



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I463104 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 01 日

(21) 申請案號：100134477 (22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 23 日

(51) Int. Cl. : F28F3/02 (2006.01) F28F3/12 (2006.01)

(30) 優先權：2010/09/29 世界智慧財產權組織 PCT/US10/50685

(71) 申請人：氣體產品及化學品股份公司(美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (US)  
美國

(72) 發明人：桑德 史瓦明納坦 SUNDER, SWAMINATHAN (US)；蓋許太 馬拉低米爾 耶利 GERSHTEIN, VLADIMIR YLIY (US)；妹斯基 喬治 阿米爾 MESKI, GEORGE AMIR (US)；哈頓 派翠克 亞蘭 HOUGHTON, PATRICK ALAN (US)

(74) 代理人：陳展俊；林聖富

(56) 參考文獻：

CN	1504717A	US	5031693
US	5529120	US	2002/0002853A1
US	2009/0260789A1		

審查人員：蔡豐欽

申請專利範圍項數：30 項 圖式數：3 共 34 頁

(54) 名稱

熱交換器穿洞鰭

HEAT EXCHANGER PERFORATED FINS

(57) 摘要

本發明係一種板鰭式熱交換器，其包含含鰭的摺疊鰭片，其中該鰭片包含多數穿孔，當此鰭片係呈展開狀時此多數穿孔係分成數平行排配置於該鰭片上，於該鰭片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍，而且該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度(=5°)。

A plate fin heat exchanger comprises a folded fin sheet comprising fins wherein the fin sheet comprises a plurality of perforations, such plurality of perforations are positioned on the fin sheet in parallel rows when such fin sheet is in an unfolded state, such parallel rows of perforations on the fin sheet comprise a first spacing between the parallel rows of perforations (S1), a second spacing between sequential perforations within the parallel row of perforations (S2), a third spacing (or offset) between the perforations in adjacent parallel rows of perforations (S3), and a perforation diameter (D), wherein the ratio of the first spacing between the parallel rows of perforations to the perforation diameter (S1/D) is in the range of 0.75 to 2.0, and wherein the angle between the fins and the parallel rows of perforations is less than or equal to five degrees (= 5°).

- 10 . . . 鳍片
- 20 . . . 穿孔
- 30 . . . 分隔板
- 40 . . . 分隔板
- 50 . . . 侧桿
- 60 . . . 侧桿

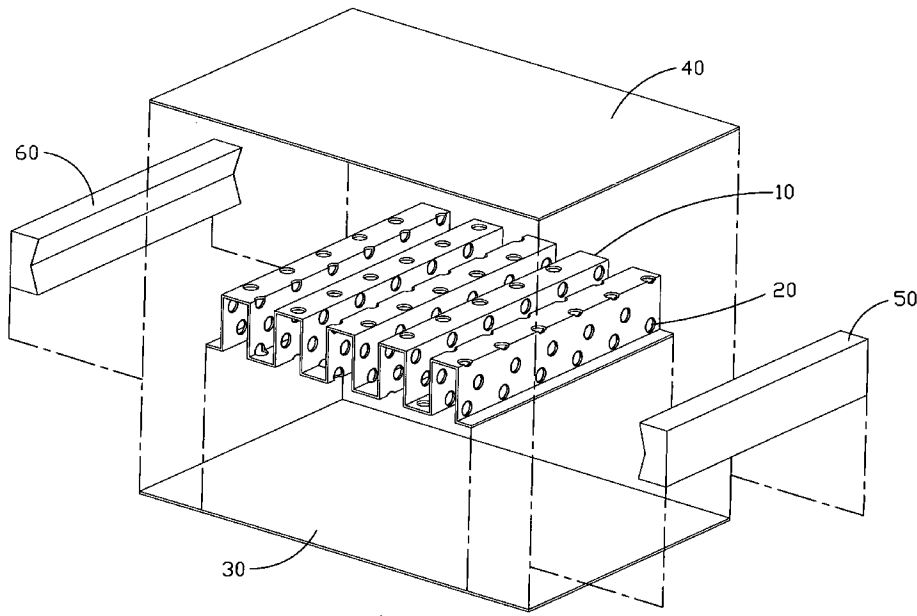


圖1

## 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100/34477

※申請日：2006.9.23

※IPC 分類：F28F3/02 (2006.01)

F28F3/12 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

熱交換器穿洞鰭

Heat Exchanger Perforated Fins

## 二、中文發明摘要：

本發明係一種板鰭式熱交換器，其包含含鰭的摺疊鰭片，其中該鰭片包含多數穿孔，當此鰭片係呈展開狀時此多數穿孔係分成數平行排配置於該鰭片上，於該鰭片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍，而且該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度(= 5°)。

### 三、英文發明摘要：

A plate fin heat exchanger comprises a folded fin sheet comprising fins wherein the fin sheet comprises a plurality of perforations, such plurality of perforations are positioned on the fin sheet in parallel rows when such fin sheet is in an unfolded state, such parallel rows of perforations on the fin sheet comprise a first spacing between the parallel rows of perforations (S1), a second spacing between sequential perforations within the parallel row of perforations (S2), a third spacing (or offset) between the perforations in adjacent parallel rows of perforations (S3), and a perforation diameter (D), wherein the ratio of the first spacing between the parallel rows of perforations to the perforation diameter (S1/D) is in the range of 0.75 to 2.0, and wherein the angle between the fins and the parallel rows of perforations is less than or equal to five degrees (= 5°).

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10 鱗片

20 穿孔

30 分隔板

40 分隔板

50 側桿

60 側桿

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

【無】

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明關於一種板鰭式熱交換器，其包含含鰭的摺疊鰭片。

### 【先前技術】

板鰭式熱交換器一般係用於程序流之間交換熱以達成加熱、冷卻、煮沸、汽化或凝結該等程序流的目的。在這些熱交換器中的加工條件可能涉及單相或二相流動和熱傳遞。儘管有些板鰭式交換器僅含有二流，但是其他者的多組板鰭式通道中含有多重流。個別流可從該熱交換器利用噴嘴和頭部饋入及抽出。各物流流入被分配於相鄰板鰭式通道組內的指定板鰭式通道中。該等個別板鰭式通道係裝在成對的分隔片(parting sheet)之間，藉由該等鰭將該等分隔片隔開而且藉由側桿和端桿將該等板鰭式通道圍在外表面上所以該等板鰭式通道可互相孤立並且可裝入感興趣的流體。當物流於不同溫度下在彼此相鄰的板鰭式通道中流動時，該等物流透過被稱作主要熱傳遞面的分隔片和隔開該等分隔片的鰭腳(fin leg)交換熱，該等鰭腳被稱作輔助熱傳遞面。

板鰭式交換器可藉由使用許多不同類型的鰭例如平的、穿孔狀、鋸齒狀和波浪狀形成。本發明之一具體實施例述及工業中已經在使用的穿孔鰭，但是以沒有效率的方式使用。根據本發明，具有穿孔鰭的板鰭式熱交換器在低

