 佳也(HASHIMOTO, Yoshinari); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 林田 達郎(HAYASHIDA, Tatsuro); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 森田 周吾(MORITA, Shugo); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 森下

(54) Title: CONTROL METHOD FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE, CONTROL DEVICE FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SLAB

(54) 発明の名称: 連続鋳造機の制御方法、連続鋳造機の制御装置、及び鋳片の製造方法

[図2]



- 1 Continuous casting machine
- 10 Control device
- 11 Molten steel flow state estimation unit
- 12 Molten steel flow index calculation unit
- 13 Operation condition control unit

(57) Abstract: A control unit 10 for a continuous casting machine according to an embodiment of the present invention is provided with: a molten steel flow state estimation unit 11 that uses an operation condition of the continuous casting machine 1 and temperature data about a molten steel inside a cast mold, to estimate online the flow state of the molten steel inside the cast mold; a molten steel flow index calculation unit 12 that calculates online a molten steel flow index serving as a cause for infiltration of impurities into a cast slab inside the cast mold on the base of the flow state of the molten steel estimated by the molten steel flow state estimation unit 11; and an operation condition control unit 13 that controls the operation condition of the continuous casting machine 1 so that the molten steel flow index calculated by the



WO 2020/170563 A1

亮(MORISHITA, Ryo); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP). 益田 稜介(MASUDA, Ryosuke); 〒1000011 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 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

molten steel flow index calculation unit 12 is within an appropriate range.

(57) 要約: 本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置10は、連続鋳造機1の操業条件及び鋳型内の溶鋼の温度データを用いて、鋳型内における溶鋼の流動状態をオンラインで推定する溶鋼流動状態推定部11と、溶鋼流動状態推定部11によって推定された溶鋼の流動状態に基づいて、鋳型内で鋳片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで算出する溶鋼流動指標算出部12と、溶鋼流動指標算出部12によって算出された溶鋼流動指標が適正範囲内になるように、連続鋳造機1の操業条件を制御する操業条件制御部13と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：

連続鋳造機の制御方法、連続鋳造機の制御装置、及び鋳片の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、連続鋳造機の制御方法、連続鋳造機の制御装置、及び鋳片の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、連続鋳造機において製造されるスラブ等の鋳片に対する高品質化の要求がますます高まっている。このため、連続鋳造機の鋳型内における溶鋼の状況を制御する技術が開発されている。例えば特許文献1には、鋳型内の溶鋼に磁場を印加する方法が記載されている。鋳型内の溶鋼に磁場を印加して溶鋼流動を制御することにより、鋳片の品質を安定化させることができる。しかしながら、溶鋼に磁場を印加しても予期せぬ操業変動に起因して完全には溶鋼流動を制御することは困難である。このため、鋳型銅板に埋め込まれた測温素子による溶鋼の測温結果を併用して操業を制御する技術が提案されている。例えば特許文献2には、鋳型内銅板温度データに基づいて鋳型内の溶鋼流動を補正することにより、溶鋼流動を高精度に推定する方法が記載されている。

[0003] なお、鋳片に要求される品質の一つとして、鋳片の表層近傍に混入した気泡や介在物等の不純物による欠陥が少ないことが挙げられる。連続鋳造機では、浸漬ノズルを介して鋳型内に注湯された溶鋼は、鋳型壁面から殻状に凝固を開始し（以下、殻状に凝固した鋼を凝固シェルと称する）、鋳造の進行と共に凝固シェル厚みを増加させていく。鋳型内に注湯される溶鋼中には気泡や介在物が懸濁しているが、これら気泡や介在物が凝固シェルに捕捉されてそのまま凝固が進行すると上記の欠陥となる。

[0004] 溶鋼中に懸濁した気泡や介在物は、凝固界面の溶鋼流速が速いほど凝固シェルに捕捉されにくいことが知られており、この観点から鋳型内の溶鋼流動

を適切に制御する技術開発も行なわれている。例えば特許文献3には、鑄造速度が1.6 m/min程度と比較的遅い場合等において、凝固界面での溶鋼流速が不足して欠陥が発生することを抑制するための技術が開示されている。具体的には、この技術は、浸漬ノズルから吐出される溶鋼の吐出流に制動力が作用するように移動磁場を印加して連続鑄造する際、移動磁場印加位置に対する浸漬ノズルの吐出口の位置及び吐出角度を適正な範囲とするものである。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開平10-305353号公報
特許文献2：特開2016-16414号公報
特許文献3：特開2005-152996号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献2には、鑄型内の溶鋼流動を高精度に推定する方法が記載されているが、鑄型内で鑄片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標を推定し、溶鋼流動指標を適正範囲内に制御することは開示、示唆されていない。高品質な鑄片を製造するためには、鑄型内で鑄片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標を推定し、溶鋼流動指標を適正範囲内に制御することが必要である。このため、特許文献2に記載の方法だけでは、高品質な鑄片を製造することは困難である。
- [0007] 一方、特許文献3には、凝固界面での溶鋼流速を適正範囲に制御する方法が記載されているが、この適正範囲はあくまで設備の幾何学的関係のみで規定されたものである。しかしながら、実際の連続鑄造では、浸漬ノズルのノズル孔に介在物が付着して偏流が生じる等の溶鋼流速の変動要因があり、こうした変動が生じた場合にも、その変動状況に応じて凝固界面での溶鋼流速を適正範囲内に制御する必要がある。すなわち、鑄型内で気泡や介在物等の

