

公告本

申請日期	89.4.18
案 號	89107259
類 別	B 21 B 1/00

A4
C4

470673

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	逆對稱式可變凸面軋輥及相關方法
	英 文	INVERSE SYMMETRICAL VARIABLE CROWN ROLL AND ASSOCIATED METHOD
二、發明 創作人	姓 名	(1)瓦拉迪米B·金茲柏格 (2)羅伊J·依沙
	國 籍	美 國
	住、居所	(1)美國,賓州 15238,匹茲堡,浮木大道 612 號 (2)美國,賓州 15220,匹茲堡,加珊公園路 216-2A
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1)丹尼爾公司 (2)國際軋壓工場顧問公司
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	(1)美國,賓州 16066,曼越莓城,曼越莓林路 800 號 400 室 (2)美國,賓州 15238,匹茲堡,浮木大道 612 號
	代 表 人 姓 名	(1)馬克M·布蘭登 (2)瓦拉迪米B·金茲柏格

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地 區) 申請專利，申請日期：1999.5.20. 案號：09/315,557，☒有 ☐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

五、發明說明 (/)

〔發明背景〕

本發明是關於一種可降低一滾軋機中的局部軋輥磨耗，以及修正一滾軋機中各式各樣金屬細長片之輪廓的方法和裝置。

〔發明背景〕

細長片的輪廓具有許多視為共同的形狀，諸如：平坦、長方形、中央厚實或中央淺薄的凸面或凹面等。通常，也必須生產具有一凸面輪廓之精製的金屬細長片。此外，並非只有凸面輪廓最重要，而是該凸面輪廓的形狀才是關鍵所在。欲達此目的，通常需要生產具有多項式的凸面輪廓。換言之，該凸面輪廓，特別是其頂部和底部邊緣的曲率，是可以藉由數學的多項式函數加以描述。

在獲得這種呈現多項式的凸面輪廓上，這一般是至少採取兩種已知的方法之一，即滾軋彎曲或滾軋平移。滾軋彎曲是指出在滾軋機台的工作軋輥的輥頸端部上放置負荷，典型是在該頂部工作軋輥，以便彎曲該工作軋輥，而且因此修改該金屬細長片輪廓。

該正滾軋彎曲的基本功能，是要增加該細長片之中央部份的變形以及減少該細長片之邊緣部份的變形。相反地，負滾軋彎曲卻是要增加該細長片之邊緣部份的變形，並且可導致在該細長片之中央部份變形量的減少。

另一種矯正該金屬細長片之輪廓的方法則是滾軋平移，其是指在該滾軋機中軸向地變換至少一個非呈圓柱形之軋輥的位置，因而可以改變在工作軋輥之間之空間的形狀

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

。而在工作軋輥之間的空間則是定義該軋輥間隙。藉由軋輥平移以改變軋輥間隙也可造成細長片輪廓的“修正”，並且產生一個具有多項式的輪廓。修正一個細長片的輪廓會造成該金屬細長片之表面曲率的改變，而不需要改變該細長片的標準尺寸。該細長片之輪廓改變是依照所平移之軋輥、工作軋輥、中間軋輥或後備軋輥的形狀而定。並非所有的軋輥形狀或其組合均可產生一個輪廓間隙，這將修正細長片的輪廓以產生一個多項式輪廓。藉由軋輥平移以進行該細長片之輪廓的修正，是依照該欲平移之非橢圓形軋輥或軋輥等的形狀，以及該欲修正之細長片之輪廓的形狀而定。

滾軋彎曲及滾軋平移係產生各式樣的細長片輪廓。藉由滾軋彎曲及滾軋平移在滾軋機上所產生的各式樣的細長片輪廓，這可視為一個細長片的輪廓組。一個細長片的輪廓組包含一個細長片的輪廓包絡線。該細長片的輪廓包絡線愈大，則滾軋機產生所需要的輪廓之可能性愈高。

習知技藝之軋輥平移的案例，是所謂的連續可變凸面軋輥，或簡稱為 CVC，其中該工作軋輥及後備軋輥具有一個 S 型或瓶子形狀的輪廓，該輪廓係藉由該軋輥的雙向平移以調節該軋輥間隙輪廓。CVC 系統的缺點是需要進行特別的、非對稱式軋輥研磨，並且產生一種非對稱式之後備軋輥的磨耗樣式。此外，這並未提供足以避免必需使用若干組軋輥以滾軋一範圍之不同尺寸的薄片或細長片等相關的改良，因為這種情況係可在單一滾軋機中軋製而成。

五、發明說明(3)

當材料在該上側及下側工作軋輥之屈曲的原始凸面部份間實施軋製時，即使該上側及下側工作軋輥是軸向地平移，軋輥間隙的變化仍然很小；並且，藉由滾軋彎曲以補償這種變化，則該工作軋輥係可圓柱狀地在一個預定的範圍內達成軸向的平移。經由這種方式，該工作軋輥的磨耗便可因為其分散滾軋的形式，使得該工作軋輥的原始凸面維持一段很長的時間。結果，在實施該窄材料的滾軋操作後，便可能進行寬材料的滾軋操作；如此，相對於欲實施滾軋之材料寬度在滾軋操作順序的限制可予以消除。

〔發明目的〕

本發明的主要目的，是要提供一種在一部滾軋機中軋製出一細長片之輪廓組的方法和裝置，以便修正大量各式樣的細長片輪廓。

本發明的一個目的，是要提供一種用以降低在該滾軋機之工作軋輥之局部軋輥磨耗的方法和裝置。

本發明的另一目的，是要提供一種可藉由經濟而有效的機構控制以達成精細工件輪廓的方法和裝置。

本發明的又一目的，是要提供一種可與現行滾軋機技術相容的滾軋機台。

本發明的再一目的，是要提供一個大型細長片的輪廓包絡線。

本發明的其他目的、特色及優點可由附屬圖式及詳細說明將變得明顯。

〔發明摘要〕

五、發明說明(4)

本發明是用於降低一滾軋機的局部軋輥磨耗，以及修正一滾軋機中各式樣金屬細長片之輪廓的方法和裝置。這可使用具有逆對稱式輪廓的軋輥而達成。逆對稱式輪廓是一輪廓，其相對於該軋輥的中央線，一軋輥之左、右側邊具有以相同但是符號相反的多項式加以描繪的輪廓。因此，本發明的方法和裝置係關於一種具備含有逆對稱式輪廓之軋輥的滾軋機，以及一種使用這種裝置的方法。一個金屬細長片的輪廓組係可藉由本發明的方法和裝置而達成，其中該在平移前，所產生之細長輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5；而且，藉由平移該具有逆對稱式輪廓的至少一個上側軋輥以及該具有逆對稱式輪廓的至少一個下側軋輥所產生之細長的輪廓組，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

〔圖式單說明〕

本發明的其它目的和優點，可以從下文中之詳細敘述以及參考所附圖式而更為明晰。其中：

第 1a 圖係顯示習知技藝之兩個線性曲線軋輥的輪廓形式；

第 1b 圖係顯示習知技藝之兩個二階曲線軋輥的輪廓形式；

第 1c 圖係顯示習知技藝之兩個三階曲線軋輥的輪廓形式；

第 1d 圖係顯示習知技藝之兩個四階曲線軋輥的輪廓形

五、發明說明 (5)

式；

第 1e 圖係顯示習知技藝之兩個 CVC 軋輥的輪廓形式

；

第 1f 圖係顯示習知技藝之兩個 UPC 軋輥的輪廓形式

；

第 1g 圖係顯示習知技藝之兩個 K-WRS 軋輥的輪廓形式；

第 2 圖係顯示習知技藝之兩個後備軋輥及兩個工作軋輥的輪廓形式；

第 3 圖係習知技藝中，一個具有工作軋輥之 4-hi 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係配置以生產大致呈平坦的細長片；

第 3a 圖係一個藉由第 3 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

第 4 圖係習知技藝中，一個具有工作軋輥之 4-hi 滾軋機的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生一個具有凸面輪廓的細長片；

第 4a 圖係一個藉由第 4 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

第 5 圖係習知技藝中，一個具有工作軋輥之 4-hi 滾軋機的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生一個具有凹面輪廓的細長片；

第 5a 圖係藉由第 5 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

五、發明說明(6)

第 6 圖係本發明之兩個後備軋輥和兩個工作軋輥的輪廓形式；

第 7 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係配置以產生大致呈平坦的細長片；

第 7a 圖係一個藉由第 7 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

第 8 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生具有一凸面輪廓的細長片；

第 8a 圖係一個藉由第 8 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

第 9 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生一個具有一凹面輪廓的細長片；

第 9a 圖係一個藉由第 9 圖的滾軋機台所產生之細長片的輪廓；

第 10 圖係本發明之 4-hi 滾軋機台的一個概略剖面圖，其中顯示該軋輥的平移行程“s”；

第 11 圖係在本發明的一個 4-hi 滾軋機中，顯示其中央線之軋輥間隙相對於工作軋輥之軋輥平移行程的圖表；

第 12 圖係在本發明的一個 4-hi 滾軋機中，顯示其差異軋輥間隙相對於工作軋輥之軋輥平移行程的圖表；

第 13 圖圖係在本發明的一個 4-hi 滾軋機中，顯示其

(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)

等效工作軋輥凸面相對於工作軋輥之軋輥平移行程的圖表；

第 14 圖係本發明之一簡化 IVC 滾軋機的一個概略剖面圖，其中具有一個軋輥平移裝置和軋輥折曲裝置以及其相關的控制機構；

第 15 圖係本發明中，另一個具有兩個後備軋輥和兩個工作軋輥之輪廓形式的實施例；

第 16 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係具有完全的接觸並且係平移以產生一個具有凸面輪廓的細長片；

第 16a 圖係一個如第 16 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙；

第 17 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係具有完全的接觸並且係配置以生產一大致平坦的細長片；

第 17a 圖係一個如第 17 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙；

第 18 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係具有完全的接觸並且係平移以產生一個具有凹面輪廓的細長片；

第 18a 圖係一個如第 18 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙；

第 19 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生一個

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明（ ）

具有一凸面輪廓的細長片；

第 19a 圖係本發明中，一個習知的滾軋機台之概略剖面圖，與第 19 圖的工作軋輥相比，本圖中的工作軋輥係必需用以產生一個具有一凸面輪廓的細長片；

第 20 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係配置以產生大致呈平坦的細長片；

第 20a 圖係一種傳統滾軋機台的一個概略剖面圖；與第 20 圖的工作軋輥相比，本圖中的工作軋輥係必需用以產生一個大致平坦的細長片；

第 21 圖係本發明中，一個具有工作軋輥之 4-hi IVC 滾軋機台的概略剖面圖，其中該工作軋輥係平移以產生一個具有一凹面輪廓的細長片；

第 21a 圖係一種傳統滾軋機台的一個概略剖面圖；與第 21 圖的工作軋輥相比，本圖中的工作軋輥係必需用以產生一個具有凹面輪廓的細長片；

第 22 圖係顯示本發明之兩個工作軋輥的輪廓形式；

第 23 圖係顯示一個具有中央凸面之細長片的輪廓；

第 24 圖係以一個象限圖表描繪關於兩個滾軋機之細長片的輪廓包絡線，而該兩個滾軋機包含一個 4-hi IVC 滾軋機和一個具有圓柱形軋輥的 4-hi 滾軋機；

第 25 圖係顯示細長片的厚度變化相對於距離的圖表，其中該距離係起始自本發明一個 4-hi IVC 滾軋機台之工作軋輥的中央；

第 26 圖係顯示細長片的厚度變化相對於距離的圖表，其中該距離係起始自一個具有圓柱形軋輥之 4-hi 滾軋機台之工作軋輥的中央；

（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)

第 27 圖係顯示該等效工作軋輥輪廓的正工作軋輥平移相對於距離的圖表，其中該距離係起始自本發明一個 4-hi IVC 滾軋機台之工作軋輥的中央；

第 28 圖係顯示該等效工作軋輥輪廓的負工作軋輥平移相對於距離的圖表，其中該距離係起始自本發明一個具有圓柱形軋輥之 4-hi 滾軋機台之工作軋輥的中央；

第 29 圖係顯示本發明的一個 4-hi IVC 滾軋機中，係數 a_1 相對於階數 n 的圖表；

第 30 圖係顯示本發明的一個 4-hi IVC 滾軋機中，係數 a_2 相對於階數 n 的圖表；

第 31 圖係顯示本發明的一個 4-hi IVC 滾軋機中，等效工作軋輥凸面相對於工作軋輥之平移行程的圖表；

第 32 圖係本發明中，一個具有 IVC 工作軋輥和後備軋輥之 6-hi 滾軋機台的概略剖面圖，其中該 IVC 工作軋輥和後備軋輥具有完全的接觸並且係平移以產生一個具有一凸面輪廓的細長片；

第 32a 圖係一個如第 32 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙；

第 33 圖係本發明中，一個具有 IVC 工作軋輥和後備軋輥之 6-hi 滾軋機台的概略剖面圖，其中該 IVC 工作軋輥和後備軋輥具有完全的接觸並且係配置以產生一個大致呈平坦的細長片；

第 33a 圖係一個如第 33 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙；

五、發明說明(10)

第 34 圖係本發明中，一個具有 IVC 工作軋輥和後備軋輥之 6-hi 滾軋機台的概略剖面圖，其中該 IVC 工作軋輥和後備軋輥具有完全的接觸並且係平移以產生一個具有一凹面輪廓的細長片；以及

第 34a 圖係一個如第 34 圖所示之滾軋機台的概略剖面圖，其中該滾軋機台係具有軋輥間隙。

〔元件符號說明〕

2	上側後備軋輥
4	縱向軸線
6	凸面部份
8	凹面部份
10	較小端部
12	較大端部
14	工作軋輥
16	縱向軸線
18	凸面部份
20	圓柱形部份
22	下側工作軋輥
24	縱向軸線
26	圓柱形部份
28	凹面部份
30	下側後備軋輥
32	縱向軸線
34	凹面部份

(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	凸面部份
38	細長片輪廓
39	金屬細長片
40	細長片輪廓
42	細長片輪廓
44	圓柱形工作軋輥
45	金屬細長片
46	IVC 工作軋輥
48	上側 IVC 軋輥
50	下側 IVC 軋輥
52	細長片輪廓
56	凹面細長片輪廓
58	上側工作軋輥平移致動器
60	下側工作軋輥平移致動器
62	滾軋機台
64	上側 IVC 後備軋輥
66	下側 IVC 後備軋輥
68	IVC 工作軋輥
70	圓柱形工作軋輥
72	金屬細長片
74	軸承
76	軸
78	軸承
80	軸承

(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)

86	軸承
88	軸
90	位置轉換器
92	處理控制器
94	液壓缸
96	液壓缸
98	位置調節器
100	位置調節器
102	位置變換器
104	位置變換器
106	伺服閥門
108	伺服閥門
110	上側 IVC 後備軋輥
112	下側 IVC 後備軋輥
114	上側 IVC 工作軋輥
116	下側 IVC 工作軋輥
118	金屬細長片
120	金屬細長片
122	金屬細長片
124	IVC 後備軋輥
126	IVC 後備軋輥
128	IVC 工作軋輥
130	IVC 工作軋輥
132	金屬細長片

五、發明說明 (13)

134	圓柱形後備軋輥
136	圓柱形後備軋輥
138	工作軋輥
140	工作軋輥
142	上側 IVC 軋輥
144	下側 IVC 軋輥
U_1	標準參考信號
U_2	標準參考信號
U_{gr1}	位置參考信號
U_{gr2}	位置參考信號
U_{gal}	位置回饋信號
U_{gal}	位置回饋信號
ΔU_1	誤差信號
ΔU_2	誤差信號

〔較佳實施例詳細說明〕

本發明係關於一種用以修正細長片輪廓的有效及具彈性的裝置和方法，該輪廓的特徵是利用不同及具變化的多項式函數。本發明的裝置和方法係使用一部具有至少兩個軋輥的滾軋機台，其該滾軋機台具有一用來安裝軋輥的殼體，以便該軋輥可止推地固定在軋輥軸承中，而且至少兩個軋輥係具有一逆對稱式輪廓的工作軋輥、中間軋輥或後備軋輥，亦稱為逆對稱式可變凸面(IVC)軋輥。逆對稱式輪廓是一輪廓，其相對於該軋輥的中央線，一軋輥之左、右側邊具有以相同但是符號相反的多項式加以描繪的輪廓。

五、發明說明 (14)

換言之，從該軋輥之左右兩側邊的圓柱形輪廓的偏移量均相等，但方向相反。

由於金屬細長片的剖面顯示輪廓的變化，因此有關精製金屬細長片之形狀的控制，對於金屬特別是鋼材製造商而言是非常重要的。將金屬機加以熱軋製允許製造商直接地控制形狀，而且因為受熱的金屬是易於加工的，熱滾軋金屬以達成塑造該金屬細長片的輪廓之目的。相對於冷滾軋的方法，製造商不願意去改變產品的相關細長片的輪廓(細長片中央部份之凸面對於厚度的比例)，因為改變輪廓將造成在該金屬細長片內之平坦度的問題。而是，該長片輪廓在精軋機中加以“修正”。

修正細長片的輪廓將包括影響該金屬細長片之表面的曲率，而不需要改變該細長片的標準尺寸。藉由改變該標準尺寸或變更在該細長片中之凸面的位置以改變該細長片的輪廓，這引起平坦度的問題，所以趨向於避免這些類型的改變。

金屬細長片具有一頂部及一底部表面，兩個側邊表面及兩個端部表面。該細長片的頂部及底部係具有最大的表面積。以金屬細長片之截面所描述的細長片輪廓是由四邊所定義的，其中該頂部和底部的邊緣係相對於該金屬細長片的頂部和底部，而側邊的邊緣則是與其兩個側邊表面構成對應。

滾軋機之軋輥的輪廓可以有很多種組合形式。最普通之滾軋機的軋輥即如下所示。可以如第 1a 圖至第 1g 圖所

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (15)