溫程序例如空氣分離中有特定的應用，但是在其他熱傳遞程序中也可使用這些板鰭式熱交換器。

當物流或流體進入板鰭式熱交換器通道時該板鰭式熱交換器通道由於眾所周知的進口效應而顯示高熱傳遞係數。後進口效應，該物流或流體將迅速達到穩態狀況伴隨更低許多的熱傳遞係數。特別是當該流動的特徵為擾動態或介於層流與擾動態之間的過渡狀態時，已知層流和黏滯邊界層會毗鄰該流體沿途流經的所有表面形成。總體效應係為了降低此交換器中的平均熱傳遞係數。該較低的熱傳遞係數條件可透過各式各樣的手段例如，舉例來說，於該等鰭中引進穿孔或鋸齒形突起周期性地擾動此邊界層而至少部分逆轉。於該等鰭中引進穿孔或鋸齒形突起將提高熱傳遞性能，但是，此引進動作也提高壓損及，因此，該等鰭中的穿孔或鋸齒形突起的幾何形狀和佈置對於達成改良性能很重要。其於穿孔鰭的案例中特別重要，因為當其擾動此流而導致該等穿孔近端的局部熱傳遞係數提高時，於該等鰭中引進穿孔也造成原始材料的表面積損失，要不然其將有益於該熱交換器的總體熱傳遞。另外，舉例來說，以穿孔方式移除金屬會大幅降低剩餘材料的強度。因此，藉由使用穿孔鰭改良板鰭式熱交換器性能的問題被複雜化了而且特別重要的是安排應用此等穿孔的幾何形狀和佈置以達成改良性能。

歷史上，有關板鰭式熱交換器的刊物提供總體幾何形狀的一般性描述及用於板鰭式熱交換器製造的基本方法。

儘管這些刊物討論板鰭式熱交換器的許多構成零件、其彼此的關係及其如何組裝及鈎接在一起，這些刊物有簡短提及這樣的板鰭式熱交換器中可應用的穿孔鰭的描述。即使是在有揭示一些象徵性細節的案例中，該等刊物全然未討論到使用任何較佳幾何形狀和型式。

舉例來說，在“Aluminum Brazed Plate Fin Heat Exchangers for Process Industries,” Compact Heat Exchangers for the Process Industries 的一章，由 R.K. Shah 編著，the International Conference for the Process Industries 的議程，1997 年 6 月 22 至 27 日，於猶他州，煙草島，Cliff Lodge and Conference Center 舉辦，由 Sumitomo Precision Products (SPP) 的 Shozo Hotta 發表，由 SPP (此類熱交換器之一主要供應商) 製造的板鰭式熱交換器的一般性描述，中有揭示。明確地說，在此參考資料第 181 頁的圖 4 提供包括穿孔鰭的常見鰭型的像片實證。如其中描述和教導的，該等穿孔鰭係藉由摺疊帶有規則穿出的小圓形開口或相較於扁平片上的穿孔主軸角度有點大的穿孔之板而形成。然而，沒有提出進一步的細節。

此製造方法在工業中用以將總體成本最少化非常常見。有些標準穿孔片材可用以製造帶有變化尺寸的廣大範圍成品鰭。然而，此類型的穿孔鰭製造方法導致該等穿孔不規則佈置於該等鰭上，造成該等穿孔鰭的性能不足。

美國專利第 6,834,515 B2 號，發明名稱“Plate Fin Exchangers with Textured Surfaces,” 准予 Sunder 等人，也



有揭示多種不同穿孔鰭。該 Sunder 的專利教導應用表面紋理以增進其他穿孔鰭的性能。該 Sunder 專利的圖 2B 舉例說明帶有沿著該等鰭的頂部和側面的一排穿孔的示範鰭，其中該等穿孔從側面對齊。該 Sunder 專利的實施例 1 描述該等穿孔鰭具有約 10% 的開口面積。然而，關於該等穿孔並未提供其他細節。

美國專利第 5,603,376 號，發明名稱“Heat Exchanger for Electronics Cabinet,”准予 Hendrix，描述供氣候耐牢的密封電子裝置外殼與外界環境之間的被動熱交換用的熱交換器。該 Hendrix 專利的圖 2 顯示熱產生側鰭 21，其內含有穿孔 25。該 Hendrix 專利教導藉由將穿孔片材打摺或摺疊而形成鰭 21。據稱該等穿孔與該等摺痕的方向垂直。該 Hendrix 專利的圖 2 舉例說明該等穿孔為沿著鰭 21 的側面的單一排穿孔，但是，可能形成波的谷或峰的底側上沒顯示穿孔。再者，該 Hendrix 專利沒有提供關於該等穿孔部位的教導。

在“Three-dimensional numerical simulation on the laminar flow and heat transfer in four basic fins of plate-fin heat exchangers”，由 Y. Zhu 和 Y. Li 編著，Journal of Heat Transfer，2008 年 11 月，第 130 卷，111801-1 至 8 頁中，有揭示進行了關於 4 個試樣(平的、穿孔狀、條紋偏移(另一種鋸齒狀的說法)和波浪鰭)的性能之計算流體動力學(CFD)為基礎的運算。該 Zhu 和 Li 論文列舉許多以壓縮熱交換器為基礎的重要刊物，其顯現出來的原因是其係最先

被介紹，並且陳述，“據作者所知，文獻中並不太注意於該等穿孔鰭中的完全三維流動和熱傳遞”。

這樣的陳述很明顯而且似乎支持並導致申請人的結論，換言之在關於穿孔鰭的工藝中已知的那些只是次最佳。

關於比較四類型鰭的部分，該 Zhu 和 Li 論文的作者藉由指定的示範穿孔鰭幾何形狀進行 CFD 運算。為了使計算尺寸和時間保持合理性，作者僅把該論文第 2 頁圖 2a 和 2b 中舉例說明的最小重複結構考慮在內。該穿孔鰭的示範截面圖表示鰭的一半波長，其包括頂部和底部鰭長度各自的一半及一個全鰭高度。這些接著全沿著流動長度包括於頂部和底部上的一系列半穿孔及於該鰭高度上的一系列全穿孔。全結構，圖 1D 中也有舉例說明，正好相當於沿著流動長度的各個鰭通道頂部、底部和側面的一排穿孔，其全都從側面對齊。該等穿孔的直徑如表 1 舉例說明為 0.8 mm 而且沿著該等鰭的穿孔間隔可從圖 6C 和 7C 推論從中心至中心看起來大約 1.4 mm。此穿孔的頻率表示只有該等板鰭式通道上大約 16% 開孔面積(亦即，該 Zhu 和 Li 論文為了測定開孔面積並未將該等鰭頂部或底部的穿孔計算或考慮在內因為該等鰭的頂部和底部被該等分隔片蓋著)。在表 1 中在規格欄下舉例說明此開孔測定結果。這樣的式樣能算出在該平穿孔片形成鰭之前於該平穿孔片上大約 20% 開孔面積。此幾何形狀似乎表示作者選擇展示而沒有指出或教導就穿孔式樣和幾何形狀的觀點來看他們認為可能較佳的是什麼的典型案例。

