

(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2010-223578

(P2010-223578A)

(43) 公開日 平成22年10月7日(2010.10.7)

(51) Int.Cl.

F 2 8 F 1/32 (2006.01)

F 1

F 2 8 F 1/32

テーマコード (参考)

D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2010-59567 (P2010-59567)  
 (22) 出願日 平成22年3月16日 (2010. 3. 16)  
 (31) 優先権主張番号 200910047770.0  
 (32) 優先日 平成21年3月19日 (2009. 3. 19)  
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 507190994  
 上海交通大学  
 中華人民共和国上海市閔行区東川路800号  
 (71) 出願人 000002853  
 ダイキン工業株式会社  
 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号  
 梅田センタービル  
 (74) 代理人 110000202  
 新樹グローバル・アイピー特許業務法人  
 (72) 発明者 唐 鼎  
 中華人民共和国上海市閔行区東川路800号  
 上海交通大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱交換器用フィン及び熱交換器

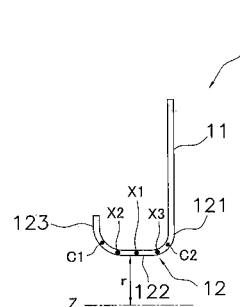
(57) 【要約】

【課題】 クロスフィンチューブ式熱交換器において、フィンカラーと伝熱管との密着度を改善させることである。

【解決手段】

フィンカラー(12)は、フィン本体部(11)との連結部分であるフィンカラー根元部(121)と、フィンカラー中間部(122)と、フィンカラーリフレア部(123)とにより構成され、フィンカラー(12)の断面形状は、スプライン曲線である。スプライン曲線の制御点として、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)のいずれか一つ以上を選択する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プレート状のフィン本体部(11)と、前記フィン本体部(11)と交差する方向に延伸し、内部に貫通孔が形成される環状のフィンカラー(12)と、を備えた熱交換器用フィンにおいて、

前記フィンカラー(12)は、前記フィン本体部(11)との連結部分であるフィンカラー根元部(121)と、フィンカラー中間部(122)と、フィンカラーリフレア部(123)とにより構成されており、

前記フィンカラー(12)の断面形状は、前記フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)、フィンカラーリフレア部の所定点C1、フィンカラー根元部の所定点C2を通るスプライン曲線である、  
熱交換器用フィン。

## 【請求項 2】

前記フィンカラー(12)の断面形状は、複数のスプライン曲線を連続的に結んで形成されており、

そのうち、前記複数のスプライン曲線は、

前記フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)と、前記フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)と、前記フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)との三点を通る第1スプライン曲線と、

前記フィンカラーリフレア部(123)の所定点(C1)と、前記フィンカラー中間部(122)の前記フィンカラーリフレア部(123)側の第1端部(X2)とを通る第2スプライン曲線と、

前記フィンカラー根元部(121)の所定点(C2)と前記フィンカラー中間部(122)の前記フィンカラー根元部(121)側の第2端部(X3)とを通る第3スプライン曲線と、

を含む、請求項1に記載の熱交換器用フィン。

## 【請求項 3】

前記複数のスプライン曲線は、非一様有理Bスプラインであり、

前記フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、前記フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、前記フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)の各座標の関係は、

$$X2=(C1-X1) \times N1+X1$$

$$X3=(C2-X1) \times N2+X1$$

そのうち、 $0 < N1 < 1$ 、 $0 < N2 < 1$ 、C1、C2は所定値である、

請求項2に記載の熱交換器用フィン。

## 【請求項 4】

プレート状のフィン本体部(11)と、前記フィン本体部(11)と交差する方向に延伸し、内部に貫通孔が形成される環状のフィンカラー(12)と、を備えた熱交換器用フィン(1)と、

前記貫通孔に挿入され、拡管により前記複数のフィン(1)のフィンカラー(12)と密着接触された複数の伝熱管(3)と、を備え、

前記フィンカラー(12)の断面形状は前記フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)、フィンカラーリフレア部の所定点C1、フィンカラー根元部の

所定点 C 2 を通るスプライン曲線である、  
クロスフィンチューブ式熱交換器。

【請求項 5】

前記フィンカラー ( 1 2 ) の断面形状は、複数のスプライン曲線を連続的に結んで形成されており、

そのうち、前記複数のスプライン曲線は、

前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 ) と、前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 1 端部 ( X 2 ) と、前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 2 端部 ( X 3 ) との三点を通る第 1 スプライン曲線と、

前記フィンカラーリフレア部 ( 1 2 3 ) の所定点 ( C 1 ) と、前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の前記フィンカラーリフレア部 ( 1 2 3 ) 側の第 1 端部 ( X 2 ) とを通る第 2 スプライン曲線と、

前記フィンカラー根元部 ( 1 2 1 ) の所定点 ( C 2 ) と前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の前記フィンカラー根元部 ( 1 2 1 ) 側の第 2 端部 ( X 3 ) とを通る第 3 スプライン曲線と、