顯示，並且可採取多項式函數， $f(Y)$ 加以定義；其中 X 等於自該軋輥中央的距離：

$$\text{線性曲線軋輥} \quad Y=0.02X$$

$$\text{二階曲線軋輥} \quad Y=0.002X^2$$

$$\text{三階曲線軋輥} \quad Y=0.0001X^3$$

$$\text{四階曲線軋輥} \quad Y=0.000002X^4$$

$$\text{CVC 軋輥} \quad Y=0.0001634X^3-0.3021X$$

$$\text{UPC 軋輥} \quad Y=-0.00002374X^3+0.002590 X^2+0.05640X$$

$$\text{K-WRS 軋輥} \quad Y=0.00000081X^4-0.000034X^3-0.000295X^2+0.015X$$

在設計該軋輥輪廓時，必須考慮四個主要因素。第一個因素是藉由欲進行改變之細長片的輪廓與軋輥一起平移所導致之軋輥間隙輪廓的相容性。當具有 n 階多項式的輪廓進行平移時，該平移作用產生一個可藉由 $(n-1)$ 階多項式所表示的細長片輪廓。例如該 CVC 軋輥輪廓(如第 1e 圖所示)是由具有三階及一階項的多項式所表示，其中 " a_n " ($n=0\sim 3$) 為一個常數，如方程式(1)所示：

$$y=a_3X^3-a_1X \quad (1)$$

該 CVC 軋輥的平移將導致細長片之輪廓的改變，這可以具有二階項的多項式加以表示，如方程式(2)所示：

$$y=a_2X^2 \quad (2)$$

然而，實際輪廓係包含該多項式之較高和較低階的其他項。由實用的觀點來看，該細長片的輪廓係精確地藉由包含一階、二階、三階以及四階項的多項式加以表示，如方程式(3)所示，其中的 " a " 為常數：

五、發明說明 (16)

$$y=a_4x^4+a_3x^3+a_2x^2+a_1x^1 \quad (3)$$

如果該細長片的輪廓以具有一階、二階、三階以及四階項的多項式加以表示，則該軋輥輪廓的多項式必需包含如方程式(4)所顯示之一階、二階、三階、四階以及五階項，亦即：

$$y=a_5x^5+a_4x^4+a_3x^3+a_2x^2+a_1x^1 \quad (4)$$

如習知多項式輪廓(如第 1a 至 1g 圖所示)中並沒有包含高於四階項。

第二個因素是該軋輥平移的有效性“E”。這個因素是由該細長片之輪廓變化量(ΔC)對於該軋輥平移行程(S)的比例作為定義，如方程式(5)所顯示：

$$E = \Delta C / S \quad (5)$$

若以愈短的平移行程 S 可獲得該細長片輪廓的相同變化 ΔC ，則該軋輥平移致動器的有效性愈佳。欲增進該軋輥平移的有效性 E，必須使用一個相對於軋輥軸線而上下偏折的軋輥輪廓。在習知的軋輥輪廓中，只有三階曲線及 CVC 的輪廓符合這個要求。

第三個因素是在軋輥間之軋輥接觸的形狀。欲減少局部接觸應力，則必須避免在該軋輥內的“腫脹”形狀，其典型的樣式諸如：二階曲線(如第 1b 圖所示)，CVC(如第 1e 圖所示)以及 UPC (如第 1f 圖所示)等軋輥的形狀。

第四個因素是研磨該軋輥輪廓的簡單性。在傳統軋輥中，該軋輥輪廓係相對於本身中央線呈現對稱。這情形容許採用標準研磨機器即可達成具有極高精度的軋輥輪廓，

五、發明說明 (17)

而且這製作方式也是非常經濟。所有藉由軋輥平移獲得的習知軋輥輪廓皆呈非對稱。即，這不是相對於軋輥中央線呈現對稱。因此，欲研磨製造這種輪廓，需要更昂貴的研磨機器。這種非對稱的軋輥輪廓係不利於在細長片的輪廓上產生軋輥平移效果。但是，可藉由運用逆對稱式的輪廓以簡化該研磨的過程，其相對於軋輥中央線之軋輥的左右部份輪廓是以相同但是符號相反的多項式加以描述，如下列方程式所示，其中“a”代表一個常數：

$$\text{軋輥左側：} \quad y = a_4 X^4 + a_3 X^3 + a_2 X^2 + a_1 X \quad (6)$$

$$\text{軋輥右側：} \quad y = -a_4 X^4 - a_3 X^3 - a_2 X^2 - a_1 X \quad (7)$$

這種逆對稱式的輪廓係可藉由具有非常高精度的標準研磨機器而產生。總括而言，沒有習知軋輥輪廓符合上述的四個要求。然而，具備逆對稱式輪廓的軋輥能夠符合所有要求。

本發明的滾軋裝置和方法是使用具有一逆對稱式輪廓的軋輥(IVC 軋輥)。藉由 IVC 軋輥的運用，可降低在一滾軋機內部的局部軋輥磨耗，以及修正在該軋輥機內之各種金屬細長片的輪廓。

首先，美國第 4,656,859 號專利中即描述一種運用各式凸面軋輥之習知技藝的滾軋機台，如第 2 圖中所示，並且是一種典型的 4-hi 滾軋機台。上側後備軋輥 2 係呈現逆對稱式的輪廓，而且可繞著縱向的軸線 4 加以旋轉。換言之，該上側後備軋輥 2 具有一向外凸出的凸面部份 6 及一鄰接的凹面部份 8。該上側後備軋輥 2 係從一較小端部 10 發

五、發明說明 (18)

散至一較大端部 12。如本圖式中所顯示，在距離該以中央線標示之軋輥 2 中央的一段距離，起自 $x=0$ 之中央位置的垂直偏移量到達上側後備軋輥 2 之左、右兩側邊上的距離 y 均相等。

一個用來接觸該上側後備軋輥 2 的上側工作軋輥 14，係可繞著縱向的軸線 16 加以旋轉。該上側工作軋輥 14 具有一個與該上側後備軋輥 2 之凹面部份 8 相接觸的凸面部份 18。該上側工作軋輥 14 尚具有一個與凸面部份 6 相接觸的圓柱形部份 20。

在該上側工作軋輥 14 的下方，有一個繞著縱向軸線 24 旋轉的下側工作軋輥 22。在該下側工作軋輥 22 的端部具有圓柱形部份 26，而且在另一端部具有一凹面部份 28。下側工作軋輥 22 係與一個具有縱向軸線 32、凹面部份 34 及凸面部份 36 的下側後備軋輥 30 相接觸。凹面部份 34 則用來接觸圓柱形部份 26，而且凸面部份 36 係用來接觸下側工作軋輥 22 的凹面部份 28。如圖式中所示，在距離以中央線標示之軋輥 30 中央的一段距離，該起自 $x=0$ 之中央位置的垂直偏移量到達上側後備軋輥 30 之左、右兩側邊上的距離 y 均相等。

在習知系統中，該上側工作軋輥 14 及該下側工作軋輥 22 係可平移以產生大致呈平坦、凸面和凹面之金屬細長片的各種輪廓。在第 2 圖中之軋輥機台的操作，即如第 3 至 5 圖所示。在這個滾軋機台的結構中，上側工作軋輥 14 及下側工作軋輥 22 的雙向平移，係可產生如第 3a 至 5a 圖中

五、發明說明 (19)

所示之各種細長片的輪廓。在第 3 圖中，該上側工作軋輥 14 和該下側工作軋輥 22 係配置如第 3a 圖中所示之金屬細長片 39 以產生大致呈平坦的細長片輪廓 38。在第 4 圖中，上側工作軋輥 14 及下側工作軋輥 22，係平移以從金屬細長片 39 產生如第 4a 圖中所示之凸面的細長片輪廓 40，並且在第 5 圖中，上側工作軋輥 14 及下側工作軋輥 22，係平移以從金屬細長片 39 產生如第 5a 圖中所示之凹面的細長片輪廓 42。第 4 和 5 圖之滾軋機台的缺點，是上側工作軋輥 14 及下側工作軋輥 22 兩者均必須平移，而且該軋輥在上側工作軋輥 14 與下側工作軋輥 22 之間靠近該金屬細長片之端緣的位置特別產生磨耗。局部的軋輥磨耗是可藉由軋輥的平移予以減輕。

一般而言，在滾軋機中之軋輥的軸向平移係運用以達成下列的功能：

降低接近細長片端緣的局部軋輥磨耗；以及
提供該軋輥輪廓之可變輪廓。

第一個目標係可藉由大致呈圓柱形的軋輥以及，在滾軋一定數目圈數後，運用週期性的軸向平移作用加以達成。在進入下一個平移前，該平移動作的數量及圈數對於此過程效率有極大影響。這些參數將依照該欲滾軋產品的幾何形狀及硬度而定。典型的軋輥平移樣式將在滾軋一圈後，伴隨著該軋輥平移 20 公厘。

第二個目標係可藉由運用具有非圓柱形輪廓的軋輥加以達成。該頂部和底部軋輥的軸向位置變化係可呈現相同

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (ㄟ)

或相反的方向進行；即該軋輥的平移可相互接近或相互遠離的方式進行。

如第 2 至 5 圖中所示，用以進行雙向平移動作的工作軋輥，通常可具有如先前(如第 1a 圖至第 1g 圖所示)多項式函數所描述的輪廓。該系統的主要問題是需要兩個工作軋輥共同進行平移。另一個問題則是用來達成最佳化細長片輪廓之工作軋輥的平移樣式並非與用來達成最佳化降低局部軋輥磨耗所需要之軋輥的平移樣式一致。因此，該雙向平移的動作一次只能達成一項功能。

在該習知的系統中，如第 2 圖中所示，該可變細長片的輪廓係藉由運用 IVC 的後備軋輥而達成。但是，該工作軋輥則具有不同輪廓。該工作軋輥的側邊是呈現擴張或收縮的非圓柱形，當另一側邊則是呈現圓柱形。相對於該後備軋輥(如第 3 圖至第 5 圖所示)之兩個工作軋輥的單向平移動作係產生可變細長片輪廓。與雙向平移作用加以比較，該單向平移作用允許使用簡化的平移機構。然而，並未能減輕在工作軋輥上所造成之局部軋輥磨耗的問題。

本發明可產生一可變細長片輪廓，並可在該操作的期間同步地降低局部軋輥的磨耗。用來修正細長片輪廓及降低局部軋輥磨耗的本發明裝置(如第 6 圖所示)，係具有圓柱形的工作軋輥 44 及一個 IVC 工作軋輥 46。該裝置也具有上側 IVC 後備軋輥 48 及下側 IVC 後備軋輥 50。本發明裝置具有至少一上側或下側後備軋輥。此外，本發明的裝置也具有一個用來安裝該軋輥的殼體(未圖式)及一個用來

(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)

平移至少該上側 IVC 工作軋輥 46 的機構。對於每個 IVC 軋輥而言，在距離該中央線標示之軋輥中央的一段距離，自 $x=0$ 之中央位置的垂直偏移量到達 IVC 軋輥之左、右兩側邊上的距離 y 均相等。

該如第 6 圖中之滾軋機台的操作係如第 7 至 9 圖中所示。在第 7 圖中，圓柱形的工作軋輥 44 和 IVC 工作軋輥 46，係配置以產生來自金屬細長片 45 的大致呈平坦的細長片輪廓 52，如第 7a 圖中所示。在第 8 圖中，IVC 工作軋輥 46 係平移以產生一凸面的細長片輪廓 54，如第 8a 圖中所示，並且在第 9 圖中，IVC 工作軋輥 46 則是平移以產生一凹面的細長片輪廓 56，如第 9a 圖中所示。如第 6 至 9 圖中所示，本發明的上側 IVC 後備軋輥 48 及下側 IVC 後備軋輥 50，以及 IVC 工作軋輥均具有一 IVC 輪廓，當圓柱形的工作軋輥 44 是完整的圓柱形。這允許藉由只平移 IVC 工作軋輥 46 以獲得可變細長片輪廓。該圓柱形的工作軋輥 46 係可藉由運用不同平移樣式加以平移，以降低局部的軋輥磨耗。在第 7 圖至 9 圖中，該 IVC 軋輥係相互地指向相反的方向。

第 10 圖係本發明之 4-hi IVC 滾軋機台的一個概略剖面圖，其中顯示該軋輥的平移行程 "s"。第 10 圖中的 4-hi 滾軋機台與第 6 至 9 圖中所描述的滾軋機台相同，即具有一上側工作軋輥平移致動器 58 及一下側工作軋輥平移致動器 60。平移致動器 58 和 60 是分別用來輔助該上側工作軋輥 46 和下側工作軋輥 44 進行平移動作的機構。圖式中之

五、發明說明 (22)

其他元件符號則與第 6 至 9 圖中之相似的零件對應。當該 IVC 工作軋輥 48 平移一段距離 “s” 時，將在金屬細長片 45 和 IVC 工作軋輥 46 之間造成一個空間。該空間即稱為軋輥間隙，並且此軋輥間隙將隨著金屬細長片 45 的長度而變化厚度。相關參數均顯示在第 10 圖，其中： δ_1 = 在該軋輥左側端緣之軋輥間隙的改變； δ_2 = 在該軋輥右側端緣之軋輥間隙的改變；以及 δ_0 = 在該軋輥中央部份之軋輥間隙的改變。

表格 1 顯示該在第 10 圖中所描述之軋輥間隙的主要參數以及參數相互間的關係。

[表格 1]

參數	工作軋輥平移情形	
	從右側到左側	從左側到右側
左側軋輥端緣的軋輥間隙變化	$\delta_1 = -2bs(2x + s)$	$\delta_1 = 2bs(2x - s)$
右側軋輥端緣的軋輥間隙變化	$\delta_2 = -2bs(2x - s)$	$\delta_2 = 2bs(2x + s)$
軋輥中間的軋輥間隙變化	$\delta_0 = -2bs^2$	$\delta_0 = 2bs^2$
右側和左側之軋輥間隙的差異	$\delta_{12} = -4bs^2$	$\delta_{12} = 4bs^2$
等效的工作軋輥凸面	$c_r = -2bs(2x - s)$	$c_r = 2bs(2x + s)$

表格 1 裡的符號

δ_1 =在該軋輥左側端緣之軋輥間隙的改變；

δ_2 =在該軋輥右側端緣之軋輥間隙的改變；

δ_0 =在該軋輥中央部份之軋輥間隙的改變；

$\delta_{12} = \delta_1 - \delta_2$ 即在該軋輥左側與右側端緣之間之軋輥間隙的差值；

五、發明說明 (23)

c_r =等效的工作軋輥凸面；

s =工作軋輥的平移行程；

x =該軋輥之有效桶長的一半長度；

y =該軋輥輪廓的改變量；

b =做為該軋輥輪廓之多項式係數；

從表格 1 可看出，在平移動作期間，在該 IVC 工作軋輥 46 之中央部份的軋輥間隙是以 δ_0 的數值改變。而且，由於該軋輥間隙 δ_{12} 的差值，故該軋輥間隙變得些許不對稱。在該軋輥平移行程 s 的整個長度上， δ_0 值的改變係可以如第 11 圖中所示，其中的最大細長片寬度為 1730 公厘，而且 $b=0.000001055$ 。對於分別從 -150 公厘至 150 公厘的平移行程而言，該 δ_0 值的改變可以大致從 0.05 公厘至 -0.05 公厘的平滑逆對稱式曲線加以表示。在該軋輥平移行程 s 的整個長度上，軋輥間隙差異的改變係可以如第 12 圖中所示，其中的最大細長片寬度為 1730 公厘，而且 $b=0.000001055$ 。比較之下，在該軋輥平移行程 s 的整個長度上，等效工作軋輥凸面 c_r 係可以如第 13 圖中所示，其中的最大細長片寬度為 1730 公厘，而且 $b=0.000001055$ 。該等效工作軋輥凸面 c_r 是在沒有軋輥平移動作下，產生該等效細長片輪廓所必需之工作軋輥凸面形狀。

對於本發明的裝置及方法而言，欲產生具有商業品質的金屬細長片，必須修正金屬細長片 45 和 IVC 工作軋輥 46 之間的可變軋輥間隙。在本發明中，用以修正間隙的裝置和控制系統係如第 14 圖中所示，其中係以概略剖面圖簡

(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)

化描述一個具有軋輥平移裝置、軋輥彎曲裝置和相關控制裝置的 IVC 滾軋機。

第 14 圖中的裝置係與第 10 圖中所示的滾軋機台相同，而且以方塊流程圖顯示的該控制裝置。第 14 圖中的滾軋機台 62 具有上側 IVC 後備軋輥 64、下側後備軋輥 66、IVC 工作軋輥 68 及圓柱形工作軋 70。在 IVC 工作軋輥 68 及圓柱形工作軋 70 之間有金屬細長片 72。IVC 工作軋輥 68 係止推地固定在工作軋輥的軸承 74 和 76 上。圓柱形工作軋 70 則止推地固定在工作軋輥的軸承 78 及 80 上。上側 IVC 後備軋輥 64 係止推地固定在後備軋輥的軸承 82 及 84 上。而且下側後備軋輥則止推地固定在後備軋輥的軸承 86 和 88 上。

用來平移 IVC 工作軋輥 68 及修正在金屬細長片 72 與 IVC 工作軋輥 68 間之間隙的系統，其作用方式如下：該 IVC 工作軋輥 68 係從第一位置平移至第二位置，其間的距離稱為軋輥平移行程 S 。來自用以量測平移行程 S 的該位置轉換器 90 之輸出訊號 U 產生，並且隨後饋送至處理控制器 92 內。該處理控制器 92 將計算兩個分別用來調整該液壓缸 94 和 96 之位置的標準參考信號 U_1 和 U_2 ，並且該標準參考 U_1 和 U_2 是軋輥平移行程 S 的函數。液壓缸 94 和 96 是用來調整至少一個上側 IVC 後備軋輥 64 之垂直位置的機構。當然，其他類似氣動或螺旋式的調節裝置也都可行的。參考信號 U_1 和 U_2 分別藉由兩個位置調節器 98 和 100 增加至兩個確切液壓缸位置的參考信號 U_{gr1} 和 U_{gr2} ，這 U_{gr1} 和

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 ()

U_{gr2} 係分別量測該液壓缸的確切位置以便產生總和信號。然後，該總和信號將與兩個分別產生自兩個液壓缸位置變換器 102 和 104 的液壓缸回饋位置信號 U_{ga1} 和 U_{ga2} 相比較。並且，上述信號是在兩個位置調節器 98 中進行比較。在該兩個總和信號與兩個液壓缸回饋位置信號 U_{ga1} 和 U_{ga2} 比較後，即產生兩個輸出誤差信號 ΔU_1 和 ΔU_2 。這兩個輸出誤差信號 ΔU_1 和 ΔU_2 是一種微分信號，因為該信號代表在該兩個總和信號與兩個液壓缸回饋位置信號 U_{ga1} 和 U_{ga2} 之間的差異。所產生的兩個輸出誤差信號 ΔU_1 和 ΔU_2 從該位置調節器 98 和 100 輸出至兩個伺服閥門 106 和 108。該伺服閥門 106 和 108 係分別用來控制流體流入及流出該液壓缸 94 和 96 的情形，因此可調整及調節該上側 IVC 後備軋輥 64 和 IVC 工作軋輥 68 的位置。

