

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7620087号
(P7620087)

(45)発行日 令和7年1月22日(2025.1.22)

(24)登録日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(51)国際特許分類	F I
F 2 8 F 1/36 (2006.01)	F 2 8 F 1/36 A
F 2 8 F 1/16 (2006.01)	F 2 8 F 1/16 Z
F 2 8 F 13/02 (2006.01)	F 2 8 F 13/02 Z

請求項の数 9 (全12頁)

(21)出願番号	特願2023-517683(P2023-517683)	(73)特許権者	592179160 ヴィーラント ウェルケ アクチーエン ゲゼルシャフト WIELAND - WERKE AKTI ENGESSELLSCHAFT ドイツ国 8 9 0 7 9 ウルム, グラーフ - アルコ - シュトラーセ 3 6
(86)(22)出願日	令和3年10月7日(2021.10.7)	(74)代理人	100092565 弁理士 樺澤 聡
(65)公表番号	特表2023-545915(P2023-545915 A)	(74)代理人	100112449 弁理士 山田 哲也
(43)公表日	令和5年11月1日(2023.11.1)	(72)発明者	ガターバーム アチーム ドイツ国 8 9 1 6 0 バーンスタッド ヒーラシュトラーセ 4 / 1
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/000120	(72)発明者	マンフレッド ノブ
(87)国際公開番号	WO2022/089772		
(87)国際公開日	令和4年5月5日(2022.5.5)		
審査請求日	令和5年4月17日(2023.4.17)		
(31)優先権主張番号	102020006683.6		
(32)優先日	令和2年10月31日(2020.10.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 金属製熱交換器チューブ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チューブ外側に成形され、フィン基部、フィン側面部およびフィン先端部を備えた一体型フィン~~を有する~~金属製熱交換器チューブであって、前記フィン基部がチューブ壁部から半径方向に突出しており、前記フィン間には流路底部~~を有する~~流路が形成されており、その流路の中には互いに離隔した追加構造体が配置されており、

前記追加構造体は、前記フィン間の前記流路を凹所としたセグメントに分割し、2つの前記フィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局部的に減少させ、稼動中に前記流路内の流体流れを少なくとも制限し、

前記追加構造体は、第1の追加構造体と第2の追加構造体を含み、

前記第1の追加構造体は、前記流路底部から始まって半径方向外側に突出した突出部であり、この突出部は半径方向で前記流路底部と前記フィン先端部との間にある終端面により画定されており、この画定により、前記突出部の半径方向の拡がり~~が~~限定されており、

前記突出部の場所で半径方向に位置する空洞部が前記第2の追加構造体として配置されており、前記第2の追加構造体は、前記フィン側面部の材料および前記突出部の半径方向外側に配置された前記終端面から形成されており、

前記空洞部は、半径方向で前記終端面と前記フィン先端部との間に配置されて、前記流路の前記流路底部の上方で前記突出部の半径方向の範囲の周りに前記フィン側面部の側方に位置するように形成されており、前記突出部に軸方向に開口している

ことを特徴とする、金属製熱交換器チューブ。

【請求項 2】

前記突出部および前記空洞部が、2つの前記フィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局部的に少なくとも30%減少させる

ことを特徴とする、請求項1に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 3】

前記突出部および前記空洞部が、2つの前記フィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局部的に40から70%減少させる

ことを特徴とする、請求項1または2に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 4】

前記流路は、前記フィン先端部によって半径方向に部分的に閉鎖され、前記フィン先端部間に形成される局所開口部によって半径方向外側へ開口している

ことを特徴とする、請求項1から3までのいずれか1項に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 5】

前記セグメントごとに少なくとも1つの前記局所開口部が存在する

ことを特徴とする、請求項4に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 6】

前記突出部は、2つの一体に周回する前記フィン間の前記流路底部の材料から成形されている

ことを特徴とする、請求項1から5までのいずれか1項に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 7】