不純物が鑄片へ混入する要因となる凝固界面の溶鋼流速の低下を、連続鑄造機の操業条件及び鑄型内の溶鋼の温度データを用いて溶鋼流動指標として推定し、その推定結果に基づき溶鋼流動指標を適正範囲内に制御することによって、より高品質な鑄片を製造することが可能になる。

[0008] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、高品質な鑄片を製造可能な連続鑄造機の制御方法、連続鑄造機の制御装置、及び鑄片の製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

[0009] 本発明に係る連続鑄造機の制御方法は、連続鑄造機の操業条件及び鑄型内の溶鋼の温度データを用いて、鑄型内における溶鋼の流動状態をオンラインで推定する溶鋼流動状態推定ステップと、前記溶鋼流動状態推定ステップにおいて推定された溶鋼の流動状態に基づいて、鑄型内で鑄片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで算出する溶鋼流動指標算出ステップと、前記溶鋼流動指標算出ステップにおいて算出された溶鋼流動指標が適正範囲内になるように、前記連続鑄造機の操業条件を制御する操業条件制御ステップと、を含む。

[0010] 前記溶鋼流動指標には、電磁攪拌磁場により生じる攪拌流の中で流速が所定値以下となっている領域の面積が含まれているとよい。

[0011] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面の速度又は流動状態が含まれているとよい。

[0012] 前記溶鋼流動指標には、凝固界面流速が所定値以下となる面積が含まれているとよい。

[0013] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面流速の最大値が含まれているとよい。

[0014] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面乱流エネルギーの最大値が含まれているとよい。

[0015] 前記鑄型内の溶鋼の温度データは、鑄型に設置された温度センサの測定値を含む温度データであるとよい。

[0016] 前記連続鑄造機の操業条件には、鑄造速度、電磁攪拌磁場の磁束密度、及

びノズル浸漬深さのうちの少なくとも一つが含まれているとよい。

[0017] 本発明に係る連続鋳造機の制御装置は、連続鋳造機の操業条件及び鋳型内の溶鋼の温度データを用いて、鋳型内における溶鋼の流動状態をオンラインで推定する溶鋼流動状態推定部と、前記溶鋼流動状態推定部によって推定された溶鋼の流動状態に基づいて、鋳型内で鋳片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで算出する溶鋼流動指標算出部と、前記溶鋼流動指標算出部によって算出された溶鋼流動指標が適正範囲内になるように、前記連続鋳造機の操業条件を制御する操業条件制御部と、を備える。

[0018] 本発明に係る鋳片の製造方法は、本発明に係る連続鋳造機の制御方法を用いて連続鋳造機を制御しながら鋳片を製造するステップを含む。

発明の効果

[0019] 本発明に係る連続鋳造機の制御方法、連続鋳造機の制御装置、及び鋳片の製造方法によれば、高品質な鋳片を製造することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、本発明が適用される連続鋳造機の一構成例を示す模式図である。

[図2]図2は、本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置の構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、浸漬ノズルの一構成例を示す模式図である。

[図4]図4は、電磁攪拌磁場の磁束密度の変化に伴う低流速面積の変化の一例を示す図である。

[図5]図5は、電磁攪拌磁場の磁束密度の変化に伴う溶鋼表面最大流速の変化の一例を示す図である。

[図6]図6は、電磁攪拌磁場の磁束密度及びノズル浸漬深さの変化に伴う溶鋼表面最大流速の変化の一例を示す図である。

[図7]図7は、操業条件の制御の有無に伴うスラブの欠陥混入率の変化の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照して、本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置の構成及びその動作について説明する。