因此，上文所述的該一指定示範穿孔鰭幾何形狀僅為作者用以與該四類型鰭(平的、穿孔狀、條紋偏移和波浪型)做比較的代表性穿孔鰭。作者展示的式樣和幾何形狀與本發明所教導的那些並不相同。

總而言之，先前關於穿孔鰭的描述關於板鰭式交換器中使用的穿孔鰭幾何形狀之細節的概要。而且即使是列舉該幾何形狀的多個方面例如開孔面積，也沒有教導如何配置該等穿孔或如何挑選最適於該等穿孔的幾何形狀以獲得最佳性能以便使該等板鰭式熱交換器的總投資及操作成本降至最低。

吾人所欲為提高板鰭式熱交換器的效率及改良其性能。

另外為了改善該熱傳遞效率吾人所欲為改善於板鰭式交換器的板鰭式通道內的單相流之擾動特性。

又另外吾人所欲為擁有對於低溫應用，例如於空氣分離中使用者，及對於其他熱傳遞應用能顯現高性能特徵的板鰭式交換器。

又另外吾人所欲為擁有利用比先前揭示更密集及/或更有效率的板鰭式交換器之更有效率的空氣分離程序。

又另外吾人所欲為擁有將該等熱交換器的尺寸、重量及/或成本減至最低的板鰭式交換器設計，其將造成更有效率及/或每單位量製造的產物更不貴的空氣分離程序。

又另外吾人所欲為擁有板鰭式熱交換器的裝配方法，該方法使用帶有穿孔式樣和提供比先前揭示的鰭更佳

性能的幾何形狀之鰭，而且該方法克服先前揭示的鰭的缺點以提供更佳且更有利的結果。

### 【發明內容】

所揭示的具體實施例藉由提供用於板鰭式熱交換器中的鰭穿孔的新穎式樣和新穎幾何形狀以使於容許壓降範圍內的總體熱傳遞性能最大化而滿足此技藝的需求。此鰭穿孔的新穎式樣和新穎幾何形狀超越以前揭示的鰭式樣和幾何形狀的益處包括：(1)體積的顯著縮減；(2)熱傳遞效率的顯著提高；(3)壓降損失的顯著縮減；或(4)因素(1)至(3)的一些明智組合以致於該熱交換器系統的總體投資和操作成本縮減，藉以也縮減利用此熱交換器系統的程序的投資和操作成本。

儘管被包括於本文所揭示的具體實施例主要針對簡易式鰭(easyway fin)，其中流動大半與鰭流動通道平行，但是這些教導也可應用於分配鰭，其同時進行一些熱傳遞功能及其中流動主要，但並非完全，與鰭流動通道平行。文中所揭示的具體實施例特別適用於該等流體流經歷熱傳遞而不會於該板鰭式交換器(舉例來說，含有帶文中所揭示的穿孔式樣和幾何形狀的鰭通道)的板鰭式通道內之流動長度的至少 80%區域內，更佳地於該流動長度的至少 90%區域內，及最佳地於該流動長度的 100%區域內發生相變化的應用。

在第一個具體實施例中揭示一板鰭式熱交換器，其包

含一摺疊鰭片，該摺疊鰭片包含具有一高度、一寬度和一長度的鰭，該摺疊鰭片被配置於第一分隔片與第二分隔片之間；及一第一側桿及一第二側桿，其中該第一側桿被配置於該第一分隔片與該第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第一側，及其中該第二側桿被配置於該第一分隔片與第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第二側，藉以形成板鰭式通道的至少一部分；其中該鰭片包含多數穿孔，當此鰭片係呈展開狀時此多數穿孔係分成數平行排配置於該鰭片上，於該鰭片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍，及其中該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度(= 5°)。

在第二個具體實施例中揭示一種依據第一個具體實施例之板鰭式熱交換器中的至少二物流之間交換熱的方法，其中至少一物流進行熱傳遞而不會於該等板鰭式通道長度的至少 80%區域內發生相變化，及其中該至少一物流的雷諾數(Reynolds Number)係在 800 至 100,000 的範圍中而且更佳地在 1,000 至 10,000 的範圍中。

在第三個具體實施例中揭示一種藉由低溫蒸餾從空氣分離氮、氧及/或氫的方法，其利用依據第一個具體實施例之板鰭式熱交換器，其中至少一物流進行熱傳遞而不會

於該等板鰭式通道長度的至少 80%區域內，更佳地於該等板鰭式通道長度的至少 90%區域內，及最佳地於該等板鰭式通道長度的 100%區域內發生相變化。

在第四個具體實施例中揭示一種板鰭式熱交換器的製造方法，其包含下列步驟：提供至少一穿孔片，該至少一穿孔片包含分成數平行排配置的多數穿孔，其中於該穿孔片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍；將該至少一穿孔片摺疊成鰭以形成摺疊穿孔片以致於該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度(= 5°)；將第一側桿置於毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一側，第二側桿毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二側，第一分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一端，第二分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二端，第一端桿毗鄰該第一分配鰭，及第二端桿毗鄰該第二分配鰭以形成一預備板鰭式通道；將步驟(c)的預備板鰭式通道置於第一分隔片與第二分隔片之間藉以於其間形成板鰭式通道；結合步驟(d)的板鰭式通道與其他板鰭式通道以形成該板鰭式熱交換器；及鈎接該板鰭式熱交換器。

#### 【實施方式】

本發明之一具體實施例關於板鰭式交換器，其包含於該等板鰭式通道至少一部分中的穿孔鰭，並且關於此等板鰭式交換器的裝配方法。該等穿孔鰭係利用平穿孔片裝配。所形成的鰭與該扁平片上的穿孔式樣有特殊關係。儘管有些板鰭式通道具有前述鰭，但是其他板鰭式通道可能具有不同類型的鰭，包括平的、穿孔狀、條紋偏移和波浪形，舉例來說。包含此等穿孔鰭的板鰭式熱交換器於低溫程序例如空氣分離中具有特定用途，但是其也可用於其他熱傳遞程序。

參照圖 1，本發明的板鰭式熱交換器包含數個板鰭式通道，其中某些係藉由將至少一鰭片 10 置於分隔片或板 30,40、側桿 50,60、分佈鰭(未顯示但是此技藝中一般都知道)及端桿(未顯示但是此技藝中一般都知道)之間製成。這些板鰭式通道於此等板鰭式通道至少一部分中包含特殊式樣的穿孔 20。