を含む、請求項 4 に記載のクロスフィンチューブ式熱交換器。

【請求項 6】

前記複数のスプライン曲線は、非一様有理 B スプラインであり、

前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 ) 、前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 1 端部 ( X 2 ) 、前記フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 2 端部 ( X 3 ) の各座標の関係は、

$$X2=(C1-X1)\times N1+X1$$

$$X3=(C2-X1)\times N2+X1$$

そのうち、 $0 < N 1 < 1$ 、 $0 < N 2 < 1$ 、 $C 1$ 、 $C 2$  は所定値である、

請求項 5 に記載のクロスフィンチューブ式熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱交換器用フィン及び熱交換器、特にクロスフィンチューブ式熱交換器用フィンとクロスフィンチューブ式熱交換器とに関する。

【背景技術】

【0002】

空気調和機用の熱交換器の一種として、クロスフィンチューブ式熱交換器がある。図 1 2 に示すように、従来のクロスフィンチューブ式熱交換器では、断面形状が直線である L 字型フィンカラー 1 2 ' が使われ、L 字型フィンカラー 1 2 ' の直線部分と伝熱管 2 ' の外周面との密着を図るものがある。しかし、拡管過程で、フィンカラーの直線部分の中間部に凹みが発生し、フィンカラー 1 2 ' と伝熱管 2 ' の外周面とが接触しない部分が生ずる。この場合、図 1 3 ( a ) に示すように、フィンカラーの直線部分の中間部において、フィンカラーと伝熱管の外周面との接触ギャップが大きく、フィンカラーと伝熱管との接触面積が減るため伝熱面積が減少する。また、図 1 3 ( b ) に示すように、フィンカラーと伝熱管の接触部分に応力集中が発生し、フィンカラーにひび割れなどが発生して接触熱伝達率が低下する場合がある。また、カラーの直線部分の応力分布が左右方向にずれやすいため、曲げモーメントが発生しフィンカラーが座屈して伝熱管との間にギャップが発生する。従って、断面形状が直線である L 字型フィンカラーを採用した場合、所定の熱交換量が得られないなどの問題が存在する。

【0003】

フィンカラーと伝熱管の外周面との接触ギャップの発生を回避するため、図 1 4 に示す熱交換器用フィン 2 1 は、フィンカラーの 3 つの部分 ( 2 2 , 2 3 , 2 4 ) にそれぞれ 3

10

20

30

40

50

つの曲げR ( R 1、 R 2、 R 3 ) を付け、さらにそれぞれの曲げRを滑らかに接触させ、全体的にフィンカラー形状を伝熱管側に凸とし、ストレート部分が存在しないようにしている ( 特許文献 1 )。このような形状のフィン 2 1 は、断面形状が直線である L 字型フィンカラーに比べて、フィンカラーと伝熱管との密着度が改善され、熱交換効率が向上された。

【発明の概要】

【 0 0 0 4 】

本発明の目的は、上記背景技術の問題点を克服し、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小になるようなフィンを提供し、フィンカラーと伝熱管との密着度を改善させることである。また、熱交換器の熱交換効率を向上させることである。

10

【 0 0 0 5 】

第 1 発明に係る熱交換器用フィンは、プレート状のフィン本体部と、フィン本体部と交差する方向に延伸し、内部に貫通孔が形成される環状のフィンカラーと、を備えている。ここで、フィンカラーは、フィン本体部との連結部分であるフィンカラー根元部と、フィンカラー中間部と、フィンカラーリフレア部とにより構成されている。また、フィンカラーの断面形状は、フィンカラー中間部の中間点の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部の中間点、フィンカラー中間部の第 1 端部、フィンカラー中間部の第 2 端部、フィンカラーリフレア部の所定点、フィンカラー根元部の所定点を通るスプライン曲線である。

【 0 0 0 6 】

20

スプライン曲線は、制御点により曲線形状制御が可能であり、また、形状制御を局所的に行うことができる。フィンカラーの断面形状をスプライン曲線にすることで、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小になるように、いくつかの座標を制御点としてフィンカラー曲線形状を制御することができる。また、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小になることにより、フィンと伝熱管との密着度が改善される。

【 0 0 0 7 】

第 2 発明に係る熱交換器用フィンは、第 1 発明に係る熱交換器用フィンであって、フィンカラーは、フィンカラー根元部と、フィンカラー中間部と、フィンカラーリフレア部とにより構成されている。また、フィンカラーの断面形状は、第 1 スプライン曲線と、第 2 スプライン曲線と、第 3 スプライン曲線との複数のスプライン曲線を連続的に結んで形成されている。ここで、第 1 スプライン曲線は、フィンカラー中間部の中間点と、フィンカラー中間部の第 1 端部と、フィンカラー中間部の第 2 端部との三点を通るスプライン曲線である。第 2 スプライン曲線は、フィンカラーリフレア部の所定点と、フィンカラー中間部のフィンカラーリフレア部側の第 1 端部とを通るスプライン曲線である。第 3 スプライン曲線は、フィンカラー根元部の所定点とフィンカラー中間部のフィンカラー根元部側の第 2 端部とを通るスプライン曲線である。