[0022] 〔連続鋳造機の構成〕

まず、図1を参照して、本発明が適用される連続鋳造機の一構成例について説明する。

[0023] 図1は、本発明が適用される連続鋳造機の一構成例を示す模式図である。図1に示すように、この連続鋳造機1では、溶鋼2が満たされたタンディッシュ3の鉛直方向下方に鋳型4が設けられ、タンディッシュ3の底部に鋳型4への溶鋼2の供給口となる浸漬ノズル5が設けられている。溶鋼2は、タンディッシュ3から連続的に鋳型4に注がれ、水冷管が埋設された鋳型4により冷却され、鋳型4の下部から引き抜かれてスラブとなる。その際、マスバランスを保証するため、引き抜き速度に応じて浸漬ノズル5の直上に設けられた図示しないスライディングゲートノズル等により浸漬ノズル5の開度が調整される。鋳型4には、鋳造されるスラブの厚み方向の両端となるF面及びB面に、複数の温度センサが設置されている。各温度センサは、各設置位置での溶鋼2の温度を測定する。また、鋳型4には、湯面を回転させる図示しないコイルが設置されている。

[0024] 〔制御装置の構成〕

次に、図2を参照して、本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置の構成について説明する。

[0025] 図2は、本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置の構成を示すブロック図である。図2に示すように、本発明の一実施形態である連続鋳造機の制御装置10は、コンピュータ等の情報処理装置によって構成され、CPU (Central Processing Unit) 等の内部の演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することにより、溶鋼流動状態推定部11、溶鋼流動指標算出部12、及び操業条件制御部13として機能する。

[0026] 溶鋼流動状態推定部11は、特許文献2に記載の溶鋼の流動状態推定方法等の周知の技術を利用して、鋳型4内における溶鋼2の流動状態をオンライ

ンで推定する。具体的には、溶鋼流動状態推定部 11 は、乱流モデルを考慮した数値流体力学等の物理モデルを用いて、連続鋳造機 1 の操業条件及び鋳型 4 に設置されている温度センサの測定値から鋳型 4 内における溶鋼 2 の流動状態をオンラインで推定する。連続鋳造機 1 の操業条件としては、鋳造幅、鋳造速度、電磁攪拌磁場の磁束密度、浸漬ノズル 5 の浸漬深さ（ノズル浸漬深さ）等を例示できる。

[0027] 溶鋼流動指標算出部 12 は、溶鋼流動状態推定部 11 によって推定された溶鋼 2 の流動状態のデータを用いて、鋳型 4 内でスラブ（鋳片）へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで推定する。ここで、スラブへ混入する不純物としては、モールドパウダーを起源とした介在物がある。モールドパウダーは、鋳型 4 内に注入された溶鋼の上表面に常時供給され、鋳型 4 とスラブとの焼き付きを防止する潤滑剤であり、溶鋼 2 の保温効果等も有している。鋳型 4 内の溶鋼 2 の最上部では、モールドパウダーは熔融状態で溶鋼 2 と接触し、溶鋼 2 はある流速で流動している。ここで、本発明では、モールドパウダーとの接触位置における溶鋼 2 の流速を溶鋼 2 の表面流速と称する。そのため、溶鋼 2 の表面流速が過大となると、熔融パウダが溶鋼 2 の内部に巻き込まれて介在物欠陥となる可能性がある。また、アルミナ等の介在物は浸漬ノズル 5 から供給される Ar ガス等の気泡と共に溶鋼流動にあわせて上昇し、熔融パウダ層に吸収されて溶鋼 2 の清浄化が行われるが、凝固界面流速が遅い場合には、介在物や気泡が凝固シェル側にトラップされ、製品時に表面欠陥の原因となる可能性がある。ここで、凝固界面流速とは、鋳型内の凝固シェルの近傍領域における溶鋼の流速のことを意味する。

[0028] このため、鋳型 4 内でスラブへ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標としては、鋳型 4 内の溶鋼表面流速の最大値（溶鋼表面最大流速）、凝固界面流速が所定値以下となる面積（低流速面積）、溶鋼表面乱流エネルギーの最大値を例示することができる。具体的には、溶鋼流動指標算出部 12 は、溶鋼 2 の流動状態のデータから、鋳型 4 の最上段部（メニスカス：溶鋼湯面の高さ位置）の溶鋼流動状態計算メッシュ（幅方向及び厚み方向の全領域）

における溶鋼流速の最大値を溶鋼表面最大流速として算出する。また、溶鋼流動指標算出部12は、溶鋼2の流動状態のデータから、鋳型4の高さ方向（鋳造方向）及び厚み方向の所定位置にある溶鋼流動状態計算メッシュ（幅方向は全領域）において溶鋼流速が所定値以下である溶鋼流動状態計算メッシュの面積を算出する。例えば溶鋼流動指標算出部12は、幅方向の全領域、且つ、鋳型高さ方向には少なくともメニスカス位置から200mm下方までの範囲で、溶鋼流速が所定値以下である溶鋼流動状態計算メッシュの面積を鋳型長辺の片面毎に合計して、その値をそれぞれ低流速面積とする。また、溶鋼流動指標算出部12は、溶鋼2の流動状態のデータから、鋳型4の最上段部の溶鋼流動状態計算メッシュ（幅方向、厚み方向の全領域）における乱流エネルギーの最大値を溶鋼表面乱流エネルギーの最大値として算出する。