在本發明的另一個實施例中，如第 6 圖中所示，該圓柱形的工作軋輥係以 IVC 工作軋輥加以取代。第 15 圖係顯示本發明的 4-hi 滾軋機台，其包含一個上側 IVC 後備軋輥 110、一個下側 IVC 後備軋輥 112、一個上側 IVC 工作軋輥 114 及一個下側 IVC 工作軋輥 116。如第 15 圖中的一般形式 IVC 滾軋機台並非侷限於 4-hi 型，也可具有一個以上的上側或下側後備軋輥，或者中間軋輥(未顯示)。該裝置也具有一個殼體(未顯示)，以便安裝該軋輥及一個用來平移該軋輥的機構。每個軋輥都是呈逆對稱式，因為在距離該中央線標示之軋輥中央的一段距離，起自 $x=0$ 之中央位置的垂直偏移量到達上側後備軋輥之左、右兩側邊上的距離

(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)

y 均相等。

如第 15 圖中之 4-hi 滾軋機台的主要軋輥平移樣式係如第 16 圖至第 18 圖所示。第 16 圖係以概略剖面圖顯示本發明之具有該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 的 4-hi IVC 滾軋機台；其中該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 具有完全的接觸，並且可平移以便在金屬細長片 118 產生一凸面的細長片輪廓。第 16a 圖則是以概略剖面圖描述在第 16 圖中之滾軋機具有軋輥間隙的情形。第 17 圖係以概略剖面圖顯示本發明之具有該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 的 4-hi IVC 滾軋機台；其中該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 具有完全的接觸，並且係設置以在金屬細長片 120 上產生一個大致呈平坦的細長片輪廓。第 17a 圖則是以概略剖面圖描述在第 17 圖中之滾軋機具有軋輥間隙的情形。第 18 圖係以概略剖面圖顯示本發明之具有該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 的 4-hi IVC 滾軋機台；其中該上側 IVC 工作軋輥 114 和下側 IVC 工作軋輥 116 具有完全的接觸，並且可平移以在金屬細長片 122 上產生一個凹面的細長片輪廓。第 18a 圖則是以概略剖面圖描述在第 18 圖中之滾軋機具有軋輥間隙的情形。

在第 15 圖至第 18 圖中，該頂部和底部軋輥係研磨成一逆對稱式形狀。其中，二組工作及後備軋輥皆相同地研磨，但是該頂部的軋輥與該底部的軋輥之間具有 180°的相位偏差，以致他們可相互地互補以構成一對稱軋輥間隙輪

(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)

廓。換言之，該軋輥之間係指向相反方向。

第 15 圖中之 IVC 軋輥的輪廓，係可以數學方式藉由兩個具有二階及/或四階項的多項式加以表示。每個多項式函數則代表沿著該軋輥之一半長度的輪廓，其中該軋輥的長度是稱為該軋輥的桶身長度。該兩個多項式函數使得原點定位在該軋輥桶身的中央，而且其中一函數具有一個朝上的凹部，另一個函數則具有一朝下的凹部。在這系統中，該軋輥可使用一雙向平移機制在水平方向上加以平移一段距離 S ，如第 16 圖至第 18 圖所描述，以便降低局部的磨耗並且產生一個可變輪廓。

第 19 圖至第 21 圖係顯示一個具備含有完全接觸之四個 IVC 軋輥的 4-hi 滾軋機中，三種在該 IVC 軋輥與等效工作軋輥之間之平移的典型關係。其中：

負凸面：當該 IVC 工作軋輥係朝著與該 IVC 後備軋輥相內抵住的方向加以平移時，這種凸面將發生，如第 19 圖所示；

零平移凸面：當沒有任何軸向的平移動作時，這種凸面將發生，如第 20 圖所示；以及

正凸面：當該 IVC 工作軋輥係朝著與該 IVC 後備軋輥相外抵住的方向加以平移時，這種凸面將發生，如第 21 圖所示；

在第 19 至 21 的每個圖式中，該滾軋機台具有兩個 IVC 後備軋輥 124 和 126 以及兩個 IVC 工作軋輥 128 和 130。藉由平移該 IVC 工作軋輥 128 和 130 在金屬細長片 132

五、發明說明 (28)

上所產生的細長片輪廓(負凸面)，係可使用 4-hi 滾軋機加以複製，即分別如第 19a 圖至第 21a 圖所示，而且其係藉由平移該 4-hi 的 IVC 滾軋機之 IVC 工作軋輥 128 和 130，將圓柱形的後備軋輥 134 和 136 及工作軋輥 138 和 140 研磨成等效凸面。欲比較第 19 圖至第 21 圖的滾軋機與在 19a 圖至第 21a 圖中的等效滾軋機，其將代表中央線的虛線橫向穿越該滾軋機之所有後備軋輥的中央，其中的“b”則代表一軋輥桶身長度的一半。 S_m 係該工作軋輥的最大平移行程。

參閱第 22 圖，該上側 IVC 軋輥 142 和下側 IVC 軋輥 144 之 IVC 輪廓的數學推導即如下所示：

該上側 IVC 軋輥 142 及下側 IVC 軋輥 144 係藉由兩個函數表示，每個函數均具有一個拋物線(如第 1b 圖所示)及/或四階曲線(如第 1b 圖所示)的多項式部份。該兩個多項式係如第 22 圖中之虛線所代表的工作軋輥中央處平滑連接。其中一個函數導致向上的凹面，另一個函數則導致向下的凹面。第 22 圖則是顯示該上側 IVC 軋輥 142 和下側 IVC 軋輥 144 處在平移狀態中的情形。

該 IVC 輪廓， y ，的表示方式如下：

對於向上的凹面 $y=a_1x^4+a_2x^2$

對於向下的凹面 $y=-a_1x^4-a_2x^2$ ，

其中

a_1 為多項式之四階項的係數

a_2 為多項式之二階項的係數

五、發明說明 ()

x 為距該軋輥之中央的距離

$$a_2 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1)(2b\pi C_{ecm})}$$

$$a_1 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1) \left[4b(b^2 + s_m^2) - s_m^3 \right]}$$

該係數 a_1 和 a_2 的計算式如下，方程式(8)和(9)：

其中， S_m =最大工作軋輥的平移行程

C_{ecm} =用於最大平移行程的最大等效工作軋輥凸面

n =在軋輥輪廓之二階和四階之間的分佈因數

b =該後備軋輥之總長度的一半

當 $n=0$ 時， $a_1=0$ 且該軋輥的輪廓只由二階項定義。並且，當 $n=\infty$ 時， $a_2=0$ 且該軋輥的輪廓只由四階項定義。

該等效的工作軋輥輪廓 C_e ，類似於第 19a 至 21a 圖中的軋輥輪廓，與該平移行程“ s ”的對應情形如下：

1)對於 S_m b 的情形

$$C_e = C_1 X^3 + C_2 X + C_3 \quad (10)$$

其中，

$$C_1 = 16a_1 s$$

$$C_2 = 8s(2a_1 s^2 + a_2) \quad C_3 = -4s^2(a_1 s^2 + a_2)$$

2)對於 0 S_m 的情形

$$C_e = d_1 X^4 + d_2 X^2 \quad (11)$$

其中， $d_1 = 4a_1$

$$d_2 = 4(6a_1 s^2 + a_2)$$

該細長片的輪廓包絡線，如第 24 圖中所描述，係使用如下定義之 U_1 和 U_2 參數的方程式(12)和(13)計算求得：

五、發明說明 (30)

$$U_1 = h_0 - \frac{h_{q'} + h_{q''}}{2} \quad (12)$$

$$U_2 = h_0 - \frac{h_{i'} + h_{i''}}{2} \quad (13)$$

其中，如第 23 圖中所描繪的參數如下所述：

h_0 = 細長片中央部份的厚度；

$h_{q'}$ ， $h_{q''}$ = 細長片之中間點 q' 和 q'' 的厚度；

$h_{i'}$ ， $h_{i''}$ = 細長片之 i' 和 i'' 點的厚度；

(i' 和 i'' 點係設定為距離細長片端緣 25.4 公厘處)

參數 U_1 和 U_2 係定義該細長片的輪廓包絡線所涵蓋的面積。不同的細長片輪廓則具有不同的總面積。該細長片的輪廓包絡線即是在一個滾軋機裝置上之細長片的可能輪廓組。

使用本發明的 IVC 滾軋機，則在平移前，所產生之細長的輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5，而且藉由平移具有逆對稱式輪廓的至少一個上側軋輥以及具有逆對稱式輪廓的至少一個下側軋輥所產生之細長的輪廓組，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

欲進一步顯示本發明之 IVC 滾軋機的優點，在下文中所要展現的案例將運用如下所列示的參數；即在具有 IVC 工作軋輥和 IVC 後備軋輥的 4-hi 滾軋機中：

工作軋輥的直徑 = 584 公厘

後備軋輥的直徑 = 1422 公厘

工作軋輥的桶身長度 = 1976 公厘

五、發明說明(31)

後備軋輥的桶身長度 =1676 公厘

細長片的寬度 =1232 公厘

細長片進入處的厚度 =1.575 公厘

細長片出口處的厚度 =0.975 公厘

滾軋的力量 =1378 噸

工作軋輥的折曲力量，BF=±80 公噸

工作軋輥的平移行程 =±150 公厘(僅指 IVC 軋輥)。

第 24 圖係以一個象限圖表描繪關於兩個 4-hi 滾軋機之細長片的輪廓包絡線，其滾軋機都是圓柱形的軋輥，另一個滾軋機則全部都是 IVC 軋輥；並且，如上述的定義方式，在 IVC 軋輥上之分配係數 n 的值為 5。在圖表上，與下列工作軋輥之彎曲力量(BF)及平移行程(s)對應的點即如下列表格中所示：

點	彎曲力量,BF(噸)	平移行程,s(公厘)
A	80	0
B	-80	0
C	80	150
D	80	-150
E	-80	-150
F	-80	150

多邊形 CDEF 係表示關於本發明的 4-hi 滾軋機所可能產生之細長片輪廓包絡線，其是由如上表格中的工作軋輥的彎曲和平移情形所描述。該多邊形 CDEF 所涵蓋的面積係藉由描繪關於該細長片輪廓的參數 U_1 和 U_2 而製成。該

五、發明說明 (32)

在第 24 圖中之象限圖表中的多邊形愈大，則能夠產生之細長片的輪廓包絡線也愈大，在該滾軋機上所能修正之各種細長片輪廓的數目也愈大。在第 24 圖中，若 n 的數值愈小，則多邊形的面積愈大，相反地若 n 的數值愈大，則多邊形的面積愈小。並且，若 n 的數值愈大，則該細長片之輪廓會愈趨近四階項。相較之下，在第 24 圖中的 AB 線係代表全部都是圓柱形軋軋的 4-hi 滾軋機。由這條線所展示的圖形，即可看出其僅能產生一限度範圍之二階的細長片輪廓。該輪廓都是二階的形式，並且只隨著該軋軋的彎曲力量而變化。

遭受彎曲的 IVC 軋軋可廣泛控制由多邊形 CDEF 面積所表示之細長片的凸面。因為該 IVC 軋軋的形狀，平移行程及折曲力量的各種組合方式，皆廣泛地關係到該細長片之凸面的控制。該多邊形的每個側邊不是與正/負工作軋軋的平移情形相對應，即是與該正/負工作軋軋的折曲情形相對應。使用軋軋受到彎曲的圓柱形軋軋，則只能有限度控制只沿著直線以產生變化之細長片凸面。

第 25 圖係顯示細長片的厚度變化相對於距離的圖表，其中該距離係起始自本發明的 4-hiIVC 滾軋機台之工作軋軋的中央，其中該細長片係受到上述彎曲力量和軋軋平移等參數的影響。在這個案例中， $n=5$ 而且該細長片的厚度或其輪廓係藉由三維有限元素法加以求出。施加在該上側工作軋軋的彎曲力量可產生二階的修正項，因為該力量將使得金屬細長片彎曲成一拋物線。如第 18 圖和第 18a 圖中

五、發明說明 (} }

所示之 150 公厘的正工作軋輥平移，即可導致一正凸面的控制結果，這表示在該細長片上產生一個呈凹面輪廓。在第 25 圖中，以空白方格所表示的圖示線條係描繪 80 噸之折曲力量和 150 公厘之正軋輥的組合效果。與本身的中央部份相比，該金屬細長片之邊緣部份的厚度稍微增加。由此可知，正凸面的控制結果可產生一凹面的細長片輪廓。而且，由於該些微端緣凸面的情形，因此可判斷軋輥平移的效果大於彎曲力量的效果。

如第 16 圖和第 16a 圖所示，在 80 噸之彎曲力量的負凸面控制情形下，該工作軋輥達成一個相互趨近 150 公厘的平移動作，並且該金屬細長片將具有一個中央凸面，該中央凸面係以實心三角形所描述的線條加以表示。此情況下的凸面係不與一個施加負 80 噸彎曲力量之情況下的凸面相同陡峭；施加負 80 噸彎曲力量所產生的凸面係由以實心正方格所描繪的線條來表示。

第 26 圖係顯示細長片的厚度變化相對於距離的圖表，其中該距離係起始自本發明一具有圓柱形軋輥之 4-hi 滾軋機台之工作軋輥的中央。由於圓柱形的軋輥不進行平移動作，因此本圖係顯示該彎曲力量的效果，沒有軋輥平移的作用，並且如預期般在細長片上產生一凸面輪廓。施加負 80 噸的彎曲力量可獲得一個較傾斜的凸面輪廓，與施加正 80 噸之彎曲力量的情形正好相反。如第 26 圖所示，這種曲率上的差異係分別藉由中空圓點和實心圓點所描述的線條而顯現出來。

五、發明說明 (34)

再次參閱本發明藉由前述參數所定義的 IVC 滾軋機：第 27 圖係顯示在 150 公厘的正工作軋輥平移行程下，以參數 n 為函數之等效工作軋輥的輪廓，第 28 圖則是顯示在 150 公厘的負平移行程下的等效輪廓。如果 $n=0$ ，則 $a_1=0$ 而且 IVC 軋輥具有一逆拋物線的輪廓，而且此逆拋物線的輪廓可在平移動作期間導致等效三角形的軋輥輪廓。如果 $0 < n < \quad$ ，則該 IVC 軋輥具有一個四階曲線的輪廓，可在平移動作期間導致等效三階曲線的軋輥輪廓。由於 $b \gg S_m$ ，故該在 $S_m \leq x \leq b$ 範圍內的等效輪廓將相較於該 $0 \leq x \leq S_m$ 範圍內的等效輪廓更具有支配優勢。第 29 圖和第 30 圖係顯示以 n 為函數之係數 a_1 和 a_2 的差異。第 31 圖係顯示以平移行程 “s” 為函數之等效工作軋輥凸面。如所預期者，這將導致一逆對稱式的圖表。

該 IVC 滾軋機群族係可歸納為 2-hi、4-hi 和 6-hi 等三種型式的情況，如表格 2 所列。在表格 2 中標示 “x” 係表示其為一種 IVC 軋輥。而未標示 “x” 者，則表示其為圓柱形的軋輥。

[表格 2]

狀況數	滾軋機之型式	平移軋輥					
		Top WR	Bot WR	Top IR	Bot IR	Top BUR	Bot BUR
1	2HI	x	x				
2	4HI	x	x				
3						x	x
4		x	x			x	x

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (35)

5	6HI	X	X				
6				X	x		
7						X	X
8		X	X	X	x		
9				X	x	X	X
10		X	X			X	X
11		X	X	X	x	X	X

表格 2 中所使用的縮寫符號

WR=工作軋輥

IR=中間軋輥

BUR=後備軋輥

Bot=底部或下側

Top=頂部或上側

例如，狀況 10 即如第 32 圖至第 34 圖中所描述者。狀況 10 係描繪一種具有 IVC 後備軋輥 146 和 148、中間軋輥 150 和 152 以及工作軋輥 154 和 156 的滾軋機台。在工作軋輥 154 和 156 之間則是金屬細長片 158。第 32a 圖至第 34a 圖係分別顯示在第 32 圖至第 34 圖中之具有軋輥間隙的滾軋機台。

該 IVC 滾軋機組包含具有 IVC 軋輥和圓柱形軋輥的滾軋機。而且，該 IVC 滾軋機組更包含未出現在表格 2 中的其他滾軋機，諸如 8-hi 和 10-hi 滾軋機。在 2-hi、4-hi 和 6-hi 之滾軋機較普遍的情勢下，本發明的 IVC 軋輥並非一定限制在只具有兩個工作軋輥和兩個中間軋輥；在必要情況

五、發明說明 (36)

下，也可具備兩個後備軋輥。甚至，本發明的 IVC 滾軋機可具有多於兩個後備軋輥或中間軋輥。

較佳地，如表格 2 中所示的 IVC 滾軋機組，在該滾軋機中不具有軋輥間隙；換言之，軋輥間可接觸而且沒有間隙存在。在軋輥間的間隙將增加軋輥表面的應力。欲降低軋輥間的間隙，較佳地使得所有軋輥均具有相同的逆對稱式輪廓。但是，IVC 滾軋機組所包含的滾軋機，也可是一種內部的 IVC 軋輥在相同滾軋機台內具有藉由不同多項式函數所定義之逆對稱式輪廓的情形。

儘管本發明已描繪和敘述許多實施例，然而對於熟悉本技藝的人士將仍可對本發明進行各式各樣的改變和改良。因此，在本文後所附的申請專利範圍將足以涵括所有在本發明之真實精神與範疇內的這些改變與改良。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

四、中文發明摘要（發明之名稱：

）

逆對稱式可變凸面軋輥及相關方法

本發明係關於一種具備含有逆對稱式輪廓之軋輥的滾軋機，以及使用這種裝置的方法。逆對稱式輪廓是指一軋輥之左、右側邊的輪廓係相對於該軋輥的中央線以相同但符號相反的多項式加以描繪。該金屬細長的輪廓組係可藉由本發明的方法和裝置產生，其中該在平移前，所產生之細長的輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5；而且，藉由平移該具有逆對稱式輪廓的上側工作軋輥所產生之細長的輪廓組，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

英文發明摘要（發明之名稱： INVERSE SYMMETRICAL VARIABLES CROWN
ROLL AND ASSOCIATED METHOD)

The method and apparatus of the present is a rolling mill having rolls with inverse symmetrical profiles and a method of using the same. An inverse symmetrical profile is a profile in which the right and left sides of a roll, with respect to the roll center line, have the profiles that are described by the same polynomials but with opposite signs. A family of metal strip profiles can be created by the method and apparatus of the present invention wherein the family of strip profiles created prior to roll shifting are strip profiles expressed by polynomial functions having terms of the n^{th} order, where n is preferably 1-5 inclusive, and the family of strip profiles produced by shifting at least one upper roll having an inverse symmetrical profile and at least one lower roll having an inverse symmetrical profile are strip profiles expressed by polynomial functions having terms of the $(n-1)^{\text{th}}$ order, where n is preferably 1-5, inclusive.