30

【 0 0 0 8 】

ここで、フィンカラーの断面形状は、3点を通る第 1 スプライン曲線と、2点を通る第 2 スプライン曲線及び第 3 スプライン曲線を連続的に結ぶ形状になっている。このような形状を採用することで、フィンカラーと伝熱管の外周面との接触ギャップをさらに小さくさせることができるとともに、フィンカラーと伝熱管の接触部分に発生しやすい応力集中を抑制することができる。また、 $X_2$ 、 $X_3$  は独立変数であり、スプライン曲線の数が多いため、フィンカラーの中間点  $X_1$  に対し非対称な形状のフィンカラーを作ることが可能であり、レイアウトの自由度が高くなる。

40

【 0 0 0 9 】

第 3 発明に係る熱交換器用フィンは、第 2 発明に係る熱交換器用フィンであって、複数のスプライン曲線は非一様有理 B スプラインである。また、フィンカラー中間部の中間点 ( $X_1$ )、フィンカラー中間部の第 1 端部 ( $X_2$ )、フィンカラー中間部の第 2 端部 ( $X_3$ ) の各座標の関係は、

$$X2=(C1-X1)\times M1+X1$$

$$X3=(C2-X1)\times N2+X1$$

そのうち、 $0 < N1 < 1$ 、 $0 < N2 < 1$ 、 $C1$ 、 $C2$ は所定値である。

【0010】

ここでは、非一様有理Bスプライン曲線を採用したため、制御点によって制御できる範囲を調節でき、制御点が曲線に与える影響を操作することができる。ここでは、伝熱管の直径、フィンの積層方向のピッチ、伝熱管及びフィンの材質などによって、フィンカラー中間部の中間点及びフィンカラー中間部の両端部を含む3つの制御点を制御し、フィンカラー中間部と伝熱管の外周面との接触ギャップが最小になるように、フィンカラーの形状を最適化させることができる。また、 $X2$ 、 $X3$ は独立変数であり、スプライン曲線の数が多いため、フィンカラーの中間点 $X1$ に対し非対称な形状のフィンカラーを作ることが可能であり、レイアウトの自由度が高くなる。

【0011】

本願発明に係る熱交換器は、複数のフィンと複数の伝熱管とを備えたクロスフィンチューブ式熱交換器である。各フィンは複数の貫通孔を有するフィン本体部と、貫通孔の周縁に形成されたフィンカラーとを有する。各伝熱管はそれぞれ貫通孔に挿入され、拡管により複数のフィンのフィンカラーと密着接触されている。また、フィンカラーの断面形状はスプライン形状である。

【0012】

ここでは、断面がスプライン形状を有するフィンカラーを採用することにより、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小に制御し、フィンと伝熱管との密着度を改善することができる。

【0013】

また、フィンカラーの断面形状は、3点を通る第1スプライン曲線と、2点を通る第2スプライン曲線及び第3スプライン曲線を連続的に結ぶ形状になっている。このような形状を採用することで、フィンカラー中間部と伝熱管の外周面との接触ギャップをさらに小さくさせることができるとともに、フィンカラーと伝熱管の接触部分に発生しやすい応力集中を抑制することができる。

【0014】

さらに、フィンカラーの断面形状として、非一様有理Bスプライン曲線を採用し、フィンカラー中間部の中間点及びフィンカラー中間部の両端部を含む3つの制御点を制御し、フィンカラー中間部と伝熱管の外周面との接触ギャップが最小になるように、フィンカラーの形状を最適化させることができる。

【0015】

その結果、クロスフィンチューブ式熱交換器の熱交換効率を向上させることができる。

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

上記特許文献1に開示した3つ以上の曲げRを付けたフィンカラーの場合、断面形状が直線であるL字型フィンカラーに比べると接触熱伝達率が向上するが、それぞれの曲げRの決定方法については開示されていない。また、接触熱伝達率の計算式に問題があり、所定の接触熱伝達率の値が得られない。

【発明の効果】

【0017】

本発明に係るフィンカラーの断面形状は、フィンカラー中間部の中間点の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部の中間点、フィンカラー中間部の第1端部、フィンカラー中間部の第2端部、フィンカラーリフレア部の所定点、フィンカラー根元部の所定点の5点を通るスプライン曲線である。

【0018】

10

20

30

40

50

ここでは、フィンカラーの断面形状をスプライン曲線にすることで、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小になるように、いくつかの座標を制御点としてフィンカラー曲線形状を制御することができる。また、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小にさせることが可能であると共に、最大接触圧力を増加させることができる。その結果、フィンと伝熱管との密着度が改善され、フィンカラーと拡管後の伝熱管との接触熱伝達率が向上される。