[0029] ここで、乱流エネルギーとは、流れの乱れの強さを示す値であり、ある空間位置において時間的に変動する流速の時間平均値からのずれの大きさに基づき与えられる。具体的には、乱流エネルギーは以下に示す数式で与えられる。

$$[0030] \quad k = (1/2) \cdot U_i^2$$

$$U = U_{ave} + U_i$$

kは乱流エネルギー、Uはある空間位置における流体の流速の瞬時値、 U_{ave} はある空間位置における流体の流速の時間平均値、 U_i はある空間位置における流体の流速の時間平均値からのずれを示す。

[0031] 低流速面積は、スラブの凝固界面における溶鋼流動が速い場合には溶鋼2により凝固シェルに補足される不純物（気泡や介在物）を低減できる効果があることから有効な指標となる。ここで低流速であると判定すべき流速は、鋼種成分や要求される品質レベル及び鋳型寸法等に応じて個別に定めればよく、一定値に定めるべきものではない。なお、本発明者らの調査によれば、低流速と判定する目安として、0.05 m/s未満を採用することができる。また、低流速面積は、例えば、溶鋼流動状態計算メッシュの単位面積を1

cm^2 (0.0001m^2)とした場合、鑄型長辺の片面について低流速と判定された単位メッシュが100メッシュあるとき、低流速面積が 0.01m^2 あるとする。また、低流速面積の適正值についても、鋼種成分や要求される品質レベル及び鑄型寸法等に応じて個別に定めればよく、一定値に定めるべきものではない。なお、本発明者らの調査によれば、要求される品質レベルが厳しい場合は、 0.01m^2 以下、要求される品質レベルがさほど厳しくない場合は、 0.02m^2 以下、をそれぞれ目安として採用することができる。溶鋼表面最大流速は、溶鋼表面における溶鋼流動が遅い場合にはモールドパウダーの溶鋼2内への巻き込みを低減できる効果があることから有効な指標となる。また、溶鋼表面乱流エネルギーの最大値は、溶鋼表面最大流速と同様な理由から有効な指標となる。

[0032] 操業条件制御部13は、溶鋼流動指標算出部12によって算出された溶鋼流動指標を適正範囲内に制御するために、溶鋼流動指標に応じて鑄造速度、電磁攪拌磁場の磁束密度、及びノズル浸漬深さ等の操業条件を制御する。例えば、凝固界面流速が所定値以下となる面積が予め定めた値を超えた場合は、電磁攪拌磁場の磁束密度を大きくして電磁攪拌力を強めるよう操業条件を制御する。電磁攪拌力によって鑄型内の溶鋼にさらに流速を付与すれば、凝固界面流速が所定値以下となった位置においても、溶鋼流速が増加するよう作用するからである。また、電磁攪拌磁場の磁束密度を大きくしても、依然、凝固界面流速が所定値以下となる面積が予め定めた値を超えており、しかも凝固界面流速が所定値以下となる位置が溶鋼表面に近い場合は、浸漬ノズルの深さを浅くするよう操業条件を制御してもよい。浸漬ノズルの深さを浅くすると、浸漬ノズルから吐出される溶鋼の吐出流の影響が、より溶鋼表面側に現れ、溶鋼表面の溶鋼流速を増加させるよう作用するからである。一方、電磁攪拌磁場の磁束密度を大きくすることで、凝固界面流速が所定値以下となる面積が予め定めた値未満となったものの、溶鋼表面流速及び／又は溶鋼表面乱流エネルギーが所定値を超える場合は、電磁攪拌磁場の磁束密度を大きくしたまま、浸漬ノズルの深さを深くするよう操業条件を制御してもよ

い。浸漬ノズルの深さを深くすると、浸漬ノズルから吐出される溶鋼の吐出流の影響が、溶鋼表面側に現れにくくなり、溶鋼表面流速及び／又は溶鋼表面乱流エネルギーを減少させるよう作用するからである。

[0033] 一般に、鋳型4内における溶鋼2の流動状態は連続鋳造機1の操業状態の違いに応じて変化する。例えば図3に示すように、左右の2箇所には吐出口5aがある浸漬ノズル5を使用している場合、片側の吐出口5aにアルミナ等の介在物が付着することにより、鋳型4内における溶鋼2の吐出流に左右差（偏流）が生じる場合がある。この偏流は、鋳造幅、鋳造速度、電磁攪拌磁場の磁束密度といった操業条件が同じあっても発生するため、鋳型4に設置されている温度センサの測定値を用いて偏流を含む溶鋼の流動状態を精度よく再現することにより精度よく溶鋼流動指標をオンラインで推定する。

