



(21) 申請案號：104133836

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 15 日

(51) Int. Cl. : B22D46/00 (2006.01)

(30) 優先權：2014/10/15 日本

2014-210712

(71) 申請人：新日鐵住金股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：中川淳一 NAKAGAWA, JUNICHI (JP) ; 平本祐二 HIRAMOTO, YUUI (JP)

(74) 代理人：惲軼群

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：9 共 44 頁

(54) 名稱

連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置、方法及程式

(57) 摘要

本發明的熱通量導出部導出熱通量向量的 y 軸方向分量之值。爐浴面位導出部導出 y 軸分量向量與鑄造方向呈相反方向之熱通量向量的 y 軸方向分量之值的絕對值最大的位置，作為油面位。

指定代表圖：

符號簡單說明：

200 . . . 爐浴面位檢測裝置

201 . . . 溫度取得部

202 . . . 熱通量導出部

203 . . . 爐浴面位導出部

204 . . . 輸出部

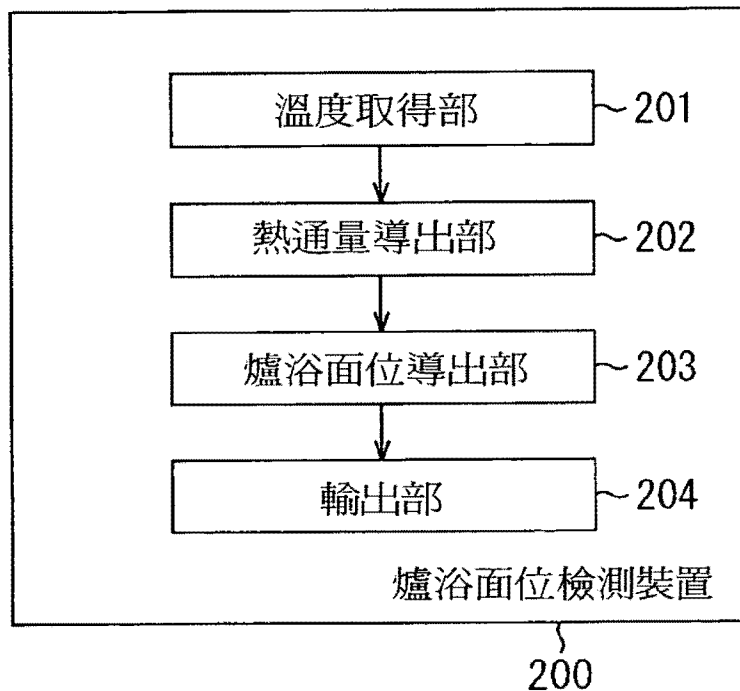


圖2

發明摘要

※ 申請案號：104133836

※ 申請日：104.10.15

※IPC 分類：B22D 4^b/₀₀ (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置、方法及程式

【中文】

本發明的熱通量導出部導出熱通量向量的y軸方向分量之值。爐浴面位導出部導出y軸分量向量與鑄造方向呈相反方向之熱通量向量的y軸方向分量之值的絕對值最大的位置，作為油面位。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200...爐浴面位檢測裝置

201...溫度取得部

202...熱通量導出部

203...爐浴面位導出部

204...輸出部

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置、方法及程式

【技術領域】

發明領域

[0001]本發明是關於一種連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置、方法及程式，適宜爲了檢測連續鑄造鑄模內的爐浴面位而採用。

【先前技術】

發明背景

[0002]操作連續鑄造設備時，須檢測連續鑄造鑄模內的爐浴面位，安定地控制爐浴面位。因爲藉由防止熔鋼的溢流或懸浮物的捲進等，可謀求鑄片的內部品質提升。爐浴面位是指熔鋼表面的高度位置。檢測連續鑄造鑄模內的爐浴面位的技術包括專利文獻1、2所記載的技術。再者，於以下說明中，因應需要將連續鑄造鑄模簡稱爲鑄模。

[0003]於專利文獻1，揭示有以下技術。沿著鑄模的鑄造方向(鑄模的高度方向)，以等間隔，於鑄模內埋設複數個測溫元件。運算各測溫元件點之溫度的時間變化率，檢測該時間變化率顯示最大值的測溫元件(n)。求出連結該測溫元件(n)的時間變化率、與鄰接於該測溫元件(n)之2個測溫元件(n-1)、(n+1)的時間變化率之二次曲線顯示最大值的位

置，將該位置視為爐浴面位。

[0004]又，於專利文獻2，揭示有以下技術。沿著鑄模的鑄造方向(鑄模的高度方向)，空出間隔，於鑄模內埋設複數個熱電偶。於爐浴面位檢測時，首先進行初始溫度分布的賦予及虛爐浴面位(分割位置)的決定。當虛爐浴面位決定時，利用以熱電偶測量的溫度變化，藉由傳熱逆推問題分析，算出在該虛爐浴面位的最大熱通量及最小熱通量。變更虛爐浴面位的位置，算出在該虛爐浴面位的最大熱通量及最小熱通量。將算出的虛爐浴面位的位置中，與藉由預先進行實驗所規定最大熱通量及最小熱通量之差距最小的虛爐浴面位，視為實際的爐浴面位。

先行技術文獻

專利文獻

[0005]專利文獻1：日本特開昭53-26230號公報

專利文獻2：日本特許4681127號公報

【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

[0006]然而，於專利文獻1所記載的技術，鑄模的鑄造方向之溫度最大的位置位於爐浴面附近，該位置是根據與爐浴面位具有某種相關的經驗法則。如此根據經驗法則時，爐浴面位的檢測精度有變低之虞。

[0007]又，於專利文獻2所記載的技術，以非穩態二維熱傳導方程式進行傳熱逆推問題分析時，需要溫度分布的

初始值(初始條件)。又，鑄造方向的熱通量是作為離散化之值而計算。因此，即便採用專利文獻2所記載的技術，爐浴面位的檢測精度仍有變低之虞。尤其在鑄模內熔鋼的狀態急遽變化，熱通量的時間變化增大時，爐浴面位的檢測精度有變低之虞。

[0008]本發明有鑑於以上問題點而完成，其目的在於提高連續鑄造鑄模內的爐浴面位的檢測精度。

用以解決課題之手段

[0009]本發明之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置的特徵在於包括：溫度取得機構，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度測定機構測定的溫度；熱通量導出機構，根據從由前述溫度取得機構導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值；及爐浴面位導出機構，根據由前述熱通量導出機構所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；前述爐浴面位導出機構是導出前述鑄造方向分量的向量與鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

[0010]本發明之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測方法的特徵在於包括：溫度取得步驟，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度

測定步驟測定的溫度；熱通量導出步驟，根據從前述溫度取得步驟導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值；及爐浴面位導出步驟，根據前述熱通量導出步驟所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；前述爐浴面位導出步驟是導出前述鑄造方向分量的向量與前述鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

[0011]本發明的程式的特徵在於令電腦執行如下步驟：溫度取得步驟，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度測定步驟測定的溫度；熱通量導出步驟，根據從前述溫度取得步驟導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值；及爐浴面位導出步驟，根據前述熱通量導出步驟所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；前述爐浴面位導出步驟是導出前述鑄造方向分量的向量與前述鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

發明效果

[0012]若依據本發明，可提高連續鑄造鑄模內的爐浴面

位的檢測精度。

【圖式簡單說明】

[0013]圖1是表示連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測系統的構成一例之圖。

圖2是表示連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置的功能性構成一例之圖。

圖3A是表示非穩態傳熱逆推問題的座標系統之空間 x -時刻 t 的二維剖面一例之圖。

圖3B是表示非穩態傳熱逆推問題的座標系統之空間 x -空間 y 的二維剖面一例之圖。

圖4是說明爐浴面位檢測裝置的動作一例的流程圖。

圖5是表示爐浴面位檢測裝置的硬體構成一例之圖。

圖6是表示實施例的熱電偶的位置之圖。

圖7A是概念性表示在鑄模的內壁面，熱通量向量之 y 軸方向分量之值與 y 軸方向的位置之關係一例之圖。

圖7B是概念性表示鑄模內的溫度與 y 軸方向的位置之關係圖。

圖8是表示用以實測爐浴面位的裝置的構成一例之圖。

圖9是表示發明例檢測的爐浴面位、採習知手法檢測的爐浴面位、及實測的爐浴面位之圖。

【實施方式】

用以實施發明之形態

[0014](連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測系統)

圖1是表示連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測系統的構成一例之圖。圖1表示將連續鑄造機沿著其高度方向(y軸方向)切開的剖面。

於圖1，連續鑄造機包括餵槽11、浸泡噴嘴12、鑄模(模具)13、夾送輥14a~14d。再者，連續鑄造機能以習知的技術來實現。因此，在此省略連續鑄造機的詳細說明。

[0015] 餵槽11暫時儲存從取鍋供給的熔鋼(金屬熔鋼)M。

鑄模13與餵槽11具有間隔，配置於餵槽11下方。鑄模13包括例如2個短邊部13a、13b及2個長邊部。2個短邊部13a、13b是以在寬度方向(x軸方向)相互對向的方式，具有間隔而配置。2個長邊部是以在深度方向(與x軸及y軸垂直的方向)相互對向的方式，具有間隔而配置。由2個長邊部及2個短邊部13a、13b圍住的區域，成為中空的長方體形狀的區域。該區域為鑄模13的內部區域。又，於鑄模13的外壁面，形成有溝槽。藉由於該溝槽流入冷水，以將鑄模13進行水冷。再者，於圖1，為了標示方便，長邊部與短邊部之中，僅表示短邊部。

