

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-179340

(P2018-179340A)

(43) 公開日 平成30年11月15日(2018.11.15)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F 2 8 F</b> 3/04 (2006.01)	F 2 8 F 3/04 A	3 L 1 0 3
<b>F 2 8 D</b> 9/02 (2006.01)	F 2 8 D 9/02	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2017-75918 (P2017-75918)  
 (22) 出願日 平成29年4月6日 (2017.4.6)

(71) 出願人 000003687  
 東京電力ホールディングス株式会社  
 東京都千代田区内幸町一丁目1番3号  
 (74) 代理人 100120400  
 弁理士 飛田 高介  
 (74) 代理人 100124110  
 弁理士 鈴木 大介  
 (74) 代理人 110000349  
 特許業務法人 アクア特許事務所  
 (71) 出願人 504145342  
 国立大学法人九州大学  
 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号  
 (74) 代理人 110000349  
 特許業務法人 アクア特許事務所

最終頁に続く

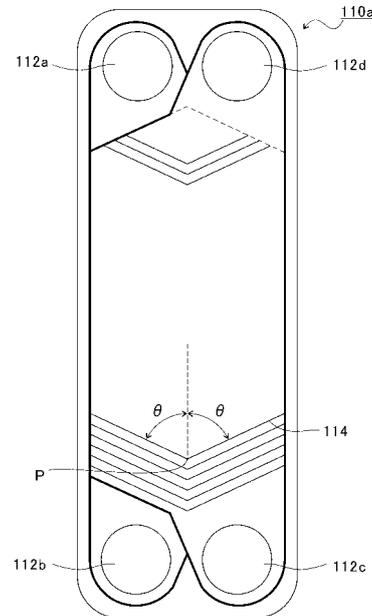
(54) 【発明の名称】 プレート式熱交換器

(57) 【要約】

【課題】本発明は、プレートに形成されるヘリンボーンパターンの形状を最適化することにより、更なる熱交換効率の向上を図ることが可能なプレート式熱交換器を提供することを目的とする。

【解決手段】本発明にかかるプレート式熱交換器（熱交換器100）の構成は、熱媒体を用いて熱交換を行うプレート式熱交換器であって、プレート110a・110bには、V字状のヘリンボーンパターン114が形成されていて、ヘリンボーンパターン114のV字の屈曲点Pを通過する垂直線Lからの開き角であるシェブロン角度が70～75°であることを特徴とする。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

熱媒体を用いて熱交換を行うプレート式熱交換器であって、  
プレートには、V字状のヘリンボーンパターンが形成されていて、  
前記ヘリンボーンパターンのV字の屈曲点を通過する垂直線からの開き角であるシェブロン角度が70～75°であることを特徴とするプレート式熱交換器。

**【請求項 2】**

前記熱媒体は超臨界状態で用いられることを特徴とする請求項 1 に記載のプレート式熱交換器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、熱媒体を用いて熱交換を行うプレート式熱交換器に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、空調機等における熱交換に用いられる熱交換器としてプレート式熱交換器が知られている（例えば特許文献 1）。特許文献 1 に開示されているように、プレート式熱交換器は、複数の伝熱プレートを積層して形成されていて、複数の伝熱プレートの間を水と冷媒とが交互に通過することにより、伝熱プレートを介して水と冷媒との熱交換が行われる。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

**【特許文献 1】**特開平 10 - 141820 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

熱交換器には高い熱交換性能が求められる。プレート式熱交換器の熱交換効率を向上させる手段の 1 つとして、プレートの厚み方向に凹凸を設けてパターンを形成することが行われている。特許文献 1 では、複数の山部および谷部からなるジグザグ形状のヘリンボーンパターンをプレートに形成している。しかしながら、特許文献 1 のパターンであると形状が複雑化するため、より単純な形状で熱交換効率を向上させることが求められている。

**【0005】**

より単純な形状としては、特許文献 1 のようにジグザグ形状ではなく、プレートの幅方向で 1 列の V 字形状のヘリンボーンパターンを形成することが考えられる。しかしながら、単に V 字形状のヘリンボーンパターンを形成しただけでは、熱交換効率の向上には限界がある。このため、ヘリンボーンパターンの形状の最適化を検討する必要がある。