【0019】

本発明に係るフィンカラーの断面形状は、3点を通る第1スプライン曲線と、2点を通る第2スプライン曲線及び第3スプライン曲線を連続的に結ぶ形状になっている。このような形状を採用することで、フィンカラーと伝熱管の外周面との接触ギャップをさらに小さくさせることができる。また、接触圧力を増加させることができるとともに、フィンカラーと伝熱管の接触部分に発生しやすい応力集中を抑制することができる。その結果、フィンと伝熱管との密着度が改善され、フィンカラーと拡管後の伝熱管との接触熱伝達率が向上される。さらに、 $X_2$ 、 $X_3$ は独立変数であり、スプライン曲線の数が多いため、フィンカラーの中間点 $X_1$ に対し非対称な形状のフィンカラーを作ることが可能であり、レイアウトの自由度が高くなる。

10

【0020】

本発明に係るフィンカラーの断面形状は、非一様有理Bスプライン曲線であるため、制御点によって制御できる範囲を調節でき、制御点が曲線に与える影響を操作することができる。ここでは、伝熱管の直径、フィンの積層方向のピッチ、伝熱管及びフィンの材質などによって、フィンカラー中間部の中間点及びフィンカラー中間部の両端部を含む3つの制御点を制御し、フィンカラーと伝熱管の外周面との接触ギャップが最小になるように、フィンカラーの形状を最適化させることができる。また、 $X_2$ 、 $X_3$ は独立変数であり、スプライン曲線の数が多いため、フィンカラーの中間点 $X_1$ に対し非対称な形状のフィンカラーを作ることが可能であり、レイアウトの自由度が高くなる。

20

【0021】

また、本発明に係る熱交換器は、複数のフィンと複数の伝熱管とを備えたクロスフィンチューブ式熱交換器である。各フィンは複数の貫通孔を有するフィン本体部と、貫通孔の周縁に形成されたフィンカラーとを有する。各伝熱管はそれぞれ貫通孔に挿入され、拡管により複数のフィンのフィンカラーと密着接触されている。また、フィンカラーの断面形状は上記のスプライン形状である。

30

【0022】

ここでは、断面がスプライン形状を有するフィンカラーを採用することにより、フィンカラーと拡管後の伝熱管との隙間が最小にさせることが可能であると共に、接触圧力を増加させることができる。その結果、フィンと伝熱管との密着度が改善され、フィンカラーと拡管後の伝熱管との接触熱伝達率が向上され、最終的に熱交換器全体の性能が向上される。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】クロスフィンチューブ式熱交換器の断面図

40

【図2】図1の部分拡大図

【図3】シミュレーションモデル模式図

【図4】(a)実施例に係るフィンカラーの断面図。(b)図4(a)のフィンカラーの寸法図。

【図5】(a)実験1に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b)実験1に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

【図6】(a)実験2に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b)実験2に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

【図7】(a)実験3に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b)実験3に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

50

【図 8】(a) 実験 4 に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b) 実験 4 に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

【図 9】(a) 実験 5 に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b) 実験 5 に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

【図 10】(a) 実験 6 に係るフィンカラー最適化位置を表す模式図。(b) 実験 6 に係るフィンカラー最適化後の形状を表す模式図。

【図 11】各実験結果を示すグラフ図。

【図 12】断面形状が直線である L 字型フィンカラー模式図。

【図 13】(a) 図 12 に係るフィンカラーと伝熱管とのギャップを表す模式図。(b) 図 12 に係るフィンカラーと伝熱管との接触応力を表す模式図。

【図 14】3つの曲げ R を有するフィンカラーの模式図。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明に係るクロスフィンチューブ式熱交換器および熱交換器用フィンについて、添付図を用いて説明する。

【0025】

図 1 は、本発明に係るクロスフィンチューブ式熱交換器 100 の製造過程を示す断面模式図であり、図 2 は部分拡大図である。図 1 及び図 2 に示すように、クロスフィンチューブ式熱交換器 100 は、所定のフィンピッチで複数枚並設されたフィンプレート 1 と伝熱管 2 とにより構成されている。フィンプレート 1 は、貫通孔を有し、フィンプレート 1 に設けられた貫通孔の周縁にはフィンカラー 12 が形成されている。フィンプレート 1 の貫通孔に挿入された伝熱管 2 は拡管ヘッド 3 で拡管され、伝熱管 2 外周面とフィンカラー 12 とが接触される。フィンカラー 12 と伝熱管 2 との接触面積において、伝熱管 2 内に流通する冷媒とフィンプレート 1 の表面を流通する空気 W との間で熱交換が行われる。ここで、フィンカラー 12 と伝熱管 2 との接触状態及び接触圧力の大きさにより熱交換器の熱伝達効率が大きく変動する。本願では、フィンカラーの断面形状をスプライン曲線にして最適化することにより、拡管後のフィンカラー 12 と伝熱管 2 との密着状態を改善させるとともに接触圧力を適正化することにより、熱交換器の熱伝達効率を向上することができる。