[0016] 浸泡噴嘴12將儲存於餵槽11的熔鋼M，注入鑄模13的內部。浸泡噴嘴12配置為基端位於餵槽11的底面，並且前端側的預定區域位於鑄模13的內部。又，浸泡噴嘴12的內部與餵槽11的內部相連通。再者，從餵槽11供給至浸泡噴嘴12之熔鋼M的供給量，是藉由滑動噴嘴或堵塞器來調節。

[0017] 沿著從鑄模13往下方拉出之鋼的搬運路徑，配置有複數對夾送輥14a~14d。再者，於圖1僅表示兩對夾送輥14a~14d。然而，實際上則因應搬運路徑的長度配置有更多夾送輥。於夾送輥14a~14d的外側，配置有複數個冷卻噴霧器。複數個冷卻噴霧器將用以冷卻從鑄模13往下方拉出之鋼的冷卻水，對於該鋼噴射。

[0018] 如此，注入鑄模13內部的熔鋼，於鑄模13冷卻，其表面形成凝固殼15a、15b而凝固。表示成爲凝固殼15a、15b而內部未凝固之鋼，一面由夾送輥14a~14d夾住，一面從鑄模13的下端部連續被拉出。如此，從鑄模13拉出的過程中，藉由從冷卻噴霧器噴射的冷卻水進行鋼的冷卻，以使鋼凝固達到內部。如此，凝固的鋼是於連續鑄造機的下流側，切斷爲預定大小，製造扁鋼胚、大鋼胚、小鋼胚等剖面形狀不同的鑄片。

[0019] 如此以連續鑄造機製造鑄片時，於鑄模13內部的熔鋼，隨時添加粉末17。粉末17的薄膜加在鑄模13內部的熔鋼表面，亦存在於鑄模13的內壁面與凝固殼15a、15b之間。如此，藉由添加粉末17，進行熔鋼的保溫、熔鋼的抗氧化、熔鋼中介在物的吸收、凝固殼15a、15b的潤滑性確保、及熔鋼之熱的排熱調整。如此藉由均勻生成鑄模13內之彎月面附近的凝固殼15a、15b，以防止凝固殼15a、15b表面破裂，並且防止鑄模13與凝固殼15a、15b熔燒附著。

[0020] 於鑄模13，沿著鑄造方向(y軸方向)埋設有複數個熱電偶18。複數個熱電偶18的數目以3以上較佳。可因應

後述之熱通量的計算精度，決定複數個熱電偶18的數目、及相互鄰接的2個熱電偶18的間隔。又，於圖1所示範例，複數個熱電偶18埋設於鑄模13的內壁面與外壁面中相對接近內壁面的區域。其中，複數個熱電偶18若埋設於鑄模13的內部即可，未必一定要埋設在該類區域。如圖1所示，於本實施形態，舉例說明於短邊部13a埋設有複數個熱電偶18的情況。然而，除了短邊部13a以外或取代之，於短邊部13b及2個長邊部之至少任一者，埋設複數個熱電偶亦可。鑄模13的內壁面稱為稼動面，外壁面稱為水冷面。鑄模13的各面中，與熔鋼相接的面為稼動面。其中，如圖1所示添加粉末17時，鑄模13的各面中，與粉末17相接的面為稼動面。

[0021](連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置200)

圖2是表示連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置200的功能性構成一例之圖。因應需要將連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，簡稱為爐浴面位檢測裝置。

爐浴面位檢測裝置200利用由複數個熱電偶18測定的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析。在此，非穩態傳熱逆推問題是指基於支配計算區域的非穩態熱傳導方程式，區域內部的溫度資訊為已知，推定在區域邊界的溫度或熱通量等之邊界條件或初始條件的問題。相對於此，非穩態傳熱正推問題是指基於已知的邊界條件，推定區域內部的溫度資訊的問題。

[0022]爐浴面位檢測裝置200利用藉由進行非穩態傳熱逆推問題分析所得之內外插溫度函數，計算在鑄模13的內

壁面，熱通量向量的y軸方向(鑄模13的鑄造方向)分量之值。如後述，內外插溫度函數是表示位置(x,y)及時刻t之鑄模13的溫度的函數。

[0023] 爐浴面位檢測裝置200根據在鑄模13的內壁面，熱通量向量的y軸方向分量之值，檢測爐浴面位。爐浴面位為鑄模13內的熔鋼表面的高度位置(y軸方向的位置)。

[0024] 鑄模13的作用為熔鋼的冷卻及凝固。因此，在檢討藉由進行非穩態傳熱逆推問題分析，檢測爐浴面位時，著眼於x軸方向(鑄模13的排熱方向)的熱通量的舉動，未著眼於y軸方向(鑄模13的鑄造方向)的熱通量的舉動。又，熱通量向量的y軸方向分量之值，小於x軸方向分量之值。因此，在如專利文獻2所記載的技術，採用導出取離散值之熱通量的手法，若利用熱通量向量的y軸方向分量之值，則誤差變大，成為熱通量的計算精度進一步降低的要因。據以上，包含藉由進行非穩態傳熱逆推問題分析，檢測爐浴面位的情況在內，於進行非穩態傳熱逆推問題分析，導出鑄模13的熱通量時，均利用熱通量向量的x軸方向分量之值。

[0025] 相對於此，本發明人從鑄模13內的爐浴面上，供給有粉末17，並依據「鑄模13內的爐浴面上，因粉末17所造成排熱的影響，熱通量向量的y軸方向分量的向量中，與鑄造方向相反方向(亦即，朝向爐浴面的法線方向)之向量的大小，比鑄模13的其他部位大」之推論，想到檢測爐浴面位。在此構想下，終至實現本實施形態的爐浴面位檢測裝置200。以下說明本實施形態的爐浴面位檢測裝置200的具

體構成一例。

[0026] 爐浴面位檢測裝置200包括溫度取得部201、熱通量導出部202、熱通量導出部202、及爐浴面位導出部203。

<溫度取得部201>

溫度取得部201輸入由複數個熱電偶18測定的溫度[K]，輸出由複數個熱電偶18在同一時刻測定的溫度。溫度取得部201是於各預定的取樣時間，進行該溫度輸出。例如溫度取得部201每當經過取樣時間，即輸入並輸出由複數個熱電偶18測定的溫度。

[0027] <熱通量導出部202>

根據從溫度取得部201輸出的溫度，將用以推定鑄模13的溫度的內外插溫度函數 $u^{\wedge}(x,y,t)$ ，設為預測鑄模13的鑄造方向(y軸方向)-排熱方向(x軸方向)之二維剖面的溫度分布的時間變化之數式。

[0028] 圖3A是表示非穩態傳熱逆推問題的座標系統一例之圖。於圖3A，表示在y軸方向某位置之空間x-時刻t的二維剖面上之資訊量的定義點。圖3B亦是表示非穩態傳熱逆推問題的座標系統一例之圖。於圖3B，表示在某時刻t之空間x-空間y的二維剖面上之資訊量的定義點。圖3A及圖3B表示同一三維座標(空間x-空間y-時刻t之座標)的二維剖面。

[0029] 於圖3A及圖3B，x軸是將鑄模13的內壁面設為 $x=0$ 之軸，表示鑄模13的排熱方向的位置。y軸是將鑄模13的上端設為 $y=0$ 之軸，表示鑄模13的鑄造方向的位置。x軸

與y軸為空間軸。t軸為時間軸。

[0030]於圖3A及圖3B，以黑圓點表示的點圖分別為資訊量的定義點。該資訊量的定義點表示熱電偶18的位置，及由該熱電偶18測定溫度的時刻。該定義點的資訊量包含由熱電偶18測定的溫度。

[0031]以虛線表示的點圖亦分別為資訊量的定義點。該資訊量的定義點表示鑄模13的外壁面的位置，及推定該外壁面的熱通量的時刻。於本實施形態，舉例說明於鑄模13的外壁面，無熱電偶等溫度測定機構的情況。因此，該定義點的資訊量，是以構成鑄模13的材料與水之間之熱傳遞係數 γ 及水溫 u_w 作為已知而決定的熱通量。

[0032]以上由黑圓點表示的點圖及由虛線表示的點圖，視為資訊量的定義點。亦即，藉由圖3A所示由黑圓點表示的點圖及由虛線表示的點圖，及圖3B所示由黑圓點表示的點圖及由虛線表示的點圖所示之x軸-y軸-t軸之三維座標上的點，分別為資訊量的定義點。

[0033]於圖3A，時序 t_N 是由複數個熱電偶18測定最新溫度的時序。於圖3A，舉例說明每當取得由複數個熱電偶18測定的溫度時，從較新取得者，依序採用7個溫度測定時序(時序 $t_0 \sim t_N$ 之7個時序)，作為決定資訊量的定義點的時刻t。亦即，熱通量導出部202若新取得由複數個熱電偶18測定的溫度，則將包含7個溫度測定時序中最早的溫度測定時序之資訊量的定義點，排除在7個資訊量的定義點以外。然後，熱通量導出部202將包含最新溫度測定時序之資訊量的定