前記突出部は、0.15から1mmの高さを有する

ことを特徴とする、請求項6に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 8】

前記突出部は、チューブ縦軸に対して垂直に延びる切断面において台形の断面を有する

ことを特徴とする、請求項1から7までのいずれか1項に記載の熱交換器チューブ。

【請求項 9】

前記突出部の場所で、チューブ縦軸の方向に向かい合う2つの前記空洞部が形成されている

ことを特徴とする、請求項1から8までのいずれか1項に記載の熱交換器チューブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の前提部に記載の金属製熱交換器チューブに関するものである。

【背景技術】

【0002】

蒸発は、冷却技術および空調技術の多くの分野ならびにプロセス技術およびエネルギー技術において発生する。多くの場合、管束熱交換器が使用され、そこでは純物質または混合物の液体がチューブ外側で蒸発し、その際、チューブ内側では塩水または水が冷却される。

【0003】

チューブ外側およびチューブ内側の熱伝達を強化することにより蒸発器の規模を大幅に小さくすることができる。これにより、このような装置の製造費用が減少する。その上、これまで主に使用していた塩素不含の安全冷媒で総設備費のうち無視できない費用割合になっているかもしれない必要冷媒容量が低減する。さらに、今日では通常である高効率チューブは、同じ直径の平滑管よりすでに約4倍効率が低い。

【0004】

最も効率が最も高い市販の満液式蒸発器用フィンチューブは、チューブ外側に1インチ当たりのフィンが55から60個のフィン密度を有するフィン構造を持つ(特許文献1、特許文献2、特許文献3)。これは、約0.45から0.40mmのフィンピッチに相当する。さらに、フィン間の溝底部範囲に追加の構造部材を挿設することによりチューブ外側に同じフィンピッチで効率を高めた蒸発器構造を作成できる、ということが公知である。

【0005】

10

20

30

40

50

特許文献4には、一次溝に沿って連続的に延びるアンダーカットされた二次溝をフィン間の溝底部に作成することが提案されている。この二次溝の断面は一定のままであるか、または規則的な間隔で変化してもよい。

【0006】

さらに、特許文献5からは、局所空洞部として形成された溝底部の構造が公知であり、それにより、蒸発の際の熱伝達を向上させるために核沸騰の工程が強化される。溝底部では温度過上昇が最大であり、したがって、そこでは気泡形成のために最大の駆動温度差が使用できるので、一次溝底部の近くの空洞の位置は蒸発工程にとって有利である。

【0007】

溝底部の構造についての他の例は、特許文献6、特許文献7または特許文献8に見られる。これらの構造は、溝底部の構造部材がアンダーカットされた形状を有していないという点で共通している。ここでは、溝底部に挿設されたくぼみ、あるいは流路の下部領域の突出部が問題となっている。比較的高い突出部は、熱交換にとって不利に流路内の流体流れを遮る恐れがあるので、従来技術では明らかに除外されている。

10

【0008】

溝底部から始まる比較的高い構造を有する別の手段は、特許文献9に開示されている。この構造は流路内の突出部であり、これによりセグメントへの分割が起こる。2つのフィン間でセグメントに分割することにより流路は周回方向に何度も遮断されるので、発生する気泡および熱交換流体の流路内での移動は少なくとも減少される、あるいは、完全に妨げられる。流路に沿った液体と蒸気の交換は、それぞれの追加構造体により一層減少しているか、もはや促進されない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【文献】米国特許第5669441号明細書

【文献】米国特許第5697430号明細書

【文献】独国特許第19757526号明細書

【文献】欧州特許第1223400号明細書

【文献】独国特許第102008013929号明細書

【文献】欧州特許第0222100号明細書

30

【文献】米国特許第7254964号明細書

【文献】米国特許第5186252号明細書

【文献】欧州特許第3111153号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、チューブ外側で液体を蒸発させる高効率の熱交換器チューブを開発するという課題に基づくものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、請求項1の特徴により示される。他の従属請求項は発明の好適な構成および発展に関するものである。

