

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國 (地區)	申請專利，申請日期：	案號：	， ☐ 有 ☐ 無主張優先權
日本	1993 年 10 月 5 日	5-249548	☒ 無主張優先權
日本	1993 年 10 月 5 日	5-249549	☒ 無主張優先權
日本	1993 年 10 月 5 日	5-249550	☒ 無主張優先權
日本	1993 年 10 月 5 日	5-249551	☒ 無主張優先權
日本	1993 年 10 月 5 日	5-249552	☒ 無主張優先權

有關微生物已寄存於：，寄存日期：，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

(產業上之利用範圍)

本發明係有關於一種輥軋機之控制方式，特別是有關於一種隨著控制參數之變更而產生變化之多變數控制系統的安定化。

本發明係有關於一種輥軋控制系統，特別是有關於控制模型之適應修正。

本發明係有關於一種輥軋機的控制，特別是有關於板厚與張力的優先控制。

本發明係有關於一種輥軋機控制裝置，特別是有關於可提高板厚精度之前饋控制方式。

本發明係有關於一種由最佳伺服系統所構成之多變數控制裝置與其控制方法。

(習知技術)

第一，輥軋機之控制係被分成設定控制與用於處理距離由該控制所規定之穩定狀態（動作點）之偏離的DDC（直接數位控制）。

在非線性特性強，且動作點時時刻刻發生變化之輥軋過程中，有時實施設定控制來決定動作點，而在該動作點之附近，對控制對象實施線性逼近，而計算用於得到所希望之板厚而輸出到致動器之控制指令。有關設定控制方面，則詳細地被揭露於例如社團法人日本鐵鋼協會發行（S 5 9 年 9 月）「板輥軋之理與實際（p 2 8 3 ~ 2 9 4）」。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

錄

五、發明說明(2)

根據設定計算所得到之控制指令等的設定值，會對應於占了輥軋時間之大半部分之在最高速度下的運轉狀態（穩定運轉）。但是，在實際之輥軋中，則會發生加速、減速運轉或外亂的情況，而在實際之輥軋狀態（計測值）與設定值之間產生偏差。而如消除與設定值之偏差般地，根據 D D C 對致動器（壓下裝置或輥軋驅動裝置）進行控制。

構成 D D C 之多變數控制系統之一則為狀態回饋控制系統。而此係一除了重疊有一定值的穩定部分以外，而如消除狀態量之偏差般地予以高響應的控制。如眾所皆知，由該狀態回饋控制系統以及控制以使控制量（計測值）與控制指令值之偏差消除之回饋控制系統的組合則構成最佳伺服系統。（計測自動制御學會編：自動控制ハンドブック：第 1 部 p 1 5 4）。

構成 D D C 之其他的控制系統則為預測前饋控制系統。而此則是利用可與時間一起被變更之控制指令或是板厚等外亂的一部分，可在實施控制以前加以預測，藉先行考慮該些指令或外亂而控制，而提高控制的精度與安全性。

第二、根據多變數控制理論之 D D C 控制系統的設計，很難製作正確的輥軋模型或是根據此來製作控制模型，當模型失常時，1 輸入 1 輸出之古典控制形成則令產生問題。

因此，在例如特開平 1 - 1 3 3 6 0 6 號中則提出有根據輥軋機之實績值與設定值的誤差資料來修正設定模型

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

錄

五、發明說明(3)

(軋軋模型)，在藉模擬檢查後，在下一次線圈控制時，可修正設定模型的方法。

第三、在連續配置多個軋軋台之軋軋機中，爲了要得到所希望之製品品質，則控制各機台之板厚與張力。通常則讓板厚一定控制優先，當成爲例如設定值之 70 % 以下時，則對板厚進行優先控制張力之帶鋼 (band) 控制。

在各機台則具有用於控制軋軋圓周速度之軋軋驅動裝置 (電動機) 與用於控制軋軋間隙之壓下裝置。在冷軋時，對於板厚的控制則變更軋軋速度，對於張力的控制，則變更壓下位置。在熱軋時，則成爲與此相反的操作。

但是，在軋軋現象之板厚與張力之間，會有其中一者的變化會影響到另一者之相互干擾的情況，而成爲控制精度降低的原因。但是在帶鋼 (band) 張力控制時，則此間的板厚會被犧牲，而導致製品品質或良品率降低。

最近藉多變數控制理論而同時控制板厚與張力而消除相互間之干擾，且提高控制精度的軋軋控制則已被實用化。

在軋軋機之板厚控制中，檢出成爲外亂因素之各台之入側板厚的變動情形，在該板厚外亂因素到達軋軋正下方的時刻，則將消除該外亂因素之控制指令供給到壓下裝置以及軋軋驅動裝置，而進行前饋壓下控制以及速度控制。

但是，壓下裝置或軋軋驅動裝置之致動器，由於具有響應的閒置時間，在前饋指令之時間方面會有問題。例如在特開平 3 - 1 6 5 9 1 4 號公報中則提出一相對於壓下

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(4)

控制系統的延遲，在輥軋動作中，對作為控制量之出側之板厚偏差取樣數點，且將該些出側板厚偏差之平均值與前次之平均偏差值比較，而如成為最小之偏差般地變更控制時間的方法。

第四、在利用最佳伺服系統之輥軋機控制之習知例中乃有在計算軋輥 No. 27 (1989 年) 中記載的輥軋控制方式。在該例中，在對串聯式輥軋機之棒鋼軋軋的控制中，狀態量乃利用壓下位置、前方張力、軋輥旋轉數，而控制量則利用板厚、板幅、軋軋荷重以及扭力而構成多變數控制之控制模型。

在此，則考慮藉軋軋荷重與張力來拉長母材而進行輥軋，而使用用於控制方張力之本台軋輥旋轉數當作狀態數。又作為控制量的板厚，則是直接利用由板厚計所計測者。

(本發明所要解決的課題)

第一：當為由多台軋軋台所構成之串聯軋軋機之板厚控制時，軋軋機的速度會在 $+0\text{ m} / \text{分}$ 到數千 $\text{m} / \text{分}$ 之範圍內變化，隨著該速度，動作點亦會很大地變化。

此時，藉設計控制來變更前述回饋控制系統或前饋控制系統之控制參數，更者當變更控制指令時，則由狀態回饋與預測前饋所決定的操作量即會急劇變化，而響應速度快的油壓壓下裝置等，則會因為該急劇變化的操作指令而使動作變得不安定，最壞的情形，張力會急劇地變化而使

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(5)

軋軋中的板發生斷裂。

第 1 個本發明之目的在於提供一種在對前述非線性特性強的軋軋機的控制中，即使由狀態回饋控制系統與預測前饋控制系統所構成之軋軋機的控制模型（控制參數）發生變更，亦能安定且高響應地進行控制之軋軋機的控制方法。

第二、在前述習知技術中，並未考慮到為逼近形成之軋軋模型的參數類會因為軋軋狀態而與實情不同，而無法獲得一定之控制精度的問題。因此，即使是在最高速度等之穩定狀態下所進行之下一個鋼捲（coil）之軋軋動作的精度被改善，則在軋軋速度被減速等之不穩定運轉狀態自不待言，就是在因外在要因或內部參數的變化而使軋軋狀態發生急劇變化之異常狀態下的精度則不可避免地會降低。

第 2 個本發明之目的則在於提供一種藉軋軋中之控制模型的適應修正可以提高軋軋精度之軋軋控制方法與裝置。

第三：在根據多變數控制理論之高精度的 D D C 控制系統的設計中，則必須要有能夠正確地把握住軋軋現象之動態特性的模型。但是，當軋軋材之一部分發生組成異常或是形狀不良時，則仍難以正確地把握動態特性。實際上，則根據希爾（Hill）的逼近式等，由模型所得到之預測值與實測值的誤差，則可藉影響係數等來加以調整。又，由於軋軋現象具有強的非線性特性，因此採取可因應軋軋

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(6)

狀態來決定動作點，而在該動作點周圍進行線性逼近的方法。

因此，在以往之多變數控制中，當同時控制板厚與張力時，若模型或是影響係數有極大差異時，則無法對應於輥軋現象的變化而排除互相的干擾，而有控制精度較 1 輸入 1 輸出之古典式控制為差的問題。

更者，在以往之多變數控制中，對於軋輥驅動裝置或壓下裝置所具有之響應時間的差異並未充分地加以考慮，而有對於短週期之控制指令無法充分追蹤的問題。

第 3 個本發明之第 1 目的在於提供一種可同時邊控制板厚與張力而一起提高板厚控制，張力控制的控制效果，且能夠高精度而安定的輥軋控制方法以及裝置。

第 3 個本發明之第 2 目的在於提供一種可以有效地利用致動器間之響應速度的差異而依高響應式地排除由輥軋所帶來之干擾，且提高控制精度之輥軋控制方法以及裝置。

第 3 個本發明之第 3 目的在於提供一種不管採用冷軋、熱軋之輥軋工程或是所採用之致動器如何，在同時控制板厚與張力時之優先控制或是非干擾控制均可以應用之輥軋控制系統。

第 4：在前述習知技術中，在輥軋動作中，當求取出側板厚偏差的平均值時，由於要修正控制時間，因此在到時間成為安定為止之期間，無法獲得充分的控制結果，又處理之偏差亦大。此外，由於致動器分別具有不同的閒置

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

時間而動作，因此對於未考慮到不同之響應延遲時間，且對於某一點之板厚變動依同一時間輸出指令的情況，則無法獲得前饋控制的充分效果。

第 4 個本發明之目的，即在於克服前述習知技術的問題點，提供一對於每個具有不同響應延遲時間的致動器，特用於演算前饋指令之板厚資料加以變更，而提高控制效果之軋軋控制方法以及裝置。

第 4 個本發明之其他目的，在於提供一使具有不同響應延遲時間之壓下裝置與軋軋驅動裝置協調動作以便於抵消由板厚變動所產生之板厚與張力的外亂因素，而提高板厚控制精度的軋軋控制方法以及裝置。

在前述例中，最佳伺服系統之狀態量則使用前方張力。但是當比較前方張力與後方張力對於板厚的影響度時，則有前方張力之影響力小，而且控制效果小的問題。

另一方面，控制量則利用作為附屬變數的軋軋荷重，對於由張力之急劇變化所產生之不安定控制則未有考慮。

又，根據出側板厚計所得到的板厚，具有軋軋材自軋軋正下方移動到板厚計為止之大的閒置時間（約 500 m s）。因此，根據在軋軋正下方之板厚所得到之控制輸出，則會延遲一閒置時間，而使相對於母材外亂因素等之板厚精度降低，遂有製品品質惡化的問題。

第 5 個本發明之目的在於提供一可有效且最小限度地選擇多變數控制之狀態量以及控制量，而根據最佳伺服系統構成高精度且安定之軋軋控制裝置以及方法。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(8)

(解決課題的手段)

爲了要達成第 1 個發明之前述目的，第 1 個發明則依下而構成。

亦即，當藉設定計算而分別變更控制參數與指令值（目標值）時，可決定操作量以便使該指令值與依一定週期被計測之控制量的偏差消除而控制在所希望之板厚度的輥軋機控制方法，其特徵在於：

在每次依前述一定週期來計測輥軋過程之多個狀態量時，可就各狀態量求取與前次值的狀態差分值，且將該些狀態差分值與前述控制參數之一的狀態回饋係數相乘，而求取狀態回饋系統的操作量偏差；

在前述每次週期，就根據前述設定計算而輸出之先行指令值及／或作為外亂之一而被計測之入側板厚等的各預測值，而求取與前次值的預測差分值，且依序將之記憶到控制時點為止，在控制時點，將以後（未來）之多個步驟的預測差分值與前述控制參數之一的預測前饋係數相乘，而求取預測控制系統的操作量偏差；

將前述狀態回饋系統之操作量偏差與前述預測控制系統之操作量偏差乘上前次步驟中的操作量相乘，且將之輸出到輥軋機之致動器。

第 2 個發明的目的在達成手段，則是在一求取由根據輥軋模型所決定之設定值與依一定週期所檢出之狀態量或控制量之實測值的偏差，而藉一定之控制參數對該偏差實

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(9)

施回饋控制，來決定致動器之操作指令的輥軋機控制方法中，藉前述輥軋模型之逆設定計算而使一定的輥軋參數配合前述實測值，且根據使用於決定前述控制參數的控制模型（狀態方程式）配合於前述實測值之一定的輥軋參數來判斷輥軋過程的一定狀態。

前述一定狀態，乃求取前述狀態量以及控制量之所有要素或是一部分之要素之實測值與所對應之各設定值的偏差，而判斷由該各偏差值所求取之評價值超過事先所設定之容許值及／或輥軋速度之加減速時等之非穩定運轉的情況。

第3個本發明之前述第1目的的達成手段，係在同時控制板厚以及張力之輥軋機控制方法中，當張力之實測值相對於目標值的偏差位在事先所決定之一定張力範圍（容許值）內時，則讓板厚控制優先，當位在範圍外時，則讓張力控制優先。

第3個本發明之第2目的的達成手段，係在讓壓下裝置與軋輥驅動裝置之致動器動作，而同時控制板厚以及張力之輥軋機控制方法中，藉響應速度快之致動器的非干擾控制來抵消由板厚或張力之控制對於張力或板厚的干擾。

第3個本發明之前述第3目的的達成手段，其主要係一由可同時控制使所實測之板厚以及張力與其目標值的偏差得以消除的回饋控制手段，如使由板厚或是張力的控制對張力或板厚所造成的干擾得以抵消而加以控制之非干擾控制手段以及對應於來自該些控制手段的控制指令而動作

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

之壓下裝置與軋輥驅動裝置所構成，而能同時控制板厚與張力之軋軋機控制裝置，其特徵在於具備：

使對應於由前述回饋控制系統所設定之板厚偏差的控制增益、對應於張力之控制增益，能夠對應於所應用之冷軋工程或是熱軋工程之差異及／或板厚優先或是張力優先控制而變更之控制增益調整手段以及使對應於由前述非干擾控制系統所設定之板厚偏差的張力非干擾控制增益，對應於張力偏差之板厚非干擾控制增益，而對應於前述壓下裝置與前述軋輥驅動裝置之響應時間常數而加以調整之非干擾控制增益調整手段。

前述目的的達成手段，其主要係一可對壓下裝置與軋輥驅動裝置分別實施前饋控制，而控制軋軋材之板厚以及張力之多台軋軋機控制方法，其特徵在於：

依一定週期來檢出各機台之壓下裝置、軋輥周速、出側之板厚以及與下一機台之間的板速度；

根據前述出側之板厚的檢出裝置，將對應於到下一機台為止之位置而記憶之前述板厚的履歷資料列，對應於由前站出側所檢出之前述板速度而邊移位，且記憶最新被檢出之前述板厚；

自前述履歷資料列之前述下一機台側選擇出與在事先所給予之前述壓下裝置的響應延遲時間內產生移動之軋軋材的移動距離相當的板厚資料，而根據所選擇之板厚資料求取輸出到進行壓下前饋控制之前述壓下裝置的壓下指令，同樣地則根據一根據前述軋輥驅動裝置之響應延遲時間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

，而自前述履歷資料列所選擇之板厚資料，而求取輸出到進行速度前饋之前述軋輥驅動裝置的速度指令。

第 5 個本發明之前述目的的達成手段，其主要係一備有，可依一定週期而檢出由多台所構成之軋輥機之多個狀態量或多個控制量之實績值的檢出裝置，控制以消除由設定控制裝置所決定之動作點或目標之設定值與前述實績值的誤差的 D D C 控制裝置而構成的軋輥機控制裝置，其特徵在於，

前述 D D C 控制裝置係一最佳伺服系統，而具有可將壓下位置、後方張力以及前台之軋輥速度當作狀態量而實施回饋控制之狀態回饋控制手段以及將出側板厚、後方張力當作控制量而實施回饋控制之控制量回饋控制手段。

更者，前述控制量之出側板厚，係一藉觀測裝置而根據質量流動 (mass flow) 定律所推測之位於軋輥正下方的板厚。

(作用)

根據第 1 個本發明，有關操作量，則是求取狀態量或預測量與前次值之間的差分，且將該差分值與控制參數相乘而得到操作量偏差值，而將此乘上前次操作量。由於此為差分 / 積分轉換動作，因此雖然在巨觀所看到之控制動作沒有發生變更，但是在瞬間則會有極大的差異。亦即，藉差分值與參數的相乘，可以使參數變化與指令值變化的影響變小。之後，由於乘上前次操作量，因此可以抑制操

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

作量的急劇變化。

更者根據第 1 個本發明，則是藉前饋控制部，利用在控制時點前的指令值或入側板厚，來決定考慮到多個步驟之前的操作指令，而改善響應性與安定性，因此整個控制系統可以邊維持高響應，而對非線性的輥軋機實施安定且高精度的控制。

根據第 2 個本發明，當由狀態量或控制量與其設定值之偏差所產生的誤差超過一定值而異常時，或是判斷輥軋機處於非穩定運轉之輥軋狀態時，則可在適當的時間，根據輥軋參數的再計算而適時修正控制模型。

結果，可對應於急劇變化之輥軋狀態或是事先了解發生大變動之非穩定運轉的輥軋狀態，則可線上 (on-line) 且即時 (real time) 地將控制參數最佳化，因此可以避免外部要因或是內部變數的變化對於控制動作的影響。

第 3 個本發明之優先控制，則可藉張力偏差是否位在一定範圍內，而將板厚控制增益或是張力控制增益之一者設得較另一者為高而實現。特別是，用於切換優先控制之對象的張力範圍 (容許值)，則是針對每個機台，而且對應於動作點變更而被設定之張力設定值之每個分類位準 (level) 而被決定。藉此，可設定能夠配合於動作點之緻密的容許值，而對於每個輥軋狀態實施最佳的優先控制，因此可用時提高板厚與張力的精度。又，由於經常監視張力而防止其急劇變化，因此輥軋機可進行安定運轉。

根據第 3 個本發明之非干擾控制，由於藉響應速度快

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (13)

的致動器配合相位 (phase) 而對響應速度慢的致動器實施非干擾控制，因此可以確實地抵消掉干擾，而提高板厚以及張力的控制效果。

根據第 3 個本發明之軋軋機控制裝置，板厚或是張力之優先控制，可應用在軋軋驅動裝置控制板厚，而在壓下裝置控制張力之冷軋工程或是作相反控制的熱軋工程上。又，由於非干擾控制之實施裝置可應用在壓下裝置之響應速度快的場合或是軋軋驅動裝置之響應速度快的場合，因此軋軋控制系統的構築或是變更會變得容易。

根據第 4 個本發明，由閒置時間或是延遲係數所造成之響應延遲時間，對考慮每個致動器皆不同的情形，會用於演算前饋指令之板厚資料，對應於板速度與響應延遲時間而加以選擇。結果，可以與各致動器之響應延遲時間或是板速度無關，而實施配合板厚變動之相位時序 (timing) 的前饋控制。

更者，由於對軋軋驅動裝置實施前饋控制而抵消包含在板厚變動之張力的變動成分，因此兩致動器得以協調控制，而得以提高控制的安定性與板厚精度。

根據第 5 個本發明，將在軋軋過程中影響度大的獨立變數當作多變數控制中的狀態量，除了可藉狀態回饋控制系統呈高響應地控制軋軋過程外，亦藉控制量回饋控制系統將板厚控制在一定。

特別是由於將控制效果較以往之前方張力為大的後方張力以及用於控制該後方張力之前機台 (stand) 的軋軋

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

五、發明說明 (14)

速度與壓下位置一起設定成狀態量，可以提高板厚精度。更者，藉將張力當作控制量可以抑制張力的急劇變化，而實現不會斷裂之安定操作。更者，由於控制量之出側板厚係使用位在軋輥正下方的推測值，因此可以實現不需要移動到出側板厚計之閒置時間的高響應控制，而能夠防止由於外亂因素導致板厚精度降低的情形，且可提高製品品質。

(實施例)

以下請參照圖面來說明第 1 個本發明之第 1 實施例。

圖 2 係軋軋機之控制裝置的一般構成圖 1 而作為控制對象的軋軋機 1 則接受來自控制裝置 2 之控制指令 9 而動作。控制裝置 2 則利用由檢出裝置 3 所檢出之軋軋機 1 之動作狀態的狀態量，而產生對致動器 8 的指令。軋軋機 1 之非線性特性強，因此無法適用線性控制方式。在此控制裝置 2 是由：用於決定動作點的設定控制系統 4、自前述設定控制系統 4 接受目標值，而如使距目標值之偏差成為零般地動作的 D D C 控制系統 5、供設定控制系統 4 決定動作點的軋軋模型 6，以及利用來自檢出裝置的輸出，而推測對控制為必要，但是無法直接計測之狀態量的觀測裝置 7 所構成。

圖 3 係表軋軋機的構成圖。軋軋機 1 的機台 (stand) 係由 1 對的工作軋 10、中間軋 11 以及支撐軋 12 所構成。在支撐軋 12 則連接有壓下裝置 13，藉控制壓下裝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (15)

置 1 3 的位置，可以改變中間輥 1 1、工作輥 1 0 的間隔，而使輥軋材 1 4 之板厚變化。在工作輥 1 0 的軸則經由齒輪裝置 1 5 連接有軋輥驅動裝置 1 6。此外則由油壓壓下裝置 1 3 以及軋輥驅動裝置 1 6 構成致動器 8。

圖 4 係一以串聯式輥軋機為對象之輥軋控制系統的概略圖，而用於模擬多台輥軋機 1 之動作狀態的狀態量則使用由張力檢出器 3 - 3 所檢出之作用在輥軋材 1 4 的張力 τ 、由輥軋荷重檢出器 3 - 4 所檢出之輥軋荷重 P 、由軋輥速度檢出器 3 - 5 所檢出之軋輥速度 V_R 。此外，亦可取代輥軋。

在圖 1 中，狀態量之差分機構 5 1 - 1、回饋控制機構 5 2、積分機構 5 3 則構成可將輥軋機 1 之狀態維持在一定之最佳調整器。更者，則包括控制量與指令之加法（減法）機構 5 4、回饋控制機構 5 5 以及加法機構 5 6，而構成圖 4 之回饋控制部 5 - 1。而此則為一最佳伺服系統。

更者，追蹤來自指令產生機構 4 2 之指令的追蹤機構 5 9 - 1、差分機構 5 1 - 2、指令前饋控制裝置 5 7，則相當於圖 4 之前饋控制部 5 - 2。又附加有由用於輸入入側板厚的差分機構 5 1 - 3、追蹤機構 5 9 - 2 以及預測外亂前饋控制機構 5 7 所構成之預測外亂之前饋控制。

串聯式輥軋機之控制模型則是在動作點附近針對荷重式、光進率式、板速度以及其微小變動式、質量流動（mass flow以）及其軋荷重 P 而改採由壓下位置檢出器 3

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(16)

— 6 所檢出的壓下位置 S 當作狀態量。而用於追蹤 (tracking) 之板速度則是由板速度檢出計 3 - 2 所檢測。

D D C 控制器 5 係由可使輥軋狀態維持在一定而實施回饋的回饋控制部 5 - 1、進行指令或預測外亂之回饋控制的前饋控制部 5 - 2、以及將來自該控制部 5 - 1 與 5 - 2 之壓下位置操作量與軋軋速度操作量相加，且將之輸出到作為致動器 8 之壓下裝置 1 3 與軋軋驅動裝置 1 6 的加法部 5 - 3 所構成。

圖 1 係表第 1 個本發明之一實施例之輥軋控制裝置 2 的構成，係一除了作為設定控制系統之一部分的控制參數修正機構 4 1 與指令產生機構 4 2 以外，表示 D D C 控制器 5 之詳細內容的功能系統圖。

微小變動式、外殼 (housing) 之延遲時間以及其微小變動式、油壓裝置之延遲以及其微小變動式、速度裝置之延遲及其微小變動式、計測表以及其微小變動、張力以及其微小變動式早各周知之方程式予以局部線性化，而藉如數 1 般之一般式可表現之多個狀態方程式加以記述。

[數 1]

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= Ax + Bu + Ed \\ y &= Cx \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

在此，A 為系統行列、B 為操作行列、C 為觀測行列、E 為外亂因素行列、x 為狀態向量、u 為輸入 (操作量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

) 向量、 y 為輸出 (控制量) 向量、 d 為外亂向量。各向量係以 (數 2) ~ (數 5) 來表示。但是小寫 i 係表軋軋機的變數。此外，各式之記號的說明則表示在表 1。

[數 2]

$$\begin{aligned} x_i &= [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}]^T \\ &= [\Delta h_i, \Delta P_i, \Delta V_{Ri}, \Delta \tau_{fi}]^T \end{aligned} \quad \dots (2)$$

[數 3]

$$U_i = [u_{i1}, u_{i2}]^T = [\Delta S_{pi}, \Delta V_{pi-1}]^T \quad \dots (3)$$

[數 4]

$$\begin{aligned} E_i &= [E_{i1}, E_{i2}, E_{i3}]^T \\ &= [\Delta H_i, \Delta S_{ri}, d\Delta S_r/dt]^T \end{aligned} \quad \dots (4)$$

[數 5]

$$Y_i = [y_1, y_2]^T = [\Delta h_i, \Delta \tau_{fi}]^T \quad \dots (5)$$

但是，在 (數 1) ~ (數 5) 中 []^T 係表轉置行列

由前述，軋軋機之狀態方程式分別是根據出側板厚偏差 Δh_i ，荷重偏差 ΔP_i ，軋軋速度偏差 ΔV_{Ri} 、出側張力偏差 $\Delta \tau_{fi}$ 之 4 個狀態量 ($X_1 - X_4$) 與張力偏差之 2 個控制量 (y_1, y_2) 而作成。又，操作量 u 為壓下位置指令偏差 ΔS_{pi} (u_1)、軋軋速度指令偏差 ΔV_{pi-1} (u_2)。此外，控制模型由於使用線性控制系統的設計手

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (18)

法，因此由偏差值系統來處理。又，以下，偏差值以三角形的「△」來表示，而差分值則以倒三角形的「▽」來表示。

表 2 係表行列 A，B，C 以及 E 的內容，表 3 係表其要素、表 4 亦係表其他之要素。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

原

五、發明說明 (19)

表 1

(記 號 的 說 明)

ΔP_{Ai} : 產生荷重偏差	P_{Ai} : 產生荷重
ΔP_i : 荷重偏差	P_i : 荷重
ΔH_i : 入側板厚偏差	H_i : 入側板厚
Δh_i : 出側板厚偏差	h_i : 出側板厚
$\Delta \tau_{bi}$: 入側張力偏差	τ_{bi} : 入側張力
$\Delta \tau_{fi}$: 出側張力偏差	τ_{fi} : 出側張力
Δf_i : 先進率偏差	f_i : 先進率
Δv_{oi} : 出側板速偏差	v_{oi} : 出側板速
Δv_{ei} : 入側板速偏差	v_{ei} : 入側板速
Δv_{ri} : 軋輥速度偏差	v_{ri} : 軋輥速度
Δv_{pi} : 軋輥速度指令偏差	v_{pi} : 軋輥指令速度
ΔS_i : 壓下位置偏差	S_i : 壓下位置
ΔS_{pi} : 壓下位置指令偏差	S_{pi} : 壓下指令位置
ΔS_{ri} : 軋輥偏心偏差	S_{ri} : 軋輥偏心
T_{si} : 壓下裝置之延遲時間	T_{vi} : 速度控制裝置之 延遲時間
T_{pi} : 外殼之延遲時間	K_i : 彈性係數
L_i : 軋輥機間距	E_i : 楊氏係數 (楊氏率)

但是，小字 i 係表第 i 台的變數。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

五、發明說明 (20)

表 2

$$A_{i,i} = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{i,i} & a_{1,2}^{i,i} & 0 & a_{1,4}^{i,i} \\ a_{2,1}^{i,i} & a_{2,2}^{i,i} & 0 & a_{2,4}^{i,i} \\ 0 & 0 & a_{3,3}^{i,i} & 0 \\ a_{4,1}^{i,i} & 0 & a_{4,3}^{i,i} & a_{4,4}^{i,i} \end{bmatrix}$$

$$A_{i,i+1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & a_{1,4}^{i,i+1} \\ 0 & 0 & 0 & a_{2,4}^{i,i+1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{4,3}^{i,i+1} & a_{4,4}^{i,i+1} \end{bmatrix}$$

$$A_{i,i-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{4,1}^{i,i-1} & 0 & 0 & a_{4,4}^{i,i-1} \end{bmatrix}$$

$$B_{i,i} = \begin{bmatrix} b_{1,1}^{i,i} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & b_{3,2}^{i,i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$E_{i,i} = \begin{bmatrix} e_{1,1}^{i,i} & 0 & e_{1,3}^{i,i} \\ e_{2,1}^{i,i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ e_{4,1}^{i,i} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$E_{i,i-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ e_{4,1}^{i,i-1} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_{i,i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (21)

表 3

$A = \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & 0 & 0 \\ 0 & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} & 0 \\ 0 & 0 & A_{4,3} & A_{4,4} & A_{4,5} \\ 0 & 0 & 0 & A_{5,4} & A_{5,5} \end{bmatrix}$	$B = \begin{bmatrix} B_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B_{2,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{3,3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & B_{4,4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & B_{5,5} \end{bmatrix}$
$E = \begin{bmatrix} E_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ E_{2,1} & E_{2,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E_{3,2} & E_{3,3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & E_{4,3} & E_{4,4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{4,5} & E_{5,5} \end{bmatrix}$	$C = \begin{bmatrix} C_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{2,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{3,3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{4,4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{5,5} \end{bmatrix}$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

表 4

$a_{1,1}^{1,1} = \frac{1}{K_1 T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta h_1} - \frac{1}{T_{p,1}}$	$a_{1,2}^{1,1} = -\frac{1}{K_1 T_{p,1}} + \frac{1}{K_1 T_{p,1}}$
$a_{1,4}^{1,1} = \frac{1}{K_1 T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta \tau_{b,1}}$	$a_{1,4}^{1,1+1} = -\frac{1}{K_1 T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta \tau_{f,1}}$
$b_{1,1}^{1,1} = \frac{1}{T_{p,1}}$	$a_{1,3}^{1,1} = 1$
$a_{1,1}^{1,1} = \frac{1}{K_1 T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta H_1}$	$a_{2,2}^{1,1} = -\frac{1}{T_{p,1}}$
$a_{2,1}^{1,1} = \frac{1}{T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta h_1}$	$a_{2,4}^{1,1+1} = \frac{1}{T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta \tau_{f,1}}$
$a_{2,4}^{1,1} = \frac{1}{T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta \tau_{b,1}}$	
$a_{2,1}^{1,1} = \frac{1}{T_{p,1}} \frac{\partial \Delta P_{A1}}{\partial \Delta H_1}$	
$a_{3,3}^{1,1} = \frac{-1}{T_{v,1-1}}$	$b_{3,1}^{1,1} = \frac{1}{T_{v,1-1}}$
$a_{4,1}^{1,1} = \frac{E_1}{L_1 H_1} \left(v_{o,1} + h_1 v_{R,1} \frac{\partial \Delta f_1}{\partial \Delta h_1} \right) = \frac{E_1 v_{R,1}}{L_1 H_1} \left((1+f_1) + h_1 \frac{\partial \Delta f_1}{\partial \Delta h_1} \right)$	
$a_{4,3}^{1,1} = -\frac{E_1}{L_1} (1+f_{1-1})$	$a_{4,4}^{1,1} = \frac{E_1}{L_1} \left(\frac{h_1 v_{R,1}}{H_1} \frac{\partial \Delta f_1}{\partial \Delta \tau_{b,1}} - v_{R,1-1} \frac{\partial \Delta f_{1-1}}{\partial \Delta \tau_{f,1-1}} \right)$
$a_{4,1}^{1,1-1} = -\frac{E_1 v_{R,1-1}}{L_1} \frac{\partial \Delta f_{1-1}}{\partial \Delta h_{1-1}}$	$a_{4,4}^{1,1-1} = -\frac{E_1 v_{R,1-1}}{L_1} \frac{\partial \Delta f_{1-1}}{\partial \Delta \tau_{b,1-1}}$
$a_{4,3}^{1,1+1} = -\frac{E_1 h_1 (1+f_1)}{L_1 H_1}$	$a_{4,4}^{1,1+1} = \frac{E_1 h_1 v_{R,1}}{L_1 H_1} \frac{\partial \Delta f_1}{\partial \Delta \tau_{f,1}}$
$a_{4,1}^{1,1} = \frac{E_1}{L_1 H_1} \left(h_1 v_{R,1} \frac{\partial f_1}{\partial \Delta H_1} - v_{o,1} \right)$	$a_{4,4}^{1,1-1} = -\frac{E_1 v_{R,1-1}}{L_1} \frac{\partial f_{1-1}}{\partial \Delta H_{1-1}}$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

五、發明說明 (23)

依前述狀態方程式所決定之控制模型，在每次對應於被取樣之軋軋機 1 之狀態而改變動作點時，則藉控制參數修正機構 4 1 來算出控制模型的參數（狀態方程式的各係數），而修正回饋控制機構 5 3 以及 5 5 之回饋係數 F_x ， F_e ，前饋控制機構 5 7 以及 5 8 之前饋係數 F_r ， F_d 。

控制參數則是依據最佳調整理論或是 H_∞ 控制理論等之現代控制理論，藉針對各狀態而設定之理卡吉（譯音）方程式而被算出。有關該點則詳細記載於「現代制」御工學（第 7 章 1 4 1 頁～1 5 8 頁；土谷武士、江上正共著；產業圖書株式會社刊、平成 3 年 4 月 2 6 日）或「システム制御理論（第 6 章 2 2 2 頁～2 5 6 頁；伊藤正實著；昭晃堂社刊、昭和 4 8 年 5 月 2 0 日）。

其次詳細說明圖 1 所示之實施例的動作。

對於由（數 1）之狀態方程式而被一般化的軋軋機 1，藉設在各台之檢出裝置 3，依一定週期 T 檢測出（數 2）之狀態量（出側板厚、壓下荷重、軋軋速度以及出側張力）。該些狀態量則在差分機構 5 1 - 1 中求取與前次值的差分値。此外，第 i 台之狀態量 x_i ，在偏差値系統中，如（數 2）所示，乃給予一相對於規定値之偏差値。而規定値係藉設定系統 4 事先被計算出。

圖 5 係用於說明圖 1 之差分機構 5 1 - 1 之構成的模式圖。此外，差分機構 5 1 - 2，3 在基本上乃為一相同的構成。差分機構 5 1 則對應於輸入數（在本例中為 4）

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (24)

而備有差分器 1 2 0 (1 2 3)。差分器 1 2 0 係由閒置時間機構 1 2 1 與加法器 1 2 2 所構成，根據直接被供給到加法器 1 2 2 之輸入，如 (數 6)、(數 7) 所示般地演算出經由閒置時間機構 1 2 1 的輸入 (亦即，1 個週期前 { k - 1 } T 的輸入)，且輸出差分值 ∇x_i ($\nabla x_{i1} \sim \nabla x_{i4}$)。閒置時間機構 1 2 1 之閒置時間則為控制系統之取樣週期 T (秒)。

[數 6]

$$\nabla X_{ij}(k) = X_{ij}(k) - X_{ij}(k-1) \quad (j=1, \sim, 4) \quad \dots (6)$$

[數 7]

$$\nabla X_i(k) = [\nabla x_{i1}(k), \nabla x_{i2}(k), \nabla x_{i3}(k), \nabla x_{i4}(k)] \quad \dots (7)$$

圖 6 係用於說明回饋機構 5 2 之構成的說明圖。來自差分機構 5 1 - 1 的差分值 ∇x_i ，則在乘法器 1 3 0 中乘上 (數 8) 所示之回饋係數，且根據 (數 9)、(數 1 0) 來求取 (數 3) 所示的壓下位置指令成分 U_1 與軋軋速度指令成分 U_2 的偏差值 ΔU^1_1 ， ΔU^1_2 。

[數 8]

$$F_x = \begin{bmatrix} f_{x11} & f_{x12} & f_{x13} & f_{x14} \\ f_{x21} & f_{x22} & f_{x23} & f_{x24} \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (25)

〔 數 9 〕

$$\Delta U_i^1 = [\Delta U_{i1}^1, \Delta U_{i2}^1]^T$$

$$= \begin{bmatrix} f_{x11} & f_{x12} & f_{x13} & f_{x14} \\ f_{x21} & f_{x22} & f_{x23} & f_{x24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla x_{i1} \\ \nabla x_{i2} \\ \nabla x_{i3} \\ \nabla x_{i4} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

在此， ∇x_1 為出側板厚的差分値 ∇h 、 ∇x_2 為出側張力的差分値 $\nabla \tau_f$ 、 ∇x_3 為壓下荷重的差分値 ∇p_s 、 ∇x_4 為軋輥速度的差分値 ∇V_R 。

〔 數 1 0 〕

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_{i1}^1 &= f_{x11} \nabla x_{i1} + f_{x12} \nabla x_{i2} + f_{x13} \nabla x_{i3} + f_{x14} \nabla x_{i4} \\ \Delta U_{i2}^1 &= f_{x21} \nabla x_{i1} + f_{x22} \nabla x_{i2} + f_{x23} \nabla x_{i3} + f_{x24} \nabla x_{i4} \end{aligned} \right\} \quad \dots (10)$$

另一方面，來自指令產生機構 4 2 之由 (數 1 1) 所表示之指令 r (板厚偏差指令 Δh_{ref} 與張力偏差指令 $\Delta \tau_{ref}$)，則根據 (數 5) 所示之軋軋機 1 的控制量 Y (出側板厚偏差 Δh 與出側張力偏差 $\Delta \tau_f$)，而在加法器 5 4 中，由 (數 1 2) 求取偏差 ε 。

〔 數 1 1 〕

$$r_i = [r_{i1}, r_{i2}]^T = [\Delta h_{ref}, \Delta \tau_{ref}]^T \quad \dots (11)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

五、發明說明 (26)

〔 數 1 2 〕

$$\begin{aligned}\varepsilon_i &= [\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{i2}]^T = \begin{bmatrix} r_{i1} - y_{i1} \\ r_{i2} - y_{i2} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \Delta h_{i r \cdot f} - \Delta h_i \\ \Delta \tau_{f i r \cdot f} - \Delta \tau_{fi} \end{bmatrix} \quad \dots (12)\end{aligned}$$

在此， ε_{i1} 為壓下位置指令成分、 ε_{i2} 為軋輥速度指令成分。該偏差 ε 則被輸入到回饋控制機構55，而乘上由(數13)所表示之回饋係數 $F_{\bullet}$ ，且根據(數14)、(數15)來求取壓下位置指令成分之操作量的偏差值 ΔU^2_1 ，軋輥速度指令成分之偏差值 ΔU^2_2

〔 數 1 3 〕

$$F_{\bullet} = \begin{bmatrix} f_{\bullet 11} & f_{\bullet 12} \\ f_{\bullet 21} & f_{\bullet 22} \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

〔 數 1 4 〕

$$\begin{aligned}\Delta U^2_i &= [\Delta U^2_{i1}, \Delta U^2_{i2}]^T = F_{\bullet} \varepsilon_i \\ &= \begin{bmatrix} f_{\bullet 11} & f_{\bullet 12} \\ f_{\bullet 21} & f_{\bullet 22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} f_{\bullet 11} \varepsilon_{i1} + f_{\bullet 12} \varepsilon_{i2} \\ f_{\bullet 21} \varepsilon_{i1} + f_{\bullet 22} \varepsilon_{i2} \end{bmatrix} \quad \dots (14)\end{aligned}$$

〔 數 1 5 〕

$$\left. \begin{aligned}\Delta U^2_{i1} &= f_{\bullet 11} \varepsilon_{i1} + f_{\bullet 12} \varepsilon_{i2} \\ \Delta U^2_{i2} &= f_{\bullet 21} \varepsilon_{i1} + f_{\bullet 22} \varepsilon_{i2}\end{aligned} \right\} \quad \dots (15)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (27)

更者，則在加法機構 5 6 中，針對各成分如 (數 1 6) 所示般與來自回饋控制機構 5 2 之 ΔU^1_1 ， ΔU^1_2 相加。

[數 1 6]

$$\begin{aligned}\Delta U_i &= [\Delta U_{i1}, \Delta U_{i2}]^T = \Delta U^1_i + \Delta U^2_i \\ &= \begin{bmatrix} \Delta U^1_{i1} \\ \Delta U^1_{i2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta U^2_{i1} \\ \Delta U^2_{i2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta U^1_{i1} + \Delta U^2_{i1} \\ \Delta U^1_{i2} + \Delta U^2_{i2} \end{bmatrix} \quad \dots (16)\end{aligned}$$

圖 7 係用於說明積分機構 5 3 之構成的模式圖。具備有可對應於來自加法機構 5 6 之每一成分之輸入的積分器 1 2 5，而依週期 T 對依週期 T 被離散化的輸入值 ΔU_1 ，或是 ΔU_2 實施積分而加以輸出。積分器 1 2 5，則在加法器 1 2 6 中將來自回饋機構 5 2 的輸入與用於輸出到此為止之加法結果之閒置時間要素 1 2 7 的輸出相加，而將新的加法結果當作操作量 U 而輸出到致動器 8。在本例中，則將壓下位置操作量 U_1 輸出到壓下裝置 1 3，而將軋輥速度操作量 U_2 輸出到軋輥驅動裝置 1 6。而根據該加法機構 5 3 對操作量 U 的演算，當以積分形式來表示時，則成為 (數 1 7)、(數 1 8)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (28)

〔 數 1 7 〕

$$U_1 [U_{i1}, U_{i2}]^T = \begin{bmatrix} \int dt & 0 \\ 0 & \int dt \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta U_{i1} \\ \Delta U_{i2} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \int \Delta U_{i1} dt \\ \int \Delta U_{i2} dt \end{bmatrix} \quad \dots (17)$$

〔 數 1 8 〕

$$\left. \begin{aligned} U_{i1} &= \int \Delta U_{i1} dt \\ U_{i2} &= \int \Delta U_{i2} dt \end{aligned} \right\} \quad \dots (18)$$

如此般，則可決定出根據回饋控制系統 5 - 1 而來的各操作量，亦即，被輸出到軋輥壓下裝置 1 3 之壓下位置指令偏差 (ΔS_{pi}) 與被輸出到軋輥驅動裝置 1 6 之軋輥速度指令偏差 (ΔV_{pi}) 。

圖 1 0 係用於說明根據回饋控制系統 5 - 1 之效果的時序圖。控制參數修正機構 4 1 每依一定的週期則計測軋軋機 1 的狀態，而使回饋控制機構 5 2 之係數 F_x ，如同圖 (a) 所示，在時刻 t_2 ， t_4 發生變化。又，由軋軋機 1 所計測之板厚偏差 Δh ，則如同圖 (b) 所示般地變動。

根據被回饋之 Δh 而來的操作量，以往則成為乘上回饋係數 Δh 之同圖 (c) 的波形，而在時刻 t_2 ， t_4 ，則成為階段狀的指令。此時，當控制增益 F_x 大時，則指令會急劇地變化，而使控制系統陷於不安定。

另一方面，在本發明之回饋系統中，則設有差分機構

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (29)

5 1 - 1，由於採用與前次值之差分 ($\Delta h(t) - \Delta h(t-1)$) 乘上回饋係數 F_x 而得到之偏差指令值，因此變化可變小，且由於在積算機構 5 3 中，係將該偏差指令值與前次之指令值相加而來決定操作量，因此如同圖 (d) 所示，操作量不會產生急劇變化。

其次說明前饋控制部 5 - 2 之構成與動作，前饋控制方面，除了以下之預測指令控制系統與預測外亂控制系統外，亦有由兩者之組合所構成的預測控制系統。

首先就預測指令控制系統加以說明。指令產生機構 4 2，由於可藉設定計算，根據 DDC 控制時點的指令了解未來之發生指令，因此可以先輸出指令。在此則說明輸出未來第 4 個階段之指令的情形。

圖 8 係表示由追蹤機構 5 9 - 1、差分機構 5 1 - 2 以及指令前饋控制機構 5 7 所構成之預測指令控制系統之詳細內容的功能系統圖。追蹤機構 5 9 - 1 則被輸入未來第 3 個階段 (step) 的指令 $r(k+3)$ 而在相當於控制系統之取樣週期 (控制週期) T 的閒置時間 Z^{-1} 的期間內加以保持 (hold)，而針對每一控制週期斷續式地傳送指令，而輸出 $r(k+2)$ 、 $r(k+1)$ 、 $r(k)$ 。最後輸出之 $r(k)$ 則當作通常的指令，如上所述般被輸入到加法器 5 4。

各預測指令則在差分機構 5 1 - 2 - 1 ~ 5 1 - 2 - 3 中，分別取與前一階段之指令之間的前分。例如，最初之差分機構 5 1 - 2 - 1，則取此次被輸入之 $r(k+3)$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (30)