**【0006】**

本発明は、このような課題に鑑み、プレートに形成されるヘリンボーンパターンの形状を最適化することにより、更なる熱交換効率の向上を図ることが可能なプレート式熱交換器を提供することを目的としている。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

上記課題を解決するために、本発明にかかるプレート式熱交換器の代表的な構成は、熱媒体を用いて熱交換を行うプレート式熱交換器であって、プレートには、V字状のヘリンボーンパターンが形成されていて、ヘリンボーンパターンのV字の屈曲点を通過する垂直線からの開き角であるシェブロン角度が70～75°であることを特徴とする。

**【0008】**

上記構成では、プレート式熱交換器（以下、単に熱交換器と称する）のプレートにV字状のヘリンボーンパターンを形成する。これにより、熱媒体との熱交換を行う流体がプレ

10

20

30

40

50

ートの表面を通過する際に乱流が生じ、高い熱伝達効率を得ることができる。このとき、ヘリンボーンパターンのV字の屈曲点を通過する垂直線からの開き角であるシェブロン角度を70～75°とすることにより、熱交換効率を最も高めることが可能となる。したがって上記構成によれば、プレートに形成されるヘリンボーンパターンの形状が最適化され、熱交換器の熱交換効率の向上を図ることが可能となる。

【0009】

上記熱媒体は超臨界状態で用いられるとよい。上述した本発明の効果は、熱媒体が超臨界で用いられる場合においても良好な効果を得ることが可能である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、プレートに形成されるヘリンボーンパターンの形状を最適化することにより、更なる熱交換効率の向上を図ることが可能なプレート式熱交換器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態にかかるプレート式熱交換器を備えた熱交換システムを例示する図である。

【図2】本実施形態にかかる熱交換器の構成を説明する図である。

【図3】プレートの平面図である。

【図4】シェブロン角度と熱交換効率との関係を説明する図である。

【図5】シェブロン角度と熱交換効率との関係を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。係る実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、発明の理解を容易とするための例示に過ぎず、特に断る場合を除き、本発明を限定するものではない。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また、本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

【0013】

図1は、本実施形態にかかるプレート式熱交換器（以下、熱交換器100と称する）を備えた熱交換システム100aを例示する図である。図1に示すように、熱交換システム100aは、ヒートポンプ102、貯湯槽104および熱交換器100を含んで構成される。本実施形態の熱交換システム100aでは、熱交換器100において、ヒートポンプ102を循環する熱媒体と、貯湯槽104に貯湯されている水（流体）との熱交換を行う。

【0014】

特に本実施形態では、熱交換器100は、ヒートポンプ102において超臨界状態となった熱媒体を用いて、貯湯槽104の水との熱交換を行う。熱媒体としては、例えばCO<sub>2</sub>冷媒を好適に用いることができる。ただし、これに限定するものではなく、超臨界状態となる他の熱媒体を用いてもよいし、超臨界状態以外の状態で使用される熱媒体を用いる場合であっても本発明を適用することが可能である。

【0015】

図2は、本実施形態にかかる熱交換器100の構成を説明する図である。図2に示すように、本実施形態の熱交換器100は、V字状のヘリンボーンパターン114が形成された複数のプレート110a・110bを備える。プレート110aは、V字が上方に開口するように配置され、プレート110bは、V字が下方に開口するように配置される。また複数のプレート110a・110bには、熱媒体および流体の流路となる開口112a・112b・112c・112dが四隅近傍に設けられている。

【0016】

本実施形態の熱交換器100では、ヒートポンプ102からの熱媒体が、複数のプレ-

10

20

30

40

50

ト 1 1 0 a ・ 1 1 0 b の左上部の開口 1 1 2 a を通過する。左上部の開口 1 1 2 a を通過した熱媒体は、左下部の開口 1 1 2 b を通過してヒートポンプ 1 0 2 に戻る。一方、貯湯槽 1 0 4 の下部に貯留されている流体（低温の水）は、複数のプレート 1 1 0 a ・ 1 1 0 b の右下部の開口 1 1 2 c を通過する。右下部の開口 1 1 2 c を通過した流体（高温の湯）は、右上部の開口 1 1 2 d を通過して貯湯槽 1 0 4 の上部に戻る。