【0026】

フィンカラー断面形状の最適化による効果を検証するため、クロスフィンチューブ熱交換器の拡管加工過程を有限要素法によるシミュレーション実験により再現し、フィンカラー 12 と伝熱管 2 との局所的な接触状態を調べた。

【0027】

図 3 は、接触熱伝達率を計算するために用いたシミュレーションモデルの模式図である。クロスフィンチューブの拡管加工は、軸対称の特徴を有するため、図 3 ではクロスフィンチューブの拡管の半分のみを用いて説明する。ここでは、7枚のフィンプレート 1 を積層し、Y 軸方向から起算して 1 枚目のフィンプレートのプレート部と 7 枚目のフィンプレートの部フィンカラー端部の Y 軸方向の移動が制約されている。また、対応する伝熱管の両端部の Y 軸方向の移動が制約されている。フィンカラーの断面形状を最適化するため、本実施例では、非一様有理 B スプライン曲線を用いた。また、フィンカラー 12 各部位における伝熱管 2 との隙間高さの和が最小になる、すなわち隙間面積が最小になることを最適化の目標とした。

【0028】

図 4 に示すフィン 1 は、プレート状のフィン本体部 (11) と、フィン本体部 (11) と交差する方向に延伸し、内部に貫通孔が形成される環状のフィンカラー (12) とを備えている。また、フィンカラー (12) は、フィン本体部 (11) との連結部分であるフィンカラー根元部 (121) と、フィンカラー中間部 (122) と、フィンカラーリフレア部 (123) とにより構成されている。ここで、拡管する前のフィンカラー中間部 (122) とフィンカラー中心軸 Z との距離 r は 3.6 mm である。スプライン曲線の制御点

10

20

30

40

50

として、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)のいずれか一つ以上を選択し、変動範囲は、フィンカラー中心軸Zとの距離が3.51~3.7156mmの範囲に設定した。

【0029】

ここでは、接触熱伝達率を計算する際、下記の式を用いた。

$$h = 1.13 \cdot \frac{2}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}} \cdot \left(\frac{1}{H}\right) \cdot \left(\frac{1}{L}\right) \cdot \int_0^L p(l) dl$$

10

【0030】

- h - 接触熱伝達率, [w/m<sup>2</sup>k];
- 1 - アルミの熱伝導率(フィンに使用), [w/m<sup>2</sup>k];
- 2 - 銅の熱伝導率(管に使用), [w/m<sup>2</sup>k];
- 1 - アルミの表面粗さ(フィンに使用), [μm];
- 2 - 銅の表面粗さ(管に使用), [μm];
- H - 銅の硬さ, [kgf/mm];
- L - フィンカラーの接触長さ, [mm];
- p(l) - フィンと管の接触圧力, [kgf/mm]

20

【0031】

<実験1>

実験1においては、図5(a)に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は1つである。また、フィンカラーの断面形状は、3点を通るスプライン曲線により構成されている。

【0032】

すなわち、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(122)の第1端部(X2)、フィンカラー中間部(122)の第2端部(X3)の3点を通るスプライン曲線を作成した。その結果、図5(b)に示す最適化後の形状を得ることができた。表1は、実験1における最適化後の形状の変化を表している。

30

【0033】

【表1】

位置		フィンカラー中心軸Zからの距離	
		最適化前	最適化後
X3	固定値	3.6	3.6
X1	変数	3.6	3.521
X2	固定値	3.6	3.6

40

【0034】

<実験2>

実験2においては、図6(a)に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は1つである。また、フィンカラーの断面形状は、5点を通るスプライン曲線により構成されている。

【0035】

すなわち、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)の位置をスプライン曲線の制御点とし、フィンカラー中間部(122)の中間点(X1)、フィンカラー中間部(1

50



22) の第1端部 (X2)、フィンカラー中間部 (122) の第2端部 (X3)、フィンカラーリフレア部の所定点 C1、フィンカラー根元部の所定点 C2 の5点を通るスプライン曲線を作成した。その結果、図6(b) に示す最適化後の形状を得ることができた。表2は、実験2における最適化後の形状の変化を表している。

【0036】

【表2】

位置		フィンカラー中心軸Zからの距離	
		最適化前	最適化後
C1	固定値	3.7157	3.7157
X2	固定値	3.6	3.6
X1	変数	3.6	3.5643
X3	固定値	3.6	3.6
C2	固定値	3.7157	3.7157

10

【0037】

< 実験3 >

実験3においては、図7(a) に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は3つである。また、フィンカラーの断面形状は、5点を通るスプライン曲線により構成されている。