) 與所保持之前一階段的 $r(k+3)$ ($=r(k+2)$) 的差分，而輸出預測指令差分値 $\nabla r(k+3)$ 。同樣地，可分別自其他的差分機構 51-2-2，1 分別輸出 $\nabla r(k+2)$ 、 $\nabla r(k+1)$ 。

各預測指令差分値則在指令前饋控制機構 57 中乘上 (數 19) 所示之前饋係數 F_R ，且根據 (數 20)、(數 21) 求取壓下位置指令成分之操作量的偏差値 ΔU^3_1 ，軋軋速度指令成分的偏差値 ΔU^3_2 。

〔數 19〕

$$F_R = \begin{bmatrix} f_{R1,1} & f_{R1,2} \\ f_{R2,1} & f_{R2,2} \end{bmatrix}, \quad \dots (19)$$

〔數 20〕

$$\begin{aligned} \Delta U^3_i &= [\Delta U^3_{i1}, \Delta U^3_{i2}]^T \\ &= \begin{bmatrix} f_{R11} & f_{R12} \\ f_{R21} & f_{R22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla h_i \\ \nabla \tau_i \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} f_{R11} \nabla h_i + f_{R12} \nabla \tau_i \\ f_{R21} \nabla h_i + f_{R22} \nabla \tau_i \end{bmatrix} \quad \dots (20) \end{aligned}$$

五、發明說明 (31)

〔 數 2 1 〕

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta U^3_{i1} &= f_{R311} \nabla h_i(k+1) + f_{R211} \nabla h_i(k+2) \\
 &\quad + f_{R111} \nabla h_i(k+3) + f_{R312} \nabla \tau_i(k+1) \\
 &\quad + f_{R212} \nabla \tau_i(k+2) + f_{R112} \nabla \tau_i(k+3) \\
 \Delta U^3_{i2} &= f_{R321} \nabla h_i(k+1) + f_{R221} \nabla h_i(k+2) \\
 &\quad + f_{R121} \nabla h_i(k+3) + f_{R322} \nabla \tau_i(k+1) \\
 &\quad + f_{R222} \nabla \tau_i(k+2) + f_{R122} \nabla \tau_i(k+3)
 \end{aligned} \right\} \dots (21)$$

更者，則在加法機構 5 6 中，針對各成分，根據 (數 2 2) 與來自回饋控制部 5 - 1 之 ΔU_1 ， ΔU_2 相加。

〔 數 2 2 〕

$$\begin{aligned}
 \Delta U_i &= [\Delta U_{i1}, \Delta U_{i2}]^T \\
 &= \Delta U^1_i + \Delta U^2_i + \Delta U^3_i \\
 &= \begin{bmatrix} \Delta U^1_{i1} + \Delta U^2_{i1} + \Delta U^3_{i1} \\ \Delta U^1_{i2} + \Delta U^2_{i2} + \Delta U^3_{i2} \end{bmatrix} \dots (22)
 \end{aligned}$$

實際之指令則為 (數 1 1) 所示之板厚偏差 Δh_{ref} 與張力偏差 $\Delta \tau_{ref}$ ，如圖 8 所示，對於各預測指令備有追蹤 (tracking) 機構與差分機構。又，前饋係數 F_R ，則如 (數 2 1) 所示，每次動作點改變時，藉設定計算，可以使板厚偏差 Δh_{ref} 與張力偏差 $\Delta \tau_{ref}$ 分別能夠考慮到 3 階段以前而被修正。

圖 1 1 係用於說明本實施例之預測指令控制系統之動作的時序圖。如同圖 (a) 所示，現在之張力指令 $\Delta \tau_0$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (32)

，則自階段 (k) 開始，依 ($k + 1$) ， ($k + 2$) ……地朝向未來直到變更到 τ_1 為止。又，如同圖 (b) 所示，前饋係數 F_R 則在 ($k + 4$) 中被變更。

此時，根據與以往之差分無關之張力指令與係數 F_R 之積而得來之操作量的速度指令成分，則如同圖 (c) 所示，在 ($k + 4$) 中會依階段 (step) 狀地急劇變化，而預測控制即成為外亂因素而導致其他的控制系統變得不安定。

相對於此，本實施例，則是根據由與前一階段之差分値乘上係數 F_R 所得到的積來決定操作量，而從階段 (k) 之前 3 個階段來考慮指令變更情況，因此如同圖 (d) 所示，操作指令的變化會變得和緩，而不會像以往的急劇變化。又，與只有回饋控制系統 5 - 1 的情形相比較，藉採用差分値可以避免響應延遲，而能安定地進行高精度的控制。

其次則說明預測外亂控制系統。如 (數 4) 所示，可以預測的外亂因素則有入側板厚偏差 ΔH ，軋輥偏心偏差 ΔS_r ，而在此則以入側板厚偏差 ΔH 為例加以說明。

當為串聯式軋軋機時，由於後段的機台事先可根據前台之出側板厚檢出計 3 - 1 (當為第 1 台之情況時則為入側板厚檢出計) 而知道母材外亂因素，且將該前台的計測值加以記憶，而追蹤對應於該值的軋軋材會在第幾個階段才會到達後段機台之軋輥的正下方，而配合到達時刻，對母材外亂因素實施預測控制。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (33)

圖 9 係表由差分機構 5 1 - 3 、追蹤機構 5 9 - 2 以及預測外亂前饋控制機構 5 8 所構成之預測外亂控制系統之詳細內容的系統圖。依取樣週期而被計測之入側板厚 (k)，則在第 k 階段會到達軋輥正下方。同樣地，下一個 $H(k+1)$ 則在第 $k+1$ 階段到達。

首先，藉差分機構 5 1 - 3 取所計測之入側板厚 $H(k+1)$ 與前次 $H(k)$ 的差分，而將差分值 $\nabla H(k+1)$ 記憶在追蹤機構 5 9 - 2 的記憶體內。同樣地，將前次之差分值 $\nabla H(k)$ ，前前次之差分值 $\nabla H(k-1)$... 與位在軋輥正下方之軋輥材對應之差分值 $\nabla H(0)$ 記憶在記憶體內。

追蹤機構 5 9 - 2，則將被記憶在 F I F O 記憶體內之差分值 ∇H 列保持一相當於控制週期 (閒置時間 Z^{-1}) 的期間，在每次取樣時則與板速度呈比例地移位，而經過軋輥正下方的資料即被捨棄。

入側板厚 $H(k)$ ，自被取樣開始，在第 k 個階段，會自記憶體輸出入側板厚差分值 $\nabla H(k)$ 與 $\nabla H(k+1)$ ，而在預測外亂前饋控制機構 5 8 中乘上 (數 2 3) 所示之前饋係數 F_d ，且根據 (數 2 4)，(數 2 5) 求取壓下位置指令成分之操作量的偏差值 ΔU^4_1 ，軋輥速度指令成分之偏差值 ΔU^4_2 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (34)

〔 數 2 3 〕

$$F_0 = \begin{bmatrix} f_{d1,1} \\ f_{d2,1} \end{bmatrix} \quad \dots (23)$$

〔 數 2 4 〕

$$\begin{aligned} \Delta U^4_i &= [\Delta U^4_{i1}, \Delta U^4_{i2}] \\ &= \begin{bmatrix} f_{d1,1} \\ f_{d2,1} \end{bmatrix} \nabla H_i \end{aligned} \quad \dots (24)$$

〔 數 2 5 〕

$$\begin{aligned} \Delta U^4_{i1} &= f_{d1,1} \nabla H_i = f_{d211} \nabla H_i(k) + f_{d111} \nabla H_i(k+1) \\ \Delta U^4_{i2} &= f_{d2,1} \nabla H_i = f_{d221} \nabla H_i(k) + f_{d121} \nabla H_i(k+1) \end{aligned} \quad \dots (25)$$

更者，則在加法機構 5 6 中，針對各成分，根據 (數 2 6) 而與來自前述回饋控制部或預測指令控制部之輸入相加。

〔 數 2 6 〕

$$\begin{aligned} \Delta U_i &= [\Delta U_{i1}, \Delta U_{i2}] \\ &= \Delta U^1_i + \Delta U^2_i + \Delta U^3_i + \Delta U^4_i \\ &= \begin{bmatrix} \Delta U^1_{i1} + \Delta U^2_{i1} + \Delta U^3_{i1} + \Delta U^4_{i1} \\ \Delta U^1_{i2} + \Delta U^2_{i2} + \Delta U^3_{i2} + \Delta U^4_{i2} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad \dots (26)$$

根據本實施例，由於外亂輸入使用差分值，因此即使前饋係數 F_d 變大時，則操作指令之急劇變化會被抑制。更者，操作指令則利用 2 個階段的差分值，例如在第 (k

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

五、發明說明 (35)

+ 1) 階段預測出母材變動時，則根據前一個 k 階段，產生一考慮到 $k + 1$ 階段之外亂因素的預測外亂指令。

圖 1 2 係表本實施例之預測外亂控制系統之動作的時序圖。同圖 (a) 係表前饋係數 F_d 的值，而在階段 k 被修正。同圖 (b) 係表母材外亂因素，在階段 ($k + 1$) 會產生變動。同圖 (c) 係表由母材外亂因素與係數 F_d 的積而來的習知的預測外亂操作量，在階段 k 、 $k + 1$ 會因為係數的變更與外亂而產生急劇變化，因此控制系統的動作變得不安定。

相對於此，同圖 (d) 為本實施例之預測外亂操作量，階段 k 則採用差分值，又，階段 $k + 1$ 則根據差分值與考慮 2 個差分值的計算，可以抑制操作量之急劇變化情形。

如此般，本實施例之預測外亂控制，即使是因為動作點的變化而導致控制參數變更時，則藉差分值輸入預測外亂因素，且考慮到多個階段的差分值而產生預測外亂指令，因而對於外亂因素可安定地進行控制。

在前述預測外亂控制系統中，雖然只輸入入側板厚 H ，但是在控制以前，亦可使用由檢出裝置 3 或是觀測裝置 7 所取得的資料，例如軋輥偏心量 S_r 。

又，針對各取樣週期所得到之作為狀態量的入側板厚 (前台之出側板厚)，若利用此而如上所述地實施積極的預測控制時，則可提高整個控制系統的響應性，且提高精度。特別是，前述之狀態回饋系統可以克服在進入積算手

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (36)

段時之響應特性的降低情形。而本實施例之控制裝置，藉兩者之組合，在動作點或指令變更時，則可維持高響應與高精度而實現安定的輥軋控制。

其次請參照圖面來說明第 2 個本發明的實施例。

應用本發明之輥軋機控制系統的構成圖則與圖 2、圖 3 相同。

圖 1 4 係表前述工作輥 1 3 與輥軋材 1 4 的關係。輥軋材 1 4 則自圖中之左側移動到右側。而輥軋材 1 4 之入側板厚為 H ，出側板厚為 h 、工作輥的間隔為 S 、加在工作輥 1 0 之荷重為 P 。在這些量中，用於表示輥軋荷重之物理關係的則為 (數 1) 所示之 Hill 的近似式。而小字 i 則是表示在多段輥軋機系統中之第 i 台的物理量。此外，(數 1) 式中的摩擦補正項則為 (數 2) 式。

[數 1]

$$P_i = b \cdot \kappa_i \cdot k_i \cdot D_{pi} \sqrt{R'_i \cdot (H_i - h_i)} \quad \dots (數 1)$$

在此

- b : 板寬
- κ_i : 張力修正項
- k_i : 平均變化阻力
- D_{pi} : 摩擦修正項
- R'_i : 扁平軋輥直徑
- H_i : 入側板厚
- h_i : 出側板厚

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (37)

[數 2]

$$D_{Pi} = a_1 - a_2 \cdot r_i + a_3 \cdot \mu_i \cdot r_i \cdot \sqrt{1 - r_i} \cdot \sqrt{\frac{R'_i}{h_i}} \quad \dots (數 2)$$

在此 a_1 : 常數

a_2 : 常數

a_3 : 常數

μ_i : 摩擦係數

r_i : 壓下率

另一方面，應變計式可以次式 (數 3) 來加以表示。
前述輥軋模型 6 則以 (數 1) ~ (數 3) 來加以表示。

[數 3]

$$h_i = S_i + \frac{P_i}{K} \quad \dots (數 3)$$

在此 S_i : 壓下位置 (軋軋間隙)

K : 輥軋機彈簧常數

圖 1 5 係表 (數 1) 與 (數 3) 之關係圖，縱軸為輥軋荷重、橫軸為壓下位置以及板厚。(數 1) 與橫軸的交點則成為入側板厚 H ，而 (數 1) 與 (數 3) 的交點則為動作點，而其橫軸的位置則為出側板厚 h ，縱軸的位置則成為荷重。

如圖 1 6 所示，當母材之板厚自 H_0 變化到 H_1 時，則成為輥軋荷重式與應變計式之交點的動作點即會變化，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (38)

而板厚自 h_0 變到 h_1 ，荷重自 P_0 變化到 P_1 。結果，板厚即脫離目標值 h 。

在此，則實施讓輥軋機之壓下位置移動，而將板厚設成一定精度的板厚控制。而此時之指令的變化成分則成為 ΔS ，如圖 17 所示，可控制壓下控制裝置的位置自 S_1 變成 S 。結果，應變計式則自虛線的位置平行移動到實線的位置，而與荷重式的交點，則板厚 h_1 會移動到板厚 h ，荷重 P_1 會移動到荷重 P 。

如此般，在各種之輥軋條件下，用於求取作為輥軋荷重式與應變計式之交點的動作點者則為設定控制系統 4。而設定計算之具體的方法則可採用求取方程式根的算法，例如反覆地求取數值解的 Newton-Raphson 方法。

設定控制系統 4 會根據輥軋模型 6 來計算在各狀態下的動作點，亦即設定值，且將之提供給 DDC 控制系統 5。另一方面，DDC 控制系統 5 則在動作點四周能夠在線性近似的範圍內動作以使控制量或狀態量之設定值（動作點）與該些之計測值的偏差能夠成為零，而構成所謂的調整系統。因此，DDC 控制系統 5 的控制模型，則可當作求取與設定值之偏差的偏差值系統，且依以下之狀態方程式加以記述。

將數 (3) 以偏差值系統表示之應變計式以及將數 (3) 在動作點附近進行泰勒展開式而以微小變化成分表示之輥軋荷重式則由 (數 4) 與 (數 5) 來加以表示。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (39)

〔 數 4 〕

$$\Delta h_i = \Delta S_i + \frac{\Delta P_i}{K_i} \quad \dots (數4)$$

但 Δh_i : 第 i 機台出側板厚 ΔS_i : 第 i 機台壓下位置 ΔP_i : 第 i 機台輥軋荷重 K_i : 第 i 機台輥軋常數

〔 數 5 〕

$$\begin{aligned} \Delta P_i = & \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right) \Delta h_i + \left(\frac{\partial P_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i \\ & + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i, \quad \dots (數5) \end{aligned}$$

由 (數 4) 與 (數 5) 導出 (數 6)

〔 數 6 〕

$$\begin{aligned} \Delta h_i = & \frac{K_i}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \left\{ \Delta S_i + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i \right. \\ & \left. + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \right\} \quad \dots (數6) \end{aligned}$$

當分別以 1 次延遲系統來近似致動器之壓下裝置 1 3 以及軋輥驅動裝置 1 6 之響應情形時，則成為 (數 7) (數 8)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (40)

〔 數 7 〕

$$\frac{d \Delta S_i}{d t} = \frac{1}{T_{S i}} (\Delta S_{P i} - \Delta S_i) \quad \dots (數 7)$$

 $\Delta S_{P i}$: 第 i 機台壓下指令

〔 數 8 〕

$$\frac{d \Delta V_{R i}}{d t} = \frac{1}{T_{V i}} (\Delta V_{P i} - \Delta V_{R i}) \quad \dots (數 8)$$

 $\Delta V_{P i}$: 第 i 機台軋輥速度指令 $\Delta V_{R i}$: 第 i 機台軋輥速度

軋輥機之後方張力則以 (數 9) 來表示，而當由質量流動 (mass flow) 式來求取其微小變化成分時，則成為 (數 10) 。

〔 數 9 〕

$$\frac{d \Delta \tau b_i}{d t} = \frac{E_i}{L_i} (\Delta V_{\bullet i} - \Delta V_{\bullet i-1}) \quad \dots (數 9)$$

〔 數 10 〕

$$H_i V_{\bullet i} = h_i V_{\circ i}$$

$$\Delta V_{\bullet i} = \frac{1}{H_i} \{ h_i \Delta V_{\circ i} + \Delta h_i V_{\circ i} - \Delta H_i V_{\bullet i} \} \quad \dots (數 10)$$

又，(數 11) 表示出側板速度以及其微小變化成分，而 (數 12) 表示入側板速度之微小變化成分。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (41)

〔 數 1 1 〕

$$\begin{aligned}
 V_{o,i} &= (1 + f_i) V_{R,i} \\
 \Delta V_{o,i} &= (1 + f_i) \Delta V_{R,i} + V_{R,i} \Delta f_i \\
 &= \frac{1}{H_i} \{ h_i \Delta V_{o,i} + \Delta h_i V_{o,i} \} \quad \dots (數 1 1)
 \end{aligned}$$

〔 數 1 2 〕

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{o,i} &= \frac{1}{H_i} \left\{ h_i (1 + f_i) \Delta V_{R,i} + h_i V_{R,i} \Delta f_i \right. \\
 &\quad \left. + (1 + f_i) V_{R,i} \Delta h_i \right\} \quad \dots (數 1 2)
 \end{aligned}$$

將 (數 1 1) 與 (數 1 2) 代入到 (數 9) ，而導出 (數 1 3) 。

〔 數 1 3 〕

$$\begin{aligned}
 \frac{d \Delta \tau b_i}{d t} &= \frac{E_i}{L_i} \left[\frac{h_i (1 + f_i)}{H_i} \Delta V_{R,i} + \frac{h_i V_{R,i}}{H_i} \Delta f_i \right. \\
 &\quad \left. + \frac{(1 + f_i) V_{R,i}}{H_i} \Delta h_i \right] \\
 &\quad + \frac{E_i}{L_i} \left[-(1 + f_{i-1}) \Delta V_{R,i-1} - V_{R,i-1} \Delta f_{i-1} \right] \quad \dots (數 1 3)
 \end{aligned}$$

而對先進率式進行泰勒展開之微小變化式則表示在 (數 1 4) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (42)

〔 數 1 4 〕

$$\Delta f_i = \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \Delta h_i + \left(\frac{\partial f_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i + \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i + \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \quad \dots (數 1 4)$$

將 (數 1 4) 代入到 (數 1 3) 可以得到 (數 1 5)

〔 數 1 5 〕

$$\begin{aligned} \frac{d \Delta \tau b_i}{d t} = & -\frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \Delta h_{i-1} - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial H_{i-1}} \right) \Delta H_{i-1} \\ & - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \Delta \tau b_{i-1} - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau f_{i-1}} \right) \Delta \tau f_{i-1} \\ & + \frac{E_i V_{R1}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1 + f_i) \right\} \Delta h_i \\ & - \frac{E_i}{L_i} (1 + f_{i-1}) \Delta V_{R1-1} + \frac{E_i h_i V_{R1}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i \\ & + \frac{E_i h_i V_{R1}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \quad \dots (數 1 5) \end{aligned}$$

在此，整理 (數 1 6) 所示之資料可以得到 (數 1 7)

〔 數 1 6 〕

$$\Delta \tau f_i = \Delta \tau b_{i+1} \quad \dots (數 1 6)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (43)

〔 數 1 7 〕

$$\begin{aligned}
\frac{d \Delta \tau b_i}{d t} = & -\frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \Delta h_{i-1} - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \Delta \tau b_{i-1} \\
& - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial H_{i-1}} \right) \Delta H_{i-1} \\
& + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1 + f_i) \right\} \Delta h_i - \frac{E_i}{L_i} (1 + f_{i-1}) \Delta V_{Ri-1} \\
& + \frac{E_i}{L_i} \left\{ \frac{h_i V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) - V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau f_{i-1}} \right) \right\} \Delta \tau b_i \\
& + \frac{E_i h_i (1 + f_i)}{L_i H_i} \Delta V_{Ri} + \frac{E_i h_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau b_{i+1} \\
& \dots \text{ (數 1 7) }
\end{aligned}$$

若將 (數 1 1) 代入到 (數 1 7) 時，則成為 (數 1 8) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (44)

〔 數 1 8 〕

$$\begin{aligned}
\frac{d\Delta\tau b_i}{dt} = & -\frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \frac{K_{i-1}}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \Delta S_{i-1} \\
& - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left[\left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \frac{\left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right)}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \right. \\
& \left. + \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \right] \Delta \tau b_{i-1} + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \right. \\
& \left. + (1+f_i) \right\} \frac{K_i}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \Delta S_i \\
& - \frac{E_i}{L_i} (1+f_{i-1}) \Delta V_{Ri-1} \\
& + \frac{E_i}{L_i} \left[\frac{\left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1+f_i) \right\} \frac{V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right)}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \right. \\
& \left. + \left\{ \frac{h_i V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) - V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \right\} \right. \\
& \left. - \frac{V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right)}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \right] \Delta \tau b_i \\
& + \frac{E_i h_i (1+f_i)}{L_i H_i} \Delta V_{Ri} \\
& + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left[h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) + \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \right. \right. \\
& \left. \left. + (1+f_i) \right\} \frac{\left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right)}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \right] \Delta \tau b_{i+1} \\
& \dots \text{ (數 1 8) }
\end{aligned}$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (45)

當整數該些公式，而以行列式來表示時，則成為 (數 1 9) 之狀態方程式。

[數 1 9]

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta S_i \\ \Delta V R_{i-1} \\ \Delta \tau b_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{i,i} & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,2}^{i,i} & 0 \\ a_{3,1}^{i,i} & a_{3,2}^{i,i} & a_{3,3}^{i,i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta S_i \\ \Delta V R_{i-1} \\ \Delta \tau b_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{1,1}^{i,i} & 0 \\ 0 & b_{2,2}^{i,i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta S_{p,i} \\ \Delta V_{p,i-1} \end{bmatrix} \quad \dots (數 1 9)$$

以 (數 2 0) 與 (表 1) 所示之記號來表示 (數 1 9) 之各項的行列與變數向量，當依控制週期將之離散化時，則可得到 (數 2 1) 之狀態方程式。該 (數 2 1) 則表示 D D C 5 之控制模型，而藉求取在動作點之行列要素進行線性近似。

[數 2 0]

$$\frac{d}{dt} X = A x + B u$$

$$y = C x$$

在此

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (46)

$$x = [\Delta S \quad \Delta VR \quad \Delta \tau b]^T$$

$$u = [\Delta Sp \quad \Delta Vp]^T$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{i,i} & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,2}^{i,i} & 0 \\ a_{3,1}^{i,i} & a_{3,2}^{i,i} & a_{3,3}^{i,i} \end{bmatrix}$$

... (數20)

$$B = \begin{bmatrix} b_{1,1}^{i,i} & 0 \\ 0 & b_{2,2}^{i,i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{1,1}^{i,i} & 0 & c_{1,3}^{i,i} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (47)

表 1

$$\begin{aligned}
 a_{1,1}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{s,1}} & a_{2,2}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{v,1}} \\
 a_{3,1}^{1,1} &= \frac{E_1 V_{R1}}{L_1 H_1} \left\{ h_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial h_1} \right) + (1 + f_1) \right\} \frac{K_1}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} \\
 a_{3,2}^{1,1} &= -\frac{E_1}{L_1} (1 + f_{1-1}) \\
 a_{3,3}^{1,1} &= \frac{E_1}{L_1} \left[\frac{\left\{ h_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial h_1} \right) + (1 + f_1) \right\} \frac{V_{R1}}{H_1} \left(\frac{\partial f_1}{\partial \tau b_1} \right)}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} \right. \\
 &\quad \left. + \left\{ \frac{h_1 V_{R1}}{H_1} \left(\frac{\partial f_1}{\partial \tau b_1} \right) - V_{R1-1} \left(\frac{\partial f_{1-1}}{\partial \tau f_{1-1}} \right) \right\} \right. \\
 &\quad \left. \frac{V_{R1-1} \left(\frac{\partial f_{1-1}}{\partial h_{1-1}} \right) \left(\frac{\partial P_{1-1}}{\partial \tau f_{1-1}} \right)}{K_{1-1} - \left(\frac{\partial P_{1-1}}{\partial h_{1-1}} \right)} \right] \\
 b_{1,1}^{1,1} &= \frac{1}{T_{s,1}} & b_{2,2}^{1,1} &= \frac{1}{T_{v,1-1}} \\
 c_{1,1}^{1,1} &= \frac{K_1}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} & c_{1,3}^{1,1} &= \frac{\left(\frac{\partial P_1}{\partial \tau b_1} \right)}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)}
 \end{aligned}$$

但是， T_s ：為壓下裝置的延遲時間

T_v ：速度控制輸入裝置之延遲時間

E ：楊氏係數 L ：機台之間距 K ：彈性係數

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (48)

〔 數 2 1 〕

$$x(k+1) = A_D x(k) + B_D u(k)$$

$$y = C_D x(k)$$

… (數 2 1)

在此

$$A_D = e^{[A^T T_s]}$$

$$B_D = e^{[A^T T_s - I]} B^T$$

$$D_D = e^{[A^T T_s - I]} D^T$$

圖 1 8 係表由最佳伺服系統所構成之 D D C 控制系統 5 的功能方塊圖。來自檢出裝置 3 或是觀測裝置 7 的狀態量 X 則被輸入到加法機構 2 0，而求取相對於來自設定控制系統 4 之狀態量之設定值 X_s （動作點）的偏差值 ΔX 。本例之狀態量為壓下裝置 S 、軋輥速度 V_R 、後方張力 τ_b 。

狀態量之偏差值 ΔX 則被輸入到比例控制機構 2 1，而乘上回饋係數（比例增益） f_x ，而產生與壓下位置成分（ ΔS_D ）、速度成分（ ΔV_{RD} ）之各狀態量的控制指令（操作量） ΔU 。

同樣地，作為本例之控制量的出側板厚 h 與後方張力 τ_b ，則在加法機構 2 2 中求取相對於設定值 Y_s （目標值）的偏差值 e （誤差），且在積分機構 2 3 乘上回饋係數（比例增益） f_e 而予以積分，而成為與壓下位置成分（ S_D' ）與速度成分（ V_{RD}' ）之各控制量對應的控制指

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (49)

令 U_e 。

指令產生機構 24，則針對各壓下位置成分與速度成分將對應於狀態量之控制指令 ΔU 、對應於控制量之控制指令 U_e 以及來自設定控制系統 4 之設定值 U_s 相加，而產生輸出到壓下裝置 13 與軋軋驅動裝置 16 之操作指令 U 。

在此，控制參數之回饋係數 f_x 或 f_e ，當考慮 (數 19) 之擴大行列而解一般周知之利卡其方程式時，則求取 (數 22) 之回饋行列 f_x 、 f_e 。而根據設定控制系統 4 來計算控制參數的內容則詳載於例如土谷武士所著的「現代制御理論」中。

[數 22]

$$f_x = \begin{bmatrix} f_{x11} & f_{x12} & f_{x13} \\ f_{x21} & f_{x22} & f_{x23} \end{bmatrix}$$

$$f_e = \begin{bmatrix} f_{e11} & f_{e12} \\ f_{e21} & f_{e22} \end{bmatrix}$$

... (數 22)

由於前述之軋軋荷重式 (數 1) 或是藉線性化機構而逼近動作點之周圍的狀態方程式 (數 21) 係近似式，因此在軋軋中，摩擦係數 (μ) 或變形阻力 (k) 等之設定值則與實際狀態不同。因此無法獲得所希望的控制性能，而有必要對應於軋軋狀態進行適應修正。

圖 13 係表第 2 個本發明之一實施例之控制模型適應修正裝置 10 的功能方塊圖。修正裝置 10 係由可根據狀

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (50)

態量 x 或是控制量 y 之實績值而線上 (on-line) 地修正控制模型的適應修正手段 28 以及評估輥軋狀態，而在必要時可起動適應修正手段的起動手段 29 所構成。

首先就適應修正手段 28 加以說明、輥軋參數計算機構 33，則根據由檢出裝置 3 所輸入之狀態量 x 、控制量 y 等、經由設定控制系統 4 而參照的輥軋模型 35，而藉逆設定計算來求取較難求得的輥軋參數。該輥軋參數則包括：輥軋荷重之適應修正係數 Z_{pi} ，壓下位置之零點補正 ΔS_{oi} 、油膜厚度 C_{pi} 、配分率比 α_i ，先進率比 f_{di} 。

該些輥軋參數的計算則利用輥軋模型之輥軋荷重式 (數 1)，而根據最小自乘近似之回歸法而求得。以下則以適應修正係數 Z_p 為例，來說明輥軋參數的計算方法。

適應修正係數 Z_p 則是一用於吸收實際之輥軋荷重 P 與由輥軋模型所求得之預測輥軋荷重 P' 的誤差的係數，而該誤差則是導因於模型無法定量地予以表現的現象。預測輥軋荷重 P' ，則是將板厚、板寬等之實測值代入到 (數 1)、(數 2) 計算所得到的值，而與此時由輥軋荷重檢出計所得之實際荷重 P 之間則成立 (數 23) 的關係。

[數 23]

$$P = Z_p \cdot P' \quad \dots (\text{數 } 23)$$

適應修正係數 Z_p ，則如 (表 2) 所示，可求取 n 個

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

301616

五、發明說明 (51)

P, Z_p 的資料來滿足評估函數 (數 2 4) 。 (數 2 4) 的最小解，由於對於變數 Z_p 實施 1 次微分，可藉由該 1 次微分式所得到之 (數 2 5) 來求取 Z_p。

表 2

j	1	2	3		n - 1	n
P' (j)	P ₁ '	P ₂ '	P ₃ '		P _{n-1} '	P _n '
P (j)	P ₁	P ₂	P ₃		P _{n-1}	P _n
Z _p	Z _{p1}	Z _{p2}	Z _{p3}		Z _{p n-1}	Z _{p n}

〔 數 2 4 〕

$$\sum_{j=1}^n (Z_{pj} - Z_p)^2 = \text{最小化} \quad \dots (\text{數} 2 4)$$

〔 數 2 5 〕

$$Z_p = \sum_{j=1}^n \frac{Z_{pj}}{n} \quad \dots (\text{數} 2 5)$$

如此所求得的輥軋參數則被輸出到設定控制系統 4，以供以後的設定計算來使用。

另一方面，線性化機構 3 4，當輸入有來自輥軋參數計算機構 3 3 的輥軋參數時，則參照輥軋模型而實施 (數 4) ~ (數 2 1) 的演算，且求取作為控制模型之狀態方程式 (數 2 1) 的行列要素。控制參數計算機構 3 6，則就該狀態方程式的行列來解周知的利卡其方程式而求取控制參數 f_x，f_e 而更新 DDC 控制系統 5 的比例機構 2 1 或是積分機構 2 3 的係數。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (52)

其次則就起動手段 2 9 加以說明。圖 1 9 係表事態檢出機構 3 1 的功能方塊圖。而自檢出裝置輸入有配合狀態量以及控制量之擴大狀態量向量 (壓下位置 S 、軋輥速度 V_R 、後方張力 τ_b 、出側板厚 h)。又，自設定控制系統 4 輸入與擴大狀態量向量呈對應之基準值向量 (S_s 、 V_{RS} 、 τ_{bs} 、 h_s)，而在差分機構 3 0 1 中，如 (數 2 6) 般地求取每個要素的偏差。

[數 2 6]

$$\Delta Z = Z - Z_s$$

$$= [\Delta S, \Delta V_R, \Delta \tau_b, \Delta h]$$

$$= [S - S_s, V_R - V_{RS}, \tau_b - \tau_{bs}, h - h_s] \quad \dots (\text{數} 26)$$

擴大偏差狀態向量 ΔZ 則被輸入到濾波機構 3 0 2，而將重疊在向量之雜訊成分加以除去。該除去動作則可藉求取 ΔZ 之移動平均等之周知的平均處理來達成。

異常檢出機構 3 0 3，求取擴大偏差狀態向量 ΔZ 的評估值，當此超過一定值 (容許值) 時，則輸出事態 (event) 信號。而評估值則計算由 (數 2 4) 所示之所有狀態量與控制量之擴大狀態偏差的自乘平均誤差 ε 。誤差 ε 可就一部分之狀態量或控制量來求得，對於動作複雜的軋軋現象，則本實施例可以正確地反映出狀態。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (53)

[數 2 7]

$$\varepsilon = \int_0^T C (\Delta S^2 + \Delta v_R^2 + \Delta \tau_b^2 + \Delta h^2) \quad \dots (數27)$$

在此、C：定數

起動機構 31，當接受到來自事態檢出機構 30 的事態信號時，則起動適應修正手段，而修正 DDC 控制系統 5 的控制參數。此外，起動機構 31，在起動適應修正手段 28 之前，會起動設定控制系統 4，而設定控制系統 4 可對應於輥軋狀態來修正其目標值。

圖 20 係表本實施例之輥軋控制系統的動作。

同圖 (a) 係表輥軋速度 v 、同圖 (b)、(c) 係表相對於板厚 h 之基準值 h_s 的變動情形。當輥軋速度降低時，則 (數 1) 之輥軋荷重 P 會變大，以往則板厚會如同圖 (b) 所示般地變厚。

本實施例，則如同圖 (c) 所示，板厚 h 會增加，而當 2 次方平均誤差 ε (斜線部 ① 的面積)，在 ② 的時刻超過容許值時，則會輸出事態信號，且使控制模型適應修正裝置 10 起動。同圖 (d) 係表藉來自設定控制系統 4 之壓下位置的基準值 (目標值)，而對應於 ② 之動作點而計算者。同圖 (e) 係表回饋係數 f_{xy} ，對應於 ② 之動作點而被最佳化。如同圖 (c) 所示，可抑制相對於基準值 h_s 的板厚偏差。

根據此，在需要修正控制模型時，由於可以正確地加

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (54)

以特定，因此可藉參數修正而提高精度。又，可以避免不必要之模型變更處理與因為此導致控制系統受到擾亂的情形。

但是，軋軋機之運轉狀態乃包括：板速度為最高速度而幾乎為一定之穩定運轉狀態、板速度之加速狀態或是減速狀態或是通過母材板厚發生變動之熔接點等之非穩定運轉狀態，而在非穩定時，則可事先知道軋軋狀態發生大幅變動。計時機構 32，則監視來自檢出裝置 3 之板速度或是熔接點，而在非穩定運轉狀態持續時，則依一定的週期來起動適應修正手段 28。

例如，在取樣週期 T ，一定加速度 α 的加速狀態下，板速度每增加 αT ，則計時機構 32 會輸出觸發信號，而經由起動機構 31 來起動軋軋參數修正機構 33。

根據此，在軋軋狀態大幅變動之非穩定運轉狀態下，參數有必要再計算，而不管是否檢出前述事態，乃優先依一定的週期進行簡單的起動判定。

其次請參照圖面來詳細說明第 3 個本發明之實施例。

應用本發明之軋軋控制系統之概略的構成圖則與圖 2 相同。該控制系統係一可藉線上方式來變更 DDC 控制器 5 之控制增益的最佳控制系統。

設定控制系統 4 則具有可根據軋軋模型 6，而演算配合軋軋程序之各台的目標值或軋軋條件，與來自檢出裝置 3 之軋軋狀態對應的動作點或是影響係數的設定值演算手段 4-1。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (55)

輥軋模型則表示在 (數 3 1) ~ (數 3 3) 。

[數 3 1]

$$P_i = b \cdot \kappa_i \cdot k_i \cdot D_{Pi} \sqrt{R'_i \cdot (H_i - h_i)}$$

在此 b : 板寬
 κ_i : 張力修正項
 k_i : 平均變形阻力
 D_{Pi} : 摩擦修正項
 R'_i : 扁平軋輥直徑
 H_i : 入側板厚
 h_i : 出側板厚

[數 3 2]

$$D_{Pi} = a_1 - a_2 \cdot r_i + a_3 \cdot \mu_i \cdot r_i \cdot \sqrt{1 - r_i} \cdot \sqrt{\frac{R'_i}{h_i}}$$

在此 a_1 : 常數
 a_2 : 常數
 a_3 : 常數
 μ_i : 摩擦係數
 r_i : 壓下率

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (56)

[數 3 3]

$$\eta_i = S_i + \frac{P_i}{K}$$

在此 S : 壓下位置

K : 軋輥彈簧常數

表示軋輥荷重之物理關係的 (數 3 1) 則是一 Hill 近似式，而其摩擦補正項則由 (數 2) 來表示。(數 3 1) 之軋輥荷重曲線與 (數 3) 之應變計式之交點即成為動作點。

設定控制系統 4，則是在各種之軋輥條件下，根據牛頓法來計算由該荷重式與應變計式所得到之動作點。

DDC 控制器 5，則演算由設定控制系統 4 所設定之目標值或是動作點的設定值與來自檢出裝置 3 之實測值的偏差，而算出可以使該偏差成為零的控制指令。致動器 8 則根據該控制指令而令軋輥機 1 動作。

圖 2 1 係表第 3 個本發明之一實施例，係一用於控制由多台所構成之軋輥機之軋輥控制裝置的模式構成圖。在各軋輥台則設有作為檢出裝置之板厚檢出計 3-1、張力檢出計 3-2、軋輥同速檢出計 3-3、壓下位置檢出計 3-4、壓下荷重檢出計 3-5、板速度檢出計 3-6 等。而來自該些檢出計之出側板厚 h_i 、後方張力 τ_{b_i} 、壓下位置 S_i 、軋輥速度 V_{Ri-1} 、壓下荷重 P_i 則被輸入到設定控制系統 4，且對應於該軋輥狀態來變更動作點或是影

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (57)

響係數等之設定值。

根據板厚檢出計 3 - 1 而來的輥軋材的出側板厚 h 與根據張力檢出計 3 - 2 而來的後方張力 τb 則被輸入到回饋控制部 5 - 1。控制部 5 - 1 則求取該些輸入值與來自設定控制系統 4 之板厚目標值 h_s ， τb_s 的偏差，而將各偏差乘上控制增益而加以積分，且輸出控制指令。該控制指令係由壓下指令成分與速度指令成分所構成。

被設定在回饋控制部 5 - 1 之控制增益（設定值），則是由控制模型所計算。亦即，當針對將（數 1）在動作點附近進行泰勒展開式之微小變化成分的輥軋荷重式與將（數 3 1）以偏差值系統加以記述之應變計式來求取狀態量 X 與操作量 U 以及控制量 Y 的關係式而以一般式來表示時，則可得到作為控制模型之（數 4）的狀態方程式。

[數 3 4]

$$\frac{d}{dt} X_i = A_i X_i + B_i U_i$$

$$Y_i = C_i X_i$$

在此

A_i ， B_i ， C_i ：系統行列要素

$$X_i = [\Delta S_i \quad \Delta V R_{i-1} \quad \Delta \tau b_i]^T$$

$$U_i = [\Delta S p_i \quad \Delta V p_{i-1}]^T$$

$$Y_i = [\Delta h_i \quad \Delta \tau b_i]^T$$

i ：機台順位

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (58)

依控制週期將狀態方程式 (數 3 4) 離散化，而針對每個動作點求取行列要素，可以算出回饋控制系統 5 - 1 之控制增益 F 。該計算方法，可根據離散的狀態方程式來解利卡其方程式，而其詳細內容揭露於自動學會編之「自動制御ハンドブック第 1 部 (1 5 4 頁)」，故省略其說明。

非干擾控制部 5 - 2 則輸入根據控制部 5 - 1 而來之板厚偏差而來的控制指令或是根據張力偏差而來的控制指令，而使各偏差乘上非干擾控制增益，且輸出壓下指令成分或速度指令成分時的干擾控制指令。

控制輸出部 5 - 3，則針對各成分將回饋控制部 5 - 1 的控制指令與來自干擾控制部 5 - 2 的非干擾控制指令相加，而速度指令 V_p 被輸出到作為前機台 ($i - 1$) 之速度控制裝置的軋輥驅動裝置 8，而壓下指令 S_p 則被輸出到作用自身機站 (i) 之壓下位置控制裝置的壓上裝置 9。

圖 2 1，雖然係表在前機台 ($i - 1$) 設有軋輥驅動裝置 8，而在本身機台 i 設有壓下裝置 9 的情形，但是，實際上每個台均配置有軋輥驅動裝置與壓下裝置。前述速度指令 V_p 可被輸出到本身機台 (i) 的軋輥驅動裝置。又，所要控制的張力亦可為前方張力 τ_f ($\tau_{b_i} = \tau_f$ ($i - 1$))。

圖 2 1 之本實施例之特徵的構成部分乃備有：可決定同時被控制之板厚與張力之優先順序與伴隨此所執行之非

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (59)

干擾控制之決定動作的優先控制決定部 5 - 4 以及將由設定控制系統 4 所設定之 (通常為盤管變更時) 控制增益設定值 , 根據來自優先控制部 5 - 4 之調整係數而修正成可優先控制 , 且將之設定在回饋控制部 5 - 1 以及非干擾控制部 5 - 2 之控制增益演算部 5 - 5 。

圖 2 2 係表回饋控制部 5 - 1 與非干擾控制部 5 - 2 之詳細內容 , 是一只表示速度指令產生系統的模式圖。而速度控制輸出演算部 5 - 1 - 1 , 根據前述演算經由控制增益演算部 5 - 5 如 (數 3 5) 所示般地來設定用於與板厚偏差 Δh_i 相乘的控制增益 F_{hvi} 以及如 (數 3 6) 所示般地演算出用於與張力偏差 $\Delta \tau_i$ 相乘的控制增益 $F_{\tau vi}$ 。前者表示冷軋情況 , 後者表示熱軋情況。

[數 3 5]

$$\Delta V_{hi} = \int F_{hvi} \cdot \Delta h_i$$

... (用於板厚控制的速度指令)

[數 3 6]

$$\Delta V_{\tau i} = \int F_{\tau vi} \cdot \Delta \tau_i$$

... (用於張力控制的速度指令)

速度非干擾控制部 5 - 2 - 1 則具有板厚非干擾控制輸出演算部 5 - 2 - 1 1 、張力非干擾控制輸出演算部 5 - 2 - 1 2 以及延遲電路 5 - 2 - 1 3 , 如後述般 , 係

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (60)

一用在軋輥驅動裝置 8 之響應速度快時所構成之非干擾控制系統。

演算部 5 - 2 - 1 1 係在冷軋中，當回饋控制系統 5 - 1 執行張力優先控制之期間，會設定控制增益 F_{dhvi} ，而產生 (數 3 7) 之板厚非干擾控制輸出 (ΔV_{dhi})。演算部 5 - 2 - 1 2 係在熱軋中，當執行板厚優先控制時，會設定控制增益 $F_{d\tau vi}$ ，而產生 (數 3 8) 之張力非干擾控制輸出 ($\Delta V_{d\tau i}$)。

[數 3 7]

$$\Delta V_{dhi} = F_{dhvi} \cdot \Delta S_{\tau i}$$

在此 $\Delta S_{\tau i}$ ：根據張力偏差之壓下指令

[數 3 8]

$$\Delta V_{d\tau i} = F_{d\tau vi} \cdot \Delta S_{hi}$$

在此 ΔS_{hi} ：根據板厚偏差之壓下指令

該非干擾控制輸出 ΔV_{dhi} 或是 $\Delta V_{d\tau i}$ ，在經由閒置時間電路 5 - 2 - 1 3 而延遲一閒置時間 T_{dvi} 後，則與被輸出到軋輥驅動裝置而來自回饋控制系統 5 - 1 之控制指令相減。閒置時間 T_{dvi} 則是根據軋輥驅動裝置 8 與壓下裝置 9 響應時間常數以及閒置時間而算出，而配合一與發生干擾之相對呈對應之非干擾控制時間。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (61)

圖 2 3 係一只表示回饋控制部 5 - 1 與非干擾控制部 5 - 2 之壓下指令產生系統的模式圖。在壓下位置控制輸出演算部 5 - 1 - 2 則設定有如 (數 3 9) 所示用於與板厚偏差 Δh_i 之相乘的控制增益 F_{hs_i} 與如 (數 4 0) 所示用於張力偏差 $\Delta \tau_i$ 相乘的控制增益 $F_{\tau s_i}$ 。前者表熱軋，後者表冷軋。

[數 3 9]

$$\Delta S_{hi} = \int F_{hs_i} \cdot \Delta h_i$$

… (用於板厚控制之壓下指令)

[數 4 0]

$$\Delta S_{\tau i} = \int F_{\tau s_i} \cdot \Delta \tau_i$$

… (用於張力控制之壓下指令)