義點，加入7個資訊量的定義點。再者，決定資訊量的定義點之時刻 t 的數目，不限定於7個。

[0034]又，於圖3B，複數個熱電偶18沿著 y 軸方向，以等間隔配置有7個的情況。然而，相互鄰接的2個熱電偶的間隔非等間隔亦可。又，複數個熱電偶18的數目不限定於7個。

[0035]熱通量導出部202是根據以上資訊量的定義點的資訊量，導出內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 所含之權重向量 λ_j 。

在此，說明有關內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 之一例。

首先，二維非穩態熱傳導方程式是由以下(1)式表示。

[0036][數1]

$$\frac{\partial u}{\partial t} - a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0, \quad 0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < t < t_{\max} \quad \dots (1)$$

[0037]於(1)式， a 是構成鑄模的材料之熱擴散係數 $[m^2/s]$ 的平方根。又， $0 < x < 1$ 及 $0 < y < 1$ 表示將 x 軸及 y 軸的座標 (x,y) ，以 $[0,1]$ 正規化。亦即，決定 x 軸各自之座標，以使鑄模13的內壁面的 x 軸座標為 $[0]$ ，外壁面的 x 軸座標為 $[1]$ 。又，決定 y 軸各自之座標，以使鑄模13的上端的 y 軸座標為 $[0]$ ，下端的 y 軸座標為 $[1]$ 。

鑄模13的外壁面(冷卻面)的邊界條件是由以下(2)式表示。

[0038][數2]

$$-\beta \frac{\partial u}{\partial x}(1, y, t) = \gamma \left(u(1, y, t) - \frac{g(t)}{\gamma} \right) \quad \dots (2)$$

[0039]於(2)式， $g(t)$ 是水溫 u_w [K]、與構成鑄模13之材料與水之間的熱傳遞係數 γ [W/m²K]之積($g(t)=u_w \times \gamma$)。 β 是構成鑄模13之材料的熱傳導率[W/mk]。水溫 u_w 、構成鑄模13之材料與水之熱傳遞係數 λ 、及構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 均是預先設定之值。水溫 u_w 可採用例如預定時間的平均值。

[0040](2)式表示鑄模13的外壁面的熱通量均衡之等式。亦即，(2)式是表示以下之第1熱通量與第2熱通量相等之等式。第1熱通量是根據鑄模13的外壁面之鑄模13的排熱方向之溫度梯度，及構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 之熱通量。第2熱通量是根據鑄模13的外壁面之溫度 $u(1,y,t)$ 與水溫 u_w 之差距，及構成鑄模13之材料與水之間的熱傳遞係數 γ 之熱通量。

於本實施形態，由以下(3)式表示熱電偶溫度函數 $u(x^*,y^*,t)$ 。

[0041][數3]

$$u(x^*,y^*,t) = h(t), \quad x^* \in [0,1], y^* \in [0,1] \quad \dots (3)$$

於(3)式， x^* 為熱電偶18的位置的x軸座標。 y^* 為熱電偶18的位置的y軸座標。熱電偶溫度函數 $u(x^*,y^*,t)$ 是表示由熱電偶18測定的溫度的函數，且是熱電偶18之位置(x,y)及時刻t的函數。 $h(t)$ 是由熱電偶18測定的時刻t的溫度。又， $x^* \in [0,1]$ 及 $y^* \in [0,1]$ 表示將熱電偶18之x軸及y軸的座標 (x^*,y^*) ，以[0,1]正規化。亦即，決定熱電偶18的x軸座標，以使鑄模13的內壁面的x軸座標為[0]，外壁面的x軸座標為

[1]。又，決定熱電偶18的y軸座標，以使鑄模13的上端的y軸座標為[0]，下端的y軸座標為[1]。

於本實施形態，由以下(4)式表示內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 。

[0042][數4]

$$\hat{u}(x,y,t) = \sum_{j=1}^{m+1} \lambda_j \phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j) \quad \dots (4)$$

[0043]於(4)式，內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 是滿足(1)式所示二維非穩態熱傳導方程式的溫度，是溫度 u 的近似解。

[0044] x_j 、 y_j 為任意的基準位置向量 (x_j, y_j) 的要素(x軸座標, y軸座標)。 t_j 為任意的基準時刻。由基準位置向量 (x_j, y_j) 及基準時刻 t_j 所決定的三維座標上之點，稱為中心點。由於一般令基準位置向量 (x_j, y_j) 及基準時刻 t_j ，與前述資訊量的定義點一致，因此本實施形態亦如此設定。但不令基準位置向量 (x_j, y_j) 及基準時刻 t_j 與前述資訊量的定義點一致亦可。

[0045] j 是識別前述中心點(藉由基準位置向量 (x_j, y_j) 及任意的基準時刻 t_j 所決定的三維座標上之點)的變數，且是1至 $m+1$ 範圍的整數。

[0046] m 是由 $n_{p1} \times n_t$ 表示， l 是由 $n_{p2} \times n_t$ 表示。

n_{p1} 是鑄模13的外壁面之中心點 j 的數目。鑄模13的外壁面之中心點 j 是設定為內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 滿足式(2)， n_{p2} 為熱電偶18的位置。熱電偶18的位置設定為內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 滿足(3)式。 n_t 為時刻的數目。該時刻設定為內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 滿足(2)式及(3)式。如以上， m 是藉由

鑄模13的外壁面之位置及時刻所決定的中心點 j 的數目。又， l 是藉由熱電偶18之位置及時刻所決定的中心點 j 的數目。

[0047]於本實施形態，令中心點 j 與資訊量的定義點一致。因此，於圖3A及圖3B所示範例， j 的最大值 $m+1$ 為黑圓點所示點圖及虛線所示點圖的合計。具體而言，藉由鑄模13的外壁面之位置及時刻所決定的中心點 j 的數目為 $49(=7 \times 7)$ ，藉由熱電偶18之位置及時刻所決定的中心點 j 的數目 l 為 $49(=7 \times 7)$ 。

[0048] $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 係由以下(5)式及(6)式所決定的基底函數。

[0049][數5]

$$\phi(x, y, t) = F(x, y, t+T) \quad \dots (5)$$

$$F(x, y, t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi t}} e^{-(x^2+y^2)/4a^2t} H(t) \quad \dots (6)$$

[0050]於(6)式， $H(t)$ 為黑維塞(Heaviside)函數。(6)式是以滿足(1)式所示二維非穩態熱傳導方程式之基本解的形式表現的等式。再者，基本解是指溫度 u 的初始條件以 δ 函數表現時之二維非穩態熱傳導方程式之解(溫度 u)。於(5)式， T 是調整二維非穩態熱傳導方程式之基本解之擴散分布的參數，已預先設定。 T 是大於0之值。

[0051]如以上，基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 是於以中心點 j (基準向量 (x_j, y_j))及基準時刻 t_j)作為基準時，以滿足二維非穩態熱傳導方程式之基本解的形式表現的函數。

[0052] λ_j 權重向量是表示基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 對於

內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 的權重的權重向量。權重向量 λ_j 是由基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 對於內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 的影響，與不同於該基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 之其他基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 對於內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 的影響的均衡來決定。基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 就各中心點 j 而存在，權重向量 λ_j 亦就各中心點 j 而存在。

[0053]如以上，內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 係以基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 及權重向量 λ_j 之積，在各中心點 j 之值的總和來表示。

權重向量 λ_j 是由以下(7)式~(10)式來表示。

[0054][數6]

$$A\lambda = b \quad \dots (7)$$

$$A = \begin{bmatrix} \beta \frac{\partial \phi}{\partial x}(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j) + \gamma \phi(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j) \\ \phi(x_s - x_j, y_s - y_j, t_s - t_j) \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

$$\lambda = [\lambda_j] \quad \dots (9)$$

$$b = \begin{bmatrix} g_k \\ h_{s-m} \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

[0055]於(8)式、(10)式， k 為識別資訊量的定義點的變數，且是1至 m 的整數($k=1, \dots, m$)。 s 為識別資訊量的定義點的變數，且是 $m+1$ 至 $m+1$ 的整數($s=m+1, \dots, m+1$)。 j 是1至 $m+1$ 的整數($j=1, \dots, m+1$)。

矩陣 A 為 $(m+1) \times (m+1)$ 矩陣。 b 及 λ 為 $(m+1)$ 維行向量。如前述， $(m+1)$ 為中心點 j 的數目。

[0056]於 (8) 式， $A=[]$ 的 $[]$ 內之「 $\beta\partial\phi/\partial x(x_k-x_j, y_k-y_j, t_k-t_j)+\gamma\phi(x_k-x_j, y_k-y_j, t_k-t_j)$ 」表示矩陣A之k列j行分量，「 $\phi(x_s-x_j, y_s-y_j, t_s-t_j)$ 」表示矩陣A之s列j行分量。

[0057] $b=[]$ 之 $[]$ 內的 g_k 被賦予(2)式所示 $g(t)$ 。該 $[]$ 內的 g_k 表示矩陣b之k列分量。又， $b=[]$ 之 $[]$ 內的 h_{s-m} 被賦予(3)式所示 $h(t)$ 。該 $[]$ 內之 h_{s-m} 表示矩陣b之s列分量。