[0034] すなわち、鋳型4に設置されている温度センサの測定値に対応するよう、溶鋼流動指標算出部12における計算条件を修正し、計算値を逐次更新することで、オンラインでより精度よく溶鋼流動指標を推定する。なお、温度センサの設置数やピッチ及び測定値のサンプリング間隔は、本発明を実施する環境等に応じて可能な範囲で定めればよい。本発明者らの調査によれば、温度センサを、鋳造方向及び幅方向にそれぞれ50mmピッチ以下及び100mmピッチ以下で配置し、測定値を1秒間隔以下で採取するようになると、溶鋼流動指標算出部12の計算精度がより向上する。溶鋼流動指標をオンラインで推定することにより、欠陥発生リスクが少ない適正範囲内で操業ができていないかを把握でき、操業条件を変更することによって溶鋼流動指標を適正範囲内に制御することができる。結果、高品質なスラブを製造することができる。

[0035] なお、本実施形態では、低流速面積を凝固界面流速が所定値以下となる面積であるとして検討したが、溶鋼流動指標としては、凝固界面そのものの流速には限られない。電磁攪拌磁場等により生じる溶鋼流動（攪拌流）の中で低流速となっている領域があれば、このような領域は凝固界面への気泡や介在物補足に悪影響を及ぼすから、これを溶鋼流動指標とすることができる。

このように低流速面積は凝固界面流速に限られずに種々の定義の仕方が可能である。同様に、溶鋼表面流速の最大値及び溶鋼表面乱流エネルギーの最大値は、溶鋼の表面状態を表しており、上記したようにモールドパウダーの巻き込みに関連する。従って、溶鋼流動指標としては、これら最大値に限られず、溶鋼表面の速度又は流動状態を適宜規定することで溶鋼流動指標とすることができる。

実施例

[0036] 本実施例として、極低炭素鋼の連続鋳造において、本発明を適用した。鋳型寸法は、幅1200mm、厚み260mmで、定常状態の鋳造速度は1.6m/minである。本実施例では、低流速面積の適正範囲を0.02m²以下、溶鋼表面最大流速の適正範囲を0.05~0.30m/sと設定して操業を行なった。操業中、連続鋳造機1の操業中に算出された低流速面積が適正範囲より大きくなったために、電磁攪拌磁場の磁束密度を5%大きくした。その結果、図4に示すように、鋳型4内の溶鋼攪拌力が強くなり、凝固界面流速がアップし、低流速面積が減少した。しかしながら、この操業条件の変更によって溶鋼攪拌力が強くなったことにより、図5に示すように、溶鋼表面最大流速が適正範囲を超えてしまう場合があった。そこで、ノズル浸漬深さを30mm深くした。これは、浸漬ノズル5の吐出流が鋳型銅板に衝突、反転して流れが攪拌流と重なりあって溶鋼表面流速を高めているので、浸漬ノズル5の浸漬深さを深くすることにより、反転流が小さくなり、溶鋼表面流速を抑制できるためである。この操業条件変更により、図6に示すように、低流速面積を小さくしつつ、溶鋼表面最大流速を適正範囲内に制御できた。また、オンラインで溶鋼流動指標（溶鋼表面最大流速、低流速面積、及び溶鋼表面乱流エネルギーの最大値）を推定することにより、溶鋼流動指標を適正範囲にするための操業条件を制御することが可能となり、結果として、図7に示すように、スラブ品質指標であるスラブの欠陥混入率を低減することができた。このようにして、本発明に係る連続鋳造機の制御方法によれば、優れた品質のスラブを製造できることが確認された。

[0037] 以上、本発明者らによってなされた発明を適用した実施の形態について説明したが、本実施形態による本発明の開示の一部をなす記述及び図面により本発明は限定されることはない。すなわち、本実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施の形態、実施例、及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

産業上の利用可能性

[0038] 本発明によれば、高品質な鋳片を製造可能な連続鋳造機の制御方法、連続鋳造機の制御装置、及び鋳片の製造方法を提供することができる。

符号の説明

- [0039]
- 1 連続鋳造機
 - 2 溶鋼
 - 3 タンディッシュ
 - 4 鋳型
 - 5 浸漬ノズル
 - 10 制御装置
 - 11 溶鋼流動状態推定部
 - 12 溶鋼流動指標算出部
 - 13 操業条件制御部

