世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類7 **B22D 11/16, 11/115, 11/18**	**A1**	(11) 国際公開番号 **WO00/51763** (43) 国際公開日 2000年9月8日(08.09.00)

(21) 国際出願番号 PCT/JP00/01161

(22) 国際出願日 2000年2月29日(29.02.00)

(30) 優先権データ

特願平11/54630	1999年3月2日(02.03.99)	JP
特願平11/54998	1999年3月3日(03.03.99)	JP
特願平PCT/JP99/01158	1999年3月10日(10.03.99)	JP

(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
日本鋼管株式会社(NKK CORPORATION)[JP/JP]
〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 Tokyo, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
鈴木 真(SUZUKI, Makoto)[JP/JP]
中田正之(NAKADA, Masayuki)[JP/JP]
久保田淳(KUBOTA, Jun)[JP/JP]
久保典子(KUBO, Noriko)[JP/JP]
門田淳一(MONDA, Junichi)[JP/JP]
山岡祐一(YAMAOKA, Yuichi)[JP/JP]
磯部善光(ISOBE, Yoshimitsu)[JP/JP]
〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
日本鋼管株式会社内 Tokyo, (JP)

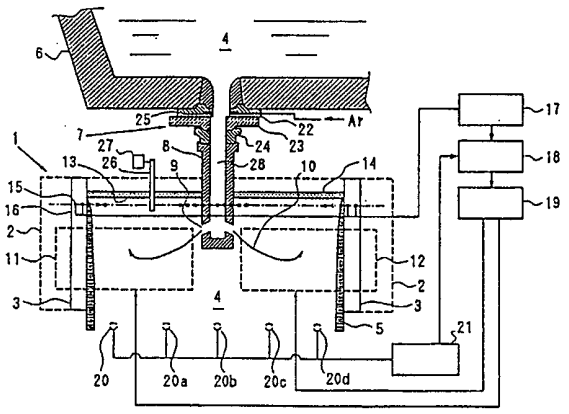
(74) 代理人
弁理士 高野 茂(TAKANO, Shigeru)
〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号
日本鋼管株式会社 知的財産部内 Kanagawa, (JP)

(81) 指定国 CA, CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING/CONTROLLING MOLTEN STEEL FLOWING PATTERN IN CONTINUOUS CASTING

(54)発明の名称 連続鋳造における溶鋼の流動パターン推定・制御方法およびそのための装置



(57) Abstract

A method of controlling a molten steel flowing pattern in a continuous casting, comprising (a) a step of continuously casting molten steel ejected from an immersion nozzle, (b) a step of measuring temperatures at a plurality of points of a mold longer-side copper sheet in a longer-side width direction of the mold, (c) a step of detecting a molten steel flowing pattern in the mold from changes with time of copper sheet temperatures at respective points, and (d) a step of controlling a flowing pattern to be identical with a preset pattern based on the detection result. Mold copper sheet temperatures are measured with a plurality of temperature detecting elements buried in the rear surface of a continuous casting mold copper sheet. The temperature detecting elements are provided within a range 10 to 135 mm away from the molten steel surface in the mold in a billet pulling-out direction.

(57)要約

連続鋳造における溶鋼の流動パターン制御方法は、（ａ）浸漬ノズルから吐出された溶鋼を連続鋳造する工程；（ｂ）鋳型長辺幅方向の鋳型長辺銅板温度を複数点測定する工程；（ｃ）各測定点における銅板温度の経時変化から鋳型内溶鋼の流動パターンを検知する工程；（ｄ）流動パターンが所定のパターンとなるように、検知結果に基づいて制御する工程から構成される。鋳型銅板の温度は連続鋳造用鋳型銅板背面に埋設された複数の測温素子により測定される。測温素子は、鋳型内溶鋼湯面位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲に設けられる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボズニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルギナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴー
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサオ	ML	マリ	TT	トリニダッド・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CG	コンゴー	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MZ	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴースラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュー・ジーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

明細書

連続鋳造における溶鋼の流動パターン推定・制御方法およびそのための装置

技術分野

本発明は、鋼の連続鋳造方法に関する。特に、連続鋳造における溶鋼の流動パターン推定・制御方法およびそのための装置に関する。

背景技術

鋼の連続鋳造では、浸漬ノズルを介して溶鋼を鋳型内に高速度で吐出させるため、この吐出流に起因して鋳型内で溶鋼流動が発生し、そして、この溶鋼流動は鋳片の表面及び内部性状に大きな影響を及ぼしている。例えば、鋳型内湯面（以下、「メニスカス」と記す）の表面流速が速すぎる場合や、メニスカスに縦渦が発生する場合には、モールドパウダーが溶鋼中に巻き込まれる。又、溶鋼中のAl_2O_3等の脱酸生成物の浮上分離も溶鋼流動に左右されることが知られており、鋳片中に巻き込まれたモールドパウダーや脱酸生成物は、製品において非金属介在物性の欠陥となる。

又、鋳型内の溶鋼流動は、鋳造条件が同一であっても、浸漬ノズル内部のAl_2O_3付着、浸漬ノズルの溶損、スライディングノズルの開度等により、鋳造中に変化する。そのため、溶鋼流動を検知し、検知した溶鋼流動状況から印加する磁場の強度や方向を制御して鋳型内の溶鋼流動を制御する方法が、鋳片品質向上の重要な課題として、多数提案されている。

例えば、特開昭６２－２５２６５０号公報（以下、「先行技術１」と記す）には、浸漬ノズル左右の溶鋼レベル差を鋳型短辺銅板に埋設した熱電対により検知し、レベル差が無くなるように電磁攪拌装置の攪拌方向と攪拌推力とを制御した溶鋼流動制御方法が開示されている。

特開平３－２７５２５６号公報（以下、「先行技術２」と記す）には、鋳型長辺銅板に埋設した熱電対により鋳型長辺銅板の温度分布を測定し、鋳型左右の温度分

布から溶鋼偏流の発生を検知し、検知した溶鋼偏流の発生方向及び程度に応じて、鋳型長辺の背面に配置した２個の直流電磁石型電磁ブレーキ装置へ供給する電流を個別に制御して鋳型内溶鋼の偏流を制御する方法が開示されている。

特開平４－２８４９５６号公報（以下、「先行技術３」と記す）には、浸漬ノズルと鋳型短辺との間のメニスカス上に２個の非接触式距離計を設けてメニスカスの湯面変動を測定し、この２つの測定値の相互相関関数から表面波動の伝播速度を求め、この伝播速度が所定値以下となるように電磁攪拌装置にて浸漬ノズルからの吐出流速を制御する方法が開示されている。

先行技術１及び先行技術２では、鋳型銅板温度の分布から溶鋼流動を検知し、検知した溶鋼流動を基に流動制御を行なっているが、鋳型銅板温度分布の変化は、溶鋼の流動状況の変化だけで発生するわけではなく、鋳型と凝固シェルとの接触状態やモールドパウダーの流入状態等の変化によっても発生する。このように溶鋼流動以外の要因による鋳型銅板温度分布の変化があるため、単に鋳型銅板温度の分布から溶鋼流動を検知する先行技術１及び先行技術２では的確に溶鋼流動を検知することはできない。

又、詳細は後述するが、本発明者等の調査結果から、モールドパウダーや脱酸生成物を減少させるためには、鋳型内において偏流を防止して左右対称な流れとするだけでは不十分であり、幾つかの左右対称な流れの内で、最適な流動パターンが存在することが確認された。

先行技術３は流動制御方法として有効な手段ではあるが、メニスカスの溶鋼流速のみ制御するもので、鋳型溶鋼の流動パターンを検知するには不十分である。又、同様に、先行技術１及び先行技術２でも流動パターンは検知できない。

発明の開示

本発明の目的は、連続鋳造において製造される鋳片の品質の改善と安定化、特に鋳型内の溶鋼流動パターンに起因して生ずるモールドパウダーの巻き込みを防止することによる品質の改善と安定化を図り、下工程への良好な鋳片の供給を意図するものである。

そこで、本発明は、連続鋳造において最適な流動パターンを保持することができる溶鋼の流動パターン制御方法を提供し、更に、溶鋼流動状況を精度良く推定するための鋳型銅板の温度計測装置とこの温度計測装置を用いた鋳型内溶鋼の流動状況を推定する方法を提供する。

上記目的を達成するために、第１に、本発明は以下の工程からなる連続鋳造における溶鋼の流動パターン推定方法を提供する：

浸漬ノズルから鋳型内に吐出された溶鋼を連続鋳造する工程；

鋳型長辺幅方向の鋳型銅板温度を鋳型銅板の温度計測装置により複数点測定する工程；と

各測定点における銅板温度の分布から鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する工程。

上記の溶鋼の流動パターン推定方法は、検知された流動パターンが所定のパターンとなるように、鋳型内に吐出された溶鋼に磁場を印加する工程を有するのが好ましい。印加する磁場は水平方向に移動する移動磁場であるのが好ましい。

更に、上記の溶鋼の流動パターン推定方法は、以下の工程を有するのが好ましい：

鋳型銅板温度の温度計測装置により測定された鋳型銅板温度と、鋳型銅板の厚みと、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離と、鋳型銅板用の冷却水温度と、凝固シェル厚みと、モールドパウダー層厚みと、鋳型内の溶鋼温度と、を用いて鋳型内溶鋼から鋳型銅板用冷却水への熱流束を求める工程；

この熱流束に相当する溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数を求める工程；と

この対流熱伝達係数から凝固シェルに沿った溶鋼の流速を求める工程。

上記の流動パターン推定方法は、更に、以下からなる各測定点の鋳型長辺銅板温度を補正する工程を有してもよい：

鋳型下端より下方で鋳片幅方向の凝固シェルの表面形状を測定し；

測定した表面形状から鋳型長辺銅板と凝固シェルとの間の伝熱抵抗を推定し；

推定した伝熱抵抗により各測定点の鋳型長辺銅板温度を補正する。

上記の流動パターン推定方法における鋳型銅板温度の温度計測装置は、連続鋳造用鋳型銅板背面に埋設された複数の測温素子からなるのが望ましい。前記測温素子は、好ましくは、鋳型内溶鋼湯面位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲に、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を１６mm以下とし、且つ、鋳型幅方向の設置間隔を２００mm以下として鋳片全幅に相当する範囲に渡って設置される。

上記の流動パターンを推定する工程は、以下から選択された一つで行うのが好ましい：

（A）鋳型長辺銅板温度の経時変化から、鋳型長辺銅板温度が上昇する測定点の分布を求め、上昇する測定点の分布に基づいて鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する。

（B）、鋳型長辺銅板温度の経時変化から、鋳型長辺銅板温度が下降する測定点の分布を求め、下降する測定点の分布に基づいて鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する。

（C）鋳型長辺銅板温度の経時変化から、鋳型長辺銅板温度が上昇する測定点及び下降する測定点の分布を求め、上昇する測定点の分布及び下降する測定点の分布に基づいて鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する。

（D）鋳型幅方向の鋳型銅板温度のピークの数とピークの位置により鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する。

（E）測定された温度により鋳型幅方向中央位置を基準とした鋳型幅方向左右で、鋳型銅板温度の最大値と最大値の位置とを比較することにより鋳型内溶鋼の偏流を推定する。

第２に、本発明は以下からなる鋳型銅板の温度計測装置を提供する：

連続鋳造用鋳型銅板背面に埋設された複数の測温素子；

前記測温素子は、鋳型内溶鋼湯面位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲に、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を１６mm以下とし、且つ、鋳型幅方向の設置間隔を２００mm以下として鋳片全幅に相当する範囲に渡って設置されている。

上記の温度計測装置において、測温素子が、水箱中の冷却水とはシールされたパイプ内を貫通して設置され、且つ、測温素子の設置される周囲にシールパッキンが設けられのが好ましい。

第３に、本発明は以下からなる連続鋳造鋳片の表面欠陥判定方法を提供する：

鋳型内のメニスカス位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲の鋳型銅板背面の幅方向に複数個の測温素子を配置し；

鋳型銅板温度の幅方向分布を測定し；

鋳型幅方向温度分布に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

上記の表面欠陥の判定は、以下の一つによって行われる。

（A）鋳型幅方向温度分布の最大値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（B）鋳型幅方向温度分布の最小値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（C）鋳型幅方向温度分布の平均値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（D）鋳型幅方向温度分布の平均値と、その鋳片引き抜き速度における代表的な

鋳型幅方向温度分布の平均値との差に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（E）鋳型の中央に配置した浸漬ノズルを中心として、鋳型幅方向左側の温度分布の最大値から最小値を差し引いた値と、鋳型幅方向右側の温度分布の最大値から最小値を差し引いた値のうちで、大きい方の値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（F）鋳型の中央に配置した浸漬ノズルを中心として、鋳型幅方向左側の温度分布の最大値と鋳型幅方向右側の温度分布の最大値との差の絶対値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

（G）各測温素子による温度測定値のうちで単位時間当りの温度変動量の最大値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

第４に、本発明は以下からなる連続鋳造における溶鋼流動検知方法を提供する：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

溶鋼流動の空間周波数ｆを溶鋼流動の変動波長Ｌ（mm）を用いてｆ＝１／Ｌで定義したとき、測定された各鋳型銅板温度をカットオフ空間周波数が２／［鋳型幅W］より大きく、且つ、０．０１より小さい範囲としてローパスフィルター処理し；

このローパスフィルター処理した鋳型銅板温度の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

上記の溶鋼流動検知方法は、隣合う測温素子との間隔が４４．３／３mmより広く、且つ、０．４４３×［鋳型幅W］／６mmより狭い範囲に調整されるのが好ましい。

更に、上記の溶鋼流動検知方法は、両側の鋳型幅の端点で測定データを折り返して拡張したデータ系列を用いて、ローパスフィルター処理を行うのが好ましい。

第５に、本発明は以下からなる連続鋳造における溶鋼流動検知方法を提供する：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、隣合う測温素子との間隔を４４．３／３ｍｍ ～ ０．４４３×［鋳型幅W］／６ｍｍとして複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度を空間移動平均し；

この空間移動平均した鋳型銅板温度の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

第６に、本発明は以下からなる連続鋳造における鋳型内抜熱の不均一度評価方法を提供する：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度をローパスフィルター処理し；

鋳型銅板温度の測定値とローパスフィルター処理した鋳型銅板温度との差に基づいて鋳型内抜熱の不均一度を評価する。

第７に、本発明は以下からなる連続鋳造における溶鋼流動検知方法を提供する：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度を６０秒以下の間隔で採取し；

この間隔で採取した鋳型銅板温度に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

第８に、本発明は以下からなる連続鋳造における溶鋼流動制御方法を提供する：

連続鋳造用鋳型の鋳型長辺銅板背面の幅方向に複数の測温素子を配置して鋳型長辺銅板幅方向の温度分布を測定し；

測定された温度分布の最大値と最小値との差が１２℃以下となるように、鋳型

に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を調整する。

上記の溶鋼流動制御方法において、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を、測定された温度分布の最大値と最小値との差が１２℃以下で、且つ、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における温度差が１０℃以下となるように、調整するのが好ましい。

上記の溶鋼流動制御方法において、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整されるのが好ましい。

第９に、本発明は以下からなる連続鋳造における溶鋼流動制御方法を提供する：

連続鋳造用鋳型の鋳型長辺銅板背面の幅方向に複数の測温素子を配置して鋳型長辺銅板幅方向各位置の温度を測定し；

この温度測定値に基づき各測定点での溶鋼の流速を求めて鋳型長辺銅板幅方向の溶鋼流速分布を求め；

求めた溶鋼流速分布の最大値と最小値との差が０．２５ｍ／ｓｅｃ以下となるように、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を調整する。

上記の溶鋼流動制御方法において、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を、求めた溶鋼流速分布の最大値と最小値との差が０．２５ｍ／ｓｅｃ以下で、且つ、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における溶鋼流速の差が０．２０ｍ／ｓｅｃ以下となるように、調整するのが望ましい。

上記の溶鋼流動制御方法において、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整されるのが好ましい。

図面の簡単な説明

第１図は、 最良の形態１における鋳型内溶鋼の流動パターンを示す模式図である。

第２図は、最良の形態１における鋳型内溶鋼の流動パターンと製品不良の発生量との関係を示す図である。

第３図は、最良の形態１の実施の形態の例を示す連続鋳造機鋳型部の正面断面概略図である。

第４図は、最良の形態１の実施の形態の例を示す鋳型部の側面断面の概略図である。

第５図は、最良の形態１の実施例１における２つの測定点における温度推移を示す図である。

第６図は、最良の形態１の実施例１における測温結果から、温度の経時変化別に各測定点を示した図である。

第７図は、最良の形態１の実施例１において、温度解析結果から検知した流動パターンの変化を示す図である。

第８図は、最良の形態１の実施例１において、耐火物製棒にて測定した鋳型内溶鋼の表面流速の分布を示す図である。

第９図は、最良の形態１の実施例１において、磁場の強度を高めた後の２つの測定点における温度推移を示す図である。

第１０図は、最良の形態１の実施例２において、補正前後の鋳型長辺銅板温度を示す図である。

第１１図は、最良の形態１の実施例２において、耐火物棒にて測定した溶鋼流速を示す図である。

第１２図は、最良の形態２における水準１の鋳造条件でのメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第１３図は、最良の形態２における水準２の鋳造条件でのメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第１４図は、最良の形態２における水準３の鋳造条件でのメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第１５図は、最良の形態２における溶鋼流速プロファイルを測温素子により正確に捉えるための測温素子の設置位置を示す図である。

第１６図は、最良の形態２において水モデルにより測定したメニスカス直下の流速分布を示す図である。

第１７図は、最良の形態２において耐火物製棒の溶鋼流速計にて測定した溶鋼流速の自己相関係数の計算結果を示す図である。

第１８図は、最良の形態２における鋳型銅板の溶鋼側温度変化が埋設された測温素子の出力となるモデルの電気的等価回路を示す図である。

第１９図は、最良の形態２における鋳型銅板の溶鋼側温度変化が埋設された測温素子の出力となるモデルの電気的等価回路を示す図である。

第２０図は、最良の形態２における鋳型銅板の溶鋼側表面にステップ信号を与えた時の、鋳型銅板内各位置の鋳型銅板温度の変化を表わす図である。

第２１図は、最良の形態２における溶鋼から鋳型銅板用の冷却水までの温度分布を模式的に表わす図である。

第２２図は、最良の形態２における鋳型内溶鋼の流動パターンと鋳型幅方向の鋳型銅板温度分布とを示す図である。

第２３図は、最良の形態２における実施の形態の例を示す連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図である。

第２４図は、最良の形態２における実施の形態の例を示す連続鋳造機鋳型部の側面断面の概略図である。

第２５図は、最良の形態２における測温素子の取り付け構造を示す連続鋳造機鋳型部の側面断面の概略図である。

第２６図は、最良の形態２における鋳型銅板温度と溶鋼流速との関係の１例を示す図である。

第２７図は、最良の形態２の実施例１における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第２８図は、最良の形態２の実施例１における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第２９図は、最良の形態２の実施例１において鋳型銅板温度から推定した溶鋼流速の分布を示す図である。

第３０図は、最良の形態２の実施例１において鋳型銅板温度から推定した溶鋼流速の分布を示す図である。

第３１図は、最良の形態２の実施例２において、連々鋳の１ヒート目に測定された鋳型内の溶鋼流速分布を示す図である。

第３２図は、最良の形態２の実施例２において連々鋳の５ヒート目に測定された鋳型銅板温度分布を示す図である。

第３３図は、最良の形態２の実施例２において、連々鋳の５ヒート目に測定された鋳型内の溶鋼流速分布を示す図である。

第３４図は、最良の形態２の実施例３において、連々鋳の１ヒート目に測定された鋳型内の溶鋼流速分布を示す図である。

第３５図は、最良の形態２の実施例３において連々鋳の３ヒート目に測定された鋳型銅板温度分布を示す図である。

第３６図は、最良の形態２の実施例３において、連々鋳の３ヒート目に測定された鋳型内の溶鋼流速分布を示す図である。

第３７図は、最良の形態３における鋳型内溶鋼の流動状況と鋳型銅板温度のプロファイルとの対比を模式的に示した図である。

第３８図は、最良の形態３において溶鋼流動状況がパターン１のときの鋳型銅板温度の幅方向分布、及び鋳型銅板温度の最大値、最小値、平均値を模式的に示した図である。

第３９図は、最良の形態３において溶鋼流動状況がパターン２のときの鋳型銅板温度の幅方向分布、及び鋳型銅板温度の最大値、最小値を模式的に示した図である。

第４０図は、最良の形態３における連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図である。

第４１図は、最良の形態３の実施例１における調査結果であり、鋳型銅板温度の最大値（T_{max}）と冷延コイルの表面欠陥との関係を示す図である。

第４２図は、最良の形態３の実施例２における調査結果であり、鋳型銅板温度の最小値（T_{min}）と鋳片表面のブロー疵及びノロカミ欠陥との関係を示す図である。

第４３図は、最良の形態３の実施例３における調査結果であり、最大高低温度差及び最大左右温度差と冷延コイルの表面欠陥との関係を示す図である。

第４４図は、最良の形態３の実施例４における調査結果であり、平均銅板温度（T_{ave}）および最大高低温度差と、鋳片表面のブロー疵及びノロカミ欠陥との関係を示す図である。

第４５図は、最良の形態３の実施例５における鋳型銅板温度の測定値を示す図である。

第４６図は、最良の形態３の実施例５における調査結果であり、温度変動量の最大値の推移を冷延コイルに対応して示す図である。

第４７図は、最良の形態３の実施例６における調査結果であり、鋳片引き抜き速度と平均銅板温度（T_{ave}）との関係を冷延コイルの表面欠陥発生率別に示す図である。

第４８図は、最良の形態４の水準１の鋳造条件における溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第４９図は、最良の形態４の水準２の鋳造条件における溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第５０図は、最良の形態４の水準３の鋳造条件における溶鋼流速プロファイルの測定結果を示す図である。

第５１図は、最良の形態４において磁場発生装置の磁束密度を変化させた時の鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第５２図は、最良の形態４における鋳型長辺銅板の温度変化の遷移期間をヒストグラムにまとめて示す図である。

第５３図は、最良の形態４における連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図である。

第５４図は、最良の形態４の実施例１において、収集した鋳型長辺銅板温度の生データに基づく鋳型幅方向の温度分布を示す図である。

第５５図は、最良の形態４において平均化個数Ｍの変更による減衰量Ｒの変化を算出した結果を示す図である。

第５６図は、第５４図に示す温度分布を空間移動平均した温度の分布図である。

第５７図は、最良の形態４の実施例２において、収集した鋳型長辺銅板温度の生データに基づく鋳型幅方向の温度分布を示す図である。

第５８図は、第５７図に示す温度分布を平均化個数を３として空間移動平均した温度の分布図である。

第５９図は、第５７図に示す温度分布を平均化個数を７として空間移動平均した温度の分布図である。

第６０図は、第５７図に示す温度分布を平均化個数を９として空間移動平均した温度の分布図である。

第６１図は、最良の形態４の実施例３において、熱電対埋め込み間隔が１００ｍｍのとき温度分布を平均化個数を３として空間移動平均した温度の分布図である。

第６２図は、最良の形態４の実施例３において、熱電対埋め込み間隔が１５０ｍｍのとき温度分布を平均化個数を３として空間移動平均した温度の分布図である。

第６３図は、最良の形態４の実施例４において、端点でデータを折り返し拡張し

たデータを使用して空間移動平均した温度の分布図である。

第６４図は、最良の形態４の実施例５において、データ収集間隔を１秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第６５図は、最良の形態４の実施例５において、データ収集間隔を５秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第６６図は、最良の形態４の実施例５において、データ収集間隔を１０秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第６７図は、最良の形態４の実施例５において、データ収集間隔を６０秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第６８図は、最良の形態４の実施例５において、データ収集間隔を２４０秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。

第６９図は、最良の形態４の実施例６において、鋳型幅方向平均値（D_0）と凝固シェル厚みの標準偏差（σ）との関係を示す図である。

第７０図は、最良の形態５において鋳型内溶鋼の流動パターンがパターンＢの場合のメニスカスでの溶鋼流速分布例を示す図である。

第７１図は、最良の形態５において鋳型内溶鋼の流動パターンがパターンＢの場合の鋳型長辺銅板温度の温度分布例を示す図である。

第７２図は、最良の形態５における溶鋼から鋳型銅板用の冷却水までの温度分布を模式的に表わした図である。

第７３図は、最良の形態５における鋳型銅板温度と溶鋼流速との関係の１例を示す図である。

第７４図は、最良の形態５における鋳型長辺銅板温度の測定結果の例を示す図である。

第７５図は、最良の形態５における鋳型長辺銅板温度の測定結果の他の例を示す図である。

第７６図は、第７４図に示す鋳型長辺銅板温度を溶鋼流速に換算した図である。

第７７図は、第７５図に示す鋳型長辺銅板温度を溶鋼流速に換算した図である。

第７８図は、最良の形態５の実施の形態の例を示す連続鋳造機の正面断面の概略図である。

第７９図は、最良の形態５の実施の形態の例を示す連続鋳造機の側面断面の概略図である。

第８０図は、最良の形態５の実施例１における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第８１図は、第８０図の温度分布から推定した溶鋼流動状況を示す図である。

第８２図は、最良の形態５の実施例１における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第８３図は、第８２図の温度分布から推定した溶鋼流動状況を示す図である。

第８４図は、最良の形態５の実施例１における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第８５図は、第８４図の温度分布から推定した溶鋼流動状況を示す図である。

第８６図は、最良の形態５の実施例２における鋳型銅板温度の測定結果の１例を

示す図である。

第８７図は、最良の形態５の実施例２における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第８８図は、最良の形態５の実施例３における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第８９図は、最良の形態５の実施例３における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９０図は、最良の形態５の実施例４における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９１図は、最良の形態５の実施例４における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９２図は、最良の形態５の実施例５における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９３図は、最良の形態５の実施例５における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９４図は、最良の形態５の実施例５における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９５図は、最良の形態５の実施例５における鋳型銅板温度の測定結果の１例を示す図である。

第９６図は、最良の形態５の実施例５において磁場発生装置の磁束密度を変化させた時の鋳型長辺銅板温度の経時変化の１例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

最良の形態 1 （ 溶鋼の流動パターン制御方法 ）

鋳型内溶鋼の流動パターンは、偏流のない左右対称な流動であっても鋳型内を浮上するＡｒ気泡や印加される磁場の影響で複雑に変化する。その流動パターンを簡略化すると、第１図に示すパターンＡからパターンＣの３つのパターンに大別できる。尚、第１図において、３は鋳型短辺、４は溶鋼、５は凝固シェル、８は浸漬ノズル、９は吐出孔、１０は吐出流、１３はメニスカス、１４はモールドパウダーである。

この中でパターンＡは、浸漬ノズル８からの吐出流１０が、鋳型短辺３側の凝固シェル５に到達・衝突した後に２つの流れに分離し、１つの流れは、鋳型短辺３側の凝固シェル５に沿ってメニスカス１３まで上昇して、更にメニスカス１３を鋳型短辺３側から鋳型中央側（浸漬ノズル８側）に向かう流れとなり、他の１つの流れは、凝固シェル５への衝突点から鋳型下方に下降する流れとなる流動パターンである。

これに対しパターンＢは、吐出流１０へのＡｒ気泡の浮上の影響あるいは磁場印加の影響等により、浸漬ノズル８からの吐出流１０が鋳型短辺３側の凝固シェル５に到達せず、吐出孔９から鋳型短辺３側の凝固シェル５までの間で分散して、上昇流と下降流とを形成し、そして、メニスカス１３では、浸漬ノズル８と鋳型短辺３との中間位置付近を境として、浸漬ノズル８側では鋳型中央側（浸漬ノズル８側）に向かう流れと、鋳型短辺３側では逆に鋳型短辺３に向かう流れとなる流動パターンである。

又、パターンＣは、浸漬ノズル８近傍に吐出流１０の上昇流が存在する流動パターンで、主に粗大なＡｒ気泡の浮上の影響或は磁場印加の影響等により出現する。パターンＣではメニスカス１３において、鋳型中央側（浸漬ノズル８側）から鋳型短辺３側に向かう流れが主流となる。

鋳型内溶鋼の流動パターン別に、薄鋼板製品におけるモールドパウダー性欠陥による製品不良の発生量を調査した。第２図はその調査結果である。第２図に示すように、鋳型内溶鋼の流動パターンがパターンＢの場合にモールドパウダー性欠陥が

少なく、鋳片品質が最も良好であることが判明した。この理由は以下のように考えられる。

パターンＡの場合、鋳型中央と鋳型中央から鋳型幅の１／４隔てた位置との間のメニスカスにおいて、溶鋼中へのモールドパウダー混入の原因となる渦が発生し易く、又、溶鋼の表面流速が速い場合には、溶鋼表面流によりモールドパウダーが削り取られ、この原因によるモールドパウダー混入も発生し易いためである。又、パターンＣの場合、浸漬ノズル近傍の溶鋼の上昇流や、浮上する粗大なＡｒ気泡によって、メニスカスの変動・擾乱が引き起こされ、モールドパウダーの混入が発生するほか、溶鋼の表面流速が速い場合には鋳型短辺近傍で縦渦が発生し、モールドパウダー混入の原因となるからである。これに対し、パターンＢの場合には、メニスカスにおける渦の発生や、強い表面流の出現がなく、モールドパウダー巻き込みの発生しにくい流動条件になっているためである。

このように、鋳型内溶鋼の流動パターンをパターンＢとすることによって、鋳片の品質低下を防止することができ、製品格落ち率の低減、鋳片無手入れ率の向上が実現できる。しかし前述のように、鋳造条件を同一としても鋳型内溶鋼の流動パターンは鋳造途中で変化する。鋳造中に流動パターンを検知することができれば、所定の流動パターンから逸脱している場合、印加する磁場強度を変更して所定の流動パターンに戻すことができる。

本発明者等は、鋳型長辺銅板の温度を測定することで、鋳型内溶鋼の流動パターンを検知できることを見いだした。即ち、鋳型のメニスカス近傍の鋳型長辺銅板温度は、溶鋼の上昇流に相当する位置で鋳型長辺銅板温度が高くなり、そして、流動パターンの変化に対応して鋳型長辺銅板温度の高い位置が変化する。例えば、パターンＡの場合には鋳型短辺近傍に上昇流が形成されるため、鋳型短辺近傍の鋳型長辺銅板温度が高くなる。これは、吐出流は鋳型内溶鋼より温度が高いので、吐出流が上昇する位置で、溶鋼の温度が高くなると共に溶鋼の流動により熱伝達が促進され、鋳型長辺銅板に伝わる熱量が増加して鋳型長辺銅板温度が高くなるからである。

しかし、鋳型長辺銅板温度は、溶鋼流動の影響のみで変化するものではなく、鋳型と凝固シェルとの接触状態やモールドパウダーの流入状態等の変化によっても変化する。そのため、単に鋳片幅方向の鋳型長辺銅板温度の絶対値の分布から溶鋼流

動を検知すると、誤って検知することも発生する。即ち、このような溶鋼流動以外の要因による鋳型長辺銅板温度への影響を除去しないと、正確な流動パターンを検知することはできない。

本発明者等は、鋳型長辺の銅板温度を測定する各測定点毎の温度の経時変化、即ち、ある時間毎の温度の上昇速度や下降速度を指標とすることで、溶鋼流動以外の要因による鋳型長辺銅板温度への影響を最小にすることができ、正確な流動パターンを検知できることを見いだした。溶鋼流動以外の要因による鋳型長辺銅板の温度変化は、比較的緩やかに起こるためである。

その際に、鋳型長辺銅板温度が上昇する測定点及び下降する測定点の分布を求め、上昇する測定点の分布及び／又は下降する測定点の分布に基づいて流動パターンを検知すれば、一層正確に検知できることが分かった。これは、流動パターンが変化すると、鋳型長辺銅板温度が分布を持って変化するためである。

又、鋳型下端より下方で鋳片幅方向の凝固シェルの表面形状を測定し、凝固シェルの表面形状から、鋳型長辺銅板と凝固シェルとの間の伝熱抵抗を推定し、推定した伝熱抵抗により各測定点の鋳型長辺銅板温度を補正すれば、鋳型と凝固シェルとの接触状態による鋳型長辺銅板温度に及ぼす影響を低減でき、一層正確に流動パターンを検知することができる。この場合、メニスカス近傍の鋳型長辺銅板温度の測定値に対して鋳型下端より下方で測定した凝固シェルの表面形状をフィードバックさせるので、フィードバックされる凝固シェルの表面形状データは凝固シェルがメニスカス近傍から表面形状測定位置に到達するまでの時間差を伴ったものとなる。しかし、仮に表面形状測定位置がメニスカスから１．５ｍ下方の位置でも、鋳片引抜き速度が１．８ｍ／ｍｉｎであれば、その所要時間は５０秒程度である。鋳型内溶鋼の流動制御においては、短い時間間隔での制御、例えば印加する磁場を変更すると、かえって発散する傾向があるため、ある程度長周期での制御が適している。従って、この程度の時間差は問題にはならず、十分に流動制御が可能である。

吐出流に印加する磁場は、磁場が水平方向に移動する移動磁場を用いることが好ましい。移動磁場では、適切な磁場強度を選択して印加することにより、直流電流による静磁場に比較して、溶鋼流速や流動パターンを自由に制御することができるからである。

本発明を図面に基づき説明する。第３図は本発明の１つの実施の形態を示す連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図、第４図は側面断面の概略図である。

第３図及び第４図において、相対する鋳型長辺２と、鋳型長辺２内に内装された相対する鋳型短辺３とから構成された鋳型１の上方に、タンディッシュ６が配置されている。タンディッシュ６の底部には固定板２２、摺動板２３、及び整流ノズル２４から成るスライディングノズル７が配置され、更に、スライディングノズル７の下面側には浸漬ノズル８が配置されて、タンディッシュ６から鋳型１への溶鋼流出孔２８が形成される。図示せぬ取鍋からタンディッシュ６内に注入された溶鋼４は、溶鋼流出孔２８を経由して、浸漬ノズル８の下部に設けられ、且つ鋳型１内の溶鋼４に浸漬された吐出孔９より、吐出流１０を鋳型短辺３に向けて鋳型１内に注入される。そして、溶鋼４は鋳型１内で冷却されて凝固シェル５を形成し、鋳型１の下方に引き抜かれ鋳片となる。

固定板２２の溶鋼流出孔２８には、ポーラス煉瓦２５が嵌合して設けられており、溶鋼流出孔２８の壁面へのAl_2O_3付着を防止するため、ポーラス煉瓦２５から溶鋼流出孔２８内にＡｒが吹き込まれている。吹き込まれたＡｒは、溶鋼４と共に浸漬ノズル８を通り吐出孔９を介して鋳型１内に流入し、鋳型１内の溶鋼４を通ってメニスカス１３に浮上し、メニスカス１３上に添加したモールドパウダー１４を貫通して大気に至る。

鋳型長辺２の背面には、浸漬ノズル８を境として鋳型長辺２の幅方向左右で２つに分割された磁場発生装置１１及び磁場発生装置１２が、磁場発生装置１１、１２の鋳造方向の中心位置を吐出孔９の下端位置と鋳型１の下端位置との範囲として、鋳型長辺２を挟んで対向して配置されている。この磁場発生装置１１、１２は、磁場電源制御装置１９に結線され、磁場電源制御装置１９により印加する磁場の強度を個別に制御される。尚、磁場発生装置１１、１２の磁場強度は、最大磁場強度が０．２テスラ～０．４テスラ程度の工業的に通常使用されているものでよい。

磁場発生装置１１、１２より印加する磁場は、直流電流による静磁場でも良いが、前述のように磁場が水平方向に移動する移動磁場が好ましい。移動磁場の場合には、磁場強度のみならず磁場の移動方向も個別に制御できるので、流動制御が一層行い

易くなる。移動磁場では、移動磁場の移動方向を鋳型短辺３側から浸漬ノズル８側とすることで、吐出流１０が減速され、逆に、移動方向を浸漬ノズル８側から鋳型短辺３側とすることで、吐出流１０が加速される。尚、移動磁場の場合には磁場発生装置１１、１２を鋳型長辺２を挟んで対向する必要はなく、片側の鋳型長辺２の背面に配置するだけでも、吐出流１０の制御はできる。但し、片側の背面にのみ配置する場合には磁場強度が減衰するため、磁場強度の高い移動磁場発生装置を配置する必要がある。

鋳型長辺２の銅板には、鋳型長辺２の幅方向に複数の孔を設け、鋳型１内における鋳型長辺２の銅板温度を測定する測定点１５とする。各測定点１５には、測温素子として熱電対１６が銅板の孔に挿入され、孔底部の銅板に接して配置されている。そして、熱電対１６と結線された温度計本体１７にて鋳型長辺銅板温度を測定する。各測定点１５は水平方向に並べて配置され、各測定点１５間の距離は２００mm以下、又、メニスカス１３からの距離は３００mm以内とすることが好ましい。各測定点１５間の距離が２００mmを超えると測定点１５の数が少な過ぎて流動パターンの検知が不正確となり、又、メニスカス１３からの距離が３００mmを超えると鋳型長辺２の銅板温度が水平方向に流れる吐出流１０の影響を受け、同様に流動パターンの検知が不正確となるためである。

温度計本体１７で測定された鋳型長辺銅板温度はデータ解析装置１８に送られ、各測定点１５における銅板温度の上昇率や下降率を解析する。そして同時に、鋳型長辺２の幅方向において、銅板温度の変化が類似する測定点１５の分布を解析する。そして、これらの解析データを基に、データ解析装置１８は鋳型１内の溶鋼流動パターンを検知し、検知した流動パターンの信号を磁場電源制御装置１９に送る。磁場電源制御装置１９は、送られて来た流動パターンの信号に基づき、磁場発生装置１１、１２から印加する磁場強度を個別に制御して、流動パターンをパターンＢとなるように制御する。磁場強度の調整は、磁場発生装置１１、１２に供給する電流を増減させて行なう。又、移動磁場（交流電源を用いる）の場合には、電流の周波数を変化させても磁場強度の調整ができる。流動パターンの制御方法は、パターンＡとなった場合には、磁場強度を強くして吐出流１０を減速し、又、パターンＣとなった場合には、減速方向の磁場強度を弱くする若しくは加速方向の磁場強度を強

くして吐出流１０を増速させれば、共にパターンＢとすることができる。

又、鋳型１の直下には、凝固シェル５の表面形状を測定する変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄが配置され、変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄは演算機２１に結線されている。各変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄは、移動装置（図示せず）により、それぞれが鋳片幅方向に移動可能であり、鋳片幅全体の凝固シェル５の表面形状を測定することができる。変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄには渦流式距離計等の距離測定器を用い、それぞれの変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄで変位計２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄと凝固シェル５との距離を測定し、この測定値を基に演算機２１が解析処理して、凝固シェル５の幅方向の凹凸等の表面形状を決定する。そして、演算機２１は、こうして決定した表面形状から、鋳片幅方向の鋳型長辺２の銅板と凝固シェル５との間の伝熱抵抗を推定し、推定した伝熱抵抗をデータ解析装置１８に送る。

データ解析装置１８は送られてきた伝熱抵抗のデータを基に、鋳型長辺２の銅板温度を補正し、補正した銅板温度から鋳型１内の溶鋼流動パターンを検知することができる。尚、データ解析装置１８は、前述したように、伝熱抵抗のデータを用いずに測定された銅板温度から溶鋼４の流動パターンを検知することもできる構成になっているが、補正した銅板温度から検知することでより正確になる。特に、炭素含有量が０．１～０．１５ｗｔ％の亜包晶領域の炭素鋼の場合には、凝固シェル５の厚みが鋳片幅方向で不均一になりやすく、凝固シェル５の表面に凹凸が発生するので、伝熱抵抗により補正した銅板温度を用いれば、正確な流動パターンを検知することができる。

銅板温度の補正方法は、例えば、凝固シェル５の凹部は、鋳型長辺銅板との接触状態が悪く、伝熱抵抗が低くなり、その分測定される鋳型長辺銅板温度が低下するため、凝固シェル５の凹部の伝熱抵抗を凸部と同等になるように補正することで、凹部の鋳型長辺銅板温度が高温側に補正される。尚、鋳造開始する前に、浸漬ノズル８の吐出孔９の吐出角度や断面積、浸漬ノズル８の浸漬深さ、単位時間当たりの溶鋼４の鋳型１内への注入量、印加する磁場強度、及び、Ａｒ吹き込み量等の鋳造条件を適切に選択して、鋳型１内の溶鋼流動パターンをパターンＢとして、鋳造を開始する。

本実施の形態では、１００mm程度の深さまでメニスカス１３に浸漬される耐火物製棒２６と、耐火物製棒２６に作用する力を検知する受圧センサー２７とを設け、メニスカス１３の数カ所において溶鋼４の表面流により耐火物製棒２６に作用する力から表面流速を測定し、流動パターンが所定のパターンになっているかを確認した。３つの流動パターンでそれぞれ異なる表面流速分布になるので、流動パターンが類推できる。尚、耐火物製棒２６及び受圧センサー２７は確認のために配置したもので、本発明の実施に当たり必ずしも配置する必要はない。

上記説明では、磁場発生装置１１、１２が浸漬ノズル８を境として鋳型長辺２の幅方向で分割されているが、本発明は鋳型長辺２の幅方向全体を覆う１つの磁場発生装置でも実施することができる。その場合、移動磁場を用いる際には、浸漬ノズル８を境として、左右の磁場の移動方向が逆向きとなるように予め磁場電源制御装置１９と結線させることが必要である。但し、分割された磁場発生装置１１、１２に比較して１つの磁場発生装置では流動制御が若干困難となる。又、上記説明では、５つの変位計を用いて説明しているが、変位計の数は鋳片の幅や変位計の移動速度等から適宜決めれば良い。

〔実施例１〕

第３図及び第４図に示す連続鋳造機における実施例を説明する。鋳片サイズは厚み２５０mm、幅１６００mmであり、低炭素Ａｌキルド鋼を引抜き速度２．５ｍ／ｍｉｎで鋳造した。印加する磁場を移動磁場とし、磁場発生装置の鋳造方向の中心を吐出孔下端から１５０mmの位置とした。溶鋼流出孔内へのＡｒ吹き込み量は９Ｎｌ／ｍｉｎである。鋳型長辺銅板には上端から１３０mm（メニスカスから５０mmの位置）の位置に、５０mm間隔で孔を設けて熱電対を配置し鋳型長辺銅板温度を測定した。

第５図にＡ点及びＢ点の２つの測定点における鋳型長辺銅板温度の測定例を示す。図に示すように、時刻T_1－ΔＴではＢ点の温度がＡ点の温度に比べて高かったが、時刻T_1の直前からＡ点の温度は上昇を開始し、又、Ｂ点の温度は下降を開始し、そして、時刻T_1の前後でＡ点及びＢ点の２つの測定点における温度は逆転し、その後、時刻T_1＋ΔＴではＡ点及びＢ点とも逆転したまま温度が安定していた。

このような時刻T_1前後での鋳型長辺幅全体の各測定点における温度の経時変化を第６図に示す。第６図において、●印は時刻T_1前後で温度変化がない測定点１５、◎は温度が上昇した測定点１５、×は温度が下降した測定点１５である。図に示すように、温度が上昇した測定点は鋳型短辺３側に分布し、又、温度が下降した測定点は浸漬ノズル８と鋳型短辺３との中間位置に分布しており、温度が上昇した測定点と下降した測定点とが、特徴的な分布を示していることが分かる。尚、第６図には第５図に示したＡ点及びＢ点の２つの測定点を併せて示している。

上記の温度解析結果に基づき、鋳型内の溶鋼流動パターンを検知した結果を第７図に示す。第７図に示すように、時刻T_1－ΔＴではパターンＢ、時刻T_1＋ΔＴではパターンＡであると検知された。

第８図は、同じ時期に耐火物製棒にて測定した鋳型内溶鋼の表面流速の分布を示す図である。時刻T_1－ΔＴでは、浸漬ノズルと鋳型短辺との中間位置を境に、浸漬ノズル側では鋳型中央に向いた流れで、逆に、鋳型短辺側では鋳型短辺に向いた流れ、即ち、パターンＢの流れとなっていた。ところが時刻T_1＋ΔＴでは表面流は鋳型短辺から鋳型中央に向いた流れ、即ち、パターンＡとなっていた。このように、溶鋼の表面流の分布からも時刻T_1－ΔＴではパターンＢ、時刻T_1＋ΔＴではパターンＡと確認され、銅板温度の測定から検知したパターンが正確であることを証明している。

そこで、磁場発生装置に供給する電流を増加して浸漬ノズルの左右の移動磁場の強度を高め、吐出流を減速した。この状態で鋳造を継続しつつ上記のＡ点及びＢ点の２つの測定点における温度変化を測定した結果を第９図に示す。供給する電流を変更した直後からＡ点の温度は下降し、Ｂ点の温度は上昇し、そして、時刻T_1－ΔＴと同一の状態で安定した。メニスカスにおける表面流の分布も時刻T_1－ΔＴと同一となったことを耐火物製棒により確認した。

本実施例により得られた鋳片を薄鋼板に圧延した結果、モールドパウダー性欠陥の発生量は低く、高い歩留りを達成することができた。尚、第６図及び第７図における符号は、第３図及び第４図と同一である。

〔実施例２〕

第３図及び第４図に示す連続鋳造機における実施例を説明する。鋳片サイズは厚

み２５０mm、幅１６００mmであり、炭素含有量が０．１２ｗｔ％の炭素鋼を引抜き速度１．８m／ｍｉｎで鋳造した。印加する磁場を移動磁場とし、磁場発生装置の鋳造方向の中心を吐出孔下端から１５０mmの位置とした。溶鋼流出孔内へのＡｒ吹き込み量は９Ｎｌ／ｍｉｎである。鋳型長辺銅板には上端から１３０mm（メニスカスから５０mmの位置）の位置に、５０mm間隔で孔を設けて熱電対を配置し鋳型長辺銅板温度を測定した。本実施例では、鋳型直下に設けた５台の変位計で凝固シェルの表面形状を測定して鋳型長辺銅板温度を補正した。

第１０図は、ある時刻における鋳型長辺銅板温度の測定データを示す図であり、破線は補正前の鋳型長辺銅板温度、実線は補正後の鋳型長辺銅板温度を示す。尚、鋳型長辺銅板と凝固シェルとの間隙を標準的な値にそろえて伝熱抵抗を推定し、鋳型長辺銅板温度を補正した。補正前の温度は昇降が激しく鋳型長辺銅板温度の経時変化を正確に把握することが困難であったが、補正することで鋳型長辺銅板温度の高い時間帯を正確に把握することが可能であった。

第１１図は、同一時刻に第１０図に示した測定点近傍において、メニスカスに浸漬した耐火物棒にて測定した溶鋼流速である。第１０図の鋳型長辺銅板温度の高い時間帯が発生した時刻と同一時刻に、溶鋼流速の速い時間帯が発生していた。このように、鋳型長辺銅板温度を凝固シェル表面形状から補正することで、一層正確に流動パターンを検知することができた。