在被形成如圖 1 鰭片 10 之前，該鰭片 10 係由金屬例如鋁、銅、另一合金或此技藝中習知之用於製造鰭的任何其他導熱材料製成的扁平片。該扁平鰭片 10，如圖 2 中舉例說明的，包含該等穿孔 20。該扁平片具有含數個平行排穿孔 100,200,300 的特殊穿孔式樣，而且各平行排 100,200,300 包含穿孔 1A,1B,1C; 2A,2B,2C; 及 3A,3B,3C。有一具體實施例中，當該扁平片被摺疊以形成如圖 1 所述的鰭片 10 時該等穿孔排 1A,1B,1C; 2A,2B,2C; 及 3A,3B,3C 將對準與該等鰭的預期方向平行的方向。當該等鰭係呈簡

易式鰭的形態運用時，流動的基準流線將與圖 2 中舉例說明的穿孔方向平行。

如圖 2 中舉例說明的該等穿孔具有一直徑(D)。將平行排穿孔 100, 200, 300 之間的間距標示為 S1，而將於物流流動方向的連續穿孔之間(亦即，穿孔 2A 與 2B 之間)的間距標示為 S2。將相鄰平行排穿孔 100, 200, 300 之間(亦即 2A 與 3A 之間)的偏移量標示為 S3。

有一具體實施例中，申請人發現將下列參數保持於下列範圍內時有意外的結果：(1) 穿孔直徑 D 在 1 mm 至 4 mm 的範圍；(2) 開孔面積在 5% 至 25% 的範圍；(3) S3/S2 比例在 0.25 至 0.75 的範圍；及(4) S1/D 比例在 0.75 至 2.0 的範圍，最佳範圍為 0.75 至 1.0，該等板鰭式熱交換器與沒經適當設計的傳統熱交換器相比顯現較高效率並且改良性能。

在最佳配置/具體實施例中，該流體流動方向與該等平行排穿孔 100, 200, 300 平行，但是在較佳配置/具體實施例中該流體流動方向係於該等平行排穿孔 100, 200, 300 的方向的 5 度(5%)以內。這意指當該等鰭形成時，該鰭片 10 應該被摺疊成使該等鰭摺層與此等平行排穿孔 100, 200, 300 之間的夾角係小於或等於 5 度，而該最佳配置為此夾角為 0 度(0°)。

該等鰭片 10 可包含多個穿孔 20，該等穿孔如圖 1 和 2 舉例說明為圓形，然而，熟悉此技藝者明白非圓形穿孔也可使用，其包括，但不限於呈橢圓、矩形、平行四邊形



和諸如此類形狀的外形的穿孔。

在又另一具體實施例中，該等偏移排穿孔的配置如圖 2 中舉例說明的能每兩排就重複(亦即，排 100 將會偏移得類似於排 300、500 (未顯示)、700 (未顯示)，等等)。再者，當該等平穿孔片於製鰭操作中被摺疊成鰭時，產生於該成品鰭片 10 上的穿孔構造由於該材料於該等製鰭模中如何流動的機械細節而傾向具有複雜關係。有一具體實施例中，將該扁平片摺疊成使該成品鰭片 10 上的穿孔式樣於含有此等穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少百分之五十(50%)，更佳地於該等板鰭式通道的至少百分之八十(80%)，及最佳地於該等板鰭式通道的百分之百(100%)中每隔 10 個鰭波長重複至少一次而且更佳地每隔 5 個鰭波長重複至少一次。

在另一具體實施例中，表面紋理可在該材料被摺疊成鰭之前施於該等穿孔片，如美國專利第 6,834,515 B2 號，發明名稱“Plate Fin Exchangers with Textured Surfaces,”准予 Sunder 等人所教導的，在此以引用的方式將其全文併入。該表面紋理也可於從該等平穿孔片建立鰭的程序中建立。

文中所述的具體實施例適用於板鰭式熱交換器，其中該等鰭的至少一部分具有在 0.25 吋至 1 吋(.635 公分至 2.54 公分)的範圍的高度，更佳地在 0.4 吋至 0.75 吋(1.016 公分至 1.905 公分)的範圍，及最佳地在 0.5 吋至 0.6 吋(1.27 公分至 1.524 公分)的範圍。當此等板鰭式通道中的流體流動

狀況係處於層流與擾動態之間的過渡狀態或處於擾動態時該等具體實施例將能有利地應用。這可被表示成 800 至 100,000 的雷諾數範圍而且更佳地 1,000 至 10,000 的範圍。該雷諾數係按照下式算出來：

$$Re = \rho VD/\mu, \text{ 其中}$$

其中，

$$Re = \text{雷諾數；}$$

$$\rho = \text{流體密度；}$$

$$V = \text{流體速度；}$$

$$\mu = \text{流體黏度；}$$

$$D = 4A/P；$$

$$A = \text{流體流動截面積；及}$$

$$P = \text{流體流動參數}$$

關於板鰭式通道，常以個別板鰭式通道為基礎算出水力直徑  $D$  而且現在的計算係以使用賤金屬片為基礎而不調整該等穿孔對於  $A$  (流體流動截面積) 和  $P$  (流體流動參數) 的貢獻。

本發明的具體實施例具有重大價值，因為板鰭式熱交換器相對於傳統板鰭式交換器製造的更緊密，因此，節省設備，例如空氣分離設備的合併投資和操作成本。

### 實施例 1

為了更瞭解該鰭幾何形狀內的穿孔的影響，使用計算流體動力學 (CFD) 解決幾個試樣問題。在使用此技藝時，為

了限制該問題的計算實況常將計算結果侷限於一些反覆構造。但是當人們嘗試量指定穿孔式樣的效果定量時，該熱交換器的總體幾何構造非常複雜，甚至當人們將該問題限於板鰭式通道內的單一子通道亦同。為此原因而使用不同類型的近似法。

在大部分板鰭式交換器中副表面積傾向為總面積的主要部分。如之前提及的，這是跨過及分離表示主表面積的分隔片或板 30,40 之鰭腳所表示的區域。為了瞭解該等穿孔調位的效應，建立二無限平行板的代表性周期區域的模型以將當空氣流過其間時發生的熱傳遞和壓損定量。圖 2 中舉例說明於該扁平片上的穿孔的一般結構。

實施例 1 涉及供熱傳遞及/或分配用途用的簡易式鰭，其中，如前所述，流動方向大體上與圖 2 指出的鰭方向平行。

許多示範案例係利用 CFD 解決，其中在該等穿孔的直徑 ( $D$ ) 和總體開孔面積保持不變的情況之下變化各不同間距 ( $S1$ 、 $S2$  和  $S3$ )。明確地說，間隔  $S1$  和  $S2$  同時變化，而該偏移量  $S3$  設成等於該間隔  $S2$  的一半。在這些示範案例中，只有一個獨立參數而且於表 1 中列示及於圖 3 中舉例說明結果。