[0058]如前述， k 是識別資訊量的定義點的變數，且是1至 m 的整數($k=1, \dots, m$)。 m 是由 $n_{p1} \times n_t$ 表示。 n_{p1} 為鑄模13的外壁面之中心點 j 的數目。決定 x 軸座標，以使鑄模13的內部面之 x 軸座標為「0」，外壁面之 x 軸座標為「1」。因此，於(8)式， x_k 為「1」。

[0059](7)式～(10)式爲了將資訊量的定義點，代入(2)式及(4)式之聯立方程式，滿足(1)式之二維非穩態熱傳導方程式、(2)式之鑄模13的外壁面的邊界條件、(3)式之熱電偶溫度函數(於各位置 (x^*, y^*) 、各時刻 t ，由鑄模13內部的熱電偶測定的溫度)、及(4)式之內外插溫度函數，解出該聯立方程式，藉此導出權重向量 λ_j 的等式。代入聯立方程式之前述資訊量的定義點包含資訊量的定義點的位置、熱電偶18的溫度、熱電偶18的溫度的測定時序、水溫 u_w 、構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 、構成鑄模13之材料與水的熱傳遞係數 γ 、及構成鑄模13之材料的熱擴散係數 a 。關於水溫 u_w 、構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 、構成鑄模13之材料與水的熱傳遞係數 γ 、及構成鑄模13之材料的熱擴散係數 a ，依資訊量的定義點使其不同，或使其相同均可。又，解出(2)式及

(4)式之聯立方程式時，中心點 j 的位置亦代入該聯立方程式。

[0060]熱通量導出部202如以上藉由(7)式～(10)式，導出權重向量 λ_j 。

熱通量導出部202每當從溫度取得部201取得溫度時，即進行以上處理。

於本實施形態，熱通量向量的 y 軸方向分量之值 q_y 是由以下(11)式表示。

[0061][數7]

$$q_y = \beta \frac{\partial \hat{u}(x=0, y, t)}{\partial y}$$

$$= -\beta \sum_{j=1}^{m+1} \lambda_j \frac{y-y_j}{4a^3(t-t_j)\sqrt{\pi(t-t_j)}} H(t-t_j) \quad \dots (11)$$

[0062]因此，熱通量導出部202將構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 、構成鑄模13之材料的熱擴散係數 a 、基準時刻 t_j 、中心點 j 之數目 $m+1$ 、如上導出的權重向量 λ_j ，代入(11)式，藉此導出鑄模13的內壁面之熱通量向量的 y 軸方向分量之值 q_y 。

[0063]<爐浴面位導出部203>

爐浴面位導出部203是從熱通量導出部202導出的熱通量向量的 y 軸方向分量之值 q_y ，導出熱通量向量的 y 軸方向分量之值 q_y 與 y 軸方向的位置的關係。爐浴面位導出部203從該關係，導出熱通量向量的 y 軸方向分量之值 q_y 具有負值，且絕對值最大(亦即最小)的位置，作為爐浴面位。於本實施形態，如圖1所示定義 y 軸。因此，鑄模13的內壁面之熱通

量向量的y軸方向分量之值 q_y 最小(負值中絕對值最大)的位置成爲爐浴面位。再者，與圖1所示方向呈相反方向而定義y軸時，鑄模13的內壁面之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 最大的位置成爲爐浴面位。如此，爐浴面位導出部203是導出y軸分量向量與鑄造方向呈相反方向(亦即朝向爐浴面位的法線方向)之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 的絕對值最大的位置，作爲爐浴面位。

[0064] <輸出部204>

輸出部204輸出由爐浴面位導出部203導出的爐浴面位的資訊。爐浴面位資訊的輸出形態可採用對電腦顯示器顯示、對爐浴面位檢測裝置200內部的記憶媒體或可搬型記憶媒體記憶、及對外部裝置發送中之至少一種形態。

[0065] (流程圖)

接著，一面參考圖4的流程圖，一面說明本實施形態的爐浴面位檢測裝置200的動作一例。

於步驟S401，溫度取得部201取得由複數個熱電偶18測定的溫度。

[0066] 接著，於步驟S402，熱通量導出部202判斷是否已取得導出權重向量 λ_j 所必需數目的溫度。具體而言，熱通量導出部202待機到取得1個溫度，作爲對於熱電偶18之資訊量的定義點。於圖3A及圖3B所示範例，由於y軸方向有7個資訊量的定義點，t軸方向有7個資訊量的定義點，因此熱通量導出部202待機到取得49個溫度。再者，於已經取得49個溫度時，若於同一時刻，取得與y軸方向之7個資訊量

的定義點對應的溫度，則熱通量導出部202就將在同一時刻，與y軸方向之7個資訊量的定義點對應的溫度中最早時刻的溫度刪除，追加本次取得的溫度。

[0067]該判斷的結果，於未取得導出權重向量 λ_j 所必需數目的溫度時，返回步驟S401。然後，重複步驟S401、S402的處理，直到取得導出權重向量 λ_j 所必需數目的溫度為止。然後，若取得導出權重向量 λ_j 所必需數目的溫度，則前進到步驟S403。

[0068]若前進到步驟S403，熱通量導出部202藉由(7)式～(10)式導出權重向量 λ_j 。

接著，於步驟S404，熱通量導出部202藉由(11)式，導出鑄模13的內壁面之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 。

[0069]接著，於步驟S405，爐浴面位導出部203導出熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 與y軸方向的位置的關係。爐浴面位導出部203從導出的關係，導出熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 具有負值，且絕對值最大(亦即最小)的位置，作為爐浴面位。

[0070]接著，於步驟S406，輸出部204輸出由爐浴面位導出部203導出的爐浴面位的資訊。

接著，於步驟S407，爐浴面位檢測裝置200判斷是否結束爐浴面位的導出。該判斷是根據例如對於爐浴面位檢測裝置200的操作員的操作而進行。

[0071]該判斷的結果，於不結束爐浴面位的導出時，返回步驟S401。然後，每當於步驟S401新取得溫度時，重複

進行步驟S402～S407的處理。

另，於結束爐浴面位的導出時，結束依據圖4之流程圖的處理。

[0072](連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置200的硬體)

圖5是表示爐浴面位檢測裝置200的硬體構成一例之圖。

如圖5所示，爐浴面位檢測裝置200包括CPU(Central Processing Unit：中央處理單元)501、ROM(Read Only Memory：唯讀記憶體)502、RAM(Random Access Memory：隨機存取記憶體)503、PD(Pointing Device：指向裝置)504、HD(Hard Disk：硬碟)505、顯示裝置506、揚聲器507、I/F(Interface：介面)508、及系統匯流排509。

[0073]CPU501統籌控制爐浴面位檢測裝置200的動作。CPU501是經由系統匯流排509，控制爐浴面位檢測裝置200的各構成部(502～508)。

ROM502記憶CPU501的控制程式即BIOS(Basic Input/Output System：基本輸入輸出系統)或操作系統程式(OS)、CPU501爲了執行前述圖4所示流程圖之處理所必需的程式等。

[0074]RAM503是作爲CPU501的主記憶體、工作區等發揮功能。CPU501執行處理時，從ROM502或HD505，將所需的電腦程式或資訊等載入RAM503，執行對於該電腦程式或該資訊的處理，藉此實現各種動作。亦可於HD505，記

憶執行前述圖4之流程圖的處理的電腦程式。

PD504係由例如滑鼠或鍵盤等組成，構成操作者因應需要，用以對於爐浴面位檢測裝置200進行操作輸入的操作輸入機構。

HD505構成記憶各種資訊或資料、檔案等之記憶機構。

顯示裝置506構成根據CPU501的控制，顯示各種資訊或圖像的顯示機構。

揚聲器507構成根據CPU501的控制，輸出各種資訊的聲音之聲音輸出機構。

[0075] I/F508根據CPU501的控制，與外部裝置進行各種資訊等之通訊。由熱電偶18測定的溫度是經由I/F508輸入於爐浴面位檢測裝置200。

系統匯流排509是用以相互可通訊地連接CPU501、ROM502、RAM503、PD504、HD505、顯示裝置506、揚聲器507及I/F508的匯流排。

[0076](實施例)

比較以本實施形態的手法檢測的爐浴面位、採習知手法檢測的爐浴面位、與實測爐浴面位。如圖6所示，複數個熱電偶18埋設於鑄模13的短邊部13a。如圖6所示，無須正確沿著y軸方向，將複數個熱電偶18埋設於鑄模13。但將各熱電偶18的x軸座標設為相同值，導出前述權重向量 λ_j 。亦即，若在不對權重向量 λ_j 的精度造成影響的範圍，各熱電偶18的x軸方向的位置未嚴密相同亦可。又，鑄模13的入側(上側)的水溫及鑄模13的出側(下側)的水溫，計算其平均值，

以作為冷卻水的溫度。

[0077]於本實施形態的手法，如前述，導出鑄模13的內壁面之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 。然後，將y軸分量向量與鑄造方向相反方向之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 的絕對值最大的位置，判斷為爐浴面位L。於圖7A，概念性地表示採本實施形態的手法所得，鑄模13的內壁面之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 與y軸方向的位置之關係一例。