40

【0012】

本発明は、チューブ外側に成形され、フィン基部、フィン側面部およびフィン先端部を備えた一体型フィンを含む金属製熱交換器チューブを包含するものであり、前記フィン基部がチューブ壁部から半径方向に突出しており、前記フィン間には流路底部を有する流路が形成されており、その中には互いに離隔した追加構造体が配置されている。前記追加構造体は、前記フィン間の前記流路をセグメントに分割する。前記追加構造体は、2つのフィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局部的に減少させ、少なくともそれにより稼働中に前記流路内の流体流れを制限する。第1の追加構造体は、前記流路底部から始まって

50

半径方向外側に向かう突出部であり、これは、半径方向でそれぞれ、前記流路底部と前記フィン先端部の間にある終端面により画定されており、それにより、前記突出部の半径方向の拡がり限定されている。前記突出部の場所で半径方向外側に向くように空洞部が第2の追加構造体として配置されており、これは、前記フィン側面部の材料および前記突出部の半径方向外側に配置された前記終端面から形成されている。前記空洞部は、半径方向でそれぞれ終端面と前記フィン先端部の間に配置されて、前記空洞部が前記流路の前記流路底部の上方で前記突出部の半径方向の拡がりの周りに前記フィン側面部の側方になるように形成されている。前記空洞部は、軸方向に開口している。

【0013】

この金属製熱交換器チューブは、特にチューブ外側で純物質または混合物からなる液体を蒸発させるために用いられる。

10

【0014】

このような効率的なチューブは一体圧延されたフィンチューブを基に圧延板を用いて製造することができる。一体圧延されたフィンチューブは、フィンが平滑管の壁材から成形されたフィン付きチューブと理解される。チューブ外側に成形された典型的な一体型フィンは、例えば螺旋状に周回して、フィン基部、フィン側面部およびフィン先端部を有しており、フィン基部はチューブ壁部からほぼ半径方向に突出している。フィンの数は、チューブの軸方向に連続する隆起部を数えることにより定められる。本発明による構造体は、フィン側面部から材料を予備成形して突出させる鋭角の圧延板と、流路底部の壁材もフィン側面部の予備成形された材料も加工して空洞部を成形するプロセス技術上で次に続く歯付き圧延板により製造される。本発明による構造体は、いわば、流路底部の壁材もフィン側面部からの材料も加工して空洞を成形する歯付き圧延板によってのみ製造することができる。

20

【0015】

ここでは、流路と周囲との接続が孔またはスリットの形で残るように隣り合うフィン間にある流路を閉鎖する様々な方法が公知である。特に、このようにほとんど閉鎖された流路は、フィンを折り返すか折り曲げることにより、フィンを分割して据え込み加工することにより、あるいはフィンに刻み目をつけて据え込み加工することにより作られる。

【0016】

本発明は、蒸発の際の熱伝達を向上させるためにフィン間の空間を追加構造体によりセグメントに分割する、という考察から始まっている。これにより、これらの空間内で局所的な過熱が生じ、核沸騰の工程が強化される。このとき、気泡の生成は第一にセグメントの内部で起こり、核生成部位で始まる。これら核生成部位では、まず小さな気泡または蒸気泡が生じる。膨張する気泡がある特定の大きさに達すると、気泡は表面から脱離する。気泡の脱離が進むと、セグメント中に残っている空隙は再び液体で充満され、サイクルが新たに始まる。このとき、前記気泡が脱離する際に小さな気泡が残されて、それが後に新しい気泡形成サイクルのための核形成部位として用いられるように、表面を形成してもよい。