壓下非干擾控制部 5 - 2 - 2 具有板厚非干擾控制輸出演算部 5 - 2 - 2 1 與張力非干擾控制輸出演算部 5 - 2 - 2 2 以及閒置時間電路 5 - 2 - 2 3。如後所述，係一用在壓下裝置 9 之響應速度快時的非干擾控制系統。

演算部 5 - 2 - 2 1 為熱軋，在回饋控制系統 5 - 1 執行張力優先控制時，會設定控制增益 F_{dhs_i} ，而產生 (數 4 1) 之板厚非干擾控制輸出 (ΔS_{dhi})。演算部 5 - 2 - 2 2 為冷軋，在執行板厚優先控制時，會設

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (62)

有控制增益 $F_{d\tau si}$ ，而產生 (數 4 2) 之張力非干擾控制輸出 ($S_{d\tau i}$)。

[數 4 1]

$$\Delta S_{dhi} = F_{dhsi} \cdot \Delta V_{\tau i}$$

[數 4 2]

$$\Delta S_{d\tau i} = F_{d\tau si} \cdot \Delta V_{hi}$$

該非干擾控制輸出，則經由閒置時間電路 5 - 2 - 2 3 而延遲一閒置時間 T_{dsi} 。

前述非干擾控制部之各構成，則可藉由後述之優先控制部 5 - 4 所輸出之調整係數，藉將非干擾控制增益設成有效 (係數 1) 或無效 (係數 0) 加以切換。

圖 2 4 係表優先控制部 5 - 4 與控制增益部 5 - 5 之構成的功能方塊圖。優先控制部 5 - 4 係由板厚、張力優先控制部 5 - 4 - 1 與非干擾優先控制部 5 - 4 - 2 所構成。

首先說明板厚、張力優先控制部 5 - 4 - 1。容許值設定手段 2 1 則自設定控制系統 4 參照事先針對各台所設定之後方張力設定值 τ_{brefi} 依階段式加以分類的表 5 來設定容許值。在分類表中則記憶有各級之後方張力設定值 τ_{brefi} 的上下限值與相對於該級數之實測值 τ_{bi} 的容許值 (張力範圍) $\pm \tau_{bDij}$ 。此外，容許

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (63)

值可為 $0 \sim -\tau_{bDi j}$ 的範圍。

表 5

級數	下 限	上 限	容 許 值
1	0	τ_{bLi1}	$\pm \Delta \tau_{bDi1}$
2	τ_{bLi1}	τ_{bLi2}	$\pm \Delta \tau_{bDi2}$
⋮	⋮	⋮	⋮
j	τ_{bLij-1}	τ_{bLij}	$\pm \Delta \tau_{bDi j}$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	τ_{bLin-1}	τ_{bLin}	$\pm \Delta \tau_{bDin}$

此外，爲了要容易把握住特性，亦可取代用於與容許值比較的張力偏差 $\Delta \tau_i$ ，而改採張力設定值比（ $\% \Delta \tau_i = \Delta \tau_i / \Delta \tau_{bref i}$ ）

張力偏差值輸出手段 2 2 則取設定值 $\tau_{bref i}$ 與來自張力計 3 - 2 之後方張力之實測值 τ_{bi} 的差分，而輸出經濾波除去雜訊成分的張力偏差 $\Delta \tau_i$ 。優先控制判定手段 2 3，則判斷偏差 $\Delta \tau_i$ 是否位在容許值（張力範圍） $\pm \tau_{bDi j}$ 的範圍內，若是在範圍內則輸出板厚優先信號，若是在範圍外，則輸出張力優先信號。

控制調整係數演算手段 2 4，爲了要執行板厚或是張力之優先控制，用於變更回饋控制部 5 - 1 之各控制增益的調整係數 G 則依下被決定，且被輸出到控制增益演算部

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (64)

5 - 5 。

調整係數 G 係由對應於圖 2 2、圖 2 3 所示之各控制增益，且針對容許值之範圍內（板厚優先）與範圍外（張力優先）而設定之 8 個係數所構成。亦即，用於調整控制增益 F_{hvi} 的 $G_{vhi1, 2}$ 、用於調整 $F_{\tau vi}$ 的 $G_{v\tau i1, 2}$ ，用於調整 F_{hsi} 的 $G_{sh i1, 2}$ ，用於調整 $F_{\tau si}$ 的 $G_{s\tau i1, 2}$ 。各係數所附設之數字，其中，1 表範圍內，2 表範圍外。該些調整係數則依（數 4 3）之關係來決定。

〔數 4 3〕

$G_{s\tau i1} < G_{s\tau i2} \cdots \cdots$ 壓下控制輸出之張力調整係數關係

$G_{v\tau i1} < G_{v\tau i2} \cdots \cdots$ 速度控制輸出之張力調整係數關係

$G_{shi2} < G_{shi1} \cdots \cdots$ 壓下控制輸出之板厚調整係數關係

$G_{vhi2} < G_{vhi1} \cdots \cdots$ 速度控制輸出之板厚調整係數關係

亦即，壓下控制輸出之張力增益（ $F_{\tau si}$ ）關係以及速度控制輸出之張力增益（ $F_{\tau vi}$ ）的關係，位於範圍外者乃相對於範圍內者為大。而壓下控制輸出之板厚增益（ F_{hsi} ）關係以及速度控制輸出之板厚增益（

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (65)

F h v i) 關係，位於範圍外者則相對於範圍內者為小。藉此，在範圍內時執行板厚優先控制，在範圍外時則執行張力優先控制。亦即，冷軋時與熱軋時之各調整係數則成為表 6 的關係。

表 6

冷軋	熱軋
$G_{vri1,2}=0$ $G_{shi1,2}=0$	$G_{vhi1,2}=0$ $G_{sri1,2}=0$
(板厚優先) $G_{vhi1} > G_{sri1}$ (張力優先) $G_{vhi2} < G_{sri2}$	(板厚優先) $G_{shi1} > G_{vri1}$ (張力優先) $G_{shi2} < G_{vri2}$

又，所謂各板厚調整係數與板厚偏差 $\Delta h i$ ，則依 (數 4 4) 之函數關係被設定。

[數 4 4]

$$G_{shi1,2}=fs(\Delta hi) \quad G_{vhi1,2}=fv(\Delta hi)$$

或

$$G_{shi1,2}=fs(\% \Delta hi) \quad G_{vhi1,2}=fv(\% \Delta hi)$$

但是、 $\Delta hi = \Delta hi / hrefi$ (href: 設定值)

亦即，範圍內的板厚調整係數 G_{shi1} ，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (66)

G_{vhil} ，則對應於板厚偏差增加其值，而提高板厚控制的增益。又，位在範圍外時亦可相同。

圖 25 係表用於前述板厚、張力優先控制之處理順序的流程圖。首先，設定與所設定之張力設定值

τ_{brefi} 呈對應的張力容許值 $\pm \tau_{bDij}$ (S101)，而求取所實例之後方張力 τ_{bi} 的偏差值 $\Delta \tau_{bi}$ (S102)。其次，則判斷偏差值 $\Delta \tau_{bi}$ 是否位在所設定之容許值 $\pm \tau_{bDij}$ 的範圍內 (S103)。

當位在範圍內時，則決定調整係數 G 以使板厚控制優先 (S104)。將該調整係數 G 乘上控制增益設定值而求取線上 (on-line) 的控制增益 (S106)。例如，用於板厚控制之控制增益 (F_{hvi})，則如成為較張力控制之控制增益 ($F_{\tau si}$) 為大的值般地決定調整係數 G 。

另一方面，當偏差值 $\Delta \tau_{bi}$ 位在容許值 $\pm \tau_{bDij}$ 的範圍外時，則如讓張力控制優先般地 ($F_{\tau si} > F_{hvi}$) 決定調整係數 (S105)。

其次，則說明非干擾優先控制部 5-4-2。非干擾控制裝置決定手段 24，則將軋輥驅動裝置 8 與壓下裝置 9 之響應時間常數 T_{v_i} 與 T_{s_i} 加以比較，而選擇時間常數小 (響應速度快) 的裝置，且輸出該非干擾調整係數名。又，根據軋輥驅動裝置 8 之響應時間常數 T_{v_i} 、閒置時間 T_{d1i} 與壓下裝置 9 之響應時間常數 T_{s_i} 、閒置時間 T_{d2i} ，藉 (數 45) 來算出可使非干擾控制之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (67)

時間配合干擾相位之閒置時間 T_{di} 。此外，由於裝置之響應時間或閒置時間係在系統設計或是變更時所決定，因此來自手段 24 之輸出可以事先決定。

[數 4 5]

$$T_{di} = F(T_{vi}, T_{si}) + |T_{d1i} - T_{d2i}|$$

非干擾調整係數則包括分別用於調整圖 22 之板厚非干擾控制增益 F_{dhvi} 、張力非干擾控制增益 $F_{d\tau vi}$ 的 G_{d1} ， G_{d2} 以及分別用於調整張力非干擾控制增益 $F_{d\tau si}$ 的 G_{d3} ， G_{d4} 。自非干擾控制裝置決定手段 24 所輸出之調整係數名，則根據 (數 4 6) 之關係被決定。

[數 4 6]

$$T_{vi} < T_{si} \rightarrow G_{d1}, G_{d2}$$

$$T_{vi} < T_{si} \rightarrow G_{d3}, G_{d4}$$

通常，由於 $T_{vi} > T_{si}$ ，且壓下裝置 9 的響應速度快，因此可以選擇用於調整可演算至壓下裝置之非干擾控制輸出的板厚非干擾控制增益 F_{dhsi} 以及用於調整張力干擾控制增益 $F_{d\tau si}$ 的 G_{d3} 、 G_{d4} 。

將干擾調整係數決定手段 25，則對應於來自手段 24 之非干擾調整係數名與來自優先控制判定手段 23 之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (68)

板厚控制優先信號或是張力控制優先信號，而如 (數 4 7) 所示般地決定各非干擾調整係數，且將之輸出到控制增益演算部 5 - 5。

[數 4 7]

< 板厚制御優先時 >

$$G d 1 = 0 . 0 , G d 3 = 0 . 0$$

$$G d 2 = 1 . 0 (T v i < T s i) ,$$

$$G d 4 = 1 . 0 (T v i > T s i)$$

< 張力制御優先時 >

$$G d 2 = 0 . 0 , G d 4 = 0 . 0$$

$$G d 1 = 1 . 0 (T v i < T s i) ,$$

$$G d 3 = 1 . 0 (T v i > T s i)$$

亦即，響應快的壓下裝置 9 執行非干擾控制的例子，由於是冷軋時的張力非干擾控制，因此 $G d 1 \sim G d 3$ 全部是成為 0 . 0，而當只有 $G d 4$ 時，則在板厚優先控制時為 1 . 0，張力優先控制時則成為 0 . 0。

如此般，非干擾優先控制部 5 - 4 - 2，則藉響應速度快的致動器，如實施非干擾控制般地決定用於與非干擾控制增益相乘的調整係數。

其次說明控制增益演算手段 5 - 5 的功能。控制增益演算手段 3 0，則由設定控制系統 4 來設定回饋控制部

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明(69)

5 - 1 之控制增益的設定值 (F r e f i 1 , 2) 。該控制增益設定值，如上所述，係藉周知的利卡其方程式來求取 (數 4) 所示的狀態方程式。而令該些控制增益設定值乘上來自調整係數演算手段 2 3 的調整係數，而圖 2 2 、圖 2 3 所示之各控制增益，則根據 (數 4 8) 而求得。

[數 4 8]

$$F_{hvi} = F_{hvre fi 1,2} \cdot G_{vhi 1,2}$$

$$F_{\tau vi} = F_{\tau vref i 1,2} \cdot G_{v\tau i 1,2}$$

$$F_{hsi} = F_{hsref i 1,2} \cdot G_{shi 1,2}$$

$$F_{\tau si} = F_{\tau sref i 1,2} \cdot G_{s\tau i 1,2}$$

在 (數 4 8) 之各係數所附上的數字，其中 1 係表板厚優先控制，2 係表張力優先控制。若根據表 6 所示之調整係數的關係，在冷軋時， $F_{\tau vi}$ ， F_{hsi} 為零，在板厚控制優先時，則 $F_{hvi} > F_{\tau si}$ ，在張力控制優先時，則 $F_{hvi} < F_{\tau si}$ 。此外，在冷軋時成為零，而在熱軋時所使用之控制增益或是其控制系統，在決定系統的時候亦可自設計對象加以除去。

非干擾控制增益演算手段 3 1，則由設定控制系統 4 來設定非干擾控制部 5 - 2 之非干擾控制增益的設定值 ($F_{dref i}$)。其中一例，則是將在冷軋時之壓下裝置之響應快時的張力非干擾控制增益表示 (數 4 9)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (70)

[數 4 9]

$$F d \tau s r e f i = (K i - \partial P i / \partial h i) / K i .$$

在此、 $\partial P i / \partial h i$: 影響係數 $K i$: 軋輥彈簧常數

[數 5 0]

$$F d h v i = F d h v r e f i \cdot G d 1$$

$$F d \tau v i = F d \tau v r e f i \cdot G d 2$$

$$F d h s i = F d h s r e f i \cdot G d 3$$

$$F d \tau s i = F d \tau s r e f i \cdot G d 4$$

圖 2 6 係表前述所述之干擾控制增益決定之順序的流程圖。亦即，在冷軋時，當壓下裝置 9 之響應速度快時（S 2 0 1），則在板厚優先控制時（S 2 0 2），則 $G d 4 = 1.0$ （S 2 0 4），因此，可以設定非干擾控制增益 $F d \tau s i = F d \tau s r e f i$ （S 2 0 6），而張力非干擾控制則是藉張力裝置 9 來實施。另一方面，當張力控制優先時，則成為 $F d \tau s i = 0$ ，而不進行非干擾控制。

非干擾控制增益演算手段 3 1，則根據來自非干擾控制裝置決定手段 2 5 的響應時間常數差分值 $T d$ ，而算出軋輥速度裝置快時的延遲時間 $T d 1 i$ 與壓下裝置快時的延遲時間 $T d 2 i$ ，且將之設定在非干擾控制手段 5 - 2 上。該設定可在系統設計時或變更時進行。此外，在決定構築系統時，亦可將未利用之非干擾控制增益或其控制系統，自設計對象加以去除。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (71)

圖 2 7 以及圖 2 8 係表前述本實施例之輥軋系統的動態圖。圖 2 7 係表壓下控制部響應時間較速度控制部響應時間為短之板厚優先控制時的例子。通常之冷軋系統，壓下控制部使用油壓壓下裝置，而速度控制部則使用直流電動機，而相當於該例。在圖中，粗的實線部表示優先控制，細的實線部則表示同時被控制之非優先控制。而虛線則為不執行的控制，僅供參考。

圖 2 8 係一壓下控制部響應時間較速度控制部響應時間為短之張力優先控制時的例子。而此相當於一般之熱軋系統的構成。

根據本實施例，在同時控制板厚與張力之輥軋控制中，若實際所測得之張力偏差在容許值的範圍內時，則提高板厚控制增益，當超過容許值的範圍時，則提高張力控制增益而實施優先控制。此外，由於容許值是針對每個機台，且針對張力設定值之各階段被仔細設定，因此能夠隨著動作點變更進行精密的優先控制。

因此，可以同時提高板厚與張力之控制精度，且提高製品品質，而能高響應度地控制張力偏差，使輥軋機之運轉得以快速地安定化。

又，由板厚控制指令所產生之對輥軋材之張力的影響（干擾）或是由張力控制指令所產生之對輥軋材之板厚的影響（干擾），則可利用響應快的致動器，使相位能夠配合由響應慢之致動器所產生之干擾現象而實施非干擾控制，因而可以即時地排除干擾，而提高板厚或是張力的控制

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (72)

精度。

更者，本實施例之軋軋控制裝置，由於與熱軋或冷軋工程或致動器等之功能的系統構成無關而能夠廣泛地使用，因此可以彈性地對應於系統的構成或變更。

其次說明第3個本發明之其他實施例。圖21之回饋控制系統5-1雖然只表示控制量回饋控制，但是亦可為一追加用於控制軋軋過程之狀態量偏差之狀態回饋控制的最佳伺服系統。亦即，求取由壓下位置檢出計3-4所得到之壓下位置 S_i 、由軋軋同速檢出計3-3所得到之前台軋軋速度 V_{Ri-1} 、後方張力 τ_b 之實測值與各設定值的偏差，而算出可以使該偏差成為零之速度控制指令、壓下控制指令，且與前述控制量回饋控制系統之速度控制指令或是壓下控制指令相加而將之輸出。此外，在將本身機台之軋軋速度 V_{Ri} 、前方張力 τ_f 設成狀態量時，則與上一實施例相同。

根據此，藉響應快的狀態回饋控制，可以更高速地抑制板厚以及張力的外亂因素，而更能夠提高本發明之優先控制的效果。

更者，其他實施例，控制量乃採用位在軋軋正下方的板厚值。使用圖21所示之板厚計3-1的出側板厚 h_i 、入側板厚 H_i （前台之出側板厚）、入側板速度 V_{ei} 以及出側板速度 V_{oi} ，而在觀測裝置7中，根據mass flow進行（數51）的演算，且算出軋軋正下方板厚 h_{mi} 。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

錄

五、發明說明 (73)

[數 5 1]

$$h_{mi} = V_{ei} \cdot H_i / V_{oi}$$

根據該 h_{mi} 與來自設定系統之目標值 h_{refi} 來求取板厚偏差 Δh_i 而演算控制指令。

根據此，由於輥軋材自軋輥正下方移動到出側板厚計 3 - 1 為止之控制延遲得以消除，因此可更提高本發明之優先控制或非干擾控制的效果。

其他的實施例，則構成一可將板厚偏差 Δh_i 或張力偏差 $\Delta \tau_i$ 當作直接輸入之非干擾控制系統。此時，(數 3 7)、(數 3 8) 或是 (數 4 1)、(數 4 2) 則如 (數 5 2) 所示般地被修正。

[數 5 2]

$$\Delta V d h_i = F d h v_i' \cdot \Delta \tau_i \cdot e^{-T d i s} \quad \dots (數 3')$$

$$\Delta V d \tau_i = F d \tau v_i' \cdot \Delta h_i \cdot e^{-T d i s} \quad \dots (數 4')$$

$$\Delta S d h_i = F d h s_i' \cdot \Delta \tau_i \cdot e^{-T d i s} \quad \dots (數 7')$$

$$\Delta S d \tau_i = F d \tau s_i' \cdot \Delta h_i \cdot e^{-T d i s} \quad \dots (數 8')$$

根據此，由於不進行控制指令時的積分演算，因此可以得到與輸入信號之變化率變大，而提高非干擾控制增益時同樣的效果。

請參照圖面來說明第 4 個本發明之實施例。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (74)

輥軋機之控制裝置的一般構成則與圖 2、圖 3 相同。

又，輥軋機之工作輥 1 3 與輥軋材 1 4 之關係則與表示在圖 4 ~ 圖 6 者相同。

圖 2 9 係表第 4 個本發明之一實施例之輥軋控制裝置的構成圖。

表示多台輥軋機 1 之動作狀態的輥軋狀態量，則由板厚檢出計 3 - 1 檢出輥軋材 1 4 之板厚，由板速度檢出器 3 - 2 檢出板速度，由張力檢出器 3 - 3 檢出作用在輥軋材 1 4 的張力、由輥軋荷重檢出器 3 - 4 檢出輥軋荷重，由軋輥速度檢出器 3 - 5 檢出軋輥同速度、由壓下位置檢出器 3 - 6 檢出壓下位置。又，多台輥軋機 1 之輥軋狀態，則因應作為致動器 8 之壓下裝置 1 3 與軋輥驅動裝置 1 6 而變化。

控制裝置 2 係由前饋控制部 2 - 1 與回饋控制部 2 - 2 所構成。回饋控制部 2 - 2 係根據由張力檢出計 3 - 3 等所檢出之輥軋狀態量來演算控制指令。而回饋控制 2 - 2 之例子則如利用輥軋荷重與壓下位置之 Bisra-AGC。

前饋控制部 2 - 1 係由板厚追蹤部 1 0 0、壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1、速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2、壓下前饋演算部 1 0 3 以及速度前饋演算部 1 0 4 所構成。而在該前饋控制部 2 - 1 則自響應之閒置時間輸入部 1 0 5 輸入壓下裝置 1 3 以及軋輥驅動裝置 1 6 之響應的閒置時間。

板厚追蹤部 1 0 0 係使由位在作為前台之第 $i - 1$ 台

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (75)

出側之板厚檢出計 3 - 1 (i - 1) 所檢出之板厚資料的履歷對應於自第 i - 1 台到第 i 台為止的位置，而以由板速度檢出計 3 - 2 (i - 1) 所檢出之現在的板速度邊進行移動控制邊加以記憶。

壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1，則根據自響應之閒置時間輸入部 1 0 5 所輸入之壓下裝置 1 3 所響應閒置時間與在板速度檢出器 3 - 2 (i - 1) 中所檢出之板速度，而推測在壓下裝置 1 3 之響應閒置時間之期間內輥軋材 1 4 的移動距離，且由據板厚追蹤部 1 0 0 之板厚履歷資料中選擇出到第 i 台輥軋正下方之距離可對應於該移動距離的板厚資料。此外，亦可自閒置時間輸入部 1 0 5 提供一在響應之閒置時間加上 1 次延遲之延遲時間而成的響應延遲時間。

同樣地，速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2，則根據自響應之閒置時間輸入部 1 0 5 所輸入之輥軋驅動裝置 1 6 之響應的閒置時間或是響應延遲時間與由板速度檢出器 3 - 2 (i - 1) 所檢出之現在的板速度，而推測在輥軋驅動裝置 1 6 之響應的閒置時間之期間內輥軋材 1 4 的移動距離，且由板厚追蹤部 1 0 0 之板厚履歷資料中選擇出到第 i 台輥軋正下方為止的位置可對應於該移動距離的板厚資料。

壓下前饋演算部 1 0 3 則根據由壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1 所選擇之板厚資料與事先所設定之前饋增益而算出輸入到壓下裝置之前饋控制指令。此時，壓下前

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (76)

饋演算部 1 0 3 會根據已考慮到壓下裝置 1 3 之延遲時間的板厚資料，作為該板厚資料與目標值之偏差的板厚變動當到達第 i 機台之軋輥正下方時，可讓壓下裝置 1 3 動作以抵消該板厚變動成分，而演算輸出前饋壓下指令。

速度前饋演算部 1 0 4 則根據由速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2 所選擇之板厚資料與事先所設定之前饋增益，而算出輸入到軋輥驅動裝置的前饋控制指令。此時，速度前饋演算部 1 0 4 則會根據已考慮到軋輥驅動裝置 1 6 之延遲時間的板厚資料而演算前饋速度指令，因此與該板厚資料對應之板厚變動，當到達第 i 機台之軋輥正下方時，軋輥驅動裝置 1 6 會被前饋控制以抵消由該板厚變動成分所導致之軋輥現象變動成分。

自前饋控制部 2 - 1 與回饋控制部 2 - 2 所輸出之到壓下裝置 1 3 的各操作量與到軋輥驅動裝置 1 6 之各操作量，則會在加法部 2 0 分別當作壓下指令以及速度指令予以相加而輸出。

圖 3 0 係表板厚追蹤部 1 0 0 之構成的模式圖，係由板厚記憶表 1 0 0 - 1 與板厚資料移動控制部 1 0 0 - 2 所構成。板厚記憶表 1 0 0 - 1 係將自第 $(i - 1)$ 個機台出側之板厚檢出器 3 - 1 $(i - 1)$ 到第 i 個機台正下方為止的距離 (L) 分割成 n 等分，而對應於自各分割區間到第 i 個機台正下方為止的距離，且對位在該機台間之位置之軋輥材之被取樣點的現在位置實施追蹤，而將板厚之履歷資料列加以記憶。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (77)

對各板厚資料之被取樣點之追蹤則依下而進行。首先，來由板厚檢出器 3 - 1 (i - 1) 所檢出之正下方的板厚資料以及由位在第 (i - 1) 個與第 i 個機台之間之板速度檢出器 3 - 2 (i - 1) 所檢出之板速度值，則依一定週期之取樣間隔為板厚追蹤部 1 0 0 所讀取。而該板速度值則被送到板厚資料移動控制部 1 0 0 - 2 。

在板厚資料移動控制部 1 0 0 - 2 中，則計算自前次之檢出取樣時點開始輥軋材 1 4 所移動的移動距離。此外，則將與該移動距離對應之分割區間，對應於機台間之各位置，將記憶在板厚記憶表 1 0 0 - 1 之板厚的履歷資料朝第 i 個機台方向先送出。

例如考慮推測只移動距離 i 時，首先，與距第 i 個機台正下方之位置為距離 ϱ 之位置對應的板厚資料則會被消去。

此外，則將距第 i 個機台為距離 ϱ 之下一個被記憶之板厚資料，則會當作與第 i 個機台正下方之位置對應的板厚資料而被更新。如此般，板厚記憶表 1 0 0 - 1 之資料則會依序被更新。最後，履歷資料列之各板厚，則如與輥軋材之被取樣點之現在位置呈對應般地被移動到板厚記憶表 1 0 0 - 1 的各記憶區間。

被記憶在板厚記憶表 1 0 0 - 1 之機台間位置與位於該位置之板厚資料，則會被送到壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1 與速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2 。

圖 3 1 係表壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1 之構

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (78)

成的功能方塊圖，係由壓下裝置閒置時間設定部 1 0 1 - 1、閒置時間距離演算部 1 0 1 - 2、板厚資料選定部 1 0 1 - 3 以及補正板厚記憶部 1 0 1 - 4 所構成。

首先，自響應之閒置時間輸入部 1 0 5 所輸入之壓下裝置 1 3 的閒置時間則會被記憶在壓下裝置閒置時間設定部 1 0 1 - 1。由板速度檢出器 3 - 2 (i - 1) 所檢出之板速度值則與壓下裝置 1 3 之閒置時間一起被輸入到壓下閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 1 之閒置時間距離演算部 1 0 1 - 2。

在閒置時間距離演算部 1 0 1 - 2 則根據前述壓下裝置閒置時間與現在之板速度值而來求取在壓下裝置之閒置時間內輥軋材 1 4 的移動距離，且將之送到板厚資料選定部 1 0 1 - 3。

板厚資料選定部 1 0 1 - 3 則根據由板厚追蹤部 1 0 0 所輸入之板厚履歷資料與壓下裝置 1 3 之在閒置時間內的移動距離而來進行補正之追蹤動作。亦即，從位在第 i 個機台軋軋正下方之上流側的板厚履歷資料列中，除去與壓下裝置閒置時間之移動距離相當，而與距軋軋正下方之距離對應的板厚資料 ($\Delta H (n)$ 等)，而剩下來之資料列之下流側先頭，則如與第 i 個機台軋軋正下方成對應般地移動而記憶在補正板厚記憶部 1 0 1 - 4。此外自被補正且被記憶之板厚資料中，將與第 i 個機台軋軋正下方對應的新的 $\Delta H (n)$ 送到壓下前饋演算部 1 0 3。

壓下前饋演算部 1 0 3，則利用 (數 6 4) ~ (數

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (79)

6 6) 的關係來計算成為壓下指令的壓下變更量 ΔS 。而壓下變更量 ΔS , 入側板厚變動外亂 ΔH 、作為輥軋內部之狀態量的張力變動量 $\Delta \tau_b$ 以及作為控制量之出側板厚變動 Δh 的關係 , 則以 (數 6 4) 來表示。

[數 6 4]

$$\Delta h = \left(\frac{\partial h}{\partial S} \right) \Delta S + \left(\frac{\partial h}{\partial \tau_b} \right) \Delta \tau_b + \left(\frac{\partial h}{\partial H} \right) \Delta H \quad \dots (6 4)$$

在此 , Δh : 出側板厚變動量

ΔS : 壓下變更量

$\Delta \tau_b$: 張力變動量

ΔH : 入側板厚變動外亂因素

$\left(\frac{\partial h}{\partial S} \right)$: 出側板厚變化相對於壓下變更之影響係數

$\left(\frac{\partial h}{\partial \tau_b} \right)$: 出側板厚變化相對於張力變形之影響係數

$\left(\frac{\partial h}{\partial H} \right)$: 出側板厚變化相對於入側板厚變動的影響係數

在 (數 6 4) 中 , 若假設沒有張力的變動 ($\Delta \tau_b$) , 即可得到 (數 6 5) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明(80)

〔 數 6 5 〕

$$\Delta h = \left(\frac{\partial h}{\partial S} \right) \Delta S + \left(\frac{\partial h}{\partial H} \right) \Delta H \quad \dots (65)$$

由於控制的目標是在於不產生出側板厚變動 ($\Delta h = 0$) , 因此壓下變更量 ΔS 可依 (數 6 6) 來求得。

〔 數 6 6 〕

$$\Delta S = - \frac{\left(\frac{\partial h}{\partial H} \right)}{\left(\frac{\partial h}{\partial S} \right)} \Delta H \quad \dots (66)$$

在該 (數 6 6) 中所使用的 ΔH 係一根據壓下閒置時間補正板厚追蹤部 101 而實施修正之與軋輥正下方對應的入側板厚變動外亂 $\Delta H(n)$ 。

圖 32 係表速度閒置時間補正板厚追蹤部 102 之構成的功能方塊圖, 係由速度裝置閒置時間設定部 102-1、閒置時間距離演算部 102-2、板厚資料選定部 102-3 與補正板厚記憶部 102-4 所構成。

首先, 自響應之閒置時間輸入部 105 所輸入之軋輥驅動裝置 16 的閒置時間則被記憶在速度裝置閒置時間設定部 102-1。而由板速度檢出器 3-2 (i-1) 所檢出之板速度值, 則會與軋輥驅動裝置之閒置時間一起被輸入到距離演算部 102-2。

而在閒置時間距離演算部 102-2 中, 則根據前述速度裝置閒置時間與現在的板速度值而求取在軋輥驅動裝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (81)

置之閒置時間內軋軋材 1 4 的移動距離且將之送到板厚資料選定部 1 0 2 - 3 。

板厚資料選定部 1 0 2 - 3 則根據來自板厚追蹤部 1 0 0 之板厚履歷資料與來自閒置時間距離演算部 1 0 2 - 2 的移動距離來進行補正的追蹤動作。亦即在位於第 i 個機台之軋軋正下方之上流側的板厚履歷資料中，除去相當於軋軋驅動裝置閒置時間之間的移動距離，而與距軋軋正下方之距離對應的板厚資料 ($\Delta H (n)$) 等)，而剩下來之資料列之下流側的先頭則移動以便與第 i 個機台之軋軋正下方成對應，且將之記憶在補正板厚記憶部 1 0 2 - 4 。此外自該補正且被記憶之板厚資料中，將與第 i 個機台軋軋正下方對應的新的 $\Delta H (n)$ 送到速度前饋演算部 1 0 4 。

速度前饋演算部 1 0 4 ，則利用 (數 6 7) ~ (數 6 9) 來算出成為速度指令的速度變更量 ΔV_R 。該速度變更量 ΔV_R ，壓下變更量 ΔS 、入側板厚變動外亂 ΔH 以及作為軋軋內部之狀態量之張力變動量 $\Delta \tau_b$ 時關係則以 (數 6 7) 來表示。

[數 6 7]

$$\Delta \tau_b = \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial S} \right) \Delta S + \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial V_R} \right) \Delta V_R + \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial H} \right) \Delta H \quad \cdots (6 7)$$

在此， ΔV_R ：速度變更量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (82)

ΔS : 壓下變更量

$\Delta \tau_b$: 張力變動量

ΔH : 入側板厚變動外亂因素

$\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial S}\right)$: 張力變化相對於壓下變更的影響係數

$\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial V_R}\right)$: 張力變化相對於速度變化的影響係數

$\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial H}\right)$: 張力變化相對於入側板厚變動的影響係數

在 (數 6 7) 的關係中，壓下變更量 ΔS 乃成為前饋之壓下指令。因此，利用來自速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2 而經補正之入側板厚變動 (ΔH)，而根據 (數 6 6) 來推測壓下指令。若將該推測結果代入到 (數 6 7) 時，則成為 (數 6 8)。

[數 6 8]

$$\Delta \tau_b = \frac{\left(\frac{\partial h}{\partial S}\right)\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial H}\right) - \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial S}\right)\left(\frac{\partial h}{\partial H}\right)}{\left(\frac{\partial h}{\partial S}\right)} \Delta H + \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial V_R}\right) \Delta V_R \quad \dots (6 8)$$

在前述壓下指令的情況，若假設沒有張力的變動時，則可得到 (數 6 5)。在此，前饋速度指令係設成可以抑

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (83)

制由於入側板厚變動外亂所導致之輥軋現象的變動情形。
亦即，在 (數 6 8) 中，使 $\Delta \tau_b = 0$ ，而根據 (數 6 9)
來演算速度指令。

[數 6 9]

$$\Delta V_R = \frac{-\left(\frac{\partial h}{\partial S}\right)\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial H}\right) + \left(\frac{\partial \tau_b}{\partial S}\right)\left(\frac{\partial h}{\partial H}\right)}{\left(\frac{\partial h}{\partial S}\right)\left(\frac{\partial \tau_b}{\partial V_R}\right)} \Delta H \quad \dots (69)$$

在 (數 6 9) 中， ΔH 係一由速度閒置時間補正板厚追蹤部 1 0 2 所送來經補正之與第 i 個機台正下方對應的入側板厚變動外亂 $OH(n)$ 。

圖 3 3 係用於說明本實施例之輥軋控制裝置 (3 9) 之動作的流程圖。

在步驟 S 1 中，則依一定之取樣週期 (通常為 2 0 m s) 來計測各機台之入側的板厚，而同時計測板速度，且將之記憶在板速度資料表 D 1。由第 $i - 1$ 個機台出側之板厚檢出部 3 - 1 ($i - 1$) 所檢出之與到第 i 個機台軋軋正下方為止之輥軋中之輥軋材呈對應的板厚資料，則當作履歷資料列，依照計測順序被記憶在板厚追蹤表上。

該重新被計測之板厚資料，則藉步驟 S 2 之板厚追蹤，而使目前被記憶在表中之資料列朝下流方向移動，而被儲存在空的記憶區間內。該移動動作，則根據此次所計測之板速度資料，對應於在前次到此次之取樣間隔之期間內

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (84)

輥軋材所移動的距離，使表中之各區間的資料依序移位。此外位於軋輥正下方之下流的資料則自表中被除去。

在步驟 S 3 中，爲了要補正壓下裝置 1 3 之閒置時間，乃根據事先所記憶之壓下裝置的輸送時間 (D 2) 與現在的板速度資料 (D 1)，自板厚追蹤表中選出對前饋控制爲必要的板厚資料。利用所選擇的入側板厚資料，在步驟 S 5 中求取壓下指令。該壓下指令則參照在設定時所計算的影響係數 (D 4)，而根據 (數 6 6) 來計算。

同樣地，在步驟 S 4 中，爲了要補正軋輥驅動裝置 1 6 之閒置時間，乃根據事先所記憶之軋輥驅動裝置之輸送時間 (D 3) 與現在之板速度資料 (D 1)，自板厚追蹤資料中選出對前饋控制爲必要的板厚資料。

在步驟 S 6 中，則推測壓下操作對張力的影響。而此是因爲壓下指令與速度指令會互相競爭，而因壓下狀態之變更而導致處於輥軋狀態的張力發生變化而影響到板厚度，而藉速度指令來補正其影響程度使然。此外壓下操作對張力的影響，則根據影像係數 (D 4) 與入側板厚資料來推測壓下位置之變更情況，且根據 (數 6 7) 之右邊第 1 項來加以推測。利用由該壓下位置變化所造成影響的推測值、在步驟 S 4 中所選出之入側板厚資料以及在設定時所計算的影響係數 (D 4)，而根據 (數 6 9) 來求取速度指令。

在步驟 S 5 中所求得之前饋壓下指令，則當在步驟 S 3 中經時間補正之板厚變動值爲與軋輥正下方對應的時

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (85)

刻 (較實際情況提早一閒置時間) 的控制時序時，則會被輸出到壓下裝置。同樣地，在步驟 S 7 中所求得之速度指令，則當在步驟 S 3 中經時間補正之板厚變動值為與軋輥正下方對應之時刻 (較實際情況提早一閒置時間) 的控制時序時，則會被輸出到軋輥驅動裝置。

壓下裝置與軋輥驅動裝置之各控制指令的輸出時序，則與取樣週期呈同步而設定在同一時刻。但是，根據本實施例，則與軋輥材之同一點對應的壓下指令與速度指令之控制時序，如上所述，則因各閒置時間被變動。藉此，板厚變動或因此而導致之張力變動，在達到軋輥正下方之同時，則讓壓下裝置與軋輥驅動裝置動作，而確實地抵消其影響程度。

圖 3 4 係一用於說明由設定控制系統 4 來計算由 (數 6 4)、(數 6 7) 所定義，而被設定在圖 3 3 之資料表 D 4 的影響係數之順序的流程圖。

設定控制系統 4 在每次變更製品尺寸或材料時，則計算在軋輥機之各機台之軋輥間隙的初始設定值、穩定部之軋輥速度設定值、出側板厚設定值、荷重設定值、機台間之張力等 (S S 1)。

其次，爲了要計算影響係數，則在所計算之設定值中決定入側板厚、壓下位置、軋輥速度之微小變動範圍 (S S 2)。而此則將微小變動範圍設成設定值的 $\pm 5\%$ 。此外則計算自各設定值 (入側板厚、壓下位置、軋輥速度) 減去在步驟 S S 2 中所決定之各微小變動範圍之負方向

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (86)

的設定變動量 (S C 1 - 1) 。

同樣地則計算在各設定值 (入側板厚、壓下位置、軋輥速度) 加上在步驟 S S 2 中所決定之各微小變動範圍之正方向的設定變動量 (S C 1 - 2) 。根據在 S C 1 - 1 以及 S C 1 - 2 中加上微小變動之各設定變更量 (入側板厚、壓下位置、軋輥速度) 與在設定控制所使用之軋軋理論公式來計算作為軋軋狀態量的出側板厚以及後方張力 (S C 2) 。

其次，則計算根據未加上微小變動之各設定變更量 (入側板厚、壓下位置、軋輥速度) 所計算而得之軋軋狀態量的出側板厚、後方張力與相對於在 S C 2 中加上計算之微小變動之各設定變更量 (入側板厚、壓下位置、軋輥速度) 之軋軋狀態量的出側板厚、後方張力之間的差，而計算出相對於在 S C 2 中所決定之入側板厚、壓下位置、軋輥速度之微小變動範圍之各軋軋狀態量之出側板厚與後方張力的變化比例 (S C 3) 。而在該 S C 3 中所計算而得之變化比例即成為影響係數。

圖 3 5 係表速度指令的計算，亦即，與圖 3 3 之 S 6，S 7 有關之詳細的流程圖。而依據在圖 3 2 中所說明之順序來計算影響係數 (S V 1) 。又，製作用於對速度控制裝置 1 6 所具有之閒置時間進行修正的板厚追蹤資料 (S V 2) 。其次，則根據在 S V 1 中所計算之影響係數與用於補正速度控制部之閒置時間的板厚資料來推測張力變動 $\Delta \tau_b$ (S V 3) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (87)

該張力變動推測值 $\Delta \tau_b'$ 乃包含由於用於抵消入側板厚外亂因素 ΔH 所進行之前饋壓下指令而產生的張力變動 $\Delta \tau_b'$ 與由於入側板厚變動對輥軋現象之影響而產生的張力變動 $\Delta \tau_b''$ ，而係根據將輥軋理論式予以線性化之關係式 (數 6 7) 所推測而來。其次，則利用所推測之張力變動 $\Delta \tau_b$ ，而算出用於抵消該張力變動的速度指令 $V_p (S V 4)$ 。

圖 3 6 係表在計算壓下指令之步驟 (S 5) 的詳細內容的流程圖。首先計算影響係數 (S P 1)。又製作用於對壓下控制裝置 1 3 所具有之閒置時間進行補正的板厚追蹤資料。其次，則根據在 S P 1 中所計算之影響係數與用於補正速度控制部之閒置時間的板厚資料，來計算用於抵消入側板厚變動外亂因素 ΔH 的壓下指令 $\Delta S_p (S P 3)$ 。此時之壓下指令的計算，則是根據將輥軋理論式予以線性化之數 (6 5) 而求得。

圖 3 7 係表用於說明壓下裝置 1 3 根據本實施例之前饋壓下指令之響應情況的時序圖。如同圖 (a) 所示，在軋輥正下方，在時刻 t_2 ，入側板厚會依階段狀產生 ΔH 變化。該入側板厚變動 ΔH 係在前機台之出側被測出，而根據與板速度對應的追蹤方式，在時刻 t_2 會對應於軋輥正下方，而前進一相當於壓下裝置 1 3 之閒置時間 T_d 成分，藉此進行補正以使在時刻 t_1 能夠到達軋輥正下方。

因此，如同圖 (b) 所示，則在看到板厚變動 ΔH 之狀態而與軋輥正下方對應的時刻 t_1 ，乃選擇該 ΔH ，而

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (88)

根據 (數 6 6) 來算出前饋壓下指令 ΔS_p ，且將之輸出到壓下裝置 1 3。結果，會如同圖 (c) 所示，壓下裝置 1 3，在實際到達軋輥正下方時會將該板厚變動 ΔH 抵消。此時，若將板速度設為 V_e (m / s e c) 時，則在時刻 t_1 會選擇出相當於 $l = V_e \times T_d$ 的距離 (自軋輥正下方朝向上流側) 之軋軋材之點的板厚變動情形。

圖 3 8 係表軋輥驅動裝置 1 6 根據本實施例之前饋速度指令之響應情形的時序圖。如同圖 (a) 所示，階段狀之入側板厚變動 ΔH ，在時刻 t_2 到達軋輥正下方時，則會如同圖 (b)，(c) 所示，壓下指令會在早大約相當於響應之閒置時間 T_{d1} 的時刻 t_1 輸出指令，而在時刻 t_2 則該壓下裝置動作以抵消入側板厚變動。

當對板厚變動產生壓下的動作時，則如同圖 (d) 所示，會因壓下位置變化與入側板厚變動而導致產生張力變化 $\Delta \tau_b$ 。由於該張力變化 $\Delta \tau_b$ 會對出側板厚造成影響，因此根據 (數 6 9) 可由壓下位置變化之推測量與入側板厚變動，如抵消該影響程度般地算出前饋速度指令 ΔV_p 。

但是，由於軋輥驅動裝置 1 6 具備響應之閒置時間 T_{d2} ，因此與壓下指令同樣地，當在時刻 t_2 ，入側板厚發生階段狀變化時，則如同圖 (e) 所示，會在較時刻 t_2 早 T_{d2} 的時刻 t_3 來演算速度指令 ΔV_p ，且將之加以輸出。結果，如同圖 (f) 所示，軋輥驅動裝置 1 6 會在時刻 t_2 動作以抵消張力變化 $\Delta \tau_b$ 。在演算速度指

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

衣

訂

象

五、發明說明 (89)

令 ΔV_p 中所使用的板厚變動 ΔH ，則針對根據在前機台出側所測得之板速度所追蹤之板厚的履歷資料，自 $T_d 2$ 之期間先送出之資料列中，選擇出在時刻 t_2 被推測與軋輥正下方對應的板厚資料。

圖 3 9 係用於說明相對於階段狀之入側板厚變動，本實施例之壓下裝置之其他動作的時序圖。在該例中，壓下裝置具有閒置時間與加上延遲之響應延遲時間 T_L 。如同圖 (a) 所示，當在軋輥正下方，在時刻 t_3 ，入側板厚如階段狀般發生 ΔH 變化時，則如同圖 (b) 所示，壓下指令 ΔS_p ，會在早約響應延遲時間 T_L 的時刻 t_1 輸出指令，而如同圖 (c) 所示，令壓下裝置 1 3 動作以抵消入側板厚變動。

圖 4 0 係表同樣地軋輥驅動裝置 1 6 具有響應延遲時間 $T_L 2$ 的例子，係一用於說明相對於階段狀之入側板厚變動，速度指令以及軋輥速度響應之時間關係的時序圖。

在多變數控制下之壓下裝置與軋輥驅動裝置之控制時序 (指令輸出)，則與取樣週期呈同步而設定在同一時刻。

根據本實施例，與軋輥材之同一點呈對應的壓下指令與速度指令的控制指令的輸出時序，如上所述，可根據各致動器之閒置時間而被變更。因此，在板厚變動或是隨此所造成之張力變動位於軋輥正下方之同時，可以讓壓下裝置與軋輥驅動裝置動作，藉此得以確實地抵消入側板厚變動或是張力變動的影響。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (90)

又，軋輥驅動裝置，由於在因為入側板厚變動對軋輥現象所造成之影響而產生的張力變動之外，對於因為用於抵消入側板厚外亂因素之前饋壓下指令所造成壓下裝置之壓下動作而產生之張力變動亦可一併地加以消除，因此，兩致動器之動作得以安定地被協調控制。