[0078]另，於習知手法，計算鑄模13內之溫度分布，根據經驗法則，將最高溫度(T_{max}) $\times 0.65$ 的位置，判斷為爐浴面位L。於圖7B，概念性地表示採習知手法所得，鑄模13內的溫度與y軸方向分量的位置之關係一例。

[0079]利用圖8所示裝置，實測爐浴面位。於鑄模內之熔鋼的爐浴面，浮置浮標801，於浮標801配置桿802。又，配置振盪測定治具803。然後，以攝影機804，拍攝桿802的前端的動態，及振盪測定治具803的前端的動態。對於以攝影機804拍攝的圖像，進行圖像處理，藉此將爐浴面之y軸方向的位移予以數位化而記錄。從該爐浴面之y軸方向的位移，求出爐浴面位。

[0080]圖9是表示採本實施形態的手法檢測的爐浴面位、採習知手法檢測的爐浴面位、及實測的爐浴面位。橫軸表示時刻，縱軸表示爐浴面位。

採習知手法，當實測的爐浴面位變高時，檢測精度極端降低，無法追隨實測值。

相對於此，採本實施形態的手法，可知能遍及大範圍追隨實測值。若斟酌爐浴面位的實測精度有5~10mm程度的偏差，則藉由本實施形態的手法檢測的爐浴面位，與實測的爐浴面位可謂處於良好的對應關係。

[0081]如以上所述，於本實施形態，掌握藉由所謂粉末17的排熱，即鑄模13內之熔鋼的爐浴面位置之熱移動的影響，檢測爐浴面位。亦即，導出y軸分量向量與鑄造方向相反方向之熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 的絕對值最大的位置，作為油面位。因此，可提高爐浴面位的檢測精度。藉此，可安定控制爐浴面位，防止熔鋼的溢流或懸浮物的捲進等，可謀求鑄片的內部品質提升。進而言之，防止浸泡噴嘴12的局部熔損所造成的開孔故障、或浸泡噴嘴12的前端脫落，或提升鑄模13內的熔鋼偏流的檢測精度等，有助於操作安定化、品質提升。

[0082]又，於本實施形態，導出對以y偏微分後之連續取值的內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 之值，乘以構成鑄模13之材料的熱傳導率 β 後之值，作為熱通量向量的y軸方向分量之值 q_y 。因此，比起作為離散值而導出熱通量的情況，可提高熱通量的計算精度。

[0083]又，於本實施形態，以基底函數 $\phi(x-x_j, y-y_j, t-t_j)$ 與權重向量 λ_j 之積的總和，來表現內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 。將如此表現的內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ ，及表現二維非穩態熱傳導方程式之鑄模13的外壁面之熱通量均衡的邊界條件，作為聯立方程式，導出權重向量 λ_j 。因此，可將使用的熱電

偶，僅限於沿著y軸方向配置為一排的複數個熱電偶。亦即，無須於x軸的方向配置複數排熱電偶。

產業上之可利用性

[0084]本發明可利用於檢測連續鑄造鑄模內的爐浴面位。

【符號說明】

| | |
|----------------|------------------------|
| 11...餵槽 | 506...顯示裝置 |
| 12...浸泡噴嘴 | 507...揚聲器 |
| 13...鑄模 | 508...I/F |
| 13a、13b...短邊部 | 509...系統匯流排 |
| 14a~14d...夾送輥 | 801...浮標 |
| 15a、15b...凝固殼 | 802...桿 |
| 17...粉末 | 803...振盪測定治具 |
| 18...熱電偶 | 804...攝影機 |
| 200...爐浴面位檢測裝置 | a...熱擴散係數 |
| 201...溫度取得部 | j...中心點 |
| 202...熱通量導出部 | L...爐浴面位 |
| 203...爐浴面位導出部 | M...熔鋼 |
| 204...輸出部 | S401~S407...步驟 |
| 501...CPU | t...時刻 |
| 502...ROM | t _j ...基準時刻 |
| 503...RAM | u...溫度 |
| 504...PD | u _w ...水溫 |
| 505...HD | γ...熱傳遞係數 |

λ_j ...權重向量

β ...熱傳導率

申請專利範圍

1. 一種連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其特徵在於包括：

溫度取得機構，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度測定機構測定的溫度；

熱通量導出機構，根據從由前述溫度取得機構導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值；及

爐浴面位導出機構，根據由前述熱通量導出機構所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；

前述爐浴面位導出機構是導出前述鑄造方向分量的向量與前述鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

2. 如請求項1之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中前述非穩態傳熱逆推問題分析是利用滿足非穩態熱傳導方程式的內外插溫度函數之非穩態傳熱逆推問題分析；

前述內外插溫度函數為函數 $u^{\wedge}(x,y,t)$ ，表示在前述

連續鑄造鑄模之排熱方向即x軸方向的位置 x 、前述連續鑄造鑄模之鑄造方向即y軸方向的位置 y 、以及時刻 t 之前述連續鑄造鑄模的內部溫度。

3. 如請求項2之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中前述內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 是以就各中心點 j 所決定的基底函數 ϕ_j 、與就各中心點 j 所決定的權重向量 λ_j 之積在各個前述中心點 j 之值的總和來表示；

前述中心點 j 是由表示前述連續鑄造鑄模之x軸方向及y軸方向的基準之位置之基準位置向量 (x_j, y_j) 、及基準時刻 t_j 所決定的點，且是藉由前述連續鑄造鑄模之x軸方向及y軸方向的位置及時刻所決定的三維座標上之點；

前述基底函數 ϕ_j 是以將前述中心點 j 作為基準時，滿足非穩態熱傳導方程式之基本解的形式表現的函數。

4. 如請求項3之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中前述熱通量導出機構是依據以下(A)式，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量之y軸方向分量之值 q_y ；

以下之 β 是構成前述連續鑄造鑄模的材料的熱傳導率；

以下之 a 是構成前述連續鑄造鑄模的材料的熱擴散係數之平方根；

以下之 $H(t-t_j)$ 是黑維塞(Heaviside)函數；

以下之 $m+1$ 是前述中心點 j 的數目，

[數1]

$$q_y = -\beta \sum_{j=1}^{m+1} \lambda_j \frac{y-y_j}{4a^3(t-t_j)\sqrt{\pi(t-t_j)}} H(t-t_j) \quad \dots (A)$$

5. 如請求項3或4之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中資訊量的定義點分別採用：藉由前述連續鑄造鑄模的外壁面之位置及時刻所決定的點，且藉由前述連續鑄造鑄模之x軸方向及y軸方向的位置及時刻所決定的三維座標上之點；及藉由埋設有前述溫度測定機構的位置及時刻所決定的點，且藉由前述連續鑄造鑄模之x軸方向及y軸方向的位置及時刻所決定的三維座標上之點；

前述熱通量導出機構是於前述非穩態熱傳導方程式之邊界條件與前述內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ 之聯立方程式，代入前述資訊量的定義點的資訊，滿足前述非穩態熱傳導方程式、前述非穩態熱傳導方程式之邊界條件、熱電偶溫度函數 $u(x^*,y^*,t)$ 、及前述內外插溫度函數 $\hat{u}(x,y,t)$ ，解出該聯立方程式，藉此導出前述權重向量 λ_j ，利用該權重向量 λ_j ，導出在所述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量之前述y軸方向分量之值 q_y ；

前述非穩態熱傳導方程式之邊界條件是表示根據前述連續鑄造鑄模的外壁面之前述x軸方向的溫度梯度、及構成前述連續鑄造鑄模的材料之熱傳導率的熱通量，與根據前述連續鑄造鑄模的外壁面之溫度與水溫的差距、及構成前述連續鑄造鑄模的材料與水之間之熱傳遞

係數的熱通量相等之式子；

前述複數個溫度測定機構是於與前述連續鑄造鑄模的外壁面不同的位置，沿著前述鑄造方向而埋設於該連續鑄造鑄模內；

前述熱電偶溫度函數 $u(x^*, y^*, t)$ 是表示於前述連續鑄造鑄模之 x 軸方向上的前述溫度測定機構之位置 x^* 、前述連續鑄造鑄模之 y 軸方向上的前述溫度測定機構之位置 y^* 、及時刻 t ，藉由前述溫度測定機構測定的溫度的函數。

6. 如請求項5之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中前述複數個溫度測定機構之前述 x 軸方向的位置相同。
7. 如請求項5之連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測裝置，其中前述權重向量 λ_j 是採以下(B)式～(E)式計算；

以下之 m 是藉由前述連續鑄造鑄模的外壁面之位置及時刻所決定前述中心點 j 的數目；

以下之 l 是藉由前述溫度測定機構之位置及時刻所決定前述中心點 j 的數目；

以下之 k 是用以識別前述資訊量的定義點之 1 至 m 之整數；

以下之 s 是用以識別前述資訊量的定義點之 $m+1$ 至 $m+1$ 之整數；

以下之 j 是用以識別前述中心點 j 之 1 至 $m+1$ 之整數；

以下之 β 是構成前述連續鑄造鑄模的材料的熱傳導

率；

以下之 γ 是構成前述連續鑄造鑄模的材料與水之間的熱傳遞係數；

以下之 h_{s-m} 是由前述溫度測定機構測定的溫度；

以下之 g_k 是水溫、與構成前述連續鑄造鑄模的材料與水之間的熱傳遞係數 γ 之積；

以下之A是 $(m+1) \times (m+1)$ 矩陣；

以下之A的[]內之 $\beta \frac{\partial \phi}{\partial x}(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j) + \gamma \phi(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j)$ 是矩陣A之k列j行分量之值；