30

【0017】

さらにセグメント内部に気泡を形成するために、本発明による解決法によれば、半径方向外側に向いた突出部の形状の第1の追加構造体の範囲に他の気泡核生成部位がある。この気泡核生成部位は、空洞部として、突出部の上で半径方向外側に向いて載置されている。空洞部により形成された空隙内では、有利には、セグメント内での気泡形成に寄与する気泡核が形成される。突出部は、隣り合うフィンのそれぞれのフィン基部の間で軸方向に流路底部全体に、あるいは、流路底部の一部だけにわたって拡がってよい。これらは、いわば、2つのフィン間に延びる、流路底部から始まる障壁であり、半径方向外側に向かって延び、流路を周方向に少なくとも部分的に閉鎖している。追加構造体としての、互いに離隔して流路中に連続する突出部および半径方向外側に向かうように形成された空洞部は、それぞれ高さも形状も異なってよい。

40

【0018】

50

言い換えれば、流路底部構造の有利には中実の突出部に載置された空洞部はフィン側面部の材料から成形されており、その下にある突出部の両側面へ流れるような移行部をほぼ半径方向にそれぞれ形成する。空洞部は、洞穴状に、側面およびフィン先端部方向の終端である天面から、ならびに半径方向外側に配置された突出部終端面から、および背面側で画定しているフィン側面部の面部分から形成されている。空洞部では、これらの側面および天面が境界面であり、この境界面はほぼチューブ縦軸方向に拡がって、例えばこの軸方向にだいたい流路中心まで達している。半径方向外側に配置された突出部終端面は流路幅全体にわたって拡がっていてよい。空洞部は、軸方向へ気泡核を放出する開口を有している。気泡核がそこから出て、周回方向に隣接する2つのセグメント内で気泡形成に寄与することができる。突出部上に配置されたこの気泡核放出部位の場所で気体状の流体から形成される気泡核が優勢ではなく、いわば通過を防がない限りは、隣り合うセグメント間の液状流体をそこで交換することもできる。別の言い方をすれば、気泡核が隣り合うセグメントの接続部位を塞がない限り、液状流体が1つのセグメントから隣のセグメントへ到達することもできる。空洞部が載置された突出部は、したがって流体通過用の敷居である。

【0019】

このとき空洞部の側面は、隣のフィンの方へ軸方向に天面よりも長く構成されていてもよい。これにより、チューブ縦軸に対して斜めに置かれた空洞部開口が作られ、この開口が気泡を膨張させる隣り合うセグメント内に比較的容易に気泡核を放出する。このとき、空洞部の開口を形成する側面および天面の正面側輪郭線は、弓形または不規則に構成されていてもよい。この有利な実施態様においても、ある程度斜めに置かれた場合でも空洞部はほぼ軸方向に開口している。

【0020】

本発明では、2つのフィン間の流路をこのような方法でセグメントに分割することにより、この流路は周回方向に何度も遮断されるので、発生する気泡の流路内での移動は少なくとも減少される、あるいは、完全に妨げられる。流路に沿った液体と蒸気の交換は、それぞれの追加構造体により一層減少しているか、もはや促進されない。

【0021】

本発明の特別な利点は、液体と蒸気の交換が局所的に適切に制御され、セグメント内での気泡核生成部位の充満が局所的に行われるということにある。全体的に、流路のセグメント分割を適切に選択することにより、蒸発器チューブ構造を使用パラメータに応じて効果的に最適化することができ、それにより熱伝達の向上が達成される。溝底部範囲では、フィン基部の温度はフィン先端部より高いので、さらに、溝底部の気泡生成を強化する構造部材が特に効果的である。

【0022】

さらに、追加構造体が2つのフィン間の流路で貫流可能な断面積を局所的に減少させることも有利である。全体的に、流路のセグメント分割でそれぞれの流路区分の分離が増加することにより、蒸発器チューブ構造を使用パラメータに応じて、さらに熱伝達を向上させるために一層最適化することができる。