表 1

參數	S1/S2	S1/D	相對熱傳遞率	相對壓損
案例 1	0.037	0.5417	1.2626	1.2140
案例 2	0.071	0.7500	1.2469	1.1806
案例 3	0.127	1.0000	1.2465	1.1789
案例 4	0.224	1.3292	1.2162	1.1689
案例 5	0.348	1.6583	1.1951	1.1554
案例 6	0.500	1.9875	1.1881	1.1505
案例 7	0.679	2.3167	1.1347	1.1031
案例 8	0.886	2.6458	1.0632	1.0483
案例 9	1.120	2.9750	1.0000	1.0000

示範計算結果顯示僅藉由改變穿孔的式樣獲得的壓損和熱傳遞率的相對值。在相對於當間隔對穿孔尺寸的比例為大約 3 時產生的數值縮放之後將該示範數據描圖。當此比例被降至大約 2 時，熱傳遞發生明顯改善。如表 1 中提及的，熱傳遞的增量比相應壓損的增量更高。因此，於 2 的比例設計出來的熱交換器相較於 3 的比例設計出來的熱交換器可縮短約 1.2 倍，同時總體壓損也較低。這是長度進而體積的顯著縮減。若該比例降至低於 2，持續改善並且於 0.75 與 1 之間的比值之間獲得特別好的值。在此比例範圍中熱傳遞改善約 1.25 倍。所需的長度或體積是此比例的導數，換言之 0.80 或百分之八十(80%)。這表示實質尺寸縮減百分之二十(20%)，而壓損也會降低 1.18/1.25 的

比例，其等同於 0.94 或百分之九十四 (94%)。因此，長度或體積可縮減百分之二十 (20%) 而壓損也有百分之六 (6%) 縮減。

這些是可藉由配置按照文中所揭示的穿孔位置獲得的顯著改善，以前並不知道或並未揭示該等穿孔位置。事實上，任意透過表達陳述、關聯或例示，以前的一些揭示內容並未教導此等配置。如圖 3 中舉例說明的，較佳為從 0.75 至 2.0 的比例範圍，其中特佳為 0.75 至 1.0 的範圍。

## 實施例 2

實施例 2 舉例說明使用此處所含的教旨獲得的示範改善例。如之前提及的，傳統關於板鰭式熱交換器中的穿孔鰭的教導並未討論如文中概述的較佳幾何形狀或穿孔式樣。然而，先前列舉之 Zhu 等人所著的 CFD 論文並沒有研究指定穿孔鰭與其他型式的鰭例如平的、鋸齒狀和波浪狀鰭相比的效果。本實施例項藉由應用 Zhu 等人所著的 CFD 論文中使用的穿孔式樣依實施例 1 所述的相同方式產生。

在被摺疊成鰭之前於該等平層上的穿孔式樣的參數如下：穿孔直徑 (D) = 0.8 mm；開孔面積 = 20%；S1 = 1.81 mm；S2 = 1.39 mm；及 S3 = 0。表 2 中顯示利用此等先前技藝鰭算出來的熱交換器相對性能。

表 2

參數	CFD 論文	所揭示的示範 具體實施例
穿孔直徑，mm	0.8	2.4
開孔面積，%	20	10
S1，mm	1.81	2.4
S2，mm	1.39	18.96
S3，mm	0.0	9.48
S1/D	2.26	1.0
S3/S2	0.0	0.5
相對熱傳遞係數	1.00	1.26
相對壓力梯度	1.00	1.26
交換器的相對長度	1.00	0.79
交換器的相對體積	1.00	0.79
交換器中的相對壓損	1.00	1.00

如表 2 中舉例說明的，因為所揭示的示範具體實施例的相對熱傳遞係數及相對壓力梯度比該 CFD 論文的熱交換器更高 26%，所以根據所揭示的示範具體實施例教旨建構的熱交換器與根據該 CFD 論文建構的熱交換器相比可具有較短的相對長度(短 21%)及較小的相對體積(小 21%)。其中二熱交換器均具有相等或相配的熱傳遞能率和壓降。這是利用依據所揭示的示範具體實施例的教旨製造的鰭超越該

CFD 論文的教旨的實質益處。

儘管本發明的態樣已經連結多個不同圖式的較佳具體實施例做了描述，但是咸能瞭解其他類似的具體實施例也可採用或可對所述的具體實施例進行修飾和增補以供進行本發明的相同功能而不會悖離本發明。舉例來說，下列態樣也應該被理解為此揭示內容的一部分：

態樣 1. 一種板鰭式熱交換器，其包含：

一摺疊鰭片，其包含具有一高度、一寬度和一長度的鰭，該摺疊鰭片被配置於第一分隔片與第二分隔片之間；  
及

一第一側桿及一第二側桿，其中該第一側桿被配置於該第一分隔片與該第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第一側，及其中該第二側桿被配置於該第一分隔片與第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第二側，藉以形成板鰭式通道的至少一部分；

其中該鰭片包含多數穿孔，當此鰭片係呈展開狀時此多數穿孔係分成數平行排配置於該鰭片上，於該鰭片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距 (S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距 (S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距 (或偏移量) (S3) 及穿孔直徑 (D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例 (S1/D) 係在 0.75 至 2.0 的範圍，及其中該等鰭片與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度 ( $= 5^\circ$ )。

態樣 2. 如態樣 1 之板鰭式熱交換器，其中該等鰭片與該等平行排穿孔之間的夾角係 0 度 ( $0^\circ$ )。

態樣 3. 如態樣 1 或態樣 2 之板鰭式熱交換器，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例 ( $S1/D$ ) 係在 0.75 至 1.0 的範圍。

態樣 4. 如態樣 1 至態樣 3 中任一項之板鰭式熱交換器，其中介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距 (或偏移量) ( $S3$ ) 與介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距 ( $S2$ ) 之比例係在 0.25 至 0.75 的範圍。

態樣 5. 如態樣 1 至態樣 4 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔佔據呈展開狀的摺疊鰭片面積的 5% 至 25%。

態樣 6. 如態樣 1 至態樣 5 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該穿孔直徑 ( $D$ ) 係在 1 mm 至 4 mm 的範圍。

態樣 7. 如態樣 1 至態樣 6 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔為圓形。

態樣 8. 如態樣 1 至態樣 6 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔係呈橢圓、矩形或平行四邊形的形狀。

態樣 9. 如態樣 1 至態樣 8 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該等相鄰平行排穿孔以交錯方式偏移以致於該等平行排穿孔的位置每隔一排穿孔重複。

態樣 10. 如態樣 1 至態樣 8 中任一項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少 50% 中，更佳地在該等板鰭式通道的至少 80% 中，及最佳



地在該等板鰭式通道的 100% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 10 個鰭波長正好重複至少一次而且更佳地每隔 5 個鰭波長至少一次。

態樣 11. 如態樣 1 至態樣 10 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該摺疊鰭片包含表面紋理。

