

# 新しい溶接形プレート式熱交換器の紹介

## Introduction of COMPABLOC® Heat Exchangers



(冷)生産部 技術第1課  
吉川 洋 征  
Hiroyuki Yoshikawa

The plate heat exchangers have shown the greatest promise because of their proven performance, compactness and low cost, but still have the problems associated with the temperature and pressure limits for interplate gaskets.

COMPABLOC exchangers developed by VICARB S. A. are new type heat exchangers — welded plate heat exchangers—designed to dispense with the need for gaskets, which are essential to the conventional plate heat exchangers. COMPABLOC exchangers are now receiving much attention because of their excellent performance.

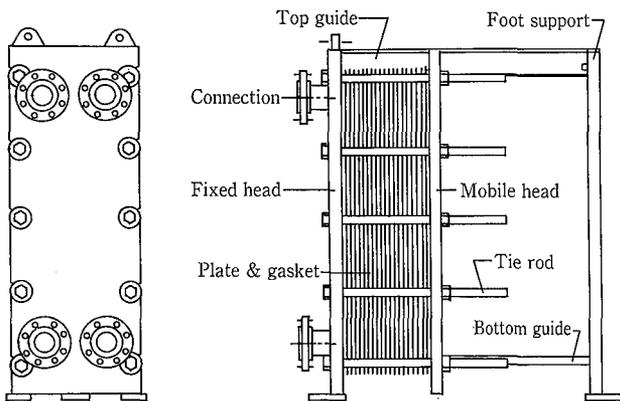
### まえがき

今日、設計技術者やプラントの現場技術者は、次々に現われる新技術に常に追いついて行かなければならない状況である。熱交換器は石油化学、食品工業、鉄鋼産業などで種々のタイプのものが用いられているが、伝統的に多管式熱交換器いわゆるシェルアンドチューブ式熱交換器（以下S&T熱交という。）が用いられてきた。

しかしS&T熱交は今日の技術水準からみれば往々にして熱交換性能が悪く、設置面積が過大となるきらいがある。熱交換器の発展の中でプレート式熱交換器は、非常に高い熱交換性能を示し注目されているが大別して次の2種類がある。

- (1) プレート間にガスケットを用いた標準形プレート式熱交換器
  - (2) プレート間にガスケットを用いない溶接形プレート式熱交換器
- の2種類である。

本稿では主として(2)の溶接形プレート式熱交換器について紹介するが比較のため標準形プレート式熱交換器（以下PHEという。）についても簡単にふれる。



第1図 プレート式熱交換器 (PHE)  
Fig. 1 Plate heat exchanger

### 1. 標準形プレート式熱交換器

#### 1.1 PHEの概要

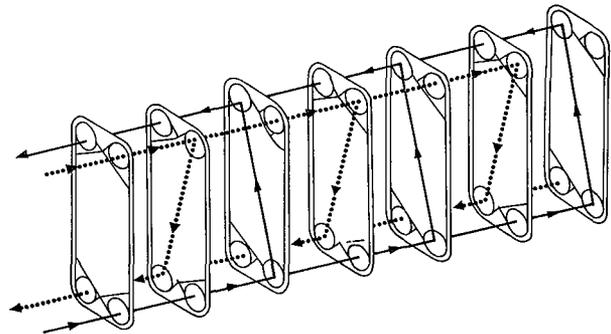
ガスケットを用いたPHEは、1930年代に食品工業においてサニタリー仕様の要求にあわせて開発された。

基本構造をなすプレートは、波形状にプレスされ、通常流体の通る4つの穴もっている。このプレートにはガスケットが取り付けられ、次々に重ねられプレートバックを形成している。このプレートバックの両端を丈夫な鋼板製のフレームとボルトで締付けている。

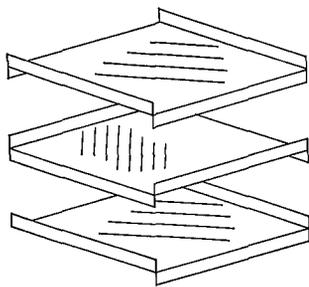
熱交換をする両流体はプレート間を交互に流れ、薄いプレートをはさんで高効率の熱交換を行う。