六、申請專利範圍

1.一種滾軋機，其包含：

一個用來安裝軋輥的殼體；

至少一個具有一逆對稱式輪廓的上側備用軋輥；

一個與至少一個上側後備軋輥相對配置並且接觸至少一個上側備用軋輥的上側工作軋輥，該上側工作軋輥具有一個逆對稱式輪廓；

一個與該上側工作軋輥分隔放置並且具有一圓柱輪廓的下側工作軋輥；

至少一個與該下側工作軋輥相對配置並且接觸該下側工作軋輥的下側後備軋輥，該至少一個下側軋輥具有一逆對稱式輪廓；以及

一個用來在該殼體內相對於至少一上側後備軋輥及至少一下側後備軋輥加以移動該上側工作軋輥和下側工作軋輥的機構，以便產生一組細長的輪廓作為一軋輥平移的功能。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之滾軋機，其中具有逆對稱式輪廓的軋輥係具有由不同多項式函數所定義的逆對稱式輪廓。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之滾軋機，其中在平移之前，所產生之細長的輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5；而且，藉由平移該具有逆對稱式輪廓的上側工作軋輥所產生之細長的輪廓組，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

(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

4.如申請專利範圍第 1 項所述之滾軋機，其中該具有一逆對稱式輪廓的軋輥係由兩個均具有一個四階項及一個二階項的多項式函數所定義。

5.一種 2-hi 滾軋機，其包含：

一個用供安裝軋輥的殼體；

一個具有設置在一欲進行滾軋之金屬上方的逆對稱式輪廓的上側工作軋輥；

一個具有設置在欲進行滾軋之金屬下方的逆對稱式輪廓而且與該上側工作軋輥相對配置的下側工作軋輥；以及

一個用來在該殼體內相互相對地移動該上側工作軋輥及下側工作軋輥的機構，以便產生一組可作用如一個軋輥平移之功能的一組細長輪廓；

其中在平移之前，所產生之細長的輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5；而且，藉由平移該具有逆對稱式輪廓的上側工作軋輥以及該具有逆對稱式輪廓的下側工作軋輥所產生之細長的輪廓組，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式方程式所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之滾軋機，其中具有逆對稱式輪廓的軋輥係具有由不同多項式函數所定義的逆對稱式輪廓。

7.如申請專利範圍第 5 項所述之滾軋機，其中該具有一逆對稱式輪廓的軋輥係由兩個均具有一個四階項及一個二階項的多項式函數所定義。

六、申請專利範圍

8.如申請專利範圍第 5 項所述之滾軋機，其中該逆對稱式軋輥輪廓的表示式如下：

對於向上的凹面 $y=a_1x^4+a_2x^2$

對於向下的凹面 $y=-a_1x^4-a_2x^2$ ，

其中

a_1 為多項式之四階項的係數

a_2 為多項式之二階項的係數

x 為距該軋輥之中央的距離

該係數 a_1 和 a_2 的計算式如下：

$$a_2 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1)(2b-s_m)}$$

$$a_1 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1)(2b-s_m)}$$

其中， S_m =最大工作軋輥的平移行程

C_{ecm} =用於最大平移行程的最大等效工作軋輥凸面

n =在軋輥輪廓之二階項及四階項之間的分佈因數

b =該後備軋輥之總長度的一半

9.一種滾軋機，其包含：

一個用來安裝軋輥的殼體；

一個具有設置在一欲進行滾軋之金屬上方的逆對稱式輪廓的上側軋輥；

至少另一個在一欲進行滾軋之金屬上方而且係從由一組具有軋輥所選擇的軋輥，該組具有一逆對稱式輪廓的軋輥及一圓柱形軋輥；

(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

一個具有設置在欲進行滾軋之金屬下方的逆對稱式輪廓的下側軋輥；

至少另一個在一欲進行滾軋之金屬下方而且係從由一組具有軋輥所選擇的軋輥，該組具有一逆對稱式輪廓的軋輥及一圓柱形軋輥；以及

一個用來在該殼體內相互相對地平移至少一個在欲進行滾軋之金屬上方的逆對稱式輪廓之上側軋輥，及至少一個在欲進行滾軋之金屬下方的逆對稱式輪廓之下側軋輥的機構，以便產生一組細長的輪廓，並作為一個軋輥平移的功能；

其中在平移之前，所產生之細長的輪廓組，係由具有 n 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5；而且，藉由平移該具有逆對稱式輪廓的至少一個上側軋輥，以及該具有逆對稱式輪廓的至少一個下側軋輥所產生之細長的輪廓群族，係由具有 $(n-1)$ 階項的多項式函數所表示，其中 n 較佳地係包含 1 至 5。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之滾軋機，其中該滾軋機係一種 4-hi 滾軋機。

11.如申請專利範圍第 10 項所述之滾軋機，其中該滾軋機係從由一組滾軋機所選出：該組包括具有逆對稱式輪廓之工作軋輥及兩個圓柱形後備軋輥的滾軋機；一個具有兩個圓柱形工作軋輥及兩個具有逆對稱式輪廓的後備軋輥的滾軋機；以及具有逆對稱式輪廓的兩個工作軋輥及具有逆對稱式輪廓的兩個後備軋輥的滾軋機。

六、申請專利範圍

12.如申請專利範圍第 9 項所述之滾軋機，其中該滾軋機係一種 6-hi 滾軋機。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之滾軋機，該滾軋機係從由一組滾軋機所選出：該組包括具有逆對稱式輪廓之工作軋輥、兩個圓柱形中間軋輥及兩個圓柱形後備軋輥的滾軋機；一個具備兩個圓柱形工作軋輥、兩個具有逆對稱式輪廓之中間軋輥及兩個圓柱形後備軋輥的滾軋機；一個具備兩個圓柱形工作軋輥、兩個圓柱形中間軋輥及兩個具有逆對稱式輪廓之後備軋輥的滾軋機；一個具備兩個具有逆對稱式輪廓之工作軋輥、兩個具有逆對稱式輪廓之中間軋輥及兩個圓柱形後備軋輥的滾軋機；一個具備兩個圓柱形工作軋輥、兩個具有逆對稱式輪廓之中間軋輥及兩個具有逆對稱式輪廓之後備軋輥的滾軋機；一個具備兩個具有逆對稱式輪廓之工作軋輥、兩個圓柱形中間軋輥及兩個具有逆對稱式輪廓之後備軋輥的滾軋機；以及一個具備兩個具有逆對稱式輪廓之中間軋輥、兩個具有逆對稱式輪廓之工作軋輥及兩個具有逆對稱式輪廓之後備軋輥的滾軋機。

14.如申請專利範圍第 9 項所述之滾軋機，其中該逆對稱式軋輥輪廓的表示式如下：

$$\text{對於向上的凹面 } y=a_1x^4+a_2x^2$$

$$\text{對於向下的凹面 } y=-a_1x^4-a_2x^2,$$

其中

a_1 為多項式之四階項的係數

(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

a_2 為多項式之二階項的係數

x 為距該軋輥之中央的距離

該係數 a_1 和 a_2 的計算式如下：

$$a_2 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1)(2b-s_m)}$$

$$a_2 = \frac{C_{ecm}}{4s_m(n+1)(2b-s_m)}$$

其中， S_m =最大工作軋輥的平移行程

C_{ecm} =用於最大平移行程的最大等效工作軋輥凸面

n =在軋輥輪廓之二階項和四階項之間的分佈因數

b =該後備軋輥之總長度的一半

15.一種用來操作一滾軋機的方法，其包含步驟如下：

提供一個滾軋機，其中該滾軋機包含：

一個用來安裝軋輥的殼體；

至少一個具有一逆對稱式輪廓的上側後備軋輥；

一個與該至少一個上側後備軋輥相對配置並且接觸該上側後備軋輥的上側工作軋輥，該上側工作軋輥具有一個逆對稱式輪廓；

一個與該上側工作軋輥分隔放置並且具有一個圓柱輪廓的下側工作軋輥；

至少一個與該下側工作軋輥相對配置並且接觸該下側工作軋輥的下側後備軋輥，該至少一個下側軋輥具有一逆對稱式輪廓；

一個用來在該殼體內相對於該至少一上側後備軋輥及

六、申請專利範圍

至少一下側後備軋輥以平移該上側工作軋輥和下側工作軋輥的機構，以便產生一組細長的輪廓，作為軋輥平移的功能；以及

一個用來調整至少一上側後備軋輥之垂直位置的機構

；

使得該上側工作軋輥從第一位置平移到達第二位置；

量測從第一位置到達第二位置的距離；

產生一個以該量測的距離為基礎的第一輸出資料；

計算兩個來自該用來調整至少一上側後備軋輥之垂直位置之機構的標準參考信號；

將兩個標準參考信號增加到兩個確切的位置信號，即表示該用來調整至少一上側後備軋輥之垂直位置之機構的確切位置，以產生兩個總和信號；

比較該兩個總和信號及該兩個確切的液壓缸回饋信號，即表示該用來調整垂直位置之機構在平移該工作軋輥後的确切位置；

產生一個以該兩個總和信號與該兩個確切之液壓缸回饋信號的比較為基礎的差異訊號；以及

依據該差異信號加以調整該上側工作軋輥的垂直位置。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中該用來調整該至少一上側後備軋輥之垂直位置的機構係液壓缸。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