最良の形態 2 （ 溶鋼の流動パターン推定方法とそのための装置 ）

本発明者等は、メニスカス近傍に複雑な溶鋼流動があっても、精度良く溶鋼流動状況を検知するために、鋳型銅板に埋設する測温素子の設置位置を検討した。

第一に、鋳型幅方向の測温素子の設置間隔について検討した。メニスカス近傍の複雑な溶鋼流動の中でも、鋳型幅方向に沿ったメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルは品質管理上特に重要であり、そこで、後述の実施例で使用した連続鋳造機を用い、耐火物製棒の一端をメニスカスに浸漬させ、溶鋼流により耐火物製棒が受ける力をロードセルで測定して溶鋼流速を計測する溶鋼流速計により、メニスカス近傍の鋳型幅方向に沿った溶鋼流速プロファイルを測定した。この溶鋼流速プロファイルの測定は、鋳片引抜き速度と鋳片幅との組み合せを水準１～３の３水準に変更して実施した。表１に各水準の鋳造条件を示す。又、水準１～３におけるメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの測定結果を第１２図～第１４図に示す。尚、第１２図～第１４図において、縦軸のメニスカス溶鋼流速で「正」の値は鋳型短辺側から浸漬ノズル側への流れを表わし、「負」の値はその逆向きの流れを表わすもので、以下本発明ではメニスカスの溶鋼流速をこのように表示する。

表１

	鋳片厚み (mm)	鋳片幅(mm)	鋳片引抜き速度(m/min)	Ar吹込み量 (Nl/min)
水準１	220	1750	2.1	10
水準２	220	1300	1.6	10
水準３	220	2100	1.6	10

第１２図～第１４図に示すように、鋳型幅方向に沿った、メニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの波長、即ち溶鋼流速の高低の波長は、水準１では１７５０mm、水準２では８００mm、水準３では８８０mmとなり、８００～１８００mm程度であることが分かる。

この溶鋼流速プロファイルを鋳型銅板に埋設した測温素子で正確に捉えるには、第１５図に示すように、１波長の間に少なくとも５点の温度測定点が必要である。尚、第１５図はメニスカス近傍の溶鋼流速の高低の波長と鋳型銅板温度とを対応して示すもので、本発明者等の経験により溶鋼流速が速い場所ほど鋳型銅板温度が高くなることが分かっている。

従って、溶鋼流速の高低の波長が８００～１８００mmの場合には、２００～４５０mmの間隔で測温素子を設置すれば良いことになる。しかし、前述の第１２図～第１４図に示すように同一の連続鋳造機であっても鋳造条件によりメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルが変化するので、上記の最も短い溶鋼流速の高低の波長を捉えることができるように、２００mm以下の間隔で測温素子を設置する必要がある。

第二に、測温素子の鋳片引抜き方向の設置位置について検討した。本発明はメニスカス近傍の溶鋼流動を推定することを目的としているので、できるだけメニスカスの近くに測温素子を設置する必要がある。しかし、鋳型内へ注入された溶鋼流量と、鋳片引抜き速度との微妙なバランスの揺らぎにより、メニスカスの位置は鋳片引抜き方向に変動する。その変動量は一般的に最大で±１０mm程度である。測温素子の設置位置は、このメニスカス位置変動範囲よりも下方とする必要がある。何故なら、測温素子位置よりもメニスカスが鋳片引抜き方向下方に下がると、測定される鋳型銅板温度が大きく下降し、メニスカス近傍の溶鋼流動の推定に大きな誤差が生じるからである。以上から測温素子の設置位置の上方側限界をメニスカス位置から鋳片引抜き方向に１０mm離れた位置とした。

次に、測温素子の鋳片引抜き方向下方の限界について検討した。これはメニスカス近傍の溶鋼流がメニスカスからどの程度下方の深さまで一様な流れになっているかで決まる。これを検討するために、鋳型幅が１５００mmの水モデル装置を用いて、鋳型短辺側から２２５mm及び３７５mm離れた位置で、メニスカス位置から１９５mm下方の位置までの流速分布を測定した。第１６図は、その結果を示す図であり、（A）が鋳型短辺側から２２５mmの位置の測定結果、（B）が鋳型短辺側から３７５mmの位置の測定結果で、図中○印が平均流速で、線の長さが流速範

囲を示している。第１６図に示すように、測定した２点の位置では、共にメニスカスから１３５mm下方の位置までは流速が緩やかに減衰するが、それより下方では急激に流速が減衰する。従って、この結果より測温素子の設置位置の鋳片引抜き方向下方の限界をメニスカス位置から１３５mm離れた位置とした。

第三に、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子の先端までの距離について検討した。この距離が長すぎると測温素子の応答時間の遅れが大きくなり、メニスカス近傍の溶鋼流動の時間的な変化を正確に追うことができなくなる。そこで先ず、メニスカス近傍の溶鋼流速がどの程度の時間周期で変動しているかを、前述の浸漬棒型溶鋼流速計を用いて調査した。そして、溶鋼流速の時間変化の周期性を求めるために、測定した溶鋼流速の自己相関係数を計算した。その計算結果を第１７図に示す。この例では、第１７図に示すように、メニスカス近傍の溶鋼流速は９．３秒の周期性を有していることが分かる。尚、図中の×印は各周期の境界を表わしている。本発明者等は他の鋳造条件においても同様な周期性の調査を行い、場合により９～３０秒の周期性を有することを見出した。これらの調査結果に基づき、このような周期性を有するメニスカス近傍の溶鋼流速を推定するための測温素子の埋設深さについて以下の検討を行った。

鋳型銅板の溶鋼側表面の温度変化が、鋳型銅板に埋設された測温素子の出力となるモデルは第１８図に示すような分布定数を有する電気的等価回路に置き換えられる。簡単化のためこの分布定数回路を第１９図のような集中定数回路に置き換えて考えると、これはＲＣ積分回路によるローパスフィルターである。この回路のカットオフ周波数は（１）式で表わされる。但し（１）式において、f_0：カットオフ周波数、Ｒ：直流抵抗成分、Ｃ：容量成分である。

$$f_0 = 1 / (2\pi \times R \times C) \quad \cdots (1)$$

前述のように本発明では９秒周期のメニスカス近傍の溶鋼流速の変動、即ち鋳型銅板の溶鋼側表面温度の変動を捉える必要がある。この周期をカットオフ点として、これより長周期の鋳型銅板温度の変動を測温素子で測定するものとすると、この時のＲ×Ｃの積は（２）式となる。

$$2\pi \times R \times C = 9 \quad \cdots (2)$$

従って（2）式よりＲ×Ｃ＝１．４秒となる。次に、このＲ×Ｃの積が、１．４秒となるための鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を求めた。第２０図は鋳型銅板の溶鋼側表面に２５℃から３００℃へと上昇するステップ信号を与え、鋳型銅板の冷却水側の表面温度は２５℃の一定とした時の鋳型銅板内各位置の鋳型銅板温度の変化を、非定常１次元伝熱方程式を解いて表わしたものである。第２０図の横軸はステップ信号を入力した時点からの経過時間（ｔ）、縦軸は定常状態に達した時の鋳型銅板温度（T_∞）を分母に、その時刻での鋳型銅板温度（Ｔｉ）を分子とした温度の比（Ｔｉ／T_∞）である。又、第２０図では鋳型銅板の溶鋼側表面を起点として冷却水側に向かう距離（ｘ）が異なる複数の位置における比（Ｔｉ／T_∞）を示しており、図中曲線に付与した数値はmmで表示した距離（ｘ）である。ここで、第２０図の曲線は（３）式で近似できる。

$$Ti = \{1 - \exp[-t/(R \times C)]\} \times T_\infty \quad \cdots (3)$$

又、ｔ＝Ｒ×Ｃとなる時は、比（Ｔｉ／T_∞）＝０．６３である。従って、ｔ＝Ｒ×Ｃ＝１．４（秒）で、比（Ｔｉ／T_∞）≧０．６３となるような距離（ｘ）に測温素子があれば、この測温素子のＲ×Ｃの積は１．４秒以下であり、上述の変動周期が９秒以上の鋳型銅板温度変化、即ちメニスカス近傍の溶鋼流速の変化を捉えることができる。この条件を満足する距離（ｘ）は、第２０図に示すように、１６mm以下であることが分かる。従って、本発明では、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を１６mm以下とした。

続いて、上記の温度計測装置を用いた鋳型内溶鋼流動推定方法について説明する。先ず最初に鋳型銅板温度から鋳型内の溶鋼流速を推定する方法について、その原理を説明する。

第２１図は、鋳型内溶鋼から鋳型銅板を経て、鋳型銅板用の冷却水へ熱伝導が生じる過程の、溶鋼から鋳型銅板用の冷却水までの温度分布を模式的に表わした図である。第２１図に示すように、溶鋼１０１から鋳型銅板用の冷却水１０５までの間には、凝固シェル１０２、モールドパウダー層１０３、及び鋳型銅板１０４の各熱伝導体が存在しており、そして、測温素子１０６が鋳型銅板１０４に埋設され、鋳型銅板１０４内の温度を測定している。尚、図中、T_0 は溶鋼１０１の温度、T_L は

凝固シェル１０２の溶鋼１０１との界面温度、T_S は凝固シェル１０２とモールドパウダー層１０３との境界温度、T_P はモールドパウダー層１０３の鋳型銅板１０４側の表面温度、T_{mH} は鋳型銅板１０４のモールドパウダー層１０３側の表面温度、T_{mL} は鋳型銅板１０４の冷却水１０５側の表面温度、Ｔｗ は冷却水１０５の温度である。

この場合、溶鋼１０１から冷却水１０５までの熱伝導体の熱抵抗を合成した総括熱抵抗は（４）式で表わされる。但し（４）式において、Ｒ：総括熱抵抗、α：溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数、λ_S ：凝固シェルの熱伝導率、λ_P ：モールドパウダー層の熱伝導率、λ_m ：鋳型銅板の熱伝導率、h_m ：モールドパウダー層と鋳型銅板との間の熱伝達係数、h_W ：鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数、d_S ：凝固シェル厚み、d_P ：モールドパウダー層厚み、d_m ：鋳型銅板厚みである。

$$R=(1/\alpha)+(d_S/\lambda_S)+(d_P/\lambda_P)+(1/h_m)+(d_m/\lambda_m)+(1/h_W) \quad \cdots (4)$$

ここで鋳型銅板厚み（d_m）、鋳型銅板の熱伝導率（λ_m）は設備によって一定に決まる値である。又、凝固シェルの熱伝導率（λ_S）は鋼種が決まれば一定に決まる値である。又、モールドパウダー層厚み（d_P）はモールドパウダーの種類と鋳型振動の振幅、振動数、及び波形と鋳片引抜き速度とが決まれば一定に決まる数値である。又、モールドパウダー層の熱伝導率（λ_P）はモールドパウダーの種類によらず、ほぼ一定であることが知られている。又、鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_W）は冷却水１０５の流量、鋳型銅板１０４の表面粗度が決まれば一定に決まる数値である。又、モールドパウダー層と鋳型銅板との間の熱伝達係数（h_m）もモールドパウダーの種類が決まればほぼ一定の値に決まる。

しかし、溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数（α）は、凝固シェル１０２の表面に沿った溶鋼流速によって変化する値であり、この対流熱伝達係数（α）は（５）式の平板近似の式で表わすことができる。但し（５）式において、Ｎｕ：ヌッセルト数、λ_1 ：溶鋼の熱伝導率、X_1 ：伝熱代表長さである。

$$\alpha=Nu \times \lambda_1 / X_1 \quad \cdots (5)$$

ここで、ヌッセルト数（Ｎｕ）は、溶鋼流速の速度範囲別に（６）式及び（７）

式で表わされる。但し（6）式及び（7）式において、Ｐｒ：プランドル数、Ｒｅ：レイノズル数、Ｕ：溶鋼流速、Ｕｏ：溶鋼の層流と乱流との遷移速度である。

$$Nu = 0.664 \times Pr^{1/3} \times Re^{4/5} \quad (U < U_0) \cdots (6)$$

$$Nu = 0.036 \times Pr^{1/3} \times Re^{1/2} \quad (U \geqq U_0) \cdots (7)$$

又、プランドル数（Ｐｒ）及びレイノズル数（Ｒｅ）は、それぞれ（8）式及び（9）式で表わされる。但し（9）式において、X_2：溶鋼流代表長さ、ν：溶鋼の動粘性係数である。

$$Pr = 0.1715 \cdots (8)$$

$$Re = U \times X_2 / \nu \cdots (9)$$

一方、溶鋼１０１から冷却水１０５への熱流束は（１０）式で表わすことができる。但し（１０）式において、Ｑ：溶鋼から冷却水への熱流束、Ｔｏ：溶鋼温度、Ｔｗ：冷却水温度である。

$$Q = (T_o - T_w) / R \cdots (10)$$

又、鋳型銅板１０４の冷却水１０５側の表面温度は（１１）式で表わすことができる。但し（１１）式において、T_{mL}：鋳型銅板の冷却水側表面温度である。

$$T_{mL} = T_w + Q / h_w \cdots (11)$$

更に、測温素子１０６にて測定される鋳型銅板温度は（１２）式で表わすことができる。但し（１２）式において、Ｔ：測温素子にて測定される鋳型銅板温度、ｄ：鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離である。

$$T = T_{mL} + Q \times (d_m - d) / \lambda_m \cdots (12)$$

そして、（１１）式を（１２）式に代入することで、鋳型銅板温度（Ｔ）は（１３）式で表わされる。

$$T = T_w + Q / h_w + Q \times (d_m - d) / \lambda_m \cdots (13)$$

本発明は上記の式を用いて溶鋼流速（Ｕ）を求めるものであり、以下にその手順を説明する。先ず、測温素子による鋳型銅板温度（Ｔ）の測定値を、（１３）式に代入して熱流束（Ｑ）を求める。（１３）式では熱流束（Ｑ）以外の右辺の変数は全て既知であるので、熱流束（Ｑ）を逆算することができる。次に、熱流束（Ｑ）を（１０）式に代入して、総括熱抵抗（Ｒ）を求める。ここでも総括熱抵抗（Ｒ）

以外の右辺の変数は全て既知であるので、総括熱抵抗（R）を逆算することができる。そして、総括熱抵抗（R）を（4）式に代入して対流熱伝達係数（α）を求める。ここでも対流熱伝達係数（α）以外の右辺の変数は全て既知であるので、対流熱伝達係数（α）を逆算することができる。求めた対流熱伝達係数（α）を（5）式に代入してヌッセルト数（Ｎｕ）を求め、このヌッセルト数（Ｎｕ）を（6）式又は（7）式に代入してレイノズル数（Ｒｅ）を求める。そして最後に求めたレイノズル数（Ｒｅ）を（9）式に代入して溶鋼流速（U）を求める。

このように、溶鋼流速に起因する溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数の変化によって生じる鋳型銅板温度の変化を捉えることで、凝固界面に沿った溶鋼流速を推定することができる。

次に、鋳型銅板温度から鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する方法について説明する。鋳型内溶鋼の流動パターンは、鋳片引抜き速度、浸漬ノズル形状、浸漬ノズル内に吹き込むＡｒ流量等により種々の流動パターンとなるが、その代表的な例を第２２図に示す。又、第２２図には、その時の鋳型長辺銅板温度の鋳型幅方向の測温結果も合せて示す。尚、第２２図において、１０９は鋳型短辺銅板、１１６はメニスカス、１２０は浸漬ノズル、１２１は吐出孔、１２２は吐出流であり、吐出流１２２は矢印でその流れの方向を表わしている。第２２図に示すように、鋳型長辺銅板温度の鋳型幅方向の測温結果は溶鋼流動パターンと良く対応していることが分かる。即ち、鋳型長辺銅板温度の高い部分に浸漬ノズル１２０からの吐出流１２２が支配的に流れており、それにより溶鋼流動パターンが決定されるからである。その際に、鋳型幅方向の鋳型銅板温度のピークの数及びピークの位置を見つけることで、容易に流動パターンを推定することができる。

例えば、第２２図のパターン０では、特に支配的な流れが存在せず、鋳型幅方向全体に渡り穏やかな流れであり、測温素子の測定値に大きな差は現れないが、パターン１では、浸漬ノズル１２０内に吹き込んだＡｒの浮上に随伴した浸漬ノズル近傍の上昇流が支配的であり、浸漬ノズル近傍での温度測定値が高くなる。これは浸漬ノズル近傍に温度ピークが１つ観察される場合である。パターン２では、浸漬ノズル１２０からの吐出流１２２が鋳型短辺銅板１０９に衝突して流れるため、鋳型

短辺銅板近傍の測定値が高くなる。この時、温度ピークは鋳型短辺銅板１０９の近傍に現れ、鋳型全体では温度ピークは２つ存在する。パターン３では、浸漬ノズル１２０内に吹き込んだＡｒによる浸漬ノズル近傍の上昇流と吐出流１２２の慣性力による流れが共に支配的となり、浸漬ノズル近傍と鋳型短辺銅板近傍の両方で温度測定値が高くなる。この時、温度のピークは鋳型幅全体で３つ存在する。因みに、第２２図に示すパターンＮｏ.の整数部は、鋳型幅方向全体の温度ピークの数を示し、少数点部は、鋳型短辺側の温度のピーク位置が鋳型短辺銅板１０９から浸漬ノズル１２０側に離れた位置にあることを示している。

最後に、鋳型銅板温度から鋳型内溶鋼の偏流の有無を推定する方法について説明する。通常浸漬ノズルから鋳型内に注入された溶鋼は、浸漬ノズルを中心として鋳型幅方向で左右対称な流れとなり、従って、鋳型長辺銅板温度も左右対称となる。そのため、鋳型長辺銅板の幅方向左右で銅板温度の最大値の位置が左右対称でない場合には、偏流が発生したことを容易に推定することができる。又、銅板温度の最大値の位置が左右対称であっても、最大値に差がある場合には、吐出流量が左右で異なっているためであり、この場合も偏流が発生したと推定できる。

本発明を図面に基づき説明する。第２３図は本発明の１つの実施の形態を示す連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図、第２４図は側面断面の概略図である。

第２３図及び第２４図において、相対する鋳型長辺銅板１０８と、鋳型長辺銅板１０８内に内装された相対する鋳型短辺銅板１０９とから構成された鋳型１０７の上方に、タンディッシュ１１８が配置されている。鋳型長辺銅板１０８の背面上部及び背面下部には長辺水箱１１０が設置されており、背面下部の長辺水箱１１０から供給された冷却水１０５は水路１１１を通って鋳型長辺銅板１０８を冷却し、上部の長辺水箱１１０へ排出される。鋳型長辺銅板１０８の前面側表面から水路１１１までの厚み、即ち鋳型長辺銅板厚みはd_mである。図示はしないが鋳型短辺銅板１０９も同様にして冷却される。

タンディッシュ１１８の底部には上ノズル１２３が設けられ、この上ノズル１２３に接続して、固定板１２４、摺動板１２５、及び整流ノズル１２６から成るスラ

イディングノズル１１９が配置され、更に、スライディングノズル１１９の下面側には浸漬ノズル１２０が配置されて、タンディッシュ１１８から鋳型１０７への溶鋼流出孔１２７が形成される。

図示せぬ取鍋からタンディッシュ１１８内に注入された溶鋼１０１は、溶鋼流出孔１２７を経由して、浸漬ノズル１２０の下部に設けられ、且つ鋳型１０７内の溶鋼１０１に浸漬された吐出孔１２１より、吐出流１２２を鋳型短辺銅板１０９に向けて鋳型１０７内に注入される。そして、溶鋼１０１は鋳型１０７内で冷却されて凝固シェル１０２を形成し、鋳型１０７の下方に引き抜かれ鋳片となる。その際、鋳型１０７内のメニスカス１１６上にはモールドパウダー１１７が添加され、モールドパウダー１１７は溶融して、凝固シェル１０２と鋳型１０７との間に流れ込みモールドパウダー層１０３を形成する。

鋳型長辺銅板１０８には、メニスカス１１６から鋳片引抜き方向への距離がＬの位置に、隣合う設置間隔をＺとして鋳型長辺銅板１０８の幅方向に沿って複数の孔が設けられ、鋳型長辺銅板１０８の銅板温度を測定する測定点１１２となっている。その際、メニスカス１１６から鋳片引抜き方向への距離（Ｌ）は１０～１３５mmの範囲とし、設置間隔（Ｚ）は２００mm以下とする。各測定点１１２には測温素子１０６が、鋳型長辺銅板１０８の溶鋼側表面から測温素子１０６の先端までの距離をｄとして、その先端を鋳型長辺銅板１０８に接して配置されている。距離（ｄ）は１６mm以下とする。

一方、測温素子１０６の他端は零点補償器１１３に連結されており、測温素子１０６から出力される起電力信号は零点補償器１１３を経由して変換機１１４に入力され、変換器１１４にて起電力信号を電流信号に変換された後、電流信号としてデータ解析装置１１５に入力される。

測定点１１２内に冷却水１０５が侵入すると、測温接点部の銅板温度が低下するため、正確な銅板温度を測定できなくなる。本発明では、測定点１１２内への冷却水１０５の侵入を防止するために、第２５図に示すように、長辺水箱１１０内にステンレス鋼製のパイプ１２８を設置し、パイプ１２８と長辺水箱１１０との接触面の全周に溶接による溶接部１３０を設け、このパイプ１２８内を貫通させて測温素

子１０６を設置し、更に、測定点１１２の周囲の鋳型長辺銅板１０８に溝を設け、その中に鋳型長辺銅板１０８及び長辺水箱１１０に接触するシールパッキン１２９を設置している。そして、コイル状バネ（図示せず）により、測温素子１０６の先端を鋳型長辺銅板１０８に押し付けている。尚、第２５図は、測温素子の取り付け構造を示す連続鋳造機鋳型部の側面断面の概略図であり、図中の符号１３１はバックフレームである。

このような構造にすることで、長辺水箱１１０内において測温素子１０６と冷却水１０５とは完全に分離され、長辺水箱１１０中の冷却水１０５が測定点１１２に侵入することがなく、又、鋳型長辺銅板１０８と長辺水箱１１０との接触間隙を伝わって冷却水１０５が測定点１１２の周囲に達しても、シールパッキン１２９により測定点１１２内への侵入が防止される。尚、溶接の代わりに樹脂によるシールや硬ローによるシールでも良い。又、シールパッキン１２９は、長辺水箱１１０側に溝を設けてその中に設置しても良い。測温素子１０６は、熱電対や抵抗測温体等のうち±１℃以上の精度で測温できるものであれば種類を問わない。

データ解析装置１１５では、鋳型長辺銅板温度の鋳型幅方向の温度分布や温度のピーク位置及び数から鋳型内溶鋼の流動パターンを推定し、又、浸漬ノズル１２０を境とした鋳型長辺銅板１０８の幅方向左右の鋳型銅板温度の最大値の位置及び最大値から鋳型内溶鋼の偏流を推定して表示する。更に、前述の溶鋼流速測定原理に基づいて、鋳型長辺銅板温度（T）、鋳型長辺銅板厚み（d_m）、前記距離（d）、溶鋼温度、冷却水温度等のデータを用いて、各測定点１１２における溶鋼流速（U）が算出されて表示される。尚、（４）式から（１３）式を構成する１５の変数のうち鋳造条件により変化し、且つ、鋳造中に直接測定できない変数として①凝固シェル厚み（d_S）、②モールドパウダー層厚み（d_P）、③鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_w）の３つの変数があるが、これらの３つの変数については、実機試験又は模擬試験により鋳造条件変更に伴う数値の変化を予め調査しておき、鋳型銅板温度測定時の鋳造条件に対応する数値に基づいて溶鋼流速（U）を算出すれば良い。その他の１２の変数は設備条件及び物性値により定めることができる。

表２は、鋳片引抜き速度が２．０ｍ／ｍｉｎ及び１．３ｍ／ｍｉｎの鋳造条件に

おける各変数の一例を示したものであり、又、第２６図に表２に示す変数に基づいて鋳型銅板温度（Ｔ）と溶鋼流速（Ｕ）との関係を求めた結果を示す。第２６図に示すように、鋳型銅板温度が同一であっても鋳片引抜き速度により溶鋼流速は大幅に異なっており、鋳型銅板温度から溶鋼流速を推定することが可能であることが分かる。尚、溶鋼の層流と乱流との遷移速度（Ｕｏ）は０．１ｍ／ｓｅｃとして算出し、表２及び第２６図中のＶｃは鋳片引抜き速度である。

表２

	変数	数値
1	凝固シェルの熱伝導率（λ_S）	20 W/m·K
2	モールドパウダー層の熱伝導率（λ_P）	1.5 W/m·K
3	鋳型銅板の熱伝導率（λ_m）	300 W/m·K
4	モールドパウダー層と鋳型銅板との間の熱伝達係数（h_m）	2500 W/m²·K
5	鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_W）	28750 W/m²·K
6	鋳型銅板厚み（d_m）	0.04 m
7	鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子までの距離（d）	0.013 m
8	冷却水温度（Tw）	25℃
9	凝固シェル厚み（d_S）	0.00348 m(Vc=2.0m/min) 0.00432 m(Vc=1.3m/min)
10	モールドパウダー層厚み（d_P）	0.0006 m
11	溶鋼温度（To）	1545℃
12	溶鋼の熱伝導率（λ_l）	33.44 W/m·K
13	伝熱代表長さ（X_1）	0.23 m
14	溶鋼流代表長さ（X_2）	0.23 m
15	溶鋼の動粘性係数（ν）	1×10^{-6} m²/sec

上記のように測温素子１０６を鋳型銅板に設置することで、メニスカス１１６の近傍に複雑な溶鋼流動があっても、鋳型内の溶鋼流動に起因する鋳型銅板温度の変化を精度良く測定することができる。そして、このようにして測定された鋳型銅板

温度に基づいて、鋳型内の溶鋼流速、鋳型内溶鋼の流動パターン、及び鋳型内溶鋼の偏流を推定するので、その推定精度が向上すると共に、操業を阻害することなくオンラインでの推定が可能となる。

尚、上記説明では、測温素子１０６が鋳型１０７の幅方向１列に設置されているが、鋳造方向に複数列設置することもできる。又、上記説明は鋳型長辺銅板１０８の片側だけに測温素子１０６を設置しているが、両方の鋳型長辺銅板１０８に設置しても良い。更に、上記説明は断面形状が矩形型の鋳型１０７について説明しているが、本発明は、鋳型１０７の断面形状は矩形型にかぎることなく、例えば円形であっても適用することができる。

［実施例１］

第２３図に示すスラブ連続鋳造機と鋳型銅板温度計測装置とを用い、溶鋼流速を推定した実施例を以下に説明する。連続鋳造機は３ｍの垂直部を有する垂直曲げ型であり、最大２１００mmの鋳片を鋳造することができる。表３に用いた連続鋳造機の諸元を示す。

表３

項目	仕様
連続鋳造機型式	垂直曲げ型
垂直部長さ	3 m
取鍋溶鋼容量	250 ton
タンディッシュ溶鋼容量	80 ton
鋳片厚み	220～300 mm
鋳片幅	675～2100 mm
鋳片引抜き速度	最大3 m/min
浸漬ノズル	下向き25度,吐出孔80 mmφ

長辺鋳型銅板厚み（d_m）は４０mmであり、測温素子としてアルメル・クロメル（ＪＩＳ熱電対Ｋ）を用い、鋳型銅板の溶鋼側表面から熱電対先端（測温接点）ま

での距離（ｄ）を１３mm、相隣り合う熱電対間の間隔（Ｚ）を６６．５mm、メニスカスからの距離（Ｌ）を５０mmとして、鋳型幅方向長さ２１００mmに渡って熱電対を埋設した。そして、厚み２２０mm、幅１６５０mmの鋳片を鋳片引抜き速度１．８５m／ｍｉｎで鋳造（以下、「鋳造条件１」と記す）した場合と、厚み２２０mm、幅１７５０mmの鋳片を鋳片引抜き速度１．７５m／ｍｉｎで鋳造（以下、「鋳造条件２」と記す）した場合において、鋳型長辺銅板温度を測定した。表４に鋳造条件をまとめて示す。

表４

	鋳片厚み (mm)	鋳片幅(mm)	鋳片引抜き速度(m/min)	Ar吹込み量 (Nl/min)
鋳造条件１	220	1650	1.85	10
鋳造条件２	220	1750	1.75	10

第２７図及び第２８図は、それぞれ鋳造条件１及び鋳造条件２におけるある瞬間の鋳型幅方向の鋳型銅板温度の測温データの例である。これらの図で横軸は鋳片幅方向の位置であり、中央の「０mm」の位置が鋳片幅方向の中心位置で、浸漬ノズルの位置である（以降、鋳片幅方向位置を同一の表示法で示す）。第２７図及び第２８図に示すように、鋳片幅方向の両裾の温度が大きく降下しているが、これは、温度の大きく降下している付近に鋳型短辺銅板が設置されているからである。

第２９図及び第３０図は、表２に示す変数の数値を用いて、第２７図及び第２８図に示す鋳型銅板温度から溶鋼流速を算出したものである。尚、表２の変数の内、凝固シェル厚み（d_s）は、鋳造条件１では０．００３６２m、鋳造条件２では０．００３７２mとした。又、第２９図及び第３０図には、鋳型銅板温度を測定した時刻に、前述の浸漬棒型溶鋼流速計により測定した溶鋼流速値を●印で表示した。これらの結果から、鋳型銅板温度から推定したメニスカス下５０mmの溶鋼流速と、浸漬棒によるメニスカス近傍の溶鋼流速とは良く一致することが確認できた。

［実施例２］

実施例１と同一の連続鋳造機と鋳型銅板温度計測装置とを用い、浸漬ノズル内に

Ａｒを１０Ｎｌ／ｍｉｎ吹込みつつ、厚み２５０mm、幅１６００mmの鋳片を鋳片引抜き速度２．２m／ｍｉｎで鋳造し、鋳型内溶鋼の流動パターンを推定した。

鋳造開始から１０分経過時の鋳型長辺銅板の温度分布は、浸漬ノズル位置と両鋳型短辺銅板側との３箇所に温度ピークがあり、且つ、鋳型幅方向左右でほぼ対称な温度分布となり、その結果から、前述の第２２図に示すパターン３であることが推定できた。これを確認するために、前述の浸漬棒型溶鋼流速計を用いて、鋳型幅方向の溶鋼流速及びその方向を測定した。その測定結果を第３１図に示す。第３１図に示すように、浸漬棒型溶鋼流速計による結果は、鋳型内の浸漬ノズル側では浸漬ノズルから鋳型短辺銅板に向かう流れで、鋳型短辺銅板側ではその逆向きの流れであること、即ちパターン３の流動状況であることが確認され、鋳型長辺銅板温度から推定した結果と一致した。

又、連々鋳の５ヒート目の鋳造開始から１０分経過時の鋳型長辺銅板の温度分布は、鋳型左右で異なっており、第３２図に示す温度分布となった。この温度分布から流動パターンを推定した結果、浸漬ノズルの左側は浸漬ノズル側に温度ピークのあるパターン１で、浸漬ノズルの右側は鋳型短辺銅板側に温度ピークのあるパターン２であると推定された。これを確認するために、前述の浸漬棒型溶鋼流速計を用いて、鋳型幅方向の溶鋼流速及びその方向を測定した。その測定結果を第３３図に示す。第３３図に示すように、浸漬棒型溶鋼流速計による結果は、鋳型の左側では、浸漬ノズルから鋳型短辺銅板に向かう流れ、即ちパターン１となり、又、鋳型の右側では、その逆の鋳型短辺から浸漬ノズルに向かう流れ、即ちパターン２となり、鋳型長辺銅板温度から推定した結果と一致した。

［実施例３］

実施例１と同一の連続鋳造機と鋳型銅板温度計測装置とを用い、浸漬ノズル内にＡｒを１０Ｎｌ／ｍｉｎ吹込み、厚み２５０mm、幅１６００mmの鋳片を鋳片引抜き速度２．６m／ｍｉｎで鋳造し、鋳型内溶鋼の偏流の有無を推定した。

鋳造開始から１０分経過時の鋳型長辺銅板の温度分布は、鋳型の幅方向でほぼ左右対称な分布となり、温度の最大値は左側で１８０．５℃、右側で１８１℃であった。温度の最大値位置に左右差がなく、左右の最大値も差が小さいことから、偏流

は発生していないと推定された。これを確認するために、前述の浸漬棒型溶鋼流速計により、鋳型幅方向の溶鋼流速及びその方向を測定した。その測定結果を第３４図に示す。第３４図に示すように、浸漬棒型溶鋼流速計によるメニスカスの溶鋼流速は左右対称であり偏流が発生しておらず、鋳型銅板温度から推定した結果と一致した。

又、連々鋳の３ヒート目の鋳造開始から１０分経過時の鋳型長辺銅板の温度分布は鋳型幅方向左右で異なっていた。その時の温度分布を第３５図に示す。第３５図に示すように、温度の最大値は左右どちらも浸漬ノズル中心から５９８．５mmの位置の熱電対で確認されたが、その値は左側で１７６．５℃、右側で１８４．５℃となり８℃の差があった。温度の最大値の差が大きいので、偏流が起こっていると推定された。これを確認するために、前述の浸漬棒型溶鋼流速計により、鋳型幅方向の溶鋼流速及びその方向を測定した。その測定結果を第３６図に示す。第３６図に示すように、浸漬棒型溶鋼流速計によるメニスカスの溶鋼流速は浸漬ノズル左右で異なっており、偏流が発生していることが確認された。

本発明では、鋳型銅板温度を測定する測温素子を上記説明のように設置するので、メニスカス近傍に複雑な溶鋼流動があっても、鋳型内の溶鋼流動に起因する鋳型銅板温度の変化を精度良く測定することができる。そして、このようにして測定された鋳型銅板温度に基づいて、鋳型内の溶鋼流速、鋳型内溶鋼の流動パターン、及び鋳型内溶鋼の偏流を推定するので、その推定精度が向上すると共に、操業を阻害することなくオンラインでの推定が可能となる。その結果、鋳片の品質管理が向上し、高品質の鋳片を高歩留りで生産することが達成され、その工業的効果は格別である。

最良の形態３　（ 連続鋳造鋳片の表面欠陥判定方法 ）

本発明者等は実機での計測、モデル実験、及び数値解析を行い種々の鋳造条件について、鋳型内の溶鋼流動状況と、そのときの鋳型幅方向の鋳型銅板温度プロファイルとを調査した。第３７図に鋳型内溶鋼の流動状況と鋳型銅板温度のプロファイルとの対比を模式的に示す。尚、第３７図において、２０６は鋳型短辺銅板、２１１はメニスカス、２１５は浸漬ノズル、２１６は吐出孔、２１７は吐出流であり、吐出流２１７は矢印でその流れの方向を表わしている。

パターン０では、特に支配的な流れが存在せず、鋳型幅方向全体に渡り穏やかな流れであり、鋳型幅方向の測温素子の測定値に大きな差は現れない。即ち、温度ピークが顕著に表れない場合で、温度プロファイルは鋳型幅全体に渡って平坦である。パターン１では、浸漬ノズル２１５内に吹き込まれたＡｒの浮上に随伴した浸漬ノズル近傍の上昇流が支配的となり、メニスカス２１１では浸漬ノズル２１５から鋳型短辺銅板２０６に向かって溶鋼は流れる。このため、鋳型銅板幅方向の温度分布では浸漬ノズル２１５の近傍で高くなり、浸漬ノズル２１５の近傍に大きな温度ピークが１つ発生する。パターン２では、浸漬ノズル２１５からの吐出流２１７の慣性力が大きく、吐出流２１７は鋳型短辺銅板２０６に衝突した後上下に分岐し、メニスカス２１１では鋳型短辺銅板２０６から浸漬ノズル２１５に向かう溶鋼流となる。この場合、メニスカス２１１での溶鋼流速は比較的速い。このときは、鋳型短辺銅板２０６の近傍の銅板温度が高くなり、大きな温度ピークが左右の鋳型短辺銅板６の近傍に存在する温度プロファイルとなる。

このように、温度プロファイルはパターン０、１、２の３種類に大別できる。しかし、実際にはこの３種類のパターン以外の温度パターンが存在する。例えば、第３７図に示すパターン３は、Ａｒの浮上に随伴する浸漬ノズル２１５近傍の上昇流と、吐出流２１７の慣性力とが、共に支配的な場合に発生し、浸漬ノズル２１５近傍と鋳型短辺銅板２０６近傍とに温度ピークが現われて、３つの温度ピークを持った温度プロファイルとなる。しかし、このパターンはパターン１とパターン２との組み合せと考えることができる。これ以外の他の場合も、パターン０、パターン１、

及びパターン２の組み合せにより表わされることを確認した。

以上の調査から、鋳造条件により溶鋼流動状況は様々に変化し、この溶鋼流動状況と対応して、様々な温度プロファイルが存在することが分かった。そして、鋳片表面の品質判定の際には、これらの流動状況を考慮して、対応する温度プロファイルから判定することが重要且つ可能であることが分かった。

先ず、操業中の溶鋼流動状況がパターン１の場合について説明する。溶鋼流動状況がパターン１の場合には、浸漬ノズルの近傍でＡｒの浮上が集中しており、浮上するＡｒ気泡径も大きい。この気泡がメニスカスから離脱するときにメニスカスを乱してモールドパウダーが巻込まれたり、或いは、気泡そのものが捕捉されてブロー疵の原因となる。このとき、第３８図（ａ）に示すような鋳型銅板の幅方向温度分布のうちの最大値（T_{max}）を、Ａｒによるメニスカスの乱れの大きさを表わす１つの因子と考えることができ、従って、最大値（T_{max}）が大きすぎる場合には、Ａｒによるモールドパウダーの巻込みを予測することができる。

又、メニスカスに速い流れと遅い流れの両方が存在すると、この溶鋼流速の勾配はモールドパウダーに作用する剪断応力と関係して、勾配の値が大きいほどモールドパウダーが削り込まれ易くなる。この流速の勾配は鋳型銅板温度の勾配として検出される。そこで、第３８図（ｂ）に示すように、浸漬ノズルを中心として鋳型幅方向左側の温度分布の最大値（T_{L1}）から最小値（T_{L2}）を差し引いた値（$T_{L1}-T_{L2}$）と、鋳型幅方向右側の温度分布の最大値（T_{R1}）から最小値（T_{R2}）を差し引いた値（$T_{R1}-T_{R2}$）のうちで、大きい方の値（以下、「最大高低温度差」と記す）を、Ａｒによるメニスカスの乱れの大きさを表わす他の１つの因子と考えることができ、従って、最大高低温度差の大小によっても、Ａｒによるモールドパウダーの巻込みを予測することができる。

又、溶鋼流動状況がパターン１の場合には、メニスカスの溶鋼は浸漬ノズル側から鋳型短辺銅板側に向かって流れるために、鋳型短辺銅板側の溶鋼温度は低くなり、そのため、溶鋼の循環量が少ない場合、鋳型短辺銅板近傍のメニスカスでは、溶鋼が凝固する所謂皮張りやノロカミが発生する。このため、第３８図（ａ）に示すような鋳型銅板の幅方向温度分布のうちの最小値（T_{min}）を、メニスカスでの溶鋼

の循環量を表わす１つの因子と考えることができ、従って、最小値（T_{min}）が小さすぎる場合には皮張りの危険があり、又、ブロー疵及びノロカミが多発すると予測できる。又、第３８図（ｃ）に示すような鋳型幅方向全体の平均銅板温度（T_{avc}）も、メニスカスでの溶鋼の循環量を表わす他の１つの因子と考えることができ、従って、平均銅板温度（T_{ave}）の大小によっても、皮張りやノロカミを予測することができる。

又、ノロカミの発生メカニズムは、モールドパウダーの物性値のバラツキ等によりモールドパウダーの消費量が異常に増加して、メニスカス上のモールドパウダーの溶融層厚みが薄くなり、未溶融のモールドパウダーが凝固シェル表面に付着して発生するものと推定されている。この場合には、モールドパウダーの消費量が異常に増加するため、鋳型銅板温度は、モールドパウダー消費量が通常の場合に較べて低下する。従って、鋳型幅方向の平均銅板温度（T_{avc}）を捉え、その鋳片引き抜き速度における代表的な鋳型幅方向温度の平均銅板温度（T_{avc}）と比較し、その差を把握することで、ノロカミ発生の有無を予測することができる。ここで、その鋳片引き抜き速度における代表的な鋳型幅方向温度の平均銅板温度（T_{avc}）とは、その鋳片引き抜き速度での数多くの鋳造機会において測定した鋳型幅方向銅板温度の平均値と定義する。

次に、操業中の溶鋼流動状況がパターン２の場合について説明する。溶鋼流動状況がパターン２のように、メニスカスに比較的速い流れの溶鋼流が存在する場合には、この流れによりメニスカスを覆うモールドパウダーが削り込まれる虞がある。溶鋼流速が速ければ鋳型銅板温度も高くなる。そこで、第３９図（ａ）に示すような鋳型銅板の幅方向温度分布のうちの最大値（T_{max}）を、メニスカスにおける溶鋼の最大速度を表わす因子と考えることができ、従って、最大値（T_{max}）が大きすぎる場合には、モールドパウダーが削り込まれることが予測できる。

又、溶鋼流動状況がパターン２のように、メニスカスに比較的速い流れと遅い流れの両方が存在すると、前述したように、この溶鋼流速の勾配はモールドパウダーに作用する剪断応力と関係して、勾配の値が大きいほどモールドパウダーが削り込まれ易くなる。この流速の勾配は鋳型銅板温度の勾配として検出される。そこで、

第３９図（ｂ）に示すように、浸漬ノズルを中心として鋳型幅方向左側の温度分布の最大値（T_{L1}）から最小値（T_{L2}）を差し引いた値（$T_{L1}-T_{L2}$）と、鋳型幅方向右側の温度分布の最大値（T_{R1}）から最小値（T_{R2}）を差し引いた値（$T_{R1}-T_{R2}$）のうちで、大きい方の値、即ち最大高低温度差を流速勾配の大きさを表わす因子と考えることができ、従って、最大高低温度差の大小によりモールドパウダーの削り込みの有無を予測することができる。

又、溶鋼流動状況がパターン２の場合、鋳型幅方向左右のメニスカスの溶鋼流速のバラツキが大きいときには、流れのぶつかり合うところで渦を発生させ易く、モールドパウダーを巻込む虞がある。そこで、第３９図（ｃ）に示すように、浸漬ノズルを中心として鋳型幅方向の左側温度分布の最大値（T_{L1}）と右側温度分布の最大値（T_{R1}）との差の絶対値（以下、「最大左右温度差」と記す）を、渦によるモールドパウダーの巻込みに影響を及ぼす偏流度を表わす因子と考えることができ、従って、この最大左右温度差の大小によって渦によるモールドパウダー巻込みの有無を予測することができる。

更に、鋳型内溶鋼の流動状況が、例えばパターン１からパターン３のように変化する場合や、パターン２であっても片側の吐出流速が他方に比べて速くなる場合には、鋳型内の溶鋼流動は乱れてメニスカスの変動量も大きくなり、モールドパウダー巻込みの発生する確率が高くなる。通常、鋳型内で観測される流動変動は、その周期を数十秒として緩やかに変化するが、この周期より短い時間で変化する場合には、モールドパウダー巻込みの発生頻度が高くなる。この溶鋼流動の変化は、鋳型銅板温度の単位時間当りの温度変動量として検出される。従って、鋳型幅方向の鋳型銅板温度の単位時間当りの温度変動量のうちで最大値を把握して、この最大値の大小によってモールドパウダー巻込みの有無を予測することができる。

但し、鋳型銅板の測温位置を鋳型内のメニスカス位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲とする必要がある。メニスカス位置から１０mm未満の範囲は鋳造中のメニスカスの変動により鋳型銅板温度が昇降するため、溶鋼流動による鋳型銅板温度の変化を正確に把握することができず、又、メニスカスから１３５mmを越えた下方の位置では、溶鋼流動の変化による鋳型銅板温度の変化量が少な

くなり、正確に鋳型銅板温度の変化量を把握することができないからである。

このようにして鋳型銅板温度の幅方向分布を解析することで、モールドパウダーの巻込み、皮張り、ブロー疵、及びノロカミ等の鋳片の表面欠陥の程度をオンラインで即座に判定することができる。

尚、第３８図は溶鋼流動状況がパターン１のときの鋳型銅板温度の幅方向分布及び鋳型銅板温度の最大値、最小値、平均値を模式的に示す図であり、第３９図は溶鋼流動状況がパターン２のときの鋳型銅板温度の幅方向分布及び鋳型銅板温度の最大値、最小値を模式的に示す図である。又、鋳型短辺銅板付近の温度測定値は鋳型短辺銅板の影響を受けて低くなるので、本発明においては鋳型銅板温度の幅方向分布を解析する際に、鋳型短辺銅板の影響の現れる範囲の測定値は除いて解析することとする。

以下、本発明を図面に基づき説明する。第４０図は本発明を適用した連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図である。

第４０図において、相対する鋳型長辺銅板２０５と、鋳型長辺銅板２０５内に内装された相対する鋳型短辺銅板２０６とから構成された鋳型２０４の上方に、タンディッシュ２１３が配置されている。タンディッシュ２１３の底部には上ノズル２１８が設けられ、この上ノズル２１８に接続して、固定板２１９、摺動板２２０、及び整流ノズル２２１から成るスライディングノズル２１４が配置され、更に、スライディングノズル２１４の下面側には浸漬ノズル２１５が配置されて、タンディッシュ２１３から鋳型２０４への溶鋼流出孔２２２が形成される。

取鍋（図示せず）からタンディッシュ２１３内に注入された溶鋼２０１は、溶鋼流出孔２２２を経由して、浸漬ノズル２１５の下部に設けられ、且つ鋳型２０４内の溶鋼２０１に浸漬された吐出孔２１６より、吐出流２１７を鋳型短辺銅板２０６に向けて鋳型２０４内に注入される。そして、溶鋼２０１は鋳型２０４内で冷却されて凝固シェル２０２を形成し、鋳型２０４の下方に引き抜かれて鋳片となる。鋳型２０４内のメニスカス２１１上にはモールドパウダー２１２が添加されている。

上ノズル２１８はポーラス煉瓦からなり、溶鋼流出孔２２２の壁面へのアルミナ

付着を防止するため、上ノズル２１８と連結されたＡｒ導入管（図示せず）を介して上ノズル２１８から溶鋼流出孔２２２内にＡｒが吹き込まれる。吹き込まれたＡｒは、溶鋼２０１と共に浸漬ノズル２１５を通り、吐出孔２１６を介して鋳型２０４内に流入し、鋳型２０４内の溶鋼２０１を通ってメニスカス２１１に浮上し、メニスカス２１１上のモールドパウダー２１２を貫通して大気に至る。

鋳型長辺銅板２０５の背面には、メニスカス２１１から鋳片引抜き方向へ１０～１３５mm離れた範囲の、且つ、鋳片引抜き方向に直交する直線上に、鋳型長辺銅板２０５の幅方向に沿って複数の孔が設けられ、鋳型長辺銅板２０５の銅板温度を測定する測定点２０７となっている。各測定点２０７には測温素子２０３が、その先端を鋳型長辺銅板２０５に接して配置され、鋳片の全幅に対応する鋳型銅板温度の測定を可能としている。尚、隣合う測定点２０７の間隔は２００mm以下とすることが好ましい。各測温点２０７の間隔が２００mmを超えると測定点２０７が少なくなり過ぎて、鋳型銅板温度の幅方向分布を正確に把握できなくなるからである。

一方、測温素子２０３の他端は零点補償器２０８に連結されており、測温素子２０３から出力される起電力信号は零点補償器２０８を経由して変換器２０９に入力され、変換器２０９にて起電力信号を電流信号に変換された後、電流信号としてデータ解析装置２１０に入力される。尚、測温接点となる測温素子２０３の先端が鋳型２０４の冷却水（図示せず）により直接冷却されないように、測定点２０７はシール材（図示せず）により冷却水からシールされている。又、測温素子２０３は、熱電対や抵抗測温体等のうち±１℃以上の精度で測温できるものであれば種類を問わない。