以下之A的[]內之 $\phi(x_s - x_j, y_s - y_j, t_s - t_j)$ 是矩陣A之s列j行分量之值；

以下之b是 $(m+1)$ 維行向量；

以下之b的[]內之 g_k 是矩陣b之k列分量之值；

以下之b的[]內之 h_{s-m} 是矩陣b之s列分量之值；

以下之 λ 是 $(m+1)$ 維行向量

[數2]

$$A \lambda = b \quad \dots (B)$$

$$A = \begin{bmatrix} \beta \frac{\partial \phi}{\partial x}(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j) + \gamma \phi(x_k - x_j, y_k - y_j, t_k - t_j) \\ \phi(x_s - x_j, y_s - y_j, t_s - t_j) \end{bmatrix} \quad \dots (C)$$

$$\lambda = [\lambda_j] \quad \dots (D)$$

$$b = \begin{bmatrix} g_k \\ h_{s-m} \end{bmatrix} \quad \dots (E)$$

8. 一種連續鑄造鑄模內的爐浴面位檢測方法，其特徵在於包括：

溫度取得步驟，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度測定步驟測定的溫度；

熱通量導出步驟，根據從前述溫度取得步驟導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值；及

爐浴面位導出步驟，根據前述熱通量導出步驟所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；

前述爐浴面位導出步驟是導出前述鑄造方向分量的向量與前述鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

9. 一種程式，其特徵在於令電腦執行如下步驟：

溫度取得步驟，取得藉由沿著連續鑄造鑄模的鑄造方向，埋設於該連續鑄造鑄模內之複數個溫度測定步驟測定的溫度；

熱通量導出步驟，根據從前述溫度取得步驟導出的溫度，進行非穩態傳熱逆推問題分析的結果，導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方