請求の範囲

- [請求項1] 連続铸造機の操業条件及び鑄型内の溶鋼の温度データを用いて、鑄型内における溶鋼の流動状態をオンラインで推定する溶鋼流動状態推定ステップと、
- 前記溶鋼流動状態推定ステップにおいて推定された溶鋼の流動状態に基づいて、鑄型内で鑄片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで算出する溶鋼流動指標算出ステップと、
- 前記溶鋼流動指標算出ステップにおいて算出された溶鋼流動指標が適正範囲内になるように、前記連続铸造機の操業条件を制御する操業条件制御ステップと、
- を含む、連続铸造機の制御方法。
- [請求項2] 前記溶鋼流動指標には、電磁攪拌磁場により生じる攪拌流の中で流速が所定値以下となっている領域の面積が含まれる、請求項1に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項3] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面の速度又は流動状態が含まれる、請求項1又は2に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項4] 前記溶鋼流動指標には、凝固界面流速が所定値以下となる面積が含まれる、請求項1～3のうち、いずれか1項に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項5] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面流速の最大値が含まれる、請求項4に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項6] 前記溶鋼流動指標には、溶鋼表面乱流エネルギーの最大値が含まれる、請求項4又は5に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項7] 前記鑄型内の溶鋼の温度データは、鑄型に設置された温度センサの測定値を含む温度データである、請求項1～6のいずれか1項に記載の連続铸造機の制御方法。
- [請求項8] 前記連続铸造機の操業条件には、鑄造速度、電磁攪拌磁場の磁束密度、及びノズル浸漬深さのうちの少なくとも一つが含まれる、請求項

1～7のうち、いずれか1項に記載の連続鋳造機の制御方法。

[請求項9] 連続鋳造機の操業条件及び鋳型内の溶鋼の温度データを用いて、鋳型内における溶鋼の流動状態をオンラインで推定する溶鋼流動状態推定部と、

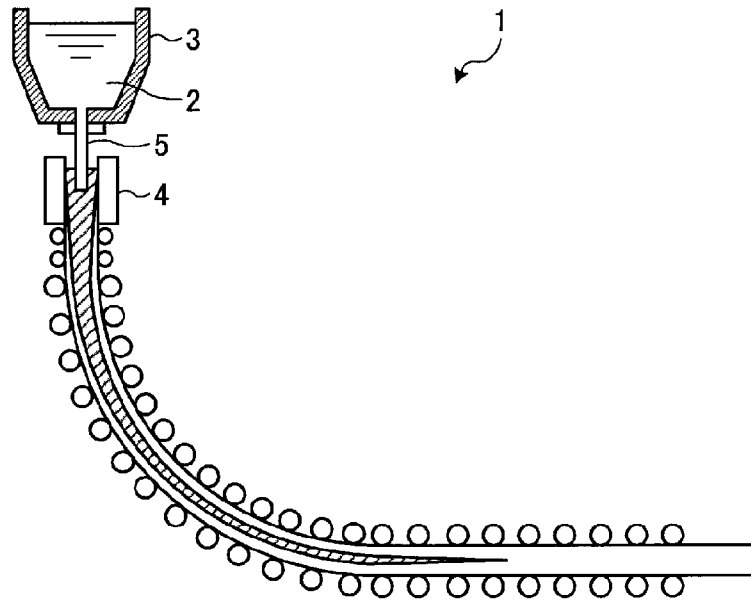
前記溶鋼流動状態推定部によって推定された溶鋼の流動状態に基づいて、鋳型内で鋳片へ不純物が混入する要因となる溶鋼流動指標をオンラインで算出する溶鋼流動指標算出部と、