プレートにはステンレス、チタン、ハステロイなどの高級耐食材が用いられプレート間隔、波形状、縦横比などは熱交換性能や圧力損失を決定する。一般的に、高熱交換性能であるほど、圧力損失も大きいといえる。

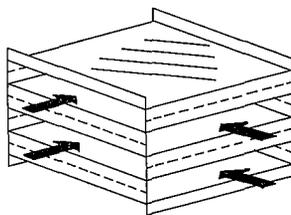
ガスケットは一体成形品で、プレートのガスケット用溝に接着剤で固定されるか、または接着剤なしでメカニカルに固定され、プレートバックを締付ける時に溝からはみ出さないようにしている。ガスケットの材質としては NBR, EPDM や VITON などが一般的である。(第1, 2図)



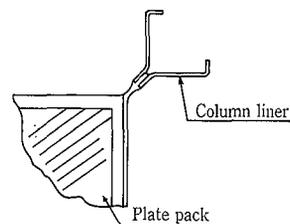
第2図 プレート、ガスケットと流体の流れ  
Fig. 2 Plate, gasket and fluid flow



第3図 プレートの加工  
Fig. 3 Pressing and folding of plate



第4図 プレートの溶接  
Fig. 4 Welding of plates



第5図 プレートと柱ライニング材  
Fig. 5 Plate and column liner

## 1. 2 PHEの耐圧・耐熱限界

最大運転圧はプレート厚さ、波形状、サイズにもよるが通常  $20 \text{ kg/cm}^2$  である。耐熱限界は通常、ガスケットの耐熱性で決定され約  $150^\circ\text{C}$  である。VITON のような特別のガスケットの場合、約  $200^\circ\text{C}$  も可能な場合があるが、しばしばプレートまたはガスケットの耐食性が上限を決定するので注意する必要がある。なお VITON は蒸気や熱水には適していない。

## 1. 3 PHEの利点

S&T熱交に比べ熱交換性能も3~5倍と高効率である。このため非常にコンパクトで保有容量も少なく軽量である。また分解、洗浄、再組立も容易であり常に最高効率を保つことができる。S&T熱交に比べコストも大幅に安くなり通常  $1/3 \sim 1/2$  程度である。

## 1. 4 PHEの汚れ係数

PHEの汚れ係数はS&T熱交に比べ次のような理由により非常に小さくすることができる。

- (1) プレートの凹凸によって液体が乱れ、流体中の固体粒子が沈積しにくい。
- (2) S&T熱交では胴側のジャマ板近くで流体が停滞するがPHEではこのようなデッドスペースはない。
- (3) プレートが薄いので腐食を避けるために必然的に高耐食材を用い、腐食によるサビ類の沈積を生じない。
- (4) 分解、洗浄が容易である。

などが挙げられる。

この結果、汚れ係数の一例として水の場合、 $1 \sim 3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Kcal}$  が採用されている。これに対しS&T熱交の場合は、 $1 \sim 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Kcal}$  程度が採用されている。

## 1. 5 PHEの熱交換係数

PHEではプレート間隔が狭く、プレートの凹凸により流体が激しく乱れるためにS&T熱交に比べ熱交換係数をかなり高くすることができる。通常、流体が水の場合、少なくとも  $2000 \sim 4000 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  程度の能力を発揮する。

この能力はプレートの波形状と流体の速度、粘度、熱伝導率などにより決定され、ヘリングボン形プレートで流体が水の場合、 $5000 \sim 7000 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  程度の能力を発揮する場合もある。

## 1. 6 PHEの適用と限界

PHEは数々の技術改良により熱交換性能、耐食性、汚れコンパクト性およびコストの優秀さを評価されているが1.2に示した耐圧・耐熱上の限界のほか、流体はプレート間隔(通常4mm前後)より大きな径の固形物や、繊維性の固形物を直接、熱交換器に流すには適していない。