データ解析装置２１０では、測定された鋳型長辺銅板温度の幅方向温度分布から最大値（T_{max}）、最小値（T_{min}）、平均銅板温度（T_{ave}）、最大高低温度差、最大左右温度差、及び単位時間当たりの温度変動量の最大値を求め、品質グレードに応じてそれぞれ予め設定された閾値と比較して欠陥の発生程度を判定し、鋳片の手入れ方法を決定する。これら最大値（T_{max}）、最小値（T_{min}）、平均銅板温度（T_{ave}）、最大高低温度差、及び最大左右温度差の鋳片の代表値としては、一定間隔又は連続的に測定される幅方向温度分布のうちで、最も大きな値（最大値（T

$_{max}$）と最大高低温度差と最大左右温度差の場合）、若しくは最も小さな値（最小値（T_{min}）と平均銅板温度（T_{ave}）の場合）としても、又は、その鋳片における測定値の平均値としてもどちらでも良いが、鋳片の表面欠陥を確実に検知する意味では、最も大きな値、若しくは最も小さな値に基づいて判定することが好ましい。又、単位時間当たりの温度変動量は、５～２０秒を単位時間として、この間の温度変動量を算出し、鋳型幅方向の温度変動量の最大値を求め、こうして求めたその鋳片における単位時間毎の最大値を平均した値を鋳片の代表値としても、又、その鋳片における単位時間毎の最大値のうちで最も大きいものを代表値としてもどちらでも良い。

又、実際の操業時には、鋳型２０４内の溶鋼流動パターンが時間的に変化したり、又は、３種類の基本パターン０、１、２の組み合せとなっている場合が多いので、鋳片表面欠陥の判定には２つ以上の判定方法を組み合わせることが好ましい。

このように、本発明では鋳型幅全体に渡って測定した鋳型銅板温度に基づいて鋳片表面の品質判定を行うので、鋳型２０４の内部がどのような溶鋼流動パターンとなっても、正確に表面欠陥をオンラインで判定することが可能となる。

尚、上記説明では、測温素子２０３が鋳型長辺銅板２０５の幅方向１列に設置されているが、鋳造方向に複数列設置することもできる。又、上記説明では鋳型長辺銅板２０５の片側だけに測温素子２０３を設置しているが、両方の鋳型長辺銅板２０５に設置しても良い。又、Ａｒの吹き込み方法は上記に限るものではなく、スライディングノズル２１４や浸漬ノズル２１５から吹き込んでも良い。

［実施例１］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が１６００～１８００mmの炭素鋼の鋳片を鋳造した。鋳片引抜き速度は１．２～１．８m／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスから５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。

鋳造した鋳片を冷延コイルに圧延し、冷延コイルの表面欠陥を目視で検査した。第４１図は、その調査結果であり、横軸を鋳型銅板温度の最大値（T_{max}）とし、縦軸を冷延コイルの１コイル当たりの表面欠陥個数として表示したものである。この場合、横軸の鋳型銅板温度の最大値（T_{max}）は、各コイルに対応する鋳片において１０秒毎に測定した幅方向温度分布から、それぞれの測定時期の最大値（T_{max}）を計測し、これらの最大値（T_{max}）を平均した値を代表値として表示している。第４１図に示すように、各プロットは右上がりの直線に沿っていることが分かった。

このように、鋳型幅方向温度分布の最大値（T_{max}）から冷延コイルの表面欠陥の程度が予測でき、冷延コイルの用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れの判断が可能となる。因みに第４１図の場合には、閾値を１６０℃として、最大値（T_{max}）が１６０℃未満の場合には「無手入れ」とし、１６０℃以上の場合には「手入れ」とすることができる。尚、最大値（T_{max}）が高くても表面欠陥が発生しないことがあるが、元々１コイル当たりの欠陥個数が非常に少ないので、この場合は確率的にモールドパウダーの巻込みがなかったと言える。

［実施例２］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が２０００mmの炭素鋼の鋳片を鋳造した。鋳片引抜き速度は１．２m／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスから５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。この鋳造条件では鋳型銅板温度のパターンは、時間的に揺らぐものの、ほぼパターン１となっていた。

鋳造した鋳片表面をカラーチェック法を用いて目視で検査して、ブロー疵及びノロカミを調査した。第４２図は、その調査結果であり、横軸を鋳型銅板温度の最小値（T_{min}）とし、縦軸を鋳片表面の単位面積当たりのブロー疵個数及びノロカミ個数の総数として表示したものである。この場合、横軸の鋳型銅板温度の最小値（T_{min}）は、各鋳片において１０秒毎に測定した幅方向温度分布から、それぞれの測定時期の最小値（T_{min}）を計測し、これらの最小値（T_{min}）を平均した値を代表

値として表示している。第４２図に示すように、温度の最小値（T_{min}）が低くなるにしたがい、ブロー疵及びノロカミが多くなることが分かった。

このように、鋳型幅方向温度分布の最小値（T_{min}）から鋳片表面欠陥の程度が予測でき、用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れの判断が可能となる。因みに第４２図の場合には、閾値を１２０℃として、最小値（T_{min}）が１２０℃以下の場合には「手入れ」とし、１２０℃を越える場合には「無手入れ」とすることができる。

［実施例３］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が１６００～１８００mmの炭素鋼の鋳片を鋳造した。鋳片引抜き速度は１．６～１．８m／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスから５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。この鋳造条件では鋳型銅板温度のパターンは、時間的に揺らぐものの、ほぼパターン２となっていた。

鋳造した鋳片を冷延コイルに圧延し、冷延コイルの表面欠陥を目視で検査した。第４３図は、その調査結果であり、横軸を最大高低温度差とし、縦軸を最大左右温度差として、冷延コイルの１コイル当たりの表面欠陥の発生個数別に表示したものである。この場合、横軸の最大高低温度差及び縦軸の最大左右温度差は、各コイルに対応する鋳片において１０秒毎に測定した幅方向温度分布から、それぞれの測定時期の最大高低温度差及び最大左右温度差を計測し、これらの計測値を平均した値を代表値として表示している。第４３図に示すように、各プロットは右上がりの直線に沿っており、右上のプロットになるほど冷延コイルの欠陥個数が増加していることが分かった。

このように、鋳型幅方向温度分布の最大高低温度差及び最大左右温度差から冷延コイルの表面欠陥の程度が予測でき、冷延コイルの用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れの判断が可能となる。因みに第４３図の場合には、最大高低温度差の閾値を１０℃とし、最大左右温度差の閾値を２℃として、

無手入れ－手入れの境界とすることができる。

［実施例４］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が１８００～２１００mmの炭素鋼の鋳片を鋳造した。鋳片引抜き速度は１．０～１．６m／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスから５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。この鋳造条件では鋳型銅板温度のパターンは、時間的に揺らぐものの、ほぼパターン１となっていた。

鋳造した鋳片表面をカラーチェック法を用いて目視で検査して、ブロー疵及びノロカミを調査した。第４４図は、その調査結果であり、横軸を鋳型銅板温度の平均銅板温度（T_{ave}）とし、縦軸を最大高低温度差として、鋳片の単位面積当たりのブロー疵個数及びノロカミ個数の総数別に表示したものである。この場合、横軸の平均銅板温度（T_{ave}）及び縦軸の最大高低温度差は、各鋳片において１０秒毎に測定した幅方向温度分布から、それぞれの測定時期の平均銅板温度（T_{ave}）及び最大高低温度差を計測し、これらの計測値を平均した値を代表値として表示している。第４４図に示すように、左下のプロットになるほどブロー疵及びノロカミが増加していることが分かった。

このように、鋳型幅方向温度分布の平均銅板温度（T_{ave}）及び最大高低温度差から鋳片の表面欠陥の程度が予測でき、用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れの判断が可能となる。因みに第４４図の場合には、平均銅板温度（T_{ave}）の閾値を１８０℃とし、最大高低温度差の閾値を１５℃として、無手入れ－手入れの境界とすることができる。

［実施例５］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が１６００mmの炭素鋼を５ヒート連々鋳した。鋳片引抜き速度は１．８m／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスか

ら５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。測温素子の数は２５個である。

先ず最初に、浸漬棒をメニスカスに浸漬させて浸漬棒の受ける力から溶鋼流速を測定する方法により、メニスカスにおける溶鋼流速を測定して、鋳型内溶鋼の長周期の流動変動を調査した。その結果、長周期の流動変動は約３０秒であることが分かった。そこで、単位時間を１０秒として鋳型銅板温度の変動量を測定した。第４５図に、時刻ｔ及び時刻ｔの１０秒前における鋳型銅板温度の測定値の例を示す。尚、第４５図において、●印は時刻ｔにおける温度で、○印は時刻ｔの１０秒前の温度である。

第４５図に示すように、この期間では浸漬ノズルを中心として鋳型幅方向左側ではこの１０秒間で鋳型銅板温度が上昇し、逆に右側では鋳型銅板温度が下降した。この場合、この単位時間当たりにおける温度変動量の最大値は、鋳型幅方向右側のＮｏ.６の熱電対による測定値となる。この温度差を単位時間の１０秒で除算した値を、この単位時間当たりにおける温度変動量の最大値とした。

そして、鋳造した鋳片を冷延コイルに圧延し、冷延コイルの表面欠陥を目視で検査した。第４６図は、各コイルに相当する鋳片において１０秒間隔毎に測定した温度変動量の最大値を縦軸とし、横軸を鋳造順の鋳片に対応する３５個の冷延コイルのコイル番号順に表示した図である。尚、第４６図において、鋳造した鋳片の内、ボトム鋳片とトップ鋳片に対応するコイルは除外してあり、コイル番号の小さい方から大きい方に向かう方向が鋳造方向である。

第４６図において斜線を付けたＮｏ.１、Ｎｏ.５、Ｎｏ.８、Ｎｏ.１２、Ｎｏ.２０、Ｎｏ.２１、Ｎｏ.２３、Ｎｏ.３０、及びＮｏ.３１のコイルにおいて表面欠陥が見つかった。これらのコイルでは、鋳片の何処かで温度変動量の最大値が１．０℃／ｓｅｃを越えていた。そして、温度変動量の最大値が１．５℃／ｓｅｃを越えたＮｏ.１、Ｎｏ.２１、Ｎｏ.３０、及びＮｏ.３１コイルでは表面欠陥がコイル当り３個以上発生して歩留り低下の原因となった。

このように、温度変動量の最大値から冷延コイルの表面欠陥の程度が予測でき、冷延コイルの用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れ

の判断が可能となる。因みに第４６図の場合には、閾値を１．０℃／ｓｅｃとして、温度変動量の最大値が１．０℃／ｓｅｃ以下の場合には「無手入れ」とし、１．０℃／ｓｅｃを越える場合には「手入れ」とすることができる。

［実施例６］

第４０図に示すスラブ連続鋳造機を用い、厚みが２５０mmで、幅が１２５０～１９００mmの炭素鋼の鋳片を、その組成がＣａＯ：３３．６ｗｔ％、SiO_2：３９．１ｗｔ％、Al_2O_3：５．０ｗｔ％、Na_2O：３．４ｗｔ％、Ｆ：７．６ｗｔ％、ＭｇＯ：６．９ｗｔ％で、１３００℃における粘度が０．３５Ｐａ・ｓであるモールドパウダーを用いて鋳造した。鋳片引抜き速度は０．７８～１．８２ｍ／ｍｉｎ、溶鋼流出孔内へのＡｒの吹き込み量は１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルは山形の２孔ノズルで、その吐出角度は下向き２５度である。測温素子として熱電対を用い、メニスカスから５０mm下の位置に、浸漬ノズルを中心として左右対称に６５mm間隔で配置した。

鋳造した鋳片を冷延コイルに圧延し、冷延コイルにおいてノロカミが原因と考えられるヘゲ状表面欠陥を目視で検査し、鋳型銅板温度の平均銅板温度（T_{ave}）と対比した。第４７図は、その調査結果であり、鋳片引き抜き速度と平均銅板温度（T_{ave}）との関係を冷延コイルの表面欠陥発生率別に示した図である。この場合、縦軸の平均銅板温度（T_{ave}）は、各鋳片において１０秒毎に測定した幅方向温度分布から、それぞれの測定時期の平均銅板温度（T_{ave}）を計測し、これらの計測値を平均した値を代表値として表示している。

第４７図において、○印はノロカミに起因するヘゲ状欠陥が認められなかったコイルに対応する鋳片の平均銅板温度（T_{ave}）である。この○印を貫く破線は最少自乗法で求めた○印群の平均銅板温度（T_{ave}）の曲線であり、その鋳片引き抜き速度における代表的な鋳型幅方向温度の平均銅板温度（T_{ave}）となる。全ての○印は、この曲線の±２５℃の範囲に分布していた。又、第４７図には２５℃だけ低温側にシフトさせた温度曲線を実線で示している。

一方、ノロカミに起因するヘゲ状欠陥が認められたコイルに対応する鋳片の平均銅板温度（T_{ave}）を△印で第４７図に示した。これらの△印は上述の実線より下

側、即ち、その鋳片引き抜き速度での代表的な平均銅板温度（T_{ave}）よりも２５℃以上低温となっていたことが分かった。

このように、鋳型幅方向温度分布の平均銅板温度（T_{ave}）を監視し、監視された値と、その鋳片引き抜き速度での代表的な平均銅板温度（T_{ave}）とを比較することで鋳片の表面欠陥の程度が予測できる。そして、用途及びグレードによって閾値を設定することで、無手入れ－手入れの判断が可能となる。因みに第４７図の場合には、平均銅板温度（T_{ave}）の差の閾値を２５℃として、無手入れ－手入れの境界とすることができる。

最良の形態４

先ず、鋳型銅板温度の測定値からモールドパウダー層と鋳型銅板との間のエアーギャップ厚みの変動や、モールドパウダー層厚みの変動による雑音を取り除くことについて検討した結果から説明する。

鋳型銅板温度に変動を及ぼす因子として、鋳片引き抜き速度、鋳型用冷却水の温度、鋳型銅板厚み、鋳型内溶鋼温度、凝固シェル表面に沿った溶鋼流速、モールドパウダー層と鋳型銅板との間のエアーギャップ厚み、モールドパウダー層厚み、の７つの因子が存在する。しかし、この７つの因子の中で、鋳片引き抜き速度の影響は、或る瞬間の鋳型幅方向を考える限り一定であり、無視することができる。又、冷却水温度や鋳型銅板厚みは、当該鋳造期間中には大きく変化しないので、これらの影響も無視することができる。当該鋳造中における鋳型内の溶鋼温度の変化は少なく、この影響も無視することができる。モールドパウダー層厚みの影響及びエアーギャップ厚みの影響は大きく、溶鋼流速の評価の際にはこれらの変動分を取り除く必要がある。

実際の鋳型銅板温度には、流速プロファイルの変動、凝固シェル厚みの変動、及びモールドパウダー層厚みの変動が合成された形になっている。仮に、凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動の影響を避けるために、測温素子の鋳型幅方向配設間隔をまばらにして、温度分布の空間的分解能を減じたとしても、たまたま測温素子の配設間隔が凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動の空間変動波長の整数倍に近くなったところでは、鋳型銅板温度は大きく変動して、溶鋼流動状況の推定値に大きな誤差が生じる。

そこで本発明者等は、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動間隔を試験連続鋳造機や実機による鋳片の凝固シェル厚みの変動から調査した。凝固シェル厚みの変動は、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動に大きく影響することが知られている。その結果、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動間隔は数１０mmであることが分かった。

一方、耐火物製棒の一端をメニスカスに浸漬させ、溶鋼流により耐火物製棒が受ける力をロードセルで測定して溶鋼流速を計測する溶鋼流速計により、メニスカス

近傍の鋳型幅方向に沿った溶鋼の流速プロファイルを測定して、鋳型内溶鋼の流速プロファイルの空間変動波長を調査した。この流速プロファイルの測定は、鋳片引抜き速度と鋳片幅との組み合せを水準１～３の３水準に変更して実施した。表５に各水準の鋳造条件を示す。又、水準１～３におけるメニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの測定結果を第４８図～第５０図に示す。尚、第４８図～第５０図において、縦軸のメニスカス溶鋼流速で「正」の値は鋳型短辺側から浸漬ノズル側への流れを表わし、「負」の値はその逆向きの流れを表わしている。

表５

	鋳片厚み (mm)	鋳片幅(mm)	鋳片引抜き速度 (m/min)	Ar 吹込み量 (Nl/min)
水準１	220	1750	2.1	10
水準２	220	1300	1.6	10
水準３	220	2100	1.6	10

第４８図～第５０図に示すように、鋳型幅方向に沿った、メニスカス近傍の溶鋼流速プロファイルの波長、即ち溶鋼流速の高低の波長は、水準１では１７５０mm、水準２では８００mm、水準３では８８０mmとなり、８００～１８００mm程度であることが分かる。

このように、溶鋼流動の空間変化間隔が数１００mmから数１０００mmであるのに対し、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動間隔は数１０mmであることが分かった。そこで、溶鋼流動の空間変化間隔がモールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動間隔に較べて著しく大きいことを利用して、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動分をとり除くこととした。

即ち、測定した鋳型銅板温度の幅方向分布には、数１０mmの抜熱量の変動ピッチと溶鋼流動による数１００mm～数１０００mmの変動ピッチがあり、数１０mmピッチの変動を取り除いた温度分布には、溶鋼流動による鋳型銅板温度の変動分だけが残留することになる。故に、少なくともモールドパウダー層厚みやエアーギャップ厚みによる１００mm以下の細かい変動を取り除き、鋳型全体にわたる大き

な変動を評価したい場合には、１００mm以下の変動波長を除去するようにし、又、最大波長の場合でも鋳型幅の１／２以下の変動波長を除去するように、ローパスフィルター処理を行う。

ここにおいて、溶鋼流動の空間周波数をｆ、溶鋼流動の変動波長をＬとし、この変動波長Ｌ（mm）を用いて溶鋼流動の空間周波数ｆをｆ＝１／Ｌ（mm^{-1}）で定義すると、１００mm以下の変動波長を除去することは、カットオフ空間周波数ｆｃを０．０１未満にすることになる。同様に、鋳型幅をＷ（mm）とすると、鋳型幅Ｗの１／２以下の変動波長を除去することは、カットオフ空間周波数ｆｃを２／Ｗより大きくすることになる。

このように、本発明では、連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に設置された複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し、カットオフ空間周波数ｆｃを２／Ｗより大きく、且つ、０．０１より小さい範囲としてローパスフィルター処理を行うので、モールドパウダー層厚みやエアーギャップ厚みの変動による雑音を取り除くことができる。そして、ローパスフィルター処理された鋳型銅板温度の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定するので、凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動に起因する鋳型銅板温度への変動が除去されて、鋳型内溶鋼の流動状況を精度良く検知することができる。

鋳型の幅は有限であり、ローパスフィルター処理の際の端点における測定温度の落ち込みの影響は無視できない。そのため、両側の鋳型幅の端点でデータを折り返して拡張したデータ系列を用い、これに基づいてローパスフィルター処理を行うことは、有限個のデータを利用する上で非常に有効な方法であり、銅板温度分布の評価精度も向上する。特に浸漬ノズルからの吐出流速が速い場合には、吐出流は鋳型短辺銅板に衝突して上下に分岐し、分岐した上向き流はメニスカスにおいて鋳型短辺側から浸漬ノズル側に向かって流れるように向きを変える。そのため、銅板温度分布の特徴としては、鋳型短辺側で高い温度が観測される。この特徴を正確に捉えるためにも、やはり鋳型幅端点の温度降下を有効に除去する必要がある。

ローパスフィルター処理の例として空間移動平均があり、この方法は簡便であり、鋳型銅板温度の測定値からモールドパウダー層と鋳型銅板との間のエアーギャップ厚みやモールドパウダー層厚みの変動による雑音を取り除く手段として用いること

が好ましい。

空間移動平均とは、鋳型銅板温度の測温点に一方の端から他方の端に向かって一方向にｉ＝１、２、・・・、Ｋ（Ｋは他方の端の測温点）と番号をつけた時、ｉ＝Ｎの測温点の温度Ｔｎについて、空間移動平均後の温度Ｔｎ(ave)を下記の（１４）式により定義するものである。但し、（１４）式においてＬ＝（Ｍ－１）／２であり、平均化個数Ｍは奇数である。

$$T_{n\,(ave)} = (1/M) \times \sum_{m=-L}^{m=L} T_{n+m} \quad \cdots\cdots (14)$$

ところで、任意の連続関数は一般にフーリエ変換の定義により、下記の（１５）式に示す正弦波の集合として表現できる。

$$u(L,h) = (1/L) \times \int_{L}^{h+L} \sin 2\pi f h \cdot dh$$

$$= (1/2\pi fL) \times [(2-2\cos 2\pi fL)^{1/2} \times \sin(2\pi fh+\Phi)] \quad \cdots\cdots (15)$$

但し、 $\Phi = \tan^{-1}[(1-\cos 2\pi fL)/\sin 2\pi fL]$

カットオフ空間周波数ｆｃは利得が１／√２になる周波数であるので、（１５）式を用いてカットオフ空間周波数ｆｃを下記の（１６）式で表すことができる。

$$(1/2\pi fc\ L) \times [(2-2\cos 2\pi fc\ L)^{1/2} = 1/\sqrt{2} \quad \cdots\cdots (16)$$

（１６）式からｆｃ×Ｌ≒０．４４３が得られる。

そして、平均化する点数をＭ、隣合う測温素子との設置間隔をΔｈとすると、（１７）式が導かれる。

$$fc \times L \fallingdotseq 0.443 = fc \times M \times \Delta h \quad \cdots\cdots (17)$$

ここで、Ｍが最小の３の場合に、変動ピッチが１００ｍｍより短い波動を遮断するためには、隣合う測温素子との設置間隔Δｈは下記の（１８）式を満たす必要があり、又、Ｍが最小の３の場合に、変動ピッチが鋳型幅Ｗの１／２より短い波動を遮断するためには、隣合う測温素子との設置間隔Δｈは下記の（１９）式を満たす必要がある。

$$\Delta h = 0.443/[(1/100) \times 3] = 44.3/3 \quad \cdots\cdots (18)$$

$$\Delta h = 0.443/[(2/W) \times 3] = 0.443\,W/6 \quad \cdots\cdots (19)$$

従って、通常の操業では、隣合う測温素子との設置間隔Δｈ（ｍｍ）を下記の（２

0）式の範囲とすれば、目的とする波動を除去することができる。

$$44.3/3 < \Delta h < 0.443\,W/6 \quad \cdots\cdots (20)$$

平均化個数Mは必ずしも3である必要はなく、次のようにして決めることができる。空間移動平均による正弦波状の波の減衰量Rは下記の（21）式で表される。（21）式においてπは円周率、fは正弦波状の波の空間周波数、$\tau = M/fs$であり、fsは測温素子の鋳型幅方向の埋設間隔の空間周波数であり、具体的には、基準となる鋳型幅を測温素子の設置間隔で除算した値で表わされる。

$$R = (1/2\pi f\tau) \times [2 - 2\cos(2\pi f\tau)]^{1/2} \cdots\cdots (21)$$

平均化個数Mを変更して、正弦波状の波のそれぞれの周波数fの減衰量Mを（21）式により算出し、測定しようとする溶鋼流速プロファイルの周波数域の減衰量Rが極力小さくなり、且つ、除去したい凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動に起因する鋳型銅板温度への変動の周波数域が、十分に減衰される平均化個数Mを採用すれば良い。このように、平均化個数Mを適正値として空間移動平均することで、溶鋼流速プロファイルの波長に比べて短波長である凝固シェル厚みやモールドパウダー層厚みの変動を除去することができる。尚、十分な減衰とは、減衰後の値が減衰前の値の1／10程度となる状態であり、減衰量MをdBで表示した場合には、－10dB程度の減衰量Mとなる状態である。

上記説明のように、鋳造中の鋳型銅板温度の変動は、溶鋼流速の変動、モールドパウダー層厚みの変動、及び、エアーギャップ厚みの変動に起因する。上記のローパスフィルター処理は、鋳型銅板温度に及ぼすモールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動による雑音を取り除くものである。従って、鋳型銅板温度の測定値からローパスフィルター処理した値を差し引けば、鋳型幅方向における鋳型銅板温度に及ぼすモールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの影響を求めることができる。

連続鋳造においては、モールドパウダー層厚み及びエアーギャップ厚みの変動により鋳型内の抜熱が鋳型幅方向で不均一になると、鋳型幅方向の凝固シェル厚みが不均一になり、鋳片表面に縦割れが発生して鋳片品質を劣化させるばかりか、凝固シェル厚みが極端に薄くなると、鋳型直下で溶鋼静圧に負けて溶鋼が流出する、所謂ブレークアウトが発生する。

上記に説明したように、鋳型銅板温度の測定値からローパスフィルター処理した値を差し引けば、鋳型幅方向における抜熱の不均一度をオンラインで把握することが可能となり、その把握した結果を鋳造条件にフィードバックすることで、鋳片の品質向上や鋳造の安定性を確保することができる。

次いで、データ収集の採取間隔の適正化について検討した結果を説明する。

鋳型銅板背面に設置した複数の測温素子の温度測定値に基づいて、鋳型銅板温度の分布を捉える場合や、求めた鋳型銅板温度分布から溶鋼流動状況を類推する場合には、通常コンピューターを用いて行われることが一般的である。しかし、コンピューターのデータ処理は、装置の構造上、時間的に連続ではなく離散化されたデータを用いなければならない。

そこで本発明者等は、後述する実施例で使用した連続鋳造機及び鋳型銅板用温度測定装置において、鋳型長辺銅板背面に設置した移動磁場式の磁場発生装置を用いて鋳型内の溶鋼流動を意図的に変化させ、どの程度の時間で溶鋼流動の変化が完了するかを調査して、鋳型内溶鋼の流動状況の変化を漏れなく検知するためには、鋳型銅板に設置した測温素子からデータ収集する時の離散時間間隔はどの程度まで許容されるかを検討した。

調査は次のようにして行った。鋳片厚み：２２０mm、鋳片幅：１８７５mm、鋳片引抜き速度：１．６m／ｍｉｎ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量１３Ｎｌ／ｍｉｎの鋳造条件で、移動磁場式磁場発生装置の磁束密度を０．０３テスラから０．０５テスラにステップ的に増加させ、一定時間経過後、再び０．０３テスラにステップ的に減少させた時の鋳型長辺銅板温度の経時変化を調査した。調査結果を第５１図に示す。第５１図は、鋳型長辺銅板の幅方向中心から右側に７３１．５mm、７９８mm、８６４．５mm、及び左側に８６４．５mm離れた位置における鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す図である。何れの場合も磁束密度を変化させた時の鋳型長辺銅板の温度変化の遷移期間は、約６０秒であることが分かった。

同様の調査を種々の鋳造条件について行い、鋳型長辺銅板の温度変化の遷移期間を求め、ヒストグラムにまとめたものが第５２図である。第５２図から遷移期間は６０秒から１２０秒の間に分布していることが分かった。従って、測温素子による温度測定値を収集する際の離散時間間隔を６０秒以下とすれば、品質に影響を及ぼ

す鋳型内溶鋼流動状況の変化を漏れなく検知することができる。

以上説明したように、本発明では、鋳型銅板に設置された測温素子の温度測定値を収集する際に、６０秒以下の間隔で間歇的に採取し、この間隔で採取した鋳型銅板温度に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定するので、品質に影響を及ぼす鋳型内溶鋼流動状況の変化を漏れなく且つ正確に検知することができる。

以下、本発明を図面に基づき説明する。第５３図は本発明を適用した連続鋳造機鋳型部の正面断面の概略図である。

第５３図に示すように、相対する鋳型長辺銅板３０５と、鋳型長辺銅板３０５内に内装された相対する鋳型短辺銅板３０６とから構成された鋳型３０４の上方に、タンディッシュ３１３が配置されている。タンディッシュ３１３の底部には上ノズル３１８が設けられ、この上ノズル３１８に接続して、固定板３１９、摺動板３２０、及び整流ノズル３２１から成るスライディングノズル３１４が配置され、更に、スライディングノズル３１４の下面側には浸漬ノズル３１５が配置されて、タンディッシュ３１３から鋳型３０４への溶鋼流出孔３２２が形成される。

取鍋（図示せず）からタンディッシュ３１３内に注入された溶鋼３０１は、溶鋼流出孔３２２を経由して、浸漬ノズル３１５の下部に設けられ、且つ鋳型３０４内の溶鋼３０１に浸漬された吐出孔３１６より、吐出流３１７を鋳型短辺銅板３０６に向けて鋳型３０４内に注入される。そして、溶鋼３０１は鋳型３０４内で冷却されて凝固シェル３０２を形成し、鋳型３０４の下方に引き抜かれて鋳片となる。鋳型３０４内のメニスカス３１１上にはモールドパウダー３１２が添加されている。

上ノズル３１８はポーラス煉瓦からなり、溶鋼流出孔３２２の壁面へのアルミナ付着を防止するため、上ノズル３１８と連結されたＡｒ導入管（図示せず）を介して上ノズル３１８から溶鋼流出孔３２２内にＡｒが吹き込まれる。吹き込まれたＡｒは、溶鋼３０１と共に浸漬ノズル３１５を通り、吐出孔３１６を介して鋳型３０４内に流入し、鋳型３０４内の溶鋼３０１を通ってメニスカス３１１に浮上し、メニスカス３１１上のモールドパウダー３１２を貫通して大気に至る。

鋳型長辺銅板３０５の背面の、メニスカス３１１よりも鋳片引抜き方向下方の位置には、鋳片引抜き方向に直交する直線上に、鋳型長辺銅板３０５の幅方向に沿っ

て複数の孔が設けられ、鋳型長辺銅板３０５の銅板温度を測定する測定点３０７となっている。各測定点３０７には測温素子３０３が、その先端を鋳型長辺銅板３０５に接して配置され、鋳片の全幅に対応する鋳型長辺銅板温度の測定を可能としている。鋳型銅板温度をローパスフィルター処理する場合には、隣合う測定点３０７の間隔を４４．３／３＝１４．８mm以上、０．４４３×［鋳型幅（mm）］／６以下の範囲とする必要がある。尚、メニスカス３１１から測定点３０７までの距離は鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲とすることが好ましい。メニスカス３１１から１０mm未満の範囲は鋳造中のメニスカス３１１の変動により鋳型銅板温度が昇降するため、溶鋼流動による鋳型銅板温度の変化を正確に把握することができず、又、メニスカス３１１から１３５mmを越えた下方の位置では、凝固シェル３０２の発達により銅板温度の変化量が少なくなり、測定精度が期待できなくなってくるからである。更に、鋳型長辺銅板３０５の溶鋼側表面から測温素子３０３の先端までの距離は、時々刻々の溶鋼流速の変化を正確に捉えるために、１６mm以下とすることが好ましい。

一方、測温素子３０３の他端は零点補償器３０８に連結されており、測温素子３０３から出力される起電力信号は零点補償器３０８を経由して変換器３０９に入力され、変換器３０９にて起電力信号を電流信号に変換された後、電流信号としてデータ解析装置３１０に入力される。データ解析装置３１０には、ローパスフィルター処理、例えば前述の（２０）式により空間移動平均を算出する機能が設置されている。尚、測温接点となる測温素子３０３の先端が鋳型３０４の冷却水（図示せず）により直接冷却されないように、測定点３０７はシール材（図示せず）により冷却水からシールされている。又、測温素子３０３は、熱電対や抵抗測温体等のうち±１℃以上の精度で測温できるものであれば種類を問わない。

データ解析装置３１０は、変換器３０９から送信される鋳型長辺銅板温度データを６０秒以下の間隔で間歇的に読み取り、読み取った各測定点３０７におけるデータを（２０）式により空間移動平均して、空間移動平均した温度Ｔｎ(ave)の鋳型幅方向分布をモニター（図示せず）に表示し、又は、予め鋳型長辺銅板温度分布から定義した溶鋼流動パターンを表示する。尚、（２０）式における平均化個数Mは、溶鋼流速プロファイルの周波数を考慮して、最適な値を予め入力しておくこととす

る。

本発明では、このようにして鋳型内溶鋼３０１の流動状況を検知するので、凝固シェル厚みやモールドパウダー層厚みの変動の雑音を取り除くことが可能となると共に、データ収集の採取間隔が適正化され、流動変化を精度良く且つ漏れなく検知することが可能となる。又、検知された溶鋼流動パターンから、鋳片引抜き速度、溶鋼流出孔３２２内へのＡｒ吹き込み量等の鋳造条件にフィードバックして溶鋼流動を制御する際には、検知した情報が正確であるので、迅速に且つ適正にフィードバック制御することが可能となる。

尚、上記説明では、測温素子３０３が片側の鋳型長辺銅板３０５の幅方向１列に設置されているが、鋳造方向に複数列設置しても、又、両方の鋳型長辺銅板３０５に設置しても良い。又、鋳型短辺銅板３０６には測温素子３０３が設置されていないが、鋳型短辺銅板３０６に設置することもできる。更に、Ａｒの吹き込み方法は上記に限るものではなく、スライディングノズル３１４や浸漬ノズル３１５から吹き込んでも良い。

［実施例１］

第５３図に示すスラブ連続鋳造機を用いて鋳型内溶鋼の流動検知を実施した実施例を以下に説明する。連続鋳造機は３ｍの垂直部を有する垂直曲げ型であり、最大２１００mmの鋳片を鋳造することができる。表６に用いた連続鋳造機の諸元を示す。

測温素子としてアルメル・クロメル（ＪＩＳ熱電対Ｋ）を用い、鋳型長辺銅板の溶鋼側表面から熱電対先端（測温接点）までの距離を１３mm、相隣り合う熱電対間の間隔を６６．５mm、メニスカスからの距離を５０mmとして、鋳型幅方向長さ２１００mmに渡って熱電対を埋設した。そして、厚み２２０mm、幅１７００mmの鋳片を、鋳片引抜き速度２．１ｍ／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎの鋳造条件で鋳造した。

表6

項目	仕様
連続鋳造機型式	垂直曲げ型
垂直部長さ	3 m
取鍋溶鋼容量	250 ton
タンディッシュ溶鋼容量	80 ton
鋳片厚み	220～300 mm
鋳片幅	675～2100 mm
鋳片引抜き速度	最大3 m/min
浸漬ノズル	下向き25度,吐出孔80 mmφ

第５４図は、この鋳造条件で収集した鋳型長辺銅板温度の生データによる鋳型幅方向の温度分布である。温度分布には、凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動に起因すると考えられる短波長の変動が合成されている。尚、第５４図の横軸は鋳型幅方向の位置であり、中央の「０mm」の位置が鋳型幅方向の中心位置で、浸漬ノズルの位置であり、負符号が鋳型幅方向左側を表わし、正符号が鋳型幅方向右側を表わしている（以降、鋳型幅方向位置を同一の表示法で示す）。

そこで第５４図に示す温度分布に空間移動平均を施すことにした。先ず、平均化個数Ｍを次のようにして決めた。正弦波状の波の空間周波数ｆ及び測温素子の埋設間隔の空間周波数ｆｓを求める際の基準となる鋳型幅を鋳型の最大幅の２１００ｍｍにとり、平均化個数Ｍを３、５、７の３水準に変更して、正弦波状の波の減衰量Ｒを算出した。その結果を第５５図に示す。第５５図に示すように平均化個数Ｍを変更することで、波長が１０００mm以下の正弦波状の波の減衰量Ｒに差が生じてくる。

本実施例では、凝固シェル厚みの変動やモールドパウダー層厚みの変動に起因すると考えられる２００mm程度の波長の正弦波状の波は除去して、溶鋼の流速プロファイルに対応すると考えられる８００～１８００mm程度の波長の正弦波状の波は残留させたい。この観点から第５５図を検討すると、２００mm程度の波長の波の減衰量Ｒが最も大きくなる時の平均化個数Ｍは３であり、平均化個数Ｍは３が適当であると判断された。平均化個数Ｍが５及び７の場合には、溶鋼の流速プロファ

イルも大きく減衰させる可能性があり、不適であることが分かる。そこで平均化個数Mを３とした。

第５６図は、第５４図に示す温度分布に平均化個数Mを３として空間移動平均を施した鋳型長辺銅板幅方向の温度分布である。第５６図に示すように、第５６図においては第５４図で存在した短波長の変動がなくなり、溶鋼の流速プロファイルによる温度変動のみを表示することができた。

［実施例２］

実施例１と同一の連続鋳造機を用い、厚み２５０mm、幅１５００mmの鋳片を、鋳片引抜き速度２．０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎの鋳造条件で鋳造した。本実施例では、測温素子としてアルメル・クロメル（ＪＩＳ熱電対K）を用い、鋳型長辺銅板の溶鋼側表面から熱電対先端（測温接点）までの距離を１３mm、相隣り合う熱電対間の間隔を５０mm、メニスカスからの距離を５０mmとして、鋳型幅方向全面に渡って熱電対を埋設した。

このとき測定した鋳造中の銅板温度分布の生データを第５７図に示す。この生データは、埋め込み間隔の２倍である１００mm波長以上の変動を表している。ローパスフィルターとして、空間移動平均を用いた。第５８図～第６０図に平均化個数M＝３、７、９で処理した温度分布を示す。平均化個数M＝３に対して、遮断される空間周波数ｆｃは０．００３、波長は３４０mmである。平均化個数M＝７に対して、遮断される空間周波数ｆｃは０．００１３、波長は７９０mmである。平均化個数M＝９に対して、遮断される空間周波数ｆｃは０．００１、波長は１０１５mmである。

ローパスフィルター処理を行っていないときには、一見して特徴がつかめないが、M＝３のときは、第５８図に示すように強い吐出流による短辺近傍の強い流れが高い温度として観察され、同時に、Ａｒによる浸漬ノズル近傍の浮上流が、中央付近の高い温度として観察できる。M＝７になると、第５９図に示すように短辺近傍と中央付近の温度が高くなっている特徴を残しているが、ややあいまいになっている。M＝９のときには、第６０図に示すように温度分布はほぼフラットで、全く特徴が分からなくなっている。以上より、フィルターの遮断波長は１００mmから鋳型幅（W）／２（＝７５０mm）の範囲で行うのが良いことが分かった。

［実施例３］

実施例２と同一の連続鋳造機及び同一の鋳造条件において、熱電対埋め込み間隔を５０mm、１００mm、１５０mmとした。ローパスフィルター処理として、空間移動平均を用い、最小の平均化個数M＝３で処理した。前述の第５８図に５０mm間隔で熱電対を埋め込んだ場合の温度分布を示し、又、第６１図に１００mm間隔、第６２図に１５０mm間隔で熱電対を埋め込んだ場合の温度分布を示す。

各埋め込み間隔に対応するM＝３の場合の遮断波長は、間隔５０mm、１００mm、１５０mmに対して、それぞれ、３４０mm、６８０mm、１０１５mmである。第６２図に示すように１５０mm間隔の場合、ローパスフィルター処理を行うとフラットな温度分布になり、温度分布の特徴を把握することができない。これらの結果から、熱電対埋め込み間隔は０．４４３／（３×ｆ）mmで規定され、最大で０．４４３×［鋳型幅（W）］／６mm（１５００mm幅の場合：１１０mm）以内であれば良いことが分かった。

［実施例４］

実施例２と同一の連続鋳造機及び温度測定装置を用いて、実施例２と同一の鋳造条件で鋳造した。鋳型端点でデータを折り返して拡張したデータを使用し、平均化個数M＝７として空間移動平均した場合を第６３図に示し、データを折り返しなかった場合の前述の第５９図と比較した。データを折り返した場合は鋳型端までよく生データの特徴を捉えており、より正確な温度分布の評価が可能になった。

［実施例５］

実施例１と同一の連続鋳造機及び温度測定装置を用い、厚み２２０mm、幅１５５０mmの鋳片を、鋳片引抜き速度２．０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎの鋳造条件で鋳造した。本実施例では、鋳型長辺銅板背面に移動磁場式磁場発生装置を設置して、浸漬ノズルからの吐出流を制動する方向に移動磁場を印加して鋳造した。

鋳造中、測定した鋳型長辺銅板温度を１秒毎にデータ解析装置で収集した。本実施例では、鋳型長辺銅板温度のデータ収集間隔を変更するために、データ解析装置で収集したデータを、更にデータ収集・解析用パソコンに１秒間隔、５秒間隔、１０秒間隔、６０秒間隔、及び２４０秒間隔の５水準の間隔で送信した。データ解析

装置からのデータの送信にはＴＣＰ／ＩＰ手順を用いた。データ収集・解析用パソコンは、ＣＰＵクロック周波数が２００ＭＨｚ、ＲＡＭメモリ容量が１２８ＭＢの汎用品である。

そして鋳造中、鋳込み長が１６５ｍに達した時に、移動磁場式磁場発生装置の磁束密度を０．１２５テスラから０．１４５テスラにステップ的に増加させ、この時の鋳型長辺銅板の温度変化を上記の５水準の収集間隔でモニターして、得られるデータに差があるか否かを確認した。第６４図～第６８図に、データ収集・解析用パソコンでのデータ収集間隔を１秒、５秒、１０秒、６０秒、２４０秒間隔とした時の、鋳型長辺銅板温度の経時変化を示す。

第６４図～第６８図に示すように、最もデータ収集間隔の短い１秒間隔で収集した時の温度変化に対して、データ収集間隔の長い６０秒の場合でも、移動磁場式磁場発生装置の磁束密度変化に伴う鋳型長辺銅板温度の変化をほぼ正確に捉えることができた。ところがデータ収集間隔を２４０秒とした場合には、鋳型長辺銅板温度の温度変化は鈍重になり、正確な温度変化を捉えることができなかった。尚、第６４図～第６８図に示すデータは、鋳型長辺銅板の幅方向中心から右側に６６５ｍｍ離れた測定点における温度測定値である。

［実施例６］

実施例２と同一の連続鋳造機及び温度測定装置を用い、厚み２５０ｍｍ、幅１４００～１８００ｍｍの鋳片を、Ａｒ吹き込み量を１０Ｎｌ／ｍｉｎとし、１．２～１．８ｍ／ｍｉｎの鋳片引き抜き速度で鋳造した。

鋳造中に鋳型内に硫化鉄を添加し、鋳造後の鋳片の切断面における硫黄の分布から、各切断面で３０点の凝固シェル厚みを測定し、その標準偏差（σ）を求めた。

一方、鋳型銅板温度の測定データを平均化個数Ｍ＝３として空間移動平均し、各測定点において、測定値（Ｔｉ）から空間移動平均後の値Ｔｎ(ave)を差し引いた値（Ｄｉ＝Ｔｉ－Ｔｎ(ave)）をオンラインで求めた。そして、下記の（２２）式に示すように、この値（Ｄｉ）の絶対値の鋳型幅方向平均値（Ｄｏ）を鋳型内抜熱の不均一度を表す代表値として求めた。

$$Do=(1/n)\times\sum_{i=1}^{n}|Di| \quad \cdots\cdots (22)$$

求めた鋳型幅方向平均値（D o）と硫黄の分布から求めた凝固シェル厚みの標準偏差（σ）との関係を第６９図に示す。図から明らかなように、両者には非常に良い直線関係があり、鋳型幅方向平均値（D o）は鋳型内における抜熱の不均一度を精度良く評価していることが分かった。抜熱量の不均一度をオンラインで評価すれば、その結果生ずる凝固シェル厚みの不均一度を間接的に予測可能となる。

最良の形態５

本発明では、鋳型内の溶鋼流動状況を、推定用データベースに頼らずにリアルタイムに捉え、この情報に基づいて溶鋼流動状況を適正に制御することを目的とするが、連続鋳造用鋳型内の溶鋼流動状況をリアルタイムで捉えるにはセンサーが必要である。そこで本発明者等はセンサーとして鋳型長辺銅板背面の幅方向に測温素子を複数個設置した。鋳型内の溶鋼流動に応じて鋳型内の溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数は変化し、これに伴い、溶鋼から鋳型長辺銅板を通して鋳型長辺銅板用の冷却水に向かう熱流束の大きさは変化する。従って、鋳型長辺銅板の温度を監視すれば鋳型内の溶鋼流動状況を監視することができる。又、測温素子は溶鋼には直接には接触しないので、耐久性があり鋳型を連続鋳造機に上架している間、常時鋳型内の溶鋼流速を検知することが可能である。

ところで、特開平１０－１０９１４５号公報には、鋳型サイズ、鋳片引抜き速度、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量、及び溶鋼流動制御用の磁場強度の４つの要素を変化させることにより、鋳型内の溶鋼流動パターンはＡ、Ｂ、Ｃの３つのパターンに大別できるとして、これら４つの要素を鋳造条件の対象とし、これら要素からなる複数の鋳造条件において予め鋳型内の溶鋼流動パターンを測定して、この測定結果に基づいて個別の鋳造条件における鋳型内溶鋼の流動パターンを推定し、流動パターンがパターンＢになるように吐出流に印加する磁場強度又は浸漬ノズルへのＡｒ吹き込み量を調整する方法が開示されている。尚、パターンＡとは、浸漬ノズルからの吐出流が鋳型短辺側の凝固シェルに到達した後に上下に分岐するパターンであり、メニスカスでは鋳型短辺から浸漬ノズルに向かう流れとなり、パターンＢとは、浸漬ノズルからの吐出流が鋳型短辺側の凝固シェルに到達せずに、吐出口から鋳型短辺側の凝固シェルまでの間で分散するパターンであり、又、パターンＣとは、浸漬ノズル近傍に上昇流が存在するパターンであり、メニスカスでは浸漬ノズルから鋳型短辺に向かう流れとなり、そして、これらパターン別の製品におけるモールドパウダー性欠陥の発生量から、パターンＢが最も良好であるとしている。

このように、製品の品質、特にモールドパウダーの巻込みによる介在物の製品中への混入を最小にするには、鋳型内溶鋼の流動パターンを上記のパターンＢとする

ことが最も良い。そこで本発明者等は、鋳型内の溶鋼流動状況がパターンＢとなった時のメニスカスにおける溶鋼流速を、後述する実施例に示す連続鋳造機を用いて、鋳片厚み：２２０mm、鋳片幅：１６００mm、鋳片引抜き速度：１．３m／ｍｉｎ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量：１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ：２６０mmの鋳造条件で測定した。溶鋼流速は耐火物製の棒をメニスカスに浸漬して溶鋼流による耐火物製棒の振れ角度から測定する方法（以下、「浸漬棒式メニスカス溶鋼流速計」と記す）で行った。

その結果を第７０図に示す。第７０図に示すように、パターンＢに相当する時のメニスカスでの溶鋼流速分布は、鋳型の幅方向中心に対してほぼ対称であり、且つ鋳型の幅方向で流速の絶対値の差が小さいことが分かった。尚、第７０図で縦軸の正符号の流速は鋳型短辺側から浸漬ノズル側に向かう流れであり、負符号の流速はその反対方向に流れる流れを示しており、横軸は鋳型幅方向の位置であり、中央の「０mm」の位置が鋳型幅方向の中心位置で、浸漬ノズルの位置であり、負符号が鋳型幅方向左側を表わし、正符号が鋳型幅方向右側を表わしている（以降、鋳型幅方向位置を同一の表示法で示す）。

従って、前述した溶鋼流動に対する鋳型銅板温度の対応特性から、この時の鋳型長辺銅板の温度分布は平坦かつ左右対称になると考えられる。実際、パターンＢの時の鋳型長辺銅板の幅方向温度分布は図７１に示す結果が得られた。第７１図に示すように、パターンＢの時の温度分布は鋳型幅左右でほぼ対称で、最大値と最小値との差が小さい平坦な温度分布となった。このようにして、パターンＢにおける温度分布の測定を種々の鋳造条件について行った結果、パターンＢにおける鋳型長辺銅板の温度分布では、最大値と最小値との差が１２℃以下の比較的平坦な温度分布であり、鋳型幅方向左右の対称性の観点では鋳型幅方向中心に対して左右対称位置の銅板温度の差は１０℃以下であることが分かった。

本発明では、鋳型長辺銅板幅方向の温度分布の最大値と最小値との差を１２℃以下とし、好ましくは更に、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における温度差を１０℃以下となるように制御するので、鋳型内溶鋼流動はパターンＢに制御され、製品の品質が向上する。