20

【0038】

すなわち、フィンカラー中間部 (122) の中間点 (X1)、フィンカラー中間部 (122) の第2端部 (X3)、フィンカラー中間部 (122) の第1端部 (X2) の位置をスプライン曲線の制御点とした。ここで、X2とX3は、

$$X2 = X3 = (C1 - X1) \times N + X1$$

30

$0 < N < 1$  により定義した。また、フィンカラー中間部 (122) の中間点 (X1)、フィンカラー中間部 (122) の第1端部 (X2)、フィンカラー中間部 (122) の第2端部 (X3)、フィンカラーリフレア部の所定点 C1、フィンカラー根元部の所定点 C2 の5点を通るスプライン曲線を作成した。その結果、図7(b) に示す最適化後の形状を得ることができた。表3は、実験3における最適化後の形状の変化を表している。

【0039】

【表3】

位置		フィンカラー中心軸Zからの距離	
		最適化前	最適化後
C1	固定値	3.7157	3.7157
X1	変数	3.6	3.565
X2	変数	3.6	3.5615
X3	変数	3.6	3.565
C2	固定値	3.7157	3.7157

40

【0040】

< 実験4 >

50

実験 4 においては、図 8 ( a ) に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は 3 つである。また、フィンカラーの断面形状は、5 点を通るスプライン曲線により構成されている。

【 0 0 4 1 】

すなわち、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第一端点 ( X 2 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第二端点 ( X 3 ) の位置をスプライン曲線の制御点とした。ここで、X 2 と X 3 は、

$$X2=(C1-X1)\times N1+X1$$

$$X3=(C2-X1)\times N2+X1$$

10

$0 < N 1 < 1$ 、 $0 < N 2 < 1$  により定義した。また、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 1 端部 ( X 2 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 2 端部 ( X 3 )、フィンカラーリフレア部の所定点 C 1、フィンカラー根元部の所定点 C 2 の 5 点を通るスプライン曲線を作成した。その結果、図 8 ( b ) に示す最適化後の形状を得ることができた。表 4 は、実験 4 における最適化後の形状の変化を表している。

【 0 0 4 2 】

【表 4】

20

位置		フィンカラー中心軸 Z からの距離	
		最適化前	最適化後
C 1	固定値	3. 7 1 5 7	3. 7 1 5 7
X 1	変数	3. 6	3. 5 8 6 1
X 2	変数	3. 6	3. 5 9 4 8
X 3	変数	3. 6	3. 5 3 7 7
C 2	固定値	3. 7 4 5 0	3. 7 4 5 0

30

【 0 0 4 3 】

< 実験 5 >

実験 5 においては、図 9 ( a ) に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は 3 つである。また、フィンカラーの断面形状は 2 点を通るスプライン曲線 2 本と、3 点を通るスプライン曲線 1 本とにより構成されている。

【 0 0 4 4 】

すなわち、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第一端点 ( X 2 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第二端点 ( X 3 ) の位置をスプライン曲線の制御点とした。ここで、X 2 と X 3 は、

40

$$X2=(C1-X1)\times N1+X1$$

$$X3=(C2-X1)\times N2+X1$$

$0 < N 1 < 1$ 、 $0 < N 2 < 1$  により定義した。また、フィンカラーの断面形状はフィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の中間点 ( X 1 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 1 端部 ( X 2 )、フィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) の第 2 端部 ( X 3 ) の 3 点を通る第 1 スプライン曲線、フィンカラーリフレア部 ( 1 2 3 ) の所定点 ( C 1 ) とフィンカラー中間部 ( 1 2 2 ) のフィンカラーリフレア部 ( 1 2 3 ) 側の第 1 端部 ( X 2 ) の 2 点を通る第 2 スプライン

50

イン曲線と、フィンカラー根元部（121）の所定点（C2）とフィンカラー中間部（122）のフィンカラー根元部（121）側の第2端部（X3）の2点を通る第3スプライン曲線とにより構成されている。その結果、図9（b）に示す最適化後の形状を得ることができた。表5は、実験5における最適化後の形状の変化を表している。

【0045】

【表5】

位置		フィンカラー中心軸Zからの距離	
		最適化前	最適化後
C1	固定値	3.7157	3.7157
X1	変数	3.6	3.6463
X2	変数	3.6	3.5606
X3	変数	3.6	3.6044
C2	固定値	3.7450	3.7450

10

【0046】

<実験6>

実験6においては、図10（a）に示すように、フィンカラーの断面形状最適化時の変数として、変動制御点は2つである。また、フィンカラーの断面形状は2点を通るスプライン曲線2本と、3点を通るスプライン曲線1本とにより構成されている。