【0023】

本発明の好適な実施態様では、前記突出部および前記空洞部が、2つのフィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局所的に少なくとも30%減少させてよい。このように、セグメントは局所的に流体通過のために十分に制限される。2つのセグメント間にある流路区分は、したがって隣にある流路区分に対して流体側で十分または可能な限り隔離されている。

【0024】

好適には、前記突出部および前記空洞部が、2つのフィン間の前記流路で貫流可能な断面積を局所的に40から70%減少させてよい。2つのセグメント間にある流路区分は、隣にある流路区分に対して流体側で重要な敷居を形成する。

【0025】

本発明の有利な形態では、前記流路は半径方向外側へそれぞれの局所開口部までは閉じ

10

20

30

40

50

ていてよい。このとき、フィンほぼT形または 形の断面を有していてもよく、それによりフィン間の流路は局所開口部としての孔までは閉鎖される。これらの開口部を通して、蒸発工程で生じる蒸気泡は逃げることができる。フィン先端部の変形は、従来技術から得られる方法で行われる。

【0026】

この関連で、フィン先端部が軸方向に折り曲げられていてもよく、その上ある程度まで流路底部の方向に成形されていてもよい。流路は、したがって、補い合う複数の構造部材の組み合わせにより、下および横から、および/または上から、所望の程度まで次第に細くしてもよく、完全に閉じていてもよい。いずれにしても、フィン間の流路が非連続のセグメントに分割されるようにする。

【0027】

本発明によるセグメントと孔またはスリットまで閉鎖された流路との組み合わせにより、非常に広い範囲の運転条件にわたって液体の蒸発で非常に高い効率を有する構造が得られる。特に、熱流束または駆動温度差が変化しても、構造の熱伝達係数は変わらず高い水準に達する。

【0028】

本発明の好適な形態では、セグメントごとに少なくとも1つの局所開口部が存在してよい。この最低条件により、さらに確実に、蒸発工程で1つの流路セグメントに生じた気泡が外に逃げることができるようになる。局所開口部は大きさおよび形状に関して、液状媒体が通り抜けて流路区分内に流れることができるように構成されている。したがって、局所開口部で蒸発工程を維持できるようにするために、同量の液体と蒸気を互いに反対の方向へ前記開口部を通して移送しなくてはならない。通常は、チューブ材料を良好に湿潤する液体を使用する。このような液体は毛細管効果に基づき外側のチューブ表面の各開口部を通して過圧に逆らっても流路に侵入することができる。

【0029】

さらに、セグメントの数に対する局所開口部の数の比は1:1から6:1であってよい。さらに有利には、この比は1:1から3:1であってよい。フィン間にある流路は上部フィン範囲の材料によりほぼ閉鎖されており、そのように生じた流路セグメントの空隙は開口部により周囲の空間と接続している。これらの開口部は同じ大きさまたは2つ以上の等級の大きさで構成された孔としても形成されていてよい。1つのセグメント上に複数の局所開口部が形成されている場合には、特に2つの等級の大きさを有する孔が適しているかもしれない。規則的な繰り返されるパターンにしたがって、流路に沿って、例えばそれぞれの小さい開口部に大きな開口部が続く。この構造により、流路内に指向性の流れが生じる。液体は、有利には小さい孔を通して毛細管圧の助けによって取り込まれて流路壁を湿潤し、それにより薄膜が生成される。蒸気は流路中心に集まり、その場所において最も小さい毛細管圧により逃げる。同時に、大きな孔の寸法は、蒸気が十分に速く逃げることができ、その際に流路が乾燥しないように定める必要がある。比較的小さい液体孔に対する蒸気孔の大きさと数は、このとき互いに合わせて調整される。

【0030】

本発明の有利な実施態様では、第1の追加構造体としての前記突出部は、少なくとも、2つの一体的に周回するフィン間の前記流路底部の材料から成形されていてよい。これにより、チューブ壁部からそれぞれの構造部材へ良好に熱交換するための素材結合による接続は維持されたまま残る。その上、突出部は、さらにフィン側面部の材料からなってもよい。流路底部の単一の材料からなる流路をセグメントに分割することは蒸発工程にとって特に有利である。