そして、本発明では溶鋼流動をこのように制御する手段として、磁場発生装置の

磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を調整することとした。

磁場発生装置の発生する磁場が静磁場の場合には、鋳型内の溶鋼流はローレンツ力によって制動力を受け、又、磁場発生装置が発生する磁場が移動磁場の場合には、磁場の移動方向に鋳型内溶鋼が駆動され、これによって励起された溶鋼流れによって鋳型内の溶鋼流動が制御される。このような磁場発生装置は供給電力を瞬時に変化させることで磁場強度を瞬時に変化させることができる。従って、測温素子で測定した時々刻々の鋳型内溶鋼流動の変化に対応して、溶鋼流動の制御を行うことができる。又、磁場発生装置は溶鋼に直接触れることはなく、操業上の耐久性は良く、従って、鋳型を連続鋳造機に上架している間常時必要に応じて磁場を溶鋼に印加することができる。

鋳片引抜き速度を調節すれば、浸漬ノズルからの吐出流の速度を調節することができるので、鋳型内の溶鋼流動を制御することができる。又、浸漬ノズルの浸漬深さを調節すると、吐出流が短辺側の凝固シェルに衝突する位置が上下する。これはその衝突位置からメニスカスまでの距離を調節することになり、短辺側凝固シェルに衝突後、上方に向かって分岐した溶鋼流がメニスカスに到達するまでの減衰の度合いを調節することができるので、鋳型内の溶鋼流動を制御することができる。又、浸漬ノズルに吹き込むＡｒは浸漬ノズルから出た時に浸漬ノズル付近に浮上し、その際に溶鋼の上昇流も誘起する。従って、Ａｒの吹き込み量を調節することにより鋳型内の溶鋼流動を調節することができる。尚、本発明において浸漬ノズルの浸漬深さとは、浸漬ノズルの吐出孔上端からメニスカスまでの距離を表わす。

以上説明したように鋳型長辺銅板の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動を制御することができるが、測温素子で測定した鋳型長辺銅板の温度は、銅板の厚み、鋳型用冷却水の温度や流量等の要因によっても変化する。従って、これらの要因も含めて、伝熱計算モデルを用いて鋳型銅板温度から鋳型内の溶鋼流速を求めることにより、溶鋼流速以外の鋳型銅板温度の変化要因を排除した上で、鋳型内の溶鋼流動制御を行うことができる。測温素子により測定した鋳型長辺銅板温度から鋳型内溶鋼流速を換算する方法は、以下のようにして行うこととする。

第７２図は、鋳型内溶鋼から鋳型長辺銅板を経て、鋳型長辺銅板用の冷却水へ熱

伝導が生じる過程の、溶鋼から冷却水までの温度分布を模式的に表わした図である。第７２図に示すように、溶鋼４０１から鋳型長辺銅板用の冷却水４０５までの間には、凝固シェル４０２、モールドパウダー層４０３、及び鋳型長辺銅板４０４の各熱伝導体が存在しており、そして、測温素子４０６が鋳型長辺銅板４０４に埋設され、鋳型長辺銅板４０４内の温度を測定している。尚、図中、T_0 は溶鋼４０１の温度、T_L は凝固シェル４０２の溶鋼４０１との界面温度、T_S は凝固シェル４０２とモールドパウダー層４０３との境界温度、T_P はモールドパウダー層４０３の鋳型長辺銅板４０４側の表面温度、T_{mH} は鋳型長辺銅板４０４のモールドパウダー層４０３側の表面温度、T_{mL} は鋳型長辺銅板４０４の冷却水４０５側の表面温度、T_W は冷却水４０５の温度である。

この場合、溶鋼４０１から冷却水４０５までの熱伝導体の熱抵抗を合成した総括熱抵抗は（２３）式で表わされる。但し（２３）式において、R：総括熱抵抗、α：溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数、λ_S ：凝固シェルの熱伝導率、λ_P ：モールドパウダー層の熱伝導率、λ_m ：鋳型長辺銅板の熱伝導率、h_m ：モールドパウダー層と鋳型長辺銅板との間の熱伝達係数、h_W ：鋳型長辺銅板と冷却水との間の熱伝達係数、d_S ：凝固シェル厚み、d_P ：モールドパウダー層厚み、d_m ：鋳型長辺銅板厚みである。

$$R=(1/\alpha)+(d_S/\lambda_S)+(d_P/\lambda_P)+(1/h_m)+(d_m/\lambda_m)+(1/h_W) \quad \cdots (23)$$

ここで鋳型長辺銅板厚み（d_m）、鋳型長辺銅板の熱伝導率（λ_m）は設備によって一定に決まる値である。又、凝固シェルの熱伝導率（λ_S）は鋼種が決まれば一定に決まる値である。又、モールドパウダー層厚み（d_P）はモールドパウダーの種類と、鋳型振動の振幅、周波数、及び振動波形と、鋳片引抜き速度とが決まれば一定に決まる数値である。又、モールドパウダー層の熱伝導率（λ_P）はモールドパウダーの種類によらず、ほぼ一定であることが知られている。又、鋳型長辺銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_W）は冷却水４０５の流量、鋳型長辺銅板４０４の表面粗度が決まれば一定に決まる数値である。又、モールドパウダー層と鋳型長辺銅板との間の熱伝達係数（h_m）もモールドパウダーの種類が決まればほぼ一定の値に決まる。

しかし、溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数（α）は、凝固シェル４０２

の表面に沿った溶鋼流速によって変化する値であり、この対流熱伝達係数（α）は（２４）式の平板近似の式で表わすことができる。但し（２４）式において、Ｎｕ：ヌッセルト数、λ_1：溶鋼の熱伝導率、X_1：伝熱代表長さである。

$$\alpha = Nu \times \lambda_1 / X_1 \quad \cdots (24)$$

ここで、ヌッセルト数（Ｎｕ）は、溶鋼流速の速度範囲別に（２５）式及び（２６）式で表わされる。但し（２５）式及び（２６）式において、Ｐｒ：プランドル数、Ｒｅ：レイノズル数、Ｕ：溶鋼流速、U_0：溶鋼の層流と乱流との遷移速度である。

$$Nu = 0.664 \times Pr^{1/3} \times Re^{4/5} \quad (U < U_0) \cdots (25)$$

$$Nu = 0.036 \times Pr^{1/3} \times Re^{1/2} \quad (U \geqq U_0) \cdots (26)$$

又、プランドル数（Ｐｒ）及びレイノズル数（Ｒｅ）は、それぞれ（２７）式及び（２８）式で表わされる。但し（２８）式において、X_2：溶鋼流代表長さ、ν：溶鋼の動粘性係数である。

$$Pr = 0.1715 \quad \cdots (27)$$

$$Re = U \times X_2 / \nu \quad \cdots (28)$$

一方、溶鋼４０１から冷却水４０５への熱流束は（２９）式で表わすことができる。但し（２９）式において、Ｑ：溶鋼から冷却水への熱流束、T_0：溶鋼温度、T_w：冷却水温度である。

$$Q = (T_0 - T_w) / R \quad \cdots (29)$$

又、鋳型長辺銅板４０４の冷却水４０５側の表面温度は（３０）式で表わすことができる。但し（３０）式において、T_{mL}：鋳型長辺銅板の冷却水側表面温度である。

$$T_{mL} = T_w + Q / h_w \quad \cdots (30)$$

更に、測温素子４０６にて測定される鋳型長辺銅板温度は（３１）式で表わすことができる。但し（３１）式において、Ｔ：測温素子にて測定される鋳型長辺銅板温度、ｄ：鋳型長辺銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離である。

$$T = T_{mL} + Q \times (d_m - d) / \lambda_m \quad \cdots (31)$$

そして、（３０）式を（３１）式に代入することで、鋳型長辺銅板温度（Ｔ）は（３２）式で表わされる。

$$T = Tw + Q / h_w + Q \times (d_m - d) / \lambda_m \quad \cdots (32)$$

従って、鋳型長辺銅板温度（T）から溶鋼流速（U）を求める手順は以下のようになる。先ず、測温素子による鋳型長辺銅板温度（T）の測定値を、（３２）式に代入して熱流束（Q）を求める。（３２）式では熱流束（Q）以外の右辺の変数は全て既知であるので、熱流束（Q）を逆算することができる。次に、熱流束（Q）を（２９）式に代入して、総括熱抵抗（R）を求める。ここでも総括熱抵抗（R）以外の右辺の変数は全て既知であるので、総括熱抵抗（R）を逆算することができる。そして、総括熱抵抗（R）を（２３）式に代入して対流熱伝達係数（α）を求める。ここでも対流熱伝達係数（α）以外の右辺の変数は全て既知であるので、対流熱伝達係数（α）を逆算することができる。求めた対流熱伝達係数（α）を（２４）式に代入してヌッセルト数（Ｎｕ）を求め、このヌッセルト数（Ｎｕ）を（２５）式又は（２６）式に代入してレイノズル数（Ｒｅ）を求める。そして最後に求めたレイノズル数（Ｒｅ）を（２８）式に代入して溶鋼流速（U）を求める。このように、本発明では、溶鋼流速（U）に起因する溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数（α）の変化によって生じる鋳型長辺銅板温度（T）の変化を捉えて、凝固界面に沿った溶鋼流速（U）を推定する。

第７３図は、以上の原理によって溶鋼流速と鋳型長辺銅板温度との関係を求めた一例である。第７３図に示すように、鋳型長辺銅板温度が同一であっても鋳片引抜き速度により溶鋼流速は大幅に異なっており、鋳型長辺銅板温度から溶鋼流速を推定することが可能であることが分かる。尚、第７３図は表７に示す変数に基づき、鋳型長辺銅板温度から溶鋼流速を算出したもので、表７は、鋳片引抜き速度が２．０ｍ／ｍｉｎ及び１．３ｍ／ｍｉｎの鋳造条件における各変数の一例を示したものである。又、溶鋼の層流と乱流との遷移速度（U_0）は０．１ｍ／ｓｅｃとして算出し、表７及び第７３図中のＶｃは鋳片引抜き速度である。

表7

	変数	数値
1	凝固シェルの熱伝導率（λ_S）	20 W/m·K
2	モールドパウダー層の熱伝導率（λ_P）	1.5 W/m·K
3	鋳型銅板の熱伝導率（λ_m）	300 W/m·K
4	モールドパウダー層と鋳型銅板との間の熱伝達係数（h_m）	2500 W/m²·K
5	鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_w）	28750 W/m²·K
6	鋳型銅板厚み（d_m）	0.04 m
7	鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子までの距離（d）	0.013 m
8	冷却水温度（Tw）	25℃
9	凝固シェル厚み（d_S）	0.00348 m(Vc=2.0m/min) 0.00432 m(Vc=1.3m/min)
10	モールドパウダー層厚み（d_P）	0.0006 m
11	溶鋼温度（To）	1545℃
12	溶鋼の熱伝導率（λ_1）	33.44 W/m·K
13	伝熱代表長さ（X_1）	0.23 m
14	溶鋼流代表長さ（X_2）	0.23 m
15	溶鋼の動粘性係数（ν）	1×10^{-6} m²/sec

以上説明したように、鋳型長辺銅板温度から鋳型内の溶鋼流速を求めることができる。そこで本発明者等はこの原理を確かめるために、上述した連続鋳造機を用いて測温素子を鋳型長辺銅板の幅方向に沿って複数個配設し、各測温素子の温度に基づき鋳型内の溶鋼流速及び鋳型幅方向の流速分布を推定する試験を行った。測温素子としてはアルメル・クロメル熱電対（ＪＩＳ熱電対K）を用い、熱電対の測温接点は、メニスカスから５０mm下で、鋳型長辺銅板の溶鋼側表面から熱電対先端までの距離（d）を１３mmとし、相隣り合う熱電対間の間隔を６６．５mmとした。この熱電対列は鋳型長辺銅板の幅方向長さ２１００mmをカバーしている。各熱電対の起電力は補償導線を介して、零点補償器に接続され、その後、起電力を電流アナログ出力（４～２０mA）に変換して、データ収集・解析用パソコンに入力した。

鋳型長辺銅板温度の測定結果を第７４図及び第７５図に示す。尚、第７４図は、鋳片厚み：２２０mm、鋳片幅：１６５０mm、鋳片引抜き速度：１．８５m／ｍｉｎ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量：１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ：２６０mmの鋳造条件（鋳造条件１）で測定した結果で、第７５図は、鋳片厚み：２２０mm、鋳片幅：１７５０mm、鋳片引抜き速度：１．７５m／ｍｉｎ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量：１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ：２６０mmの鋳造条件（鋳造条件２）で測定した結果である。第７４図及び第７５図共に鋳型幅方向の両裾の温度が大きく降下しているが、これらは温度の大きく降下している付近に鋳型短辺があるためである。

第７６図及び第７７図は、上述した換算方法により、第７４図及び第７５図に示す鋳型長辺銅板温度から溶鋼流速を求めたものである。又、第７６図及び第７７図中の●印のプロットは、それぞれの鋳造条件で、浸漬棒式メニスカス溶鋼流速計を用いてメニスカス近傍の溶鋼流速を測定した結果である。第７６図及び第７７図に示すように、鋳型長辺銅板温度から推定した溶鋼流速と、浸漬棒式メニスカス溶鋼流速計で測定した溶鋼流速とは、良く一致することが分かった。尚、表７の変数の内、凝固シェル厚み（d_s）は、鋳造条件１では０．００３６２m、鋳造条件２では０．００３７２mとした。

この方法によれば、鋳型長辺銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離（ｄ）を適切にとることにより、測温素子の出力変化の時定数は、時々刻々の溶鋼流速の変化を捉えるに十分なものとすることができる。

この換算方法によると、鋳型内溶鋼の流動パターンがパターンＢの時には、流速の最大値と最小値との差は０．２５m／ｓｅｃ以下の比較的平坦な速度分布であり、又、鋳型幅方向左右の対称性の観点では鋳型幅方向中心に対して左右対称位置の流速の差は０．２０m／ｓｅｃ以下であることが分かった。尚、本発明の速度差とは、溶鋼の流れる方向には関わらず流速の絶対値の差を表わす。

本発明では、鋳型長辺銅板幅方向の溶鋼流速分布の最大値と最小値との差を０．２５m／ｓｅｃ以下とし、好ましくは更に、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における溶鋼流速差を０．２０m／ｓｅｃ以下となるように制御するので、鋳型内溶鋼流動はパターンＢに制御され、製品の品質が向上する。

尚、鋳型短辺銅板に近い部分の測定温度は鋳型短辺銅板からの冷却効果も加わり、測定温度が低目になるので、本発明では、鋳型短辺銅板の溶鋼側表面位置から鋳型幅方向中心に向かって１５０ｍｍまでの間の鋳型長辺銅板温度は監視対象としないこととする。

以下、本発明を図面に基づき説明する。第７８図は本発明の１つの実施の形態を示す連続鋳造機の正面断面の概略図、第７９図はその側面断面の概略図である。

第７８図及び第７９図において、相対する鋳型長辺銅板４０４と、鋳型長辺銅板４０４内に内装された相対する鋳型短辺銅板４０８とから構成された鋳型４０７の上方所定位置に、タンディッシュカー（図示せず）に積載されたタンディッシュ４２３が配置されている。タンディッシュ４２３は、タンディッシュカーに設置された昇降装置（図示せず）により上下移動されて、所定位置で保持されるようになっている。この昇降装置は昇降制御装置４１９により制御される。

鋳型長辺銅板４０４の背面上部及び背面下部には長辺水箱４０９が設置されており、背面下部の長辺水箱４０９から供給された冷却水４０５は水路４１０を通って鋳型長辺銅板４０４を冷却し、上部の長辺水箱４０９へ排出される。鋳型長辺銅板４０４の前面側表面から水路４１０までの厚み、即ち鋳型長辺銅板厚みはd_mである。図示はしないが鋳型短辺銅板４０８も同様にして冷却される。

鋳型長辺銅板４０４の背面には、磁場発生装置４１１が設置されている。磁場発生装置４１１の発生する磁場は静磁場であっても、又、移動磁場であってもどちらでも良い。磁場発生装置４１１の磁場強度は磁場強度制御装置４１７により制御される。尚、鋳型４０７内の溶鋼流動の制御を容易とするために、磁場発生装置４１１から発生される磁場強度を、浸漬ノズル４２５を境として鋳型幅方向左右で別々に調整できるようにすることが好ましい。

タンディッシュ４２３の底部には上ノズル４２８が設けられ、この上ノズル４２８に接続して、固定板４２９、摺動板４３０、及び整流ノズル４３１から成るスライディングノズル４２４が配置され、更に、スライディングノズル４２４の下面側には浸漬ノズル４２５が配置されて、タンディッシュ４２３から鋳型４０７への溶鋼流出孔４３２が形成される。

図示せぬ取鍋からタンディッシュ４２３内に注入された溶鋼４０１は、溶鋼流出孔４３２を経由して、浸漬ノズル４２５の下部に設けられ、且つ鋳型４０７内の溶鋼４０１に浸漬された吐出孔４２６より、吐出流４２７を鋳型短辺銅板４０８に向けて鋳型４０７内に注入される。そして、溶鋼４０１は鋳型４０７内で冷却されて凝固シェル４０２を形成し、引抜きロール４１２により鋳型４０７の下方に引き抜かれ鋳片となる。その際、鋳型４０７内のメニスカス４２１上にはモールドパウダー４２２が添加され、モールドパウダー４２２は溶融して、凝固シェル４０２と鋳型４０７との間に流れ込みモールドパウダー層４０３を形成する。引抜きロール４１２は鋳片引抜き速度制御装置４１８により制御される。

上ノズル４２８はポーラス煉瓦からなり、溶鋼流出孔４３２の壁面へのアルミナ付着を防止するために、上ノズル４２８と連結されたＡｒ導入管（図示せず）とＡｒ導入管に設置されたＡｒ流量調整弁（図示せず）とからなるＡｒ供給装置を介して、上ノズル４２８から溶鋼流出孔４３２内にＡｒが吹き込まれる。吹き込まれたＡｒは、溶鋼４０１と共に浸漬ノズル４２５を通り、吐出孔４２６を介して鋳型４０７内に流入し、鋳型４０７内の溶鋼４０１を通ってメニスカス４２１に浮上し、メニスカス４２１上のモールドパウダー４２２を貫通して大気に至る。Ａｒ供給装置はＡｒ吹き込み量制御装置４２０により制御される。

鋳型長辺銅板４０４の背面には、鋳型長辺銅板４０４の幅方向に沿って複数の孔が設けられ、鋳型長辺銅板４０４の銅板温度を測定する測定点４１３となっている。各測定点４１３には測温素子４０６が、鋳型長辺銅板４０４の溶鋼側表面から測温素子４０６の先端までの距離をｄとして、その先端を鋳型長辺銅板４０４に接して配置されている。その際、時々刻々の溶鋼流速の変化を正確に捉えるために、距離（ｄ）は１６mm以下とすることが好ましい。又、鋳造中のメニスカス４２１の上下動による温度変動の影響を受けないために、メニスカス４２１から測定点４１３までの距離は１０mm以上とすることが好ましい。更に、鋳型幅方向の温度分布を正確に把握するために、隣合う測定点４１３の間隔は２００mm以下とすることが好ましい。

一方、測温素子４０６の他端は零点補償器４１４に連結されており、測温素子４０６から出力される起電力信号は零点補償器４１４を経由して変換器４１５に入力

され、変換器４１５にて起電力信号を電流信号に変換された後、電流信号としてデータ解析装置４１６に入力される。データ解析装置４１６には、鋳型長辺銅板温度から溶鋼流速を算出する機能が設置されている。データ解析装置４１６の出力は磁場強度制御装置４１７、鋳片引抜き速度制御装置４１８、昇降制御装置４１９、及びＡｒ吹き込み量制御装置４２０に送信される。尚、測温接点となる測温素子４０６の先端が冷却水４０５により直接冷却されないように、測定点４１３はシール材（図示せず）により冷却水４０５からシールされている。又、測温素子４０６は、熱電対や抵抗測温体等のうち±１℃以上の精度で測温できるものであれば種類を問わない。

このような構成の連続鋳造設備において、以下のようにして鋳型内溶鋼の流動を制御する。データ解析装置４１６では、鋳型長辺銅板温度の鋳型幅方向の温度分布から時々刻々の温度の最大値及び最小値を捉えると共に、浸漬ノズル４２５を中心として鋳型長辺銅板４の幅方向左右の対称位置における温度差を捉える。そして、捉えた最大値と最小値との差が１２℃以下となるように、好ましくは、更に、鋳型長辺銅板４０４の幅方向左右の対称位置における温度差が１０℃以下となるように、磁場強度制御装置４１７、鋳片引抜き速度制御装置４１８、昇降制御装置４１９、Ａｒ吹き込み量制御装置４２０のうちの何れか１つ又は２つ以上に制御信号を送信する。制御信号を受けた各制御装置は制御信号に沿って、磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズル４２５の浸漬深さ、及びＡｒ吹き込み量を変化させて、溶鋼流動を制御する。

又、データ解析装置４１６では、前述の（２３）式から（３２）式に基づき、鋳型長辺銅板温度、鋳型長辺銅板厚み（d_m）、上記の距離（ｄ）、溶鋼温度、冷却水温度等のデータを用いて、各測定点４１３における溶鋼流速を推定する。そして、鋳型長辺銅板４０４の幅方向の溶鋼流速分布を捉え、捉えた溶鋼流速分布の最大値と最小値との差が０．２５ｍ／ｓｅｃ以下となるように、好ましくは、更に、浸漬ノズル２５を中心として鋳型長辺銅板４０４の幅方向左右の対称位置における溶鋼流速の差が０．２０ｍ／ｓｅｃ以下となるように、磁場強度制御装置４１７、鋳片引抜き速度制御装置４１８、昇降制御装置４１９、Ａｒ吹き込み量制御装置４２０のうちの何れか１つ又は２つ以上に制御信号を送信する。制御信号を受けた各制御

装置は制御信号に沿って、磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズル４２５の浸漬深さ、及びＡｒ吹き込み量を変化させて、溶鋼流動を制御する。

尚、磁場発生装置４１１を用いて制御する場合、本発明者等の経験では、鋳型４０７内の溶鋼流動が定常状態になるまでに３０秒を要するので、少なくとも３０秒以上の間隔を隔てて磁場強度を変更することが好ましい。

尚、表7に示す、（２３）式から（３２）式を構成する１５個の変数のうち鋳造条件により変化し、且つ、鋳造中に直接測定できない変数として①凝固シェル厚み（d_S）、②モールドパウダー層厚み（d_P）、③鋳型銅板と冷却水との間の熱伝達係数（h_W）の３つの変数があるが、これらの３つの変数については、実機試験又は模擬試験により鋳造条件変更に伴う数値の変化を予め調査しておき、鋳型銅板温度測定時の鋳造条件に対応する数値に基づいて溶鋼流速を算出すれば良い。その他の１２の変数は、設備条件及び物性値により定めることができる。

このようにして鋳型内の溶鋼流動を制御することで、鋳型内の溶鋼流動はオンラインで且つリアルタイムに適切な流動パターンに制御され、清浄性に極めて優れた鋳片を安定して製造することが可能となる。

尚、上記説明では、測温素子４０６が鋳型長辺銅板４０４の幅方向１列に設置されているが、鋳造方向に複数列設置することもできる。又、上記説明は鋳型長辺銅板４０４の片側だけに測温素子４０６を設置しているが、両方の鋳型長辺銅板４０４に設置しても良い。更に、溶鋼流出孔４３２内へのＡｒ吹き込み位置は、上ノズル４２８に限るものではなく、固定板４２９や浸漬ノズル４２５としても良い。

［実施例１］

第７８図に示すスラブ連続鋳造機を用いて鋳型内の溶鋼流動制御を実施した実施例を以下に説明する。連続鋳造機は３ｍの垂直部を有する垂直曲げ型であり、最大２１００ｍｍの鋳片を鋳造することができる。表８に用いた連続鋳造機の諸元を示す。

表８

項目	仕様
連続鋳造機型式	垂直曲げ型
垂直部長さ	3 m
取鍋溶鋼容量	250 ton
タンディッシュ溶鋼容量	80 ton
鋳片厚み	220～300 mm
鋳片幅	675～2100 mm
鋳片引抜き速度	最大3 m/min
浸漬ノズル	下向き25度,吐出孔80 mmφ

長辺鋳型銅板厚み（d_m）は４０mmであり、測温素子としてアルメル・クロメル（ＪＩＳ熱電対K）を用い、鋳型銅板の溶鋼側表面から熱電対先端（測温接点）までの距離（ｄ）を１３mm、相隣り合う熱電対間の間隔を６６．５mm、メニスカスからの距離を５０mmとして、鋳型幅方向長さ２１００mmに渡って熱電対を埋設した。そして、厚み２２０mm、幅１８７５mmの鋳片を、鋳片引抜き速度１．６０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ２６０mmの条件で、吐出流を制動する方向に磁場発生装置にて移動磁場を印加して鋳造した。磁場発生装置の諸元を表９に示す。

表９

項目	仕様
磁場形式	移動磁場
容量	2000 kVA
電圧	430 V（最大）
電流	2700 A（最大）
周波数	2.6 Hz（最大）
磁束密度	0.21 テスラ（最大）

当初、磁場発生装置の磁束密度を０．０３テスラとして鋳造し、その時の鋳型長辺銅板温度の温度分布として第８０図が得られた。この温度分布では、鋳型短辺銅板近傍の温度が高く、従って、メニスカスでは鋳型短辺銅板近傍の溶鋼流速が速いと推定された。この場合、対応する鋳型内溶鋼流動状況は第８１図と推定された。この流動パターンは特開平１０－１０９１４５号公報のパターンＡに相当する。

そこで、磁場発生装置への供給電力を増加し、磁束密度を０．０５テスラとしたところ、鋳型長辺銅板の温度分布は第８２図に示す温度分布となった。この温度分布では最大値と最小値との差は８℃であり、鋳型幅方向左右対称位置の温度差も１０℃以下となった。従って、メニスカスにおける溶鋼流速は鋳型幅方向でほぼ均一と推定され、この場合、対応する鋳型内溶鋼流動状況は第８３図と推定された。この流動パターンは特開平１０－１０９１４５号公報のパターンＢに相当する。

次に、磁場発生装置への供給電力をさらに増し、磁束密度を０．０７テスラとしたところ、鋳型長辺銅板の温度分布は第８４図に示す温度分布となった。この温度分布では浸漬ノズル近傍の温度が高く、従って、メニスカスでの溶鋼流速は浸漬ノズル付近で最も速いと推定され、この場合、対応する鋳型内溶鋼流動状況は第８５図と推定された。この流動パターンは特開平１０－１０９１４５号公報のパターンＣに相当する。

このように、磁場発生装置の磁場強度を制御することで、鋳型内溶鋼流動状況を適切な流動パターンに制御することができることが分かった。尚、第８１図、第８３図、第８５図において、白抜きの矢印は移動磁場の移動方向を表わしている。

［実施例２］

実施例１と同一の連続鋳造機と温度計測装置とを用い、厚み２２０mm、幅１６００mmの鋳片を、鋳片引抜き速度１．３０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ２６０mmの条件で、吐出流を制動する方向に磁場発生装置にて移動磁場を印加して鋳造した。

当初、磁場発生装置の磁束密度を０．１３テスラとしたところ、鋳型長辺銅板温度の温度分布は第８６図に示す温度分布となった。この温度分布ではスラブ幅方向中央より右側の温度が左側よりも高く、従って、メニスカスでは右側の溶鋼流速が左側の溶鋼流速よりも速いことが推定された。つまり鋳型幅方向の左右で偏流があ

るということである。そこで磁場発生装置の磁束密度を０．１７テスラに増したところ、第８７図に示す温度分布となった。この温度分布では最大値と最小値との差は9℃であり、左右対称位置における温度差も１０℃以下となり、メニスカス流速もほぼ鋳型幅左右の両側で等しくなったと推定された。この状態で、浸漬棒型溶鋼流速計を用いてメニスカスの溶鋼流速を測定して、鋳型内溶鋼流動パターンはパターンＢであることを確認した。

［実施例３］

実施例１と同一の連続鋳造機と温度計測装置とを用い、厚み２２０mm、幅１６００mmの鋳片を、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ２６０mmの条件で鋳造した。この実施例では磁場発生装置は使用せずに鋳造した。

当初、鋳片引抜き速度を１．６０ｍ／ｍｉｎで鋳造したところ、鋳型長辺銅板温度の温度分布は第８８図に示す温度分布となった。この温度分布では鋳型短辺銅板近傍と浸漬ノズル近傍に極大値を持つ温度分布となった。この温度分布からメニスカスでは、鋳型短辺銅板近傍及び浸漬ノズル周辺の溶鋼流速が速いと推定された。つまり、鋳型短辺銅板近傍の溶鋼流は、浸漬ノズルからの吐出流が短辺凝固シェルに衝突して上下に分岐したあと発生する上昇流に起因する流れであり、又、浸漬ノズル近傍の溶鋼流は、浸漬ノズル内に吹き込まれたＡｒが浸漬ノズルの吐出口の近傍で浮上する時に誘起する溶鋼の上昇流に起因した流れである。これら両者の溶鋼流が出会う位置すなわち鋳型の鋳型短辺銅板と浸漬ノズルの中間点では、両者の流れが相殺して溶鋼流速は小さくなっていると考えられ、実際測定された温度分布には極小値があった。

そこで、鋳片引抜き速度を減速し、１．３０ｍ／ｍｉｎとしたところ、第８９図に示す温度分布となった。この温度分布では最大値と最小値との差は１２℃であり、左右対称位置における温度差も１０℃以下となり、メニスカス流速もほぼ鋳型幅左右の両側で等しくなったと推定された。この状態で、浸漬棒型溶鋼流速計を用いてメニスカスの溶鋼流速を測定して、鋳型内溶鋼流動パターンはパターンＢであることを確認した。これは、鋳片引抜き速度を減じたために吐出流が遅くなり、吐出流が鋳型短辺側の凝固シェルに到達せず、吐出口から短辺凝固シェルまでの間で分散したためと考えられる。

［実施例４］

実施例１と同一の連続鋳造機と温度計測装置とを用い、厚み２２０mm、幅１０００mmの鋳片を、鋳片引抜き速度１．５０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎの条件で、吐出流を制動する方向に磁場発生装置にて移動磁場を印加して鋳造した。

当初、磁場発生装置の磁束密度を０．０３テスラとし、浸漬ノズルの浸漬深さを１８０mmとして鋳造したところ、鋳型長辺銅板温度の温度分布は第９０図に示す温度分布となった。この温度分布では浸漬ノズル近傍に極大値を持つ温度分布となった。この温度分布からメニスカスでは、浸漬ノズル周辺の溶鋼流速が速いと推定された。つまり、浸漬ノズル内に吹き込まれたＡｒが浸漬ノズルの吐出口の近傍で浮上する時に誘起する溶鋼の上昇流に起因した流れが主体となった溶鋼流動であることが分かった。

そこで、磁束密度を０．０３テスラに保持したまま、浸漬ノズルの浸漬深さを２３０mmに増したところ、第９１図に示す温度分布となった。この温度分布では最大値と最小値との差は９℃であり、左右対称位置における温度差も１０℃以下となり、メニスカス流速もほぼ鋳型幅中央の両側で等しくなったと推定された。この状態で、浸漬棒型溶鋼流速計を用いてメニスカスの溶鋼流速を測定して、鋳型内溶鋼流動パターンはパターンＢであることを確認した。これは、浸漬ノズルの浸漬深さを増したために浸漬ノズル近傍の上昇流が浸漬ノズルから離れた位置に上昇するようになり、実質的に浸漬ノズル近傍の上昇流速が減じられたためと考えられる。

［実施例５］

実施例１と同一の連続鋳造機及び温度計測装置を用い、厚み２２０mm、幅１６００mmの鋳片を、鋳片引き抜き速度２．０m／ｍｉｎ、Ａｒ吹き込み量１０Ｎｌ／ｍｉｎ、浸漬ノズルの浸漬深さ２２０mmの条件で、磁場発生装置にて吐出流を制動する方向に移動磁場を印加して鋳造した。磁場発生装置は、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で個別に印加磁場の強度を調整することが可能になっている。

当初、磁場発生装置の磁束密度を左右共に０．０６テスラとしたところ、鋳型長辺銅板温度の温度分布は第９２図に示す温度分布となった。この温度分布では鋳型幅方向中央を境として右側の温度分布が左側よりも高く、従って、メニスカスでは

右側の溶鋼流速が左側の溶鋼流速よりも速いことが推定された。つまり、鋳型幅方向の左右で偏流があるということである。

そこで、鋳型の右側だけ磁場発生装置の磁束密度を０．０６５テスラに増加したところ、第９３図に示す温度分布となり、鋳型幅方向左右の偏流が緩和された。更に、鋳型の右側だけ磁場発生装置の磁束密度を０．０７テスラに増加したところ、第９４図に示す温度分布となった。この温度分布では最大値と最小値との差は１２℃であり、鋳型幅方向左右対称位置における温度差も１０℃以下となり、メニスカス流速もほぼ鋳型幅左右の両側で等しくなったと推定された。

この状態で、浸漬棒型溶鋼流速計を用いてメニスカスの溶鋼流速を測定して、鋳型内溶鋼流動パターンはパターンＢであることを確認した。確認のため、鋳型右側の磁場発生装置の磁束密度を左側と同じ元の０．０６テスラに戻したところ、第９５図に示す温度分布となった。この温度分布では、鋳型幅方向右側の温度分布が左側よりも高く、再び元の鋳型幅方向左右で偏流のある状態に戻っていることが確認できた。

鋳型幅方向中心から左側及び右側に、それぞれ６６５mm離れた位置に設置した熱電対により測定した鋳型銅板温度の推移を第９６図に示す。左右独立の磁場印加により偏流が制御される様子が見て取れる。

この例では、流動の強い側で磁場の強度を増加する方法を採用したが、流動の弱い側で磁場強度を弱くする方法を採用しても良い。又、流動を加速する方向で移動磁場を印加している場合には、流動の強い側で磁場の強度を弱くする方法、若しくは、流動の弱い側で磁場強度を強くする方法を採ることができる。

請求の範囲

1．連続鋳造における溶鋼の流動パターン推定方法は以下の工程からなる：

浸漬ノズルから鋳型内に吐出された溶鋼を連続鋳造する工程；

鋳型長辺幅方向の鋳型銅板温度を鋳型銅板の温度計測装置により複数点測定する工程；と

各測定点における銅板温度の分布から鋳型内溶鋼の流動パターンを推定する工程。

2．検知された流動パターンが所定のパターンとなるように、鋳型内に吐出された溶鋼に磁場を印加する工程を有する請求の範囲１記載の溶鋼の流動パターン推定方法。

3．更に、以下の工程を有する請求の範囲１記載の溶鋼の流動パターン推定方法：

鋳型銅板温度の温度計測装置により測定された鋳型銅板温度と、鋳型銅板の厚みと、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離と、鋳型銅板用の冷却水温度と、凝固シェル厚みと、モールドパウダー層厚みと、鋳型内の溶鋼温度と、を用いて鋳型内溶鋼から鋳型銅板用冷却水への熱流束を求める工程；

この熱流束に相当する溶鋼と凝固シェルとの間の対流熱伝達係数を求める工程；

この対流熱伝達係数から凝固シェルに沿った溶鋼の流速を求める工程。

4．鋳型銅板温度の温度計測装置が連続鋳造用鋳型銅板背面に埋設された複数の測温素子からなり、前記測温素子が、鋳型内溶鋼湯面位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲に、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を１６mm以下とし、且つ、鋳型幅方向の設置間隔を２００mm以下として鋳片全幅に相当する範囲に渡って設置されている請求の範囲１記載の溶鋼の流動パターン推定方法。

５．前記流動パターンを推定する工程が、鋳型幅方向の鋳型銅板温度のピークの数とピークの位置により鋳型内溶鋼の流動パターンを推定することからなる請求の範囲１記載の溶鋼の流動パターン推定方法。

６．前記流動パターンを推定する工程が、測定された温度により鋳型幅方向中央位置を基準とした鋳型幅方向左右で、鋳型銅板温度の最大値と最大値の位置とを比較することにより鋳型内溶鋼の偏流を推定することからなる請求の範囲１記載の溶鋼の流動パターン推定方法。

７．鋳型銅板の温度計測装置は以下からなる：

連続鋳造用鋳型銅板背面に埋設された複数の測温素子；

前記測温素子は、鋳型内溶鋼湯面位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲に、鋳型銅板の溶鋼側表面から測温素子先端までの距離を１６mm以下とし、且つ、鋳型幅方向の設置間隔を２００mm以下として鋳片全幅に相当する範囲に渡って設置されている。

８．測温素子が、水箱中の冷却水とはシールされたパイプ内を貫通して設置され、且つ、測温素子の設置される周囲にシールパッキンが設けられたことからなる請求の範囲７記載の温度計測装置。

９．連続鋳造鋳片の表面欠陥判定方法は以下からなる：

鋳型内のメニスカス位置から鋳片引抜き方向に１０～１３５mm離れた範囲の鋳型銅板背面の幅方向に複数個の測温素子を配置し；

鋳型銅板温度の幅方向分布を測定し；

鋳型幅方向温度分布に基づいて鋳片の表面欠陥を判定する。

１０．表面欠陥の判定が鋳型幅方向温度分布の最大値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１１．表面欠陥の判定が鋳型幅方向温度分布の最小値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１２．表面欠陥の判定が鋳型幅方向温度分布の平均値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１３．表面欠陥の判定が鋳型幅方向温度分布の平均値と、その鋳片引き抜き速度における代表的な鋳型幅方向温度分布の平均値との差に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１４．表面欠陥の判定が、鋳型の中央に配置した浸漬ノズルを中心として、鋳型幅方向左側の温度分布の最大値から最小値を差し引いた値と、鋳型幅方向右側の温度分布の最大値から最小値を差し引いた値のうちで、大きい方の値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１５．表面欠陥の判定が、鋳型の中央に配置した浸漬ノズルを中心として、鋳型幅方向左側の温度分布の最大値と鋳型幅方向右側の温度分布の最大値との差の絶対値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１６．表面欠陥の判定が、各測温素子による温度測定値のうちで単位時間当りの温度変動量の最大値に基づいて鋳片の表面欠陥を判定することからなる請求の範囲９記載の表面欠陥判定方法。

１７．連続鋳造における溶鋼流動検知方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

溶鋼流動の空間周波数ｆを溶鋼流動の変動波長Ｌ（mm）を用いてｆ＝１／Ｌで定義したとき、測定された各鋳型銅板温度をカットオフ空間周波数が２／［鋳型幅W］より大きく、且つ、０．０１より小さい範囲としてローパスフィルター処理し；

このローパスフィルター処理した鋳型銅板温度の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

１８．ローパスフィルター処理が空間移動平均であり、平均化数３のときには、隣合う測温素子との間隔が４４．３／３mmより広く、且つ、０．４４３×［鋳型幅W］／６mmより狭い範囲に調整される請求の範囲１７記載の溶鋼流動検知方法。

１９．両側の鋳型幅の端点で測定データを折り返して拡張したデータ系列を用いて、ローパスフィルター処理を行うことからなる請求の範囲１７記載の溶鋼流動検知方法。

２０．連続鋳造における溶鋼流動検知方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、隣合う測温素子との間隔を４４．３／３mm～０．４４３×［鋳型幅W］／６mmとして複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度を空間移動平均し；

この空間移動平均した鋳型銅板温度の温度分布に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

２１．連続鋳造における鋳型内抜熱の不均一度評価方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に、複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度をローパスフィルター処理し；

鋳型銅板温度の測定値とローパスフィルター処理した鋳型銅板温度との差に基づいて鋳型内抜熱の不均一度を評価する。

２２．連続鋳造における溶鋼流動検知方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型銅板背面の、鋳片引抜き方向と直交する方向に複数の測温素子を配置し；

これら複数の測温素子により鋳型銅板温度を測定し；

測定された各鋳型銅板温度を６０秒以下の間隔で採取し；

この間隔で採取した鋳型銅板温度に基づいて鋳型内の溶鋼流動状況を推定する。

２３．連続鋳造における溶鋼流動制御方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型の鋳型長辺銅板背面の幅方向に複数の測温素子を配置して鋳型長辺銅板幅方向の温度分布を測定し；

測定された温度分布の最大値と最小値との差が１２℃以下となるように、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を調整する。

２４．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整される請求の範囲２３記載の溶鋼流動制御方法。

２５．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上が、測定された温度分布の最大値と最小値との差が１２℃以下で、且つ、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における温度差が１０℃以下となるように、調整される請求の範囲２３記載の溶鋼流動制御方法。

２６．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整される請求の範囲２５記載の溶鋼流動制御方法。

２７．連続鋳造における溶鋼流動制御方法は以下からなる：

連続鋳造用鋳型の鋳型長辺銅板背面の幅方向に複数の測温素子を配置して鋳型長辺銅板幅方向各位置の温度を測定し；

この温度測定値に基づき各測定点での溶鋼の流速を求めて鋳型長辺銅板幅方向の溶鋼流速分布を求め；

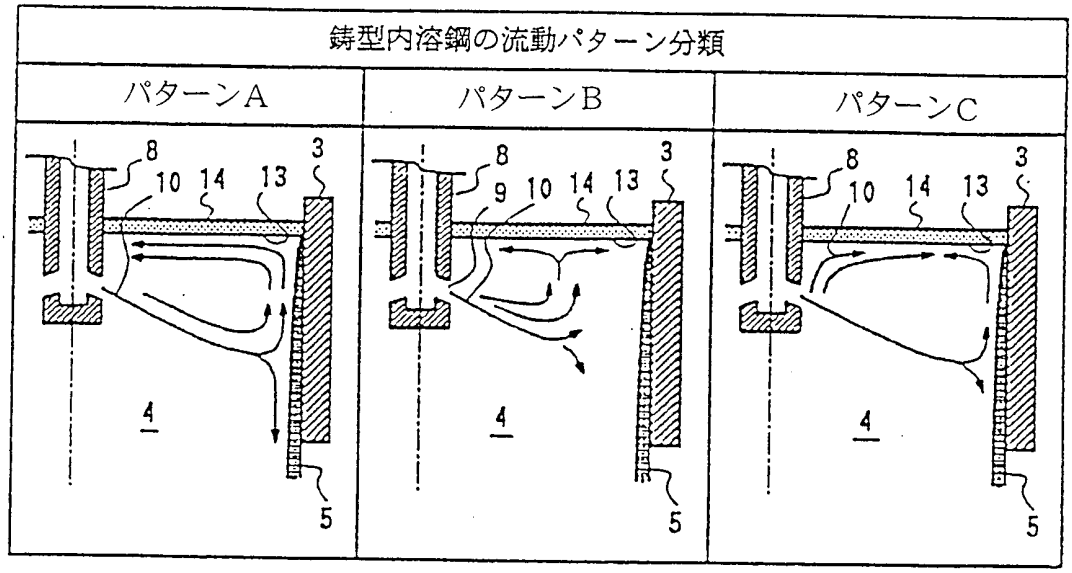
求めた溶鋼流速分布の最大値と最小値との差が０．２５ｍ／ｓｅｃ以下となるように、鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上を調整する。

２８．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整される請求の範囲２７記載の溶鋼流動制御方法。

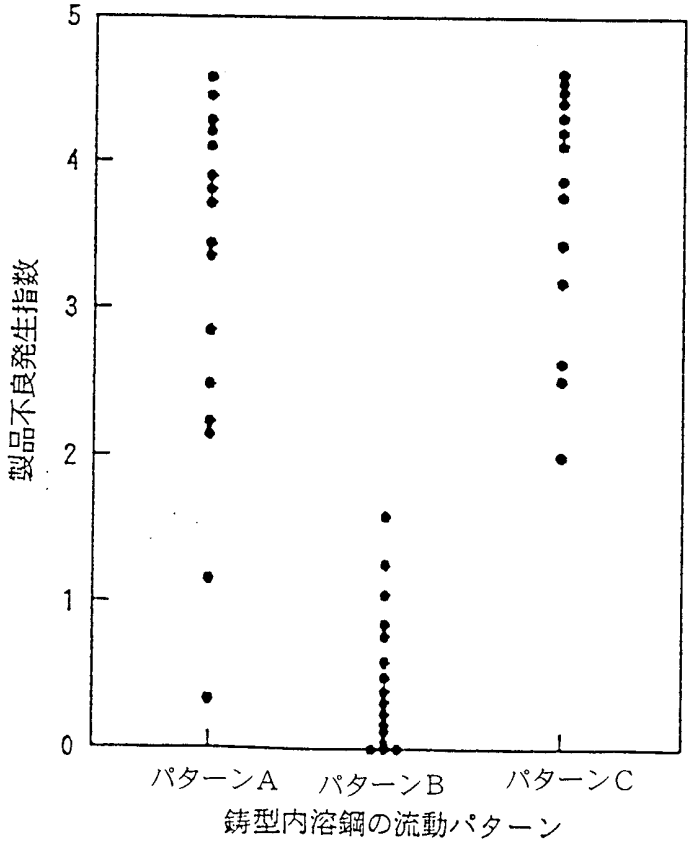
２９．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度、鋳片引抜き速度、浸漬ノズルの浸漬深さ、浸漬ノズル内へのＡｒ吹き込み量のうちの何れか１つ又は２つ以上が、求めた溶鋼流速分布の最大値と最小値との差が０．２５ｍ／ｓｅｃ以下で、且つ、浸漬ノズルを中心として鋳型長辺銅板幅方向左右の対称位置における溶鋼流速の差が０．２０ｍ／ｓｅｃ以下となるように、調整される請求の範囲２７記載の溶鋼流動制御方法。