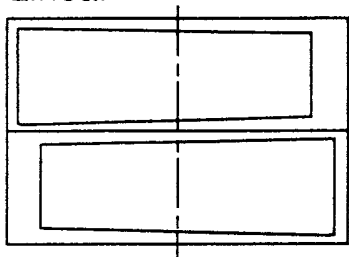
裝

訂

線

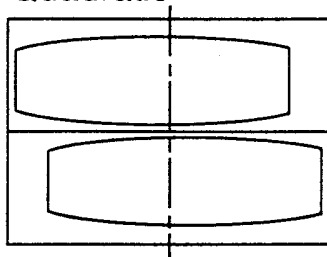
8910759

Linear



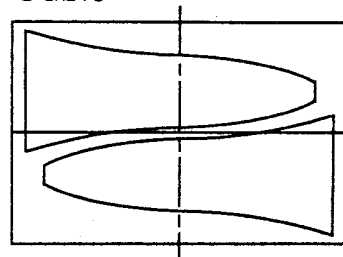
第 1a 圖

Quadratic



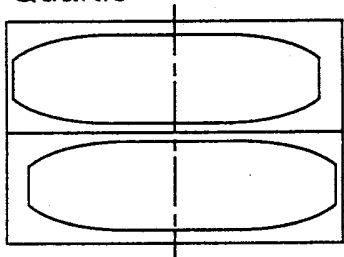
第 1b 圖

Cubic



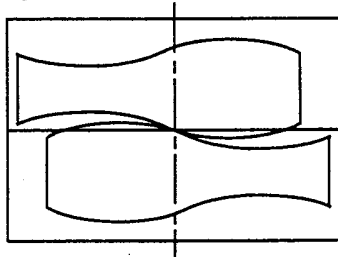
第 1c 圖

Quartic



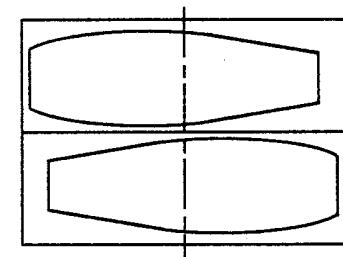
第 1d 圖

CVC



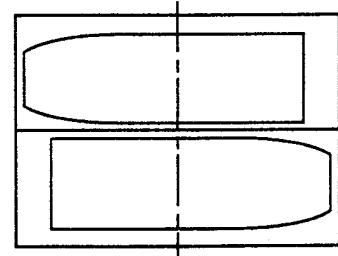
第 1e 圖

UPC

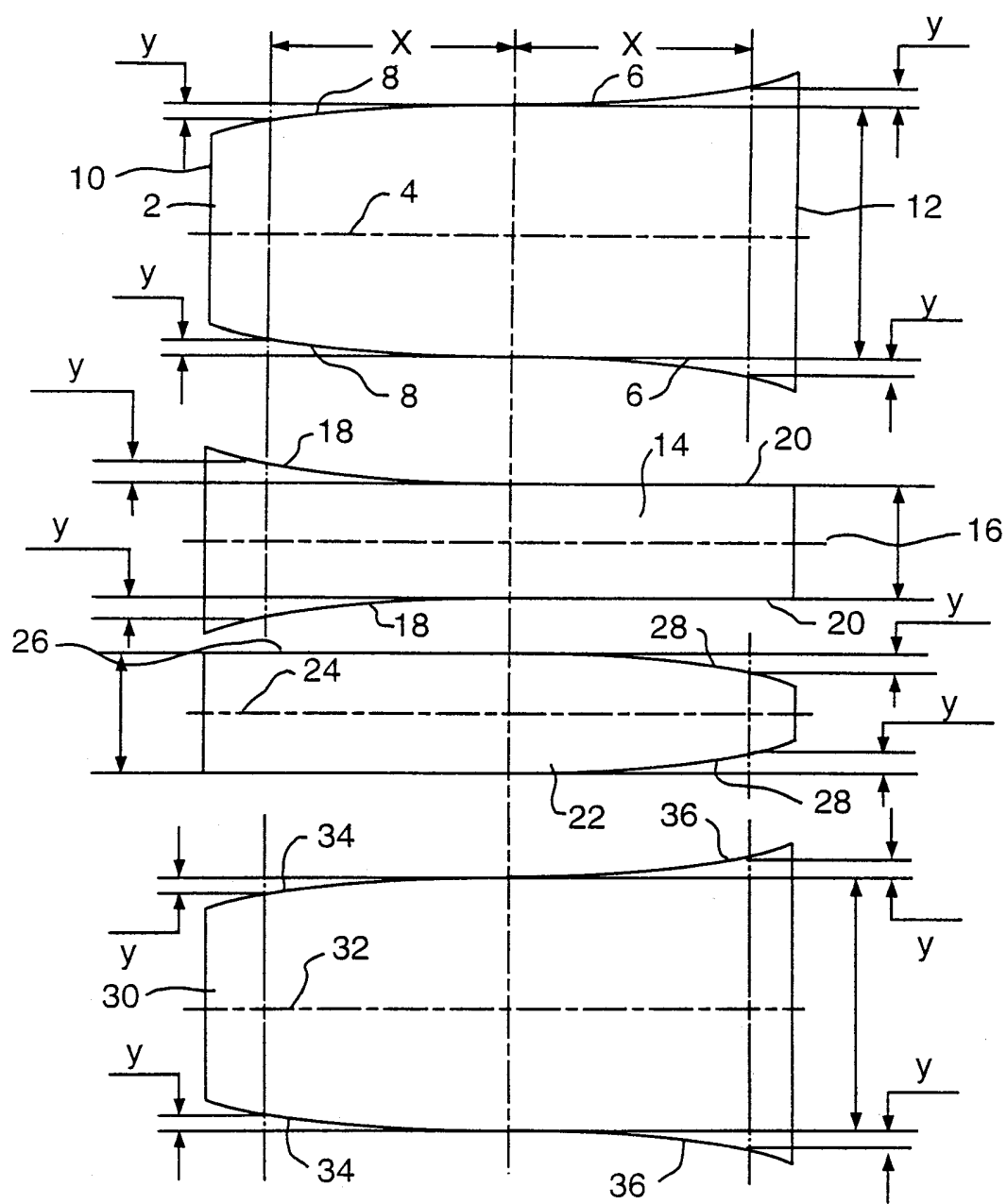


第 1f 圖

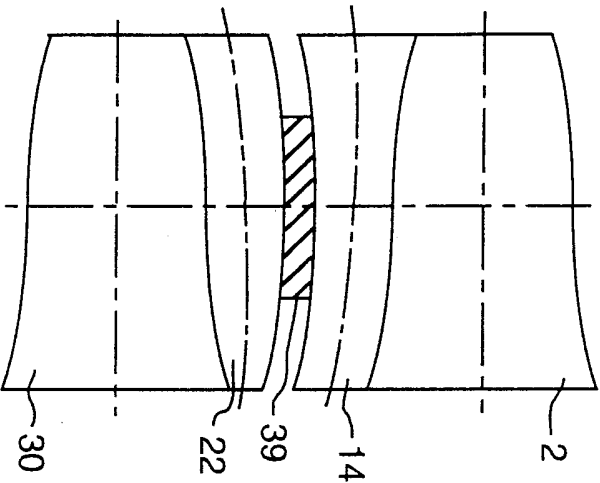
K-WRS



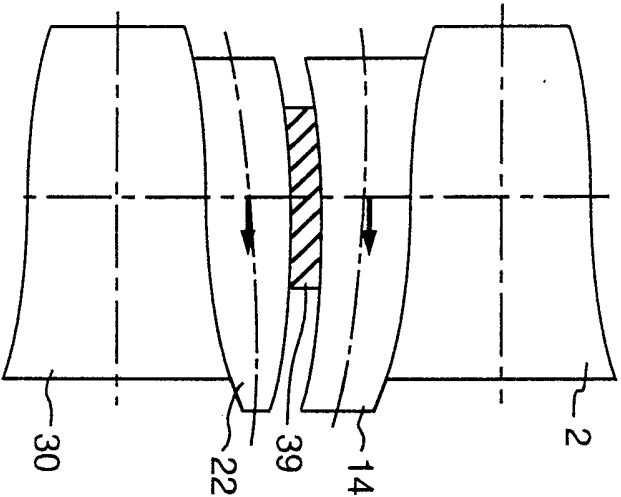
第 1g 圖



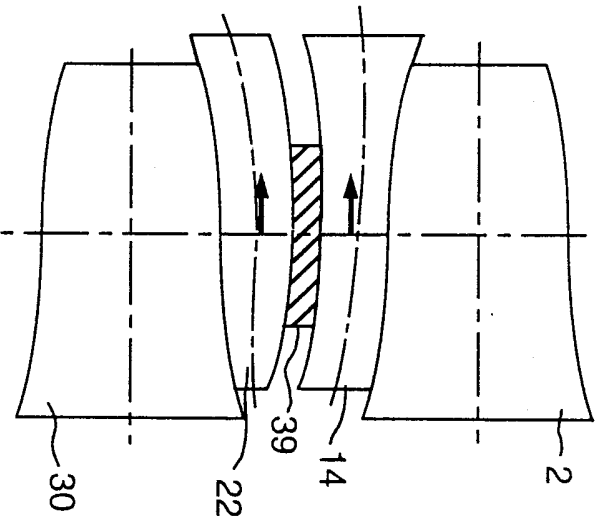
第 2 圖



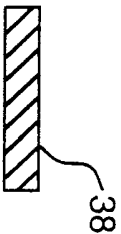
第 3 圖



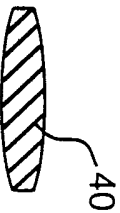
第 4 圖



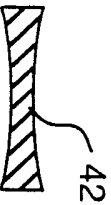
第 5 圖



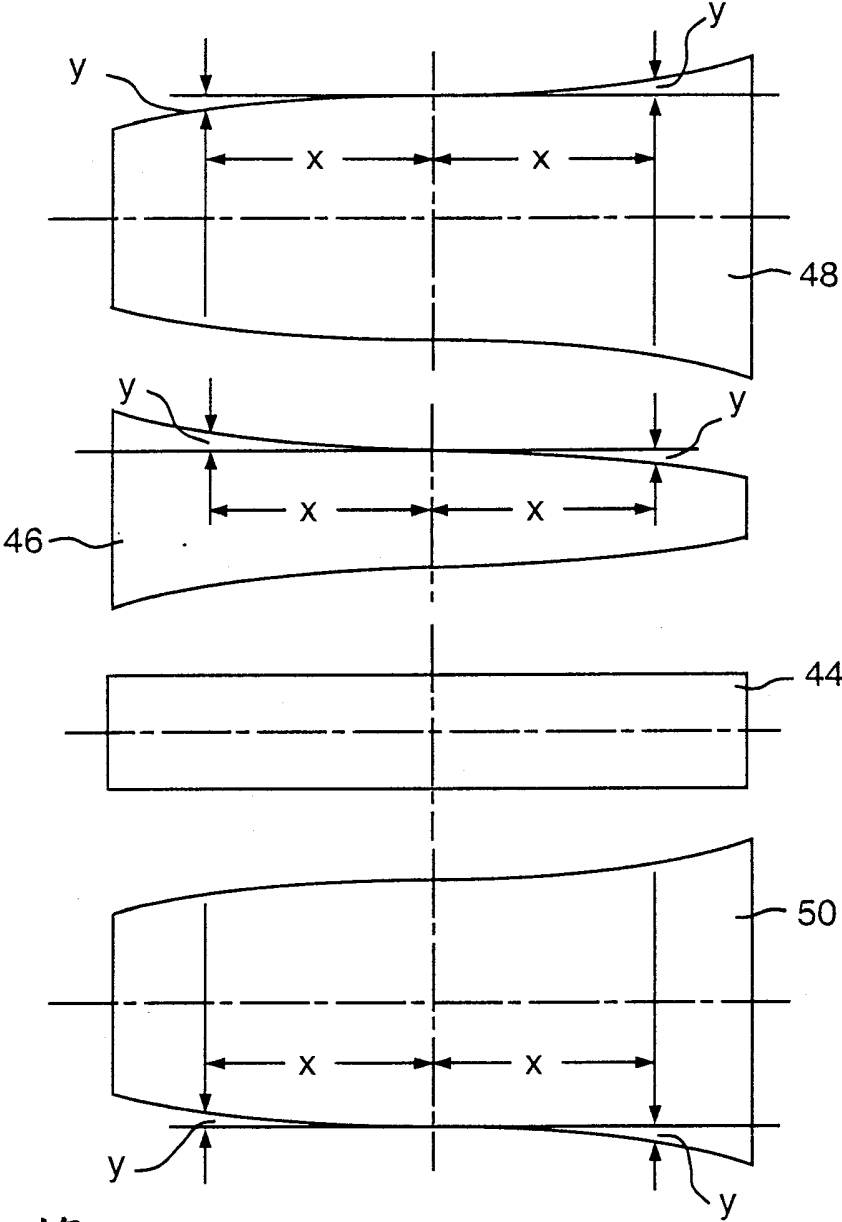
第 3a 圖



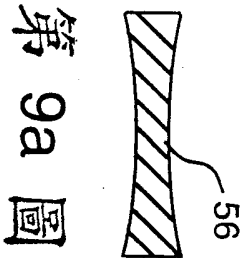
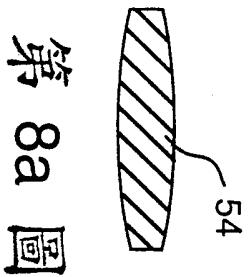
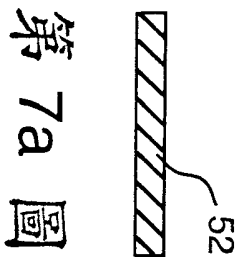
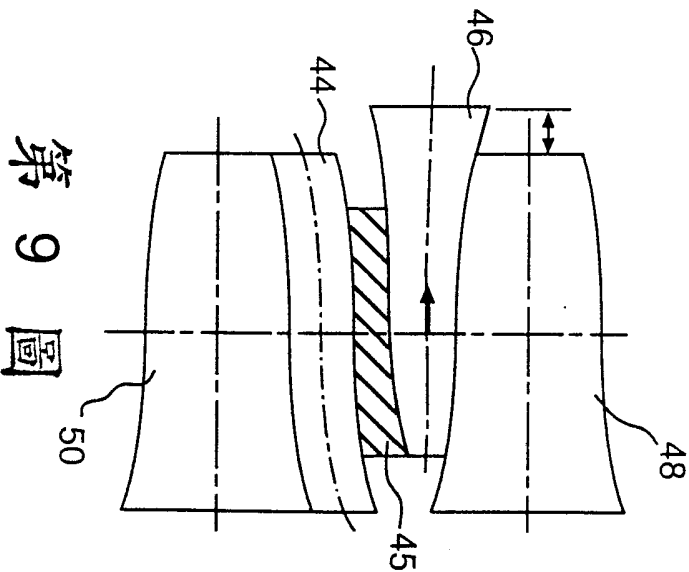
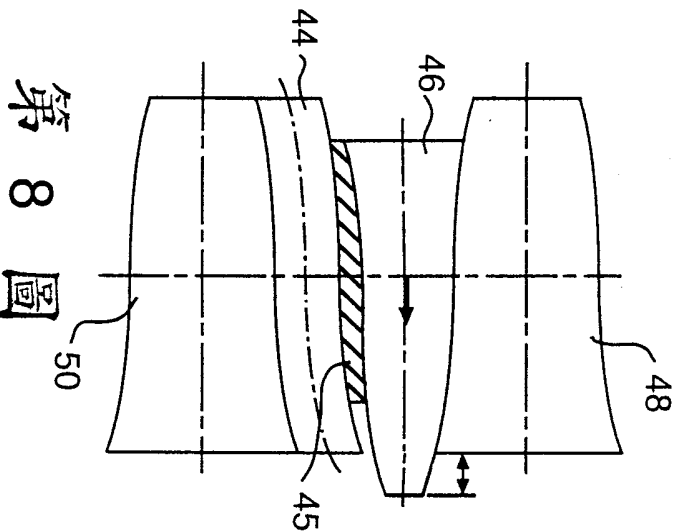
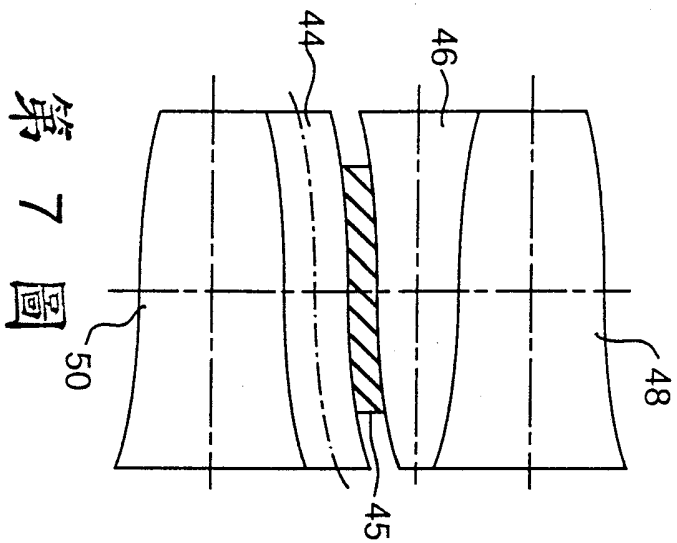
第 4a 圖