20

【0047】

すなわち、フィンカラー中間部（122）の第1端部（X2）、フィンカラー根元部（121）側の第2端部（X3）の位置をスプライン曲線の制御点とした。また、フィンカラーの断面形状は、フィンカラー中間部（122）の中間点（X1）、フィンカラー中間部（122）の第1端部（X2）、フィンカラー中間部（122）の第2端部（X3）の3点を通る第1スプライン曲線、フィンカラーリフレア部（123）の所定点（C1）とフィンカラー中間部（122）のフィンカラーリフレア部（123）側の第1端部（X2）の2点を通る第2スプライン曲線と、フィンカラー根元部（121）の所定点（C2）とフィンカラー中間部（122）のフィンカラー根元部（121）側の第2端部（X3）の2点を通る第3スプライン曲線とにより構成されている。その結果、図10（b）に示す最適化後の形状を得ることができた。表6は、実験6における最適化後の形状の変化を表している。

30

【0048】

【表6】

位置		フィンカラー中心軸Zからの距離	
		最適化前	最適化後
C1	固定値	3.7157	3.7157
X1	固定値	3.6	3.6
X2	変数	3.6	3.6323
X3	変数	3.6	3.6235
C2	固定値	3.7450	3.7450

40

【0049】

<結論>

50

図 1 1 及び表 7 は、上記各シミュレーション実験の結果である、フィンカラー 1 2 と伝熱管 2 との接触隙間の合計減少率、最大接触圧力の増加率、接触熱伝達率の増加率をまとめたものである。

【 0 0 5 0 】

【表 7】

実験	接触すきま合計の減少率	最大接触圧力の増加率	接触熱伝達率の増加率
1	16.80%	32.83%	1.01%
2	20.64%	36.92%	12.34%
3	20.35%	20.73%	1.99%
4	24.80%	14.73%	3.34%
5	22.19%	66.76%	19.86%
6	25.36%	73.54%	16.8%

10

【 0 0 5 1 】

表 7 から分かるように、シミュレーション実験 2、5、6 においては、接触すきま合計の減少率が大きいだけでなく、最大接触圧力の増加率も大きくなっており、その結果、接触熱伝達率の増加率も 1 2 % 以上になっている。

20

【 0 0 5 2 】

一方、表 8 に示すように、従来のフィンカラーでは、単一または二つの曲げ R を付けたフィンと伝熱管との接触熱伝達率の増加率は 5 % 程度であり、フィンカラーにそれぞれ 3 つの曲げ R を付け、さらにそれぞれの曲げ R を滑らかに接触させ、全体的にフィンカラー形状を伝熱管側に凸とし、ストレート部分が存在しないようにしたものであっても、接触熱伝達率の増加率は 9 % にすぎない。

【 0 0 5 3 】

【表 8】

	フィンカラーの形状	接触熱伝達率の増加率
従来例 1	単一の曲げR (R=0.7mm)	5.3%
従来例 2	二つの曲げRの組合せ (左R=0.255mm、右R=0.3m)	5.8%
従来例 3	二つの曲げRの組合せ (左R=0.3mm、右R=0.255mm)	-3.5%
従来例 4	三つの曲げRの組合せ (左R=0.395mm、中央R=1.9385mm、 右R=0.495mm)	9.1%
従来例 5	三つの曲げRを直線で連結した場合 (左R=0.395mm、中央R=0.295mm、 右R=0.495mm)	-7.0%
実験 2	表 2 の形状	12.34%
実験 5	表 5 の形状	19.86%
実験 6	表 6 の形状	16.8%

10

20

## 【符号の説明】

## 【0054】

- 1 フィン
- 1 1 フィン本体部
- 1 2 フィンカラー
- 1 2 1 フィンカラー根元部
- 1 2 2 フィンカラー中間部
- 1 2 3 フィンカラーリフレア部
- 2 伝熱管
- 3 拡管ヘッド
- X 1 フィンカラー中間部の中間点座標
- X 2 フィンカラー中間部の第 1 端部座標
- X 3 フィンカラー中間部の第 2 端部座標
- C 1 フィンカラーリフレア部の所定点座標
- C 2 フィンカラー根元部の所定点座標

30

40

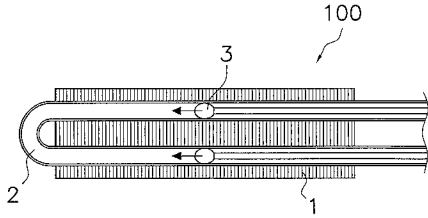
## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