３０．鋳型に取り付けた磁場発生装置の磁場強度が、浸漬ノズルを境として鋳型幅方向左右で独立して調整される請求の範囲２９記載の溶鋼流動制御方法。

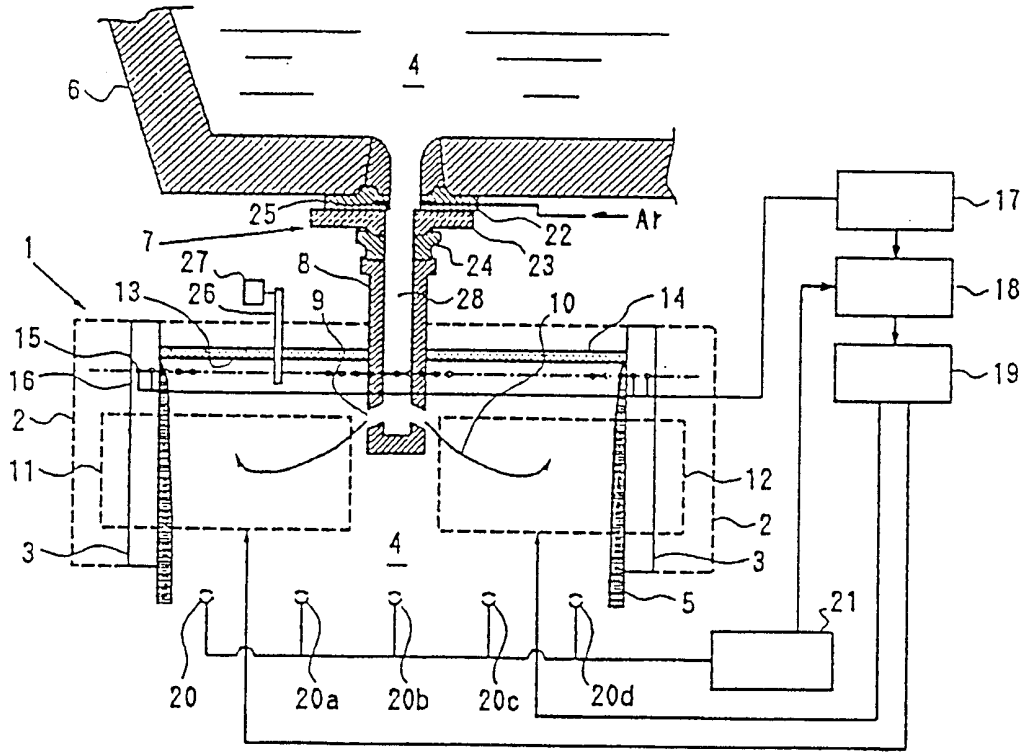
第１図


鋳型内溶鋼の流動パターン分類
パターンA
パターンB
パターンC
8
10
14
13
3
9
4
5

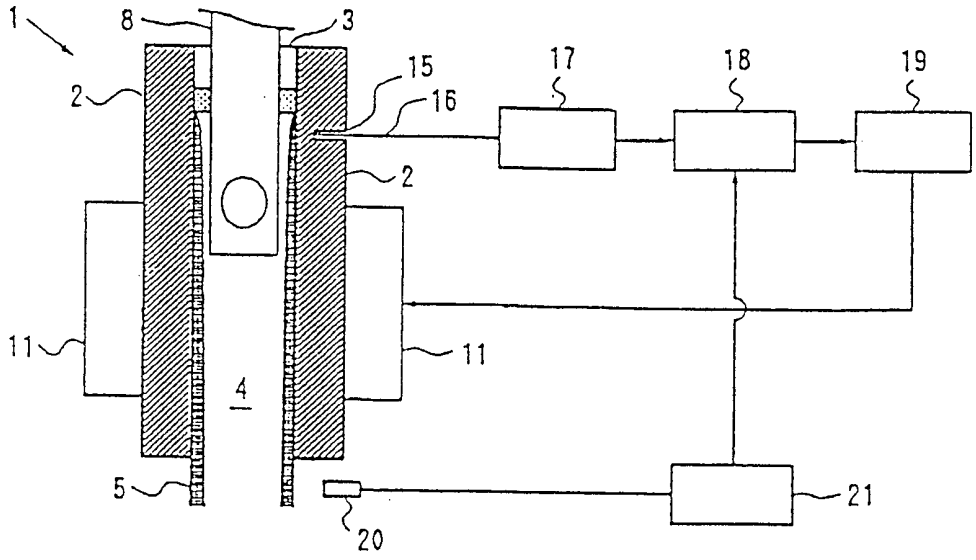
第２図


製品不良発生指数
0
1
2
3
4
5
パターンA
パターンB
パターンC
鋳型内溶鋼の流動パターン

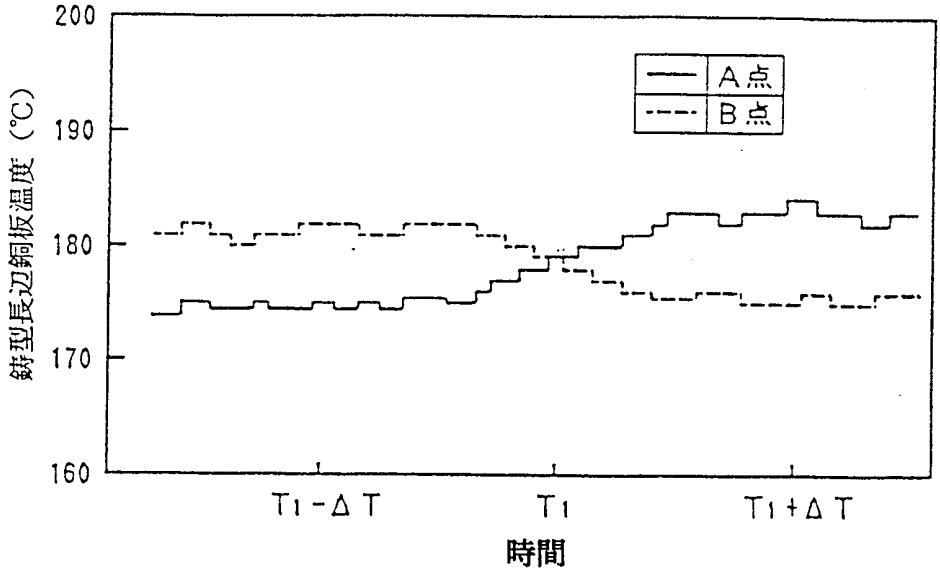
第３図


6
4
25
7
27
8
22
Ar
24
23
1
13
26
9
28
10
14
15
16
2
11
12
2
3
4
3
5
21
20
20a
20b
20c
20d
17
18
19

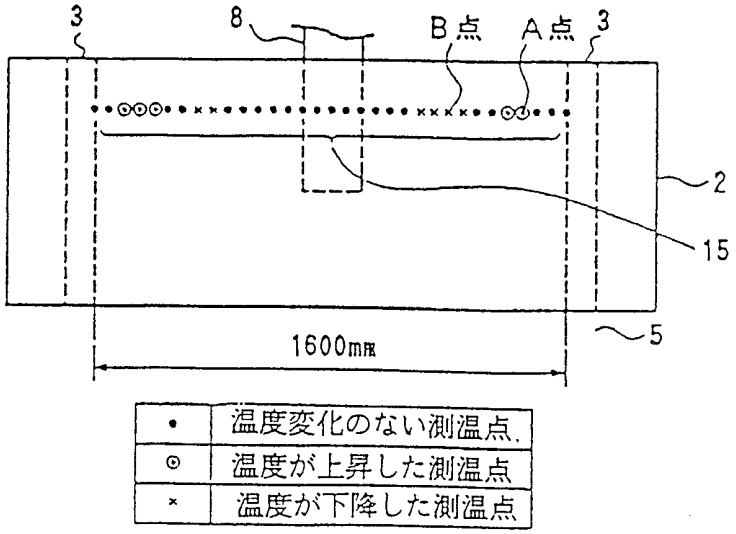
第４図


1
8
3
15
17
18
19
2
16
2
11
11
4
5
21
20

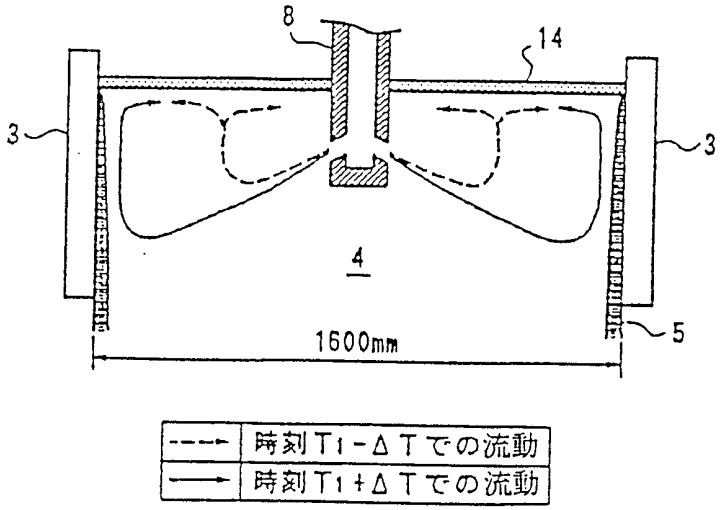
第５図


200
190
180
170
160
鋳型長辺銅板温度（℃）
A点
B点
T1－ΔT
T1
T1＋ΔT
時間

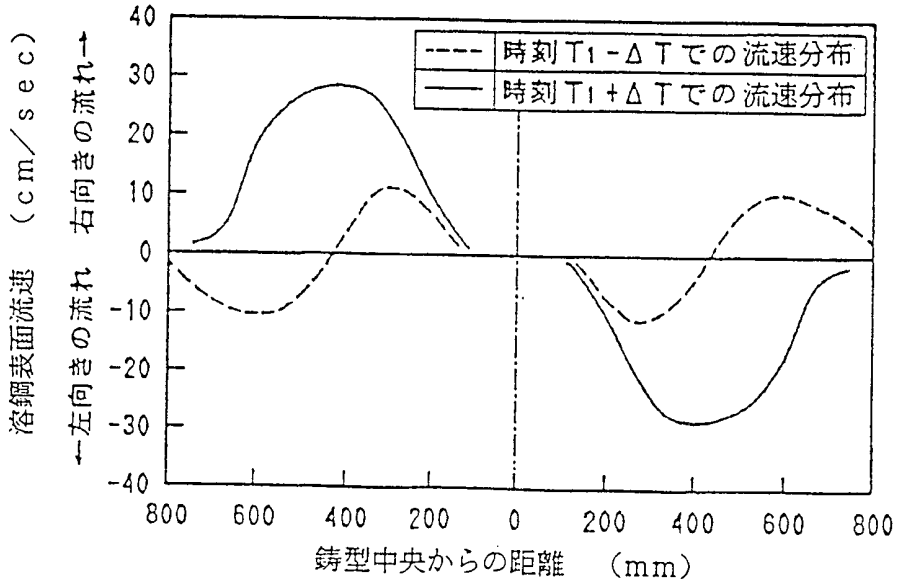
第６図


3
8
B点
A点
3
2
15
5
1600mm
温度変化のない測温点
温度が上昇した測温点
温度が下降した測温点

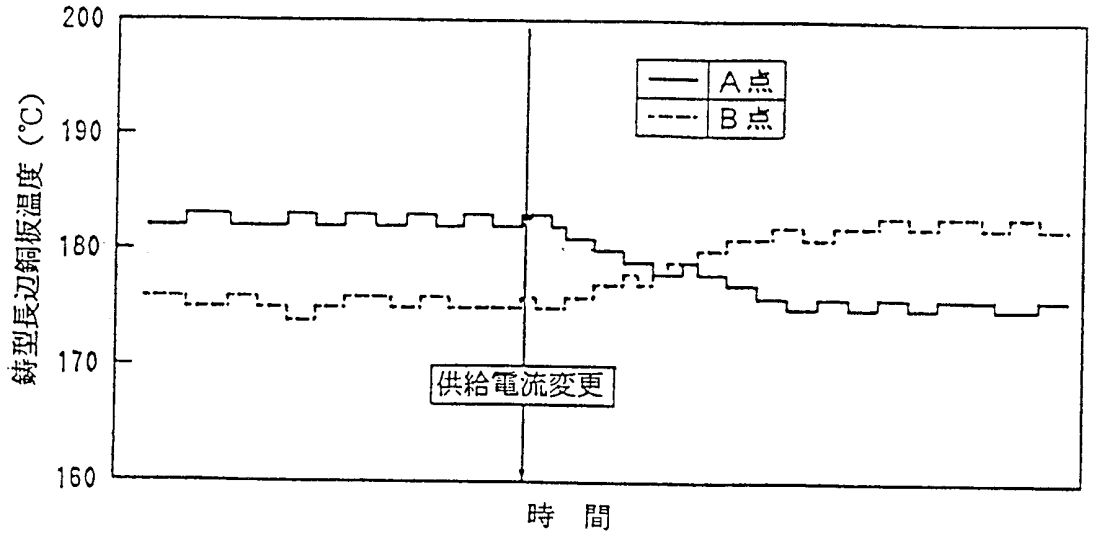
第７図


8
14
3
3
4
5
1600mm
時刻T1－ΔTでの流動
時刻T1＋ΔTでの流動

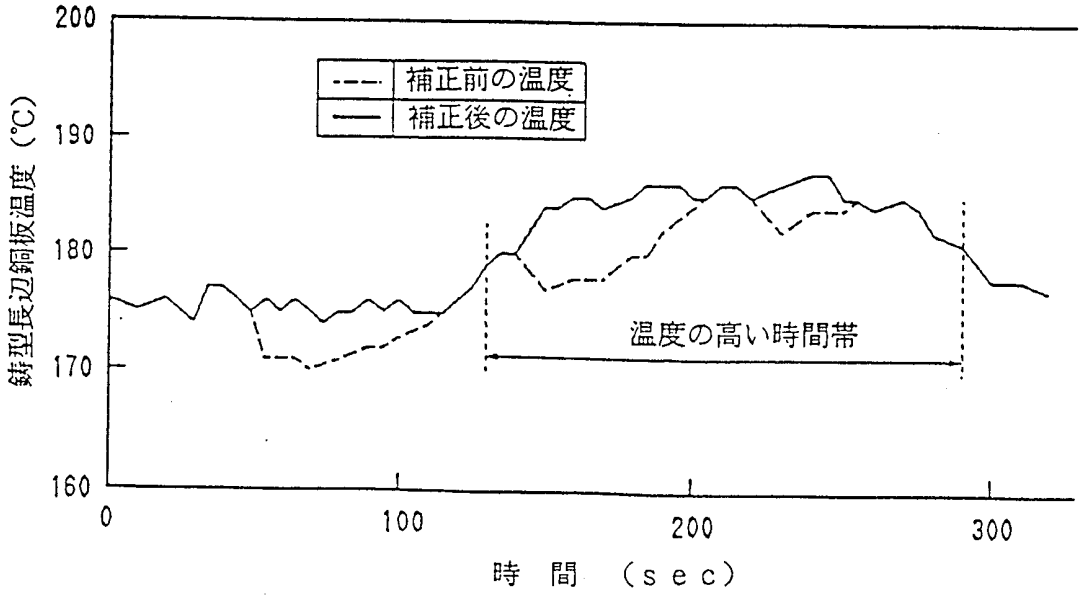
第８図


溶鋼表面流速 （cm／sec）
←左向きの流れ 右向きの流れ→
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
800 600 400 200 0 200 400 600 800
鋳型中央からの距離 （mm）
時刻T1－ΔTでの流速分布
時刻T1＋ΔTでの流速分布

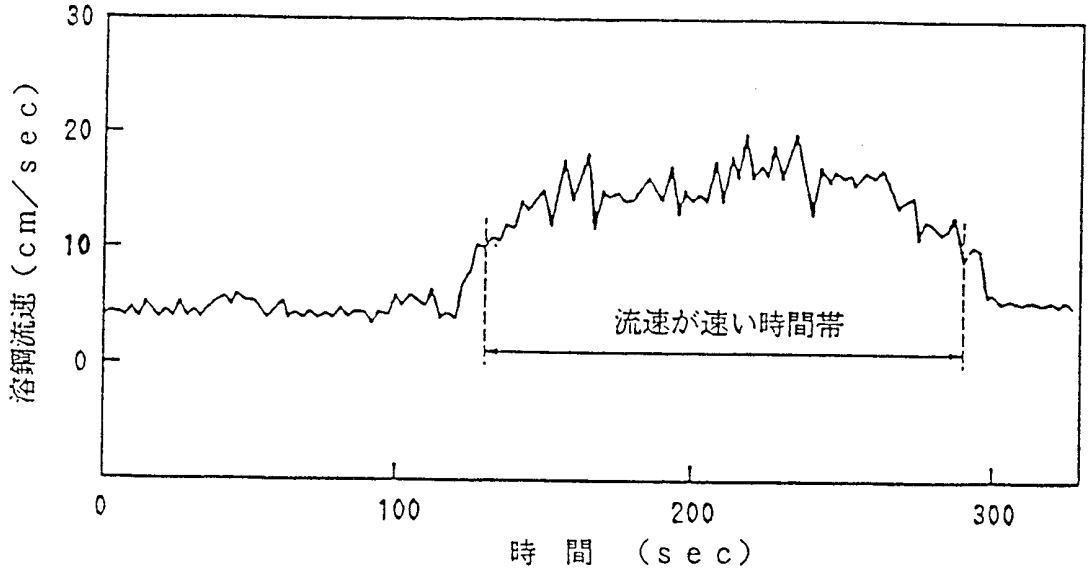
第９図


200
190
180
170
160
鋳型長辺銅板温度（℃）
A点
B点
供給電流変更
時　間

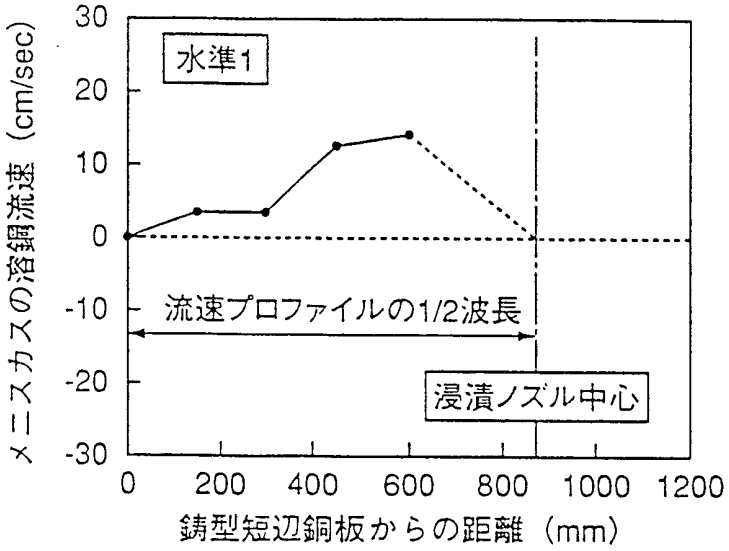
第１０図


200
190
180
170
160
0
100
200
300
鋳型長辺銅板温度（℃）
補正前の温度
補正後の温度
温度の高い時間帯
時　間　（ｓｅｃ）

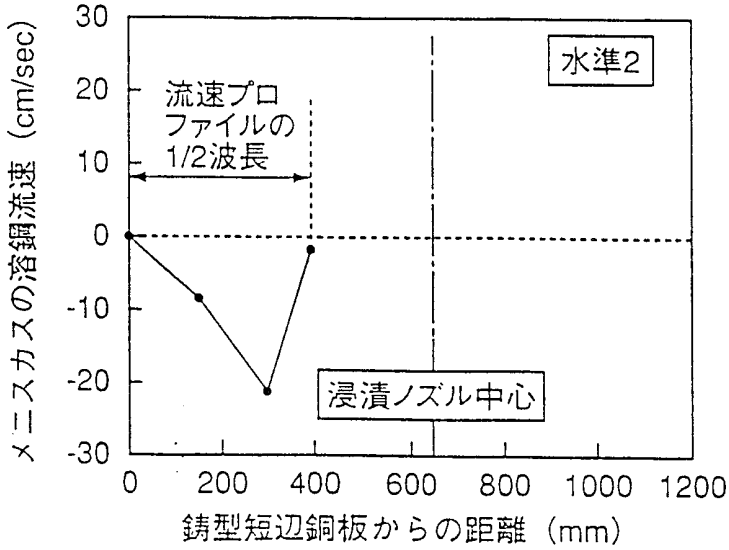
第１１図



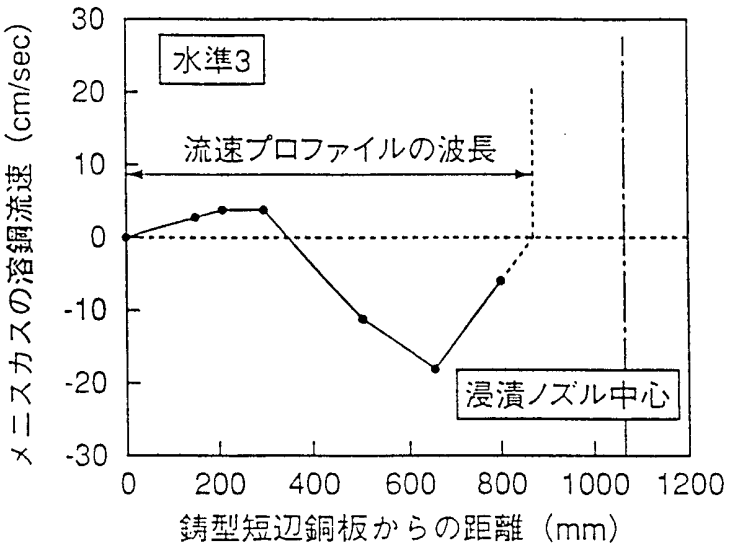
第１２図


30
20
10
0
-10
-20
-30
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
水準1
流速プロファイルの1/2波長
浸漬ノズル中心
0
200
400
600
800
1000
1200
鋳型短辺銅板からの距離（mm）

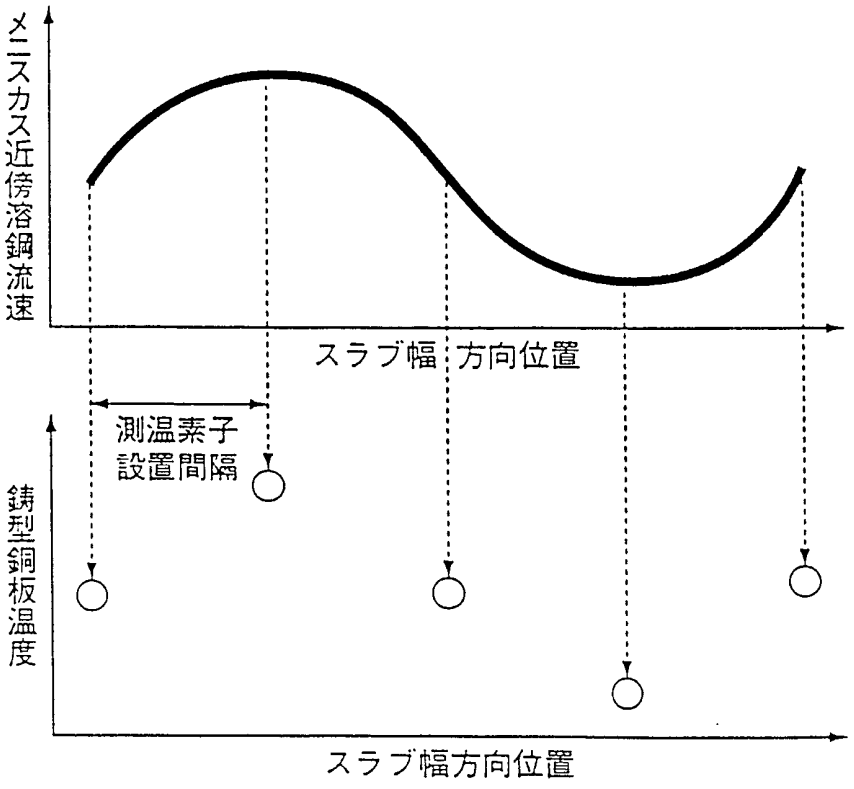
第１３図


30
20
10
0
-10
-20
-30
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
水準2
流速プロ
ファイルの
1/2波長
浸漬ノズル中心
0
200
400
600
800
1000
1200
鋳型短辺銅板からの距離（mm）

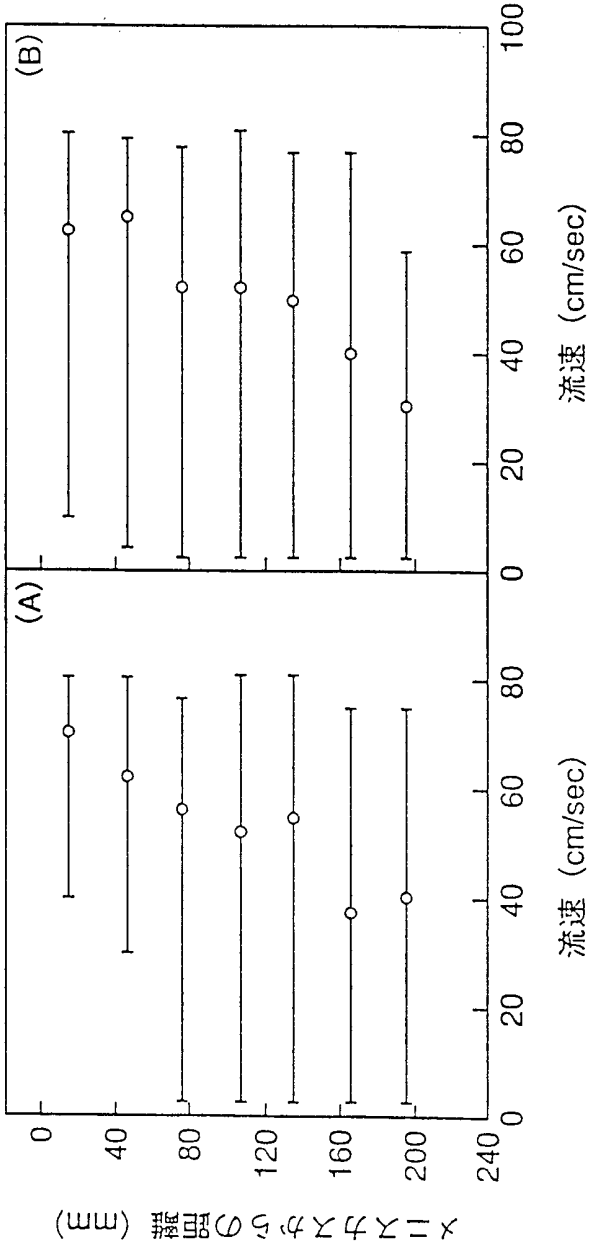
第１４図


水準3
流速プロファイルの波長
浸漬ノズル中心
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
30
20
10
0
-10
-20
-30
0
200
400
600
800
1000
1200
鋳型短辺銅板からの距離（mm）

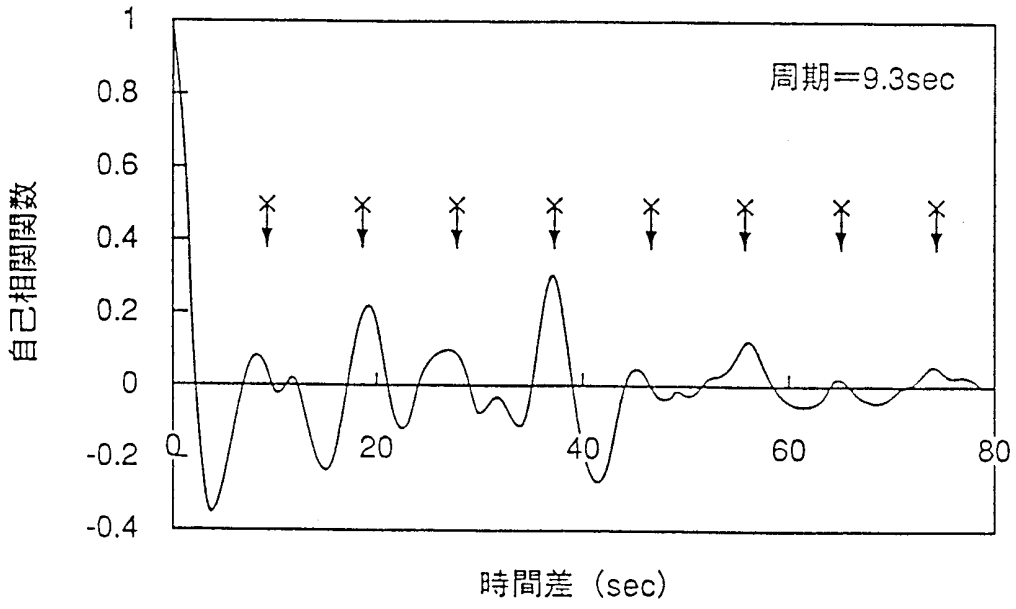
第１５図



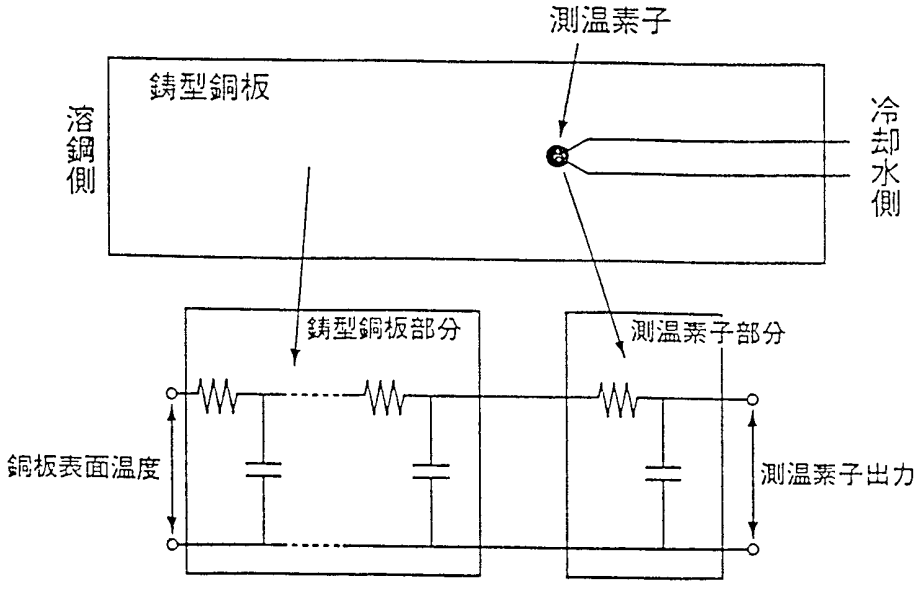
第１６図


(A)
(B)
0
20
40
60
80
100
流速（cm/sec）
0
40
80
120
160
200
240
メニスカスからの距離（mm）

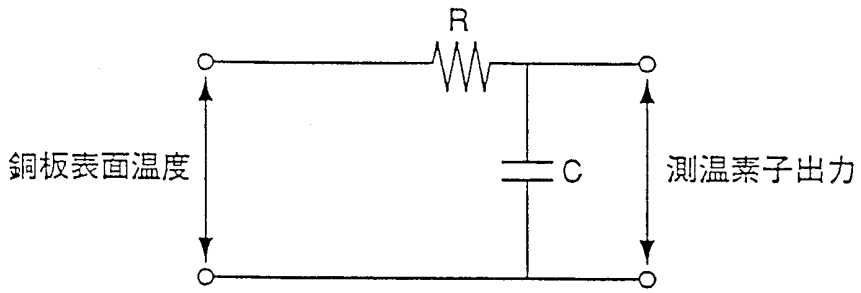
第１７図


1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
0
20
40
60
80
周期＝9.3sec
自己相関関数
時間差（sec）

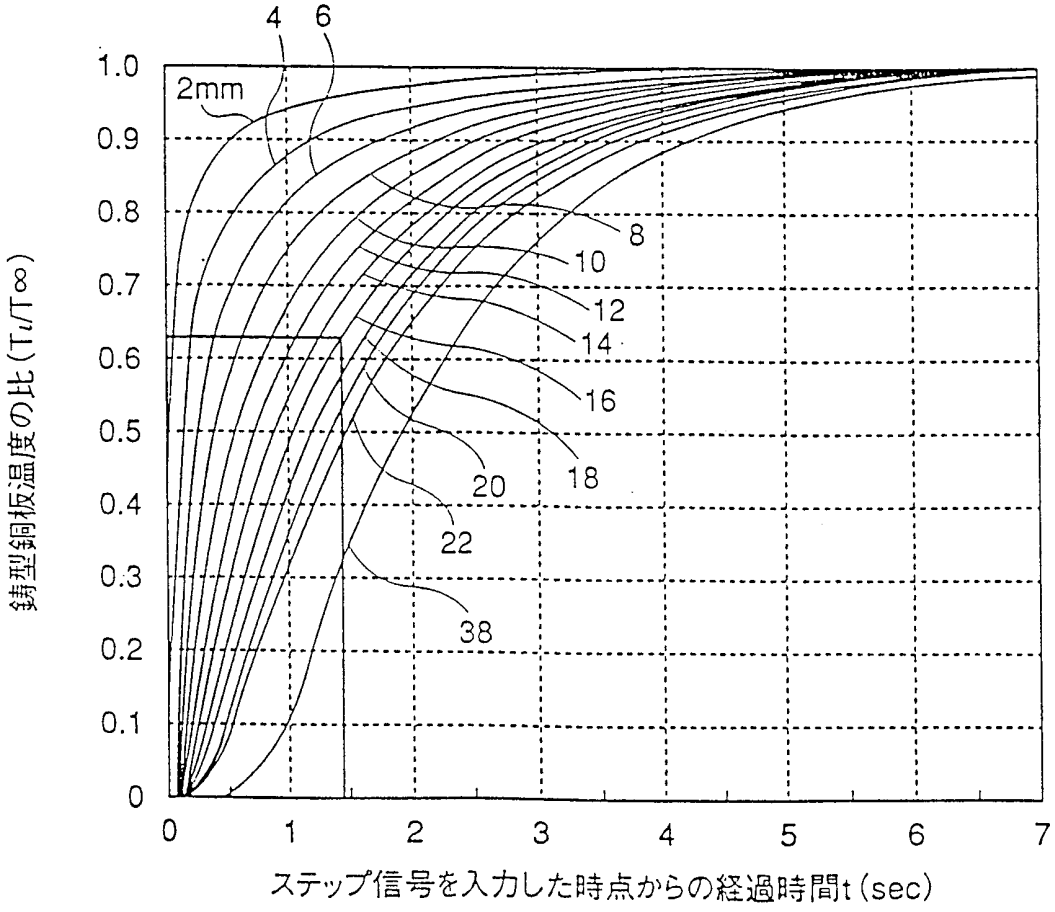
第１８図


測温素子
鋳型銅板
溶鋼側
冷却水側
鋳型銅板部分
測温素子部分
銅板表面温度
測温素子出力

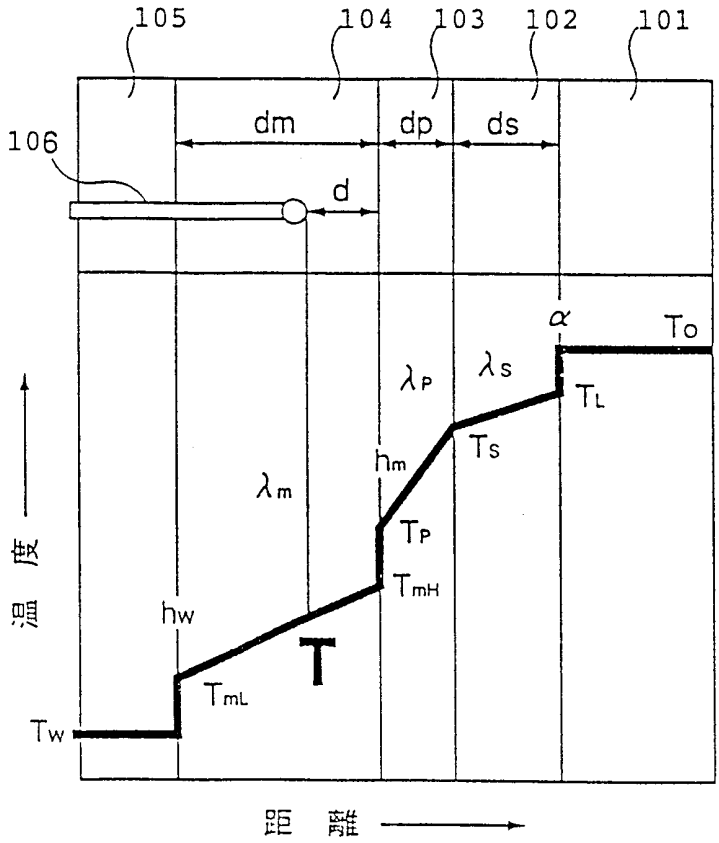
第１９図


R
銅板表面温度
C
測温素子出力

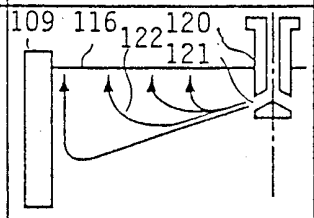
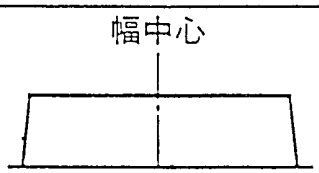
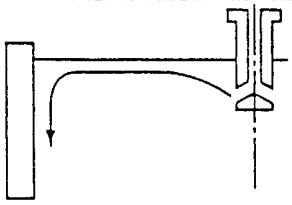
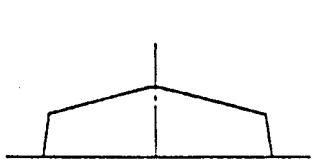
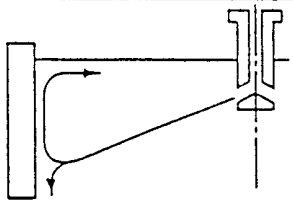
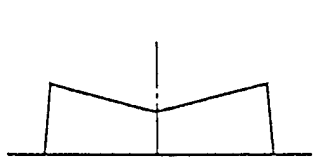
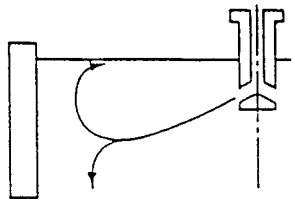
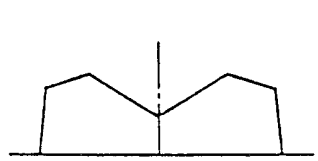
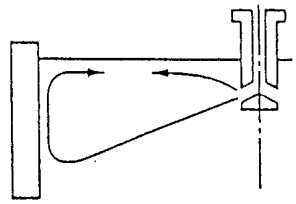
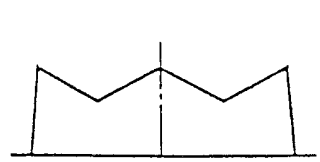
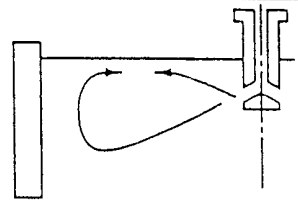
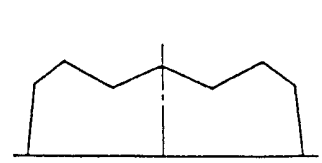
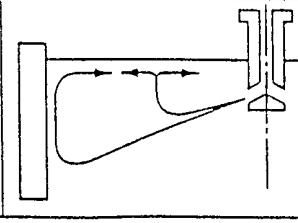
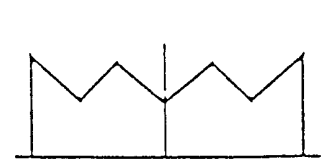
第２０図


4
6
2mm
8
10
12
14
16
18
20
22
38
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
1
2
3
4
5
6
7
鋳型銅板温度の比(Tu/T∞)
ステップ信号を入力した時点からの経過時間t(sec)

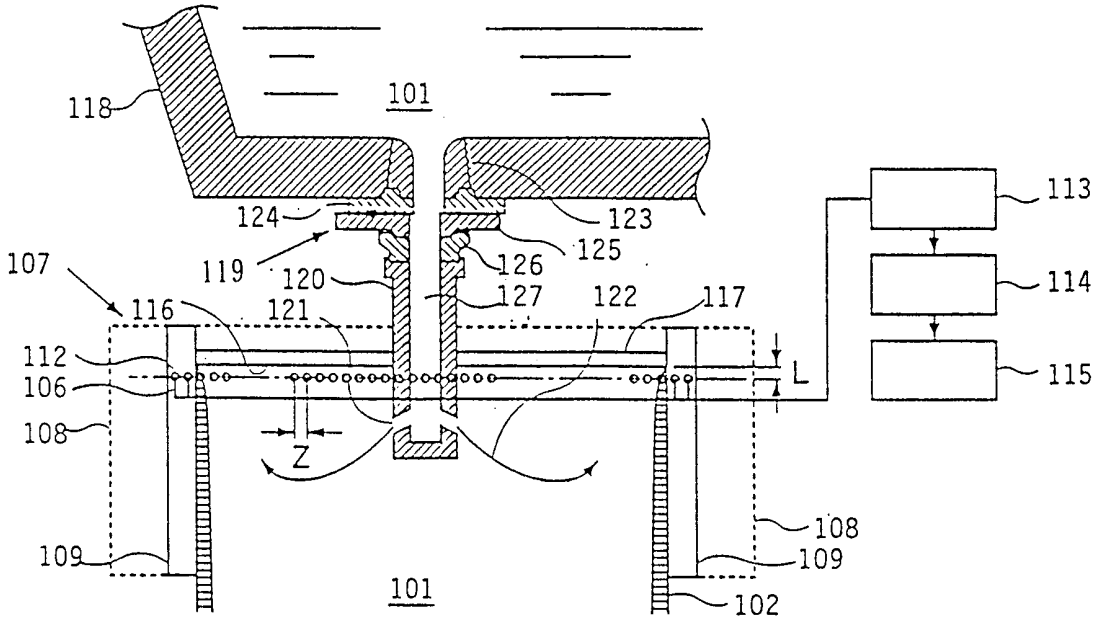
第２１図


105
104
103
102
101
106
dm
dp
ds
d
α
To
λp
λs
TL
Ts
λm
hm
Tp
TmH
hw
TmL
T
Tw
温度
距離

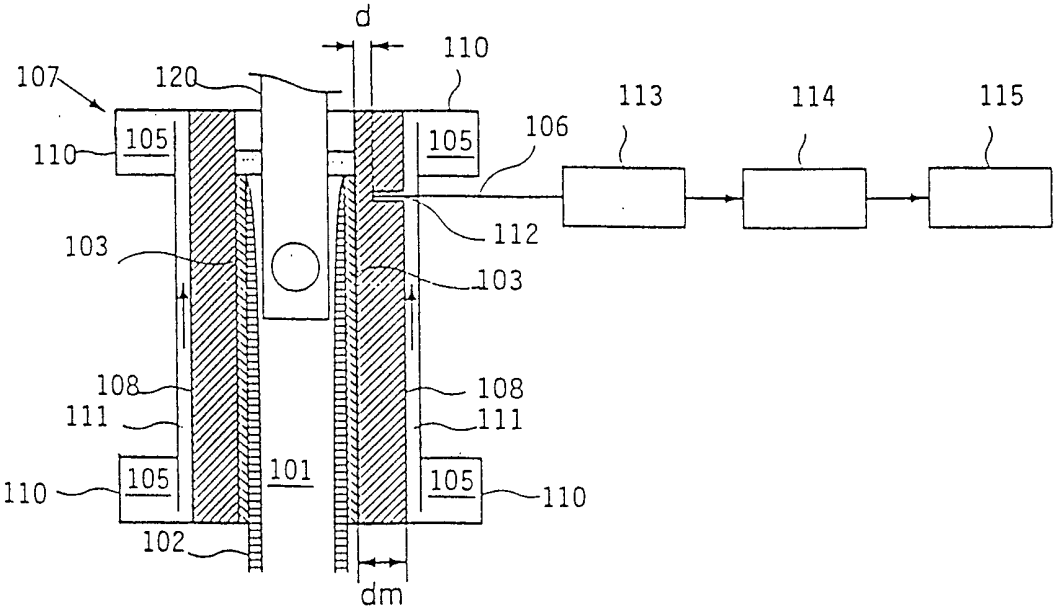
第２２図

パターンNo	溶鋼流動パターン	長辺銅板温度分布
0		
1		
2		
2.5		
3		
3.5		
4		

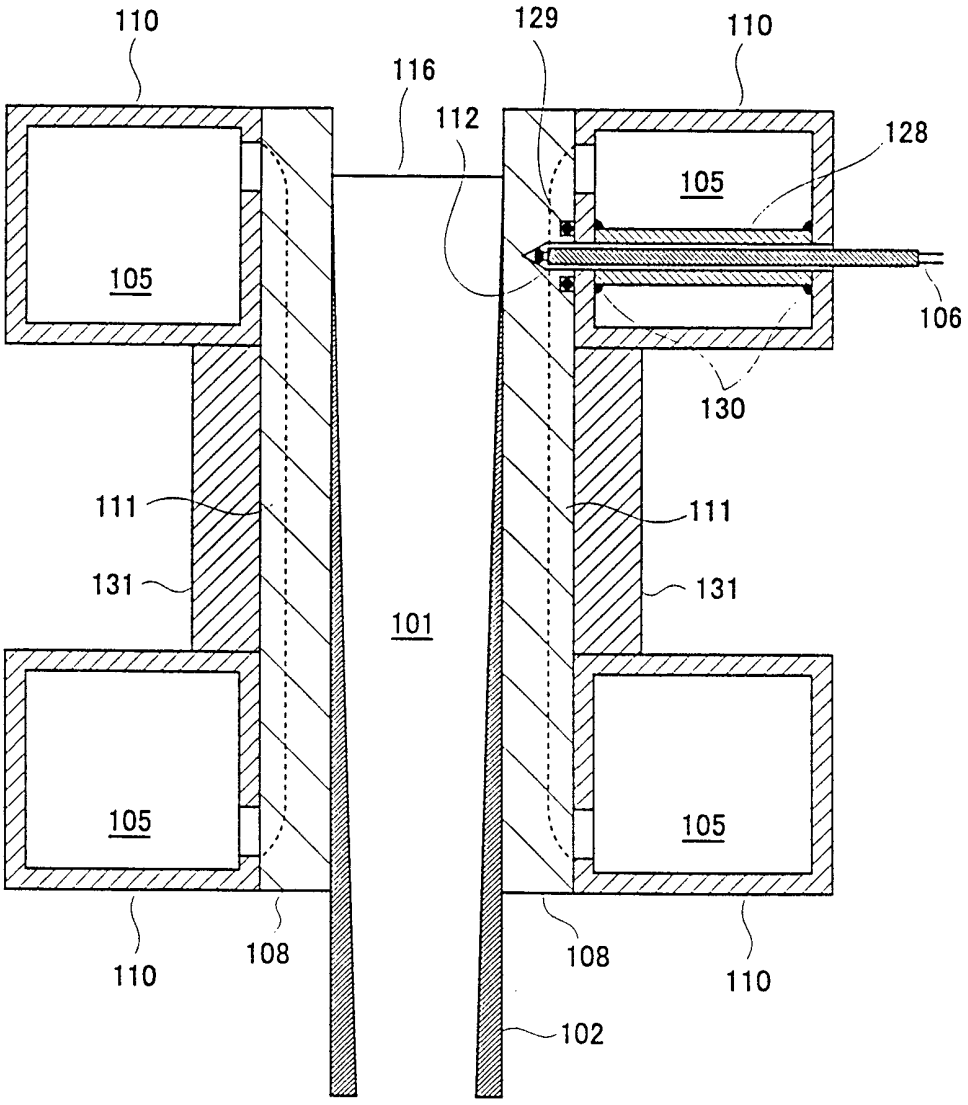
第２３図


118
101
124
123
125
126
127
119
120
122
117
107
116
121
112
106
108
109
Z
L
113
114
115
108
109
101
102

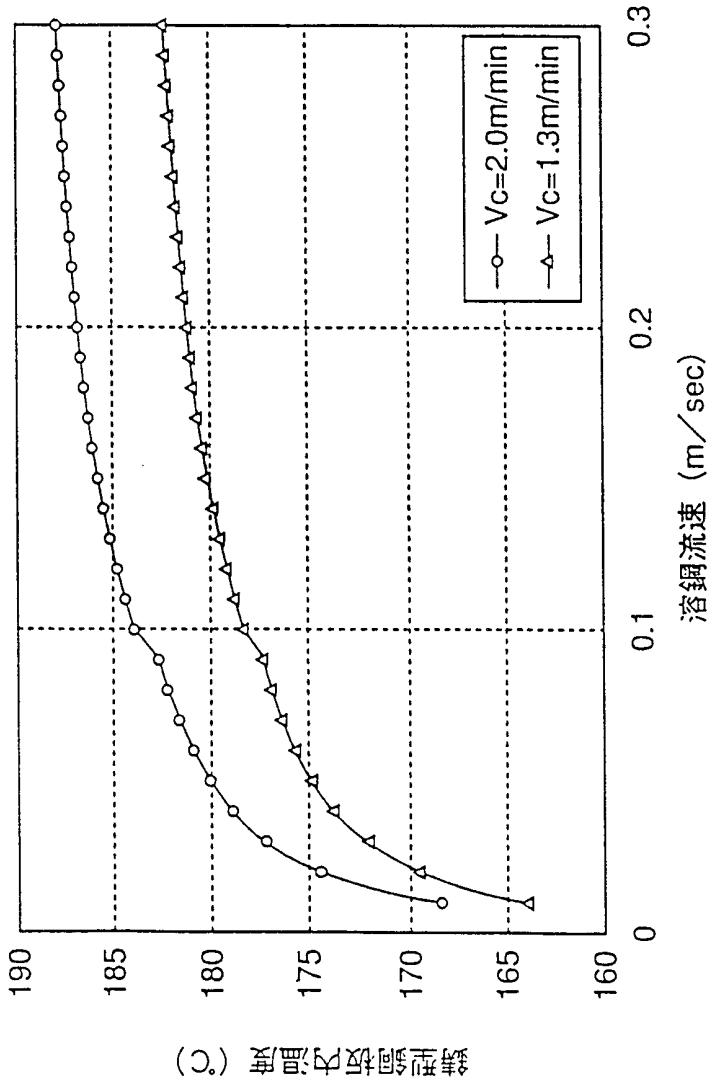
第２４図


d
110
107
120
105
105
106
113
114
115
110
112
103
103
108
108
111
111
105
101
105
110
110
102
dm