【0031】

特に有利な実施態様では、第1の追加構造体としての前記突出部は、0.15から1mmの高さを有してよい。この追加構造体の寸法決定は、高効率フィンチューブに合わせて特に良好に調整されたもので、外部構造の構造サイズが有利にはミリメートル未満からミリメートル範囲にあることを表している。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

好適には、前記突出部は、非対称な形状を有してよい。構造体の非対称性は、ここではチューブ縦軸に対して垂直に延びる切断面に現れる。非対称な形状は、特に比較的大きな表面が形成されている場合、蒸発工程にさらに寄与するかもしれない。非対称性は、流路底部の追加構造体においてもフィン先端部においても形成されていてよい。

【 0 0 3 3 】

本発明の有利な実施態様では、前記突出部は、チューブ縦軸に対して垂直に延びる切断面において台形の断面を有してよい。台形の断面は、一体圧延されたフィンチューブ構造に関して技術的に良好に制御可能な構造要素である。通常は平行な台形底辺の、製造由来のわずかな非対称性がここで現れるかもしれない。

10

【 0 0 3 4 】

好適には、前記突出部の場所で、チューブ縦軸の方向に2つの向かい合う空洞部が形成されていてよい。両方の空洞部では、したがって、気泡核を放出する開口は軸方向に互いに直接向かい合っている。気泡核がそこから出て、周回方向で隣接する両方のセグメント内で気泡形成に寄与することができる。両方の空洞部が載置された突出部は、したがって、流体通過用の敷居である。ここでは、チューブ縦軸に対して斜めに置かれた空洞部開口が特に好適であると証明することができ、この開口が気泡を膨張させる隣り合うセグメント内に比較的容易に気泡核を放出する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 追加構造体により分割されたセグメントを有する熱交換器チューブの横断面の部分図を概略的に示す。

20

【 図 2 】 折り曲げられたフィン先端部を有する熱交換器チューブの外部構造の一部分の斜視図を概略的に示す。

【 図 3 】 突出部の場所の空洞部の詳細図を概略的に示す。

【 図 4 】 突出部の場所で互いに向かい合う2つの空洞部を有する熱交換器チューブの外部構造の一部分の斜視図を概略的に示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 6 】

本発明の実施例を概略的な図面を用いて詳細に説明する。互いに相応する部分は、全ての図において同一の符号を付している。

30

【 0 0 3 7 】

図 1 は、追加構造体 7 により分割されたセグメント 8 を有する本発明による熱交換器チューブ 1 の横断面の部分図を概略的に示す。一体圧延された熱交換器チューブ 1 は、チューブ外側に螺旋形に周回するフィン 2 を有し、その間には流路 6 としての一次溝が形成されている。フィン 2 はチューブ外側で螺旋に沿って間断なく連続的に延びている。フィン基部 3 はチューブ壁部 10 からほぼ半径方向に突き出ている。フィン高さ H は、完成した熱交換器チューブ 1 において、流路底部 61 の最も深い場所から完全に成形されたフィンチューブのフィン先端部 5 までを測定する。

【 0 0 3 8 】

40

流路底部 61 の範囲に半径方向外側に向いた突出部 71 の形状の追加構造体 7 が配置されており、この突出部 71 が半径方向でそれぞれ、流路底部 61 とフィン先端部 5 の間にある終端面 713 により画定されている熱交換器チューブ 1 を提案する。これらの突出部 71 を第 1 の追加構造体と称し、流路底部 61 から、チューブ壁部 10 の材料から成形されている。突出部 71 は、有利には規則的な間隔で流路底部 61 に配置されており、流路の延長線に対して横向きに、フィン 2 のフィン基部 3 から、少なくとも部分的にあるいは完全に、図面に示されていないその先にある次のフィン基部の方へ広がっている。突出部 71 の場所で、半径方向外側に向くように空洞部 72 が第 2 の追加構造体 7 として配置されており、この空洞部 72 は、フィン側面部 4 の材料および突出部 71 の半径方向外側に配置された終端面 713 から形成されている。この空洞部は、半径方向にそれぞれ終端面