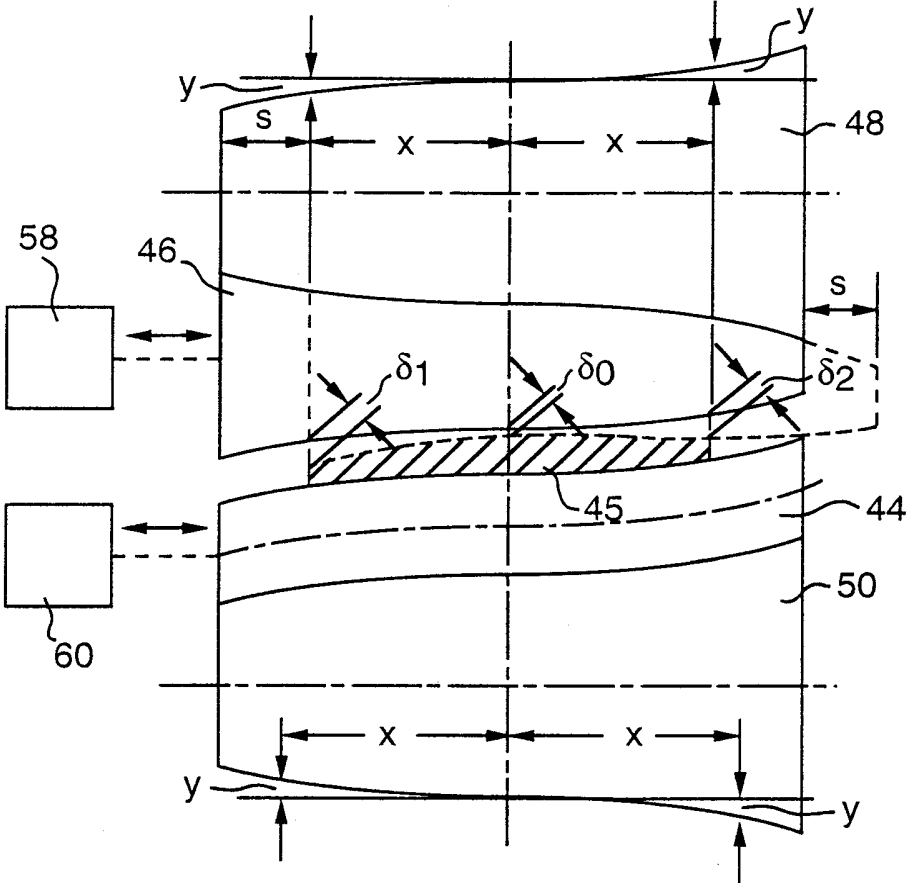


第 5a 圖

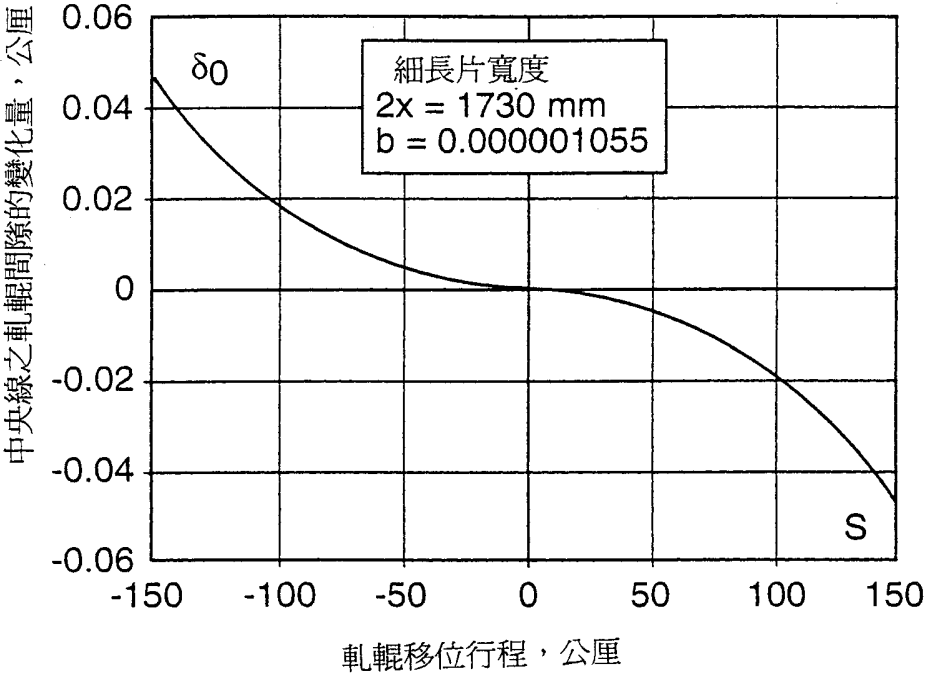


第 6 圖

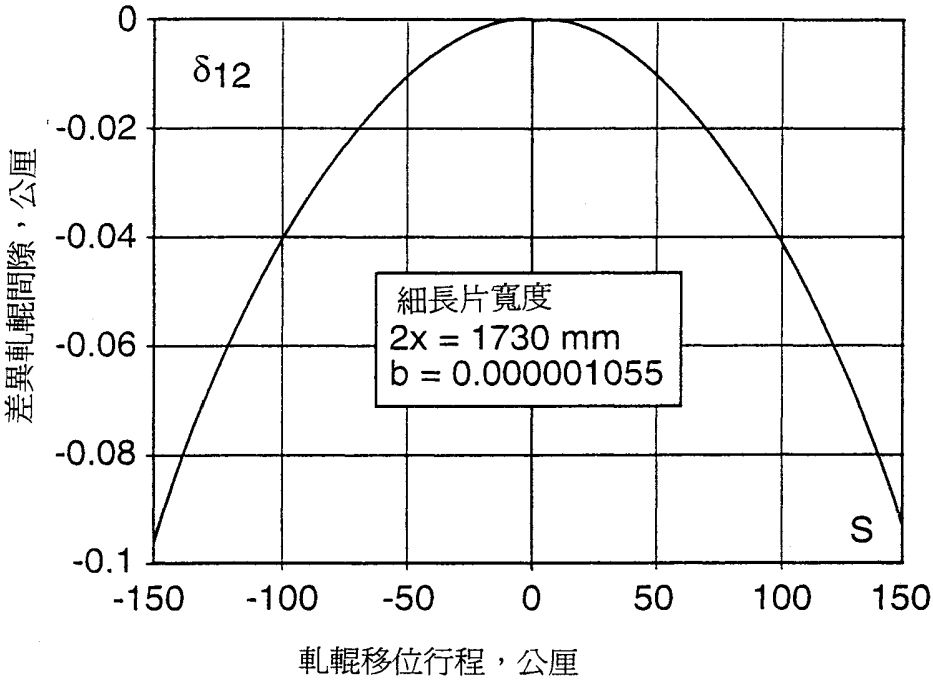




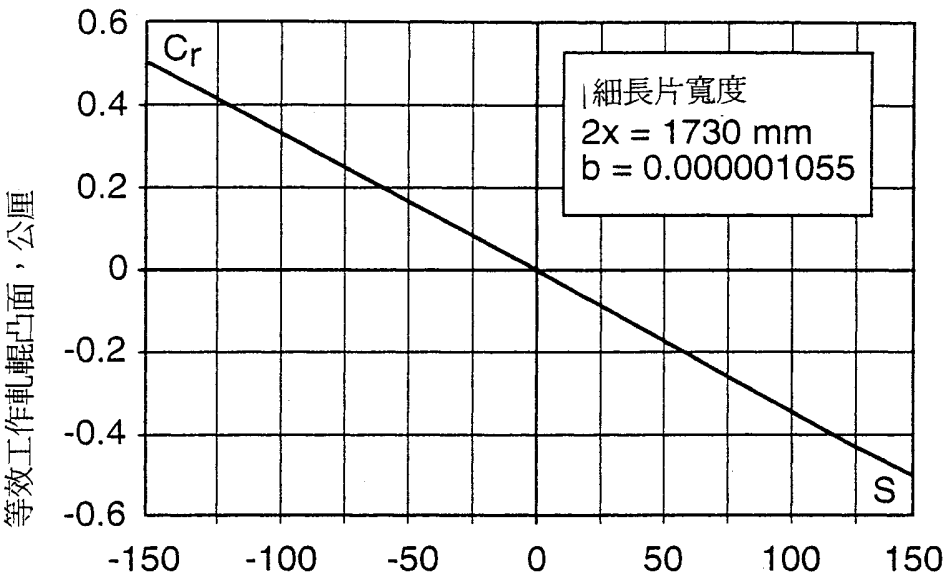
第 10 圖



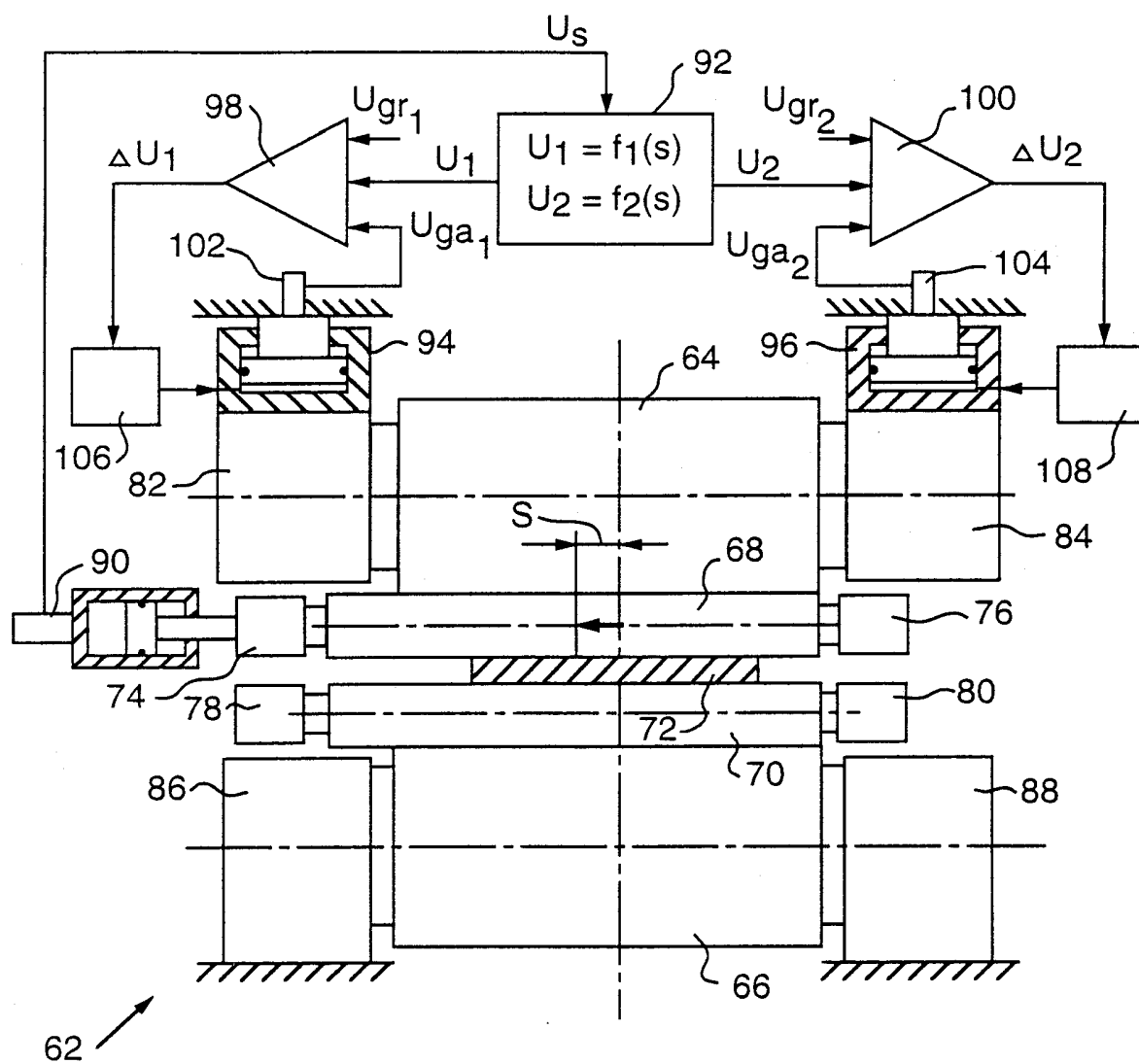
第 11 圖



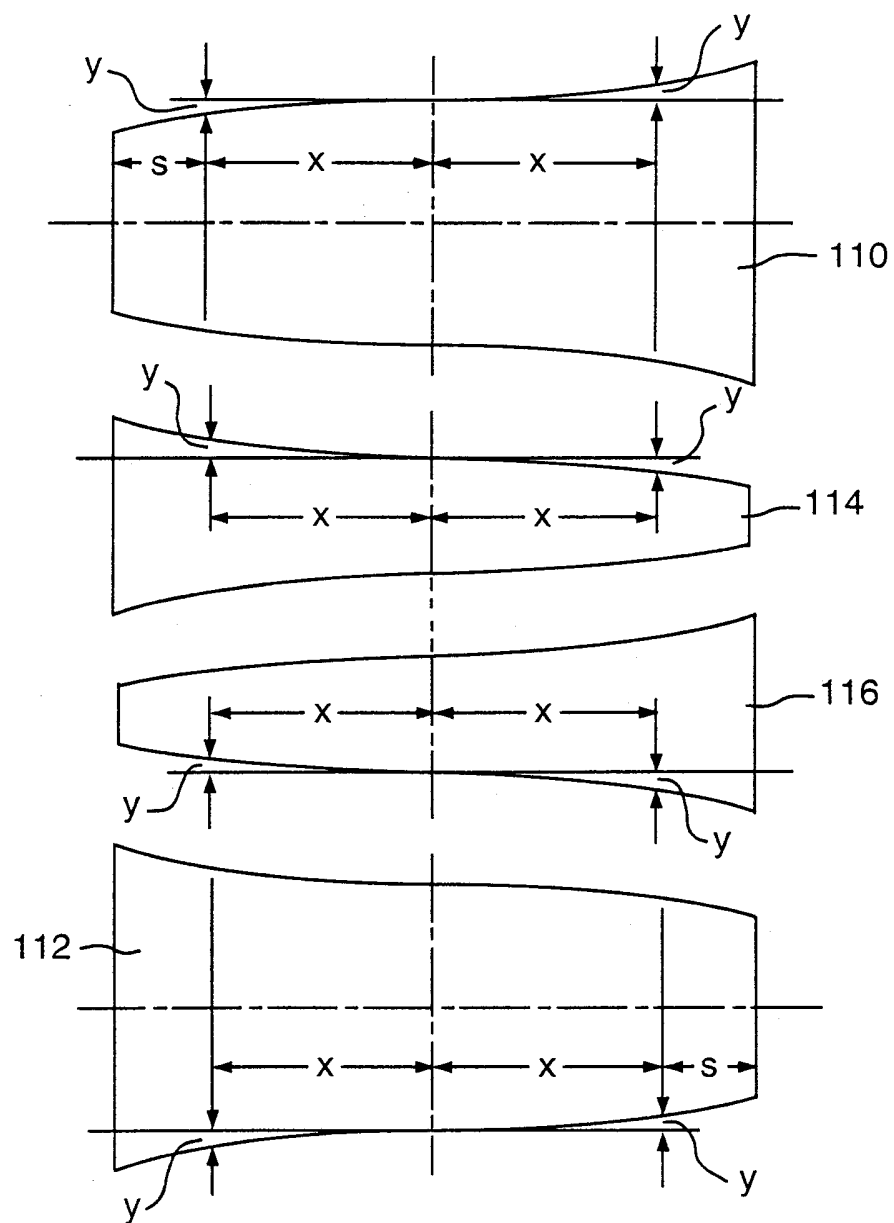
第 12 圖



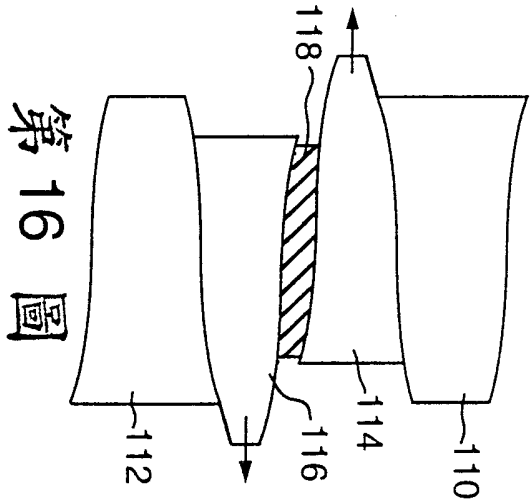
第 13 圖 軋輥移位行程，公厘



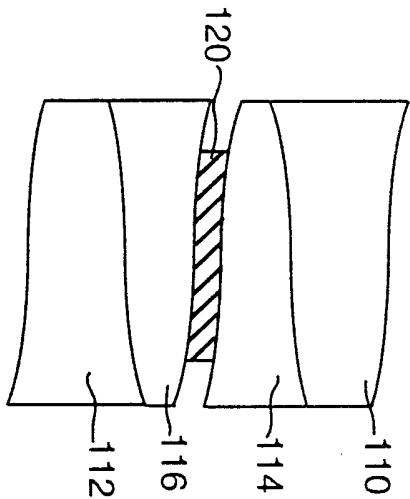
第 14 圖



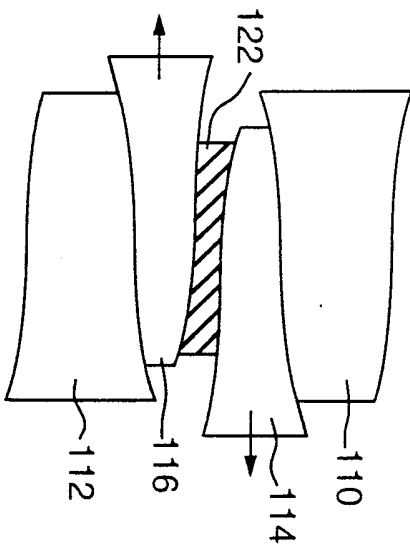
第 15 圖



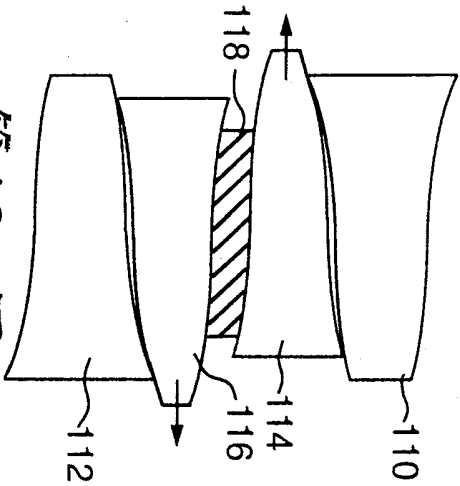
第 16 圖



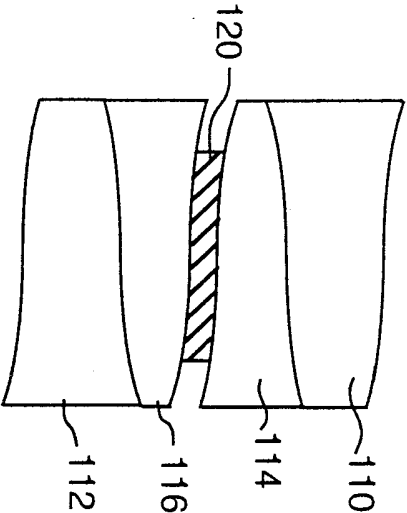
第 17 圖



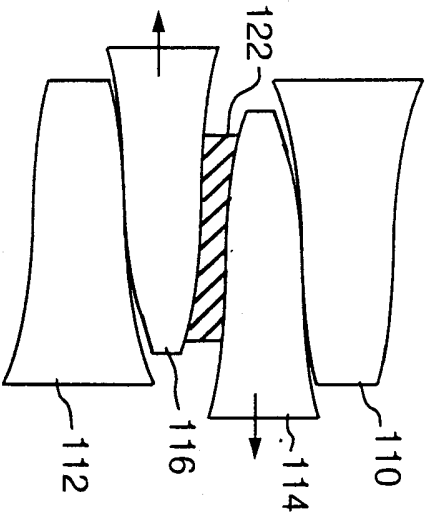
第 18 圖