其次，請參照圖面來說明第 5 個本發明的實施例。

適用本發明之軋輥控制系統則為與圖 2、圖 3 所示者相同的構成。

而軋輥機之工作輥 10 與軋輥材 14 之關係則與圖 4 至圖 7 所示者相同。

圖 41 係表第 5 個本發明之一實施例，係一構成最佳伺服控制系統的軋輥機控制裝置的構成圖。由多個機台所構成之軋輥機系統 1 乃接受指令產生機構 24 的操作指令（操作量）而依照所希望的精度而動作。

差分機構 25 與比例機構 20 則構成狀態回饋控制系統。亦即，由差分機構 25 來求取在檢出裝置 3 所檢出之狀態量與由設定控制系統 4 所給予之動作點之設定值之間的偏差，而在比例機構 20 則在該偏差值乘上比例增益而產生狀態偏差指令成分。在本實施例中，狀態量（ μ ）乃使用壓下位置 S 、後方張力 τ_b 、前機台的軋輥速度 V_R 。

差分機構 26 與積分機構 21 則構成控制量回饋控制系統。亦即，由差分機構 26 來求取利用檢出裝置 3 或是觀測裝置 7 所檢出之控制量與表示由設定控制系統 4 所給予之控制量的目標的設定值之間的偏差，而在積分機構

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (91)

2 1 中，則將該偏差值乘上積分增益而實施積分，藉此產生控制量指令成分。本實施例之控制量 (y) 則使用出側板厚 h 與後方張力 τ_b 。

指令產生機構 2 4 則將來自比例機構 2 0 之狀態偏差指令成分與來自積分機構 2 1 之控制量指令成分以及由設定控制系統 4 所給予之目標指令值相加，而產生輸出到致動器 8 的操作指令 (操作量)。

此外，致動器 8 之操作端則有用於變更壓下位置之壓下裝置 1 3 以及用於變更速度的軋輥驅動裝置 1 6，而前述操作指令，則針對各壓下位置成分與速度成分被產生且輸出。

根據本實施例之構成，狀態回饋控制系統則實施控制以使狀態量之實測值相對於動作點的誤差能夠成為零。狀態量，如表 7 所示，由於採用較以往之前方張力 τ_f 相比對板厚之影響更大的後方張力 τ_b ，因此可以實現提高板厚精度之高響應的狀態量控制。

表 7

	前方張力	後方張力
對於出側板厚的影響度 ($\mu m / kg / m m^2$)	2 0	4 5

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (92)

又，控制量回饋控制系統，除了藉控制出側板厚可以將製品板厚維持在所希望的精度外，藉控制張力，亦可防止其急劇變化，而得以安定地操作。

其次，則根據在設計最佳伺服系統時之控制模型（控制參數）來說明圖 4 1 所示的 D D C 控制器 5。

D D C 控制器 5 乃自設定控制系統 4 供給有控制量的目標值或是狀態量的動作點以作為設定值。此時，D D C 控制器 5 則動作以使動作點與實測值的偏差能夠成為零，而為所謂的調整系統。因此，狀態方程式則由求取與設定值之偏差的偏差值系統來記述。

輥軋現象則是以（數 8 4）所示之偏差值系統的應變計式以及（數 8 5）所示在動作點附近展開泰勒展開之微小變化成分的輥軋荷重式來加以表示。

〔數 8 4〕

$$\Delta h_i = \Delta S_i + \frac{\Delta P_i}{K_i} \quad \dots (84)$$

但是， Δh_i ：第 i 個機台出側板厚

ΔS_i ：第 i 個機台壓下位置

ΔP_i ：第 i 個機台輥軋荷重

K_i ：第 i 個機台輥軋常數

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

泉

五、發明說明 (93)

〔 數 8 5 〕

$$\Delta P_i = \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right) \Delta h_i + \left(\frac{\partial P_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \quad \dots (85)$$

若將 (數 8 4) 與 (數 8 5) 加以整理時即可導出 (數 8 6) 。

〔 數 8 6 〕

$$\Delta h_i = \frac{K_i}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \left\{ \Delta S_i + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i + \frac{1}{K_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \right\} \quad \dots (86)$$

其次當針對作為致動器之操作端之壓下裝置 1 3 以及軋輥驅動裝置 1 6 的動作分別以 1 次延遲來加以逼近時，則成為 (數 8 7) 、 (數 8 8) 。

〔 數 8 7 〕

$$\frac{d \Delta S_i}{d t} = \frac{1}{T_{s i}} (\Delta S_{P i} - \Delta S_i) \quad \dots (87)$$

$\Delta S_{P i}$: 第 i 個機台壓下指令

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (94)

〔 數 8 8 〕

$$\frac{d \Delta V_{Ri}}{dt} = \frac{1}{T_{v1}} (\Delta V_{Pi} - \Delta V_{Ri}) \quad \dots (88)$$

ΔV_{Pi} : 第 i 個機台軋輥速度指令

ΔV_{Ri} : 第 i 個機台軋輥速度

軋輥機之後方張力 τ_b 則以 (數 8 9) 來表示，當根據流動質量一定之原則而求取其微小變化成分時，則成為 (數 9 0) 。

〔 數 8 9 〕

$$\frac{d \Delta \tau_{bi}}{dt} = \frac{E_i}{L_i} (\Delta V_{oi} - \Delta V_{oi-1}) \quad \dots (89)$$

〔 數 9 0 〕

$$H_i V_{oi} = h_i V_{oi}$$

$$\Delta V_{oi} = \frac{1}{H_i} \{ h_i \Delta V_{oi} + \Delta h_i V_{oi} - \Delta H_i V_{oi} \} \quad \dots (90)$$

將出側板速度 V_o 以及其微小變化式代入 (數 9 1)，則可得到如 (數 9 2) 所示之入側板速度 V_i 的微小變化式。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (95)

〔 數 9 1 〕

$$\begin{aligned}
 V_{o,i} &= (1 + f_i) V_{Ri} \\
 \Delta V_{o,i} &= (1 + f_i) \Delta V_{Ri} + V_{Ri} \Delta f_i \\
 &= \frac{1}{H_i} \{ h_i \Delta V_{o,i} + \Delta h_i V_{o,i} \} \quad \dots (91)
 \end{aligned}$$

〔 數 9 2 〕

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{o,i} &= \frac{1}{H_i} \left\{ h_i (1 + f_i) \Delta V_{Ri} + h_i V_{Ri} \Delta f_i \right. \\
 &\quad \left. + (1 + f_i) V_{Ri} \Delta h_i \right\} \quad \dots (92)
 \end{aligned}$$

將 (數 9 1) , (數 9 2) 代入 (數 8 9) , 則可導出 (數 9 3) 。

〔 數 9 3 〕

$$\begin{aligned}
 \frac{d \Delta \tau b_i}{d t} &= \frac{E_i}{L_i} \left[\frac{h_i (1 + f_i)}{H_i} \Delta V_{Ri} + \frac{h_i V_{Ri}}{H_i} \Delta f_i \right. \\
 &\quad \left. + \frac{(1 + f_i) V_{Ri}}{H_i} \Delta h_i \right] \\
 &\quad + \frac{E_i}{L_i} \left[-(1 + f_{i-1}) \Delta V_{Ri-1} - V_{Ri-1} \Delta f_{i-1} \right] \quad \dots (93)
 \end{aligned}$$

將對先進率式展開泰勒展開之微小變化式表示在 (數 9 4) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

泉

五、發明說明 (96)

〔 數 9 4 〕

$$\Delta f_i = \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \Delta h_i + \left(\frac{\partial f_i}{\partial H_i} \right) \Delta H_i + \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i \\ + \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \quad \dots (94)$$

若將 (數 9 4) 代入到 (數 9 3) ，則可得到 (數 9 5) 。

〔 數 9 5 〕

$$\frac{d \Delta \tau b_i}{dt} = -\frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \Delta h_{i-1} - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial H_{i-1}} \right) \Delta H_{i-1} \\ - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \Delta \tau b_{i-1} - \frac{E_i V_{R-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau f_{i-1}} \right) \Delta \tau f_{i-1} \\ + \frac{E_i V_{R1}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1 + f_i) \right\} \Delta h_i \\ - \frac{E_i}{L_i} (1 + f_{i-1}) \Delta V_{R1-1} + \frac{E_i h_i V_{R1}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_i \\ + \frac{E_i h_i V_{R1}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau f_i} \right) \Delta \tau f_i \quad \dots (95)$$

在此，根據 (數 9 6) 所示之前方張力 τf 與後方張力 τb 的關係，將 (數 9 5) 統合為後方張力，則可得到 (數 9 7) 。

〔 數 9 6 〕

$$\Delta \tau f_i = \Delta \tau b_{i+1} \quad \dots (96)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (97)

〔 數 9 7 〕

$$\begin{aligned}
\frac{d \Delta \tau b_i}{d t} = & -\frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \Delta h_{i-1} - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \Delta \tau b_{i-1} \\
& - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial H_{i-1}} \right) \Delta H_{i-1} \\
& + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1 + f_i) \right\} \Delta h_i - \frac{E_i}{L_i} (1 + f_{i-1}) \Delta V_{Ri-1} \\
& + \frac{E_i}{L_i} \left\{ \frac{h_i V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) - V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \right\} \Delta \tau b_i \\
& + \frac{E_i h_i (1 + f_i)}{L_i H_i} \Delta V_{Ri} + \frac{E_i h_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) \Delta \tau b_{i+1} \\
& \dots (98)
\end{aligned}$$

將 (數 9 1) 代入到 (數 9 7) , 則可得到 (數 9 8)
) 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (98)

〔 數 9 8 〕

$$\begin{aligned}
\frac{d\Delta\tau b_i}{dt} = & -\frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \frac{K_{i-1}}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \Delta S_{i-1} \\
& - \frac{E_i V_{Ri-1}}{L_i} \left[\left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \frac{\left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right)}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \right. \\
& \left. + \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \right] \Delta \tau b_{i-1} + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \right. \\
& \left. + (1+f_i) \right\} \frac{K_i}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \Delta S_i \\
& - \frac{E_i}{L_i} (1+f_{i-1}) \Delta V_{Ri-1} \\
& + \frac{E_i}{L_i} \left[\frac{\left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) + (1+f_i) \right\} \frac{V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right)}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \right. \\
& + \left\{ \frac{h_i V_{Ri}}{H_i} \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) - V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right) \right\} \\
& \left. - \frac{V_{Ri-1} \left(\frac{\partial f_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right) \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial \tau b_{i-1}} \right)}{K_{i-1} - \left(\frac{\partial P_{i-1}}{\partial h_{i-1}} \right)} \right] \Delta \tau b_i \\
& + \frac{E_i h_i (1+f_i)}{L_i H_i} \Delta V_{Ri} \\
& + \frac{E_i V_{Ri}}{L_i H_i} \left[h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial \tau b_i} \right) + \left\{ h_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial h_i} \right) \right. \right. \\
& \left. \left. + (1+f_i) \right\} \frac{\left(\frac{\partial P_i}{\partial \tau b_i} \right)}{K_i - \left(\frac{\partial P_i}{\partial h_i} \right)} \right] \Delta \tau b_{i+1}
\end{aligned}$$

... (98)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (99)

由此，當整理作為狀態量之壓下位置 S 、軋輥速度 $V R$ 、後方張力 τ_b 的關係式而以行列表示時，則可得到 (數 9 9) 之狀態方程式。

[數 9 9]

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta S_i \\ \Delta V R_{i-1} \\ \Delta \tau_{bi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{i,i} & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,2}^{i,i} & 0 \\ a_{3,1}^{i,i} & a_{3,2}^{i,i} & a_{3,3}^{i,i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta S_i \\ \Delta V R_{i-1} \\ \Delta \tau_{bi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{1,1}^{i,i} & 0 \\ 0 & b_{2,2}^{i,i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta S_{pi} \\ \Delta V_{pi-1} \end{bmatrix} \dots (99)$$

在 (數 9 9) 中，操作端使用前機台之軋輥速度 $V R_{i-1}$ 的理由如下。圖 4 2 係表用於說明軋輥機之連續控制的模式圖。當變更軋輥機之軋輥速度時，則根據流動質量一定之原理來變更所要變更之軋輥機台之上流側的軋輥速度。例如，當要將第 i 個機台之軋輥速度變更成 $V 0 \rightarrow V 1$ 時，則可根據 (數 1 0 0)，(數 1 0 1) 來變更第 $(i-1)$ 個機台、第 $(i-2)$ 個機台……的軋輥速度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

象

五、發明說明 (100)

〔 數 1 0 0 〕

$$V'_{i-1} = \frac{V_i h_{i-1}}{h_{i-1}} \quad \dots (100)$$

〔 數 1 0 1 〕

$$V'_{i-2} = \frac{V'_{i-1} h_{i-1}}{h_{i-2}} \quad \dots (101)$$

〔 數 1 0 2 〕

$$\frac{dx_i}{dt} = A_{i,i} x_i + B_{i,i} u_i \quad \dots (102)$$

$$y_i = C_{i,i} x_i$$

在此，

$$x = [\Delta S \quad \Delta VR \quad \Delta \tau b]^T$$

$$u = [\Delta S_p \quad \Delta V_p]^T$$

$$y = [\Delta h \quad \Delta \tau_b]^T$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{i,i} & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,2}^{i,i} & 0 \\ a_{3,1}^{i,i} & a_{3,2}^{i,i} & a_{3,3}^{i,i} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{1,1}^{i,i} & 0 \\ 0 & b_{2,2}^{i,i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{1,1}^{i,i} & 0 & c_{1,3}^{i,i} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (101)

[數 1 0 3]

$$x(k+1) = A_D x(k) + B_D u(k)$$

$$y = C_D x(k)$$

... (1 0 3)

在此，

$$A_D = e^{[A^T T_s]}$$

$$B_D = e^{[A^T T_s - I]} B^T$$

$$D_D = e^{[A^T T_s - I]} D^T$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

泉

五、發明說明 (102)

表 8

$$\begin{aligned}
 a_{1,1}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{s,1}} & a_{2,2}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{v,1}} \\
 a_{3,1}^{1,1} &= \frac{E_1 V_{R1}}{L_1 H_1} \left\{ h_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial h_1} \right) + (1 + f_{1,1}) \right\} \frac{K_1}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} \\
 a_{3,2}^{1,1} &= -\frac{E_1}{L_1} (1 + f_{1,-1}) \\
 a_{3,3}^{1,1} &= \frac{E_1}{L_1} \left[\frac{\left\{ h_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial h_1} \right) + (1 + f_{1,1}) \right\} \frac{V_{R1}}{H_1} \left(\frac{\partial P_1}{\partial \tau b_1} \right)}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} \right. \\
 &\quad \left. + \left\{ \frac{h_1 V_{R1}}{H_1} \left(\frac{\partial f_1}{\partial \tau b_1} \right) - V_{R1-1} \left(\frac{\partial f_{1,-1}}{\partial \tau f_{1,-1}} \right) \right\} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{V_{R1-1} \left(\frac{\partial f_{1,-1}}{\partial h_{1,-1}} \right) \left(\frac{\partial P_{1,-1}}{\partial \tau f_{1,-1}} \right)}{K_{1,-1} - \left(\frac{\partial P_{1,-1}}{\partial h_{1,-1}} \right)} \right] \\
 b_{1,1}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{s,1}} & b_{2,2}^{1,1} &= -\frac{1}{T_{v,1-1}} \\
 c_{1,1}^{1,1} &= \frac{K_1}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)} & c_{1,3}^{1,1} &= \frac{\left(\frac{\partial P_1}{\partial \tau b_1} \right)}{K_1 - \left(\frac{\partial P_1}{\partial h_1} \right)}
 \end{aligned}$$

但是， T_S ：壓下裝置的延遲時間
 T_V ：速度控制輸入裝置之延遲時間
 E ：楊氏係數 L ：站間距 K ：彈性係數

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

泉

五、發明說明 (103)

由上式來變更第 i 個機台之後方張力時，則了解變更第 $(i - 1)$ 個機台之軋輥速度則只需針對 1 個機台進行即可。因此，在本實施例中之 DDC 控制器 4 的操作端，除了本身機台 (i) 的壓下控制裝置 13 以外，亦選擇前一機台 $(i - 1)$ 的軋輥驅動裝置 16。當然亦可將本身機台 (i) 之軋輥驅動裝置當作操作端來控制，此時，狀態量最好是使用自身機台的軋輥速度。

其次，則根據 (數 102) 以記號來表示 (數 99) 之各項的行列 A, B, C ，狀態量 x ，操作量 u 以及控制量 y 的各向量，而得到依控制週期 T_s 而離散化的 (數 103) 的狀態方程式。

針對該狀態方程式來求取動作點之每一狀態由表 8 所示的行列要素，而可在動作點四周達到線性逼近。

若求取 (數 103) 之狀態方程式時，則圖 41 之狀態回饋控制系統以及控制量回饋控制系統的控制參數 F_x ， F_e ，則由 (數 104) 所提供。控制參數的計算係根據狀態方程式而藉解利卡其方程而求得，而該方法已詳細揭露於自動制御學會編的「自動制御ハンドブック第 1 部 (154 頁)」中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

衣

訂

泉

五、發明說明 (104)

〔 數 1 0 4 〕

$$[F, F_x] = -[R + G^T P G]^{-1} G^T P \Phi \quad \dots (104)$$

$$F_x = \begin{bmatrix} f_{x11} & f_{x12} & f_{x13} \\ f_{x21} & f_{x22} & f_{x23} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} f_{.11} & f_{.12} \\ f_{.21} & f_{.22} \end{bmatrix}$$

其次，則請參照圖 4 3 ~ 圖 4 7 來說明由最佳伺服控制系統所設計之 D D C 控制器 5 之詳細構成與動作。

圖 4 3 係表伺服系統中之信號與演算的關係，係一配合圖 4 1 之構成之控制參數或狀態量，控制量或是操作量之關係式的說明圖。根據狀態量回饋系統而輸出狀態偏差指令 ΔU_x 的壓下位置成分 ΔS_x 與軋輥速度成分 ΔV_{Rx} 。又根據控制量回饋系統而輸出控制量指令 U_e 的壓下位置成分 S_e 與軋輥速度成分 V_{Re} 。又根據設定控制系統 4 而輸出操作指令目標值 U_s 之壓下位置成分 S_s 與軋輥速度成分 V_{Rs} 。該些則會在指令產生機構 2 4 中針對各成分而被相加，且輸出操作指令 $U (= S_D, V_{RD})$ 。

圖 4 4 係表狀態回饋控制系統的詳細內容。差分機構 2 5 根據 (數 1 0 5) 來求依一定週期而由檢出裝置 3 所檢出之第 i 個機台之壓下位置 S_i 、前機台之軋輥速度 V_{Ri-1} 以及後方張力 τ_{bi} 與來自設定控制系統之動作點 S_{si} 、 V_{Rsi-1} 、 τ_{bsi} 之間的差分，而輸出狀態量的偏差值 ΔS_i 、 ΔV_{Ri-1} 、 $\Delta \tau_{bi}$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (105)

〔數 1 0 5 〕

$$X_i = [\Delta S_i \Delta V_{Ri-1} \Delta \tau_{bi}]^T$$

$$= [S_i - S_{si} V_{Ri-1} - V_{Rsi-1} \tau_{bi} - \tau_{bsi}]^T \quad \dots (105)$$

比例控制機構 20 則分別將各狀態量之偏差值 ΔS_i ， ΔV_{Ri-1} ， $\Delta \tau_{bi}$ 乘上比例增益 f_{X11} ， f_{X12} ， f_{X13} 而予以相加，而求取第 i 個機台壓下裝置之位置偏差指令成分 ΔS_{xi} 。同樣地，分別將各偏差值乘上比例增益 f_{X21} ， f_{X22} ， f_{X23} 而予以相加，而求取前一機台 $(i-1)$ 之軋輥驅動裝置的速度偏差指令成分 ΔV_{Rxi-1} 。

圖 45 係表控制量回饋控制系統的詳細內容。差分機構 26，則根據 (數 106) 而輸入由張力計所測得的後方張力 τ_{bi} 以及由出側板厚計所測得的板厚 h_{xi} ，而求取由觀測裝置 7 所推測之軋輥正下方板厚 h_{MFi} 與由設定控制系統 4 所給予之出側板厚目標值 h_{si} 以及後方張力目標值 τ_{bsi} 之間的差分，且輸出控制量之偏差值 Δh_i 與 $\Delta \tau_{bi}$ 。至於軋輥正下方板厚 h_{MF} 則請容後述。

〔數 1 0 6 〕

$$Y_i = [\Delta h_i \Delta \tau_{bi}]^T = [h_{si} - h_{MFi} \tau_{bsi} - \tau_{bi}]^T$$

$$\dots (106)$$

積分機構 21，則在將各控制量之偏差值 Δh_i ，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (106)

$\Delta \tau_{bi}$ 乘上積分增益 f_{e11} ， f_{e12} 而予以相加後實施積分而求得第 i 個機台壓下位置之位置指令成分 S_{ei} 。同樣地，在將各偏差值乘上積分增益 f_{e21} ， f_{e22} 而予以相加後實施積分而求得第 $(i-1)$ 個機台之軋輥驅動裝置的速度指令成分 V_{Rei} 。

圖 4 6 係表指令產生機構 2 4 的詳細內容，該指令產生機構 2 4 則求取設定控制系統 4 之壓下指令目標值 S_{si} 、來自比例機構 2 0 之壓下指令 ΔS_{xi} 以及來自積分機構 2 1 的壓下指令 S_{ei} 的和，而產生輸出到第 i 個機台之壓下位置控制裝置 1 3 的壓下指令 S_{pi} 。同樣地則求取設定控制系統 4 之速度指令 V_{Rxi-1} 、比例機構 2 0 之速度指令 ΔV_{Rxi-1} 以及積分機構 2 1 之速度指令 V_{Rei-1} 的和，而產生輸出到第 $(i-1)$ 個機台之軋輥驅動裝置 1 6 的速度指令 V_{Rpi-1} 。

圖 4 7 係表用於對不能直接計測的量進行推測的觀測裝置 7 的一者，表示用於推測軋輥正下方板厚 h_{MF} 的板厚推測裝置 7 0。將位於串聯式軋輥機之第 i 個機台上流之作爲板厚計 3 1 之計測值的入側板厚 H_i 以及作爲板速度計 3 2 之計測值的入側板速度 V_{ei} 與位於第 i 個機台下流而作爲板速度計 3 4 之計測值的出側板速度 V_{oi} 輸入到演算裝置 7 1，而進行 (數 1 0 7) 的演算而求取在第 i 個機台之軋輥正下方的出側板厚 h_{MFi} 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

泉

五、發明說明 (107)

〔 數 1 0 7 〕

$$h_{MF i} = \frac{V_{oi}}{V_{oi}} H_i + \text{Offset} \quad \dots (107)$$

在計算軋輥正下方之板厚 h_{MF} (數 1 0 7) 時，則包含不能夠直接地檢出之偏離量 e 。在此，藉以下的方法來求取偏離量可以推測位在軋輥正下方的板厚 h_{MF} 。

如圖 4 8 所示，在軋輥正下方，自出側板厚實際上發生變化開始 (b) 到由板厚計 3 3 所計測為止 (c) 之間存在有閒置時間 T_d 。該閒置時間則成為軋輥正下方與出側板厚計 3 3 之間的距離除以出側板速度 V_{oi} 所得到的值。此外，在出側板厚的變化方面乃有由間隙與張力所造成軋軋效果與由偏離所造成者。偏離量 e ，在同圖 (a) 中，雖然如說明般呈階段狀地變化，但是實際上卻是一由軋輥溫度或是軋輥磨損所造成之和緩的變化。

首先，藉由例如由移位暫存器等所構成的閒置時間裝置 7 2 使演算裝置 7 1 的輸出 $h_{MF i}$ (最初將偏離量設為 0) 延遲，而得到相位可以與板厚計 3 3 之輸出配合的追蹤板厚 (d)。而在加法器 7 3 中，則求取追蹤板厚與板厚計 3 3 之輸出之間的差分，當經由濾波器 7 4 而除去雜訊時，則求取偏離量 e 。

當將該偏離量 e 回饋到演算裝置 7 1 時，則可計算出板厚 $h_{MF i}$ 。如同圖 (e) 所示，在自產生偏離開始到除去偏離為止乃會產生閒置時間 T_d ，而在此期間之偏離量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

衣

訂

泉

五、發明說明 (108)

e 即成為誤差 (g)，然而由於實際上之偏離係成為較慢的變化，因此距前次之偏離量 e 所得到的變化成分非常微小，而可以忽視。

可將如此所得到之位於在軋輥正下方的板厚 h_{MFi} 當作未發生延遲的出側板厚 h_i 提供給差分機構 20。亦即，當閒置時間 T_d 約為 500 ms，控制週期為 20 ms 時，則現在時刻之位於在軋輥正下方的板厚，會在出側板厚計被回饋到第 25 次的控制指令，反觀本實施例，由於可以即時且除去偏離的影響而加以回饋，因此可以顯著地改善相對於出側板厚的響應情形而提高製品品質。

圖 49 係表本實施例之軋輥控制裝置的控制動作。如同圖 (a) 所示，當在母材發生外亂成分時，則前方張力 τ_f 會如同圖 (b) 所示般地變化。而以往當將前方張力 τ_f 當作狀態量時，由於對板厚之影響度小，因此必須要輸出大的控制指令。但是，對於一定值以上的控制指令，致動器之放大器會產生飽和，而控制輸出會成為同圖 (c) 所示。結果，在出側板厚 h 會如同圖 (d) 所示般地殘留下大的偏差，而無法獲得充分的控制效果。

相對於此，由於後方張力 τ_b 對於板厚之影響度大，而可如同圖 (f) 所示般，藉未飽和之線性領域的控制輸出可以發揮控制效果，而如同圖 (g) 所示，減少外亂成分而提高板厚精度。亦即，本實施例適用在母材板厚 2.3 mm，製品板厚 0.233 mm 的軋輥過程，而製品板厚精度 (製品板厚的板厚偏差程度) 由以往 AGC 的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

衣

訂

泉

五、發明說明 (109)

0 . 6 4 % 提高到 0 . 3 2 % 大約提高了 2 倍。

如上所述，本實施例之軋軋控制裝置，狀態量使用壓下位置、控制效果大的後方張力、用於控制後方張力之前機台軋軋速度，而控制量則使用沒有閒置時間之軋軋正下方的板厚與後方張力，藉將可使操作指令輸出到本身機台之壓下裝置與前機台（或是本身機台）之軋軋驅動裝置之最佳伺服控制系統以及用於求取沒有閒置時間之位於軋軋正下方之板厚的板厚推測裝置加以組合，可以實現高精度的板厚控制。

（發明之效果）

根據第 1 個本發明，在動作點會大幅變動之軋軋機的控制中，控制系統的輸入採用與前次的差分値，藉變更控制參數可以控制前述控制指令的急劇變化，此外藉同時使用預測前饋控制，可以確保控制系統整體的響應性，具有能夠安定地實施高精度的控制的效果。

根據第 2 個本發明，在軋軋異常或是非穩定運轉之軋軋狀態中，由於可以線上且即時地將控制參數予以最佳化，因此可以避免控制系統之動作受到外部要因或是內部參數之變化的影響，具有提高軋軋精度的效果。

根據第 3 個本發明，由於同樣控制板厚與張力，當張力位於一定範圍內時，讓板厚優先控制，而當在一定範圍以外時，則讓張力優先控制，因此可以快速地抑制在軋軋中之張力的急劇變化，而維持安定的運轉，此外則可提高

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

衣

訂

泉

五、發明說明 (110)

板厚與張力兩者的控制精度，具有能夠提高製品品質的效果。

又，根據本發明，由於對應於前述優先控制，利用響應速度快的致動器來實施非干擾控制，因此可以即時地抑制由響應速度慢的致動器所產生的干擾，具有能夠提高板厚與張力兩者之控制精度的效果。

更者，根據本發明，即使是在冷軋、熱軋之軋軋工程或是致動器之組合情況不同的時候，可提供容易構築或變更系統之汎用型的控制系統。

根據第 4 個本發明，藉板速度與每個致動器之響應延遲時間來追蹤到達下一機台為止之前之軋軋材之板厚變動的履歷資料，而根據可與板厚變動之相位時序配合之壓下前饋指令與速度前饋指令來加以控制，因此可以確實地抵消側外亂因素所造成的影響，而提高板厚的控制精度。

又，由於進行速度前饋控制以便同時抵消由板厚變動所造成之張力變動與由壓下前饋控制所造成之張力變動，因此可以藉板厚與張力之協調控制來提高控制效果。

根據第 5 個本發明，狀態量使用壓下位置、後方張力以及前機台之軋軋速度，而控制量則使用出側板厚與後方張力，而藉該最佳伺服系統來實現軋軋控制，因此可以大幅地提高板厚精度。更者，由於控制量之出側板厚係使用沒有閒置時間之位於軋軋正下方的推測板厚，因此可以即時地針對外亂因素實施響應，而維持所希望的板厚精度，且提高製品品質。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

泉

五、發明說明 (111)

圖面之簡單說明：

圖 1 係表本發明之第 1 實施例之軋軋控制裝置的功能構成圖。

圖 2 係表應用本發明之軋軋機控制系統的構成圖。

圖 3 係表軋軋台之構成圖。

圖 4 係表串聯式軋軋機之控制系統的概略構成圖。

圖 5 係表差分機構之功能的模式圖。

圖 6 係表狀態回饋機構之功能的模式圖。

圖 7 係表積分機構之功能的模式圖。

圖 8 係表預測指令控制系統之功能構成圖。

圖 9 係表預測外亂控制系統之功能構成圖。

圖 10 係表回饋控制系統之動作的說明圖。

圖 11 係表預測指令控制系統之動作的說明圖。

圖 12 係表預測外亂控制系統之動作的說明圖。

圖 13 係表本發明之第 2 實施例之包含控制模型修正裝置之軋軋控制系統的構成圖。

圖 14 係表軋軋機之動作說明圖。

圖 15 係表軋軋機之動作點的說明圖。

圖 16 係表母材變化時之動作點的說明圖。

圖 17 係表母材變化時之控制動作的說明圖。

圖 18 係用於說明構成最佳伺服系統之 DDC 控制器之控制系統之構成的說明圖。

圖 19 係表事態檢出機構之功能方塊圖。

圖 20 係用於說明本實施例之軋軋控制動作的說明圖

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

泉

五、發明說明 (112)

。

圖 2 1 係表本發明之第 3 實施例之輥軋控制裝置的構成圖。

圖 2 2 係表示在軋軋速度控制指令系統中，表示回饋控制手段與非干擾控制手段之詳細內容的功能方塊圖。

圖 2 3 係表在壓下位置控制指令系統中，表示回饋控制手段與非干擾控制手段之詳細內容的功能方塊圖。

圖 2 4 係用於說明優先控制手段與控制增益演算手段之詳細內容的功能方塊圖。

圖 2 5 係表優先控制手段與控制增益演算手段之處理順序的流程圖。

圖 2 6 係表非干擾優先控制手段之處理順序的流程圖。

圖 2 7 係表本實施例在板厚優先控制時之輥軋系統的一動態圖。

圖 2 8 係表本實施例在張力優先控制時之輥軋系統的一動態圖。

圖 2 9 係表本實施例之第 4 實施例之輥軋機控制裝置的構成圖。

圖 3 0 係用於說明板厚追蹤部之構成的模式圖。

圖 3 1 係用於說明壓下閒置時間修正板厚追蹤部之模式圖。

圖 3 2 係用於說明速度閒置時間修正板厚追蹤部之模式圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

象

五、發明說明 (113)

圖 3 3 係用於說明本實施例之輥軋控制裝置之動作的流程圖。

圖 3 4 係用於說明影響係數之計算順序的流程圖。

圖 3 5 係用於說明速度指令之計算順序的流程圖。

圖 3 6 係用於說明壓下指令之計算順序的流程圖。

圖 3 7 係用於說明壓下指令與壓下裝置之響應的時序圖。

圖 3 8 係用於說明速度指令與軋軋驅動裝置之響應的時序圖。

圖 3 9 係用於說明壓下指令與壓下裝置之其他之響應的時序圖。

圖 4 0 係用於說明速度指令與軋軋驅動裝置之其他之響應的時序圖。

圖 4 1 係表本發明之第 5 實施例之輥軋控制裝置的構成圖。

圖 4 2 係表連續式控制器 (successive cuntrolor) 的說明圖。

圖 4 3 係表圖 1 之構成之控制參數與輸出入信號關係的說明圖。

圖 4 4 係表狀態回饋控制系統的說明圖。

圖 4 5 係表控制量回饋控制系統的說明圖。

圖 4 6 係表指令產生機構的說明圖。

圖 4 7 係表質量流動 (mass flow) 板厚推測裝置的說明圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

象

五、發明說明 (114)

圖 4 8 係表偏移量 (offset) 除去過程的說明圖。

圖 4 9 係表本實施例之輥軋控制動作之有效性的說明圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

象

四、中文發明摘要(發明之名稱：

軋軋機控制方法及裝置

本發明係針對操作量，取狀態值或預測值與前次值之間的差分，且將該差分值乘上控制參數而得到操作量偏差，將此乘上前次操作量，且將之輸出到軋軋機的致動器。藉此，根據差分值與參數的相乘，可以減小由參數變化與指令值變化所帶來的影響，而能夠抑制操作量的急劇變化。

又，當由狀態量或控制量與其設定值之偏差所導致之誤差超過一定值而發生異常時，或是判斷出軋軋機處於非穩定運轉時，則在適當的時間，根據軋軋參數的再計算而適時地修正控制模型。藉此，對於急劇變化之軋軋狀態或是事先已知道會發生大變動之非穩定運轉的軋軋狀態，由於可以線上且即時地將控制參數最佳化，因此可以避免對控制動作之外亂因素或內部參數之變化所帶來的影響，而提高軋軋精度。

又，在同時控制板厚以及張力之軋軋機的控制方法中，當張力之實測值相對於目標值的偏差位在事先所設定之一定張力範圍內時，則該板厚控制優先，而在範圍外時，

英文發明摘要(發明之名稱：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱：)

則該張力控制優先。藉此，除了可以維持安定的運轉外，亦能提高板厚與張力兩者之控制精度，而提高製品品質。

又，由閒置時間或延遲係數所造成之響應延遲時間，則考慮到每個致動器皆不同，因而可對應於板速度與響應延遲時間來選擇用於演算前饋指令的板厚資料。藉此，則與各致動器之響應時間或是板速度無關，可以實施配合板厚變動之相位時序的前饋控制。

又，將由多個機台所構成之軋軋機的多個狀態量或多個控制量之實績值當作為多變數控制中的狀態量，而採用對軋軋過程影響程度大的獨立變數，除了藉狀態回饋控制系統呈高響應地控制軋軋過程外，亦藉控制量回饋控制系統將板厚控制成一定。

英文發明摘要(發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

公告本 301616

84年9月7日 修正本
補充

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	B>1 B37/。 Int.·Cl ⁶

A4
C4

301616

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書 (修正本)

一、發明 名稱	中 文	輥軋機控制方法及裝置
	英 文	
二、發明 人	姓 名	(1) 片山恭紀 (2) 渡引高重 (3) 吉岡健一
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本 (1) 日本國茨城縣水戸市見和一一四四九一六〇
	住、居所	(2) 日本國茨城縣笠間市笠間三七〇一一一 (3) 日本國茨城縣笠間市笠間二六八四一一
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 日立製作所股份有限公司 株式会社日立製作所 (2) 日立情報制御系統股份有限公司 株式会社日立情報制御システム
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (1) 日本國東京都千代田區神田駿河台四丁目六番地
	住、居所 (事務所)	(2) 日本國茨城縣日立市大みか町五丁目二番一號
	代 表 人 姓 名	(1) 金井務 (2) 中山敬造

裝

訂

線

301616

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 型 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	(4) 齊藤裕 (5) 岡田隆 (6) 柏木俊之
	國 籍	(4) 日本 (5) 日本 (6) 日本 (4) 日本國茨城縣日立市諏訪町五-二-二〇
	住、居所	(5) 日本國茨城縣日立市鮎川町六-二〇-三 五 一九號 (6) 日本國茨城縣日立市西成沢町一-三三-二- A二〇五
三、申請人	姓 名 (名稱)	(3) 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd.
	國 籍	(3) 韓國
	住、居所 (事務所)	(3) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 1 Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea
	代 表 人 姓 名	(3) 金滿堤 Kim, Mahn Je

裝

訂

線

301616

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 型 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	(7) 服部哲 (8) 中谷健治 (9) 諸岡泰男
	國 籍	(7) 日本 (8) 日本 (9) 日本 (7) 日本國福島縣いわき市泉玉露四丁目八-八
	住、居所	(8) 日本國茨城縣日立市久慈町二-一二-一七 (9) 日本國茨城縣日立市塙山町二-二-一九
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 型 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	(10) 陳哲濟 Jin, Chuel Je (11) 李相吉 Lee, Sang Gil (12) 金炯鐵 Kim, Hyung Chul
	國 籍	(10) 韓國 (11) 韓國 (12) 韓國
	住、居所	(10) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (11) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (12) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

301616

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 人 創作	姓 名	(13) 崔秉兆 Choi, Byoung Cho (14) 李華植 Lee, Hwa Sik (15) 金度亨 Kim, Do Hyung
	國 籍	(13) 韓國 (14) 韓國 (15) 韓國
	住、居所	(13) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (14) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (15) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

301616

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	(16) 韓光照 Han, Kwang Whee (17) 吳祥敦 Oh, Sang Don (18) 林幸燮 Lim, Haing Sub
	國 籍	(16) 韓國 (17) 韓國 (18) 韓國
	住、居所	(16) 韓國浦項七九〇-七八五·金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (17) 韓國浦項七九〇-七八五·金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (18) 韓國浦項七九〇-七八五·金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

301616

申請日期	83 年 12 月 5 日
案 號	83111275
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 人	姓 名	(19) 朴淳基 Park, Soon Ki (20) 金榮奎 Kim, Young Gyu
	國 籍	(19) 韓國 (20) 韓國
三、申請人	住、居所	(19) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea (20) 韓國浦項七九〇-七八五・金湖洞一 浦項綜合製鐵股份有限公司 Pohang Iron & Steel Co., Ltd. 1, Koedong-dong, Pohang 790-785, Korea
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

六、申請專利範圍

第 83111275 號 專 利 申 請 案

中 文 申 請 專 利 範 圍 修 正 本

民 國 85 年 8 月 修 正

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

1 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一在藉設定計算而分別變更控制參數與指令值（目標值）時，可決定操作量以便使該指令值與依一定週期被計測之控制量的偏差消除而控制在所希望之板厚度的輥軋機控制方法，其特徵在於：

在每次依前述一定週期來計測輥軋過程之多個狀態量時，可就各狀態量求取與前次值的狀態差分值，且將該些狀態差分值與前述控制參數之一的狀態回饋係數相乘，而求取狀態回饋系統的操作量偏差；

在前述每次週期，就根據前述設定計算而輸出之先行指令值及／或作為外亂之一而被計測之入側板厚等的各預測值，而求取與前次值的預測差分值，且依序將之記憶到控制時點為止，在控制時點，將以後（未來）之多個步驟的預測差分值與前述控制參數之一的預測前饋係數相乘，而求取預測控制系統的操作量偏差；

將前述狀態回饋系統之操作量偏差與前述預測控制系統之操作量偏差乘上前次步驟中的操作量相乘，且將之輸出到輥軋機之致動器。

2 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一在藉設定計算而分別變更控制參數與指令值（目標值）時，可決定操作

六、申請專利範圍

量以便使該指令值與依一定週期被計測之控制量的偏差消除而控制在所希望之板厚度的軋軋機控制方法，其特徵在於：

在每次依前述一定週期來計測軋軋過程之多個狀態量時，則就各狀態量求取與前次值的狀態差分值，且將這些狀態差分值與前述控制參數之一的狀態量回饋係數相乘而求取狀態回饋系統的操作量偏差 U_1 ；

就在前述每次週期先行給予之一定步驟未來的指令值與已經被記憶之控制時點以後（未來）之各步驟的指令值，而求取與各前次值之指令差分值，將該些指令差分值與前述控制參數之一的指令前饋係數 F_R 相乘，而求取指令前饋系統的操作量偏差 U_2 ；

將前述操作量偏差 U_1 與 U_2 乘上前述步驟中的操作量，且將之輸出到軋軋機的致動器。

3. 一種軋軋機控制方法，其主要係一在藉設定計算而分別變更控制參數與指令值（目標值）時，可決定操作量以便使該指令值與依一定週期被計測之控制量的偏差消除而控制在所希望之板厚度的軋軋機控制方法，其特徵在於：

在每次依前述一定週期來計測軋軋過程之多個狀態量時，就各狀態量求取與前次值的狀態差分值，且將該些狀態差分值與前述控制參數之一的狀態量回饋係數 F_x 相乘，而求取狀態回饋系統的操作量偏差 U_1 ；

除了將在每次依前述一定週期被計測，而至少包含入

六、申請專利範圍

側板厚偏差的預測外亂值減去前次值而求取預測外亂差分
值外，且追蹤前述入側板厚偏差部的位置，當推定該部分
到達輥子正下方時，則將前述預測外亂差分值與以後（未
來）之各預測外亂差分值以及前述控制參數之一的預測外
亂前饋係數 F_d 相乘，而求取預測外亂前饋系統的操作量
偏差 U_3 ；

將前述操作量偏差 U_1 與 U_3 乘上前述步驟中的操作
量，且將之輸出到輥軋機的致動器。

4. 一種輥軋機控制方法，其主要係一在藉設定計算
而分別變更控制參數與指令值（目標值）時，可決定操作
量以便使該指令值與依一定週測被計測之控制量的偏差消
除而控制在所希望之板厚度的輥軋機控制方法，其特徵在
於：

在每次依前述一定週期來計測輥軋過程之多個狀態量
時，則就各狀態量求取與前次值的狀態差分值，且將這些
狀態差分值與前述控制參數之一的狀態量回饋係數相乘而
求取狀態回饋系統的操作量偏差 U_1 ；

就在前述每次週期先行給予之一定步驟未來的指令值
與已經被記憶之控制時點以後（未來）之各步驟的指令值
，而求取與各前次值之指令差分值，將該些指令差分值與
前述控制參數之一的指令前饋係數 F_R 相乘，而求取指令
前饋系統的操作量偏差 U_2 ；

除了將在每次依前述一定週期被計測，而至少包含入
側板厚偏差的預測外亂值減去前次值而求取預測外亂差分

六、申請專利範圍

值外，且追蹤前述入側板厚偏差部的位置，當推定該部分到達輥子正下方時，則將前述預測外亂差分値與以後（未來）之各預測外亂差分値以及前述控制參數之一的預測外亂前饋係數 F_d 相乘，而求取預測外亂前饋系統的操作量偏差 U_3 ；

將前述操作量偏差 U_1 ， U_2 以及 U_3 乘上前述步驟中的操作量，且將之輸出到輥軋機之致動器。

5．如申請專利範圍第4項之輥軋機控制方法，前述操作量為出側板厚偏差、荷重偏差、軋輥速度偏差以及出側張力偏差 $\Delta \tau_f$ ，前述指令值為板厚指令偏差以及張力指令偏差，該些偏差是與根據各設定計算所得到之規定值的差。

6．如申請專利範圍第4或5項之輥軋機控制方法，前述操作量以及前述操作量偏差係由軋輥壓下位置成分與軋輥速度成分所構成，而針對各成分求取。

7．如申請專利範圍第5項之輥軋機控制方法，前述荷重偏差可由用於計測軋輥間之間隙的壓下位置偏差所取代。

8．一種輥軋機控制裝置，其主要係具有可依一定週期計測輥軋機之多數狀態量的檢出裝置，而利用所檢出之狀態量產生對應於致動器的操作量，其特徵在於具有：

對伴隨輥軋機之指令（目標值）的計算或是動作點的變更之各控制系統的控制參數進行修正的設定控制裝置；

由可算出由檢出裝置所計測之前述狀態值與前次值的

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

六、申請專利範圍

差分而求取狀態差分值的第 1 差分手段以及將該狀態量差分
值與由前述設定控制裝置所設定的第 1 控制參數相乘而
求取第 1 操作量偏差的狀態回饋控制手段而構成的第 1 回
饋控制系統。

由如使前述狀態量之一部分的控制量與由前述設定控
制裝置所給予之指令的偏差消除般地求取第 2 操作量偏差
之控制量回饋控制手段而構成的第 2 回饋控制系統；

由可將自前述設定控制裝置，在前述每次一定週期先
行給予之一定步驟未來之指令值的記憶裝置，在每次步驟
依序移位而加以記憶之追蹤手段、根據在所記憶之控制時
點以後之各步驟的指令值，而求取與各前次值之指令差分
值的第 2 差分手段以及將該些指令差分值與由前述設定控
制裝置所設定之第 2 控制參數相乘而求取第 3 操作量偏差
之指令前饋控制手段所構成的第 1 前饋控制系統及；