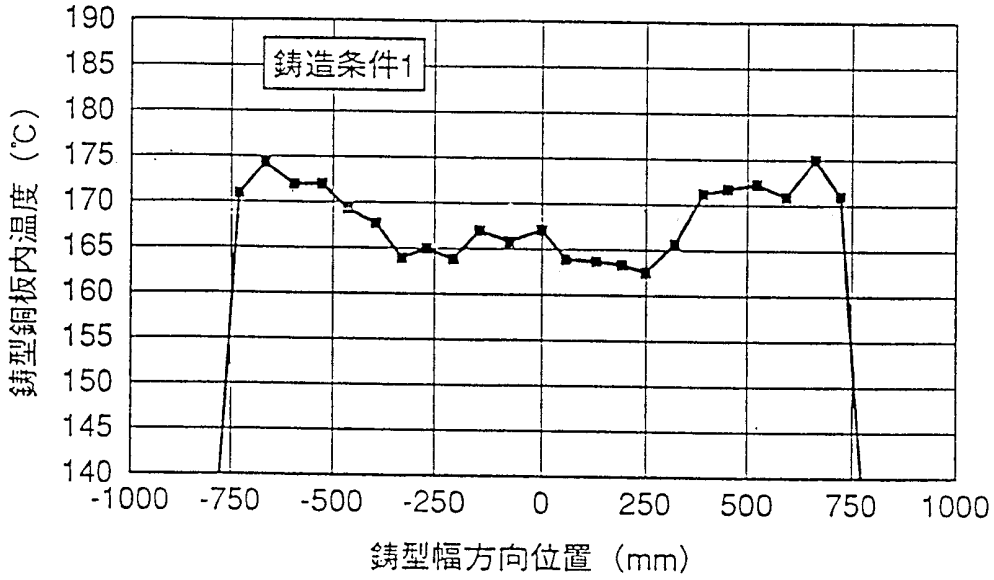
第２５図


110
116
129
110
112
128
105
105
106
130
111
111
131
131
101
105
105
110
108
108
110
102

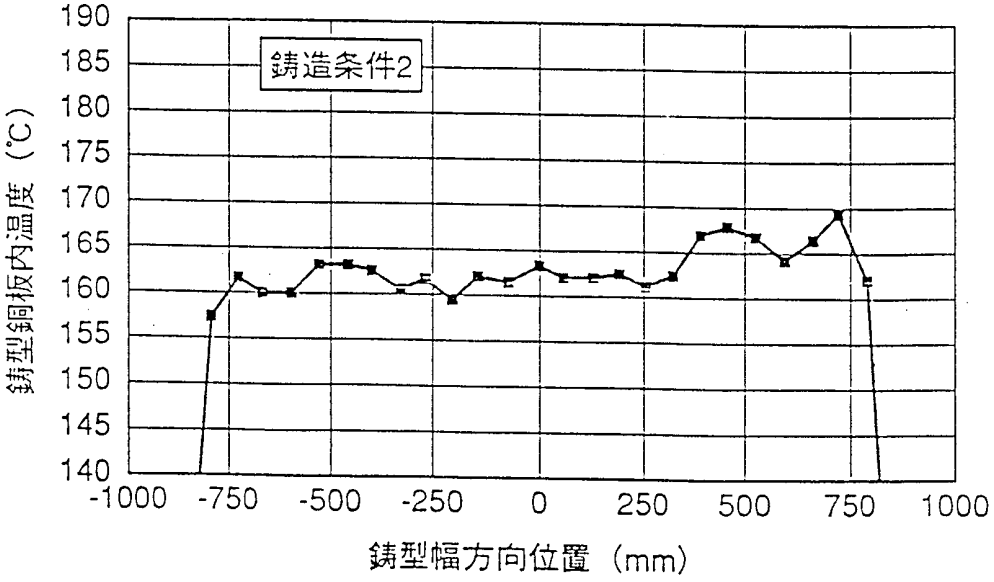
第２６図


Vc=2.0m/min
Vc=1.3m/min
190
185
180
175
170
165
160
0
0.1
0.2
0.3
溶鋼流速（m／sec）
鋳型銅板内温度（℃）

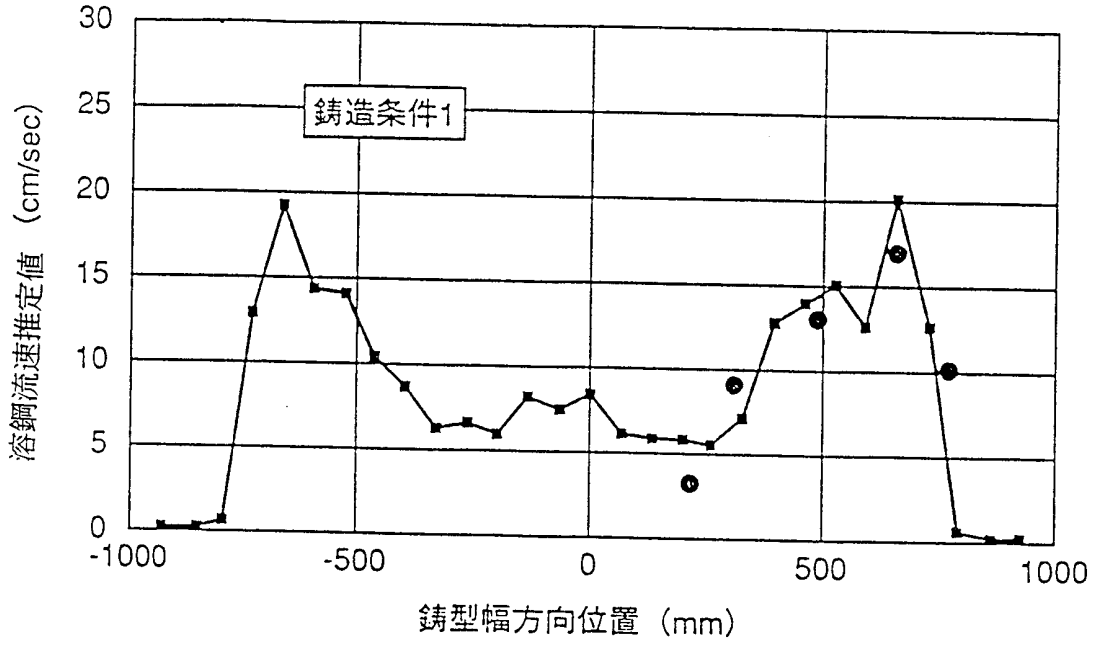
第２７図


鋳造条件1
鋳型銅板内温度（℃）
190
185
180
175
170
165
160
155
150
145
140
-1000
-750
-500
-250
0
250
500
750
1000
鋳型幅方向位置（mm）

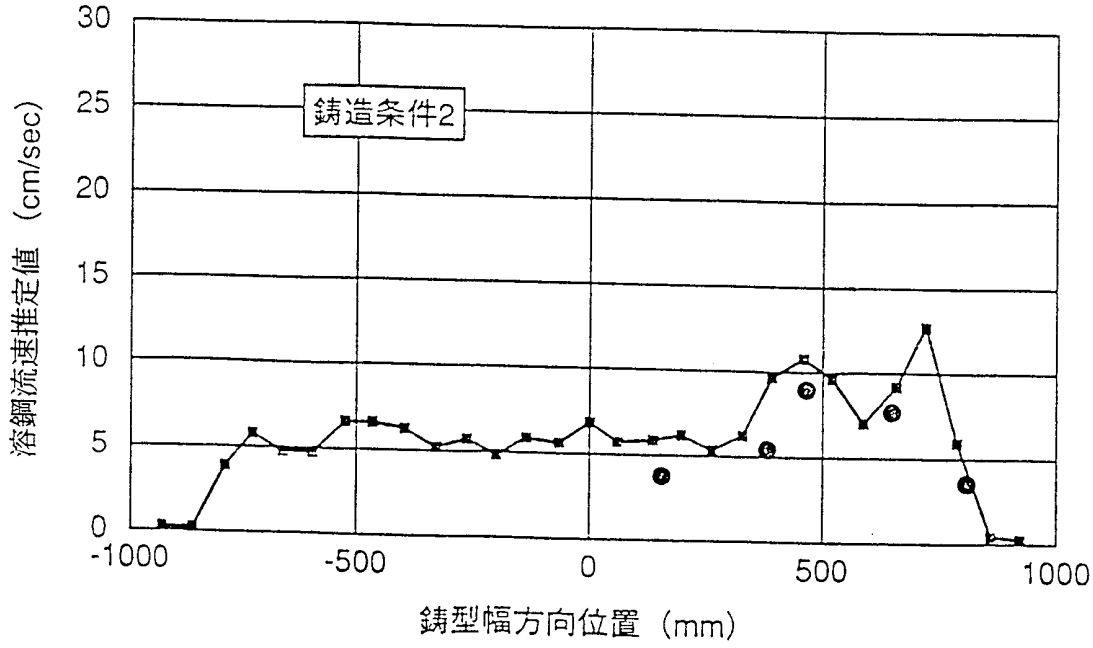
第２８図


鋳造条件2
鋳型銅板内温度（℃）
190
185
180
175
170
165
160
155
150
145
140
-1000
-750
-500
-250
0
250
500
750
1000
鋳型幅方向位置（mm）

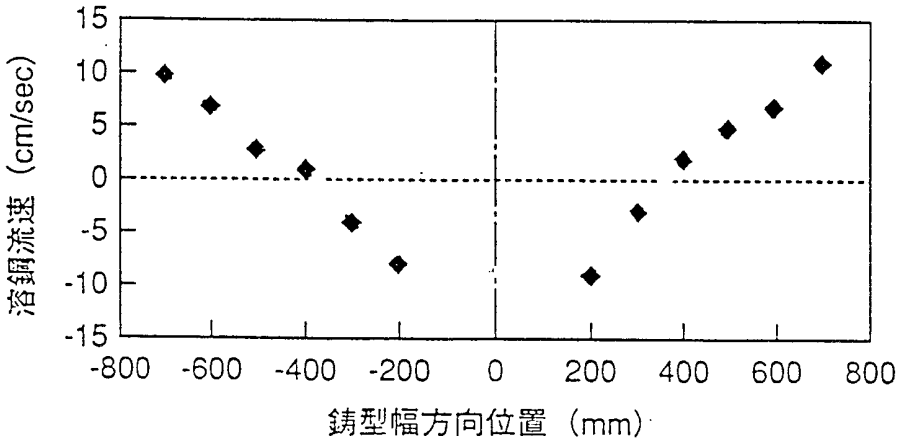
第２９図


30
25
20
15
10
5
0
-1000
-500
0
500
1000
鋳造条件1
溶鋼流速推定値 (cm/sec)
鋳型幅方向位置 (mm)

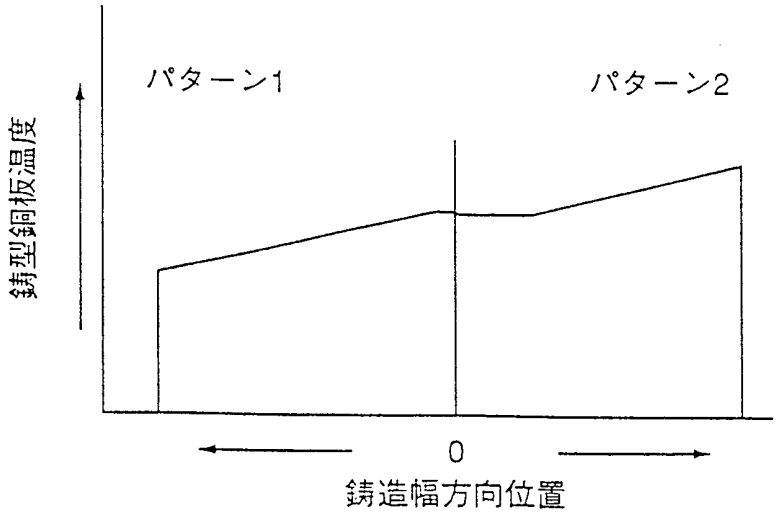
第３０図


30
25
20
15
10
5
0
-1000
-500
0
500
1000
鋳造条件2
溶鋼流速推定値 (cm/sec)
鋳型幅方向位置 (mm)

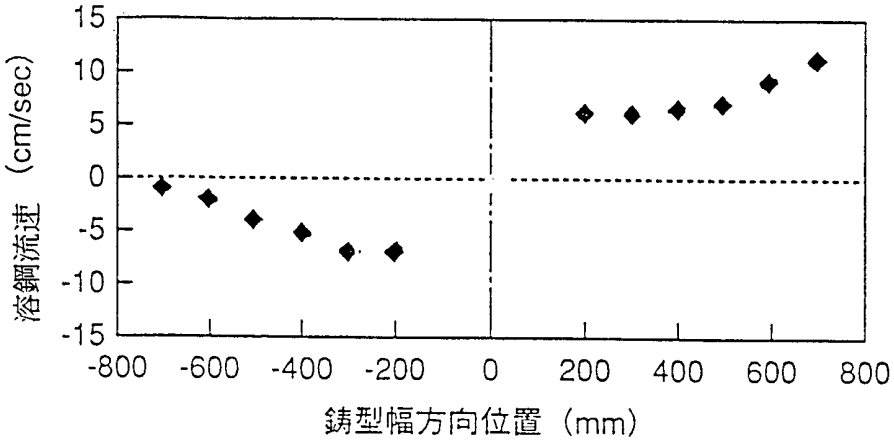
第３１図


15
10
5
0
-5
-10
-15
溶鋼流速（cm/sec）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

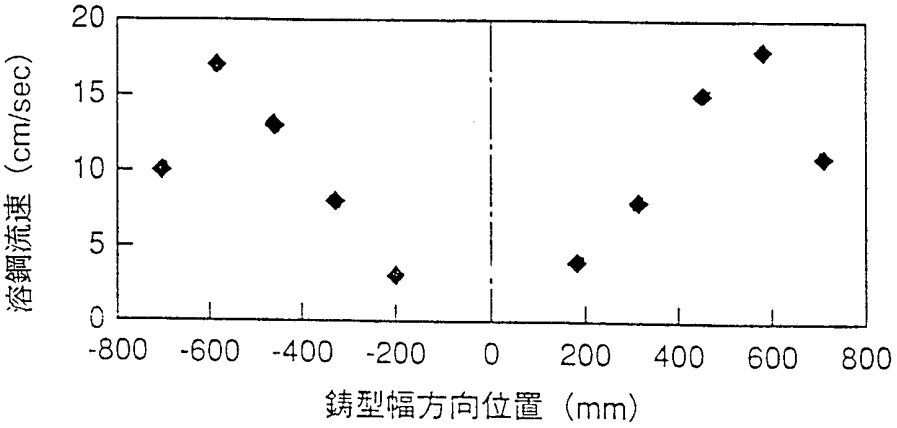
第３２図


パターン1
パターン2
鋳型銅板温度
0
鋳造幅方向位置

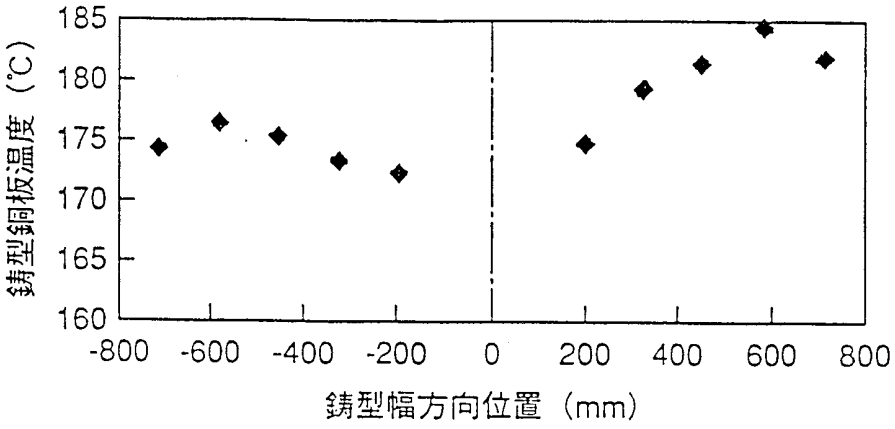
第３３図


15
10
5
0
-5
-10
-15
溶鋼流速（cm/sec）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

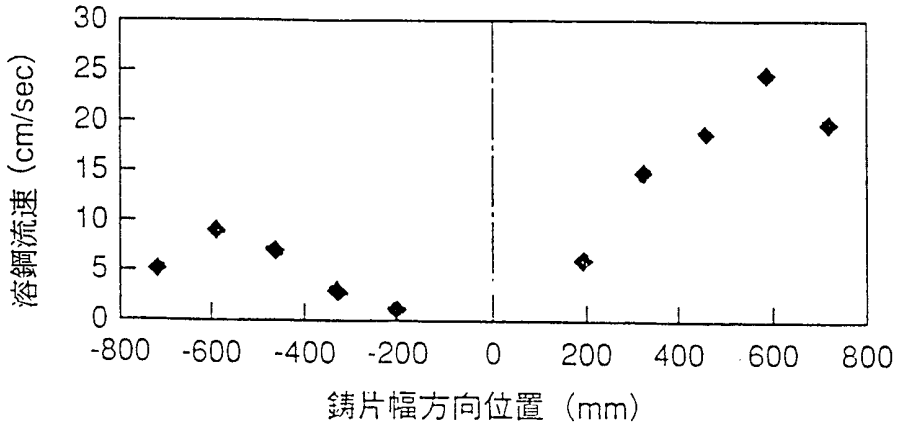
第３４図


20
15
10
5
0
溶鋼流速（cm/sec）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

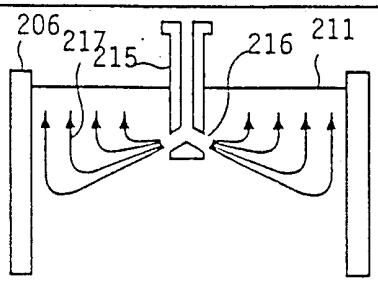
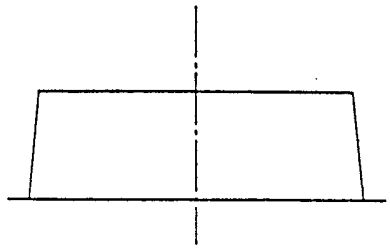
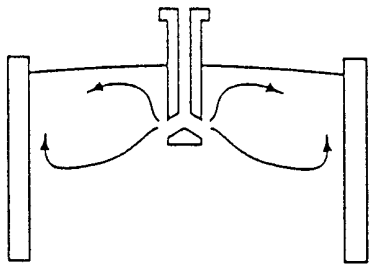
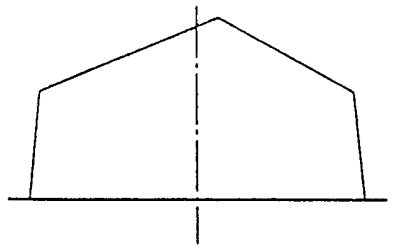
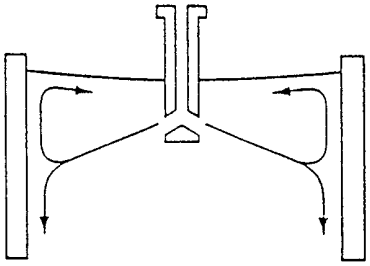
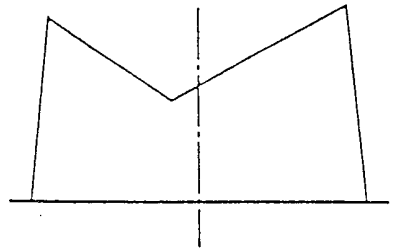
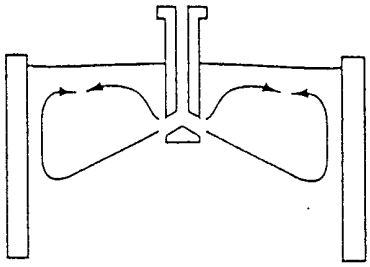
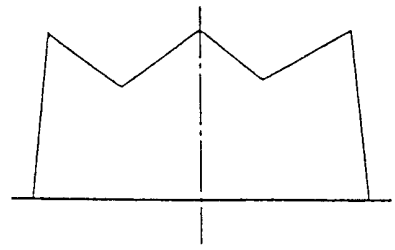
第３５図


185
180
175
170
165
160
鋳型銅板温度（℃）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

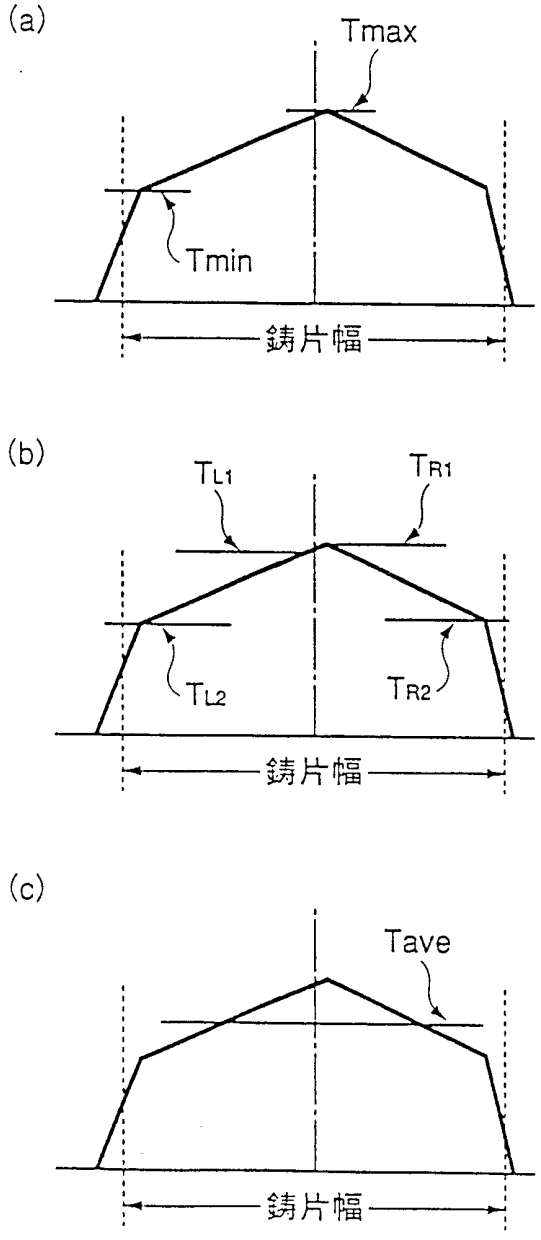
第３６図


30
25
20
15
10
5
0
溶鋼流速（cm/sec）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳片幅方向位置（mm）

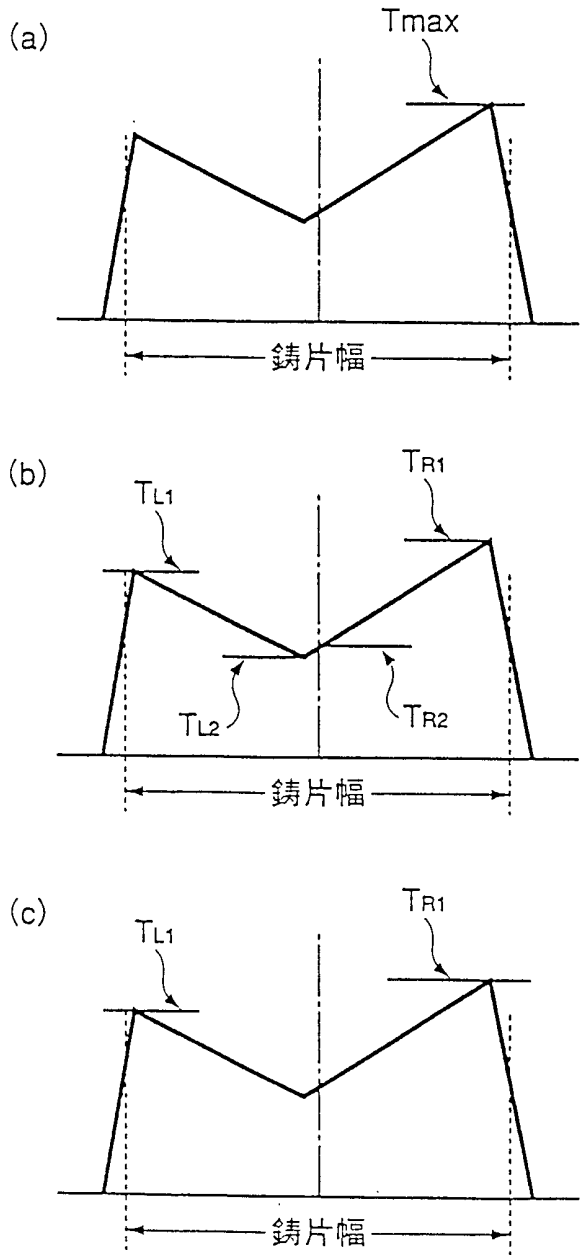
第３７図

パターンNo	溶鋼流動パターン	長辺銅板温度分布
0		
1		
2		
3		

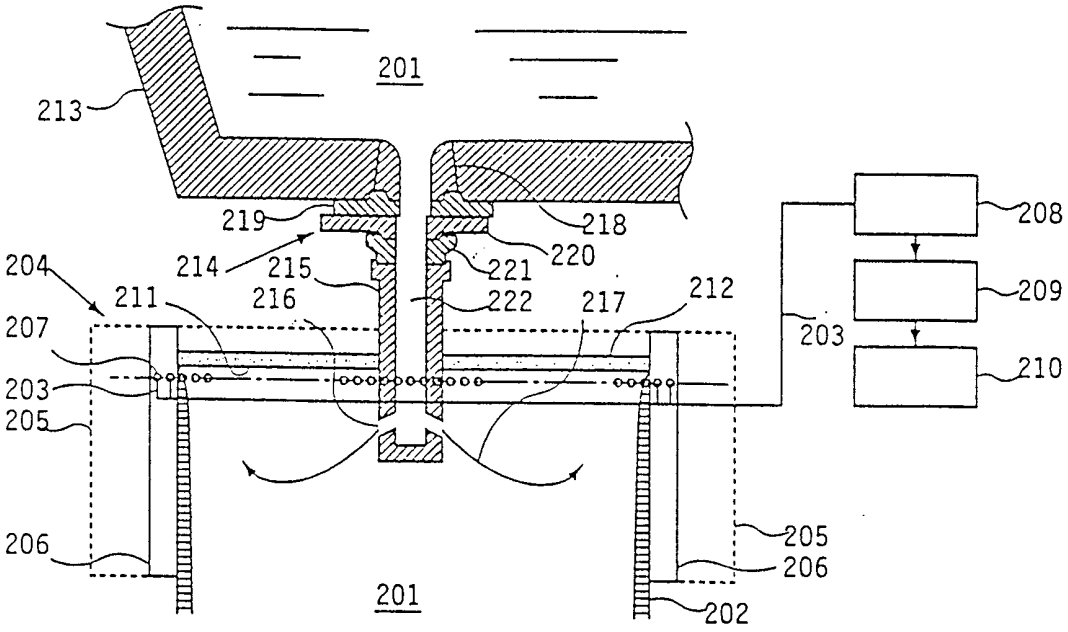
第３８図



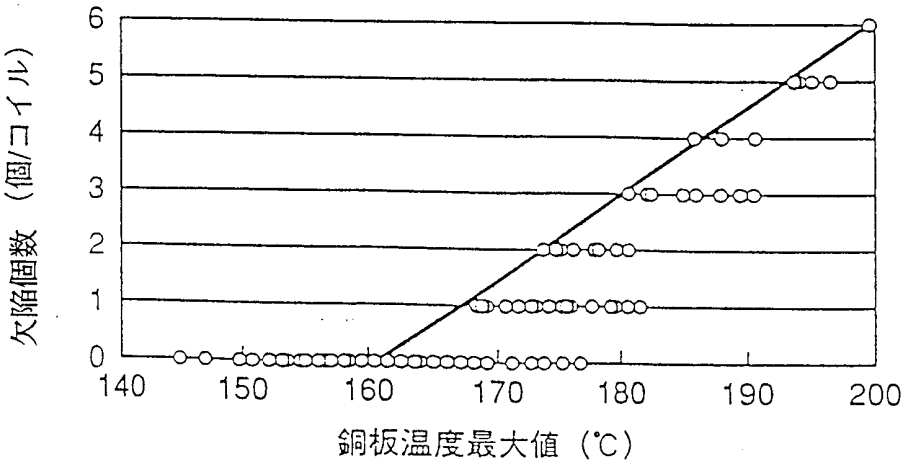
第３９図



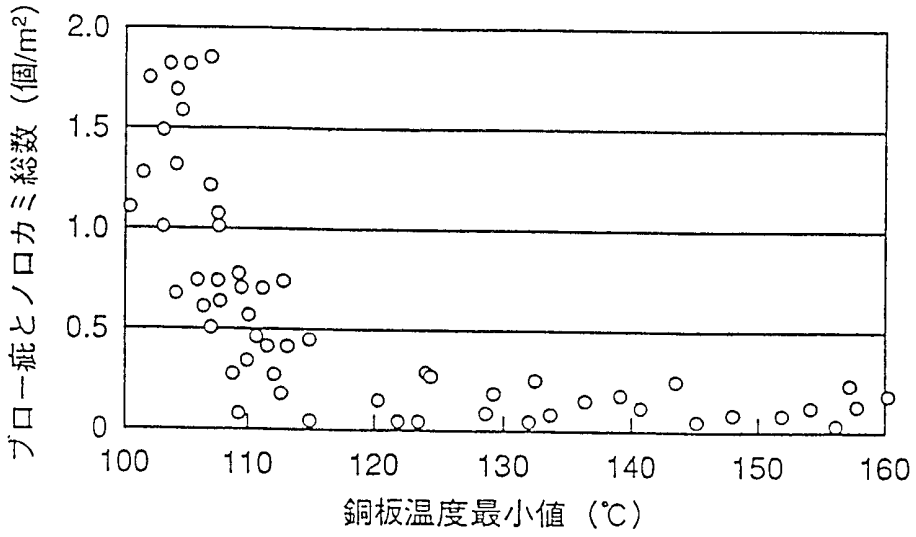
第４０図


201
213
219
218
208
204
214
215
221
220
209
211
216
222
217
212
207
203
210
205
206
205
206
201
202

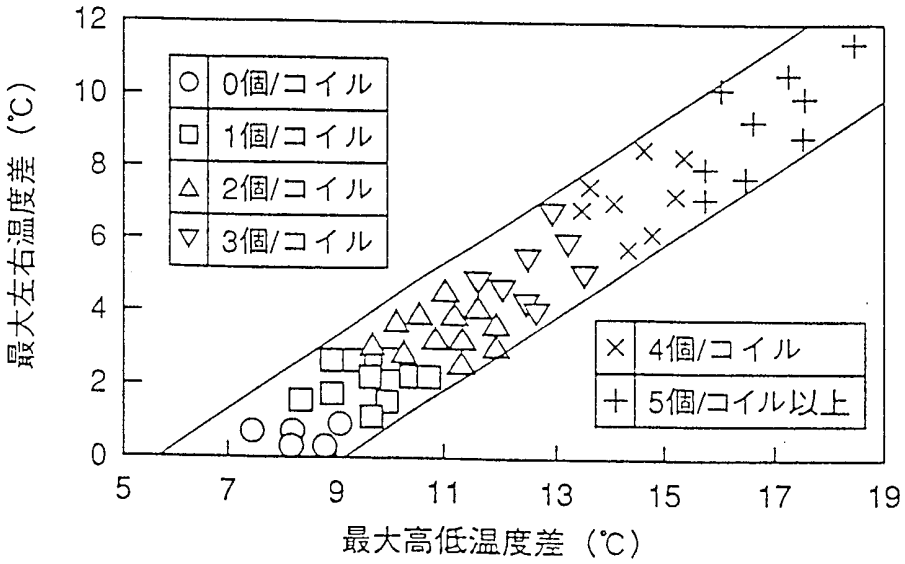
第４１図


欠陥個数（個/コイル）
0
1
2
3
4
5
6
140
150
160
170
180
190
200
鋼板温度最大値（℃）

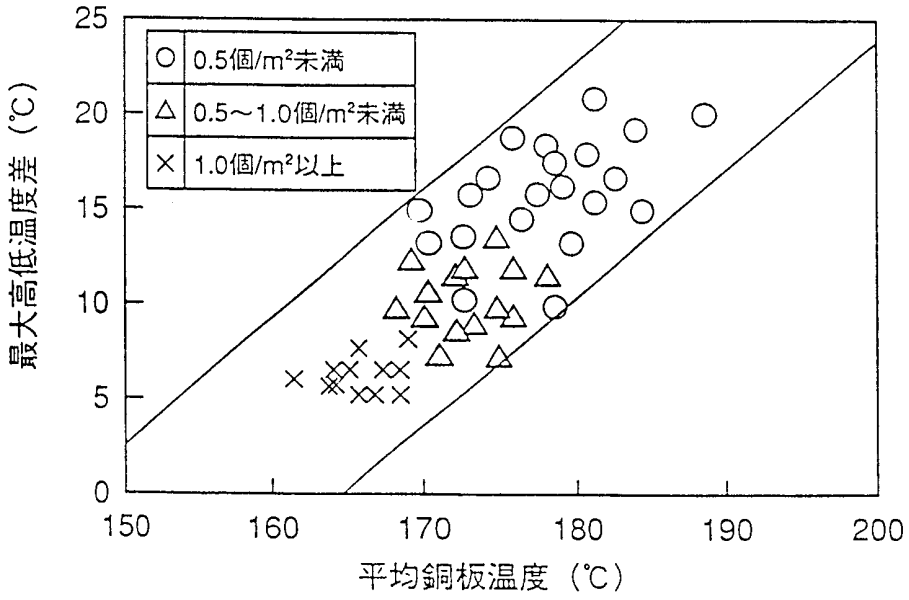
第４２図


ブロー疵とノロカミ総数（個/m²）
2.0
1.5
1.0
0.5
0
100
110
120
130
140
150
160
鋼板温度最小値（℃）

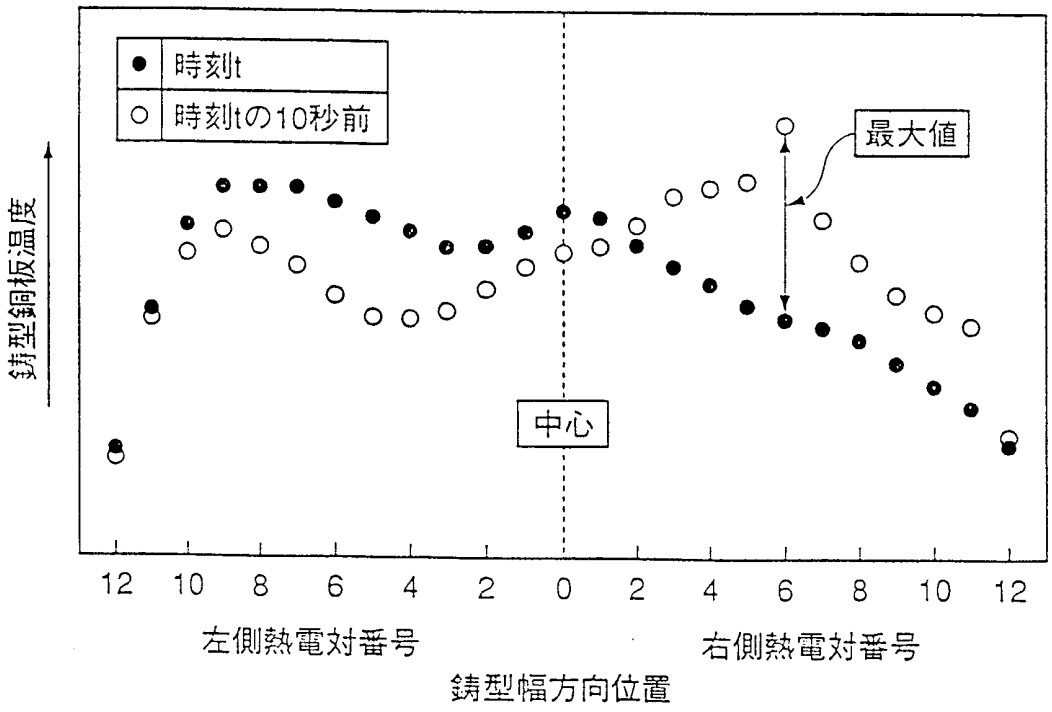
第４３図


最大左右温度差（℃）
12
10
8
6
4
2
0
5
7
9
11
13
15
17
19
最大高低温度差（℃）
0個/コイル
1個/コイル
2個/コイル
3個/コイル
4個/コイル
5個/コイル以上

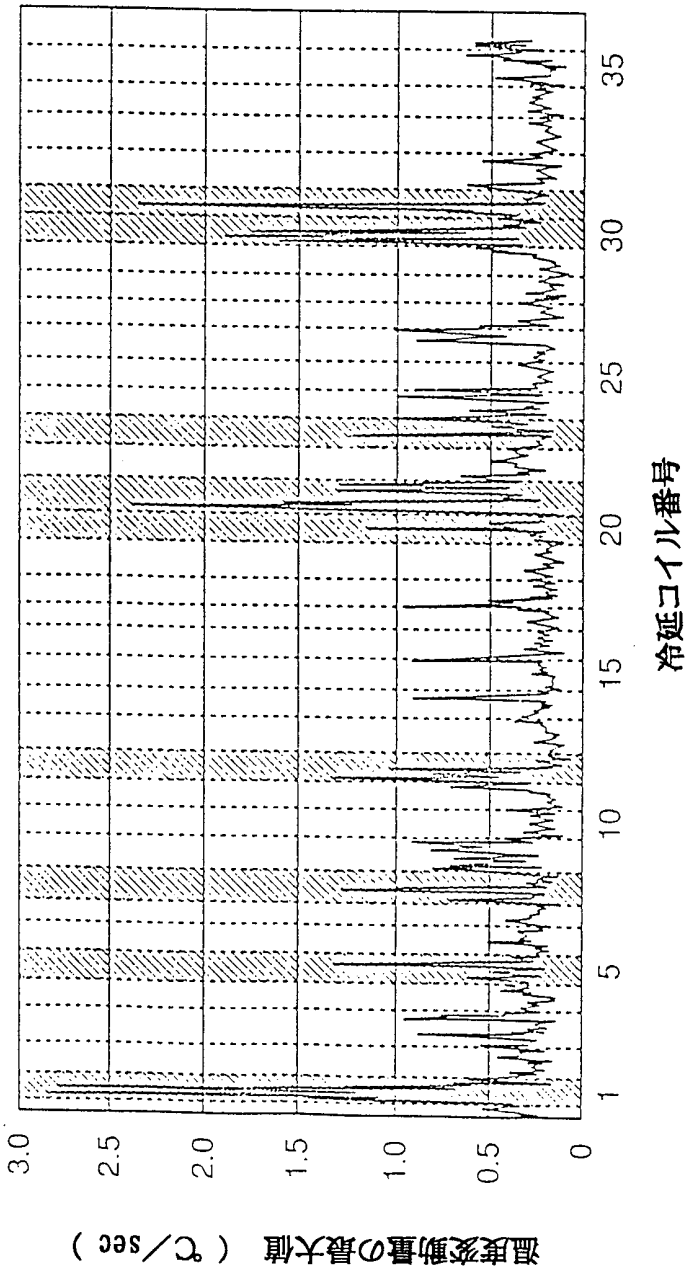
第４４図


○ 0.5個/m²未満
△ 0.5～1.0個/m²未満
× 1.0個/m²以上
最大高低温度差（℃）
平均銅板温度（℃）
0
5
10
15
20
25
150
160
170
180
190
200

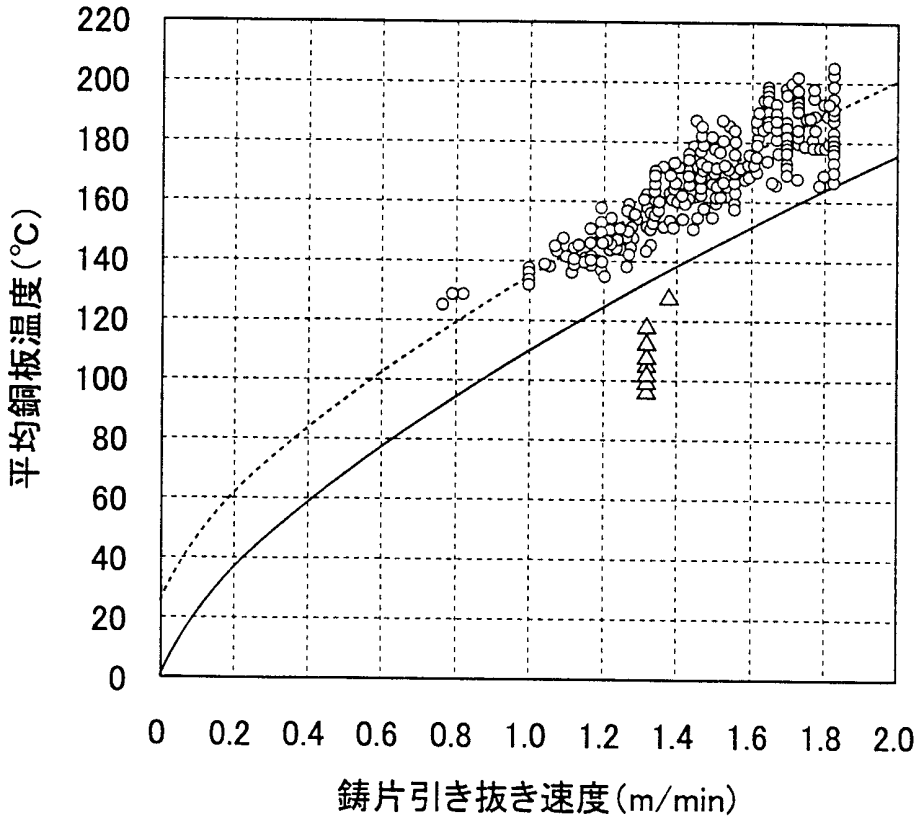
第４５図


時刻t
時刻tの10秒前
最大値
中心
鋳型銅板温度
12 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 12
左側熱電対番号
右側熱電対番号
鋳型幅方向位置

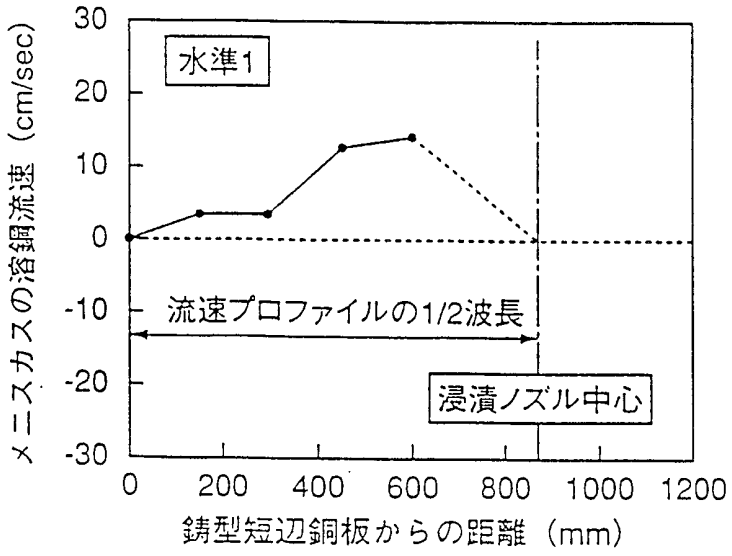
第４６図



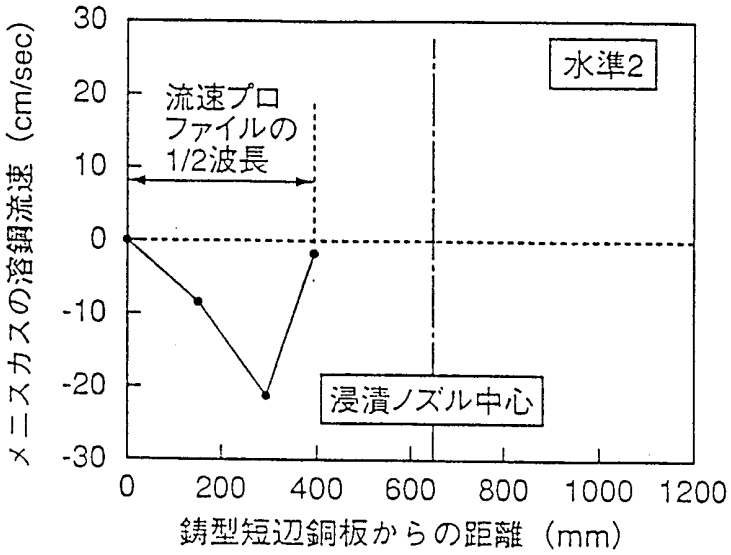
第47図


220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
平均鋼板温度(℃)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
鋳片引き抜き速度(m/min)

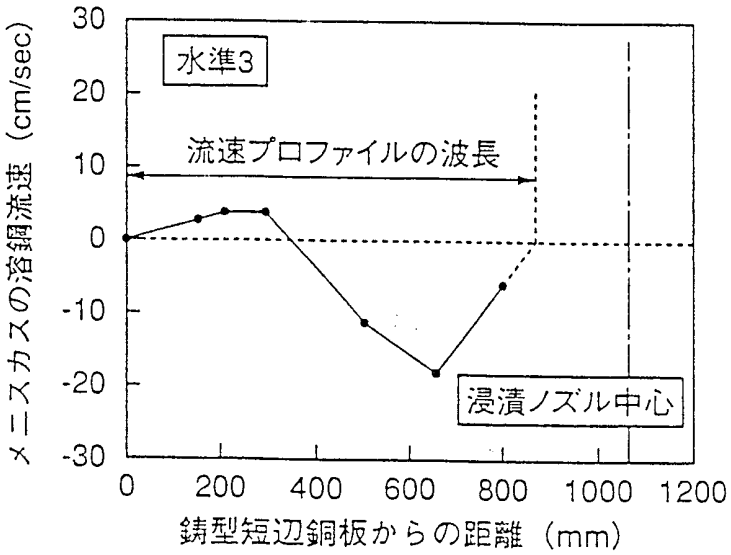
第４８図


30
20
10
0
-10
-20
-30
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
水準1
流速プロファイルの1/2波長
浸漬ノズル中心
0
200
400
600
800
1000
1200
鋳型短辺銅板からの距離（mm）