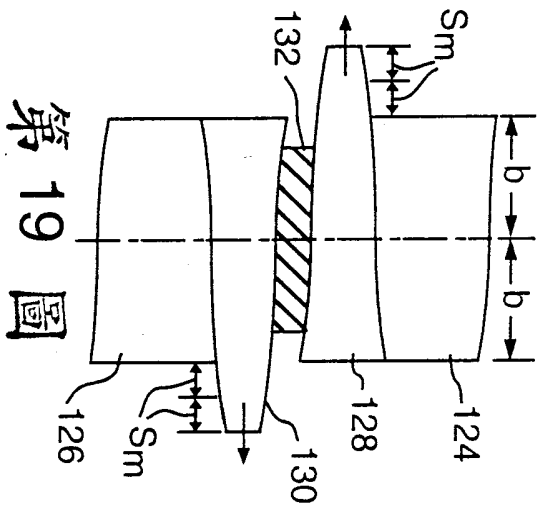
第 16a 圖



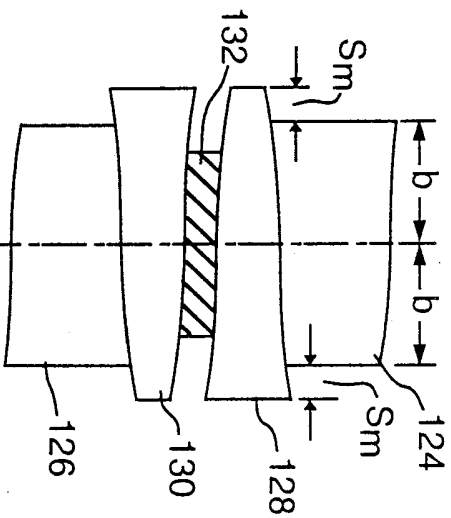
第 17a 圖



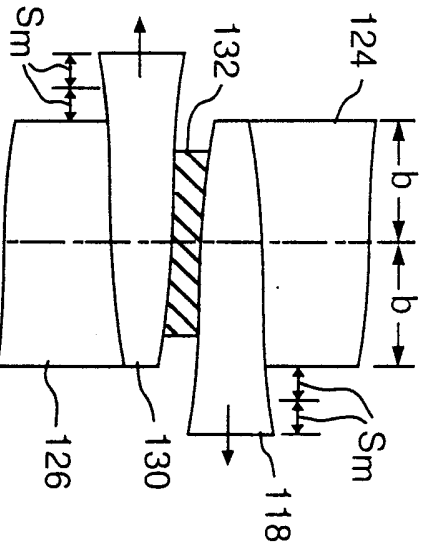
第 18a 圖



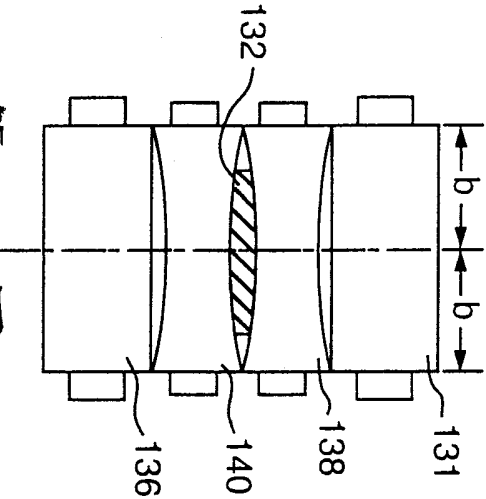
第 19 圖



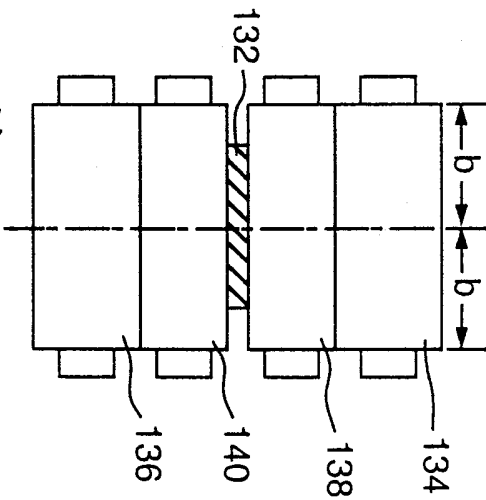
第 20 圖



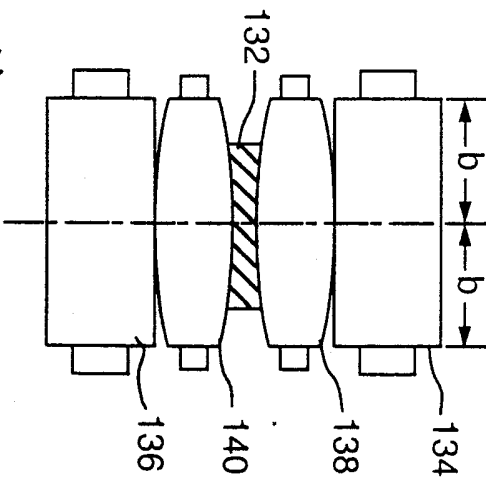
第 21 圖



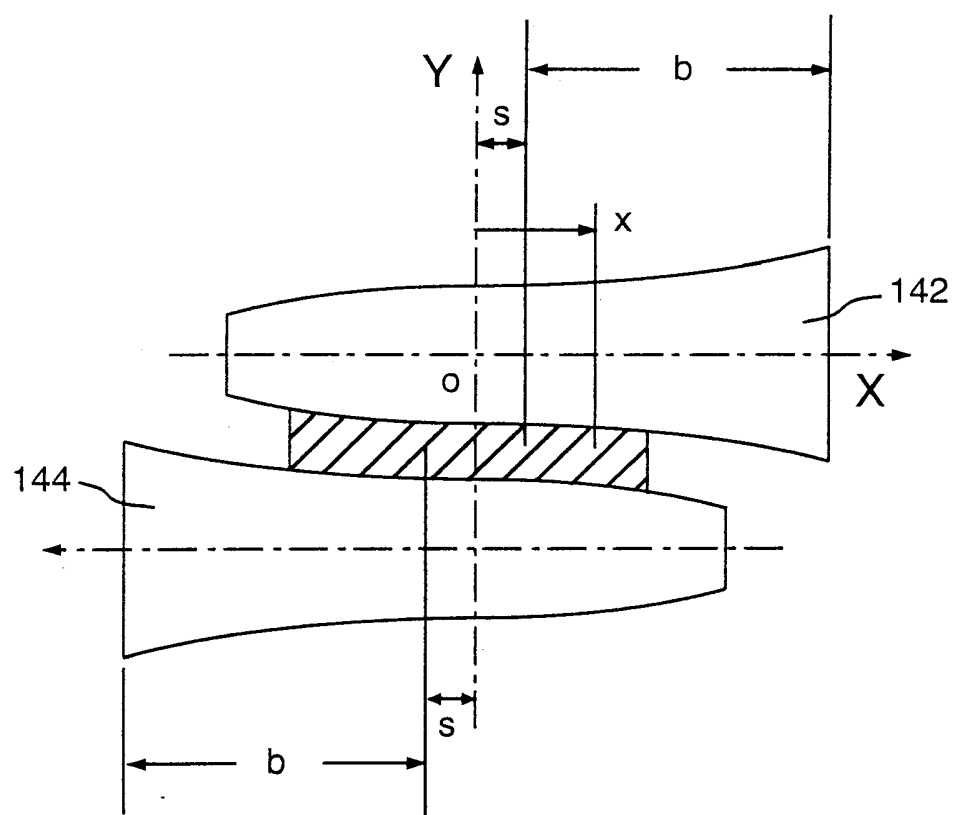
第 19a 圖



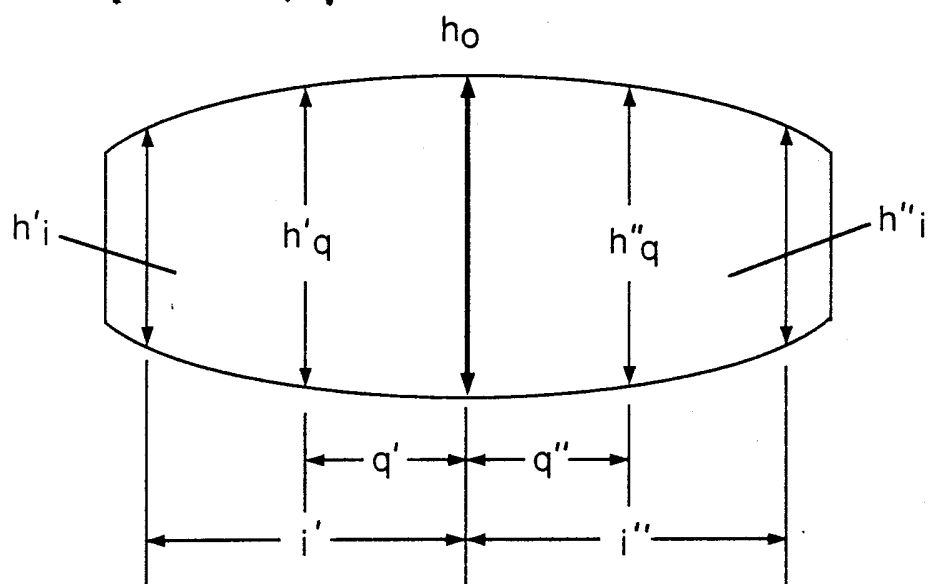
第 20a 圖



第 21a 圖

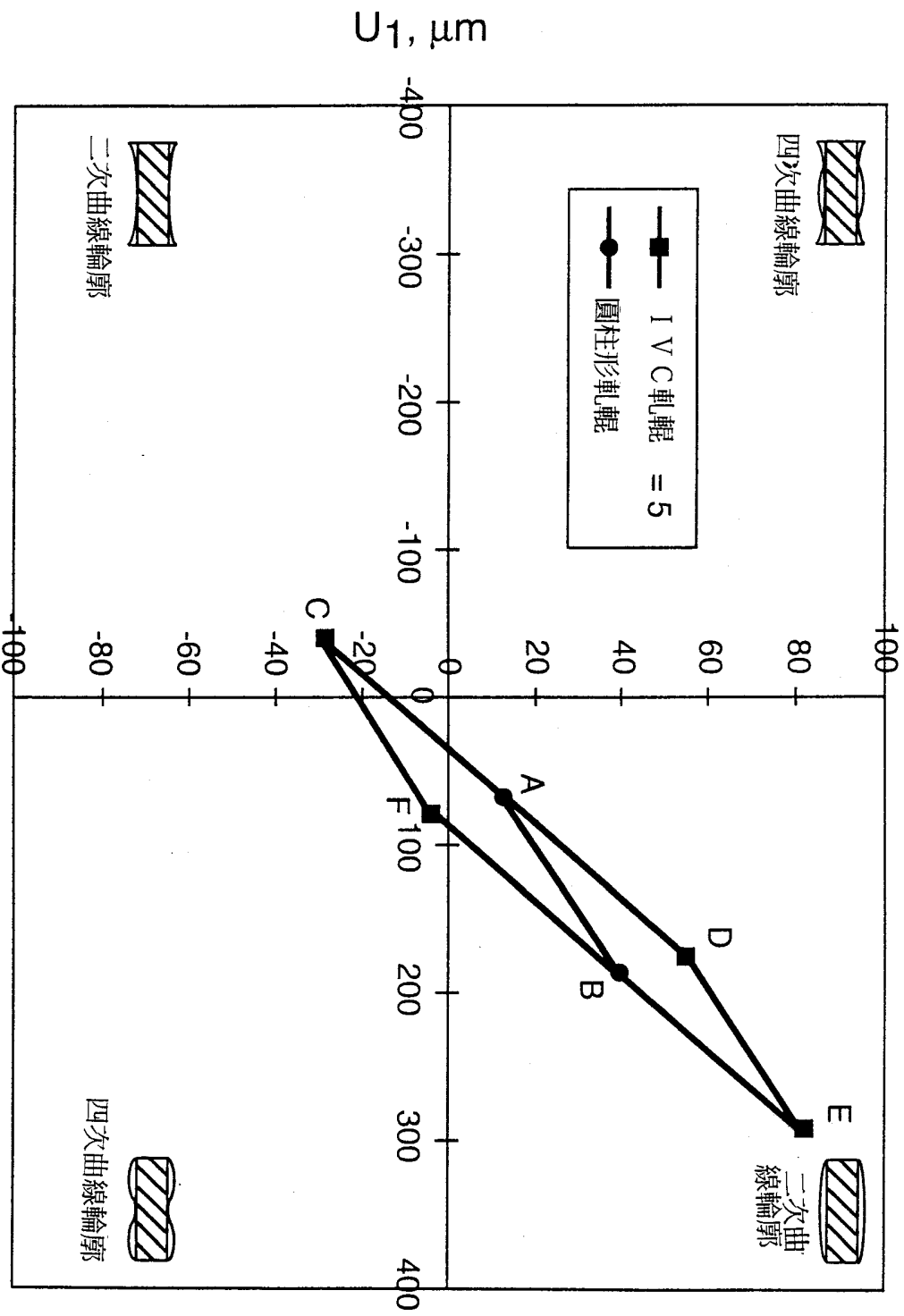


第 22 圖



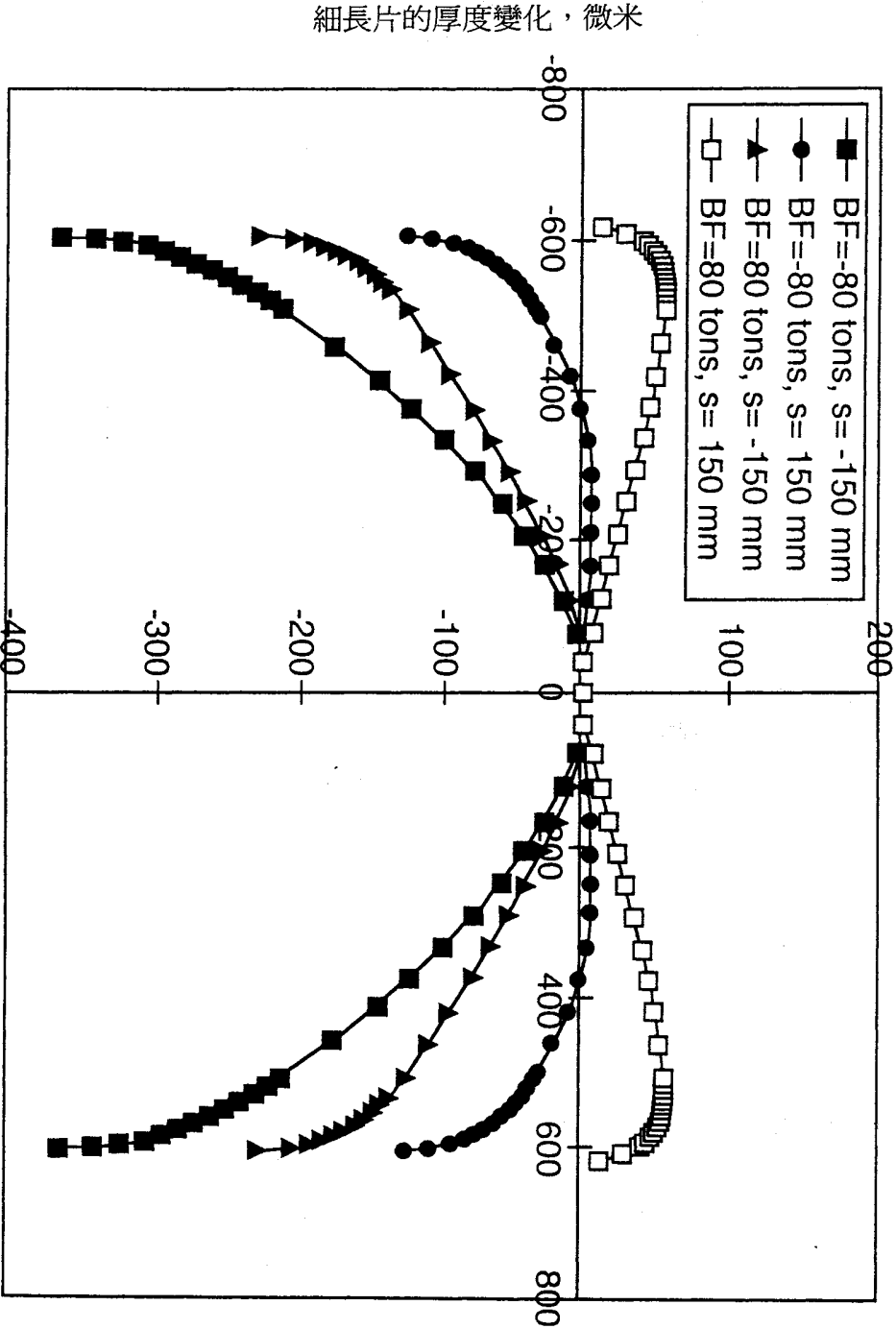
第 23 圖

細長片輪廓的包絡線



第 24 圖

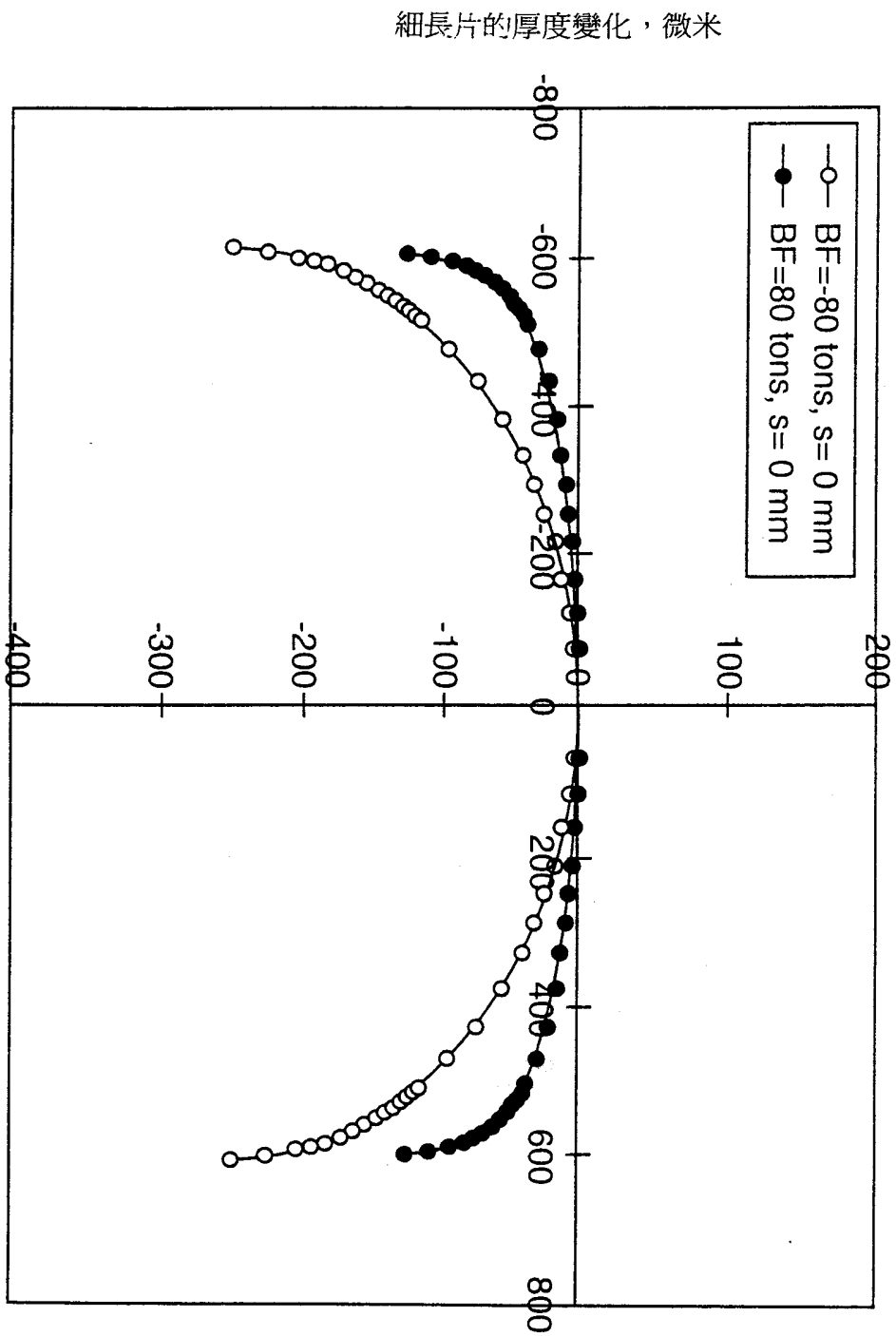
第4種狀況($n=5$)的4-hi IVC 滾軋機
($n=5$)