態樣 12. 如態樣 1 至態樣 11 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該鰭高度係在 0.25 吋至 1 吋的範圍，更佳地在 0.4 吋至 0.75 吋的範圍，及最佳地在 0.5 吋至 0.6 吋的範圍。

態樣 13. 如態樣 1 至態樣 12 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該摺疊鰭片為簡易式熱傳遞鰭或分配鰭。

態樣 14. 如態樣 1 至態樣 13 中任一項之板鰭式熱交換器，其中該等板鰭式通道適於接受流體流，及其中該流體流於該等板鰭式通道長度的至少 80% 內，更佳地於至少 90% 內，及最佳地於 100% 內進行熱傳遞而不會發生相變化。

態樣 15. 一種依據態樣 1 至態樣 13 中任一項之板鰭式熱交換器所建構之板鰭式熱交換器中進行至少二物流之間的熱交換的方法，其中至少一物流於該等板鰭式通道長度的至少 80% 內進行熱傳遞而不會發生相變化，及其中該至少一物流的雷諾數係在 800 至 100,000 的範圍中而且更佳地在 1,000 至 10,000 的範圍中。

態樣 16. 一種藉由低溫蒸餾從空氣分離氮、氧及/或氫的方法，其利用態樣 1 至態樣 13 中任一項之板鰭式熱交換器，其中至少一物流於該等板鰭式通道長度的至少 80%

內，更佳地於該等板鰭式通道長度的至少 90%內，及最佳地於該等板鰭式通道長度的 100%內進行熱傳遞而不會發生相變化。

態樣 17. 一種板鰭式熱交換器的製造方法，其包含下列步驟：

- (a) 提供至少一穿孔片，該至少一穿孔片包含分成數平行排配置的多數穿孔，其中於該穿孔片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第二間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍；
- (b) 將該至少一穿孔片摺疊成鰭以形成摺疊穿孔片以致於該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度(= 5°)；
- (c) 將第一側桿置於毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一側，第二側桿毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二側，第一分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一端，第二分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二端，第一端桿毗鄰該第一分配鰭，及第二端桿毗鄰該第二分配鰭以形成一預備板鰭式通道；
- (d) 將步驟(c)的預備板鰭式通道置於第一分隔片與第二分隔片之間藉以於其間形成板鰭式通道；

- (e) 結合步驟(d)的板鰭式通道與其他板鰭式通道以形成該板鰭式熱交換器；及
- (f) 鉗接該板鰭式熱交換器。

態樣 18. 如態樣 17 之板鰭式熱交換器的製造方法，其另外包含在步驟(b)中摺疊該至少一穿孔片之前將表面紋理施於至少一穿孔片。

因此，所請求的發明應該不得限於任何單一具體實施例或形態，而是應該依廣義及依據後附申請專利範圍的範疇來認定。

#### 【圖式簡單說明】

當聯合附圖閱讀時將更易於瞭解前述說明內容及示範具體實施例的詳細描述。為了舉例說明具體實施例的目的，該等圖式中顯示示範構造；然而，本發明並不限於所揭示的指定方法及工具。在該等圖式中：

圖 1 為帶鰭的板鰭式熱交換器基本元件或次組件的爆炸透視圖，該等鰭具有依本發明之一具體實施例的穿孔式樣及幾何形狀；

圖 2 為舉例說明在扁平板被形成根據本發明的鰭之前於該扁平板上的穿孔式樣具體實施例的示意圖；及

圖 3 為舉例說明將穿孔鰭的相對熱傳遞率和壓損性能視為  $S1/D$  的函數並且指出較佳範圍的圖形。

## 【主要元件符號說明】

1A	穿孔
1B	穿孔
1C	穿孔
2A	穿孔
2B	穿孔
2C	穿孔
3A	穿孔
3B	穿孔
3C	穿孔
D	直徑
S1	平行排穿孔之間的間距
S2	連續穿孔之間的間距
S3	相鄰平行排穿孔之間的偏移量
10	鰭片
20	穿孔
30	分隔板
40	分隔板
50	側桿
60	側桿
100	平行排穿孔
200	平行排穿孔
300	平行排穿孔

## 七、申請專利範圍：

### 1. 一種板鰭式熱交換器，其包含：

一摺疊鰭片，其包含具有一高度、一寬度和一長度的鰭，該摺疊鰭片被配置於第一分隔片與第二分隔片之間；及

一第一側桿及一第二側桿，其中該第一側桿被配置於該第一分隔片與該第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第一側，及其中該第二側桿被配置於該第一分隔片與第二分隔片之間並且毗鄰該摺疊鰭片的第二側，藉以形成板鰭式通道的至少一部分；

其中該鰭片包含多數穿孔，當此鰭片係呈展開狀時此多數穿孔係分成數平行排配置於該鰭片上，於該鰭片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍，及其中該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度( $\leq 5^\circ$ )。

2. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係 0 度( $0^\circ$ )。

3. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中介於該

等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例 (S1/D) 係在 0.75 至 1.0 的範圍。

4. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量) (S3) 與介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距 (S2) 之比例係在 0.25 至 0.75 的範圍。
5. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔佔據呈展開狀的摺疊鰭片面積的 5% 至 25%。
6. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該穿孔直徑 (D) 係在 1 mm 至 4 mm 的範圍。
7. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔為圓形。
8. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該等穿孔係呈橢圓、矩形或平行四邊形的形狀。
9. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中該等相鄰平行排穿孔以交錯方式偏移以致於該等平行排穿孔的位置每隔一排穿孔重複。

10. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少 50% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 10 個鰭波長正好重複至少一次。
11. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少 80% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 10 個鰭波長正好重複至少一次。
12. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的 100% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 10 個鰭波長正好重複至少一次。
13. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少 50% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 5 個鰭波長正好重複至少一次。
14. 如申請專利範圍第 1 項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的至少 80% 中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔 5 個鰭波長正好重複至少一次。

- 15.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中在該等含此穿孔鰭的熱交換器板鰭式通道的100%中，該等相鄰平行排穿孔係被偏移以致於該摺疊鰭片的鰭上的平行排穿孔位置每隔5個鰭波長正好重複至少一次。
- 16.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該摺疊鰭片包含表面紋理。
- 17.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該鰭高度係在0.25吋至1吋的範圍。
- 18.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該鰭高度係在0.4吋至0.75吋的範圍。
- 19.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該鰭高度係在0.5吋至0.6吋的範圍。
- 20.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該摺疊鰭片為簡易式熱傳遞鰭或分配鰭。
- 21.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該等板鰭式通道適於接受流體流，及其中該流體流於該等板鰭式通道長度的至少80%內進行熱傳遞而不會發生相變