具有可將前述第 1 操作量偏差、第 2 操作量偏差以及
第 3 操作量偏差乘上次操作量的積分手段，而決定輸出到
前述致動器之操作量的輸出裝置。

9 . 如申請專利範圍第 8 項之輥軋機控制裝置，前述
檢出裝置具備出側板厚檢測計、張力檢測計、壓下荷重檢
測以及軋軋速度檢測計。

10 . 如申請專利範圍第 8 或 9 項之輥軋機控制裝置
，具備有由在前述每一定週期可計測入側板厚之檢出手段
、算出與前次值的差分而求取外亂差分值的第 3 差分手段
、除了記憶各步驟之外亂差分值外，亦推測到達輥軋正下

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五

六、申請專利範圍

方之情況的追蹤手段、將控制時點與之後 1 個步驟之各外亂差分値乘上由前述設定控制裝置所設定之第 3 控制參數而算出第 4 操作量偏差之預測外亂前饋控制手段所構成的第 2 前饋控制系統，而藉前述積分手段對前述第 4 操作量偏差實施積分。

1 1 . 如申請專利範圍第 8、9 項之軋軋機控制裝置，前述致動器係由軋軋壓下裝置與軋軋驅動裝置，前述操作量係針對每個軋軋壓下位置成分與軋軋速度成分而被求取，前者係輸出到軋軋壓下裝置，而後者係輸出到軋軋驅動裝置。

1 2 . 一種軋軋機控制方法，其主要係求取根據軋軋形式所決定之設定值與依一定週期所檢出之狀態或控制量之實測值的偏差，且藉一定之控制參數對該偏差實施回饋控制，而決定致動器之操作指令，而特徵在於：

藉前述軋軋形式之逆設定計算，使一定軋軋參數配合前述實測值，而根據可將用於決定前述控制參數之控制模型之適應修正能夠配合前述實測值之一定軋軋參數，而判斷軋軋過程之一定狀態。

1 3 . 如申請專利範圍第 1 2 項之軋軋機控制方法，前述一定軋軋參數包含軋軋荷重之適應修正係數。

1 4 . 如申請專利範圍第 1 3 項之軋軋機控制方法，前述軋軋荷重之適應修正係數，則是藉回歸法而根據前述軋軋模型之軋軋荷重之預測值與實測值來求取。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 2，1 3 或 1 4 項之軋軋

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

機控制方法，求取與多數前述狀態量以及控制量之所有要素或是一部分之要素的實測值呈對應之各設定值的差，當根據各偏差值所求得之評價值超過事先所決定之容許值時，則判斷為前述軋軋過程之一定狀態。

1 6 . 如申請專利範圍第 1 5 項之軋軋機控制方法，前述評價值為壓下位置偏差、軋軋速度偏差、後方張力偏差以及出側板厚偏差的自乘平均誤差。

1 7 . 如申請專利範圍第 1 2 , 1 3 或 1 4 項之軋軋機控制方法，檢測軋軋速度之加速時或是減速時之非穩定運轉狀態，而判斷為前述軋軋過程的一定狀態，該非穩定運轉狀態之持續期間，係藉一定的觸發週期來實施前述控制模型的適應修正。

1 8 . 如申請專利範圍第 1 2 , 1 3 或 1 4 項之軋軋機控制方法，可配合前述實測值之前述一定軋軋參數則被反映在前述軋軋模型之設定計算上。

1 9 . 一種軋軋機控制裝置，其主要備有：可依一定週期檢測軋軋機之狀態量或控制量之實績值的檢出裝置、具有軋軋模型而決定動作點之設定控制裝置、如將與每次變更動作點時將被設定之目標值（設定值）呈對應之前述實績值的偏差設成零般地決定致動器之操作指令的 D D C 控制裝置，其特徵在於具備：

由前述軋軋模型之逆設定計算，可使軋軋荷重之適應修正係數等之一定軋軋參數能夠配合前述實測值的軋軋參數計算手段、根據該一定軋軋參數而求取可模擬 D D C 控

六、申請專利範圍

制裝置之控制模型之狀態方程式線性化手段以及根據該狀態方程式而計算、更新 D D C 控制裝置之控制參數的控制參數控制手段所構成的控制模型適應修正裝置及；

判斷輥軋過程之一定狀態而輸出可執行前述控制模型適應修正裝置之起動信號的起動裝置。

20 . 如申請專利範圍第 19 項之輥軋機控制裝置，前述起動裝置乃具備：

針對前述狀態量以及控制量之所有要素或是一部分之要素之實測值，而在所對應之設定值與各個之間求取偏差，當根據該偏差所求得之評價值超過事先所設定的容許值時，則判斷為前述一定狀態，而輸出前述起動信號的事態檢出裝置及；

當檢出輥軋速度之加速或是減速等之非穩定運轉狀態時，則判斷為前述輥軋過程之一定狀態，該非穩定運轉狀態之持續期間，則優先於前述事態檢出裝置，而依一定的起動週期輸出前述起動信號的非穩定運轉檢出裝置。

21 . 一種輥軋機控制方法，係一可同時控制板厚以及張力之輥軋機控制方法，其特徵在於：當張力相對於目標值之實測值的偏差位在事先所設定之一定張力範圍（容許值）時，則讓板厚控制優先，當位在前述一定張力範圍外時，則讓張力控制優先。

22 . 如申請專利範圍第 21 項之輥軋機控制方法，前述一定張力範圍（容許值）則對應於張力之前述目標值的值而被設定成被區分多數的各分類。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

紙

六、申請專利範圍

2 3 . 如申請專利範圍第 2 1 或 2 2 項之輥軋機控制方法，前述板厚控制的優先，係讓用於板厚控制之板厚控制增益相對於用於張力控制之張力控制增益為高。

2 4 . 如申請專利範圍第 2 3 項之輥軋機控制方法，前述板厚控制增益係被設定板厚之實測值相對於板厚之目標值之偏差的函數。

2 5 . 如申請專利範圍第 2 1 或 2 2 項之輥軋機控制方法，前述張力之優先，係讓用於張力板厚控制之張力控制增益相對於用於板厚控制之板厚控制增益為高。

2 6 . 如申請專利範圍第 2 5 項之輥軋機控制方法，前述張力控制增益，係將讓前述張力控制優先時的值設得較不讓其優先時的值為高。

2 7 . 如申請專利範圍第 2 1 或 2 2 項之輥軋機控制方法，板厚之實測值使用軋軋正下方的推測值，而張力之實測值則使用後方張力之推測值。

2 8 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一讓壓下裝置與軋軋驅動裝置之致動器動作，而同時控制板厚以及張力之輥軋機控制方法，其特徵在於：藉對響應速度快之致動器實施非干擾控制，可消除相對於由板厚或是張力控制所產生之張力或板厚的干擾。

2 9 . 如申請專利範圍第 2 8 項之輥軋機控制方法，前述非干擾控制，當前述壓下裝置之響應速度快時，則將根據實測值相對於板厚之目標值的板厚偏差或是根據該板厚偏差而至前述軋軋驅動裝置的控制指令與乘上張力非干

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

擾控制增益之非干擾壓下指令輸出到前述壓下裝置。

30. 如申請專利範圍第28項之軋軋機控制方法，前述非干擾控制，當前述壓下裝置之響應速度快時，則將根據實測值相對於張力之目標值的張力偏差或是根據該張力偏差而至前述軋軋驅動裝置的控制指令與乘上板厚非干擾控制增益之非干擾壓下指令輸出到前述壓下裝置。

31. 如申請專利範圍第28，29或30項之軋軋機控制方法，前述非干擾控制係配合由響應速度慢之致動器所產生之干擾的相位而實施。

32. 一種軋軋機控制方法，其主要係一讓壓下裝置與軋軋驅動裝置之致動器動作，而同時控制板厚以及張力之軋軋機控制方法，其特徵在於：

實施一當實測值相對於張力之目標值的張力偏差位在事先所設定之一定張力範圍（容許值）時，則讓板厚控制優先，而當位在前述一定張力範圍外時，則讓張力控制優先的優先控制；

而藉對響應速度快之致動器實施非干擾控制，可以消除由對響應速度慢之致動器所實施之前述優先控制而產生的干擾。

33. 如申請專利範圍第32項之軋軋機控制方法，在前述軋軋驅動裝置實施前述板厚控制，而在前述壓下裝置實施前述張力控制的冷軋軋的情況下，當前述板厚控制優先時，則使至前述軋軋驅動裝置之控制指令值較至前述壓下裝置之控制指令值為大，而且將根據至前述軋軋驅動

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

編

六、申請專利範圍

裝置的控制指令值所產生之張力非干擾控制指令值輸出到響應速度快之前述壓下裝置。

3 4 . 如申請專利範圍第 3 2 項之輥軋機控制方法，在前述壓下裝置實施前述板厚控制，而在前述軋軋驅動裝置實施前述張力控制之熱輥軋的情況下，當前述張力控制優先時，則使至前述軋軋驅動裝置之控制指令值較至前述壓下之裝置之控制指令值為大，而且將根據至前述軋軋驅動裝置之控制指令值所產生之板厚非干擾控制指令值輸出到響應速度快之前述壓下裝置。

3 5 . 如申請專利範圍第 3 2 ~ 3 4 項之任一項之輥軋機控制方法，前述軋軋驅動裝置係一前機台 (stand) 者。

3 6 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一如使由設定計算而針對每站所設定之板厚以及後方張力之目標值與其實測值或是推測值的偏差消除般地，讓軋軋驅動裝置與壓下裝置動作，而同時控制輥軋材之板厚以及張力之輥軋機控制方法，其特徵在於：

當在以響應時間常數大之前述軋軋驅動裝置為主而實施板厚控制，而以響應時間常數小之前述壓下裝置為主而實施張力控制的冷輥軋的情況下；

相對於將前述後方張力之目標值，針對根據其大小而區分之每個分類所事先設定之前述張力範圍（容許值），實施一當前述後方張力之目標值與實測值之張力偏差位在前述一定張力範圍內時，則讓板厚控制指令值較他者為高

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

錄

六、申請專利範圍

，而當位在前述張力範圍外時，則讓張力控制指令值較他者為高的優先控制；

在板厚之優先控制時，令前述板厚控制指令值與乘上張力非干擾控制增益之非干擾控制指令值，延遲一根據前述軋軋驅動裝置與前述壓下裝置之響應時間常數的求得之非干擾指令閒置時間，在實施張力之非優先控制以前，乃自前述張力控制指令值減去。

37 . 一種軋軋機之控制裝置，其主要係一由檢出裝置，根據設定計算進行目標值等之設定的設定控制手段、如使板厚以及張力之目標值與實測值之偏差消除般地加以控制之回饋控制手段以及根據來自該控制手段之控制指令而動作之壓下裝置與軋軋驅動裝置所構成，而能夠同時控制板厚與張力之軋軋機之控制裝置，其特徵在於：

具備有一相對於針對區分張力之目標值之各分類所事先設定之一定張力範圍（容許值），當張力之偏差位在該範圍內時，則讓板厚控制優先，而當張力之偏差位在該範圍外時，則讓張力控制優先，而決定前述回饋控制手段之控制增益的優先控制手段。

38 . 如申請專利範圍第37項之軋軋機控制裝置，前述優先控制手段具備有一可使由前述設定控制手段所設定之板厚控制增益以及張力控制增益，對應於優先的控制，而使其中一者較另一者為高般地加以調整之控制增益調整係數演算手段。

39 . 如申請專利範圍第37或38項之軋軋機控制

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

裝置，具備有由可消除由前述回饋控制系統之板厚控制所產生之對張力之干擾的張力非干擾控制手段及／或可消除由張力控制所產生之對板厚之干擾的板厚非干擾控制手段而構成的非干擾控制手段。

40．如申請專利範圍第39項之輥軋機控制裝置，具備有一可將自前述設定控制手段針對前述張力非干擾控制手段與前述板厚非干擾控制手段分別設定之張力非干擾控制增益與板厚非干擾控制增益，對應於前述壓下裝置與軋軋驅動裝置之響應時間常數之大小關係而使之成為有效或無效的非干擾控制增益調整手段。

41．如申請專利範圍第40項之輥軋機控制裝置，前述非干擾控制增益調整手段，當前述壓下裝置之響應時間常數小，且前述回饋控制手段讓前述軋軋驅動裝置之板厚控制優先實施時，則使前述板厚非干擾控制增益成為有效，而實施前述張力非干擾控制手段。

42．如申請專利範圍第37或38項之輥軋機控制裝置，前述非干擾控制手段具有一可對應於前述壓下裝置與前述軋軋驅動裝置之響應時間常數的差分而使輸出延遲的延遲手段。

43．如申請專利範圍第37或38項之輥軋機控制裝置，設置可根據由前述檢出裝置所測定之入側板厚、入側速度以及出側速度而推測軋軋正下方之板厚的板厚推測手段，而根據板厚之目標值與前述軋軋正下方之板厚的差分而求取前述板厚偏差。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

編

六、申請專利範圍

4 4 . 如申請專利範圍第 3 7 或 3 8 項之任一項之輥軋機控制裝置，具備一可控制而使作為狀態量之壓下位置、張力以及各軋輥速度之來自前述設定控制手段之設定值與實測值的偏差得以消除之狀態量回饋手段，而與前述回饋控制手段一起構成最佳伺服系統。

4 5 . 一種輥軋機控制裝置，其主要係一由可同時控制使所實測之板厚以及張力與其目標值的偏差得以消除的回饋控制手段、如使由板厚或是張力的控制對張力或板厚所造成的干擾得以抵消而加以控制之非干擾控制手段以及對應於來自該些控制手段的控制指令而動作之壓下裝置與軋輥驅動裝置所構成，而能同時控制板厚與張力之輥軋機控制裝置，其特徵在於具備：

使對應於由前述回饋控制系統所設定之板厚偏差的控制增益、對應於張力之控制增益，能夠對應於所應用之冷軋工程或是熱軋工程之差異及／或板厚優先或是張力優先控制而變更之控制增益調整手段以及使對應於由前述非干擾控制系統所設定之板厚偏差的張力非干擾控制增益，對應於張力偏差之板厚非干擾控制增益，而對應於前述壓下裝置與前述軋輥驅動裝置之響應時間常數而加以調整之非干擾控制增益調整手段。

4 6 . 一種輥軋控制方法，其主要係一可對壓下裝置與軋輥驅動裝置分別實施前饋控制，而控制輥軋材之板厚以及張力之多台輥軋機控制方法，其特徵在於：

依一定週期來檢出各台之壓下裝置、軋輥周速、出側

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

之板厚以及與下一機台之間的板速度；

使對應於自前述出側之板厚的檢出裝置到下一機台為止之位置而記憶之前述板厚的履歷資料列，能夠對應於在前站出側所檢出之前述板速度而邊移位，且記憶最新被檢出之前述板厚；

自前述履歷資料列之前述下一機台側選擇出與在事先所給予之前述壓下裝置的響應延遲時間內產生移動之輥軋材的移動距離相當的板厚資料，而根據所選擇之板厚資料求取輸出到進行壓下前饋控制之前述壓下裝置的壓下指令，同樣地則根據前述輥軋驅動裝置之響應延遲時間，而自前述履歷資料列所選擇之板厚資料，而求取輸出到進行速度前饋控制之前述輥軋驅動裝置的速度指令。

47. 一種輥軋控制方法，其主要係一可對壓下裝置與輥軋驅動裝置實施回饋以及前饋控制，而控制輥軋材之板厚以及張力之多台輥軋機控制方法，其特徵在於：

依一定週期來檢出各站之壓下裝置、輥軋周速、出側之板厚以及與下一機台之間之張力與板速度；

將前述壓下位置、輥軋周速以及張力加以回饋，而針對每個機台演算第1壓下指令與第1速度指令；

使對應於自前述出側之板厚的檢出位置到下一機台之輥軋正下方為止之位置而分割的多個記憶區間所記憶之前述板厚的履歷資料列，能夠對應於自根據在前機台出側所檢出之前述板速度所推測之前次檢出時點開始之輥軋材的移動距離，使前述履歷資料列朝下一機台方向而移位，且

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

將此次所檢出之前述板厚記憶在由前述移位所空出之記憶區間內；

自前述履歷資料列中選擇出與在事先所設定之前述壓下裝置以及前述軋輥驅動裝置之各響應延遲時間內產生移動之軋軋材之移動距離相當，且與距前述下一機台側之距離呈對應的板厚；

根據由壓下響應延遲時間所選擇之板厚而求取進行壓下前饋的第2壓下指令，又根據由速度響應延遲時間所選擇之板厚而求取進行速度前饋的第2速度指令，而將前述第1壓下指令與前述第2壓下指令相加來控制前述壓下裝置，此外則將前述第1速度指令與前述第2速度指令相加而控制前述軋輥驅動裝置。

48. 如申請專利範圍第47項之軋軋控制方法，前述第2速度指令係用於抑制由在前述前機台出側所檢出之板厚的變動所導致之軋軋現象的變動。

49. 如申請專利範圍第47或48項之軋軋控制方法，前述壓下響應延遲時間包括前述壓下裝置之閒置時間，而前述速度響應延遲時間包括前述軋輥驅動裝置的閒置時間。

50. 一種軋軋控制方法，其主要係一可依一定週期對壓下裝置與軋輥驅動裝置進行回饋以及前饋控制，而控制軋軋材之板厚以及張力之多台軋軋機控制方法，其特徵在於：

依一定週期來檢出各機台之壓下裝置、軋輥周速、出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

側之板厚以及與下一機台之間之張力與板速度；

使對應於自前述出側之板厚的檢出位置到下一機台之軋輥正下方為止所分割之多個位置而分割的多個記憶區間所記憶之前述板厚的履歷資料列，能夠對應於自根據在前機台出側所檢出之前述板速度所推測之前次檢出時點開始之軋輥材的移動距離，使前述履歷資料列朝下一機台方向而移位，且將此次所檢出之前述板厚記憶在由前述移位所空出之記憶區間內；

自前述履歷資料列中選擇出與在事先所設定之前述壓下裝置以及前述軋輥驅動裝置之各響應延遲時間內產生移動之軋輥材之移動距離相當，且與距前述下一機台側之各距離呈對應的板厚；

根據由壓下響應延遲時間所選擇之第1板厚而求取進行壓下前饋控制的壓下指令，且根據由速度響應延遲時間所選擇之第2板厚而求取進行速度前饋控制之速度指令，在同一時間輸出可抑制彼此不同之板厚之變動的前述壓下指令與前述速度指令。

5 1 . 一種軋輥機控制裝置，其主要係一可藉回饋控制手段以及前饋控制手段來控制各壓下裝置與軋輥驅動裝置，而控制軋輥材之板厚以及張力之多台軋輥機控制裝置，其特徵在於具有：

在每個機台設置：用於檢出軋輥材之出側板厚的板厚檢出手段，用於檢出軋輥壓下位置之壓下位置檢出手段、用於檢出軋輥周速之軋輥周速檢出手段、在與下一機台之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

間用於檢出軋軋材之板速度的板速度檢出手段以及張力的張力檢出手段；

根據來自前述壓下位置檢出手段之壓下位置，來自前述軋軋周速檢出手段之軋軋周速以及來自前述張力檢出手段之張力，針對每個站演算用於操作前述壓下裝置之第1壓下指令與用於操作前述軋軋驅動裝置之第1速度指令而構成的回饋控制手段；

由根據來自前機台出側之前述板厚檢出手段的板厚資料與來自前述板速度檢出手段的板速度，而記憶至到達下一站為止之軋軋材之各被測定點之板厚的履歷資料而進行追蹤之板厚追蹤手段、用於設定前述壓下裝置以及前述軋軋驅動裝置之各響應之閒置時間的輸入手段、根據來自前述輸入手段之壓下裝置閒置時間與軋軋驅動裝置閒置時間以及前述板速度，而對來自前述板厚追蹤手段之履歷資料之記憶位置進行修正之壓下閒置時間修正板厚追蹤手段以及速度閒置時間修正板厚追蹤手段，根據來自前述壓下閒置時間修正板厚追蹤手段之履歷資料而演算第2壓下指令之壓下前饋演算手段以及根據來自前述閒置時間修正板厚追蹤手段之履歷資料而演算第2速度指令之速度前饋演算手段而構成的前饋控制手段及；

將前述第1壓下指令與前述第2壓下指令相加，且將之輸出到前述壓下裝置，此外則將前述第1速度指令與前述第2速度指令相加，而將之輸出到前述軋軋驅動裝置而構成的輸出手段。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

5 2 . 如申請專利範圍第 5 1 項之輥軋控制裝置，壓下閒置時間修正板厚追蹤手段，係根據由前述板速度檢出手段所檢出之板速來決定在前述壓下裝置閒置時間之期間內輥軋材所移動的移動距離，而自前述履歷資料中，使到下一站為止之距離相當於前述移動距離的板厚資料成為先頭般地令前述履歷資料之記憶位置移位，又速度閒置時間修正板厚追蹤手段，則根據由前述板速度檢出手段所檢出之板速度來決定在前述壓下裝置閒置時間之期間內輥軋材所移動之移動距離，而自前述履歷資料中，使到下一站為止之距離相當於前述移動距離的板厚資料成為先頭般地令前述履歷資料之記憶位置移位。

5 3 . 如申請專利範圍第 5 1 項之輥軋控制裝置，壓下閒置時間修正板厚追蹤手段，根據由前述板速度檢出手段所檢出之板速度來決定在前述壓下裝置閒置時間之期間內輥軋材所移動的移動距離，而自前述履歷資料中選擇出到下一站為止之距離相當於前述移動距離的板厚資料，而速度閒置時間修正板厚追蹤手段，則根據由前述板速度檢出手段所檢出之板速度來決定在前述壓下裝置閒置時間之期間內輥軋材所移動之移動距離，而自前述履歷資料中選擇出到下一站為止之距離相當於前述移動距離的板厚資料，前述壓下前饋演算手段，則根據由前述壓下閒置時間修正板厚追蹤手段所選擇之板厚來演算前述第 2 壓下指令，而速度前饋演算手段，則根據由前述速度閒置時間修正板厚追蹤手段所選擇之板厚來演算前述第 2 速度指令。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

5 4 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一可依一定週期來檢出由多台所構成之輥軋機之多個狀態量以及控制量的實績值，而實施多變數控制以便於消除該實績值與由設定控制裝置所設定之動作點或目標等之設定值的誤差的輥軋機控制方法，其特徵在於：

將壓下位置、後方張力以及軋輥速度當作狀態量而實施回饋控制以使各實績值與設定值（動作點）之誤差得以消除，此外則實施回饋控制而消除前述控制量之實績值與設定值（目標值）的誤差。

5 5 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一可依一定週期來檢出由多台所構成之輥軋機的狀態量以及多個控制量之實績值，而實施多變數控制以便於消除該實績值與由設定控制裝置所設定之動作點或目標等之設定值的誤差的輥軋機控制方法，其特徵在於：

實施回饋控制以使前述狀態量之實績值與設定值（動作點）的誤差得以消除，此外則將出側板厚以及張力當作控制量而實施回饋控制以消除各實績值與設定值（目標值）的誤差。

5 6 . 一種輥軋機控制方法，其主要係一可依一定週期來檢出由多台所構成之輥軋機之多個狀態量以及多個控制量的實績值，而實施多變數控制以便於消除該實績值與內設定控制裝置所設定之動作點或目標等之設定值的誤差的輥軋機控制方法，其特徵在於：

將壓下位置、後方張力以及前台之軋輥速度當作狀態

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

量而實施回饋控制以消除各實績值與設定值（動作點）的誤差，此外則將出側板厚以及後方張力當作控制量，而實施回饋控制以消除各實績值與設定值（目標值）的誤差。

5 7 . 如申請專利範圍第 5 6 項之輥軋機控制方法，前述狀態量之回饋控制，係求取與分別對應於前述狀態量之前述設定值（動作點）的偏差，且將該些偏差乘上比例增益，而產生對應於狀態量偏差的第 1 操作指令值；

前述控制量之回饋控制，係求取與分別對應於前述控制量之前述設定值（目標值）的偏差，且將該些偏差乘上積分增益而實施積分，而產生對應於控制量偏差的第 2 操作指令值；

將根據前述第 1 操作指令值與前述第 2 操作指令值的和所產生之第 3 操作指令值輸出到致動器。

5 8 . 如申請專利範圍第 5 7 項之輥軋機控制方法，前述第 1，第 2 以及第 3 操作指令值係由用於變更軋軋間隙之壓下位置指令值與用於變更軋軋速度之速度指令值所構成，而分別針對各成分求取。

5 9 . 如申請專利範圍第 5 8 項之輥軋機控制方法，前述壓下位置指令值係輸出到壓下裝置，而前述速度指令值則輸出到軋軋驅動裝置。

6 0 . 如申請專利範圍第 5 9 項之輥軋機控制方法，前述軋軋驅動裝置是一前台之軋軋驅動裝置。

6 1 . 如申請專利範圍第 5 6 ~ 6 0 項之任一項之輥軋機控制方法，前述出側板厚乃使用位在軋軋正下方板厚

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

編

六、申請專利範圍

的推測值。

6 2 . 如申請專利範圍第 6 1 項之輥軋機控制方法，前述軋輥正下方板厚之推測值，係在根據入側板厚而依質量流動 (mass flow) 定理所求得之計算值，自在出側板厚計所得之板厚減去將前述計算值追蹤到前述出側板厚計之追蹤板厚所得之偏移值加以回饋而求得。

6 3 . 一種輥軋機控制裝置，其主要係一備有：可依一定週期而檢出由多台所構成之輥軋機之多個狀態量或多個控制量之實績值的檢出裝置、控制以消除由設定控制裝置所決定之動作點或目標之設定值與前述實績值的誤差的 D D C 控制裝置而構成的輥軋機控制裝置，其特徵在於：

前述 D D C 控制裝置係一最佳伺服系統，而具有可將壓下位置、後方張力以及前機台之軋輥速度當作狀態量而實施回饋控制之狀態回饋控制手段以及將出側板厚、後方張力當作控制量而實施回饋控制之控制量回饋控制手段。

6 4 . 如申請專利範圍第 6 3 項之輥軋機控制裝置，前述狀態回饋控制手段具有可求取與分別對應於前述各狀態量之前述設定值之偏差的差分機構以及將該些偏差乘上比例增益，而產生對應於狀態量偏差之操作指令值的比例機構；

前述控制量回饋控制手段具有可求取與分別對應於前述各控制量之前述設定值之偏差的差分機構以及將該些偏差乘上積分增益且實施積分，而產生對應於控制量偏差之操作指令值的積分機構；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

而具備一可根據前述比例機構與前述積分機構之操作指令值而決定輸出到致動器之操作指令值的指令產生手段。

6 5 . 如申請專利範圍第 6 4 項之軋軋機控制裝置，前述比例機構以及積分機構乃產生一由用於變更壓下位置之壓下指令成分與用於變更軋軋速度之速度指令成分所構成的操作指令，前述指令產生手段則對每個成分相加而產生壓下位置操作指令值與速度操作指令值，而將前述壓下位置操作指令值輸出到壓下裝置，且將前述速度指令值輸出到前台之軋軋驅動裝置。

6 6 . 如申請專利範圍第 6 3，6 4 或 6 5 項之軋軋機控制裝置，具有一根據來自前述檢出裝置之該機台之入側的板厚與板速度以及出側之板速度而推測該機台之軋軋正下方的板厚，而將該軋軋正下方的板厚當作前述出側板厚，而輸出到前述控制量回饋控制手段之差分機構的觀測裝置。

6 7 . 一種軋軋機控制裝置，其主要係一由備有：可依一定週期來檢出由多台所構成之串聯軋軋機之狀態量或控制量之實績值的檢出裝置、具有軋軋模型，而可對應於非線性之軋軋狀態來決定動作點之設定控制裝置以及如使所設定之動作點或目標等之設定值與前述實績值之偏差消除般地，將操作指令輸出到各機台之軋軋機之壓下裝置以及軋軋驅動裝置所構成之軋軋機控制裝置，其特徵在於：

前述 D D C 控制裝置備有：可將壓下位置、後方張力

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

編

六、申請專利範圍

以及前台之軋輥速度當作前述狀態量，而求取與對應於該些狀態量之壓下位置設定值、後方張力設定值以及前台之軋輥速度設定值的偏差，且將該些偏差分別乘上第1比例增益以及第2比例增益，而產生對應於狀態偏差之壓下位置指令成分與速度指令成分的狀態量回饋控制方法；

將出側板厚以及後方張力當作前述控制量，而求取與對應於該些控制量之出側板厚設定值以及後方張力設定值的偏差，且將該些偏差分別乘上第1積分增益以及第2積分增益，而產生對應於控制量偏差的壓下位置指令成分與速度指令成分的控制量回饋控制手段及；

將來自前述狀態量回饋控制手段與前述控制量回饋控制手段之壓下位置指令成分以及速度指令成分與來自設定控制裝置之壓下位置目標值以及速度目標值，針對各成分予以相加而產生壓下位置操作指令與速度操作指令，而將前者輸出到該機台之壓下裝置，將後者輸出到前機台之軋輥驅動裝置之指令產生手段。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