第25圖

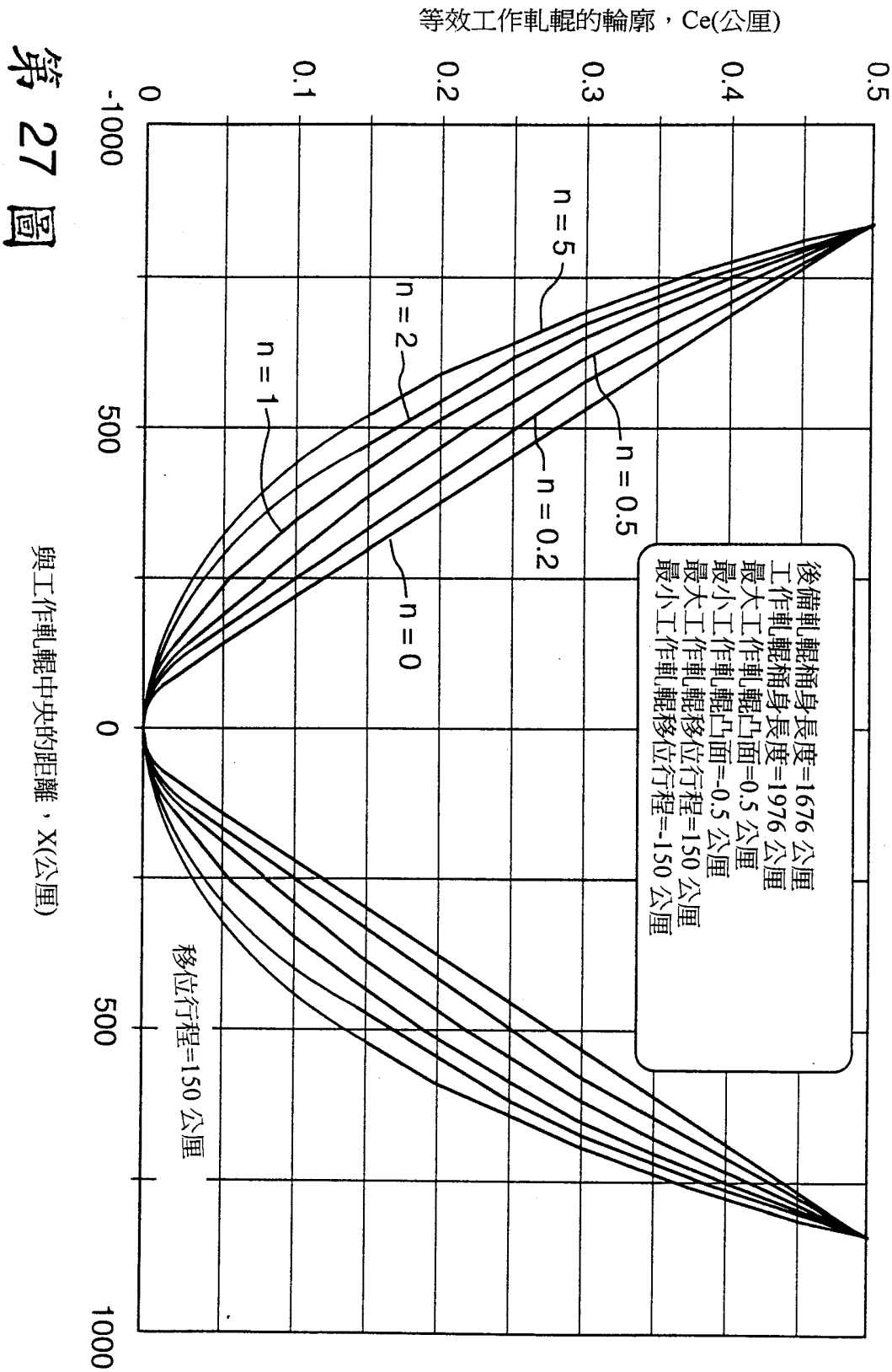
與中央的距離，公厘

具有圓柱形軋輥的 4-hi 滾軋機

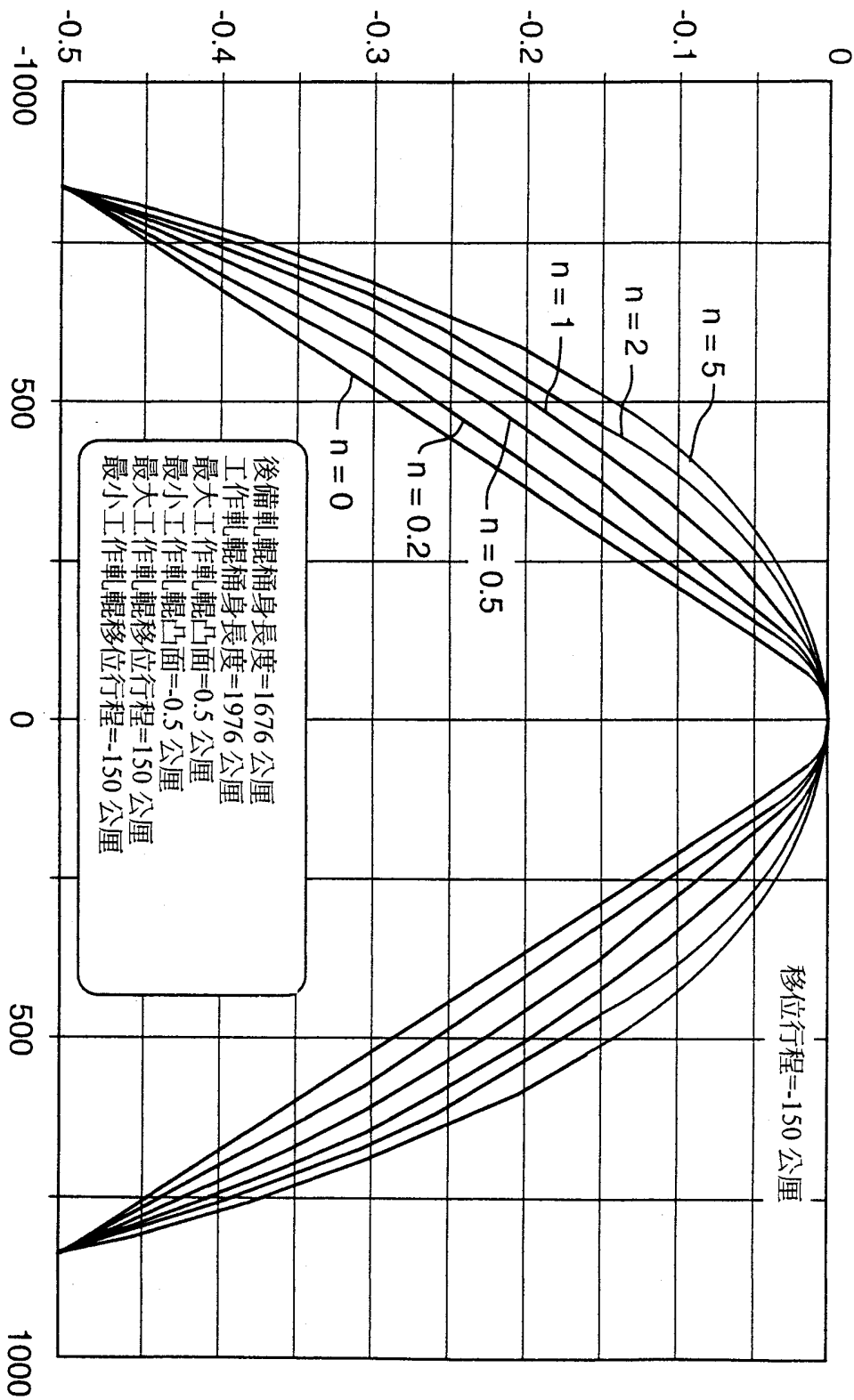


第 26 圖

與工作軋輥中央的距離，公厘

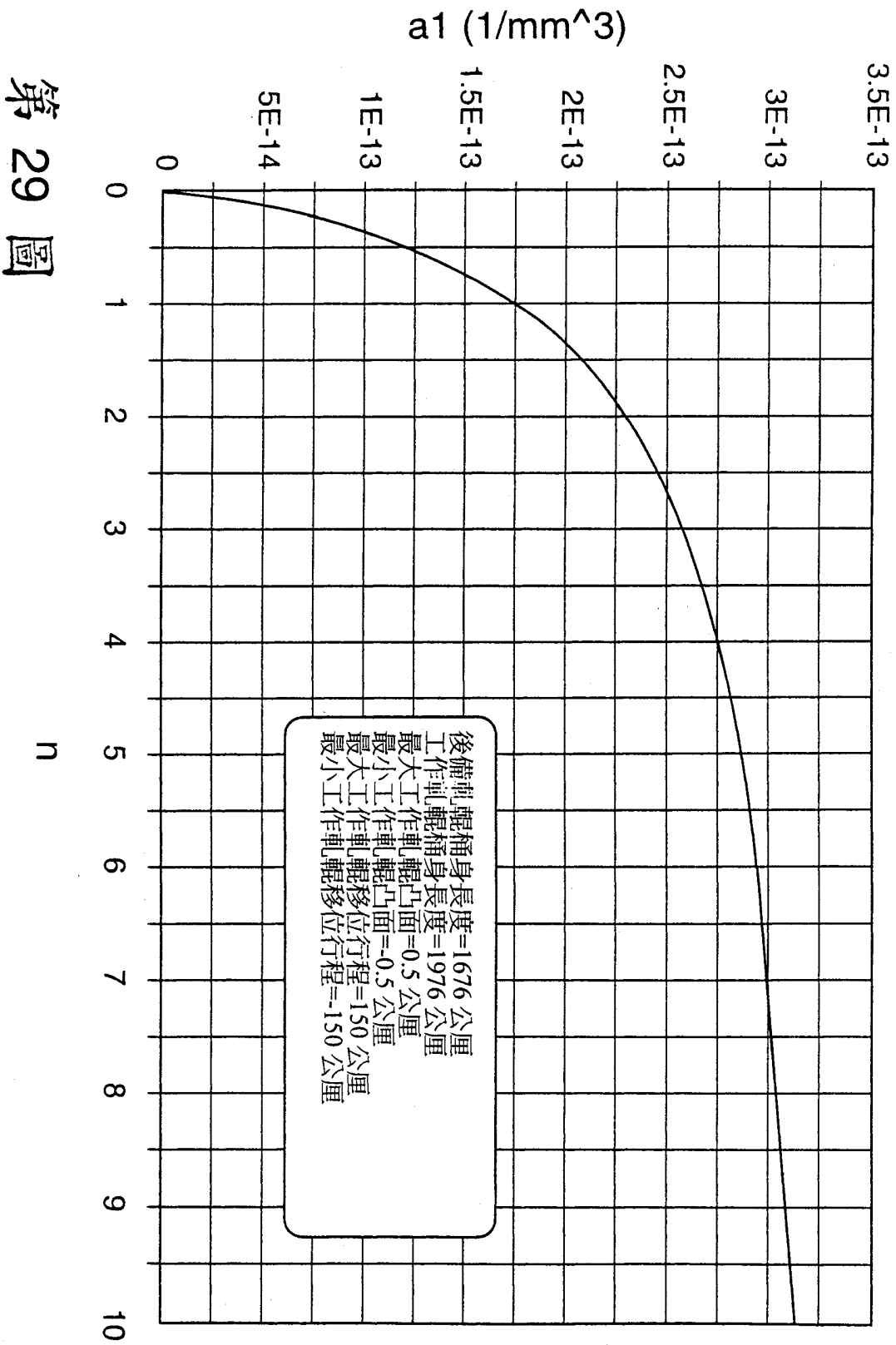


等效工作軋輥的輪廓，Ce(公厘)



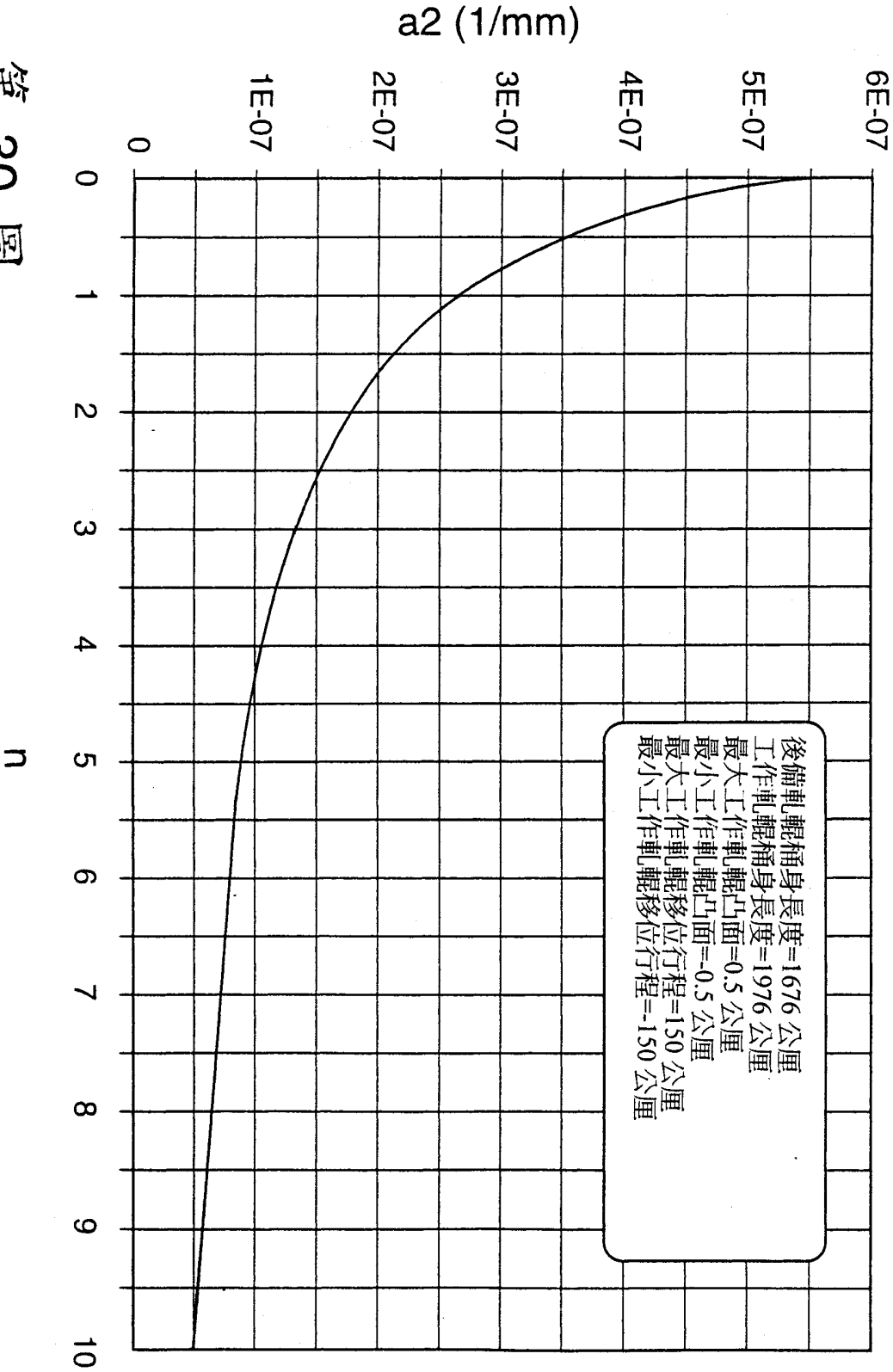
第 28 圖

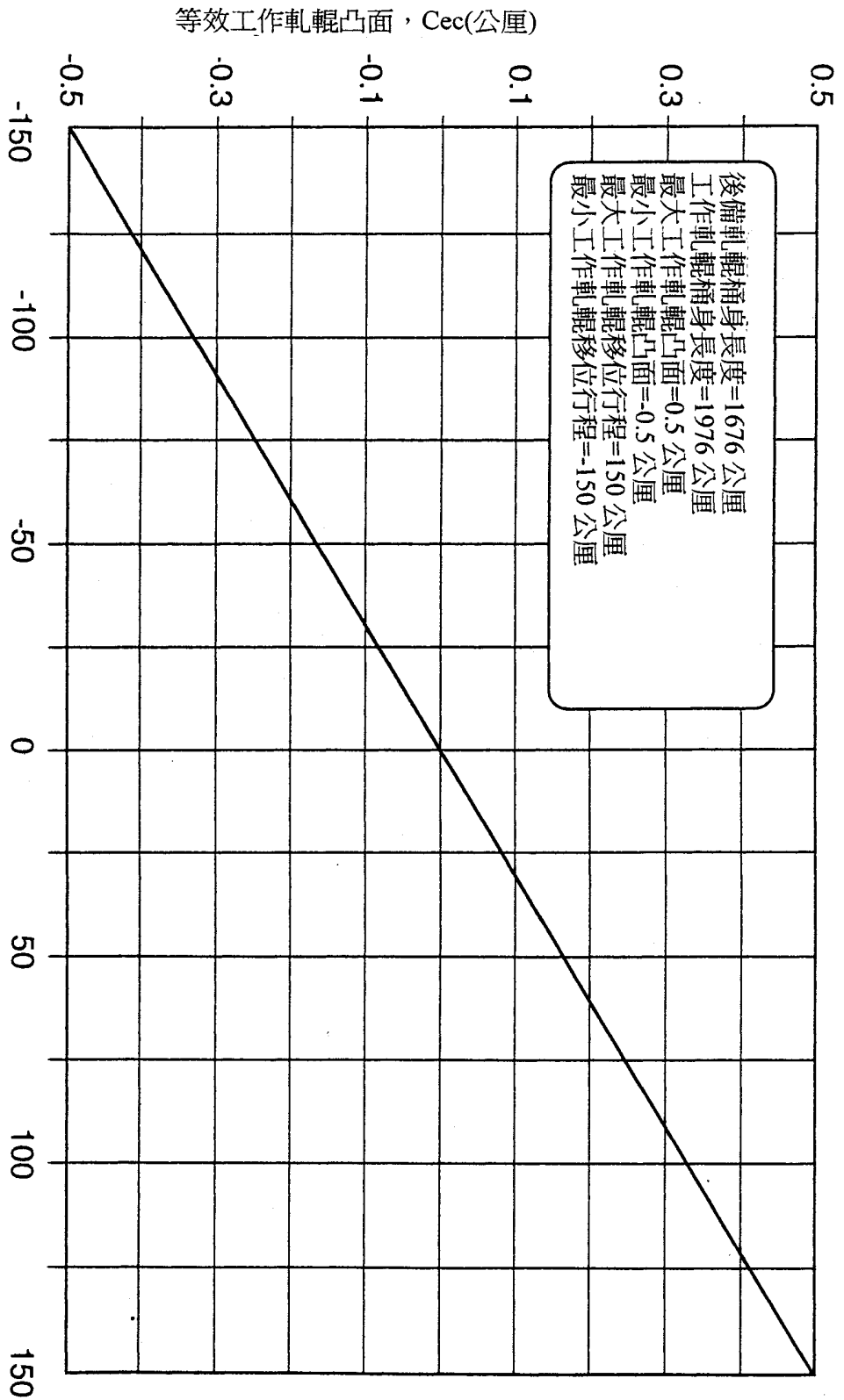
與工作軋輥中央的距離，X(公厘)



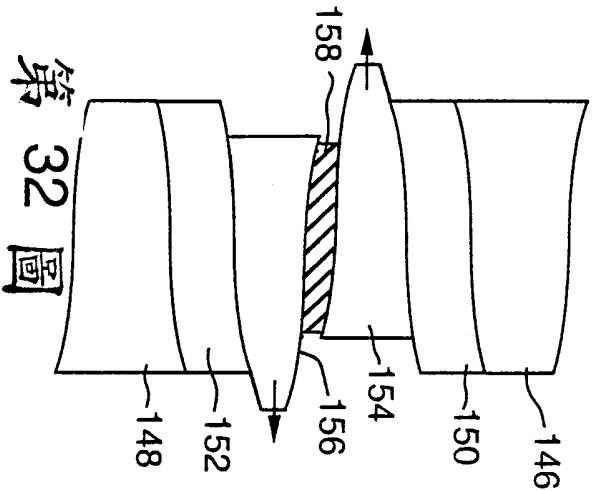
第 29 圖

第 30 圖

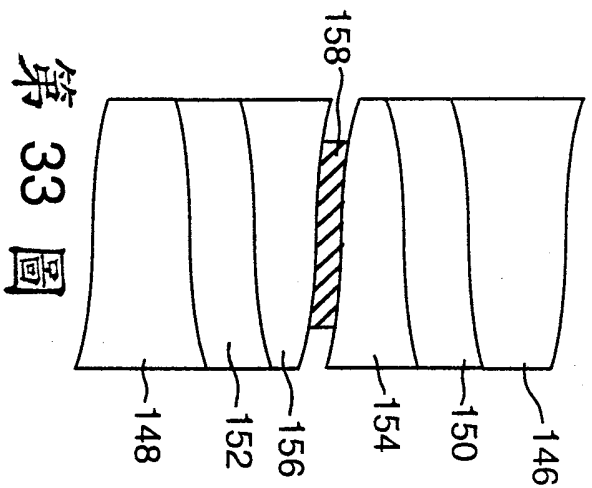




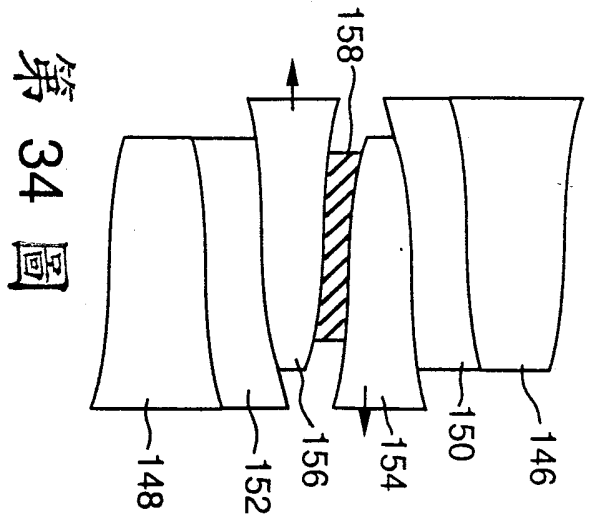
第 31 圖



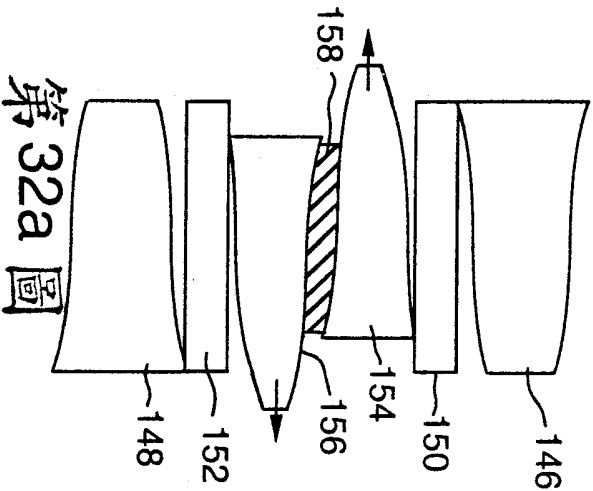
第 32 圖



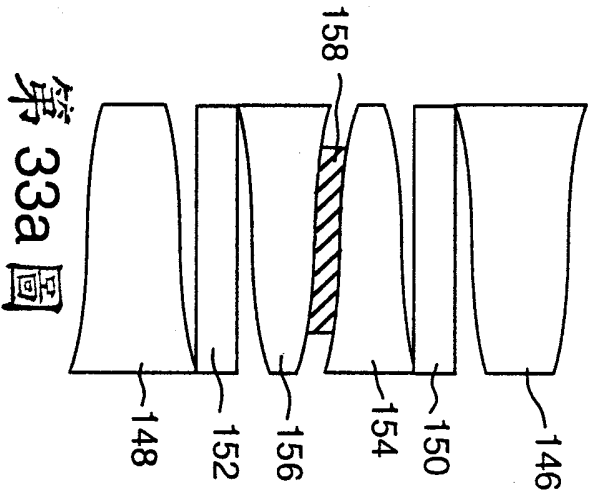
第 33 圖



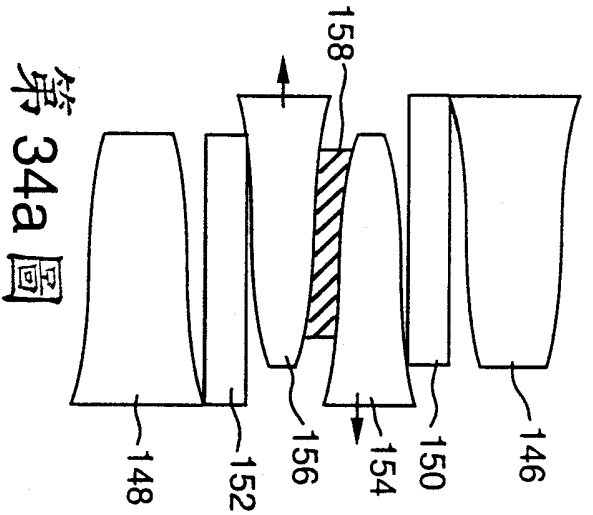
第 34 圖



第 32a 圖



第 33a 圖



第 34a 圖