向分量之值；及

爐浴面位導出步驟，根據前述熱通量導出步驟所導出在前述連續鑄造鑄模的內壁面之熱通量向量的前述鑄造方向分量之值，導出前述連續鑄造鑄模內部的爐浴面位；

前述爐浴面位導出步驟是導出前述鑄造方向分量的向量與前述鑄造方向呈相反方向之前述熱通量向量的前述鑄造方向分量之值的絕對值最大的位置，作為前述爐浴面位。

圖式

1/9

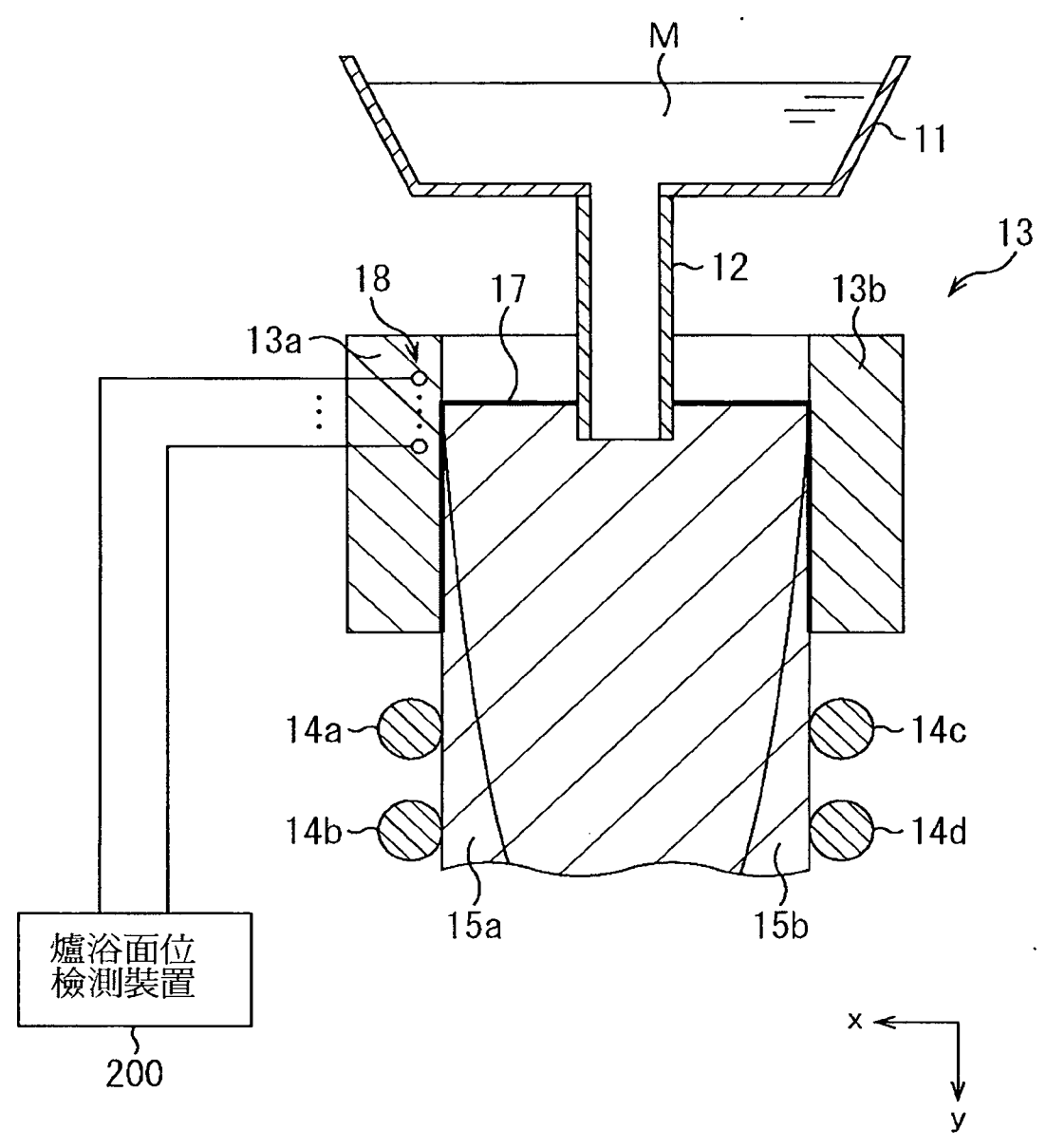


圖1

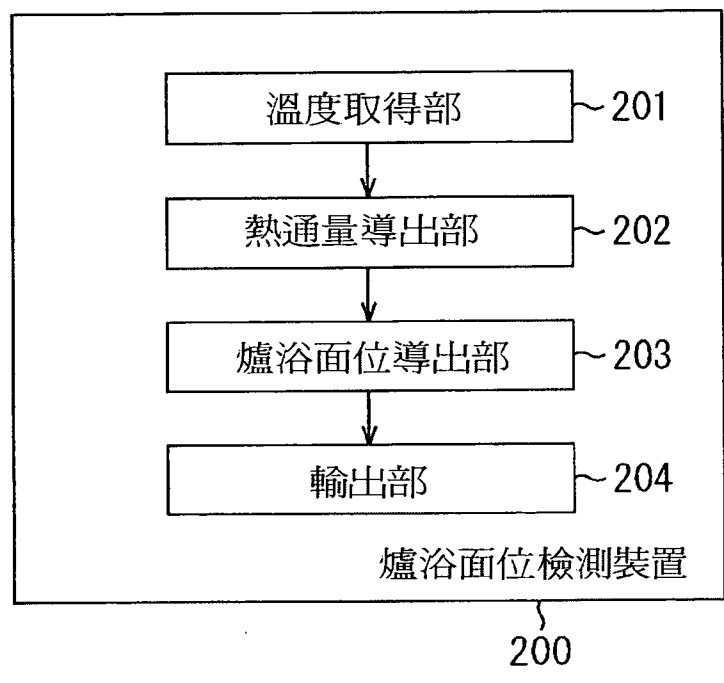


圖2

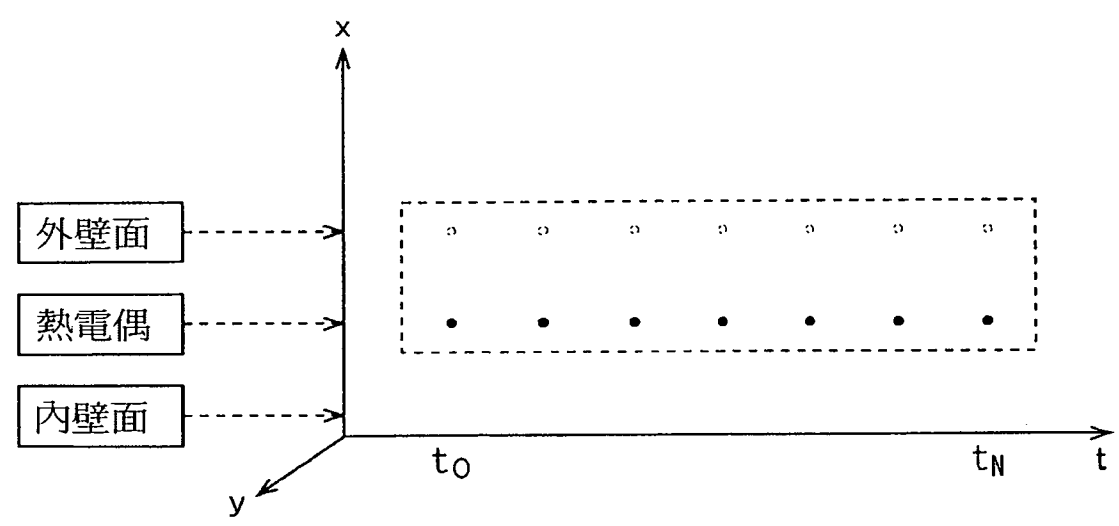


圖3A

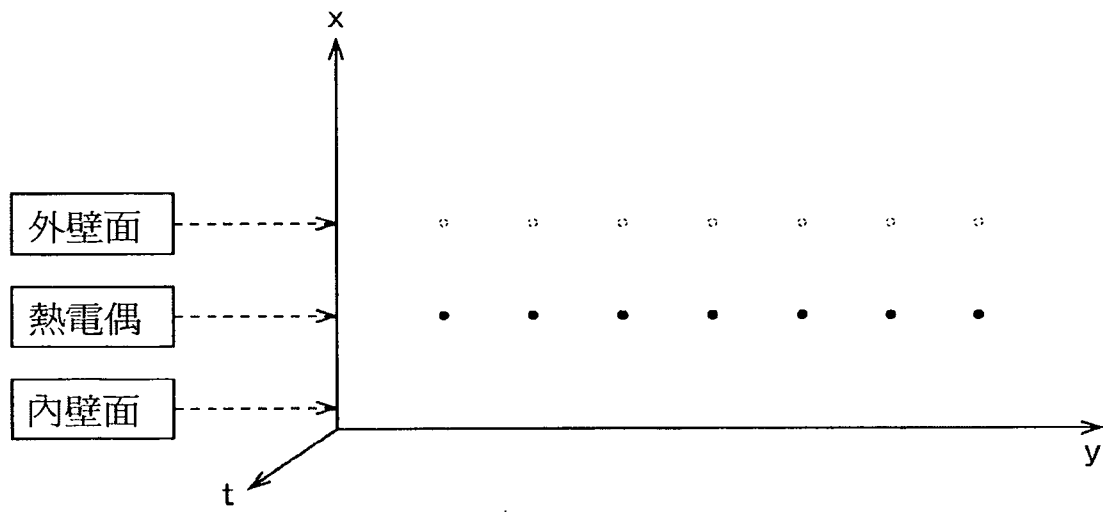