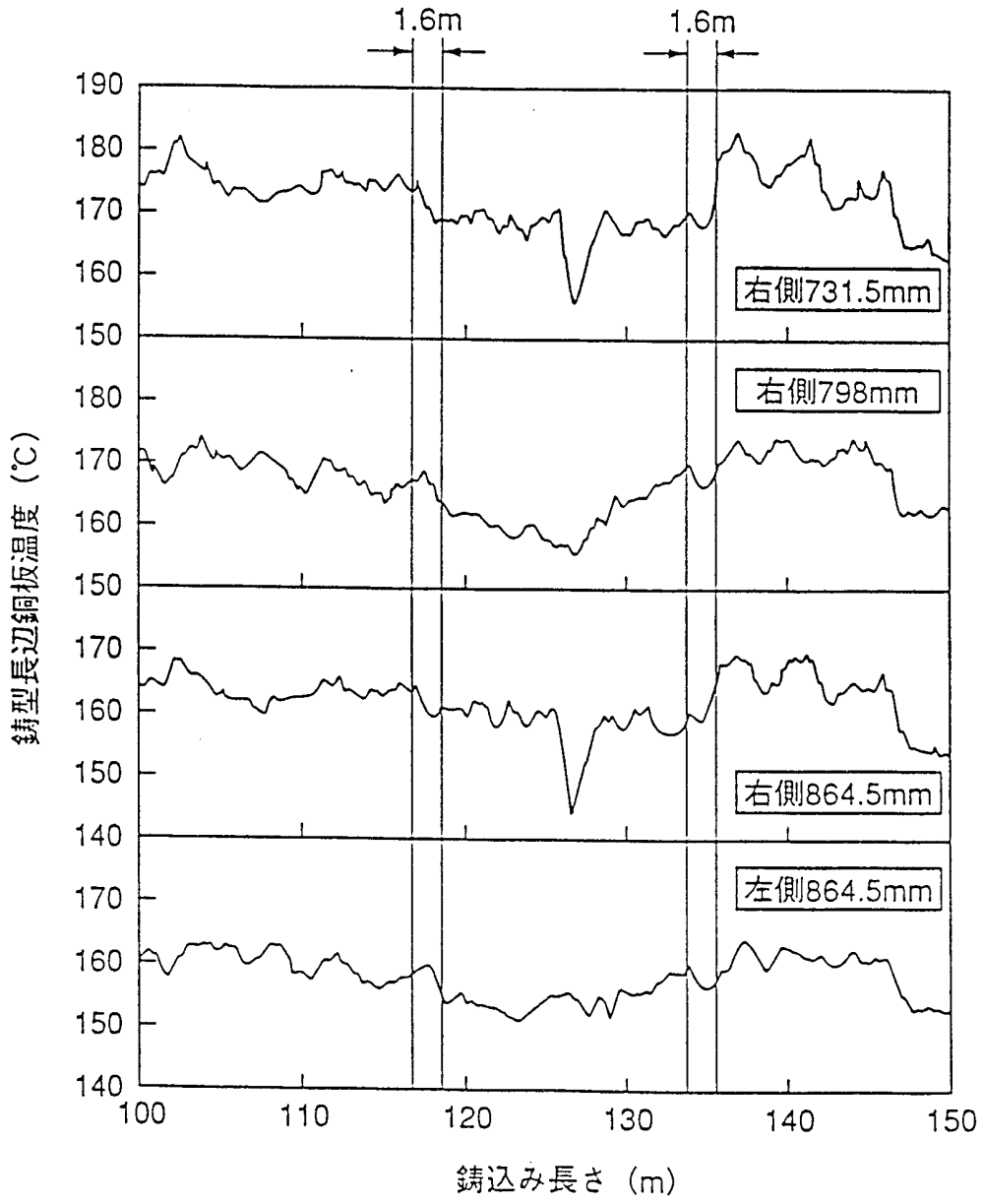
第４９図


30
20
10
0
-10
-20
-30
0
200
400
600
800
1000
1200
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
鋳型短辺銅板からの距離（mm）
水準2
流速プロファイルの1/2波長
浸漬ノズル中心

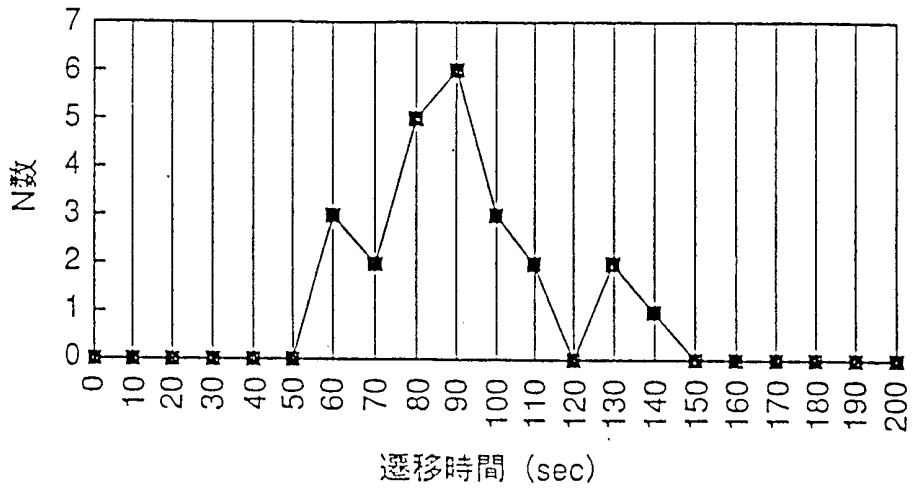
第５０図


30
20
10
0
-10
-20
-30
0
200
400
600
800
1000
1200
メニスカスの溶鋼流速（cm/sec）
鋳型短辺銅板からの距離（mm）
水準3
流速プロファイルの波長
浸漬ノズル中心

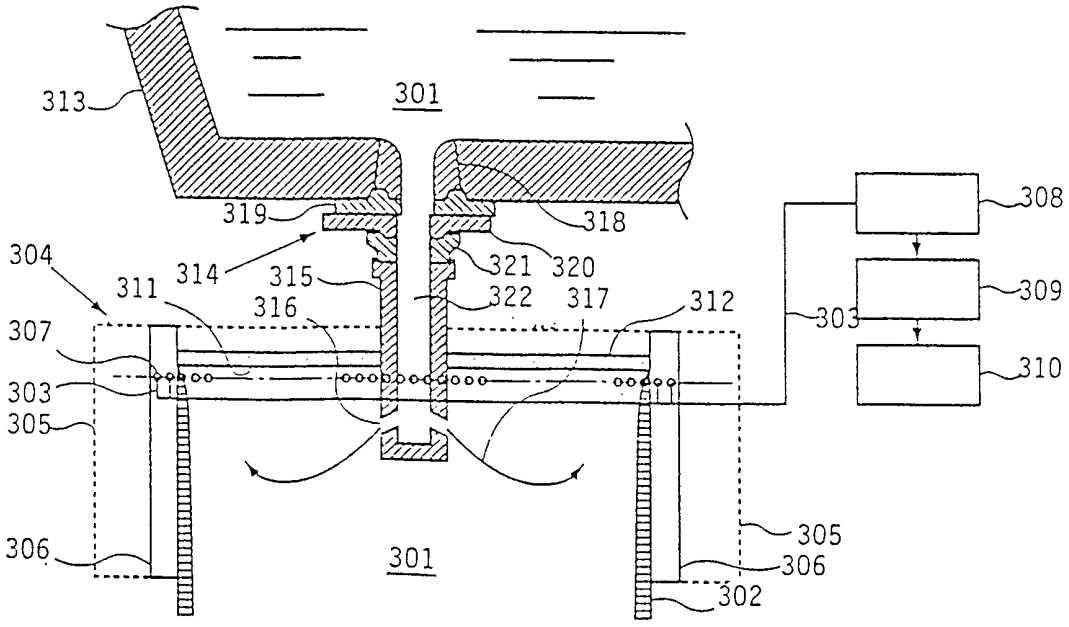
第５１図


1.6m
1.6m
右側731.5mm
右側798mm
右側864.5mm
左側864.5mm
鋳型長辺銅板温度（℃）
鋳込み長さ（m）
190
180
170
160
150
140
100
110
120
130
140
150

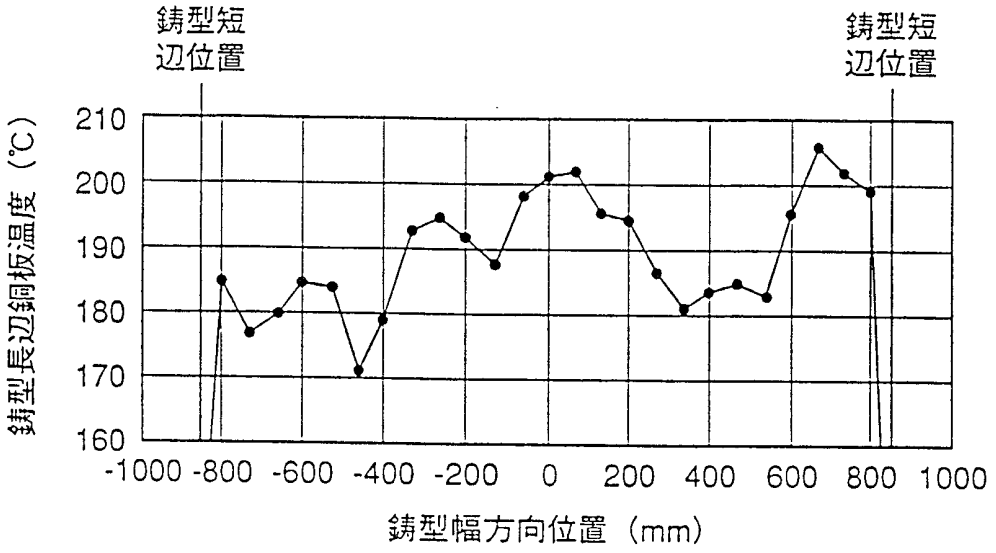
第５２図


N数
0
1
2
3
4
5
6
7
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
遷移時間（sec）

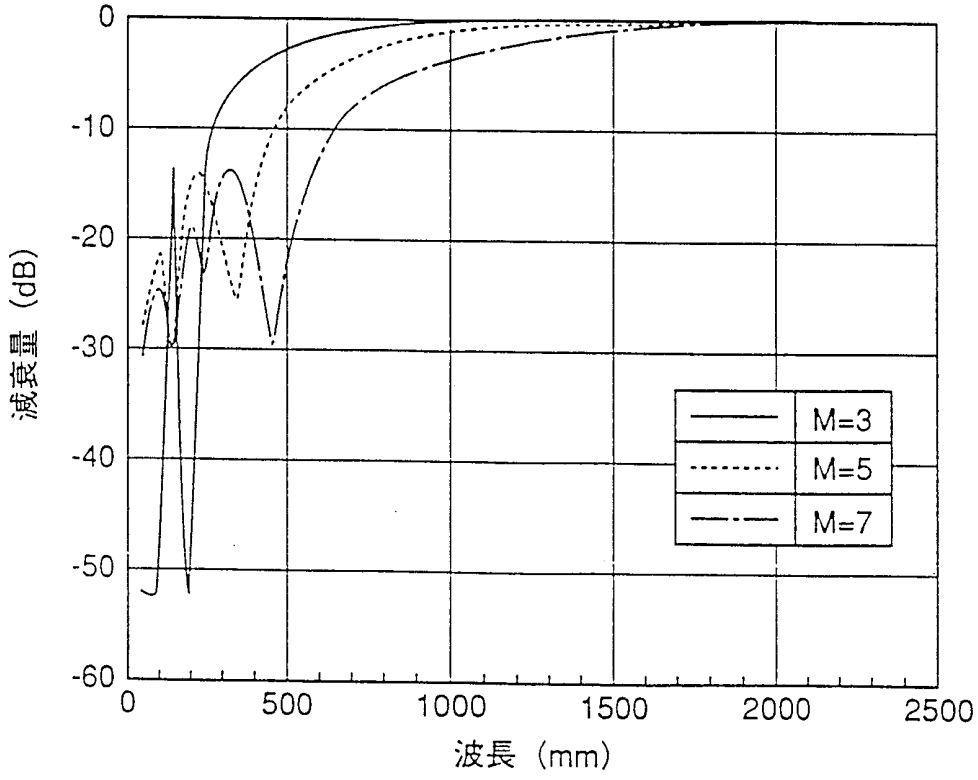
第５３図


313
301
319
318
304
314
315
321
320
311
316
322
317
312
307
303
308
309
310
305
306
301
305
306
302

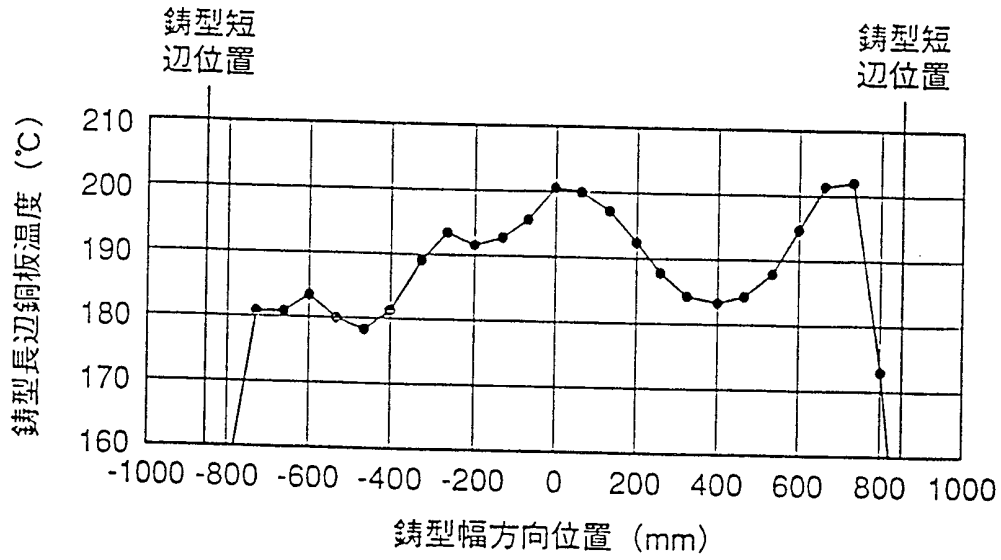
第５４図


鋳型短
辺位置
鋳型短
辺位置
210
200
190
180
170
160
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

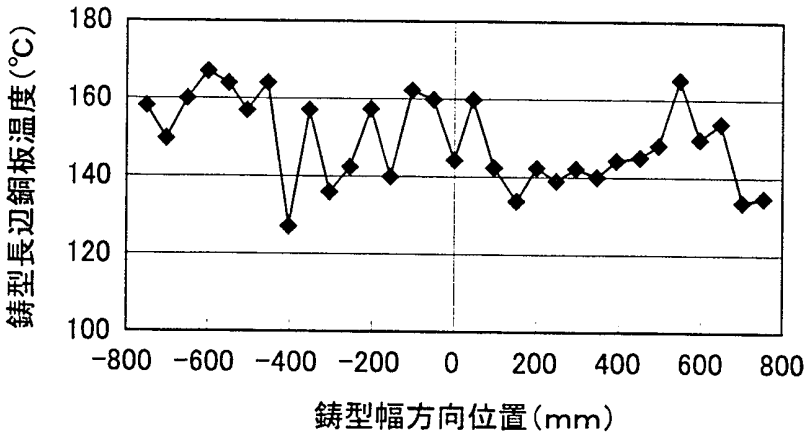
第５５図


0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
減衰量（dB）
0 500 1000 1500 2000 2500
波長（mm）
M=3
M=5
M=7

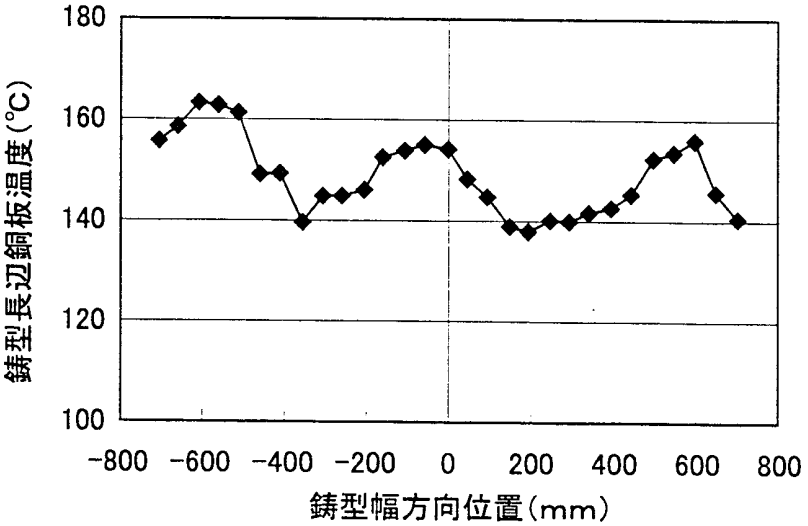
第５６図


鋳型短
辺位置
鋳型短
辺位置
210
200
190
180
170
160
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

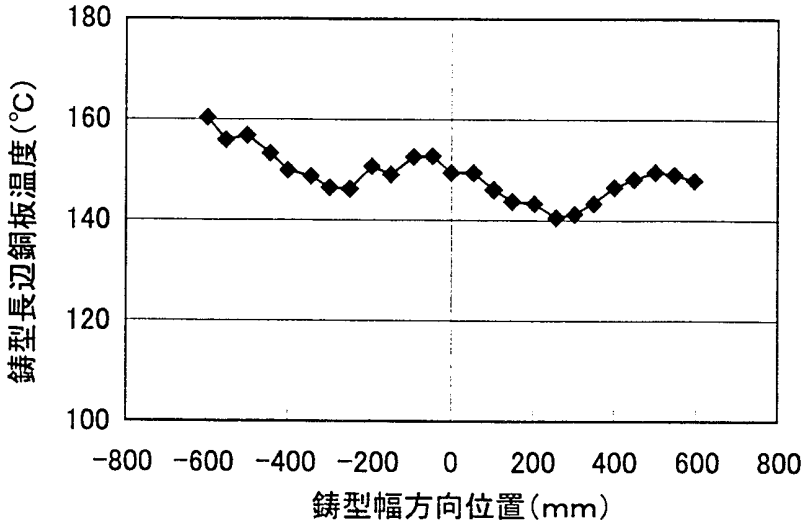
第57図


180
160
140
120
100
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型長辺銅板温度(℃)
鋳型幅方向位置(mm)

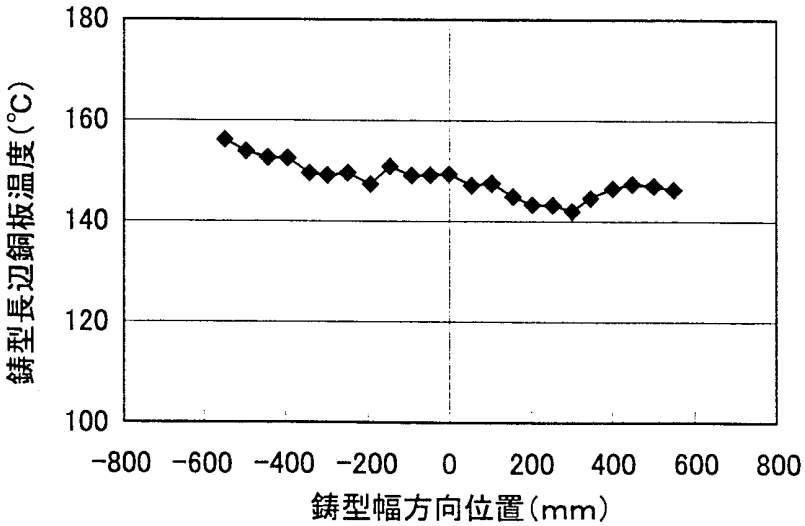
第58図


180
160
140
120
100
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型長辺銅板温度(℃)
鋳型幅方向位置(mm)

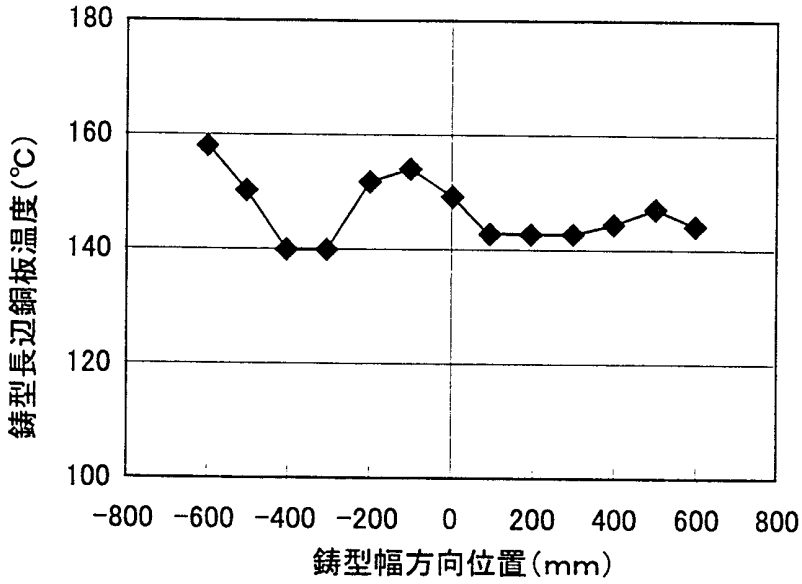
第59図


180
160
140
120
100
鋳型長辺銅板温度(℃)
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型幅方向位置(mm)

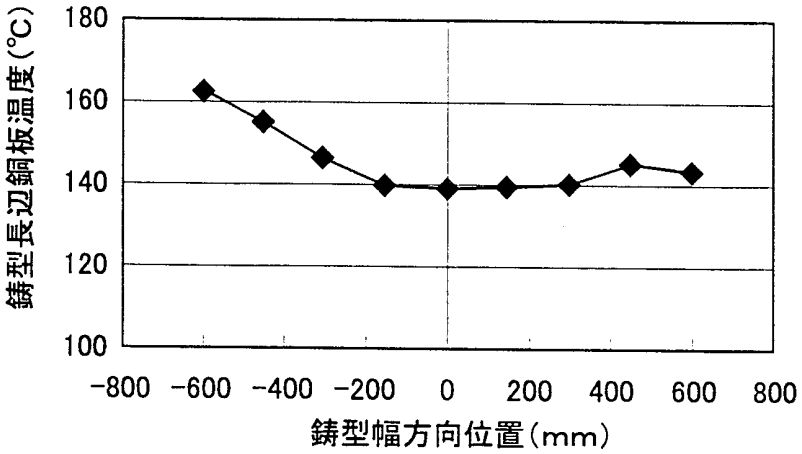
第60図


180
160
140
120
100
鋳型長辺銅板温度(℃)
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型幅方向位置(mm)

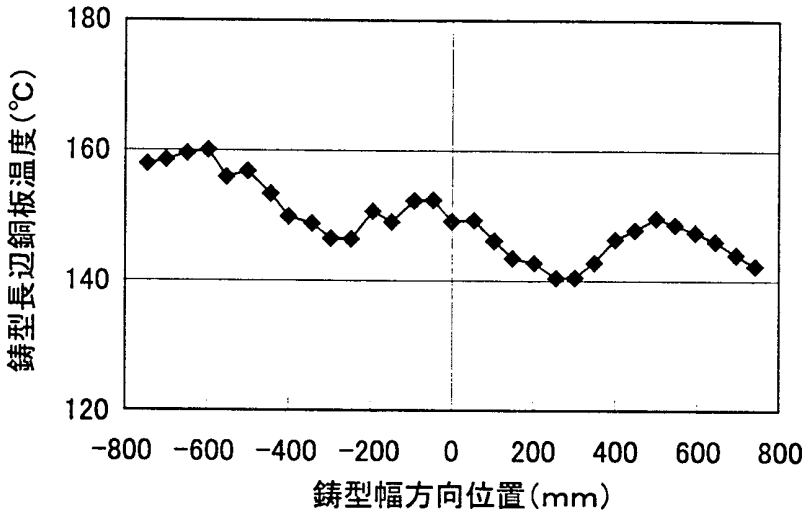
第61図


180
160
140
120
100
鋳型長辺銅板温度(℃)
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型幅方向位置(mm)

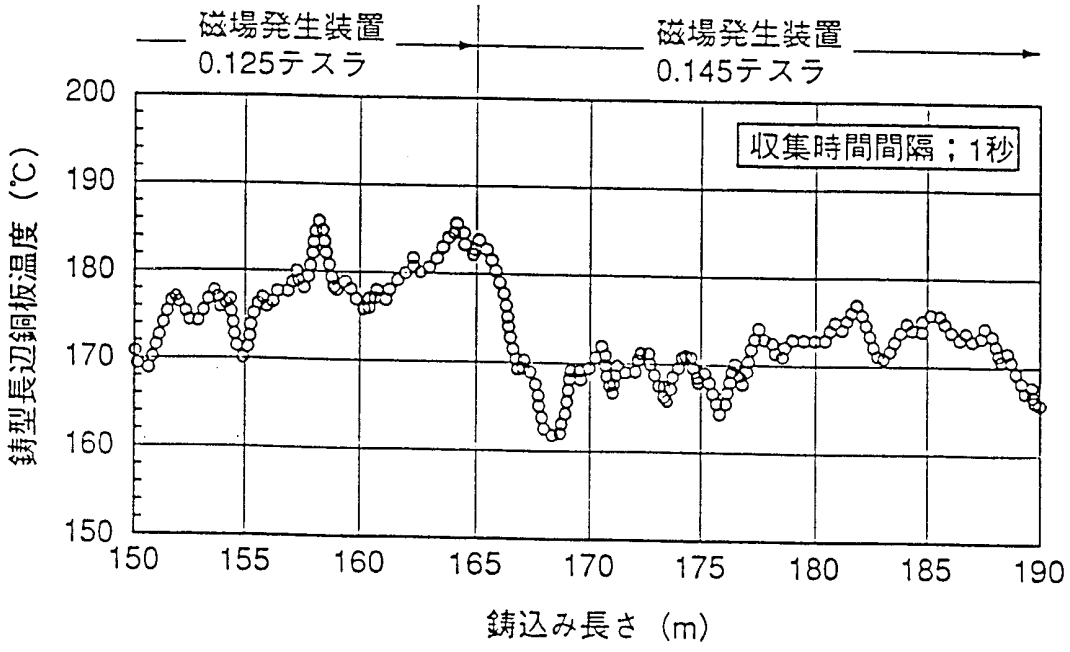
第62図


180
160
140
120
100
鋳型長辺銅板温度(℃)
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型幅方向位置(mm)

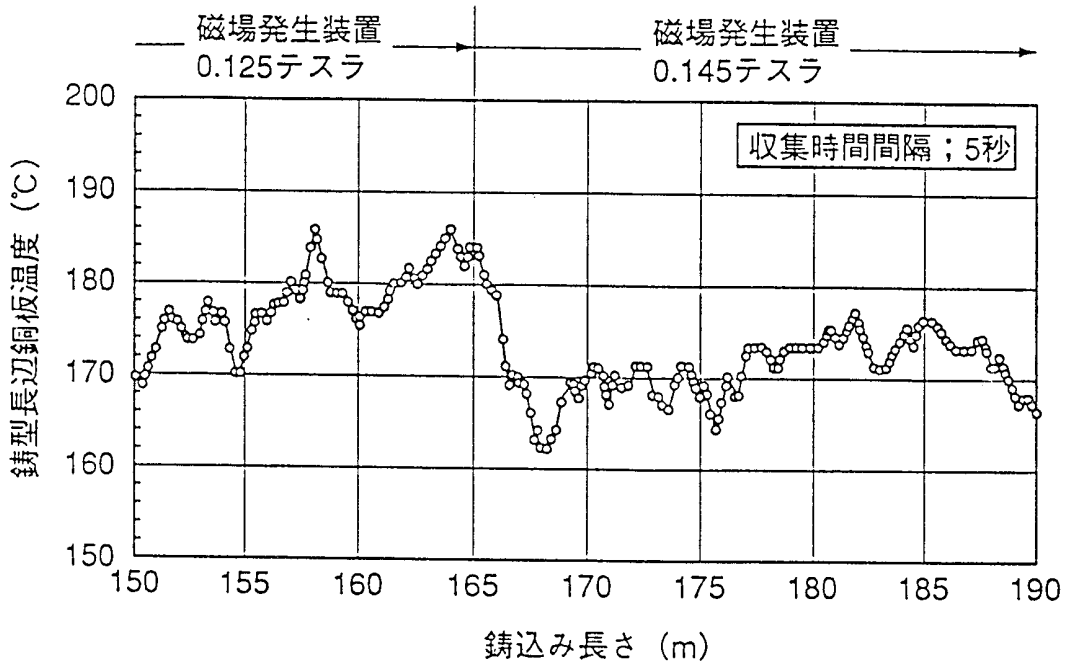
第63図


180
160
140
120
鋳型長辺銅板温度(℃)
-800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800
鋳型幅方向位置(mm)

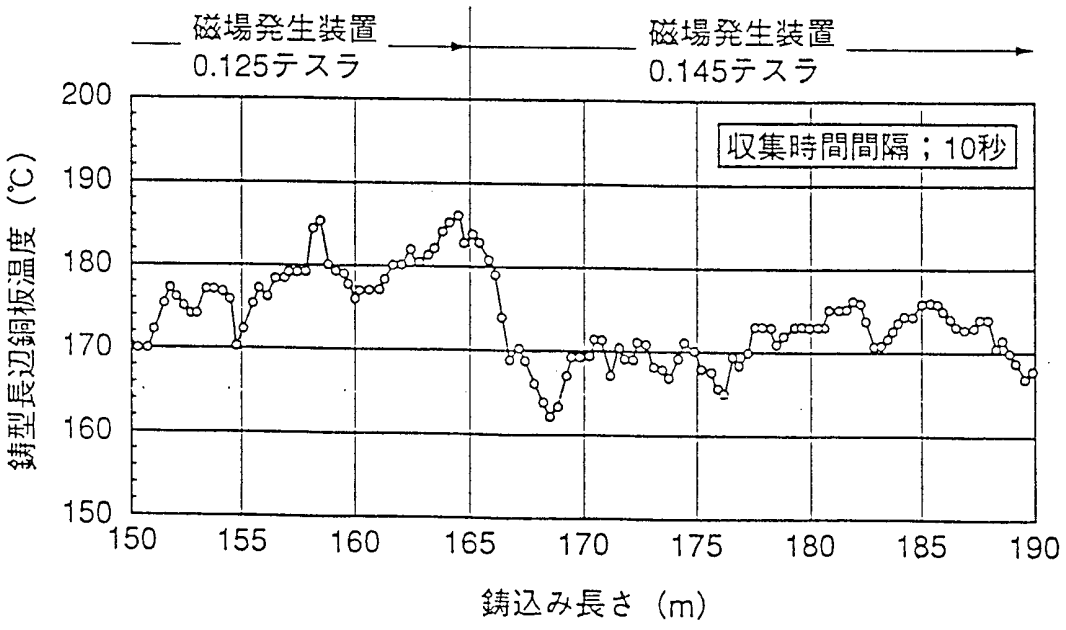
第６４図


磁場発生装置
0.125テスラ
磁場発生装置
0.145テスラ
収集時間間隔；1秒
鋳型長辺銅板温度（℃）
200
190
180
170
160
150
150
155
160
165
170
175
180
185
190
鋳込み長さ（m）

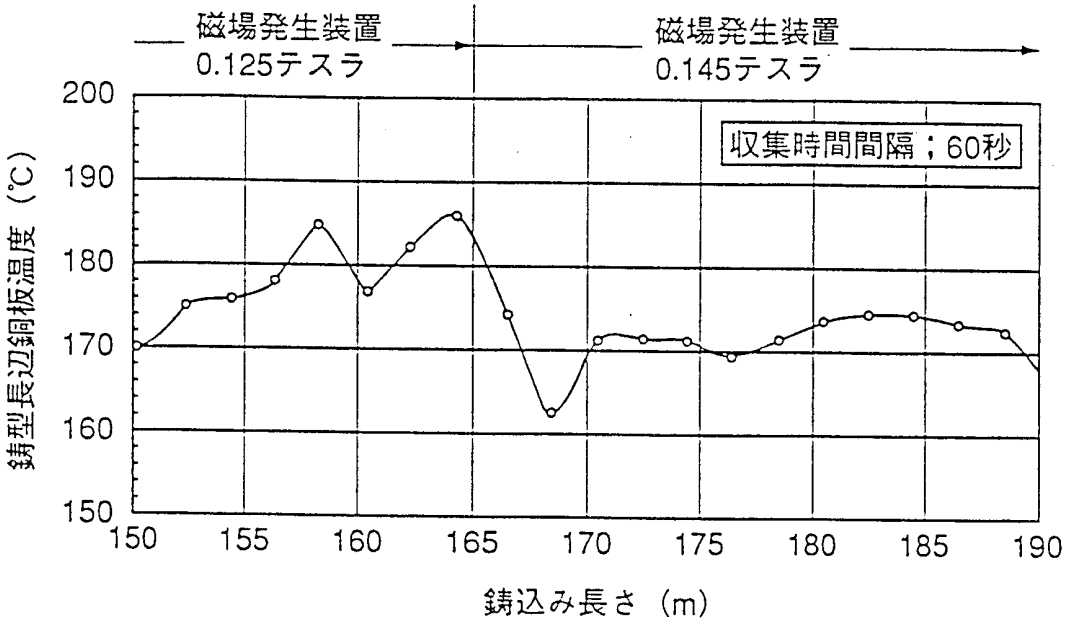
第６５図


磁場発生装置
0.125テスラ
磁場発生装置
0.145テスラ
収集時間間隔；5秒
鋳型長辺銅板温度（℃）
200
190
180
170
160
150
150
155
160
165
170
175
180
185
190
鋳込み長さ（m）

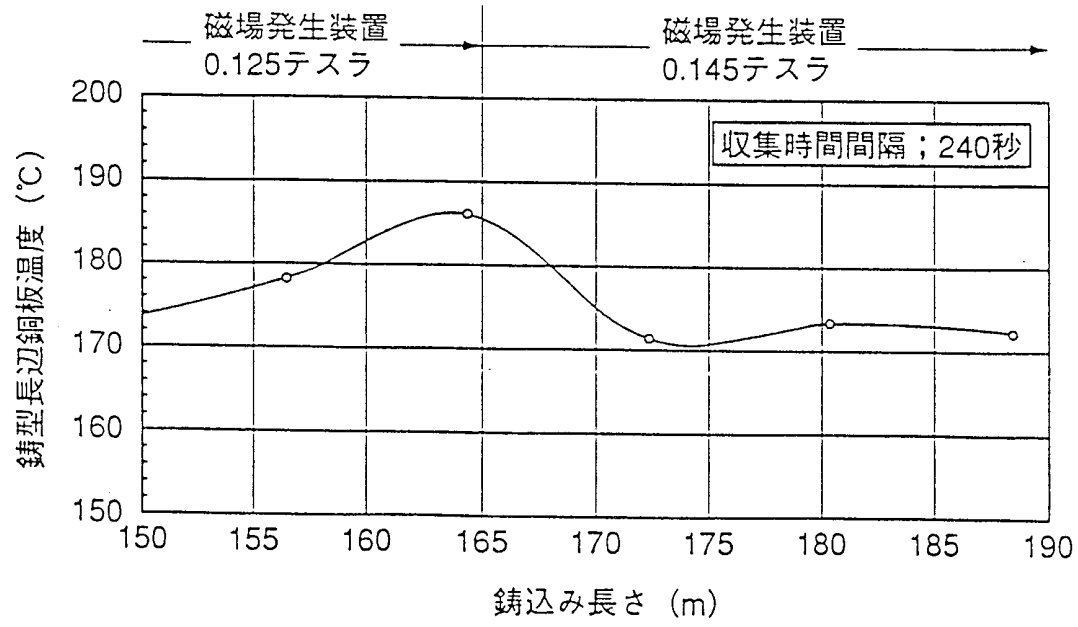
第６６図


磁場発生装置
0.125テスラ
磁場発生装置
0.145テスラ
収集時間間隔；10秒
鋳型長辺銅板温度（℃）
200
190
180
170
160
150
150
155
160
165
170
175
180
185
190
鋳込み長さ（m）

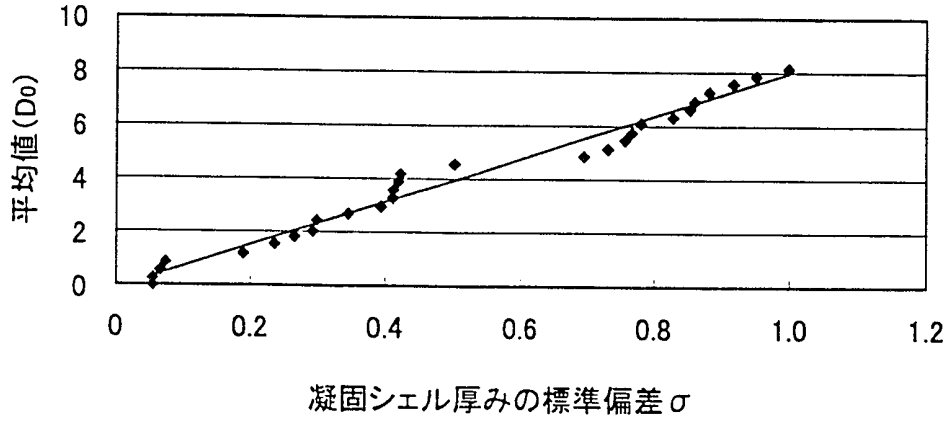
第６７図


磁場発生装置
0.125テスラ
磁場発生装置
0.145テスラ
収集時間間隔；60秒
鋳型長辺銅板温度（℃）
200
190
180
170
160
150
150
155
160
165
170
175
180
185
190
鋳込み長さ（m）

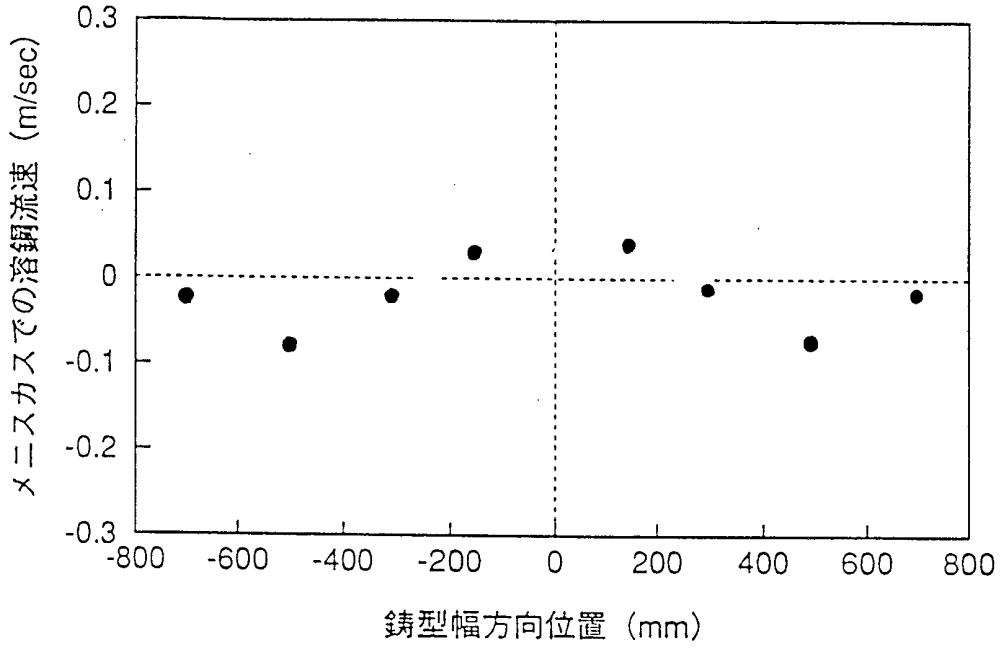
第６８図


磁場発生装置
0.125テスラ
磁場発生装置
0.145テスラ
収集時間間隔；240秒
鋳型長辺銅板温度（℃）
200
190
180
170
160
150
150
155
160
165
170
175
180
185
190
鋳込み長さ（m）

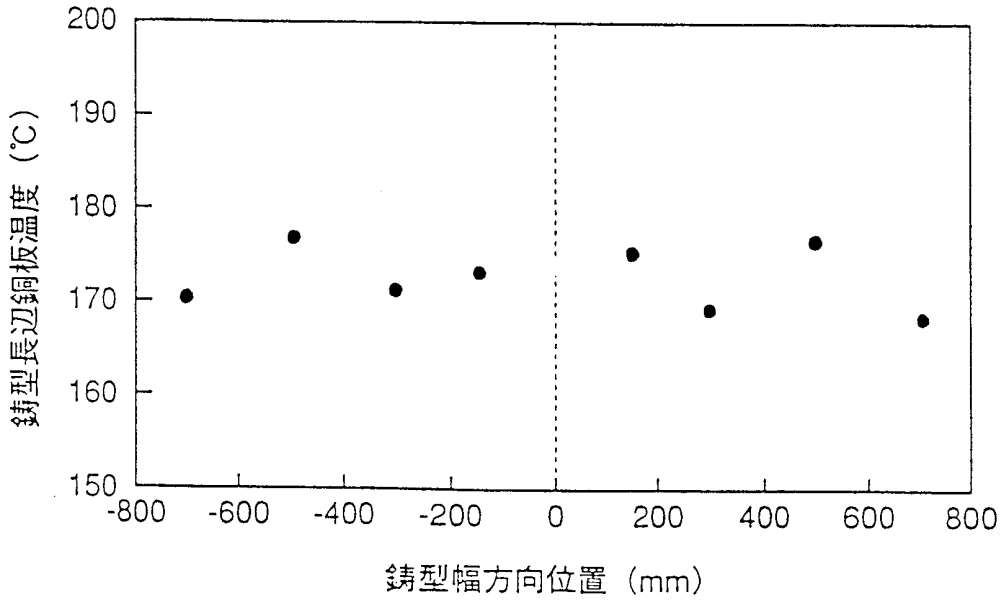
第６９図



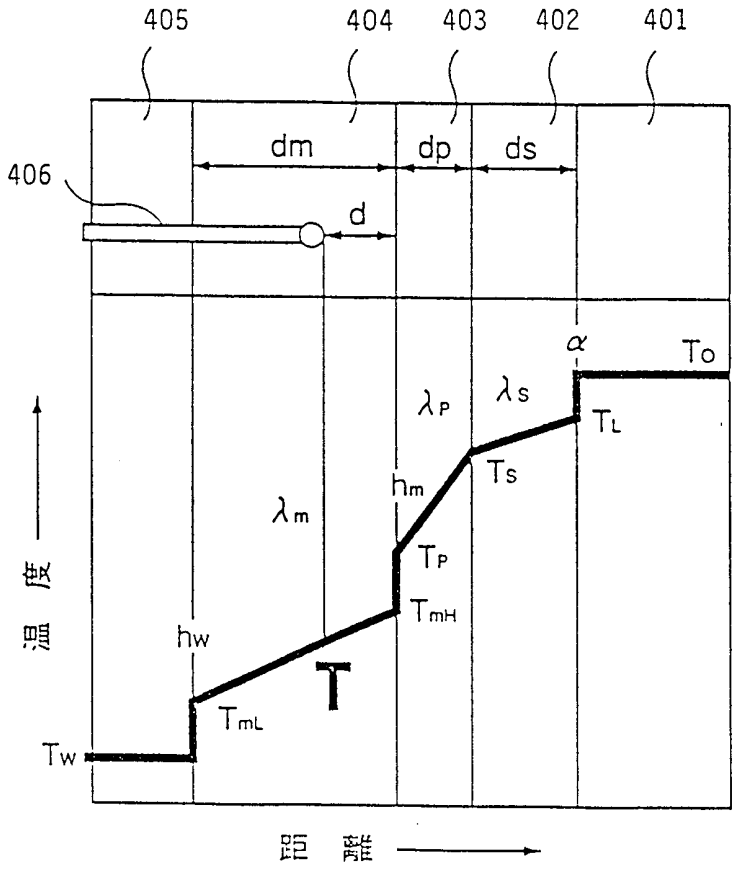
第７０図


0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
メニスカスでの溶鋼流速（m/sec）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

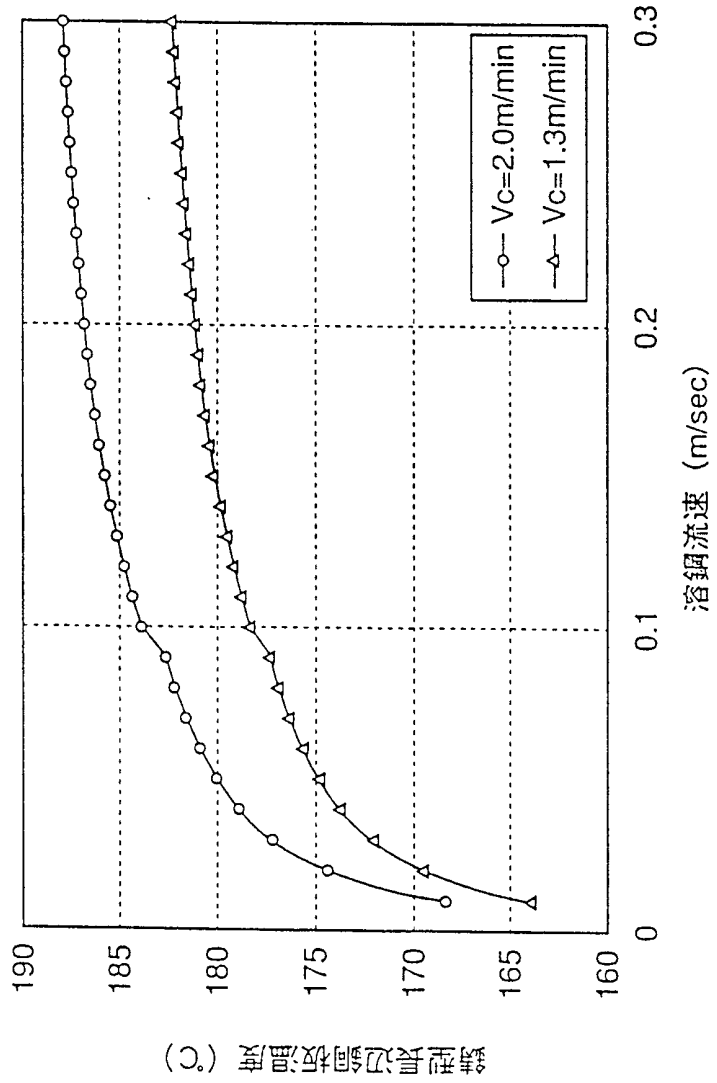
第７１図


200
190
180
170
160
150
鋳型長辺銅板温度（℃）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

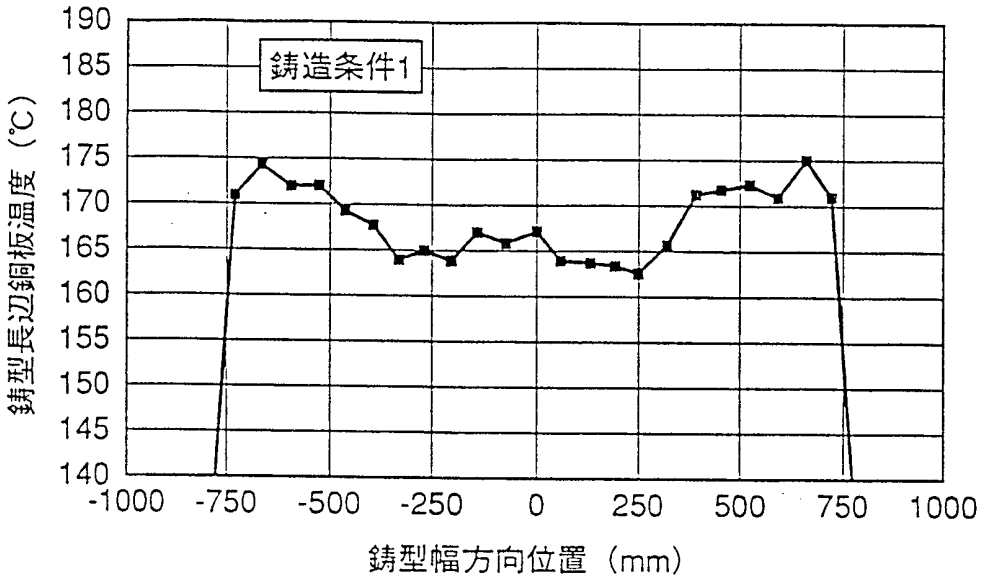
第７２図


405
404
403
402
401
406
dm
dp
ds
d
α
To
λP
λs
TL
Ts
hm
λm
TP
TmH
hw
T
TmL
Tw
温度
距離