【 0 0 1 7 】

このとき、熱媒体と流体とは、複数のプレート 1 1 0 a ・ 1 1 0 b の隙間を交互に通過することにより、プレート 1 1 0 a ・ 1 1 0 b を介して熱交換を行う。これにより、貯湯槽 1 0 4 の下部からの低温の水が加熱され、高温の湯となって貯湯槽 1 0 4 の上部に供給される。

10

【 0 0 1 8 】

図 3 は、プレート 1 1 0 a の平面図である。図 2 に示す複数のプレート 1 1 0 a ・ 1 1 0 b には同様のパターンが形成されているため、図 3 ではプレート 1 1 0 a を例示する。上述したように、本実施形態のプレート 1 1 0 a には、V 字状のヘリンボーンパターン 1 1 4 が形成されている。そして、本実施形態の熱交換器 1 0 0 では、図 3 に示すように、プレート 1 1 0 a のヘリンボーンパターン 1 1 4 の V 字の屈曲点 P を通過する垂直線 L からの開き角であるシェブロン角度 を  $70 \sim 75^\circ$  に設定する。

【 0 0 1 9 】

図 4 および図 5 は、シェブロン角度と熱交換効率との関係を説明する図である。図 4 は、比エンタルピーごとのシェブロン角度による熱交換効率の変化を示すグラフであり、図 5 ( a ) は、比エンタルピー  $300 \text{ kJ} / \text{kg}$  のときのシェブロン角度と熱交換効率との近似曲線を示す図であり、図 5 ( b ) は、比エンタルピー  $440 \text{ kJ} / \text{kg}$  のときのシェブロン角度と熱交換効率との近似曲線を示す図である。なお、図 4 では、熱伝達係数 を熱交換効率の指標として用いている。

20

【 0 0 2 0 】

図 4 では、熱媒体として HFC - 1 3 4 a を用いた実験結果を例示している。実験条件は、熱媒体圧力を  $4.95 \text{ MPa}$ （換算圧力で  $1.21$ ）とし、熱媒体の流量を  $11 \text{ kg} / \text{min}$  とし、熱交換器の出入口間における熱媒体のエンタルピー変化量  $h$  を  $27.5 \text{ kJ} / \text{kg}$  としている。

【 0 0 2 1 】

図 4 では、シェブロン角度 を  $0^\circ \sim 90^\circ$  の間で異ならせたプレートを用い、熱媒体の比エンタルピーを  $300 \text{ kJ} / \text{kg} \sim 440 \text{ kJ} / \text{kg}$  の間で変化させた系列ごとに熱伝達係数 を測定した。その結果、図 4 に示すように、いずれの比エンタルピーの系列においても、シェブロン角度 が  $65^\circ$  のプレートを用いた場合に熱伝達係数 が最も高くなることがわかった。

30

【 0 0 2 2 】

詳細には、本実施形態において用いた熱媒体は、比エンタルピー  $402 \text{ kJ} / \text{kg}$  以上は超臨界状態であり、 $350 \text{ kJ} / \text{kg}$  以下は超臨界ではない状態（液相域）である。ここで、比エンタルピー  $402 \text{ kJ} / \text{kg}$  の系列は、エンタルピーは臨界点のエンタルピーと同等であるが、圧力が臨界点の圧力とは異なる。したがって、比エンタルピー  $402 \text{ kJ} / \text{kg}$  は、厳密には擬臨界エンタルピーと称される。

40

【 0 0 2 3 】

上述したようにいずれの比エンタルピーの系列においてもシェブロン角度 が  $65^\circ$  のプレートを用いた場合に熱伝達係数 が最も高くなる。このことから、本実施形態の熱交換器によれば、熱媒体状態が、超臨界状態である場合、および超臨界状態ではない場合のいずれにおいても、シェブロン角度 が  $65^\circ$  のプレートを用いた場合に熱伝達係数 が最も高くなることが理解できる。

【 0 0 2 4 】

そこで発明者らは、シェブロン角度 の最適範囲を検討するべく、シェブロン角度と熱伝達係数 との近似曲線を算出した。近似式は、以下の式 1 の通りである。なお、熱伝達