化。

- 22.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該等板鰭式通道適於接受流體流，及其中該流體流於該等板鰭式通道長度的至少90%內進行熱傳遞而不會發生相變化。
- 23.如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中該等板鰭式通道適於接受流體流，及其中該流體流於該等板鰭式通道長度的100%內進行熱傳遞而不會發生相變化。
- 24.一種於如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器中進行至少二物流之間的熱交換的方法，其中至少一物流於該等板鰭式通道長度的至少80%內進行熱傳遞而不會發生相變化，及其中該至少一物流的雷諾數(Reynolds Number)係在800至100,000的範圍中。
- 25.如申請專利範圍第24項的方法，其中該至少一物流的雷諾數(Reynolds Number)係在1,000至10,000的範圍中。
- 26.一種藉由低溫蒸餾從空氣分離氮、氧及/或氫的方法，其利用如申請專利範圍第1項之板鰭式熱交換器，其中至少一物流於該等板鰭式通道長度的至少80%內進行熱傳遞而不會發生相變化。

27. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該至少一物流於該等板鰭式通道長度的至少 90% 內進行熱傳遞而不會發生相變化。
28. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該至少一物流於該等板鰭式通道長度的 100% 內進行熱傳遞而不會發生相變化。
29. 一種板鰭式熱交換器的製造方法，其包含下列步驟：
- (a) 提供至少一穿孔片，該至少一穿孔片包含分成數平行排配置的多數穿孔，其中於該穿孔片上的這些平行排穿孔包含介於該等平行排穿孔之間的第一間距(S1)、介於該平行排穿孔內的連續穿孔之間的第二間距(S2)、介於相鄰平行排穿孔中的穿孔之間的第三間距(或偏移量)(S3)及穿孔直徑(D)，其中介於該等平行排穿孔之間的第一間距對該穿孔直徑的比例(S1/D)係在 0.75 至 2.0 的範圍；
  - (b) 將該至少一穿孔片摺疊成鰭以形成摺疊穿孔片以致於該等鰭與該等平行排穿孔之間的夾角係小於或等於 5 度( $\leq 5^\circ$ )；
  - (c) 將第一側桿置於毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一側，第二側桿毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二側，第一分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第一

(2013年10月修正)