## 2. 溶接形プレート式熱交換器 コンパブロックの概要

コンパブロック (COMPABLOC®) はフランスのヴィカーブ社により開発された新しいタイプの熱交換器で、PHEの良い所をとる一方、耐圧、耐熱上で問題となりがちなガスケットを取り除いた、溶接形プレート式熱交換器である。

コンパブロックは1983年に初めて商業ベースで10数ユニット製作・納入され、この時の実績をもとに製品の改良を行うとともに自動生産技術を開発した。

納入実績も1985年には50ユニットを越え、1986年には100ユニットを越えるほどになり以後、飛躍的に販売実績を伸ばしている。

コンパブロックは技術的に優秀なもので従来のS&T熱交にとってかわるものであるが、ガスケットを有したPHEで耐圧、耐熱上問題がなければ従来のPHEで十分である。

## 3. コンパブロックの構造

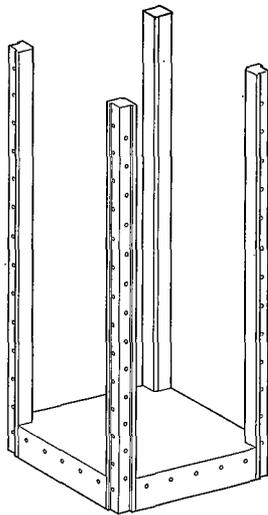
コンパブロックの構造を製造組立順に説明する。

### (1) プレートの加工から始まる。

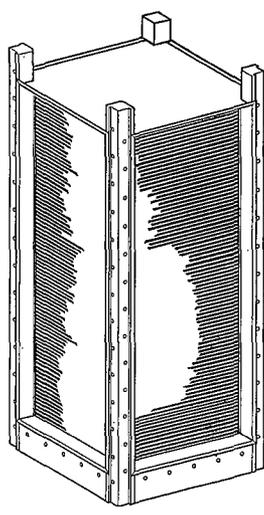
四辺形のプレートに波形状をプレス成形し、相対する二辺の端部を上へ折り曲げ、他の二辺の端部を下へ折り曲げ加工する。(第3図)

(2) 同様に加工した次のプレートを  $90^\circ$  回転し、先のプレートと重ね、接触する端部の折り曲げ部どうしを溶接する。この加工作業は所要のプレート枚数まで繰返される。プレートの隅角部は上下に折り曲げられ、“WING” 状になっており、このWINGに柱ライニングプレートを溶接し、さらにこれらプレート群の上下端にもライニングプレートを溶接しプレートパックが完成される。(第4、5図)

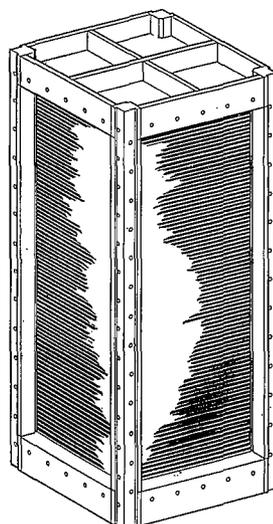
(3) 次に機械仕上加工を施した4本の柱を、同じく機械仕上した底板に溶接し、この底板と柱の組立品に先に



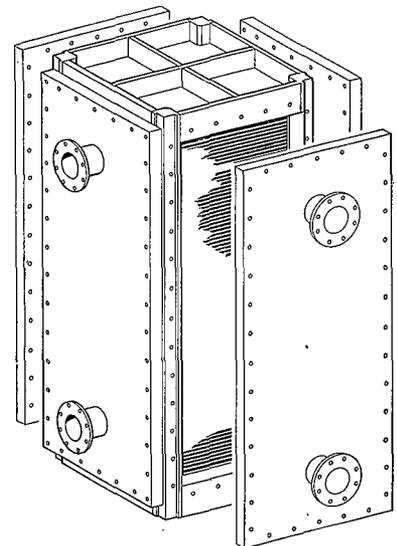
第6図 柱と底板の溶接  
Fig. 6 Columns welded to bottom plate