前記溶鋼流動指標算出部によって算出された溶鋼流動指標が適正範囲内になるように、前記連続鋳造機の操業条件を制御する操業条件制御部と、

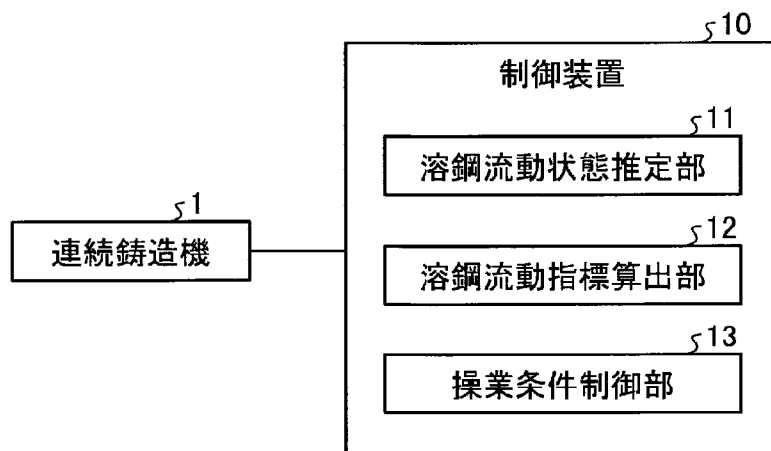
を備える、連続鋳造機の制御装置。

[請求項10] 請求項1～8のうち、いずれか1項に記載の連続鋳造機の制御方法を用いて連続鋳造機を制御しながら鋳片を製造するステップを含む、鋳片の製造方法。

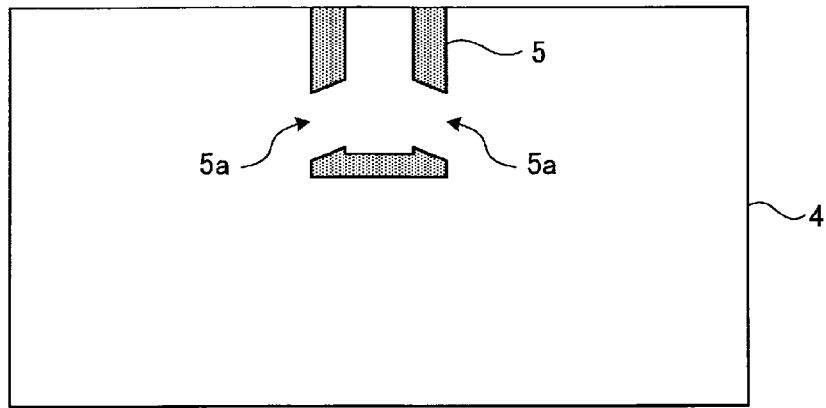
[図1]



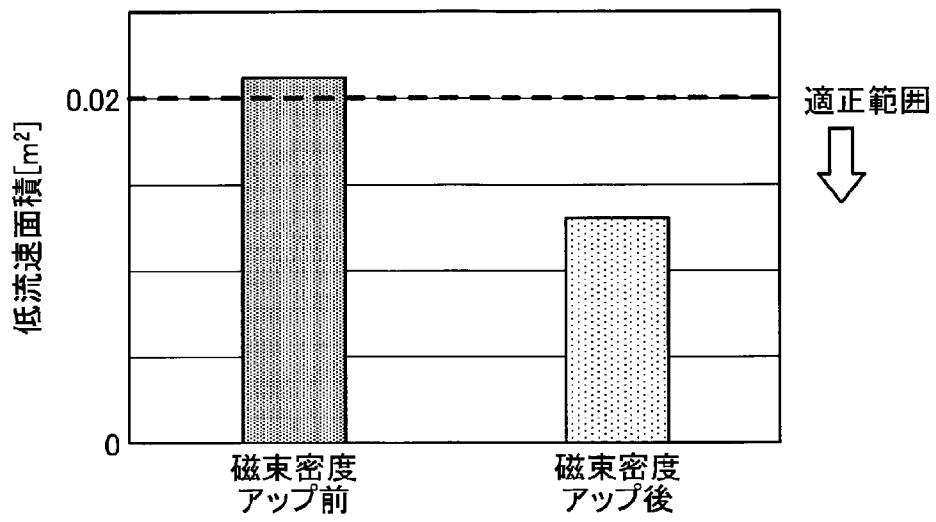
[図2]



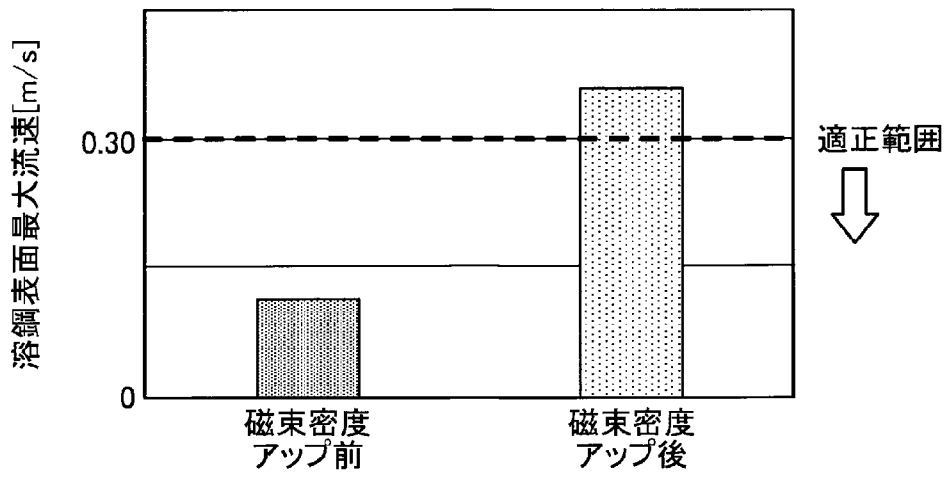
[図3]