50

係数がシェブロン角  $90^\circ$  で急に低下するため、それに対応することを目的として、ガウス分布に補正項（右辺 3 項）を追加する式形で近似式を作成した。そして、比エンタルピ  $300 \text{ kJ/kg}$  のときの熱伝達係数に対して理論線のフィッティングを行い、 $\sigma = 25$ 、 $\mu = 75$ 、 $C1 = 258$ 、 $C2 = 0.73$ 、 $C3 = -2$ 、 $C4 = 0.32$  のとき、実測値に最も合致した。

【数 1】

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \cdot C1 + C2 + C3 \cdot C4^{\{(90-x)/5\}} \quad \dots \text{式 1}$$

$f(x)$  : 熱伝達率係数

10

$x$  : シェブロン角

: 半値幅

$\mu$  : ガウス分布ピークのシェブロン角(補正項を考慮しない時)

$C1$  : 定数 1 (比例定数)

$C2$  : 定数 2 (Y切片)

$C3$  : 定数 3 (補正項、定数項)

$C4$  : 定数 4 (補正項、減衰係数)

【0025】

上記のように比エンタルピ  $300 \text{ kJ/kg}$  のとき、すなわち熱媒体が超臨界状態ではない場合のシェブロン角度と熱交換効率との近似曲線を算出した結果、図 5 (a) に示すように、熱伝達係数は、シェブロン角度が  $70^\circ \sim 75^\circ$  の範囲にあるときに最も高い値を示すことがわかった。

20

【0026】

また比エンタルピ  $440 \text{ kJ/kg}$  のとき、すなわち熱媒体が超臨界状態である場合においても、シェブロン角度と熱交換効率との近似曲線では、図 5 (b) に示すように、熱伝達係数は、シェブロン角度が  $70^\circ \sim 75^\circ$  の範囲にあるときに最も高い値を示す。したがって、熱交換器のプレートに V 字状のヘリンボーンパターン 114 を形成し、かかるヘリンボーンパターン 114 のシェブロン角度を  $70^\circ \sim 75^\circ$  に設定することにより、熱媒体が超臨界状態である場合および超臨界状態ではない場合のいずれにおいても、熱交換器 100 において最も高い熱交換効率を得られることが理解できる。

30

【0027】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されるものではない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【産業上の利用可能性】

【0028】

本発明は、熱媒体を用いて熱交換を行うプレート式熱交換器として利用することができる。

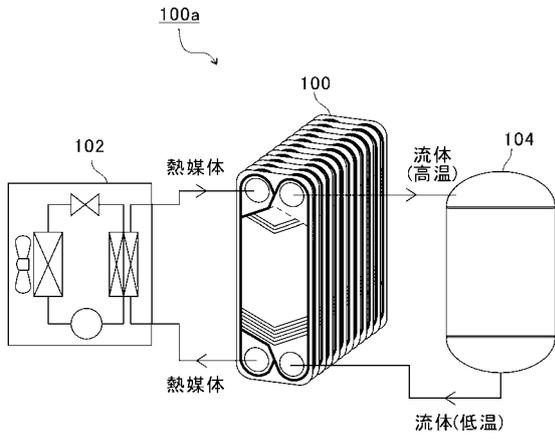
【符号の説明】

40

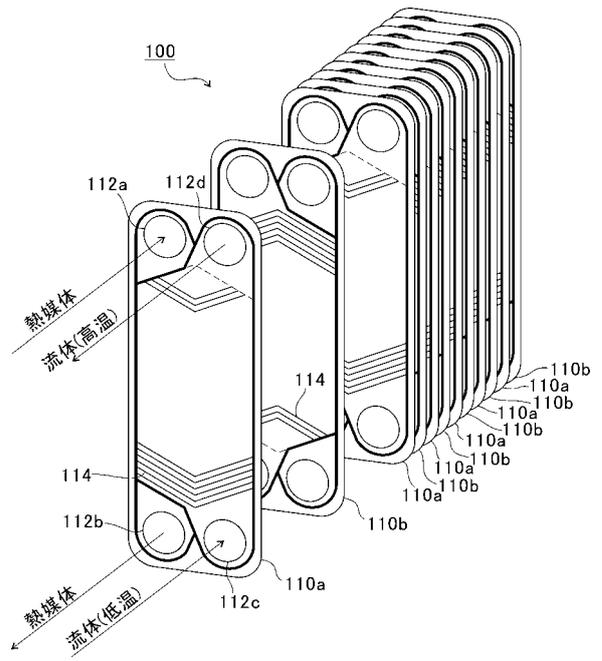
【0029】

100 ... 熱交換器、100 a ... 熱交換システム、102 ... ヒートポンプ、104 ... 貯湯槽、110 a ... プレート、110 b ... プレート、112 a ... 開口、112 b ... 開口、112 c ... 開口、112 d ... 開口、114 ... ヘリンボーンパターン