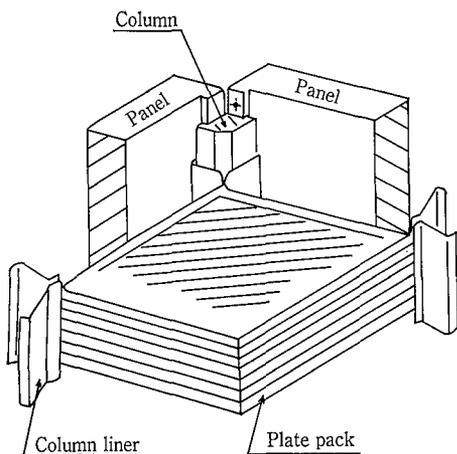
第7図 プレートパックの組み込み  
Fig. 7 Plate pack slid over columns



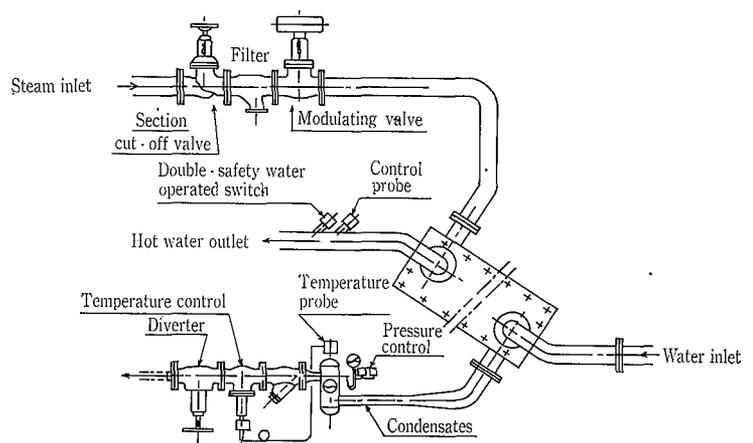
第8図 上板の溶接  
Fig. 8 Top plate welded to columns



第9図 パネルの取付け  
Fig. 9 Panels bolted to columns and top & bottom plates



第10図 プレートパック、柱、外パネル  
Fig. 10 Plate pack columns & panels



第11図 蒸気凝縮の例  
Fig. 11 Example of steam condensate cooling

加工したプレートパックを滑らせるようにして組合わせる。(第6, 7図)

- (4) 前記までの組立品の上に上板をのせ4本の柱と溶接する。ここまでの加工で薄いプレートでできたプレートパック、柱ライニングプレートは鋼製の底板、上板、柱とは一切溶接されない。(第8図)
- (5) さらに流路のパス数にあわせバッフルが取付けられる。このバッフルはプレートパックと同材質のもので作られる。
- (6) 最後に外パネルを柱にボルトにて固定する。この外パネルは必要に応じてプレートパックと同材質にてライニングされ、また必要に応じて配管接続部のノズルが取付けられる。さらに外パネルと柱の間にはガスケットが用いられるが、これはS&T熱交に用いられるものと同材質のものである。(第9, 10図)

#### 4. コンパブロックの特長

コンパブロックの特長として次のような点が挙げられる。

- (1) 二流体は直交流で熱交換を行い、ほとんど対向流に等しい性能を発揮する。このため二流体の温度差が小さい場合でも適用可能である。
- (2) プレート間にガスケットがなく、プレートは隣接するプレートと自動溶接されている。このため、主として耐圧、耐熱限界がガスケットの制約からくるPHEよりも大きくとれる。
- (3) 一次側の流体に圧力がかかった状態でも、二次側にアクセス可能であり逆も可能である。ただし外パネルの取外しは除く。
- (4) 着脱可能バッフルにより流路のパス数の変更が可能で、性能にフレキシビリティを持っている。

(5) ステンレスまたはさらに高耐食材をプレートに使用,材質例として, SUS 304, SUS 316L, チタン, 0.2 %Pd 入りチタン, ハステロイ C 276, ニッケル200, インコロイ 825, URANUS B6 などが挙げられる。