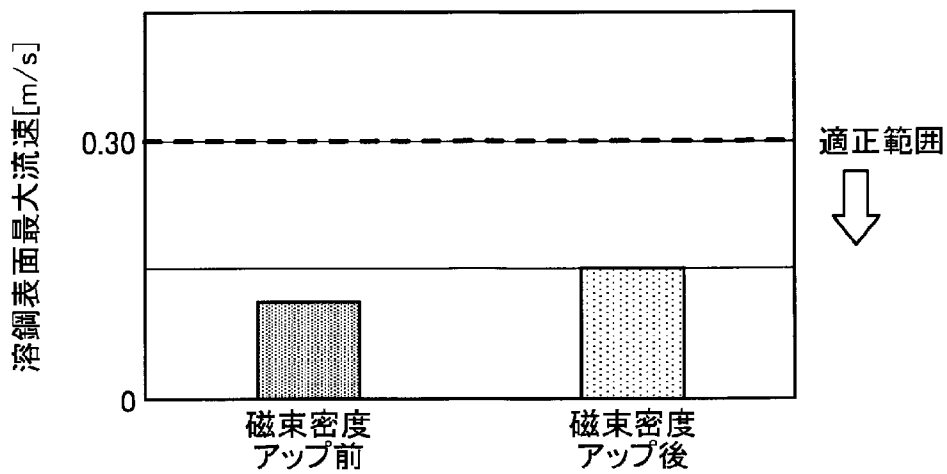
[図4]



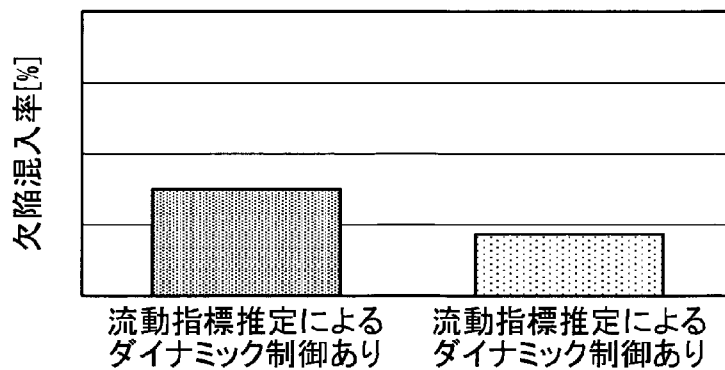
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048374

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B22D37/00 (2006.01) i, B22D11/115 (2006.01) i, B22D11/16 (2006.01) i
 FI: B22D11/16104B, B22D11/115A, B22D37/00Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B22D37/00, B22D11/115, B22D11/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-206845 A (JFE STEEL CORPORATION) 20 October 2011, claims 1-6, paragraphs [0006]-[0008], [0016]-[0069], fig. 1-16	1-10
Y	JP 2017-159363 A (JFE STEEL CORPORATION) 14 September 2017, claims 1-6, paragraphs [0002]-[0007], [0017]-[0060], fig. 1-25	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 06.01.2020

Date of mailing of the international search report
 14.01.2020

Name and mailing address of the ISA/
 Japan Patent Office
 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
 Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

 Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/048374

JP 2011-206845 A	20 October 2011	US 2013/0233505 A1 claims 20-41, paragraphs [0009]- [0011], [0072]-[0235], fig. 1-16 EP 2546008 A1 CN 102791400 A
JP 2017-159363 A	14 September 2017	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22D 37/00(2006.01)i; B22D 11/115(2006.01)i; B22D 11/16(2006.01)i FI: B22D11/16 104B; B22D11/115 A; B22D37/00 Z		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B22D37/00; B22D11/115; B22D11/16 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-206845 A (JFEスチール株式会社) 20.10.2011 (2011-10-20) 請求項1-6, 段落[0006]-[0008], [0016]-[0069], 図1-16	1-10
Y	JP 2017-159363 A (JFEスチール株式会社) 14.09.2017 (2017-09-14) 請求項1-6, 段落[0002]-[0007], [0017]-[0060], 図1-25	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 06.01.2020	国際調査報告の発送日 14.01.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 中西 哲也 4E 1191 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/048374

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-206845 A	20.10.2011	US 2013/0233505 A1 請求項20-41, 段落[0009]- [0011], [0072]-[0235], 図 1-16 EP 2546008 A1 CN 102791400 A	
JP 2017-159363 A	14.09.2017	(ファミリーなし)	