端，第二分配鰭毗鄰該至少一摺疊穿孔片的第二端，第一端桿毗鄰該第一分配鰭，及第二端桿毗鄰該第二分配鰭以形成一預備板鰭式通道；

(d) 將步驟(c)的預備板鰭式通道置於第一分隔片與第二分隔片之間藉以於其間形成板鰭式通道；

(e) 結合步驟(d)的板鰭式通道與其他板鰭式通道以形成該板鰭式熱交換器；及

(f) 鉗接該板鰭式熱交換器。

30. 如申請專利範圍第 29 項之板鰭式熱交換器的製造方法，其另外包含在步驟(b)中摺疊該至少一穿孔片之前將表面紋理施於至少一穿孔片。

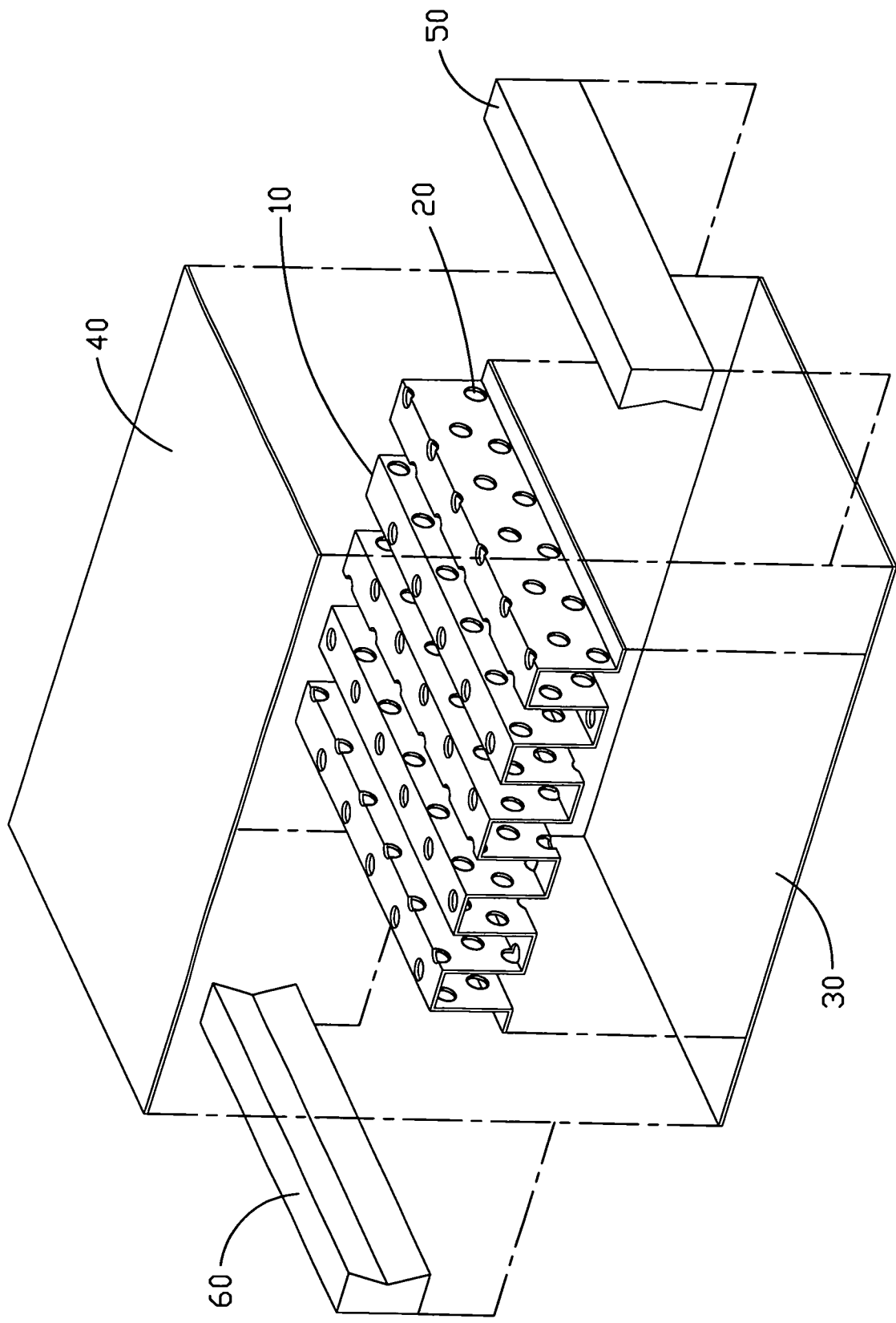


圖 1

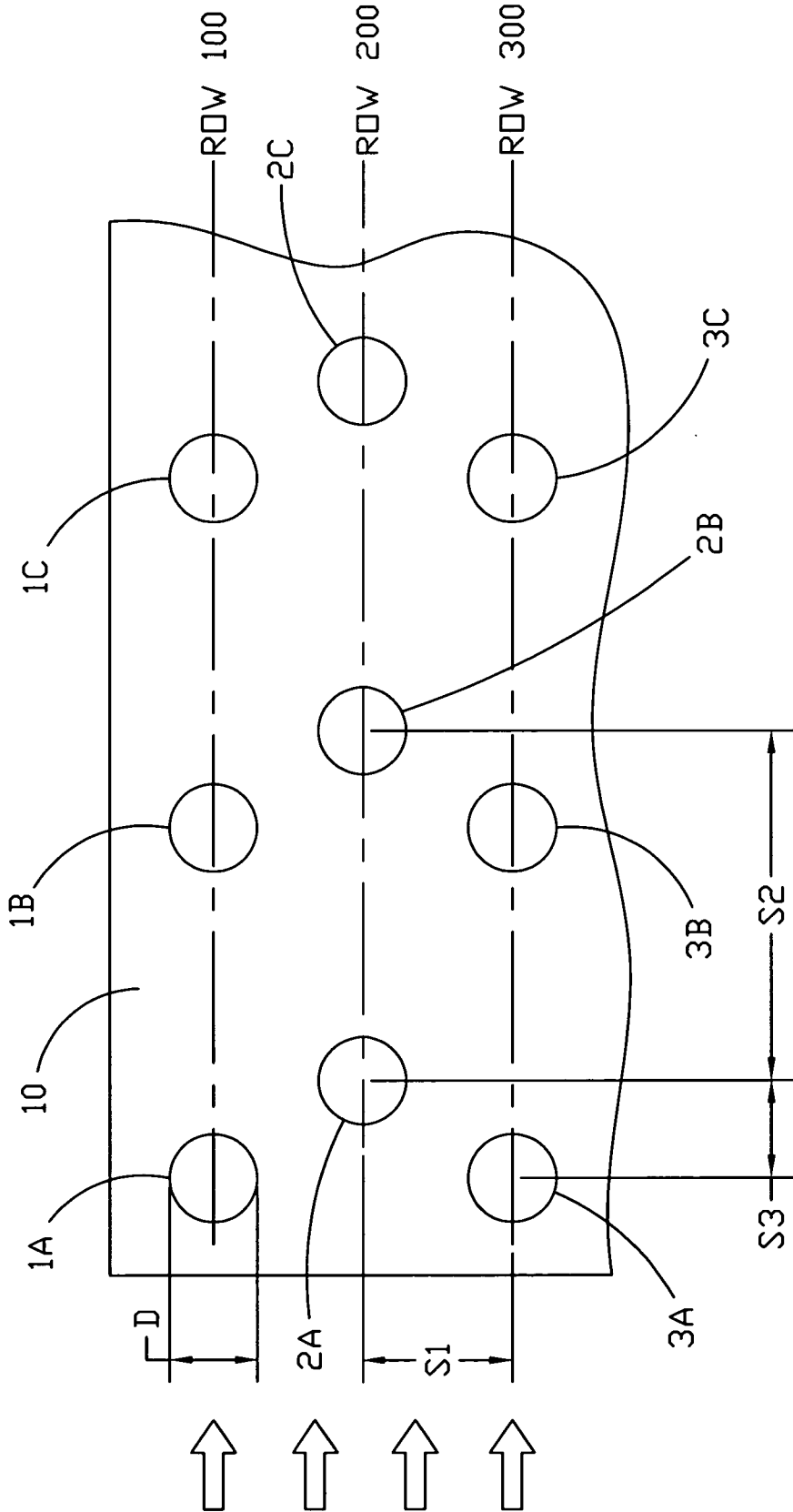


圖2

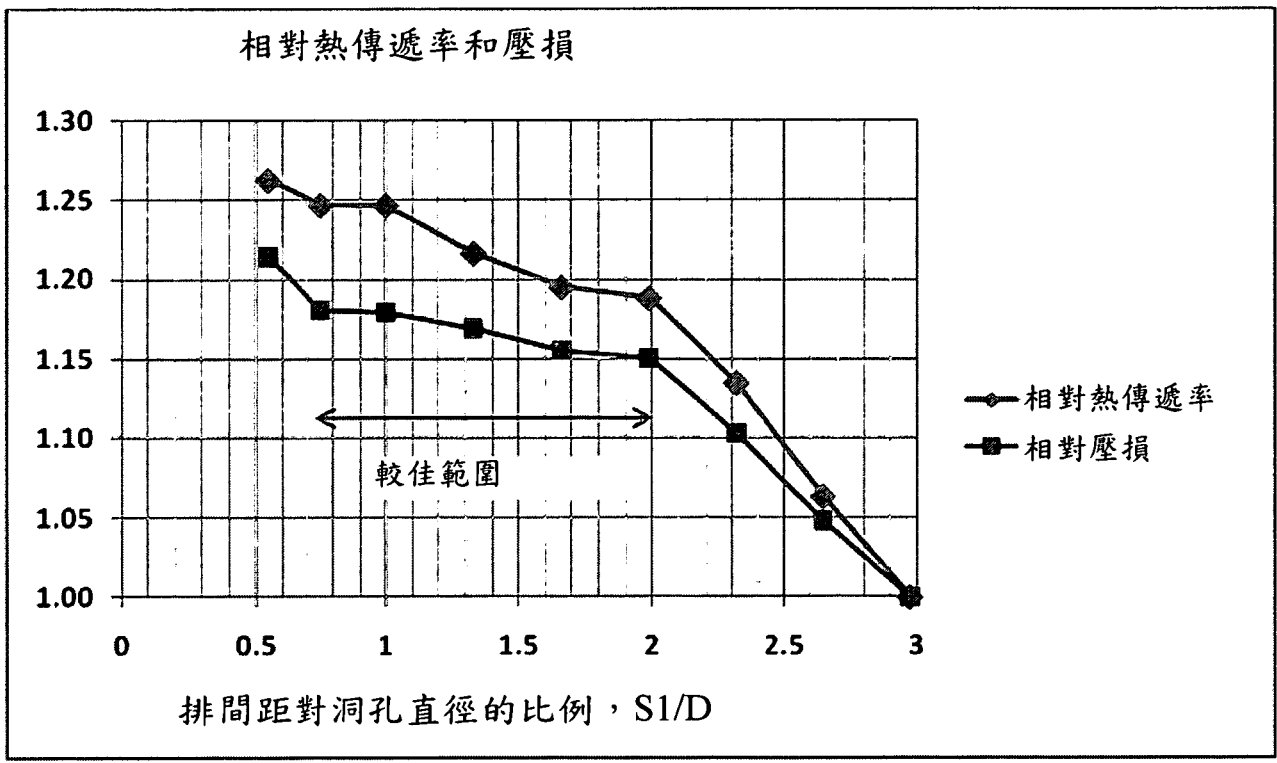


圖3