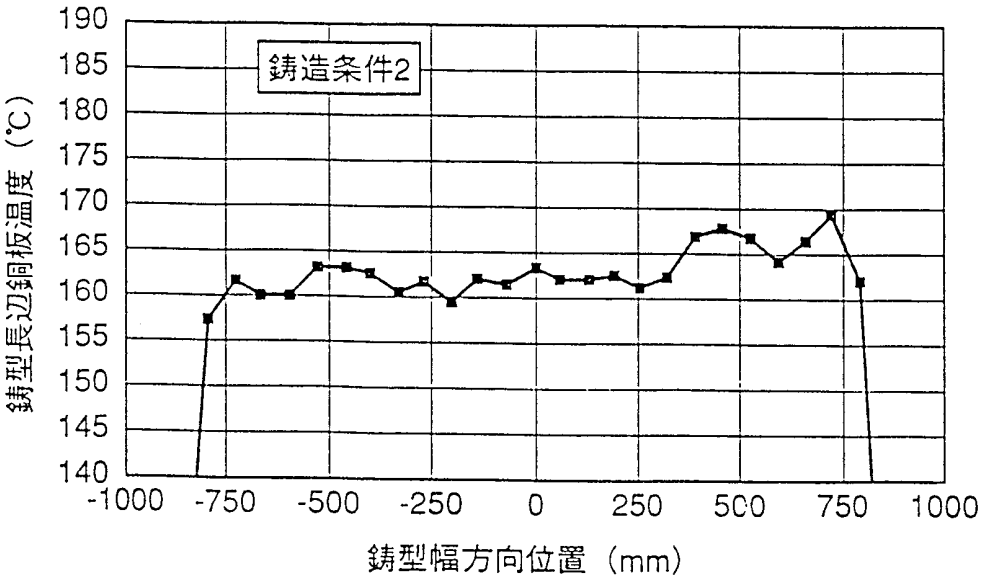
第７３図


鋳型長辺銅板温度（℃）
190
185
180
175
170
165
160
0
0.1
0.2
0.3
溶鋼流速（m/sec）
Vc=2.0m/min
Vc=1.3m/min

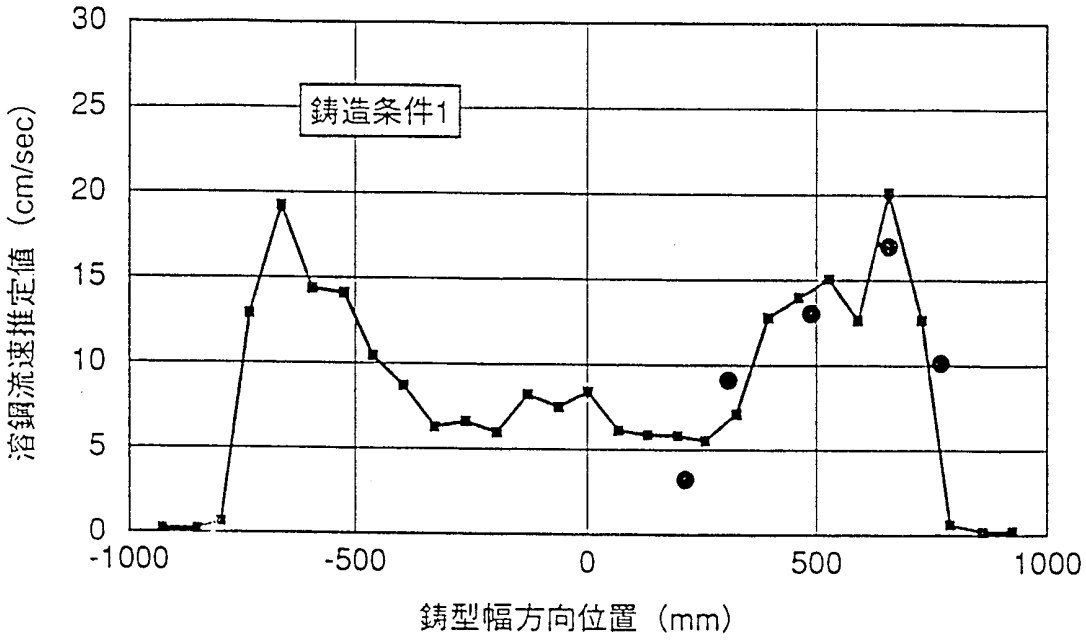
第７４図


鋳造条件1
鋳型長辺銅板温度（℃）
190
185
180
175
170
165
160
155
150
145
140
-1000
-750
-500
-250
0
250
500
750
1000
鋳型幅方向位置（mm）

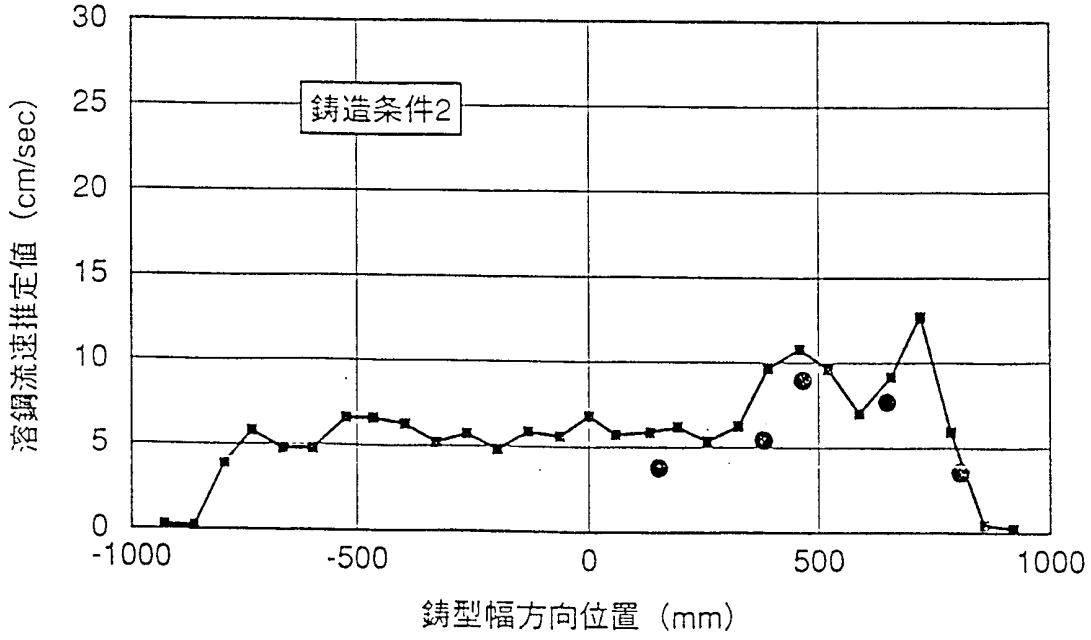
第７５図


鋳造条件2
鋳型長辺銅板温度（℃）
190
185
180
175
170
165
160
155
150
145
140
-1000
-750
-500
-250
0
250
500
750
1000
鋳型幅方向位置（mm）

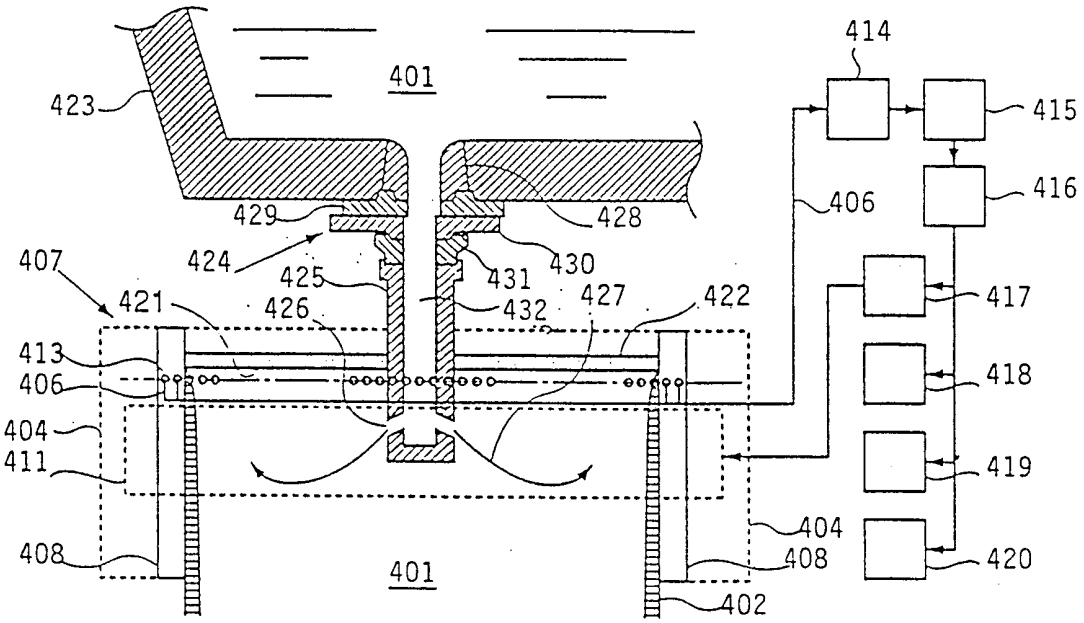
第７６図


30
25
20
15
10
5
0
-1000
-500
0
500
1000
鋳造条件1
溶鋼流速推定値（cm/sec）
鋳型幅方向位置（mm）

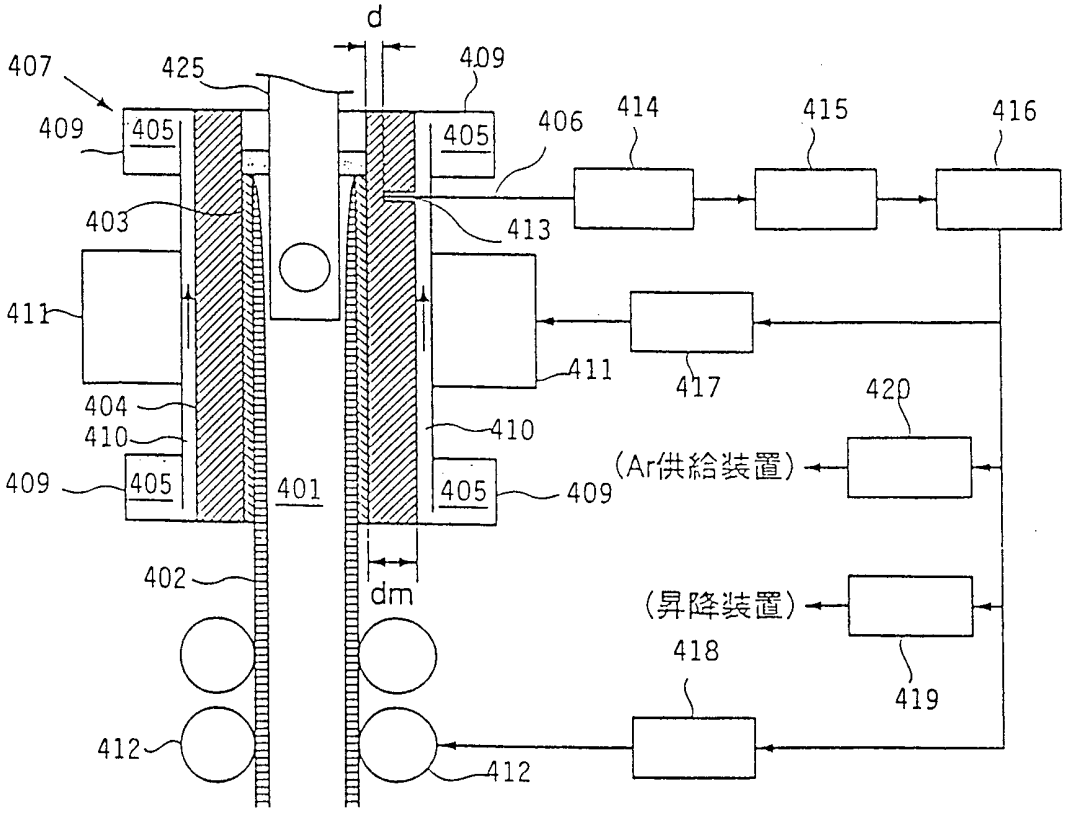
第７７図


30
25
20
15
10
5
0
-1000
-500
0
500
1000
鋳造条件2
溶鋼流速推定値（cm/sec）
鋳型幅方向位置（mm）

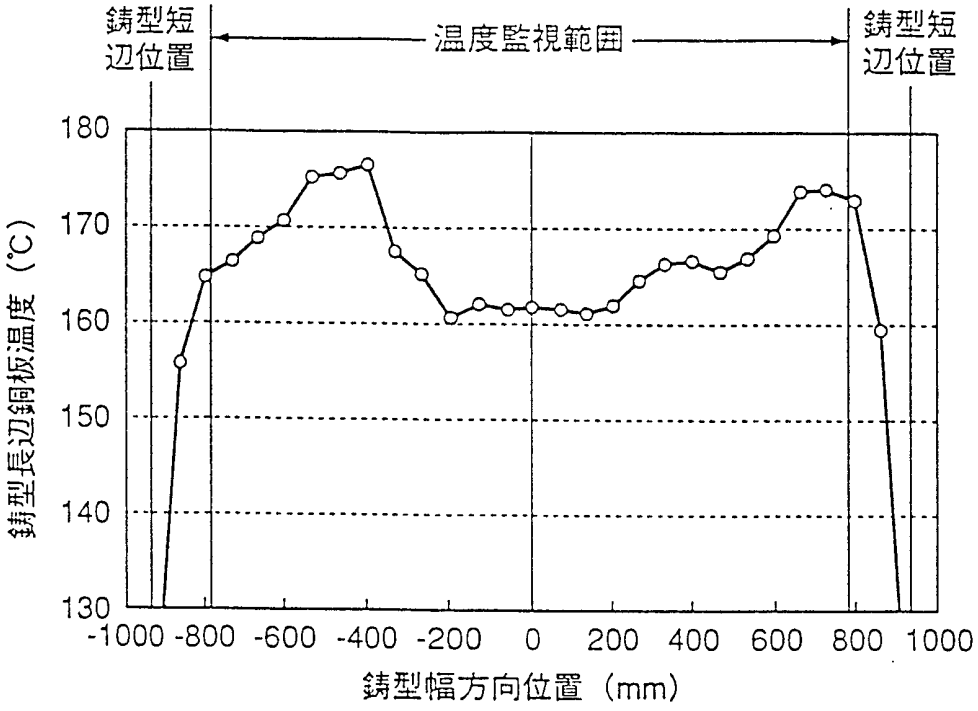
第７８図


401
423
414
415
406
416
429
428
407
424
425
431
430
421
426
432
427
422
417
413
406
418
404
411
419
404
408
408
420
401
402

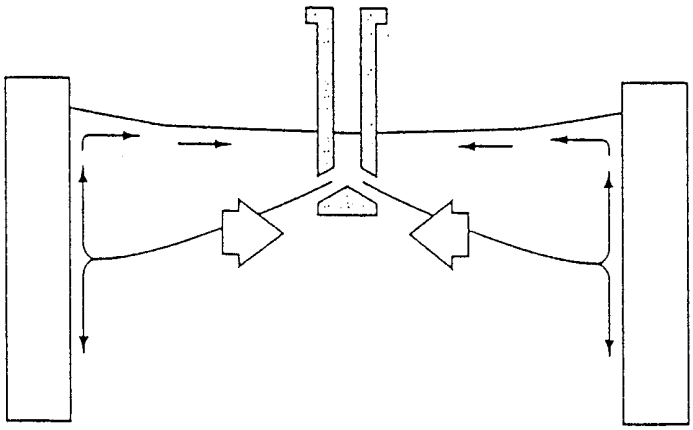
第７９図


d
407
425
409
409
405
405
406
414
415
416
403
413
411
411
417
420
404
410
410
(Ar供給装置)
409
405
401
405
409
402
dm
(昇降装置)
418
419
412
412

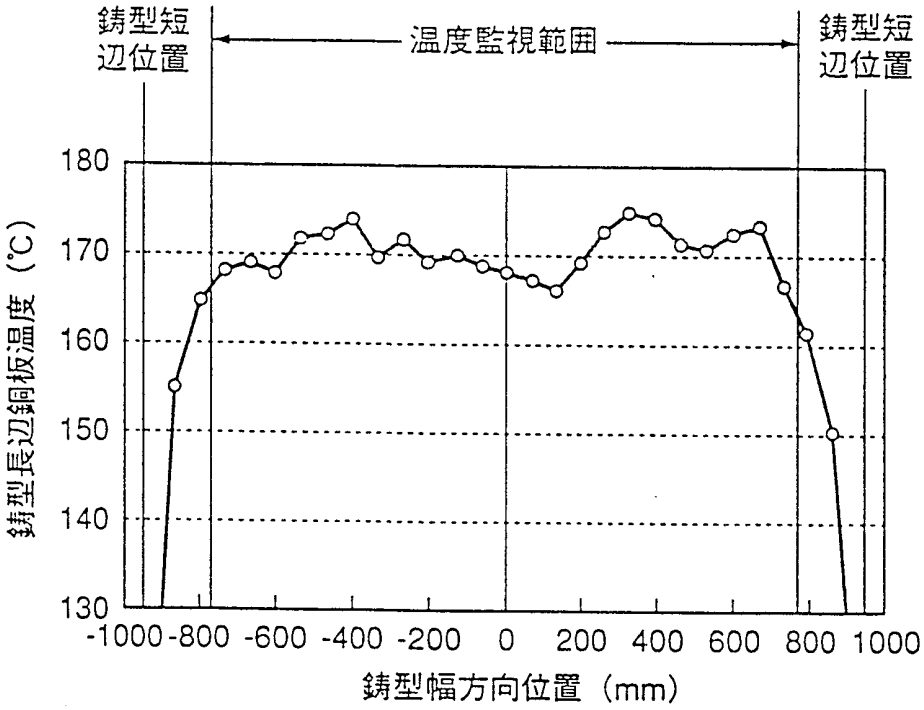
第８０図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
180
170
160
150
140
130
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

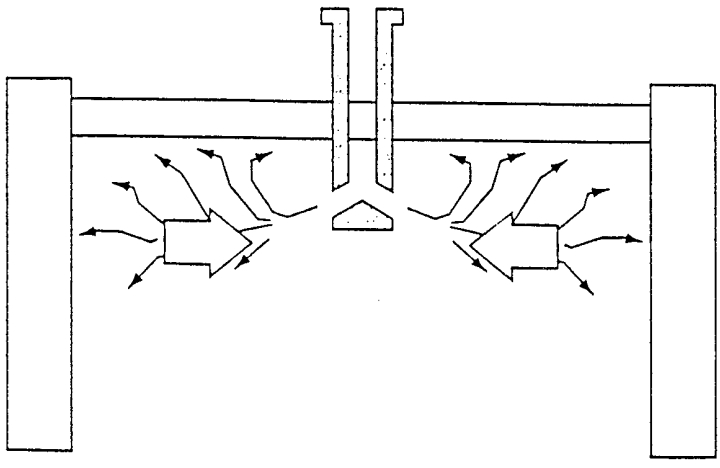
第８１図



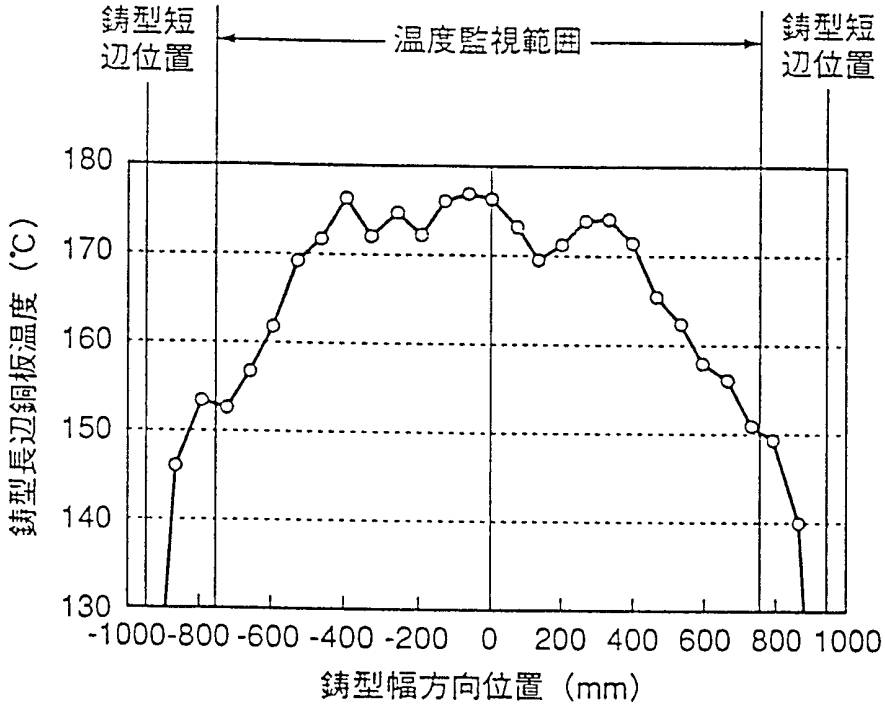
第８２図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
180
170
160
150
140
130
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

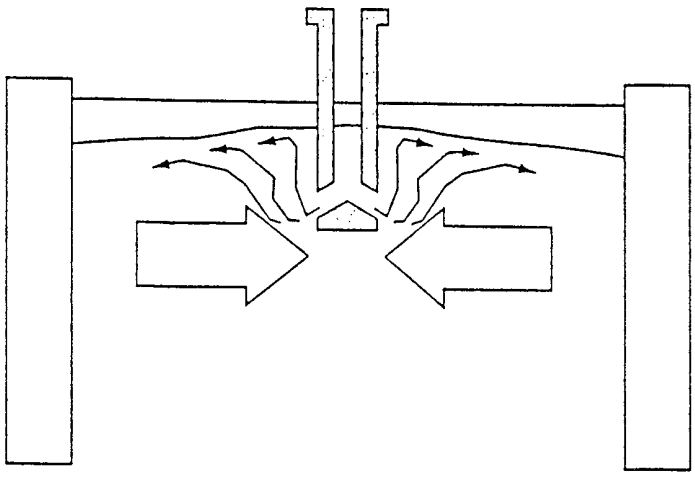
第８３図



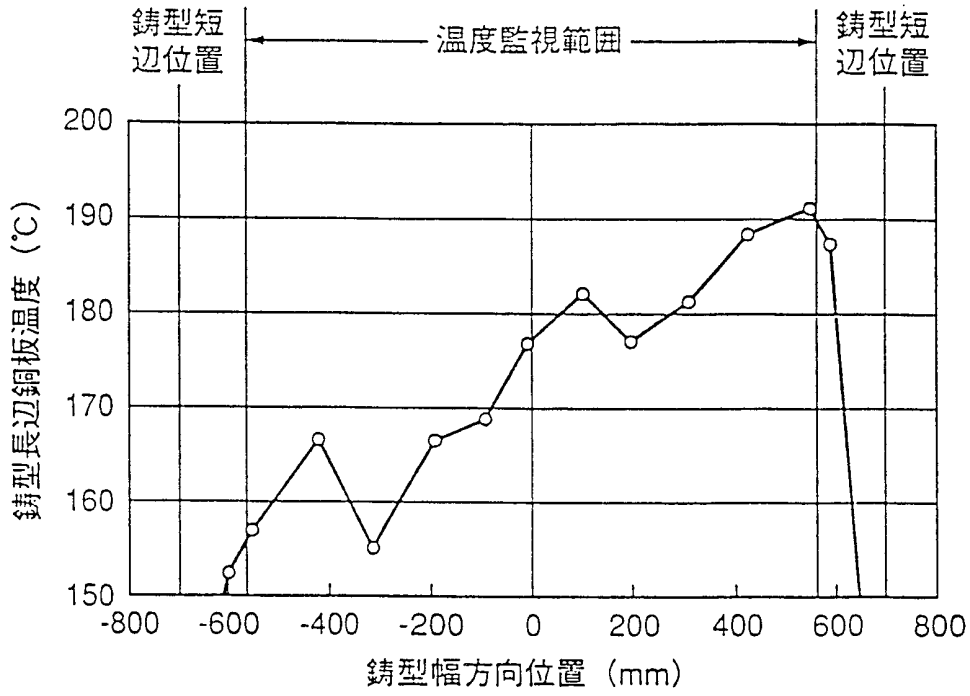
第８４図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
180
170
160
150
140
130
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

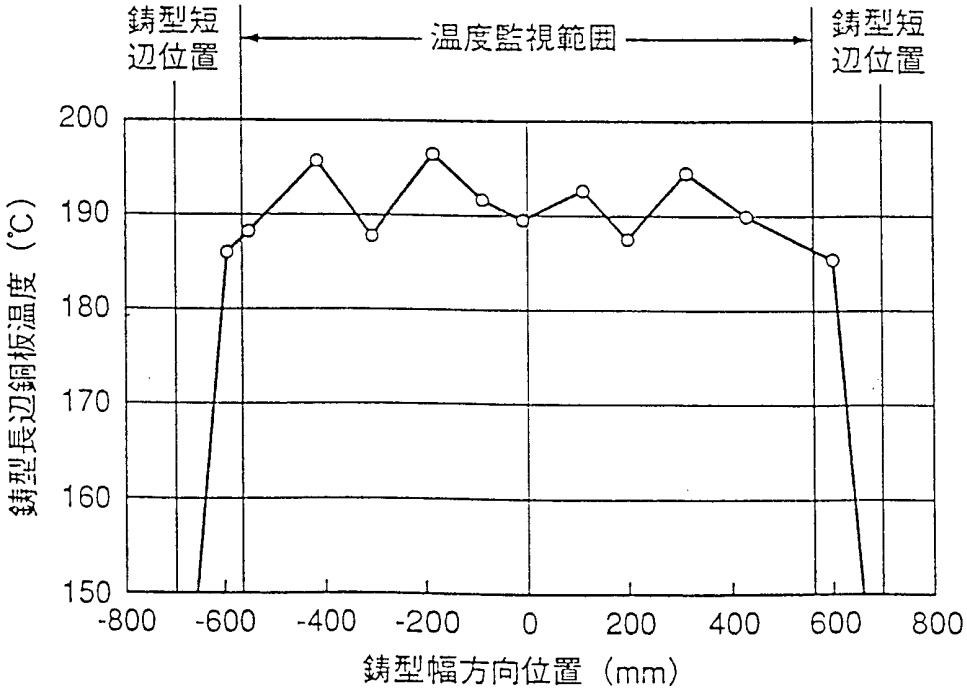
第８５図



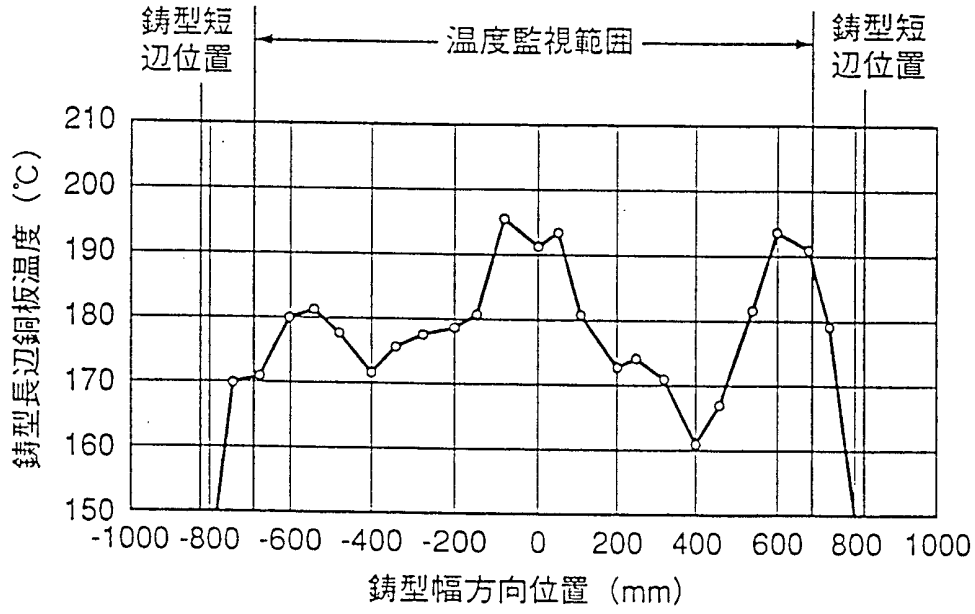
第８６図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
200
190
180
170
160
150
鋳型長辺銅板温度（℃）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

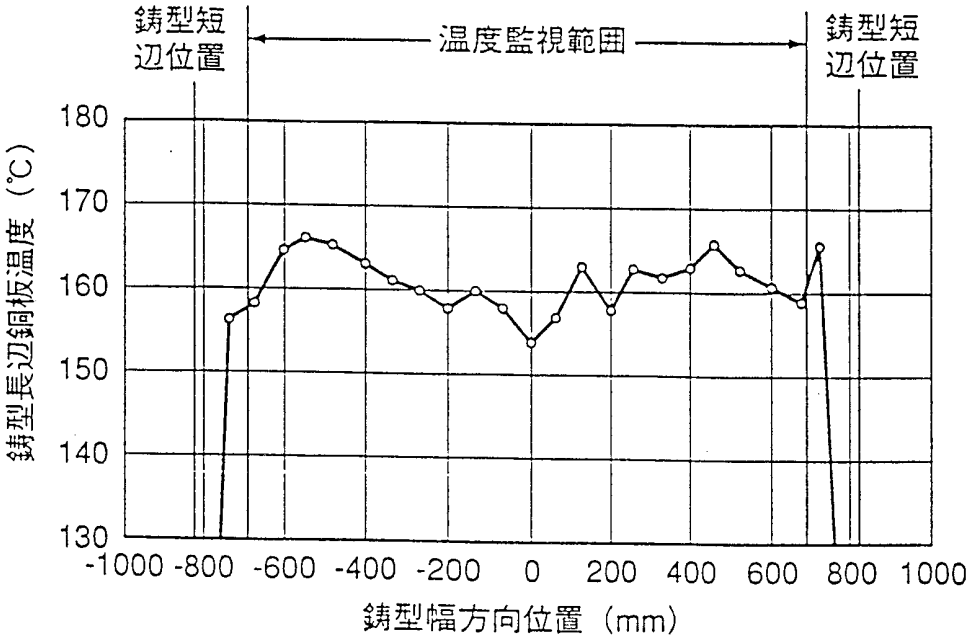
第８７図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
200
190
180
170
160
150
鋳型長辺銅板温度（℃）
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800
鋳型幅方向位置（mm）

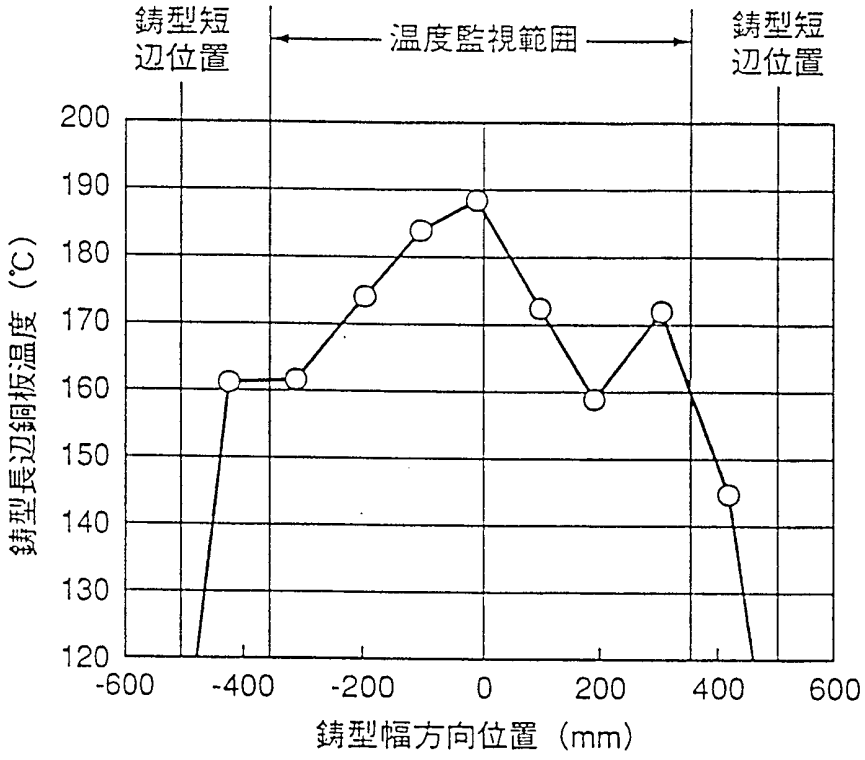
第８８図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
210
200
190
180
170
160
150
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

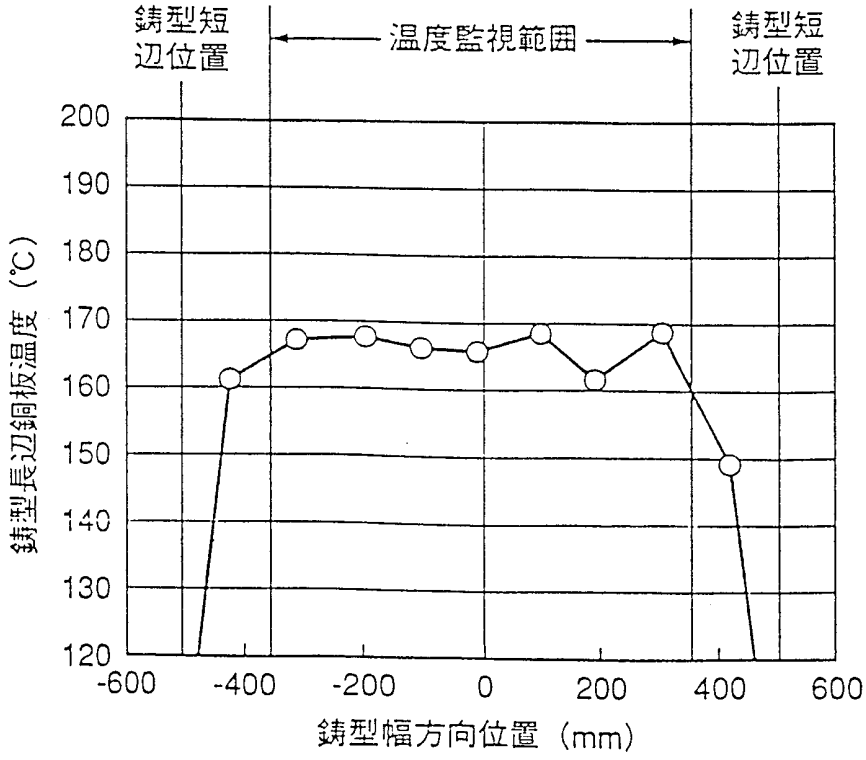
第８９図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
180
170
160
150
140
130
鋳型長辺銅板温度（℃）
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置（mm）

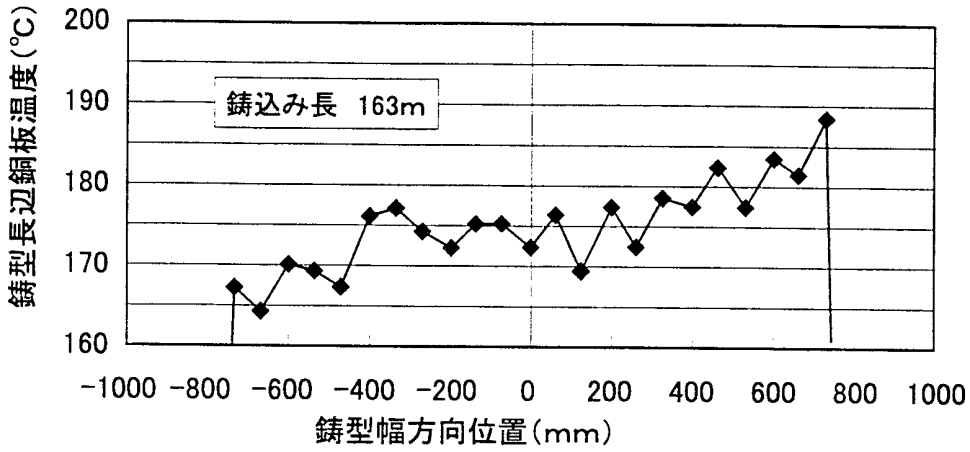
第９０図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
200
190
180
170
160
150
140
130
120
鋳型長辺銅板温度（℃）
-600
-400
-200
0
200
400
600
鋳型幅方向位置（mm）

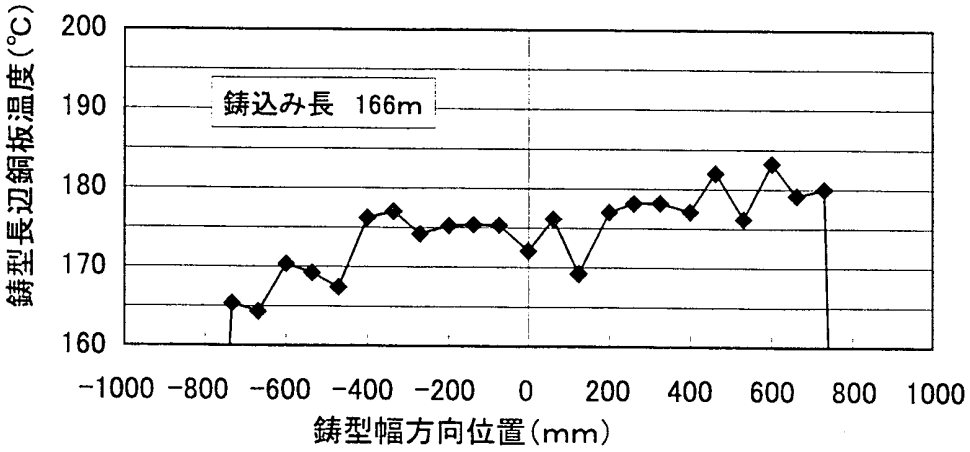
第９１図


鋳型短
辺位置
温度監視範囲
鋳型短
辺位置
200
190
180
170
160
150
140
130
120
鋳型長辺銅板温度（℃）
-600
-400
-200
0
200
400
600
鋳型幅方向位置（mm）

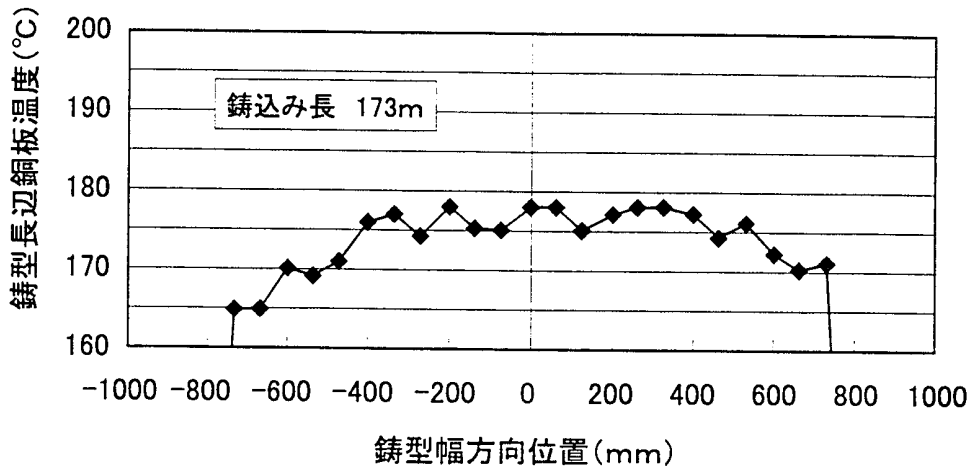
第92図


鋳型長辺銅板温度(℃)
200
190
180
170
160
鋳込み長 163m
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置(mm)

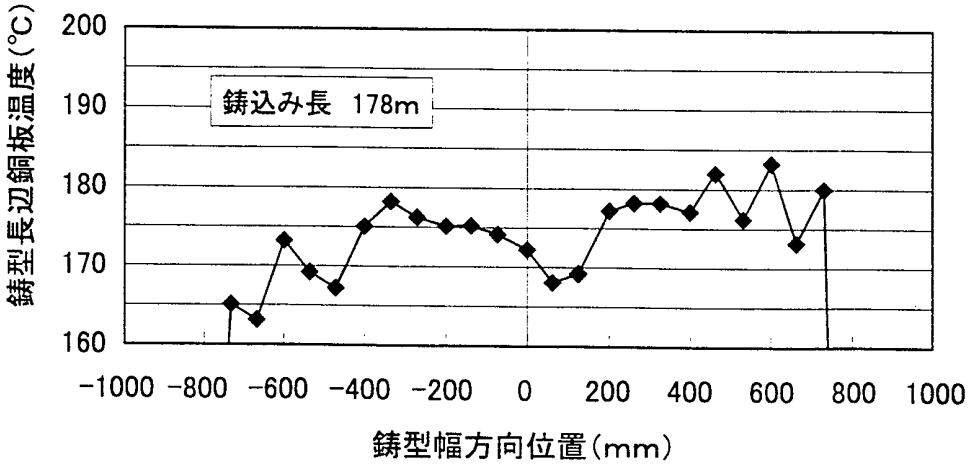
第93図


鋳型長辺銅板温度(℃)
200
190
180
170
160
鋳込み長 166m
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置(mm)

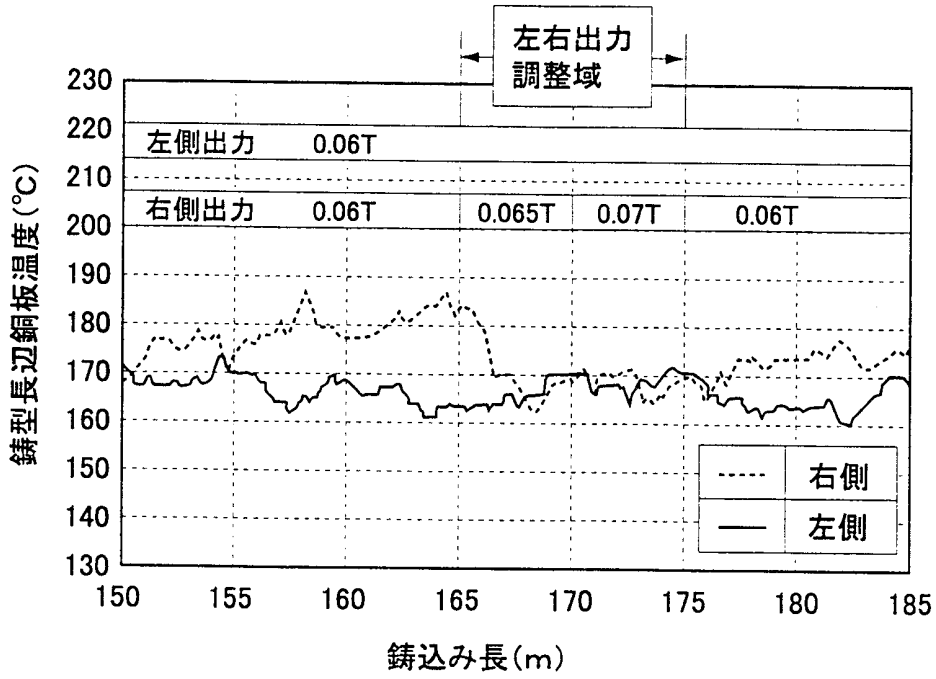
第94図


鋳型長辺銅板温度(℃)
200
190
180
170
160
鋳込み長 173m
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置(mm)

第95図


鋳型長辺銅板温度(℃)
200
190
180
170
160
鋳込み長 178m
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
鋳型幅方向位置(mm)

第96図


左右出力
調整域
左側出力 0.06T
右側出力 0.06T 0.065T 0.07T 0.06T
右側
左側
鋳型長辺銅板温度(℃)
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
150
155
160
165
170
175
180
185
鋳込み長(m)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP00/01161

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] B22D11/16 B22D11/115 B22D11/18

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[7] B22D11/16 B22D11/115 B22D11/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

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.
X Y A	JP, 4-105756, A (Kawasaki Steel Corporation), 07 April, 1992 (07.04.92), page 3, upper right column to page 5, lower left column; drawings (Family: none)	1,22 2 3-8,17-21, 23-30
Y	JP, 4-84650, A (Kawasaki Steel Corporation), 17 March, 1992 (17.03.92), page 3, lower right column to page 4, lower right column; drawings (Family: none)	2
X A	JP, 3-60852, A (Kawasaki Steel Corporation), 15 March, 1991 (15.03.91), page 3, upper right column to page 4, lower left column; drawings (Family: none)	9,16 10-15,20
PA	JP, 11-216550, A (Nippon Steel Corporation), 10 August, 1999 (10.08.99) (Family: none)	1-8,17-30
A	JP, 56-95460, A (Nippon Steel Corporation), 01 August, 1981 (01.08.81) (Family: none)	1-8,17-30

☐ 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 document 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	Date of mailing of the international search report
28 April, 2000 (28.04.00)	16.05.00
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ００／０１１６１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ．[7]　Ｂ２２Ｄ１１／１６　Ｂ２２Ｄ１１／１１５　Ｂ２２Ｄ１１／１８

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））

Ｉｎｔ．Ｃｌ．[7]　Ｂ２２Ｄ１１／１６　Ｂ２２Ｄ１１／１１５　Ｂ２２Ｄ１１／１８

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　　１９２６－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－２０００年
日本国登録実用新案公報　１９９４－２０００年
日本国実用新案登録公報　１９９６－２０００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	関連する請求の範囲の番号
Ｘ Ｙ Ａ	ＪＰ，４－１０５７５６，Ａ（川崎製鉄株式会社）７．４月．１９９２（０７．０４．９２），第３頁右上欄～第５頁左下欄，図面，（ファミリーなし）	1,22 2 3-8,17-21,23-30
Ｙ	ＪＰ，４－８４６５０，Ａ（川崎製鉄株式会社）１７．３月．１９９２（１７．０３．９２），第３頁右下欄～第４頁右下欄，図面，（ファミリーなし）	2
Ｘ Ａ	ＪＰ，３－６０８５２，Ａ（川崎製鉄株式会社）１５．３月．１９９１（１５．０３．９１），第３頁右上欄～第４頁左下欄，図面，（ファミリーなし）	9,16 10-15,20

☒ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐ 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矛盾するものではなく、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	国際調査報告の発送日
２８．０４．００	１６．０５．００

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）		
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	金　公彦　印	４Ｅ	８９２５
	電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２３		

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ００／０１１６１

Ｃ（続き）．　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	関連する請求の範囲の番号
ＰＡ	ＪＰ，１１－２１６５５０，Ａ（新日本製鐵株式会社）１０．８月．１９９９（１０．０８．９９），（ファミリーなし）	1-8, 17-30
Ａ	ＪＰ，５６－９５４６０，Ａ（新日本製鐵株式会社）１．８月．１９８１（０１．０８．８１），（ファミリーなし）	1-8, 17-30