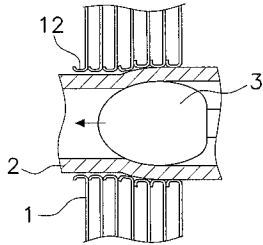
## 【0055】

【特許文献 1】特許 3 3 5 6 1 5 1 号公報

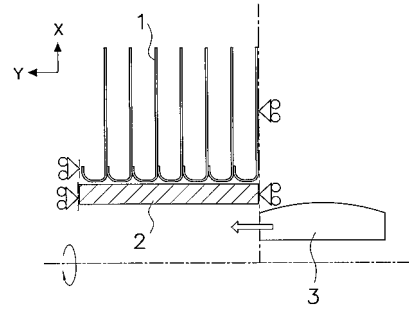
【 図 1 】



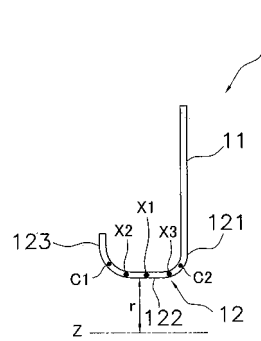
【 図 2 】



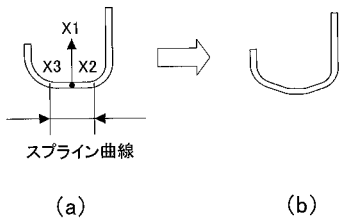
【 図 3 】



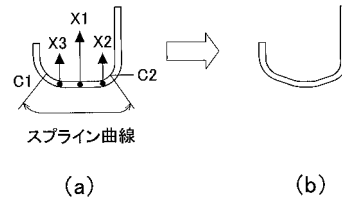
【 図 4 】



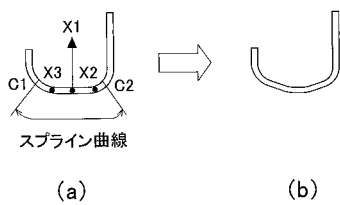
【 図 5 】



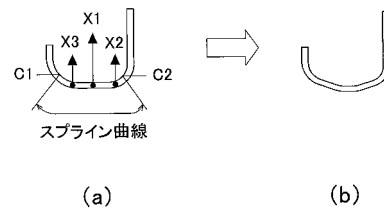
【 図 7 】



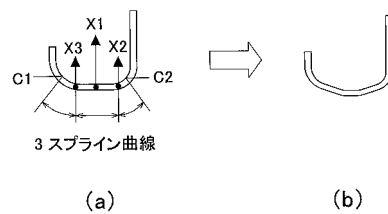
【 図 6 】



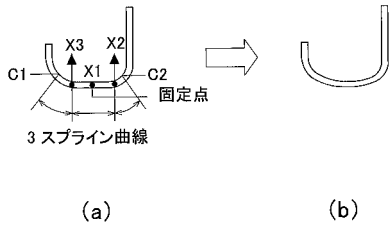
【 図 8 】



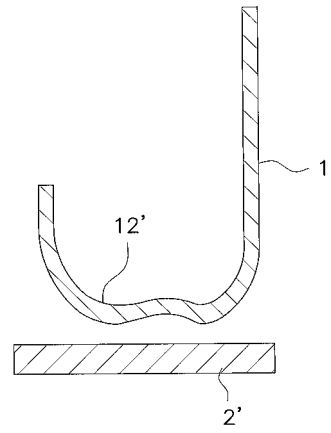
【 図 9 】



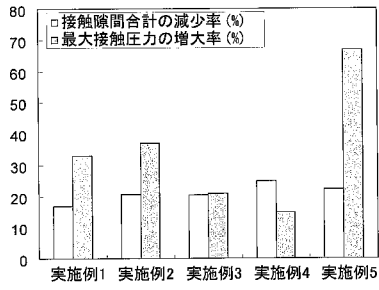
【図10】



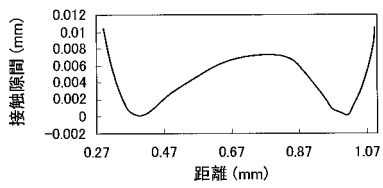
【図12】



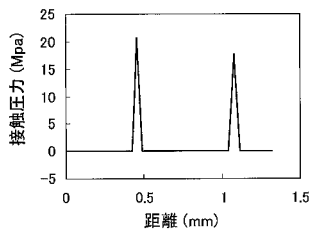
【図11】



【図13】

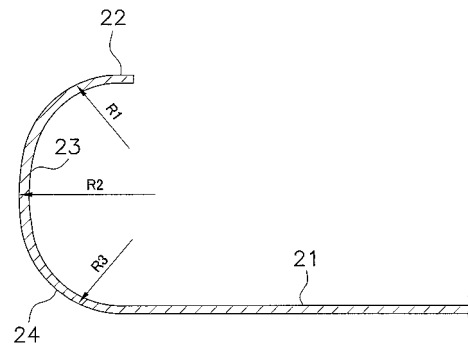


(a)



(b)

【図14】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 彭 穎紅  
中華人民共和国上海市閔行区東川路800号 上海交通大学内
- (72)発明者 李 大永  
中華人民共和国上海市閔行区東川路800号 上海交通大学内
- (72)発明者 高橋 孝幸  
大阪府堺市北区金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内
- (72)発明者 芦田 圭史  
大阪府堺市北区金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内