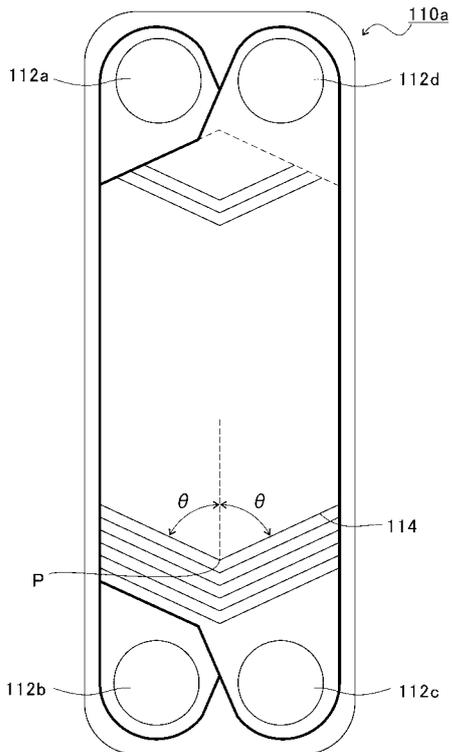
【 図 1 】



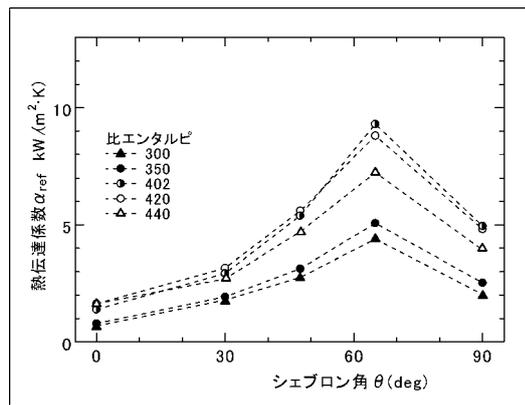
【 図 2 】



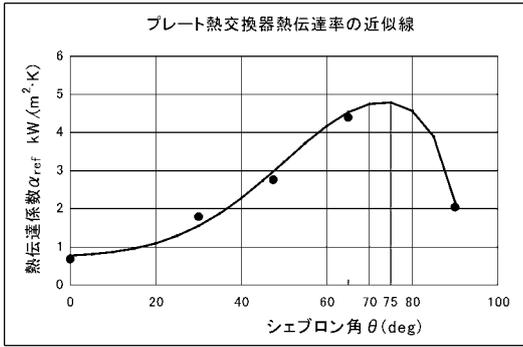
【 図 3 】



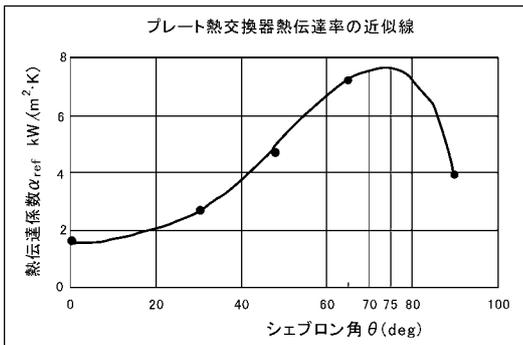
【 図 4 】



【 図 5 】



(a)



(b)

---

フロントページの続き

- (72)発明者 梅沢 修一  
東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力ホールディングス株式会社内
- (72)発明者 杉田 勝彦  
東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力ホールディングス株式会社内
- (72)発明者 森 英夫  
福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 国立大学法人九州大学内
- (72)発明者 宮田 一司  
福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 国立大学法人九州大学内
- Fターム(参考) 3L103 AA37 BB43 CC02 DD57