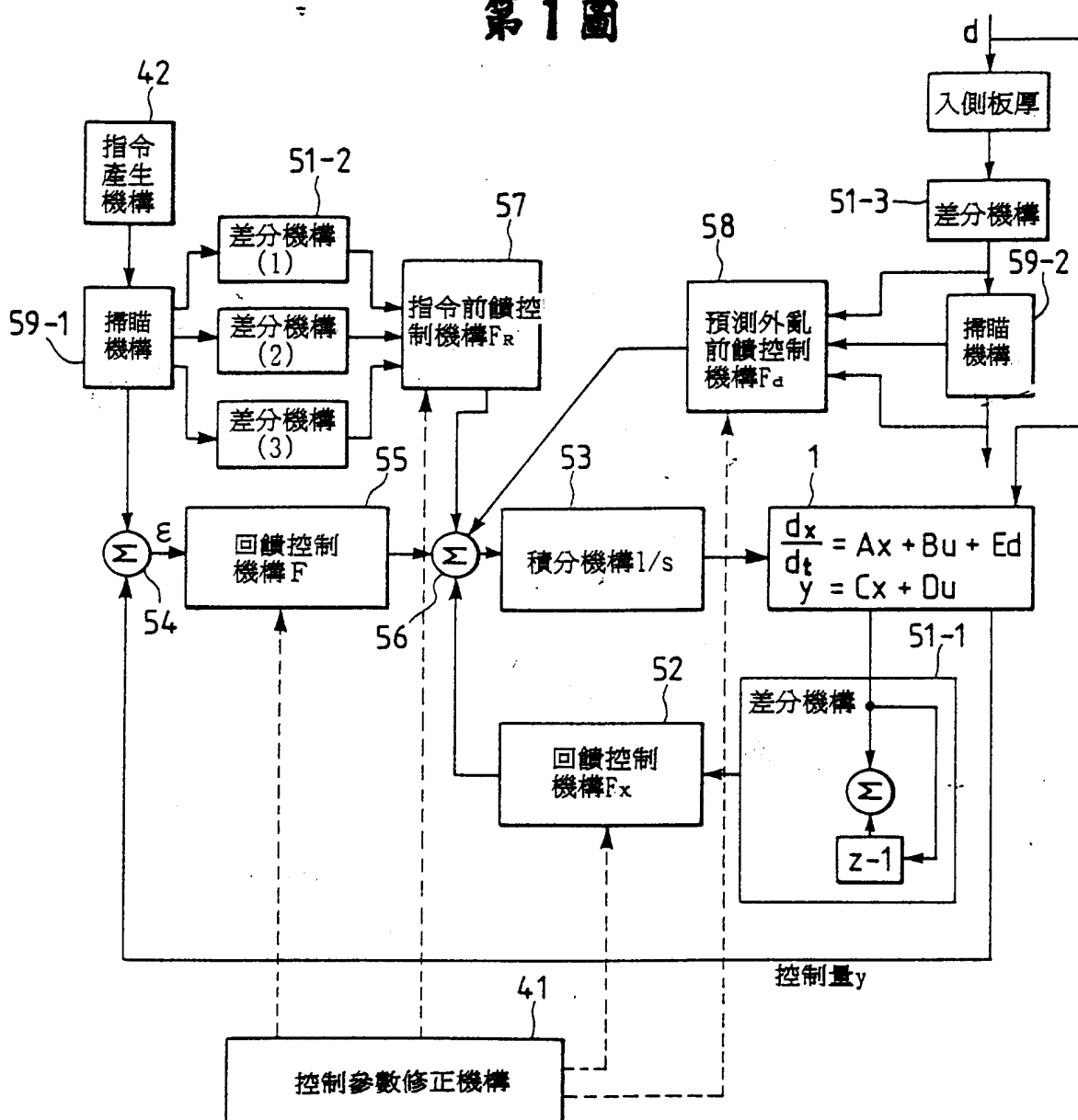
訂

85年5月6日 修正
補充

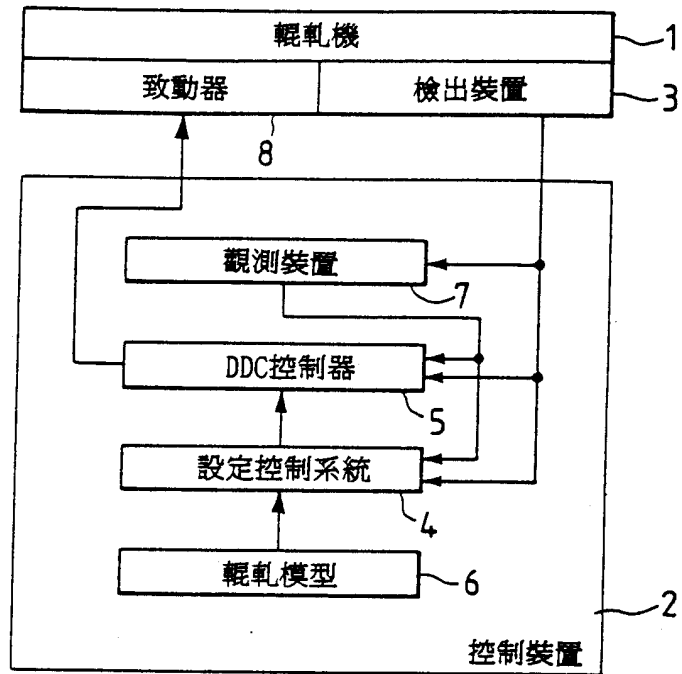
721874

第83111275號修正圖式

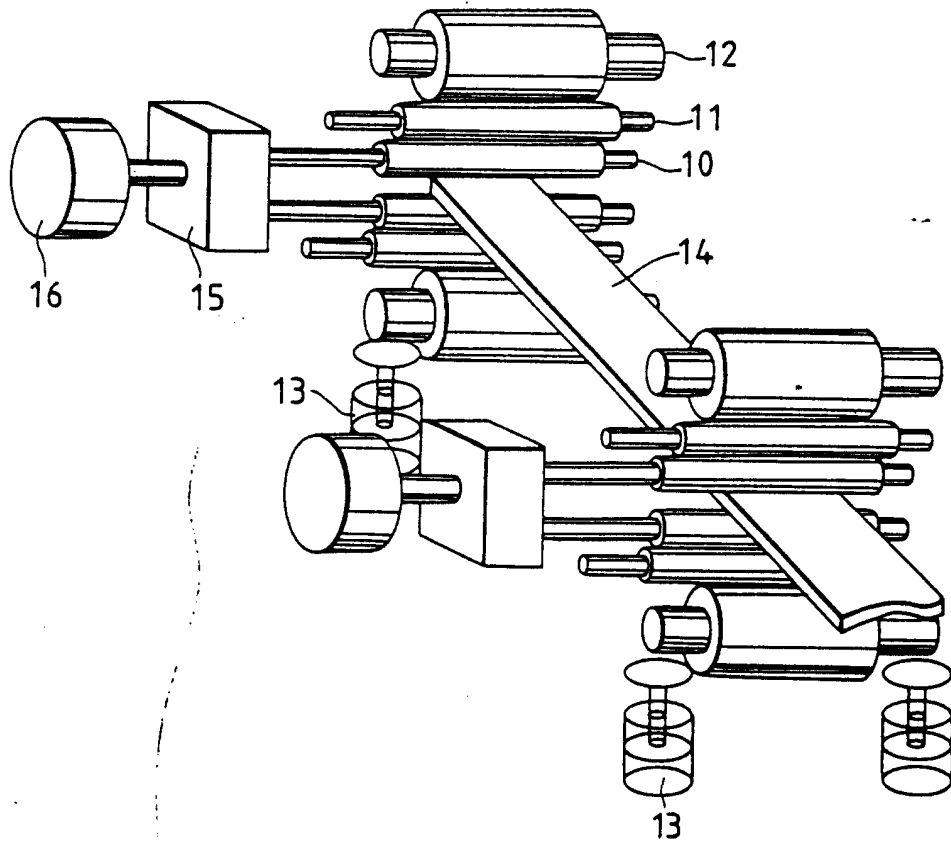
第 1 圖



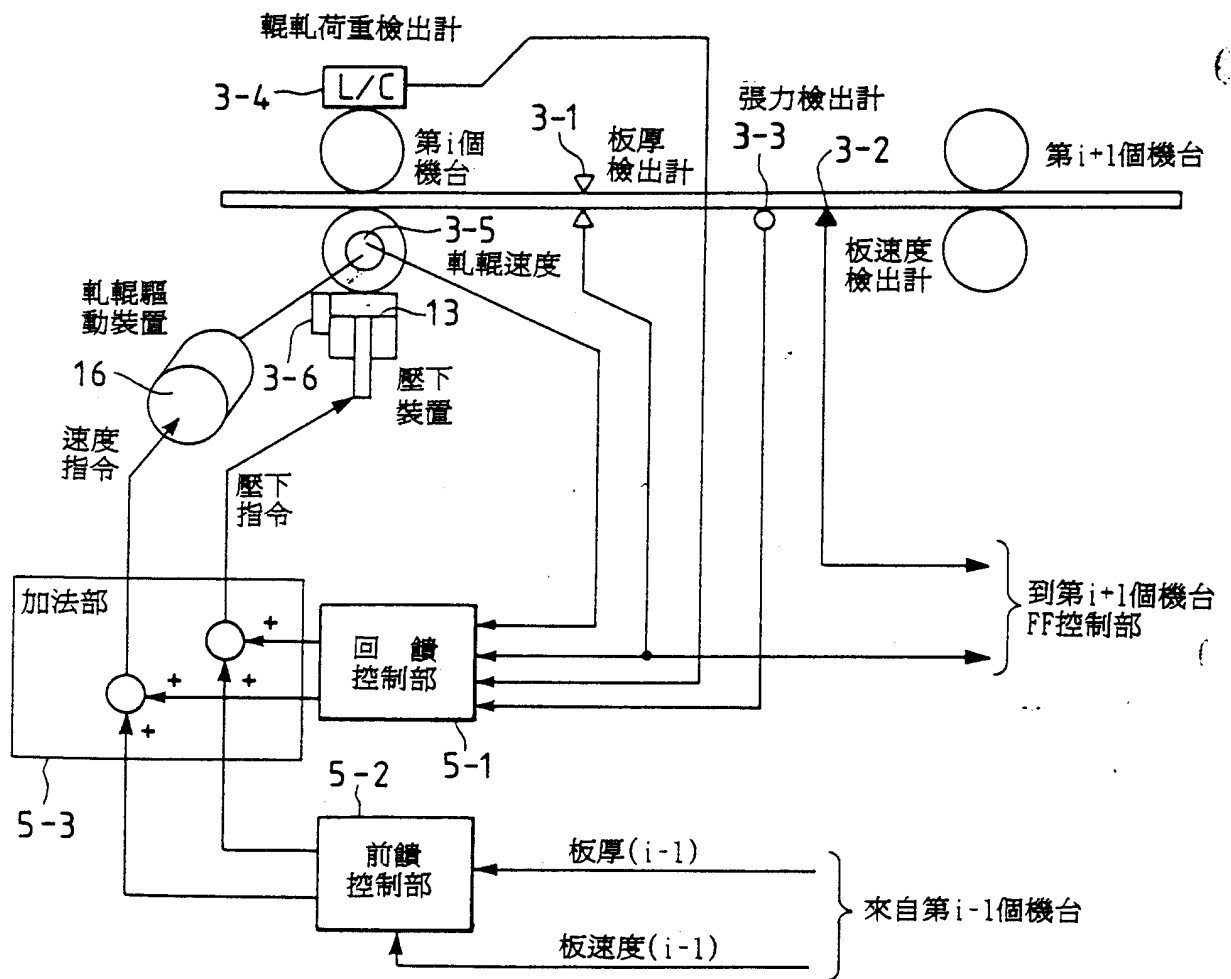
第 2 圖



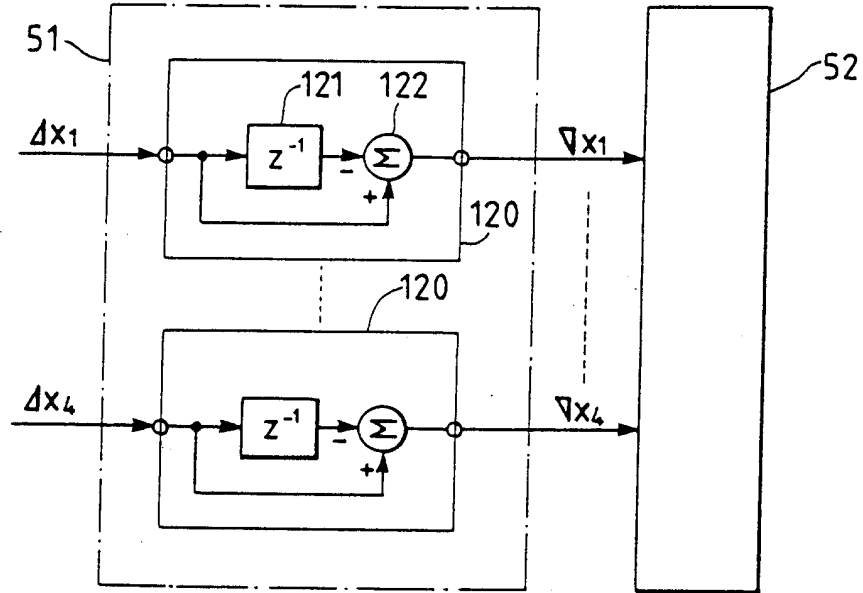
第 3 圖



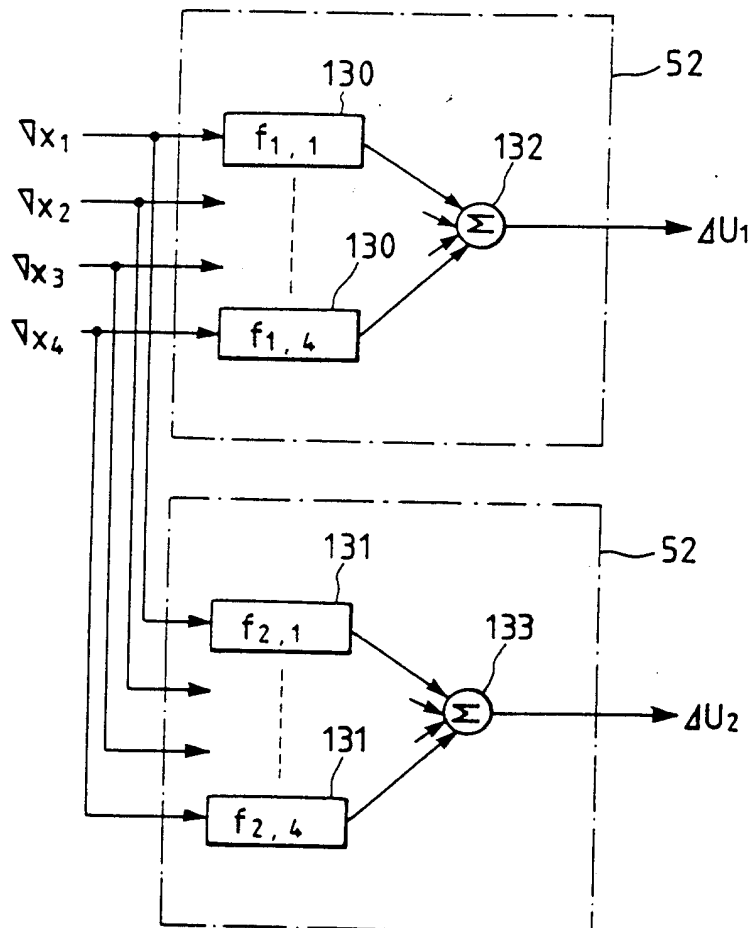
第4圖



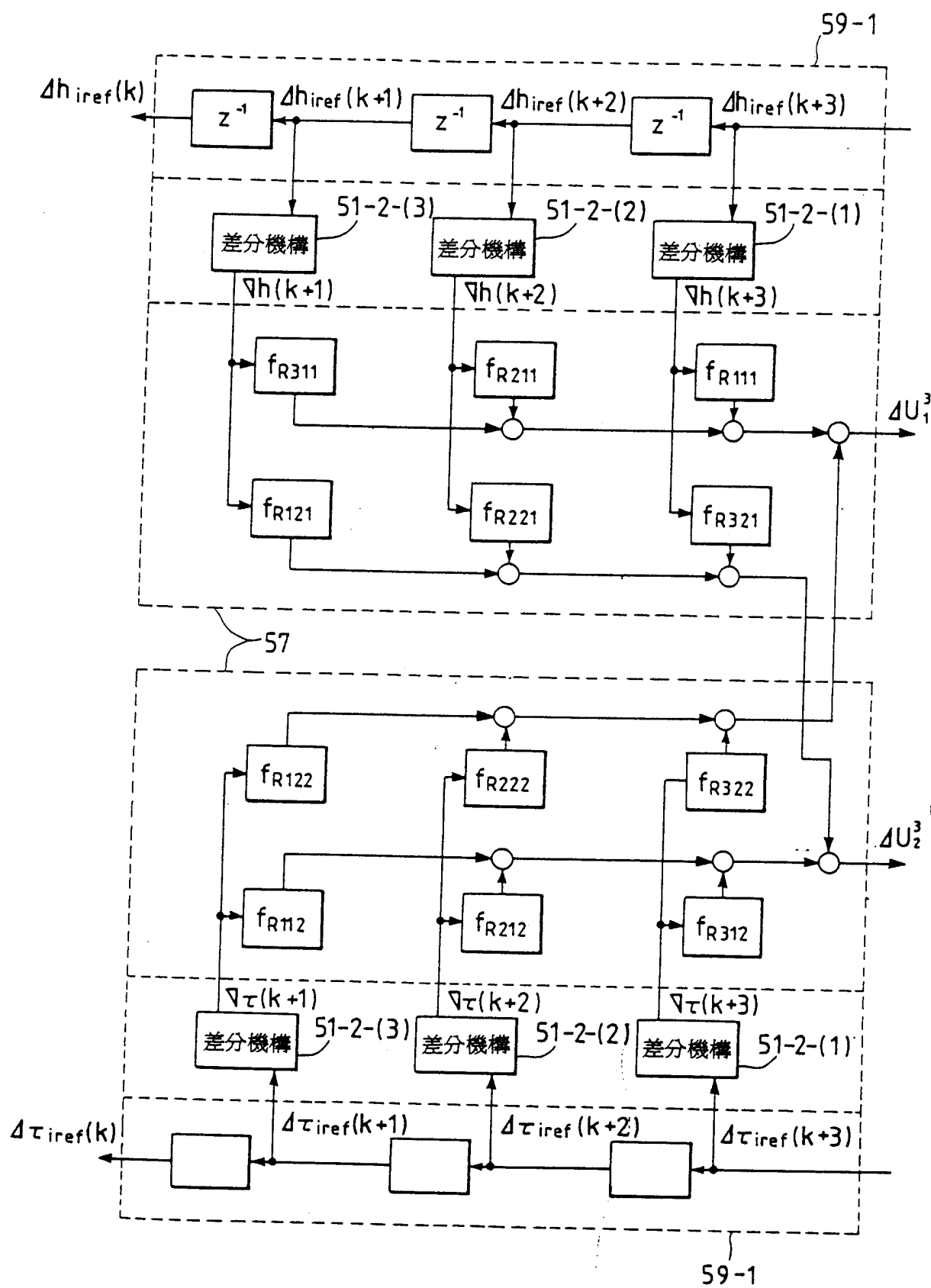
第 5 圖



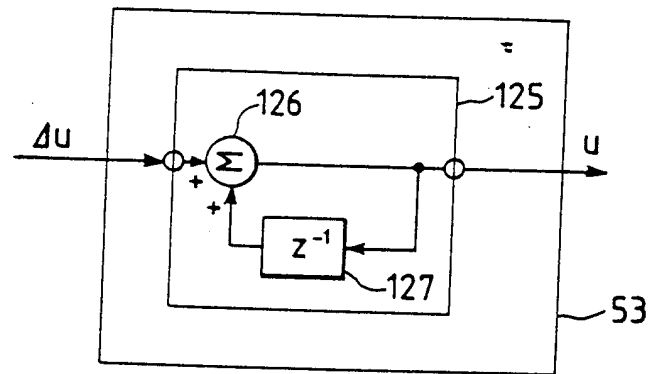
第 6 圖



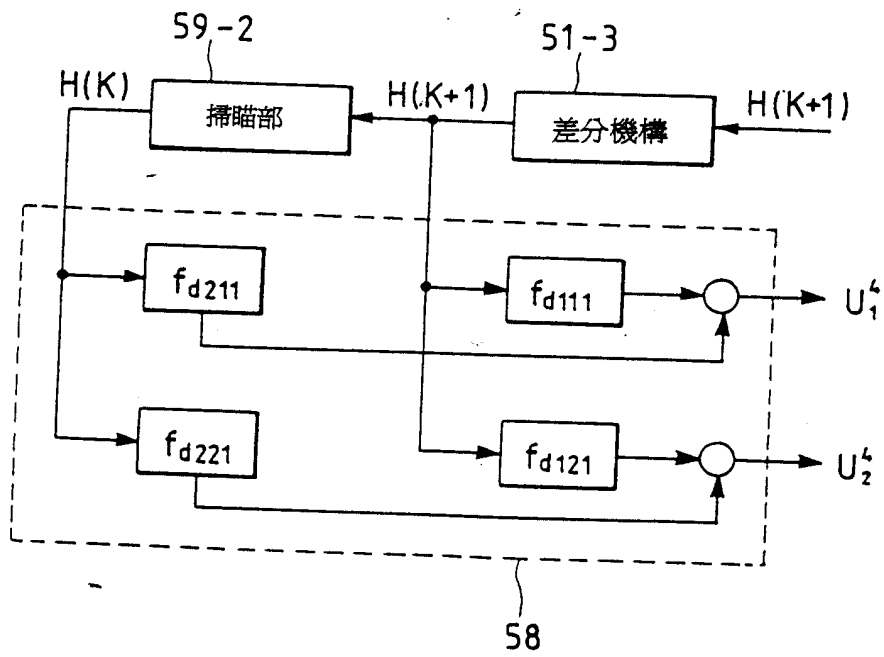
第 8 圖



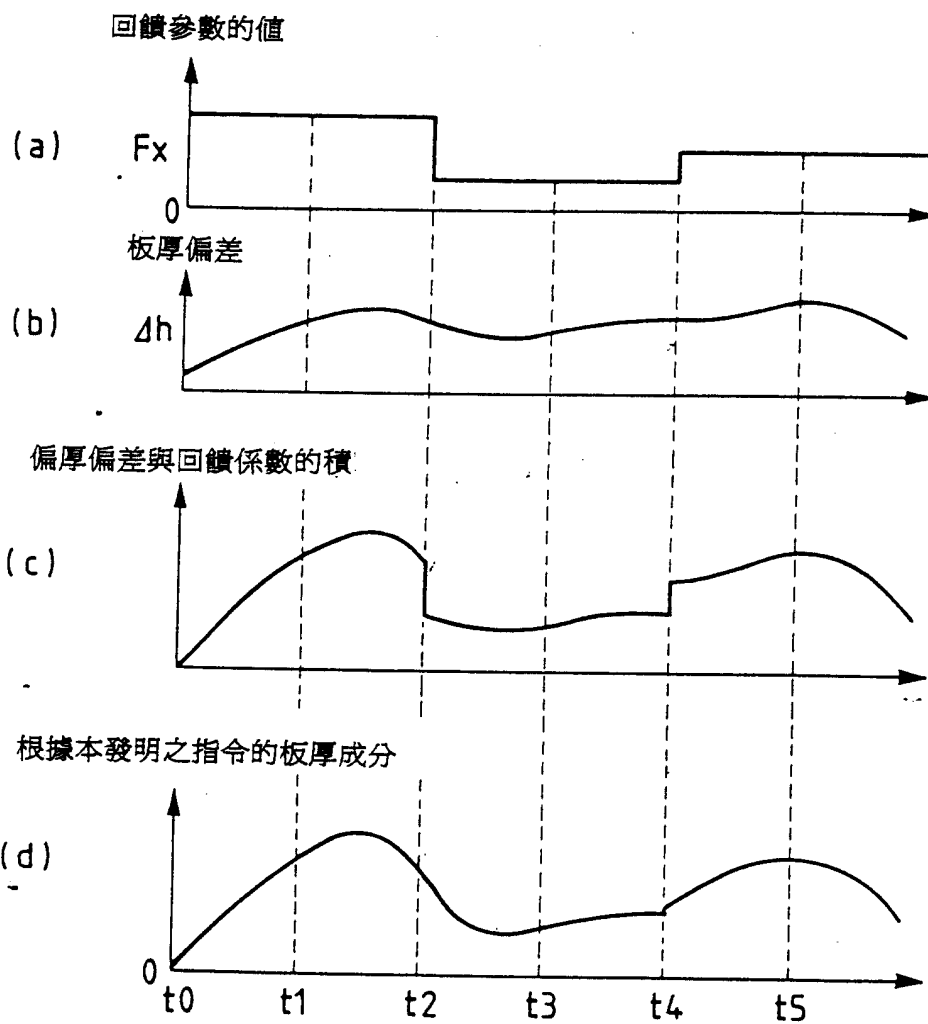
第 7 圖



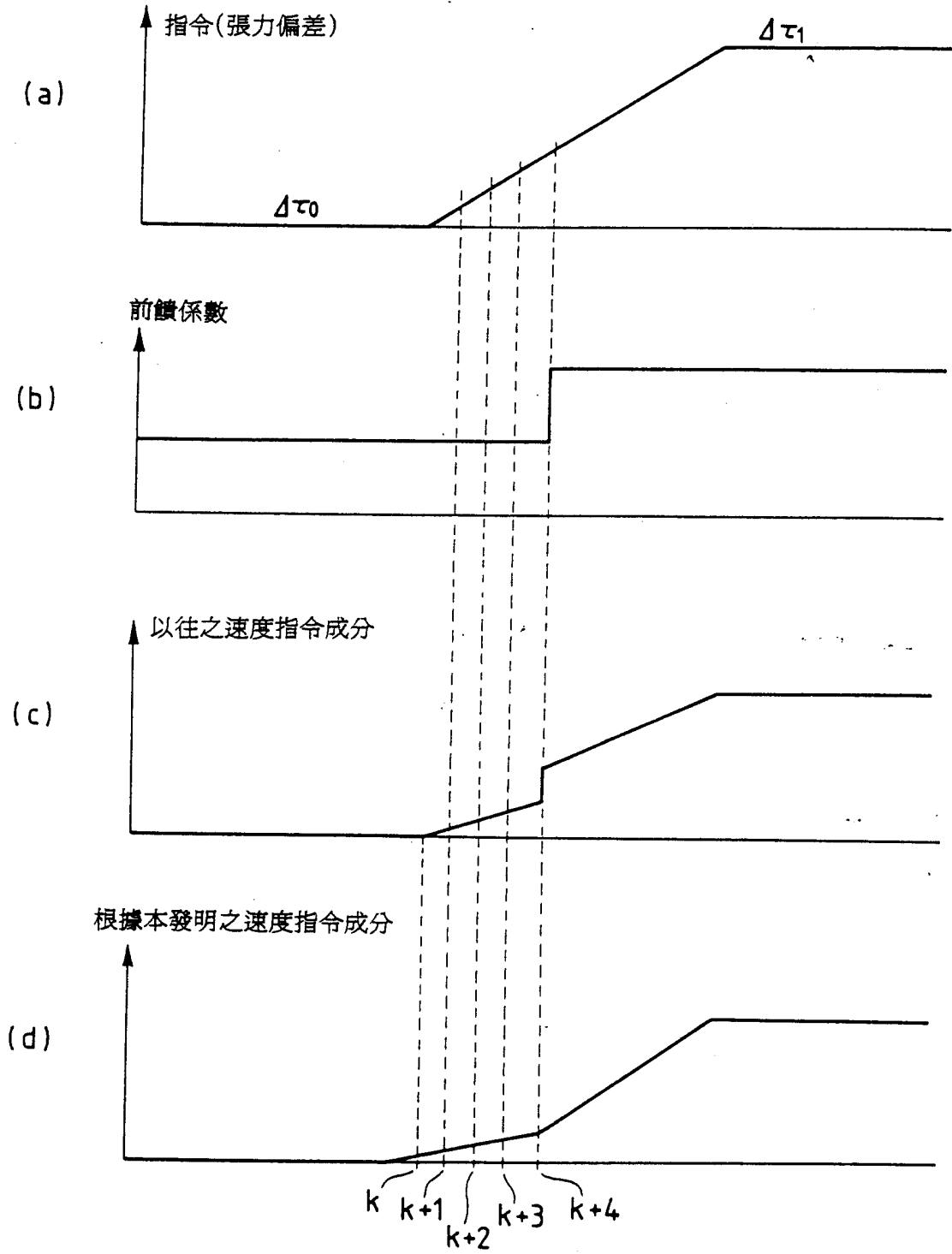
第 9 圖



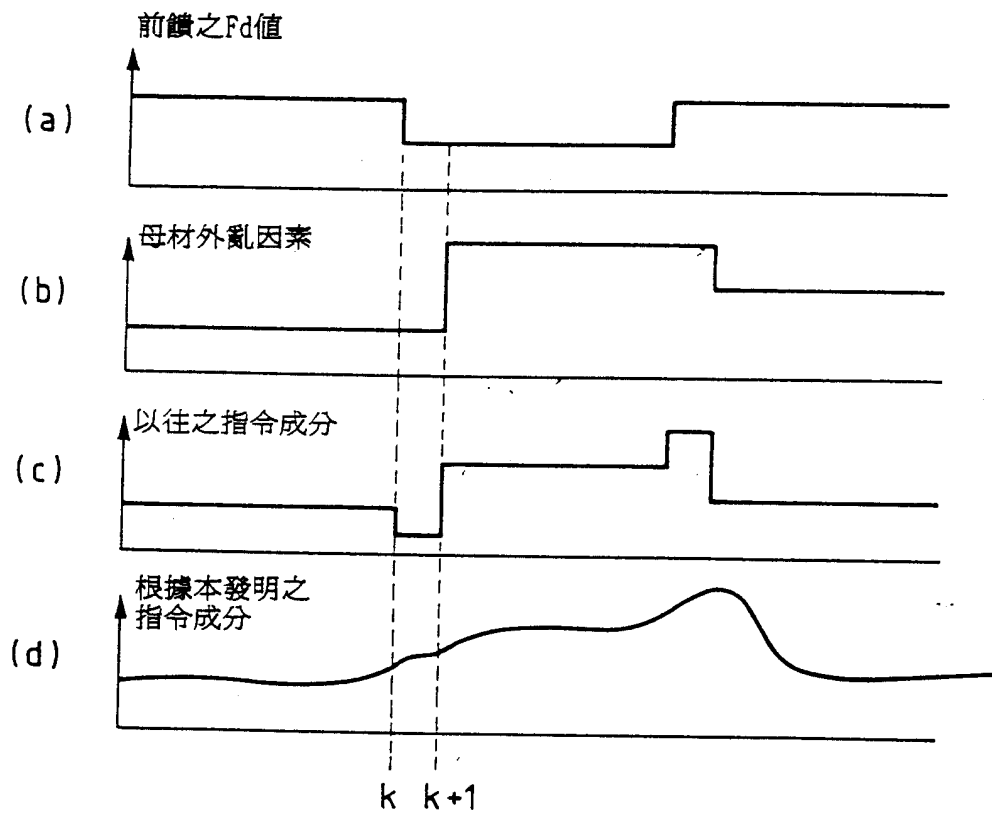
第10圖



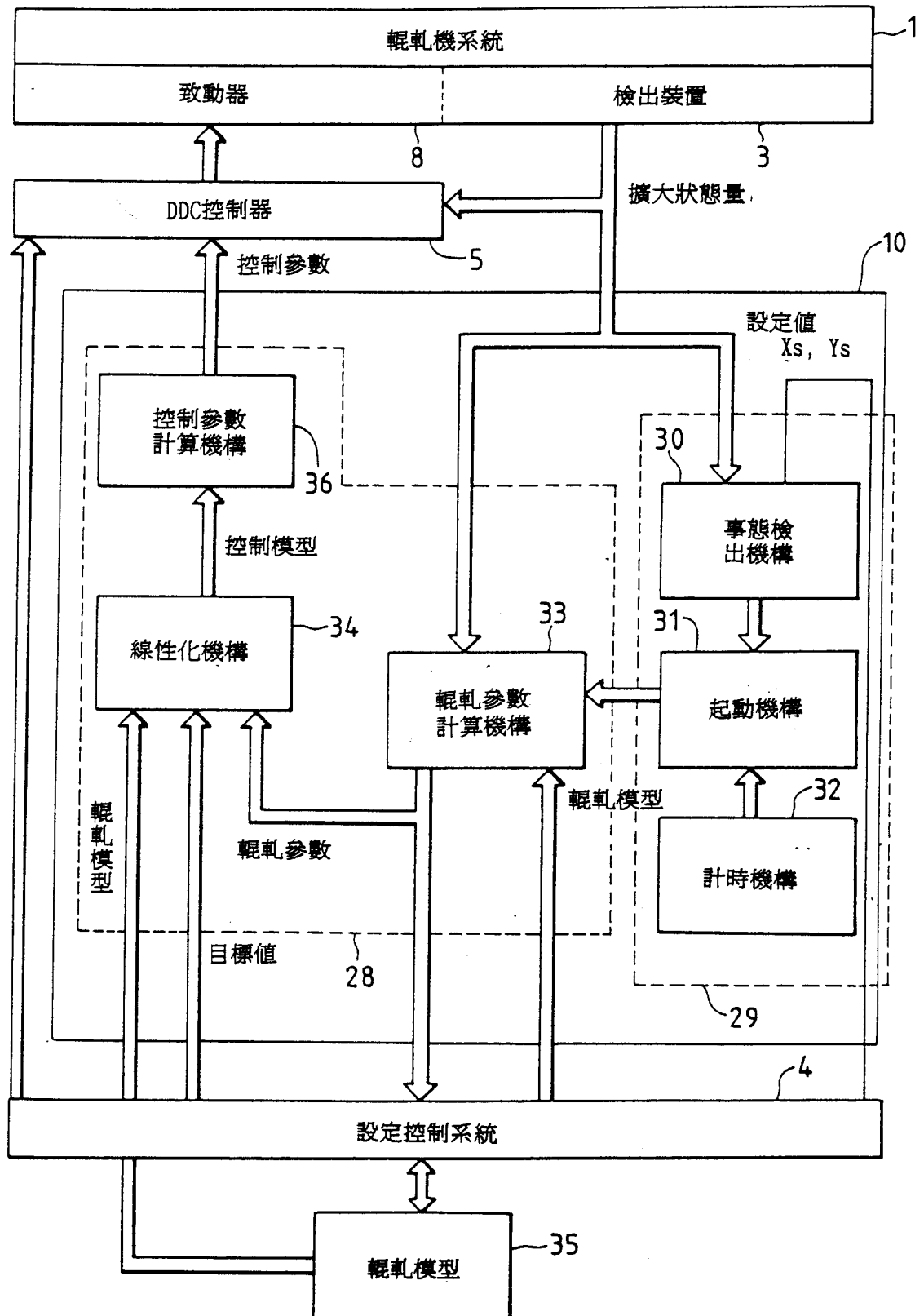
第11圖



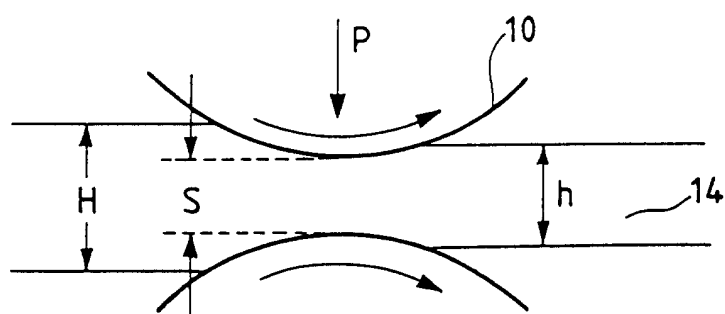
第12圖



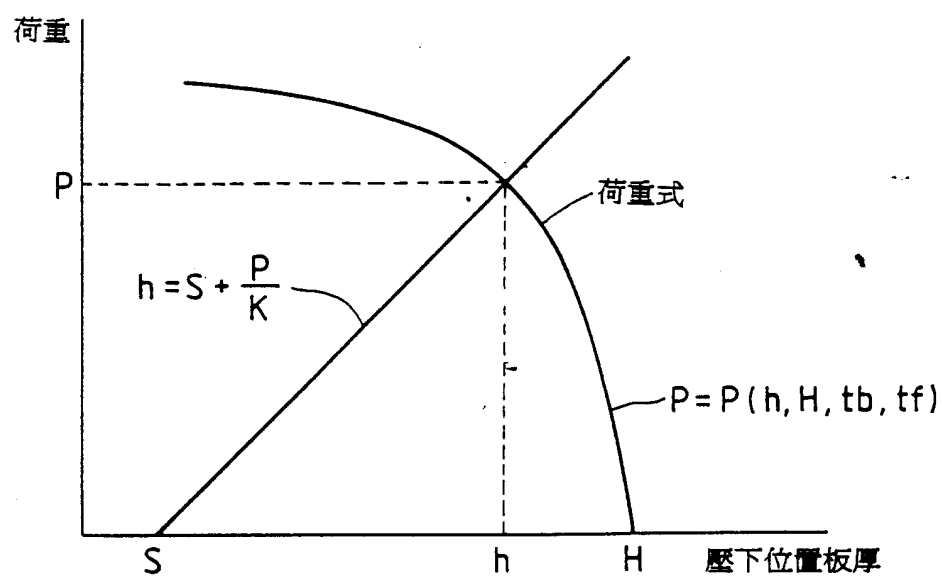