その他, PHEとS&T熱交との比較を第1表に示す。

### i. コンパブロックの大きさ (伝熱面積の範囲)

コンパブロックは現在, CP20, CP30, CP40, CP50, CP75の5モデルをもっている。モデル名の数字の項はプレート1枚の一辺のおよその大きさを示している。

例: CP50はプレート1枚がおよそ50cm×50cm

伝熱面積はCP20の最小1.53 m<sup>2</sup> (プレート25枚) からCP75の最大319.5 m<sup>2</sup> (プレート500枚) におよんでいる。

### ii. コンパブロックの適用

コンパブロックは次のような用途に適している。

- (1) 液-液熱交換
- (2) 凝縮器
- (3) 蒸発器
- (4) リポイラー
- (5) 低温流体

低温流体の場合は柱, 外パネルに低温用鋼を用いて加工する。また流体によって垂直や水平に設置したり, 場合によっては斜めに設置することができる。

### iii. コンパブロックの使用にあたっての注意事項

- (1) 始動は二次側流体または, 低温, 低圧から徐々にバルブを開け, ハンマリングをさけるようにする。  
二次側流体が完全に流れ出してから一次側流体を徐々に流し始める。二次側流量は少なくとも定格流量の15%を確保することが必要である。
- (2) 一次側流体が蒸気の場合は凝縮水が再沸騰しないように, 二次側流体の圧力が常に大きくなるよう注意する必要がある。
- (3) 一次側流体が熱水の場合, 出口側に調節弁を設ける方がよい。入口側に設けた場合は, 一次側の運転圧は二次側の運転圧より, 大きくなったり小さくなったり

第1表 PHE, コンパブロックとS&T熱交の比較  
Table 1 PHE & COMPABLOC® vs. Shell & Tube

Item	Gasketed plate exchanger	COMPABLOC® welded plate	Shell & Tube
Space	Required 1/10 to 1/2 the space	Required 1/10 to 1/3 the space	Twice the space for removal of tube bundle
Heat transfer efficiency	High U values 3 to 5 times greater	High U values 3 to 5 times greater	Low U value
Fouling	Low-due to induced turbulence of plate corrugations	Low-due to induced turbulence of plate corrugations	High-due to circular cross-section and channeling
Servicing/Repairs	Easy-change plate and or gasket	Easy-plug plate(s)	Plug tube(s) or replace tube(s)
Inspection	Disassemble & inspection	Remove panels inspect	Difficult-Normally remove tube bundle
Expansion	Add plates	No-but can change passes	No
Maximum press.	20 kgf/cm <sup>2</sup>	32 kgf/cm <sup>2</sup>	>32 kgf/cm <sup>2</sup>
Maximum temp.	150 °C	300 °C	>300 °C
Temp. approach	1.5 °C	2 °C	6 °C
Temp. cross	Possible	Possible	Impossible
Holdup volume	Low	Low	High
Multiple duty	Possible on same frame	Not possible	Not possible

脈動しないように注意する。

- (4) 始動前にコンパブロックに接続する配管内のスラッジを除去しておくこと。できればそれぞれの流体の入口にはフィルターをとりつける方がよい。
- (5) 冬期に運転休止する場合は凍結防止のために水抜きをしておくこと。
- (6) ステンレスは塩素の存在中では孔食に侵され易いので長期間運転休止する場合は, 沈積物による腐食を防ぐために洗浄することが望ましい。洗浄は化学洗浄が適しているが, 機械的に洗浄する場合は, 外パネルを外し, 蒸気または高圧水にて洗浄する。蒸気と水の熱交換の場合の配管例を示す。第(11図)

### むすび

以上にて新しいプレート式熱交換器の紹介をした。紙面の都合上, 説明を省略した部分もあるが, コンパブロックの構造, 特長は理解していただけたと思う。本稿および実物のコンパブロックが皆さんのお役にたてば幸甚である。