圖3B

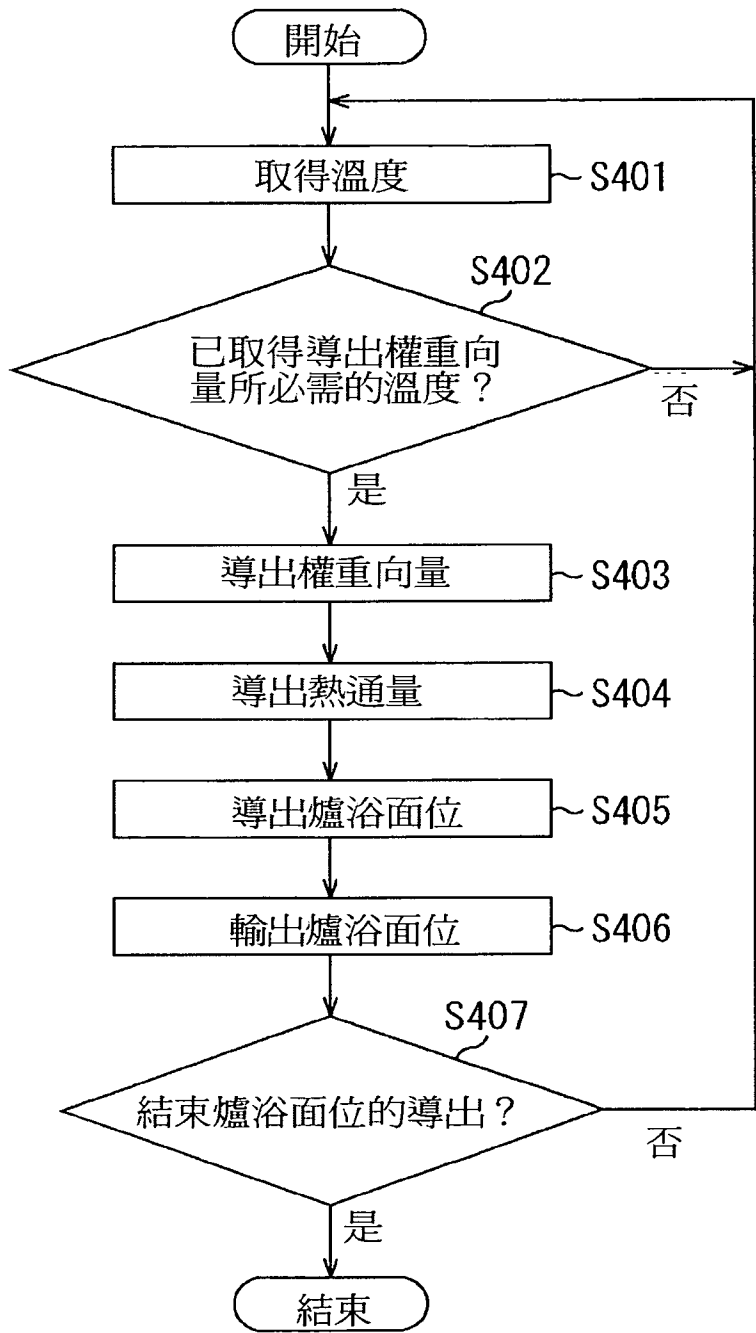


圖4

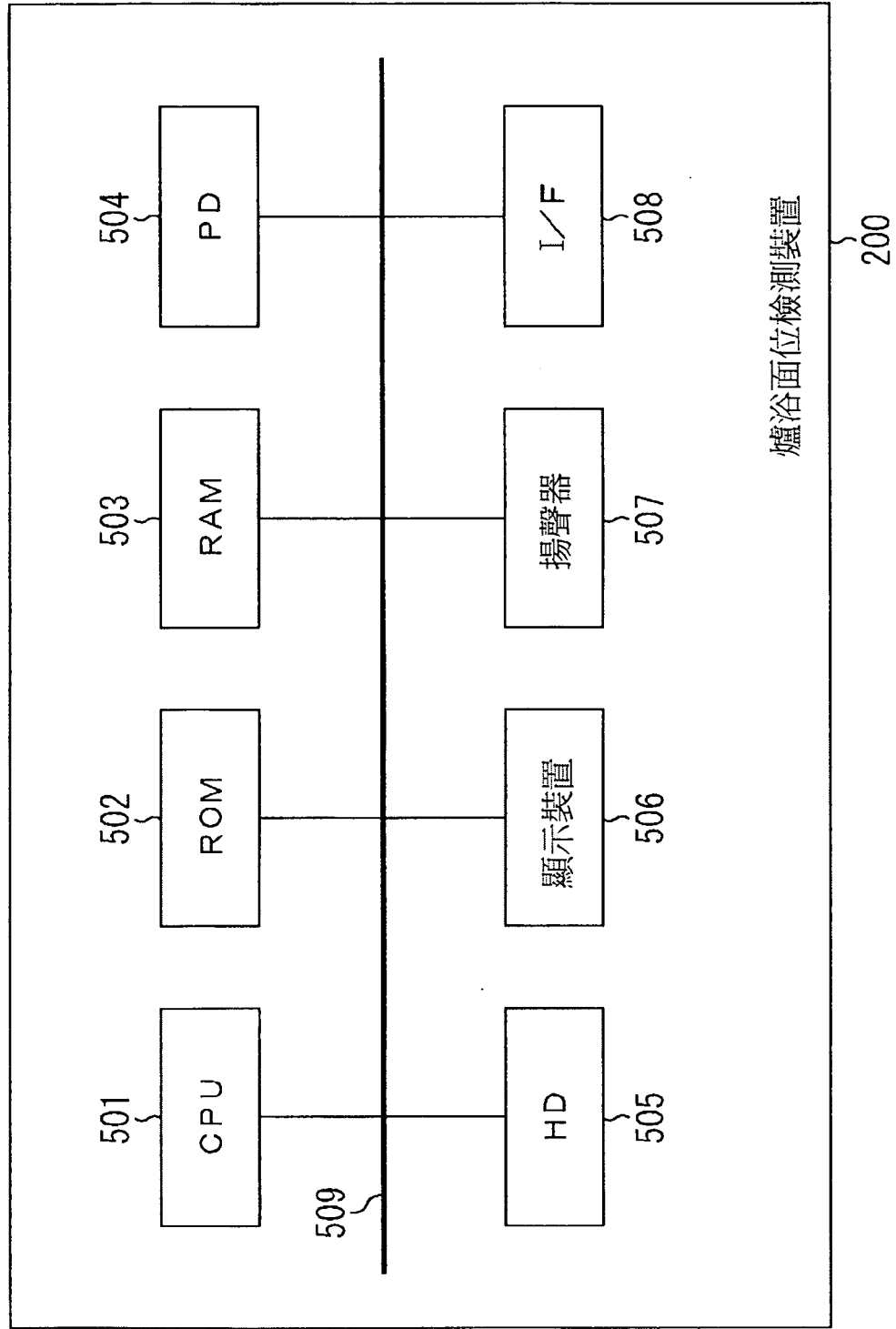


圖5

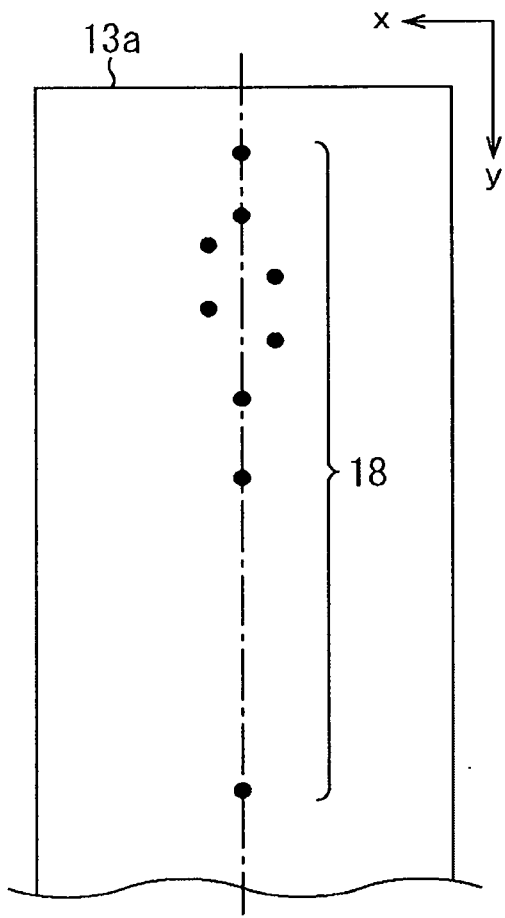


圖6

熱通量
(y方向分量)

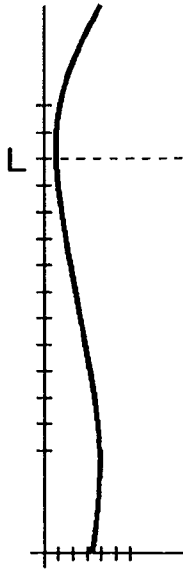


圖7A

溫度

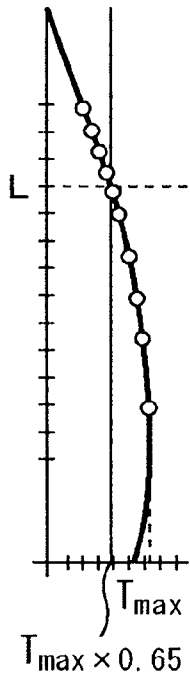


圖7B

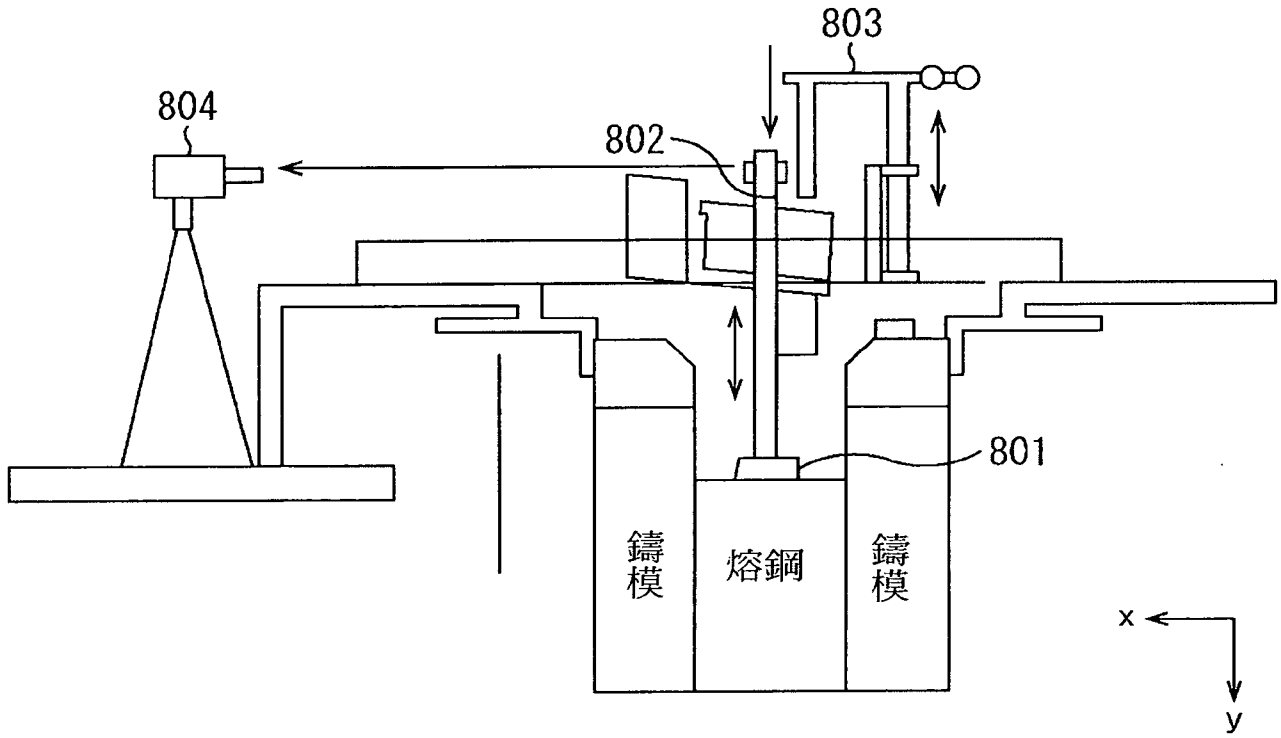


圖8

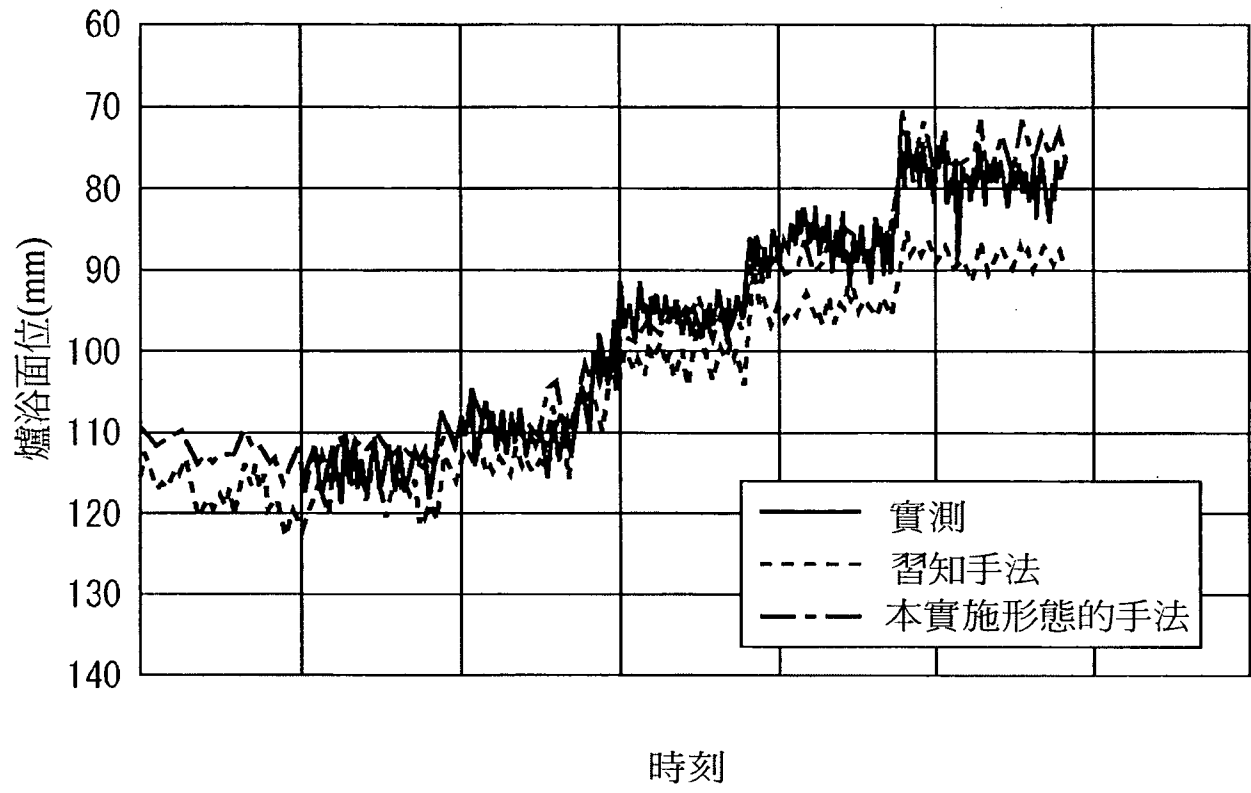


圖9