第13圖



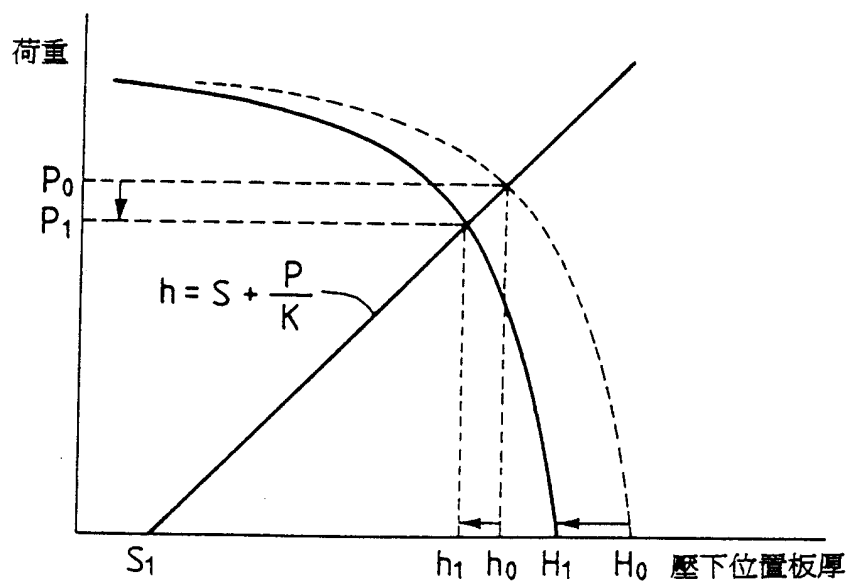
第14圖



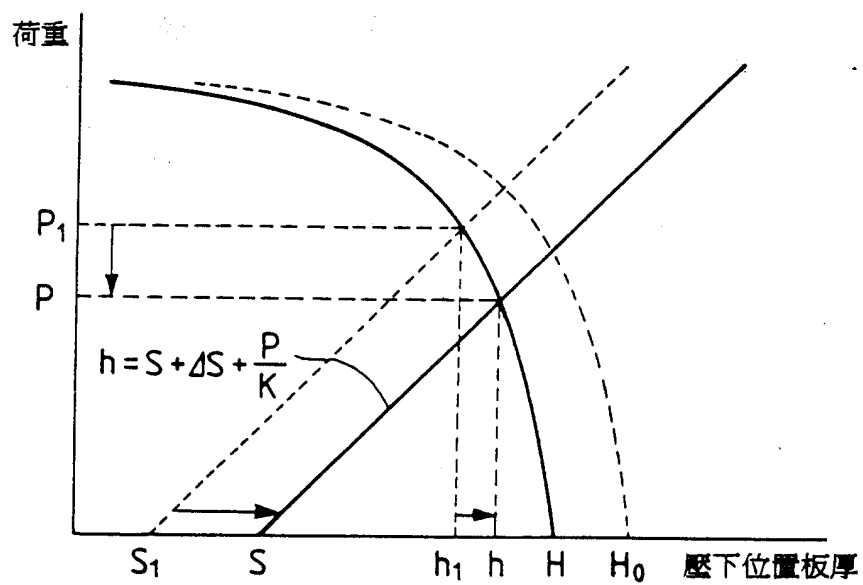
第15圖



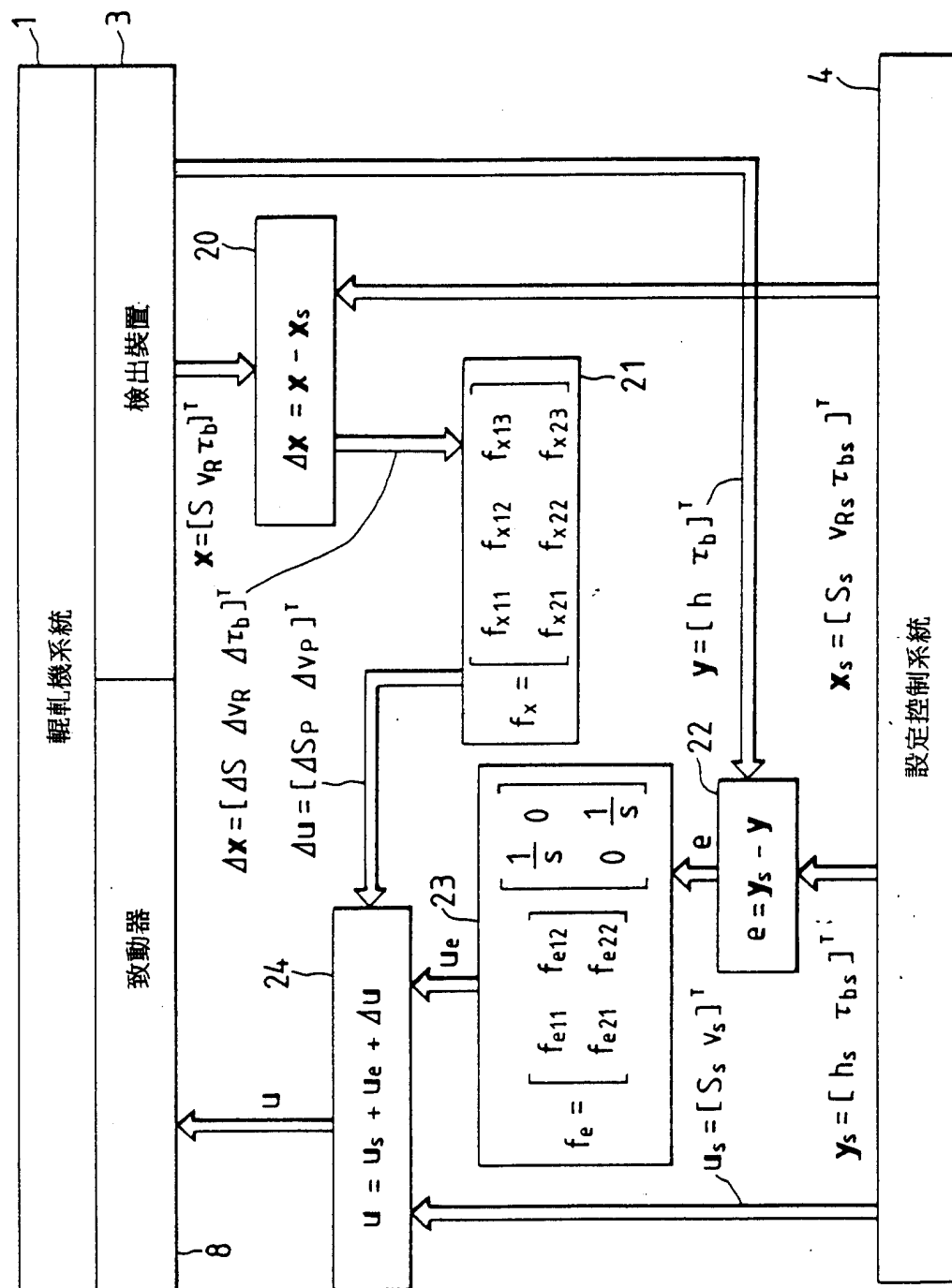
第16圖



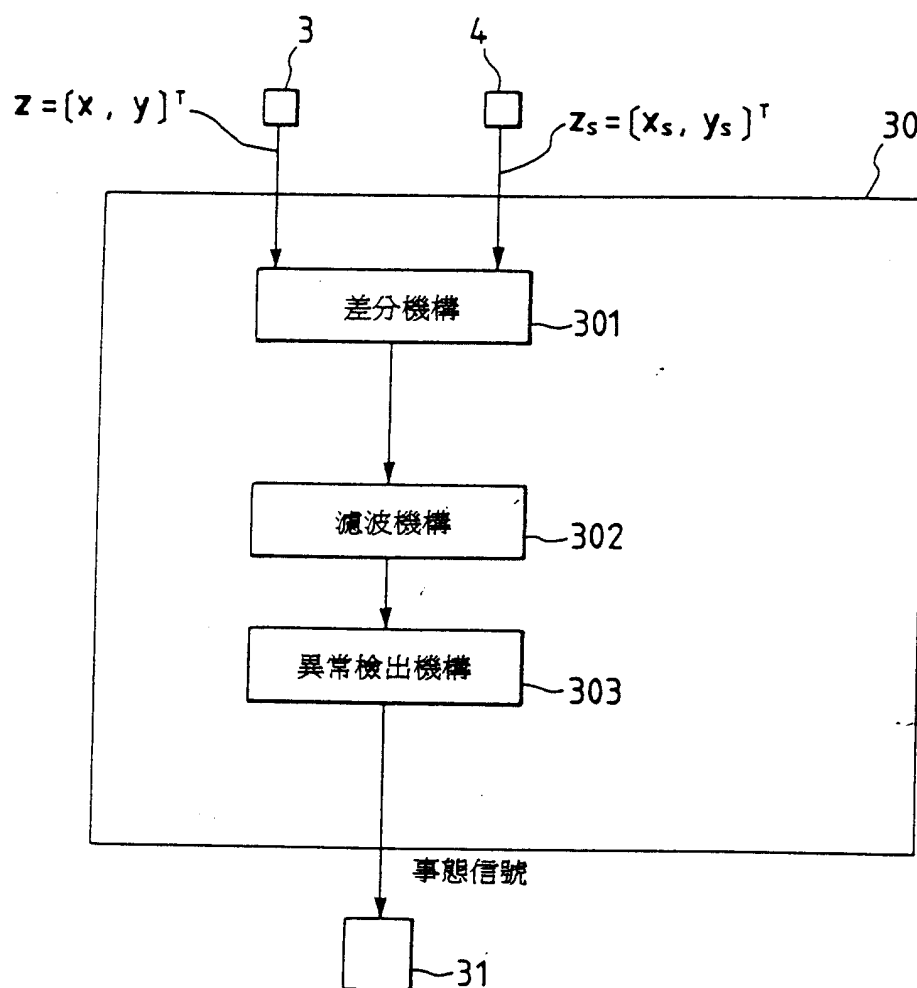
第17圖



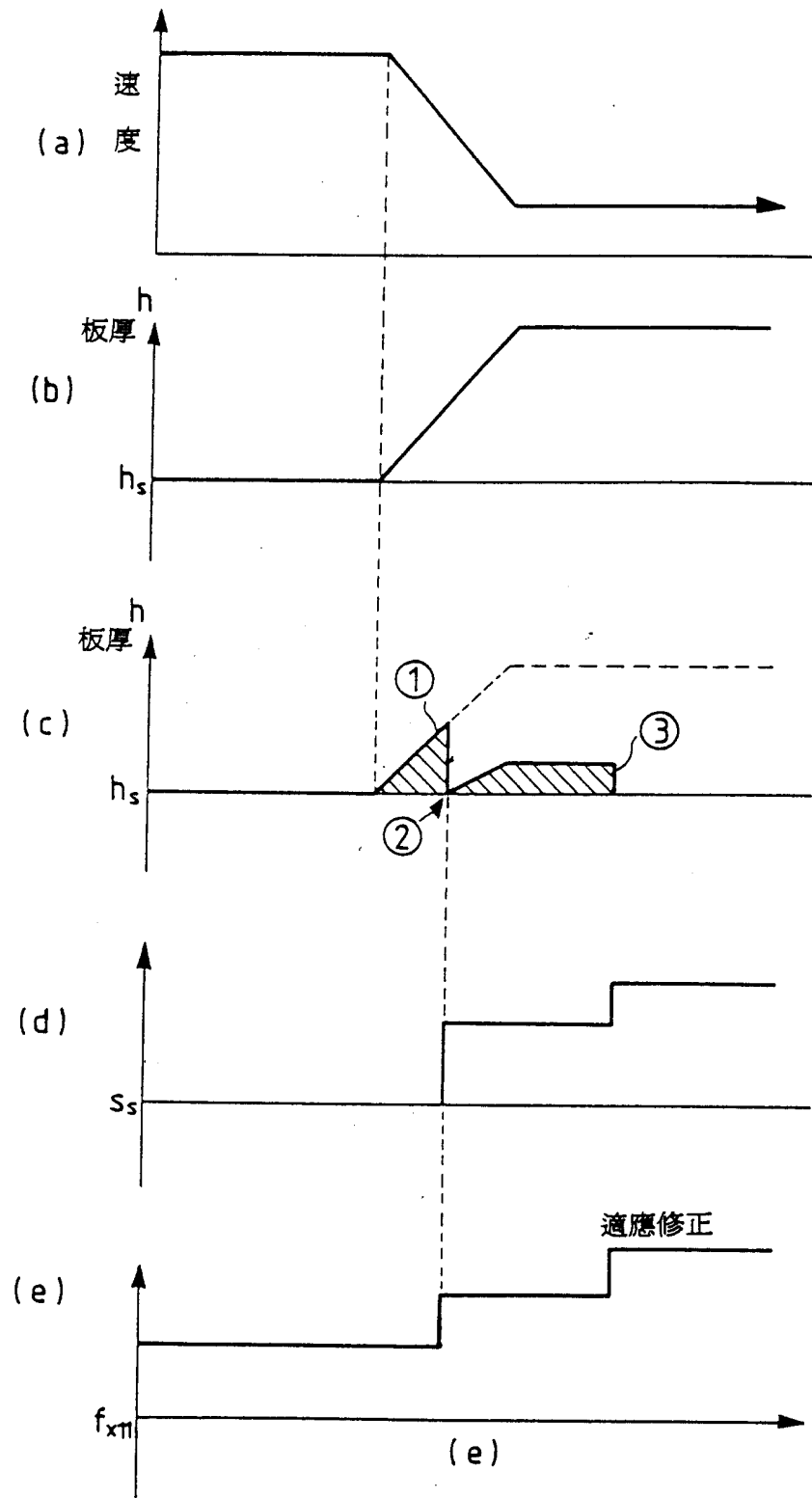
第18圖



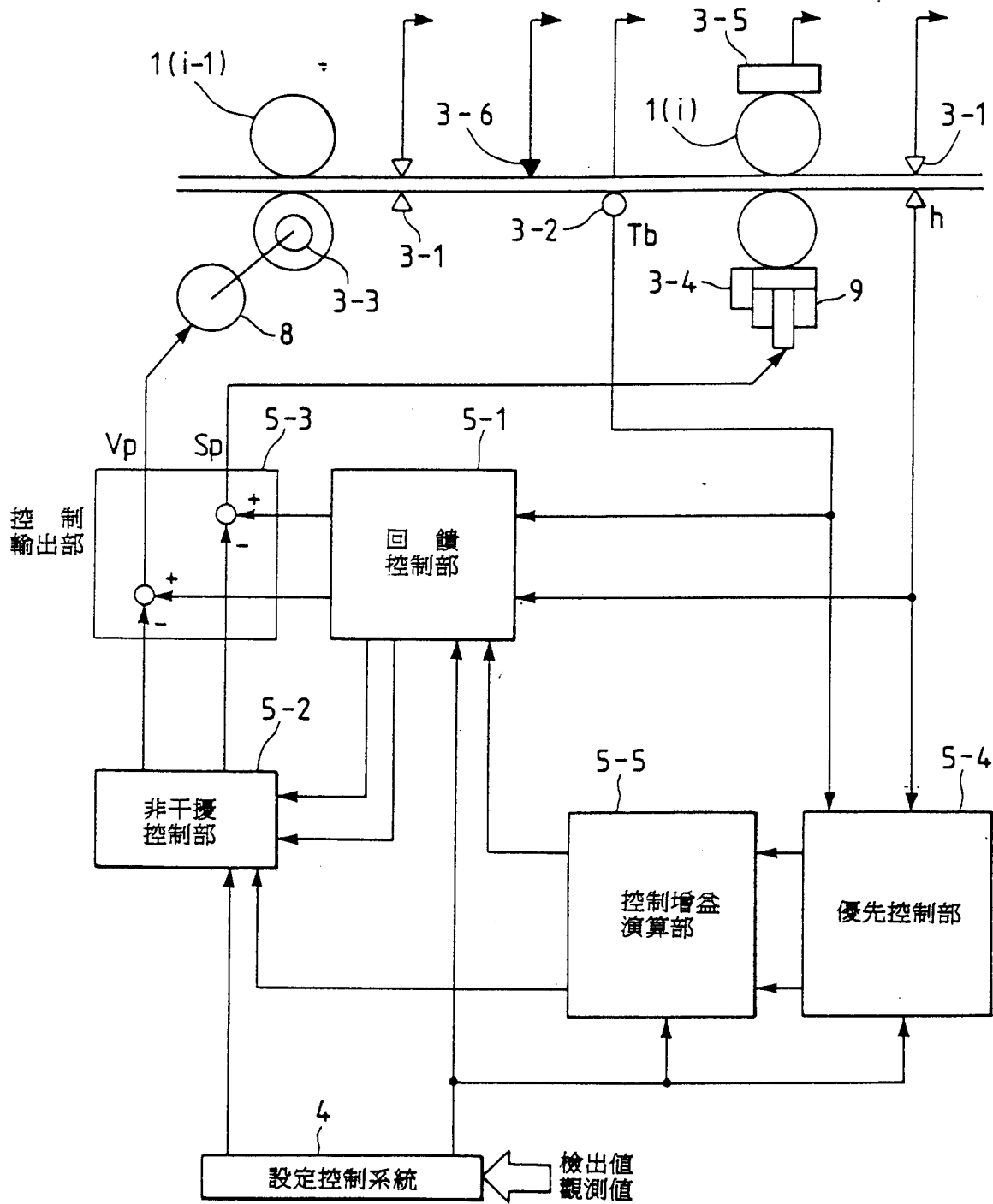
第19圖



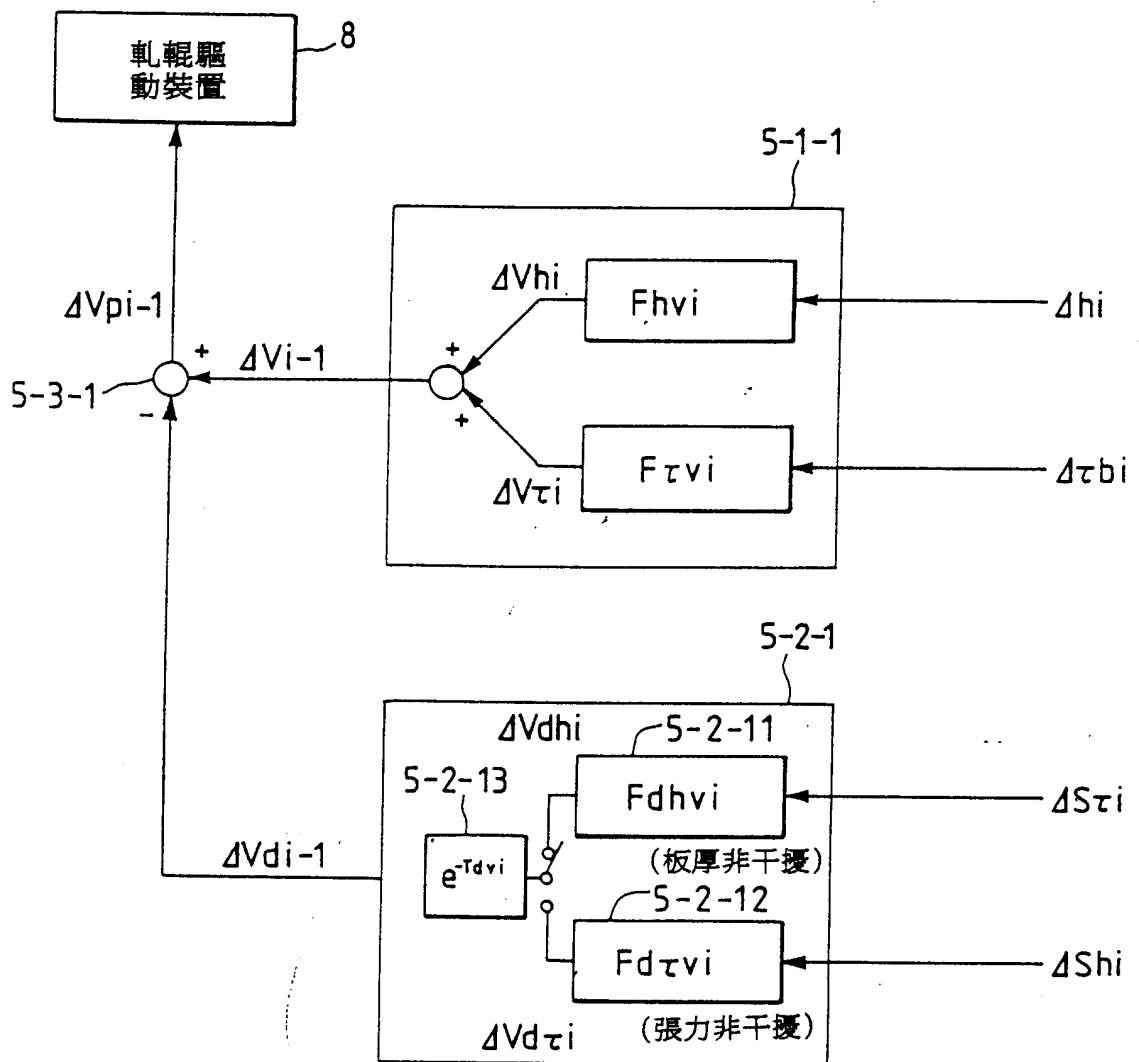
第20圖



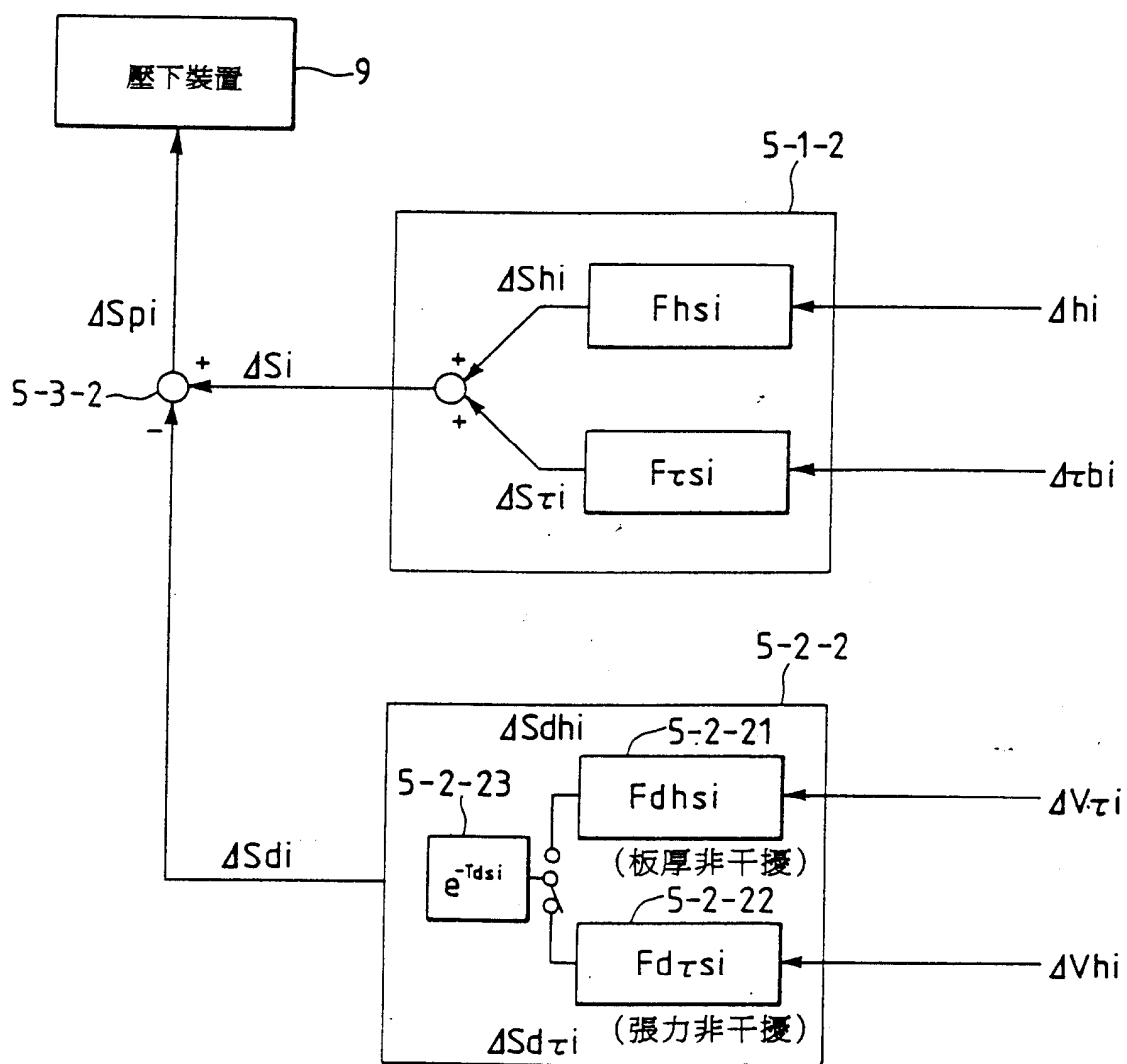
第 21 圖



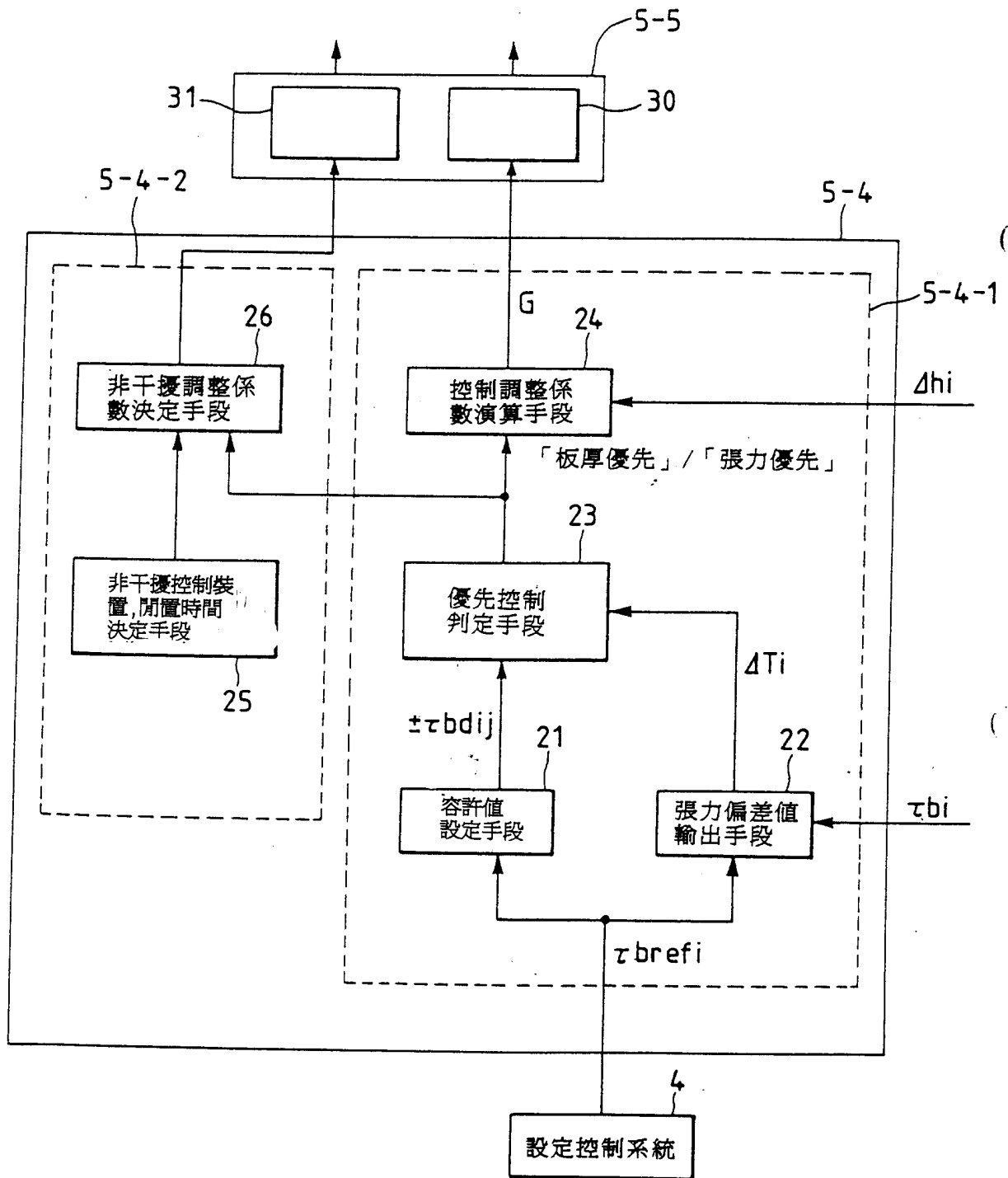
第22圖



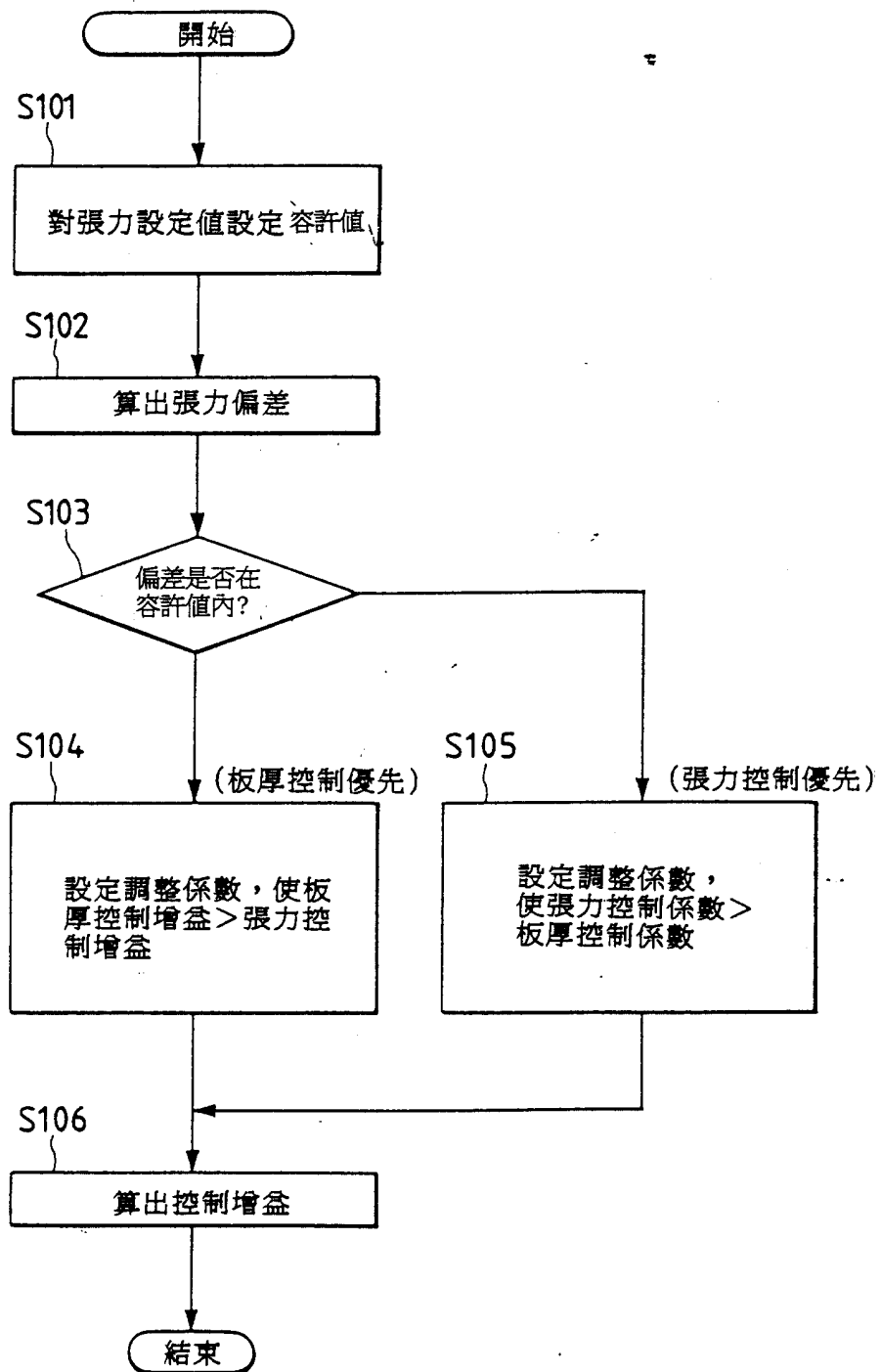
第23圖



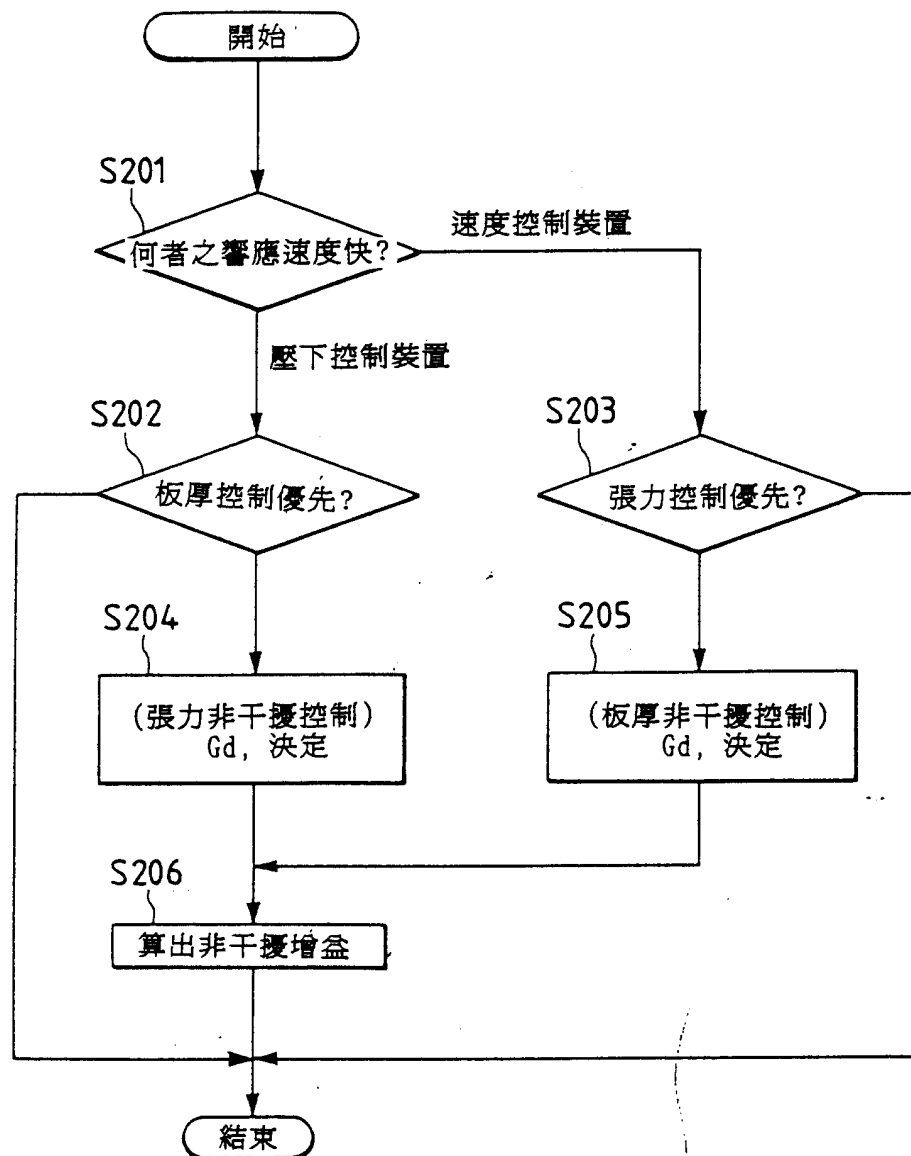
第24圖



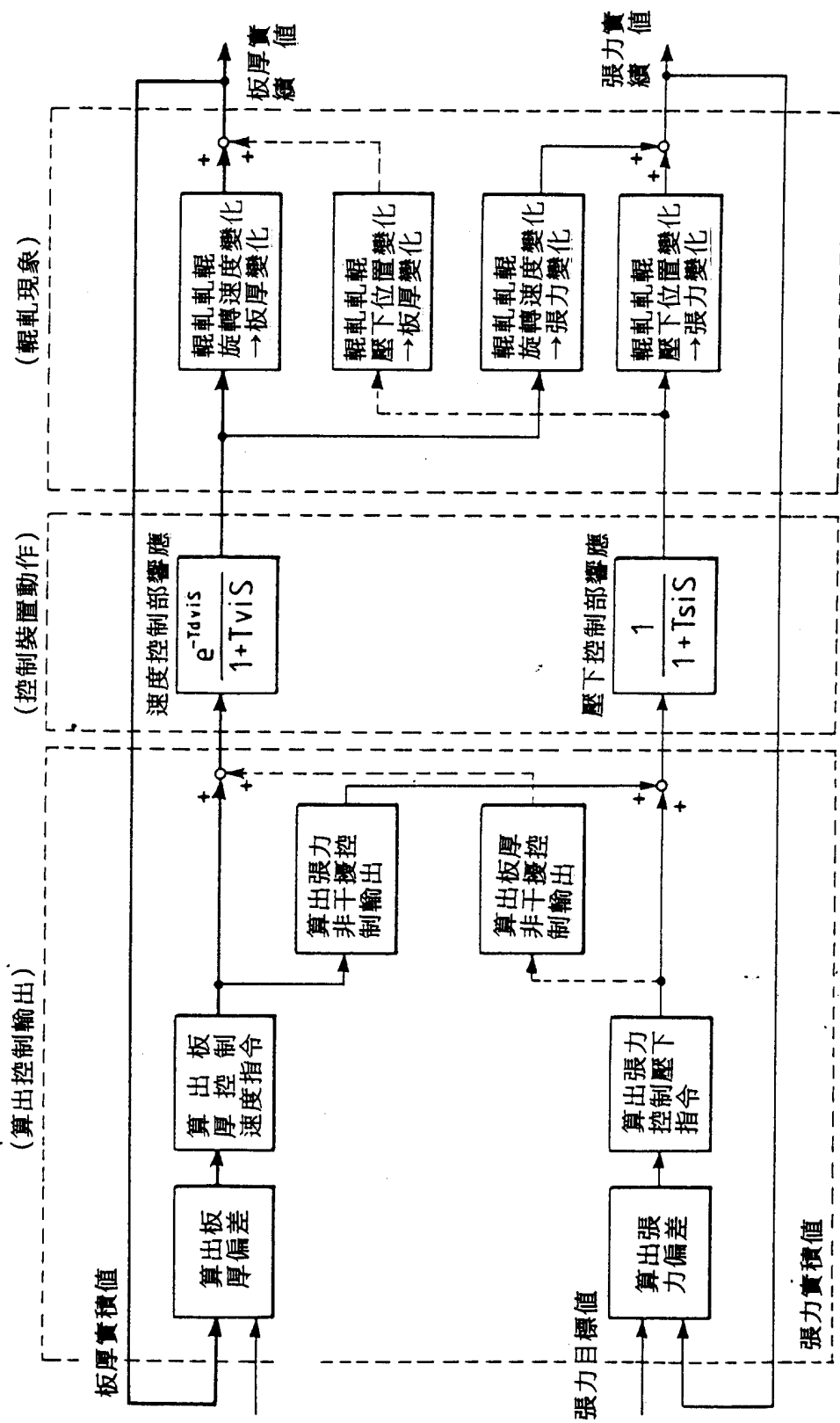
第25圖



第26圖

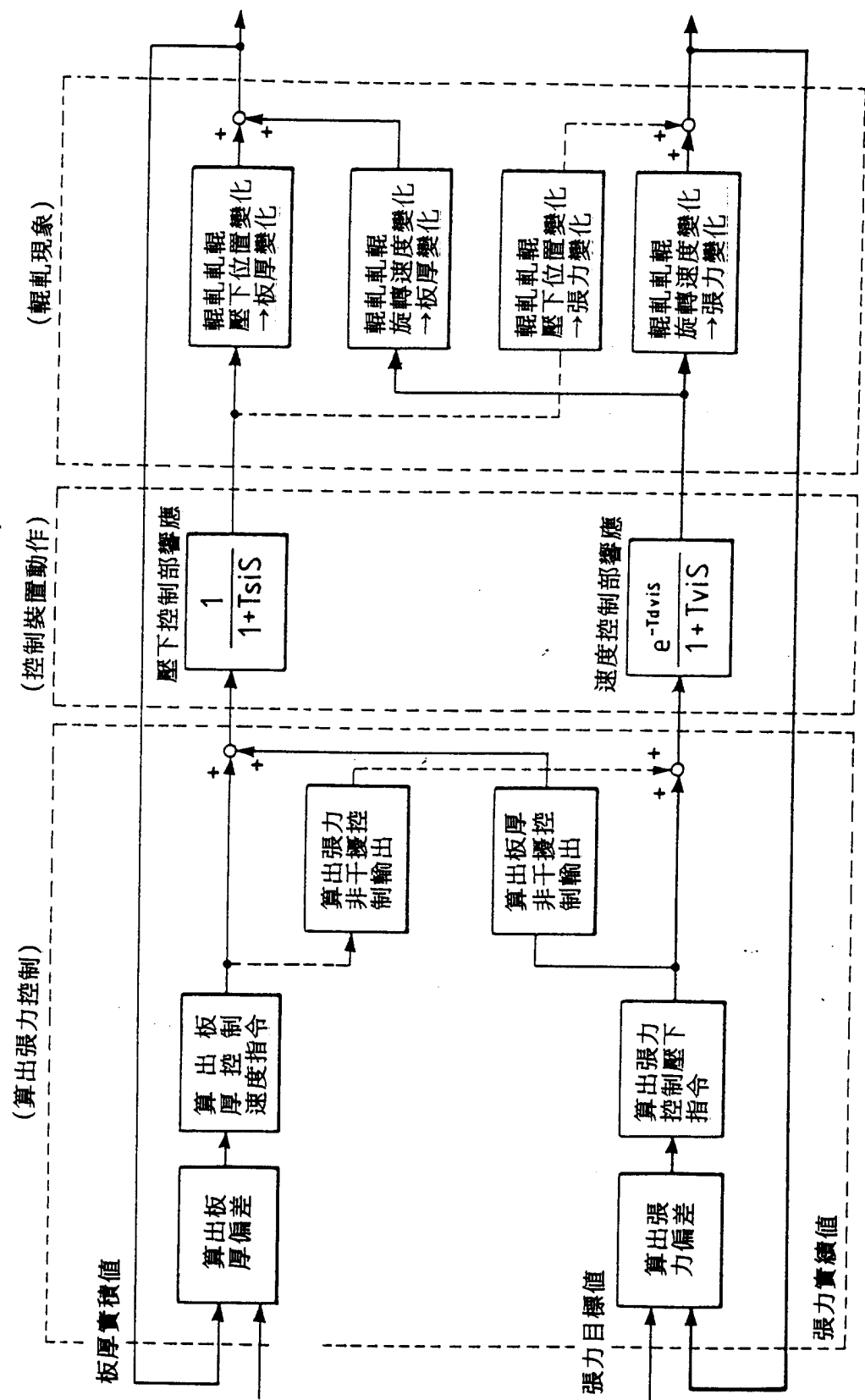


第27圖



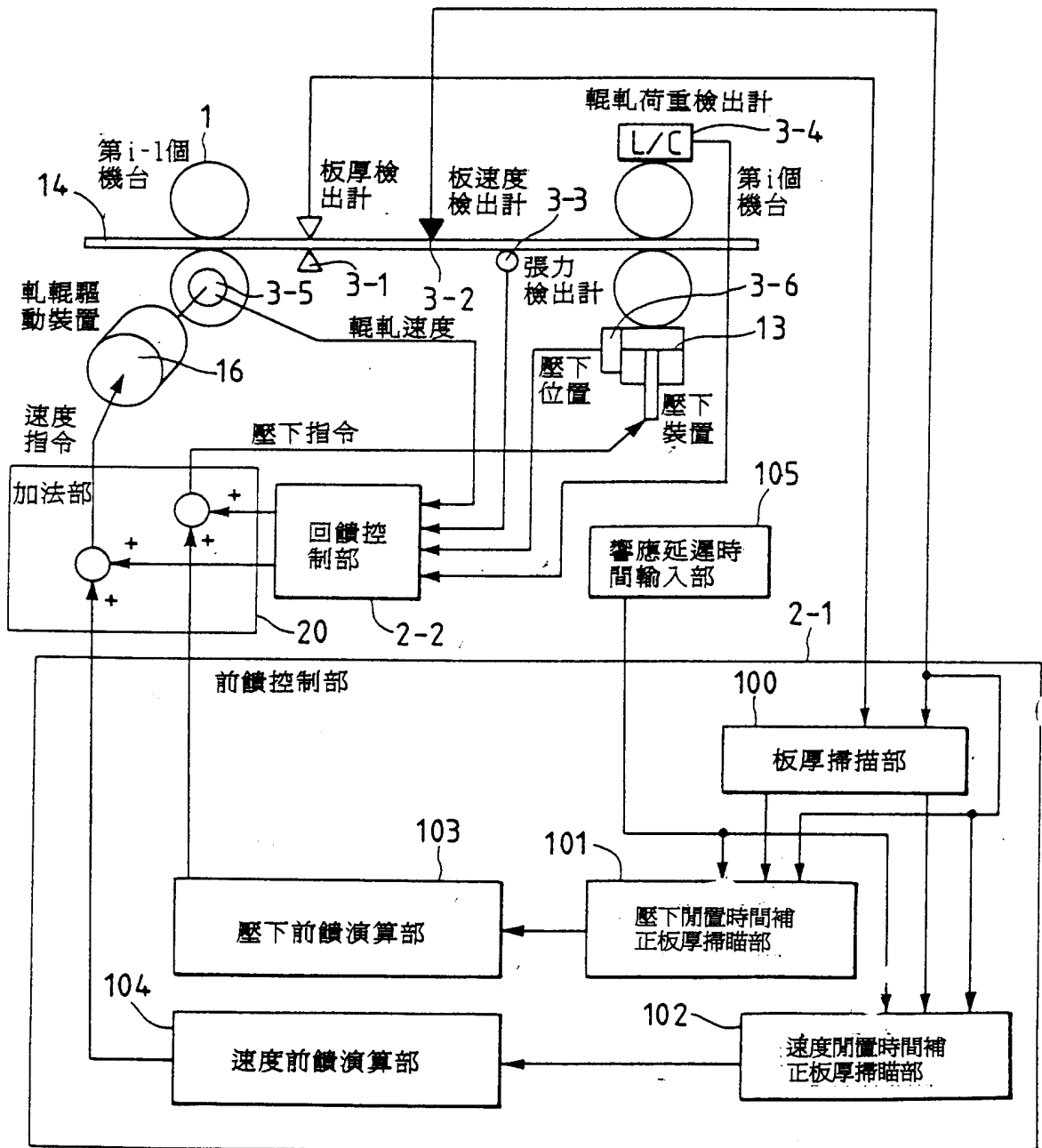
$T_{si} < T_{vi}$ 板厚優先控制
 軋軋軋軋速度變化 → 板厚變化
 軋軋軋軋壓下位置變化 → 張力變化

第28圖

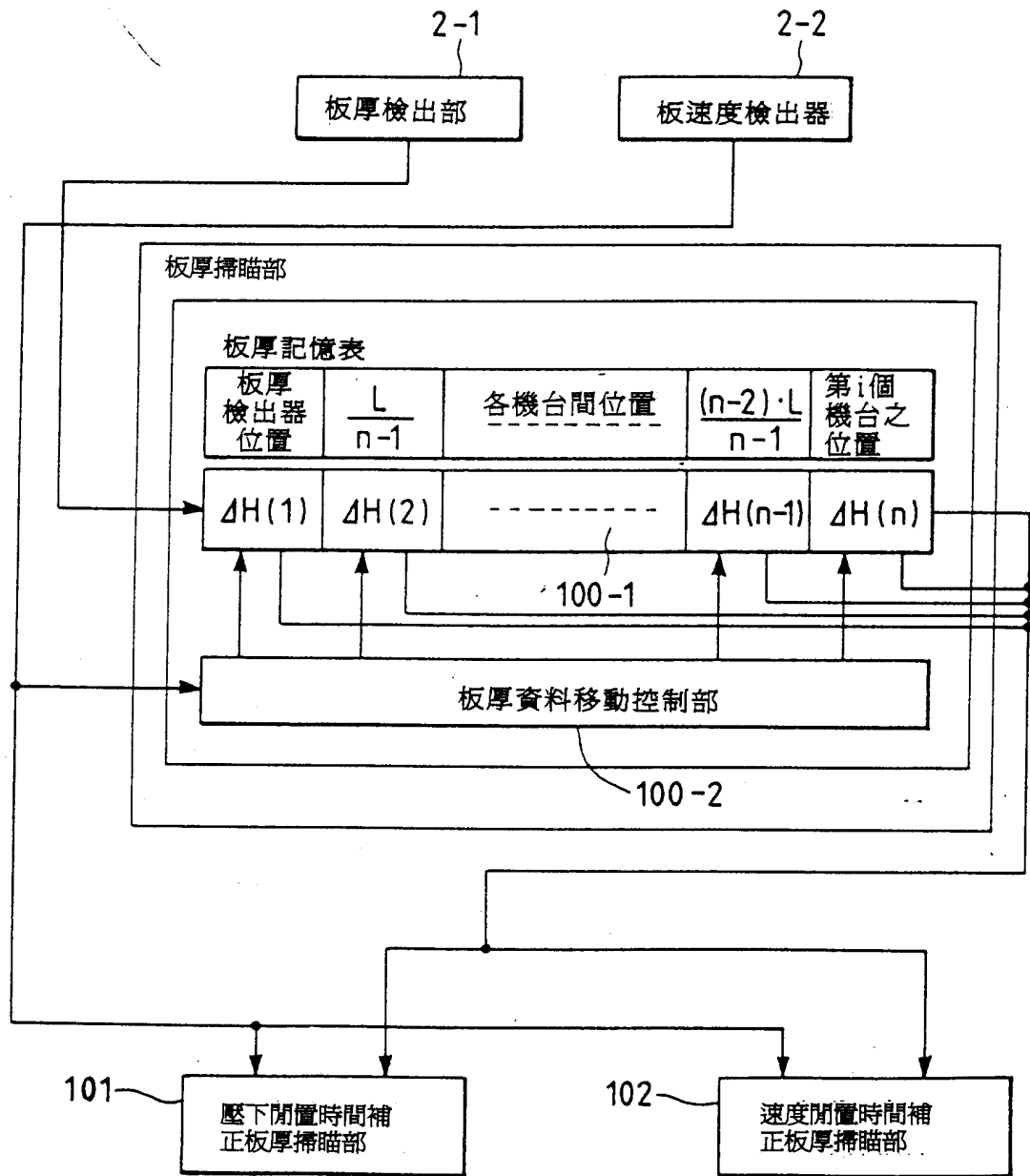


$T_{si} < T_{vi}$ 張力優先控制
 軋軋軋壓下位置變化 → 板厚變化
 軋軋軋壓下速度變化 → 張力變化

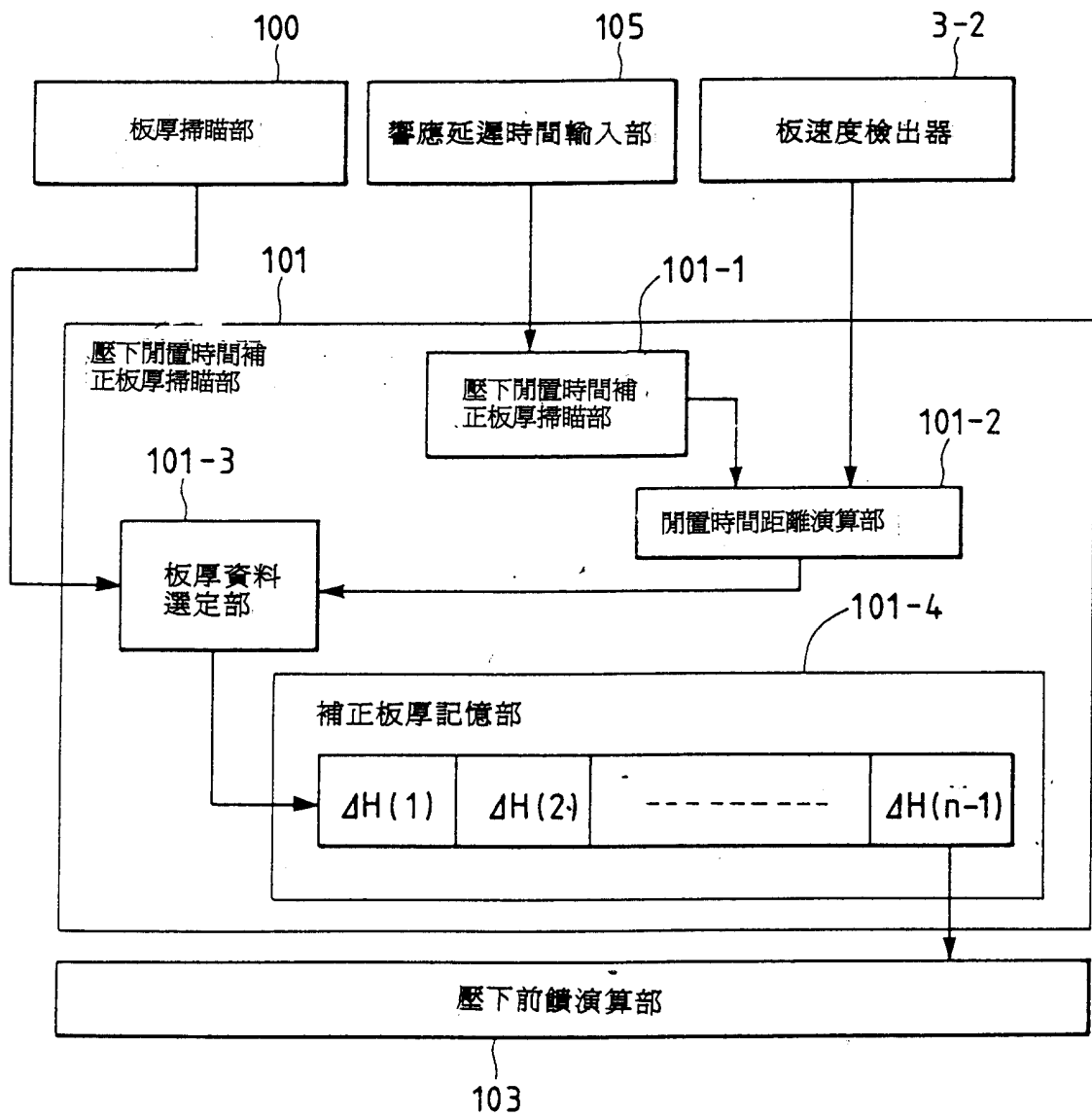
第29圖



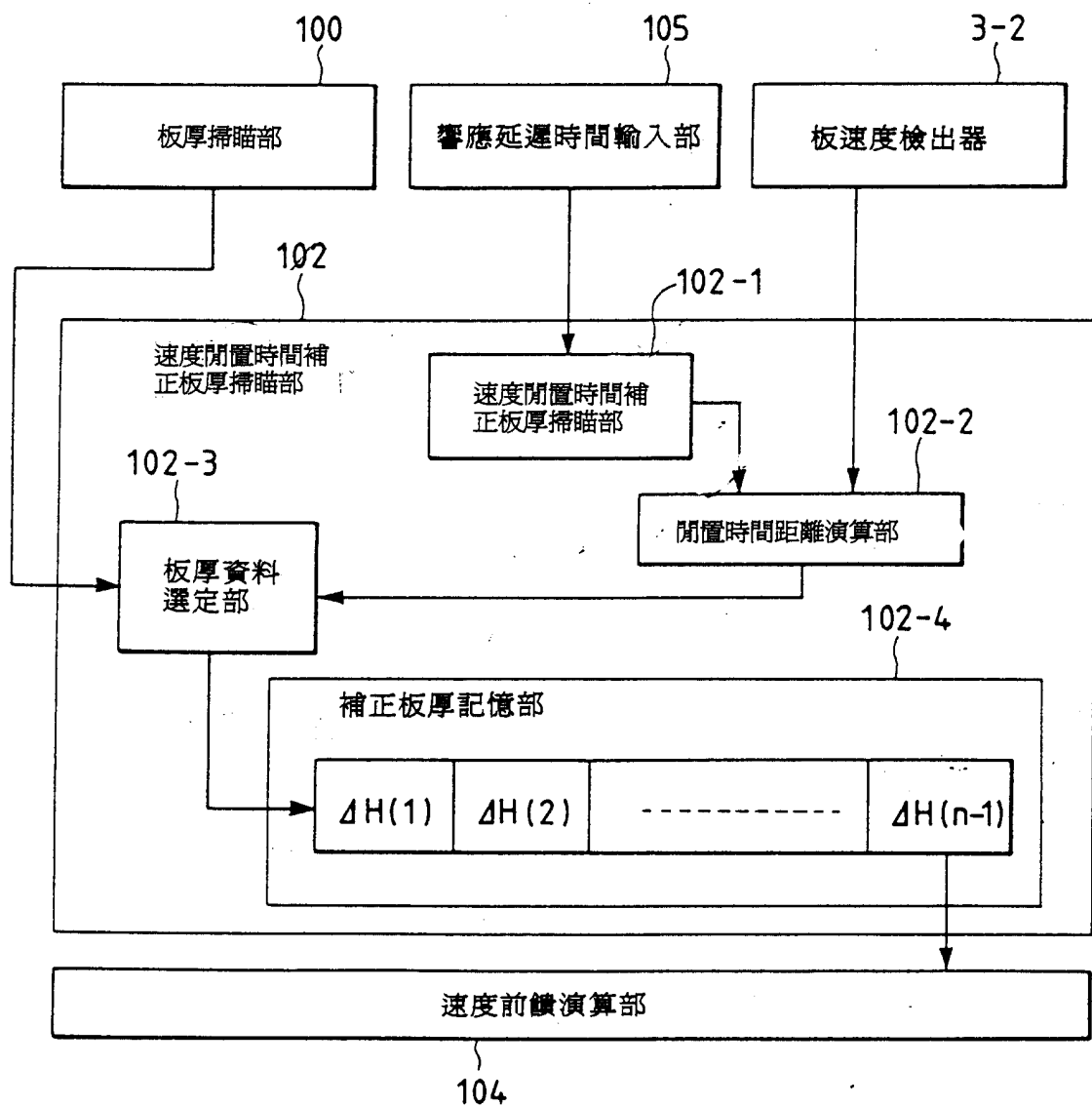
第30圖



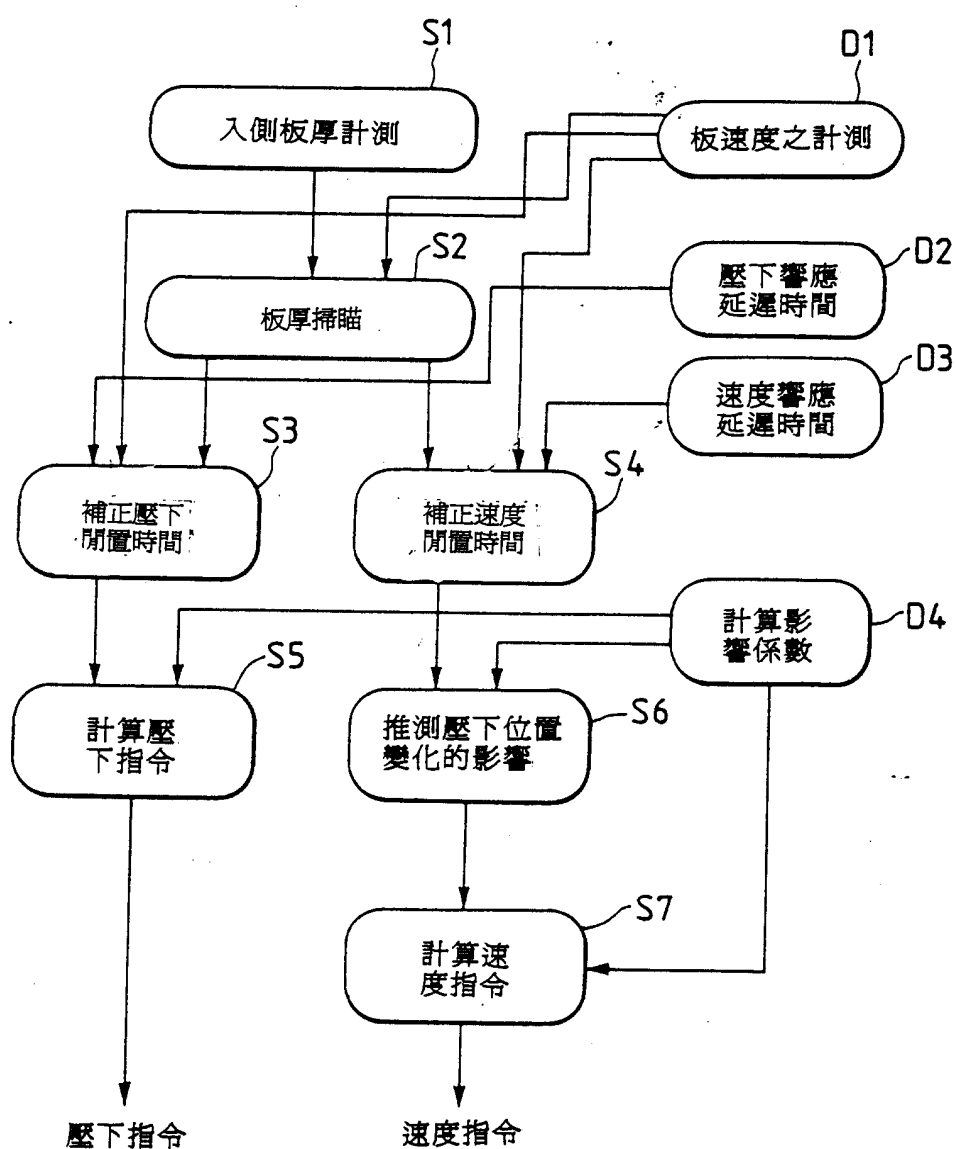
第31圖



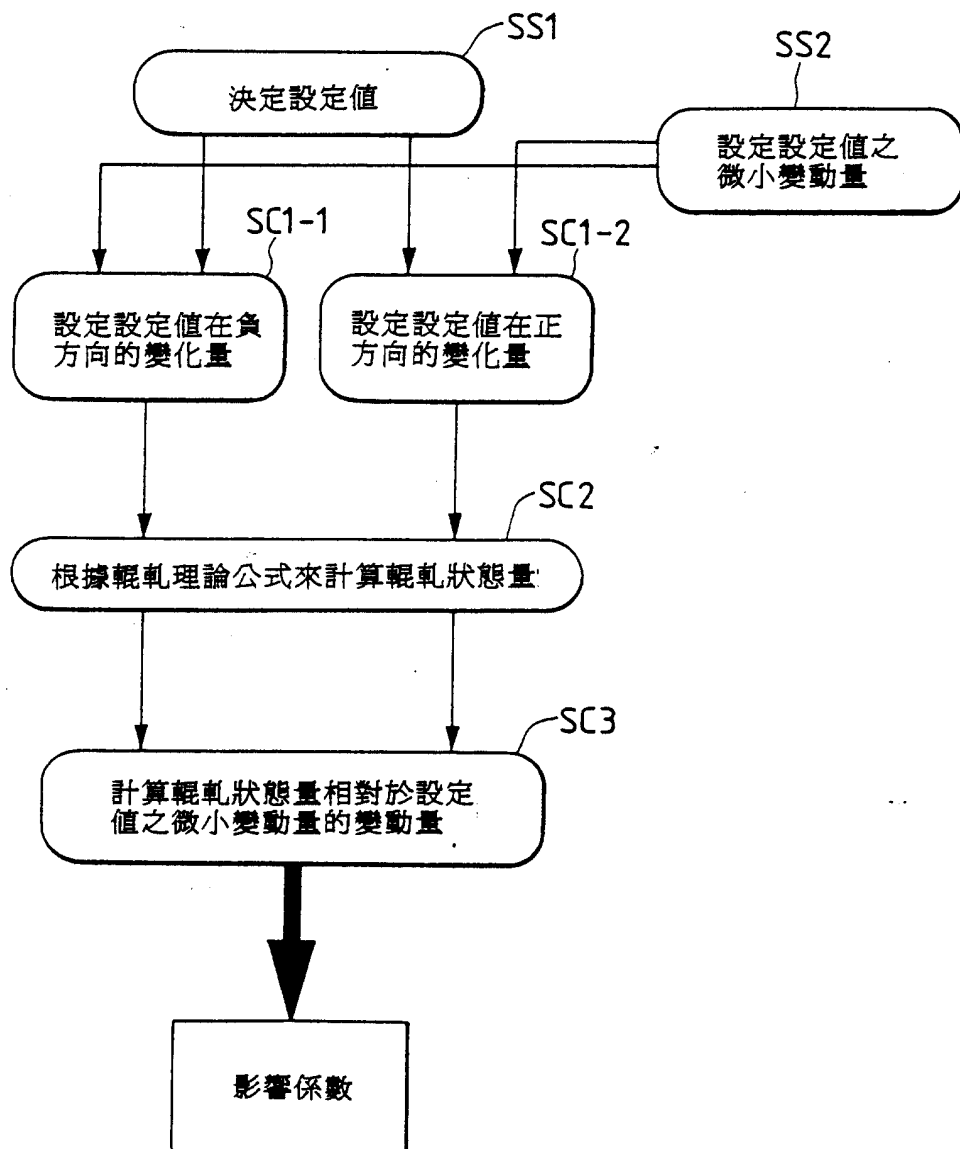
第32圖



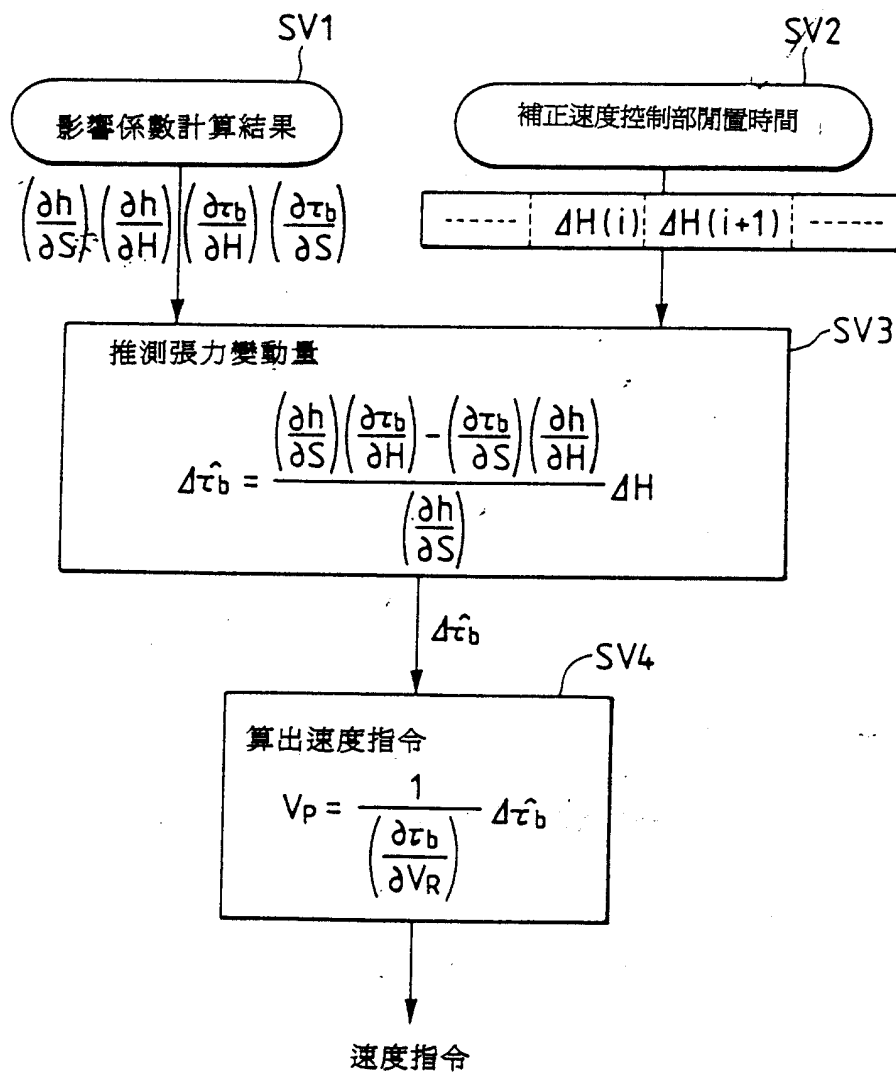
第 33 圖



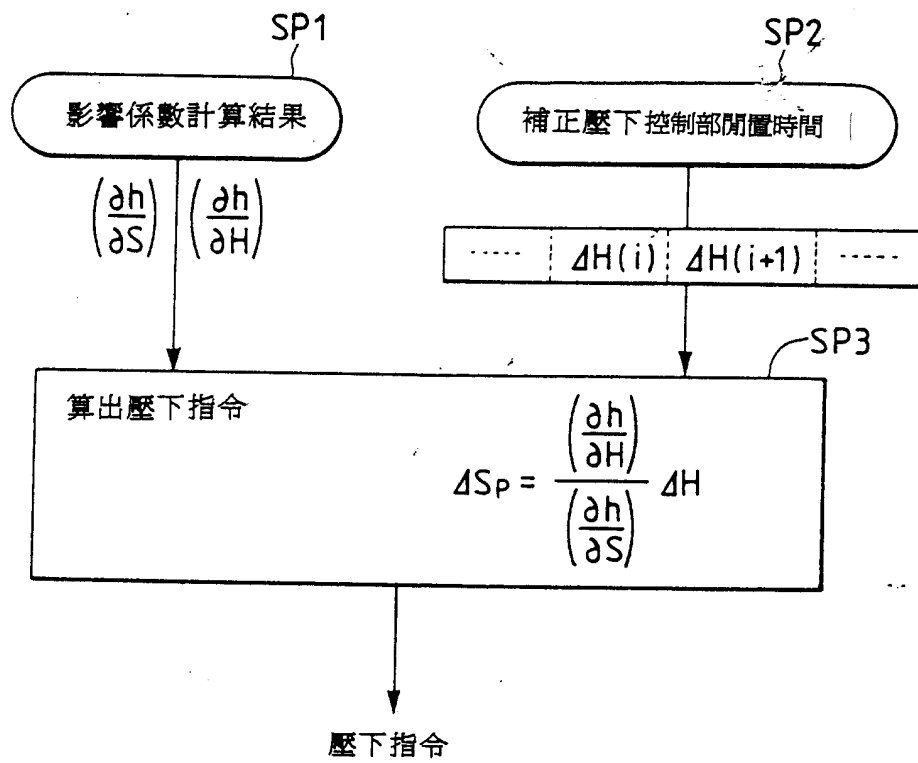
第 34 圖



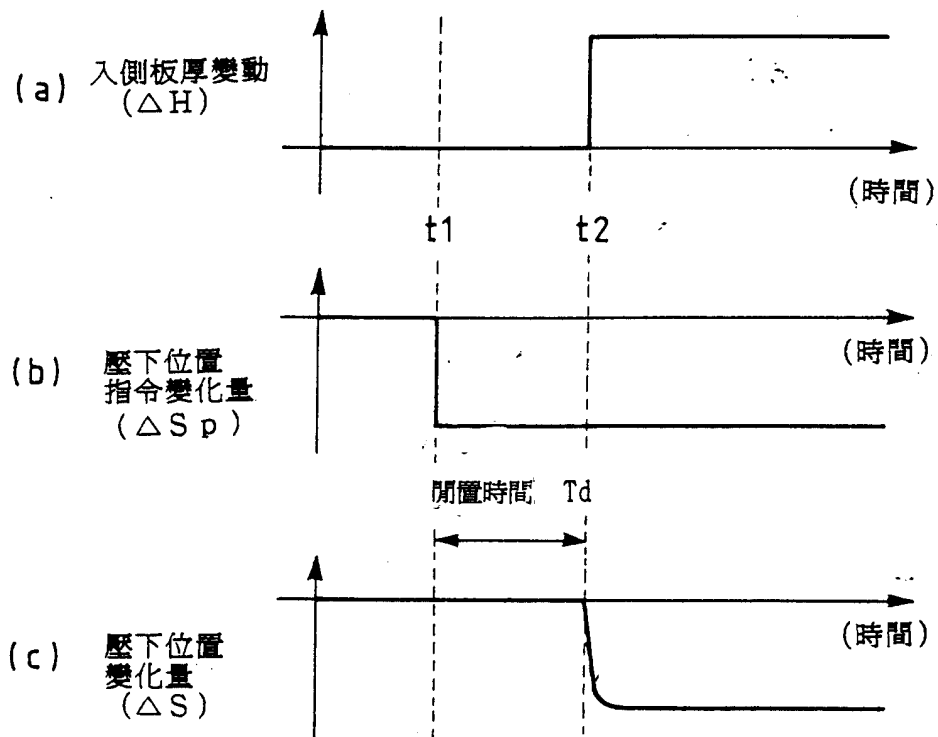
第 35 圖



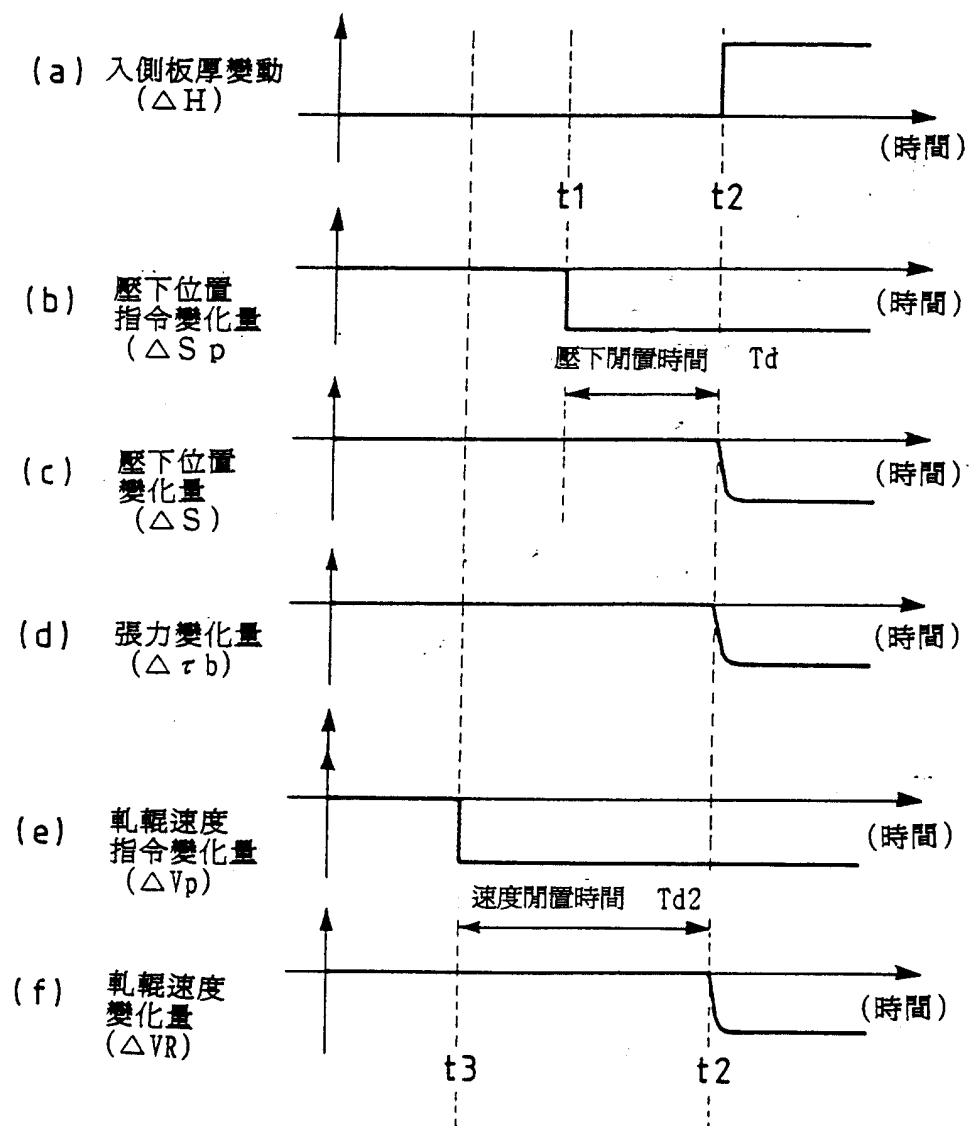
第36圖



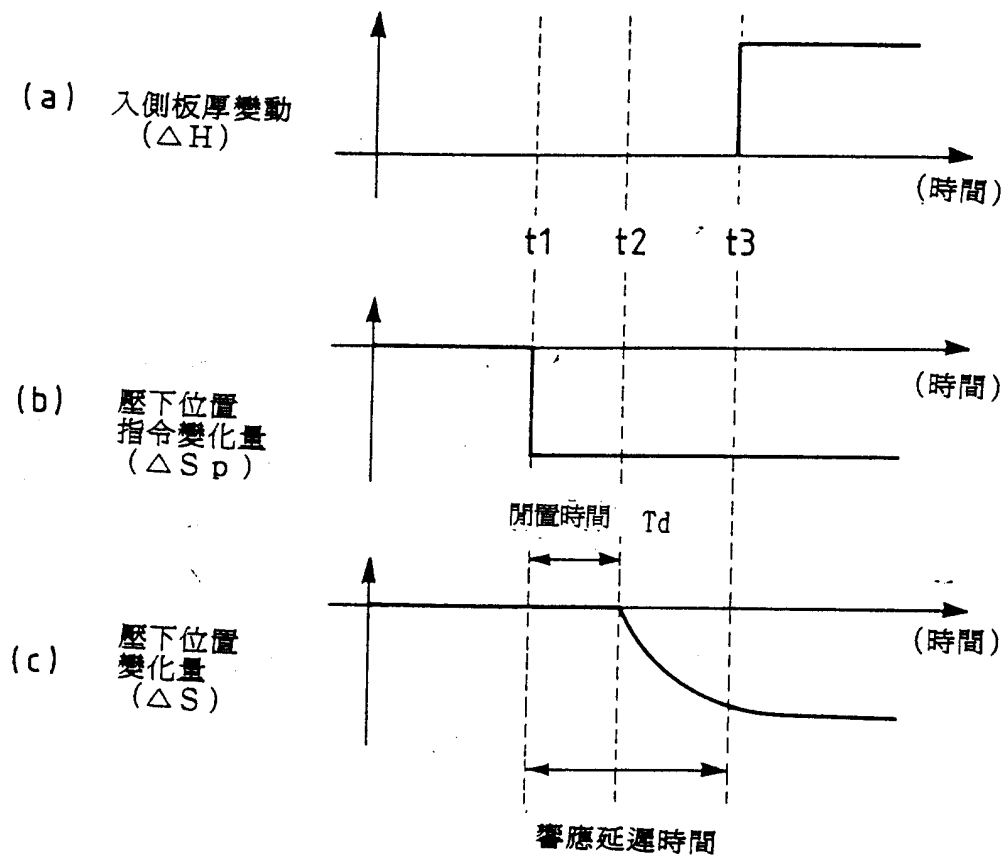
第 37 圖



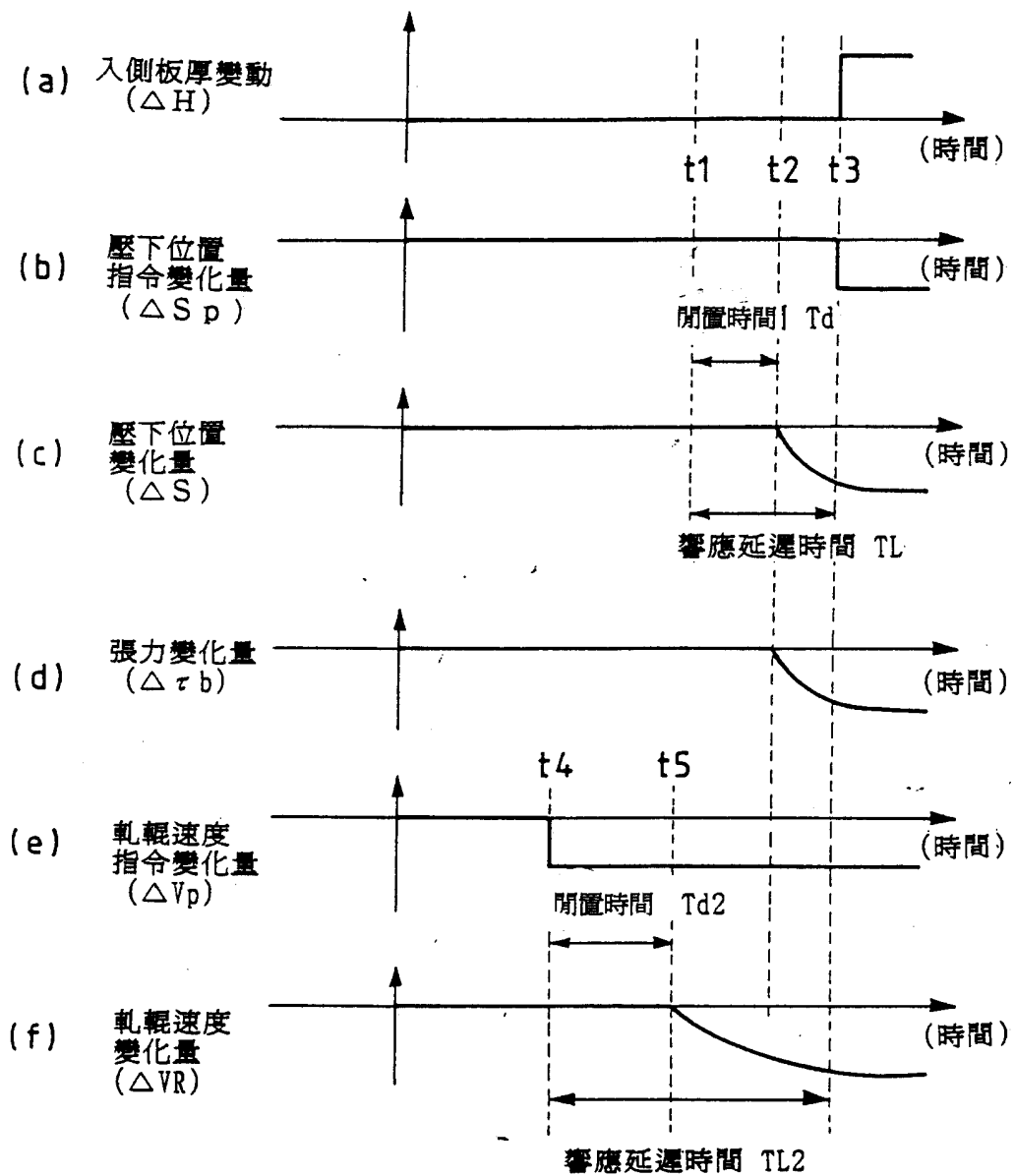
第 38 圖



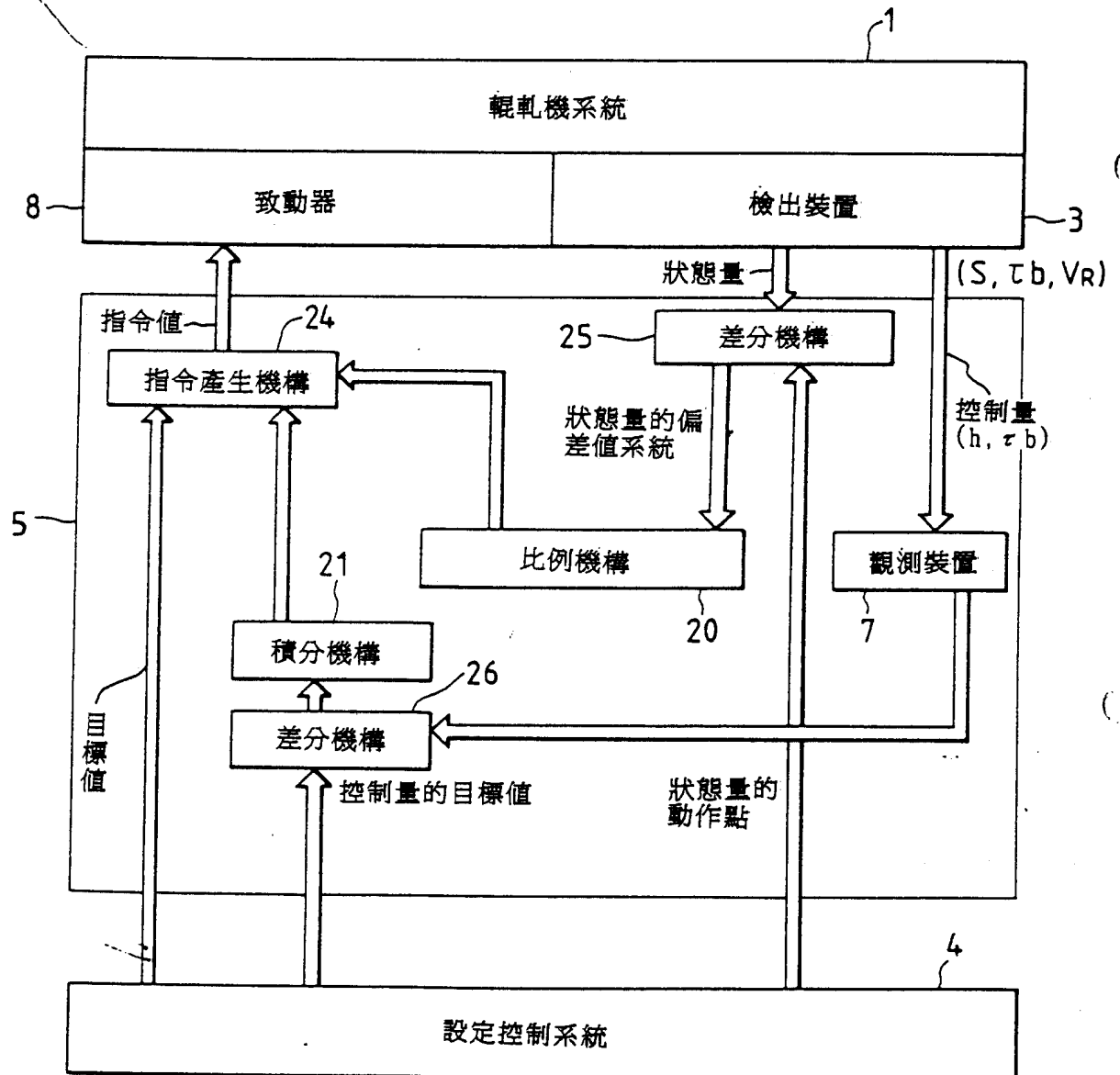
第 39 圖



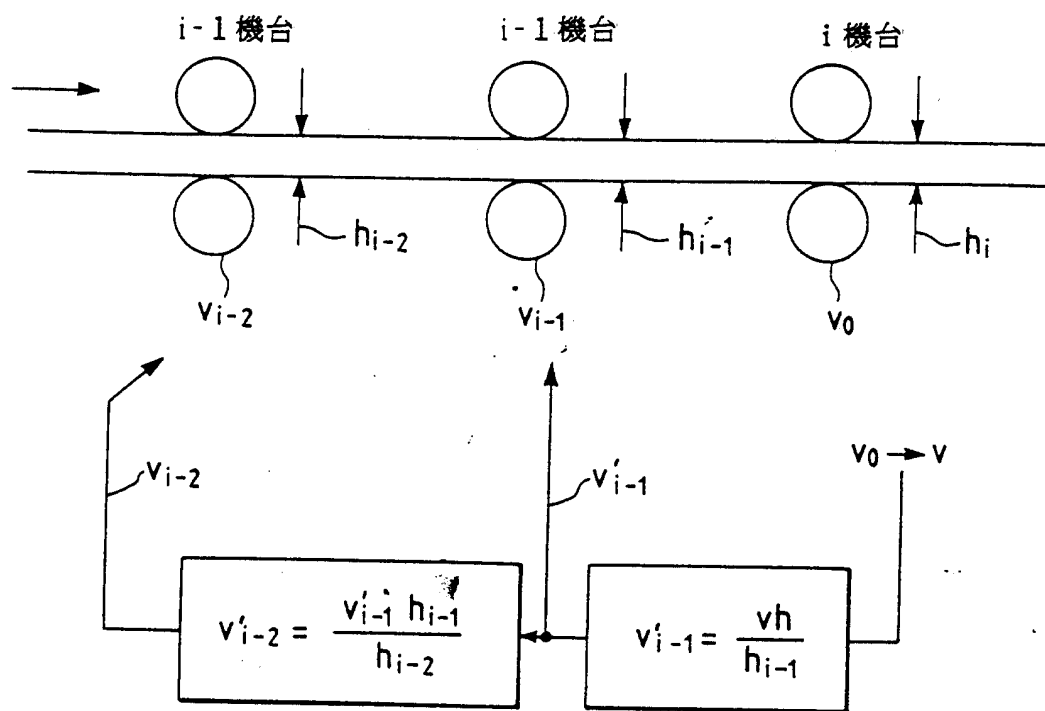
第40圖



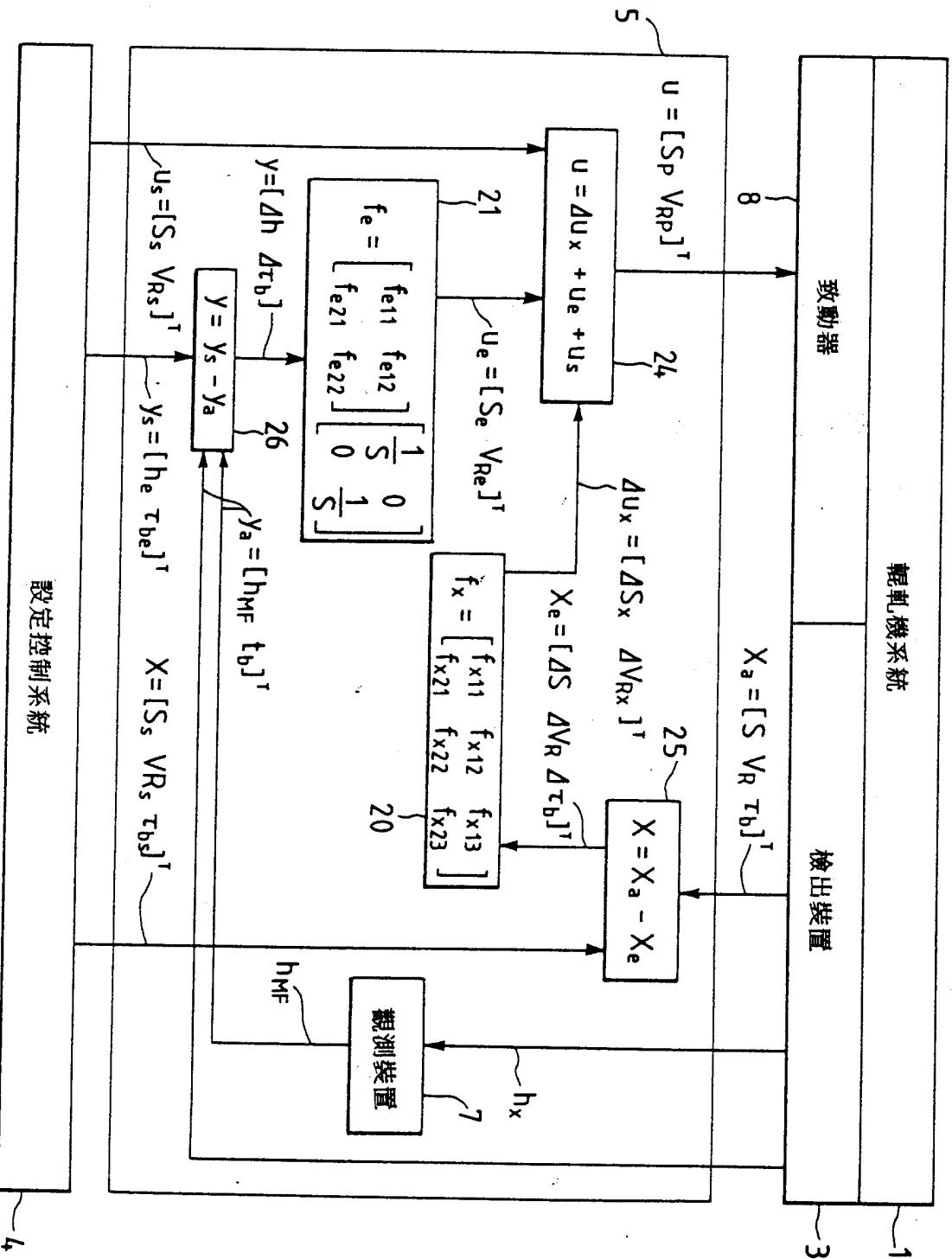
第41圖



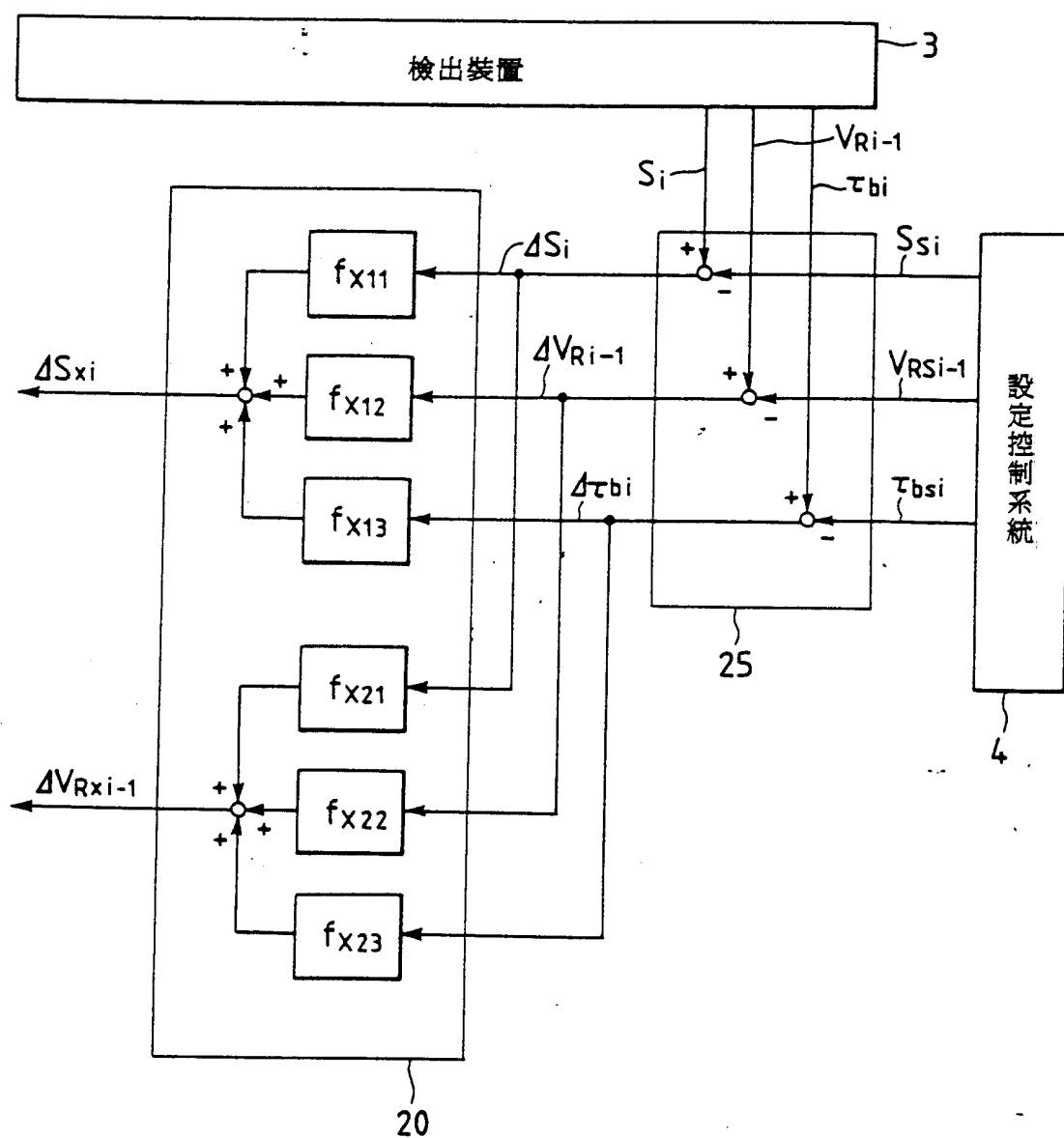
第 42 圖



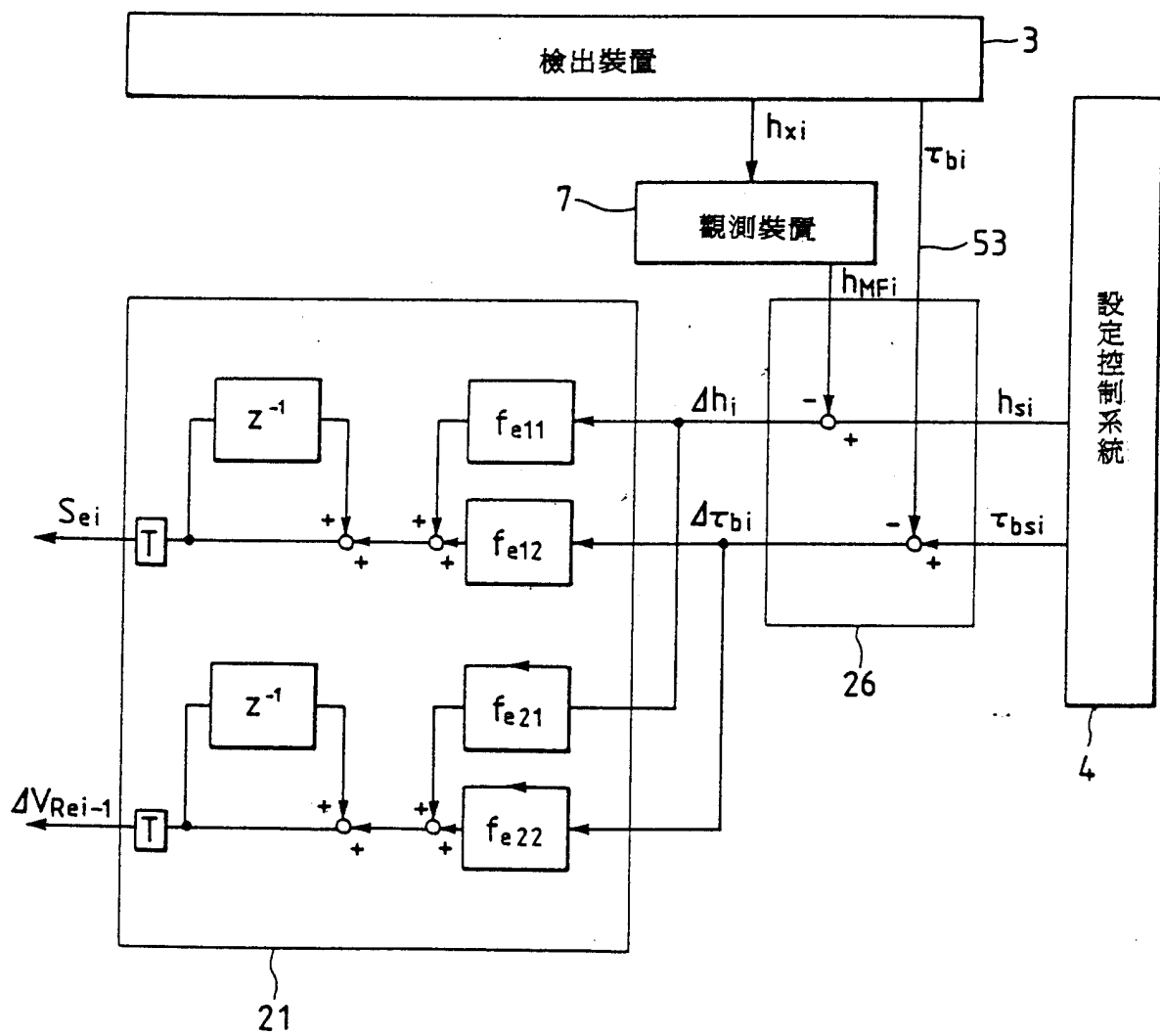
第43圖



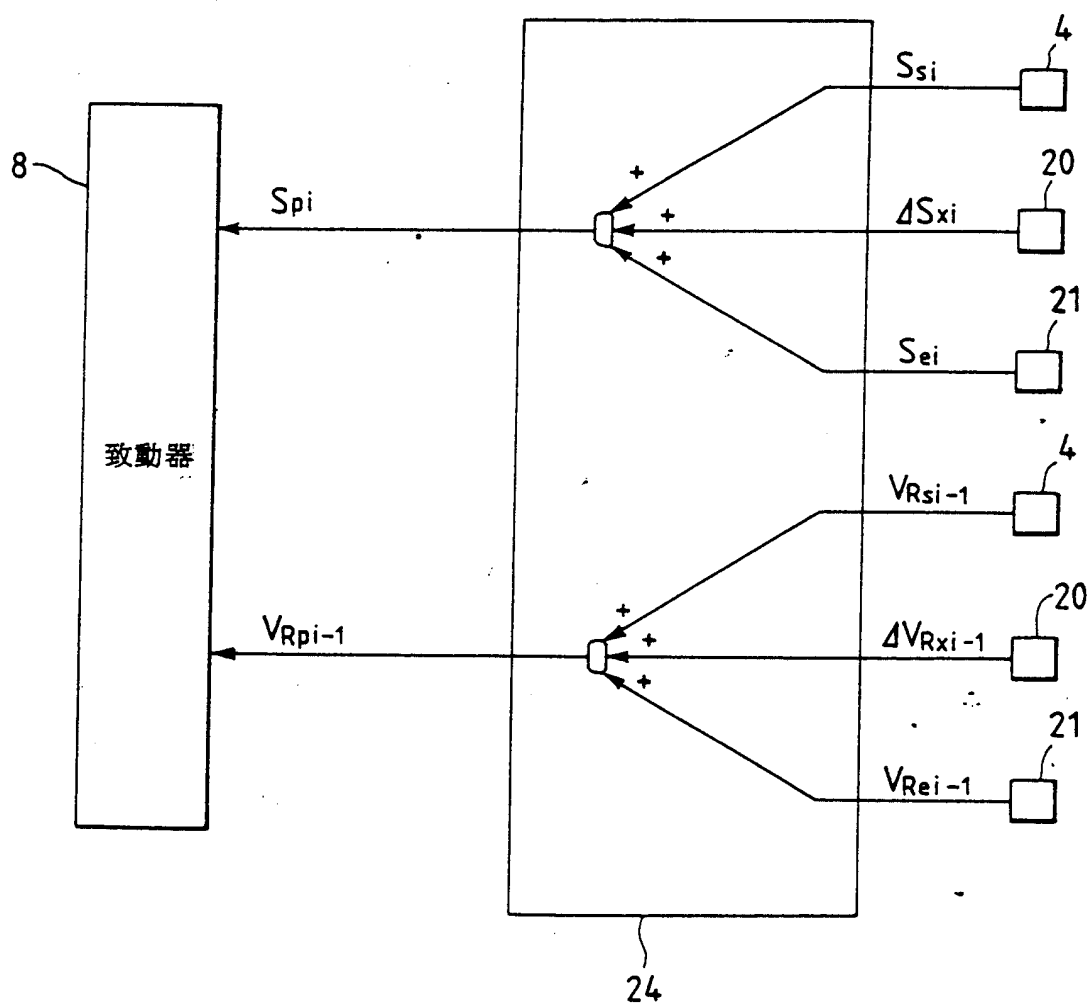
第44圖



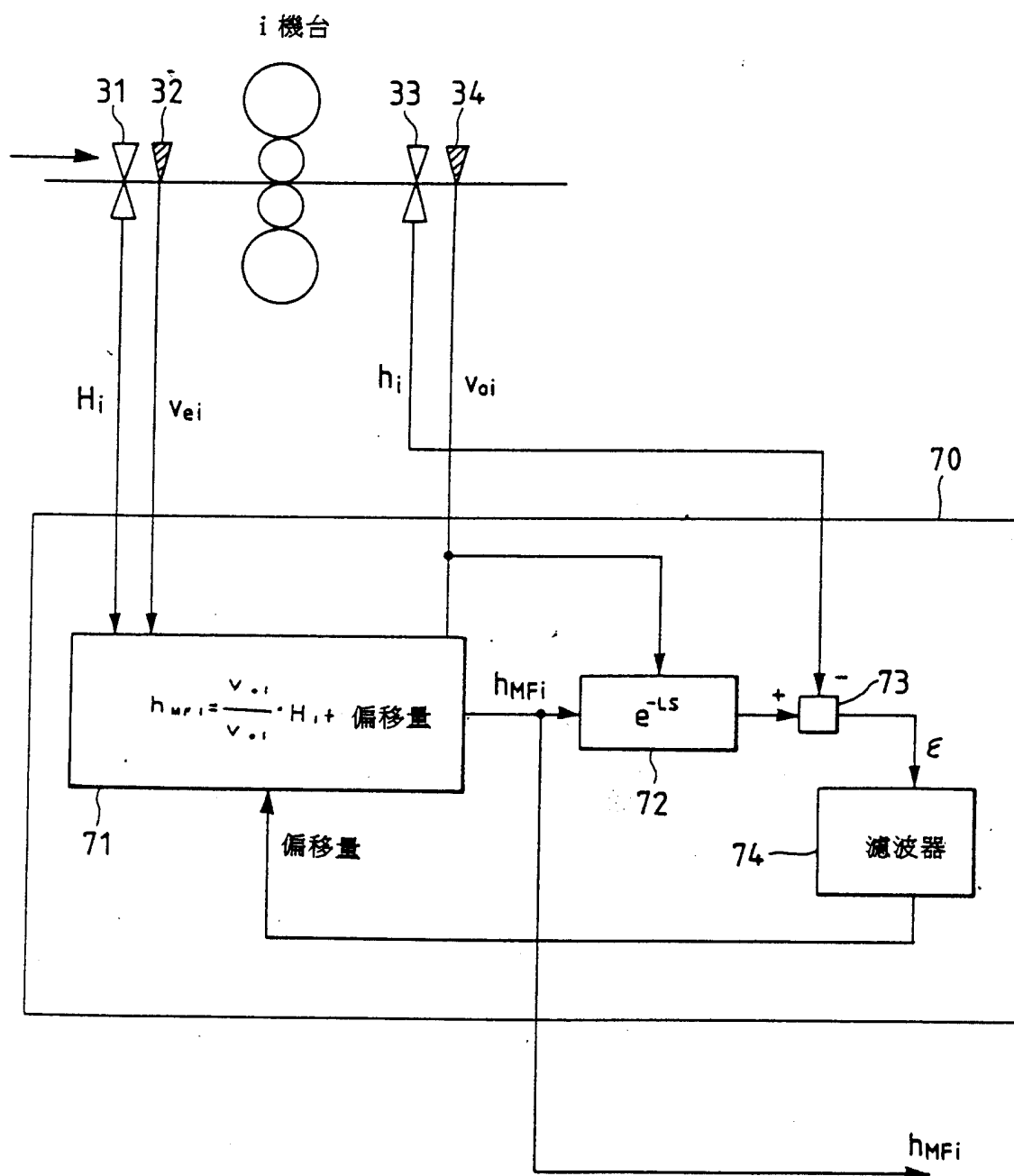
第45圖



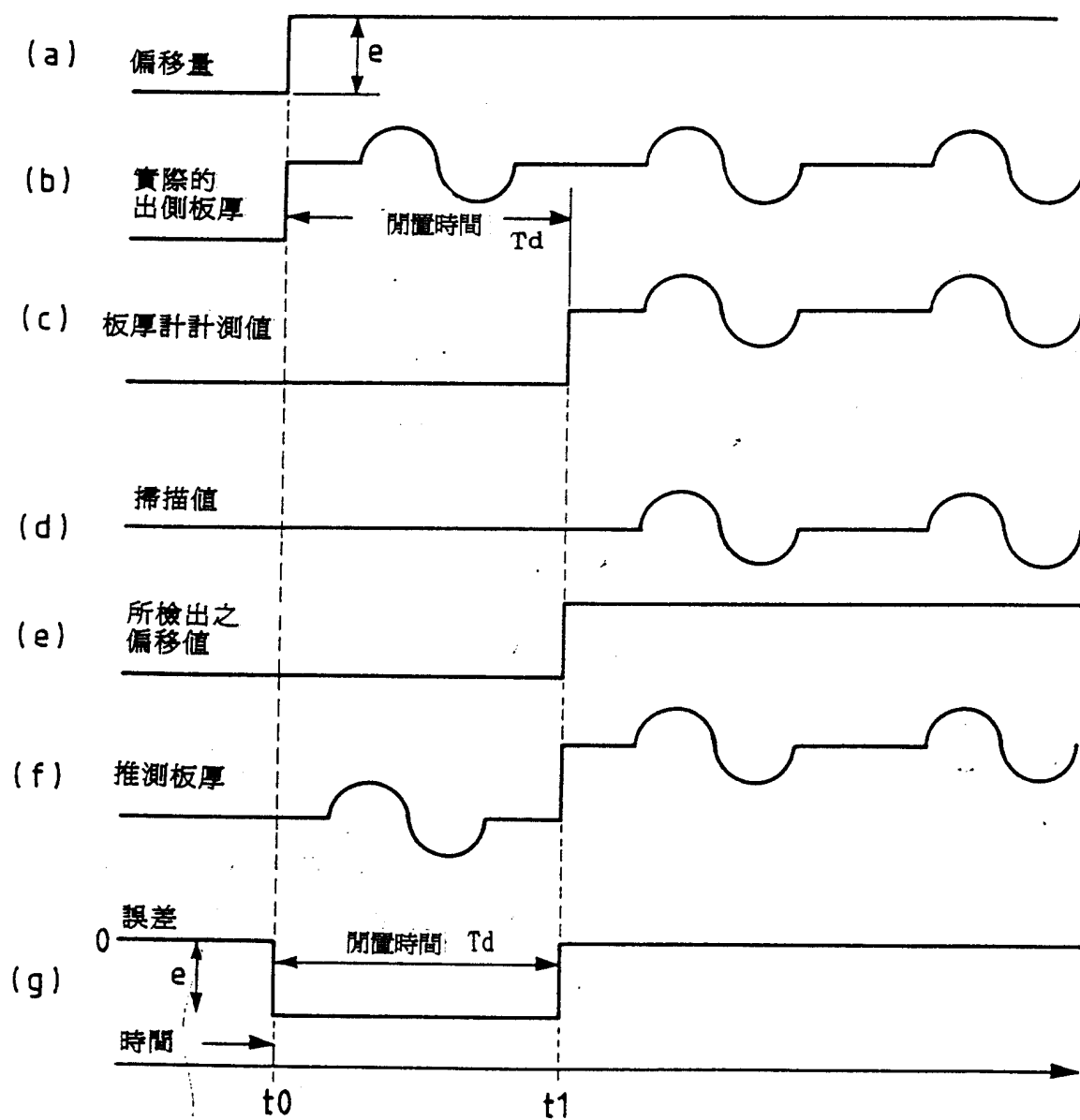
第 46 圖



第 47 圖



第48圖



第 49 圖