50

713とフィン先端部5の間に配置されているので、この空洞部72は、流路6の流路底部61の上方で突出部71の半径方向の拡がりの周りにフィン側面部4の側方になるように形成されている。空洞部72は軸方向に開口している。このように流路6としての一次溝は規則的な間隔で少なくとも部分的に次第に細くなっている。これにより生じたセグメント8は、空洞部72と一緒に気泡核形成を特に促進する。それぞれのセグメント8間での液体と蒸気の交換は少なくとも減少する。

【0039】

半径方向外側にある空洞部72を備えた突出部71を流路底部61に形成するためにはさらに、有利には、フィン2の末端領域としてのフィン先端部5を変形して、軸方向に折り曲げられたフィン先端部51でフィン2が流路6を半径方向に部分的に閉鎖するようにしてある。蒸気泡が流路6から逃げられるようにするために、流路6と周囲との接続は局所開口部としての孔9の形状で作られている。フィン先端部5の変形は、従来技術から得られる圧延技術の方法で行われる。一次溝6は、このようにアンダーカットされた溝である。追加構造体7として突出部71と空洞部72を組み合わせることにより、空隙の形状のセグメント8が得られ、これはさらに、非常に広い範囲の運転条件にわたって液体の蒸発で非常に高い効率を有することで優れている。液体は、追加の核形成部位としての空洞部72に支持されたセグメント8の内部で蒸発する。生じた蒸気は局所開口部9において流路6から出て、その開口部を通して液状流体も流れる。流体を流すためには、湿潤性の良好なチューブ表面も一助になるかもしれない。

【0040】

本発明による解決法は、チューブ外側で熱伝達係数が上昇する構造化されたチューブに関するものである。熱抵抗の大部分を内側に移動させないために、内側の熱伝達係数を適切な内部構造11によりさらに強化してよい。管束熱交換器用熱交換器チューブ1は、通常、少なくとも1つの構造化領域、ならびに平滑な末端部材および場合により平滑な中間部材を有する。これらの平滑な末端部材もしくは中間部材が、構造化領域を画定する。熱交換器チューブ1を問題なく管束熱交換器に取り付けることができるようにするために、構造化領域の外径は、平滑な末端部材および中間部材の外径より大きいものであってはならない。

【0041】

図2は、折り曲げられたフィン先端部51を有する熱交換器チューブ1の外部構造の一部分の斜視図を概略的に示す。より分かりやすく説明するために、理解するために最も重要な外部構造の構造部材のみを示す。半径方向外側にある空洞部72を備えた突出部71を流路底部61に形成するためにはさらに、ここでもフィン2の末端領域としてのフィン先端部5を変形して、軸方向に折り曲げられたフィン先端部51でフィン2が流路6を半径方向に部分的に閉鎖するようにしてある。流路6と周囲との接続は、流路6から蒸気泡を逃がすための、ならびに、流路6に液状流体を流入させるための局所開口部9として作られている。一次溝6は、このように、ここでもアンダーカットされた溝である。軸方向に折り曲げられたフィン先端部51は、フィン2から成形され、軸方向に流路6を越えて延びている。フィン側面部4から折り曲げられたフィン先端部51までの移行範囲は、図ではフィンの延長線に沿った小さな台地状の構造により認識できる。追加構造体7によって、2つのフィン2間の流路6で貫流可能な断面積が局所的に特に効果的に減少し、それにより稼働中に流路6内の流体流れが制限されるようになる。

【0042】

図3は、突出部71の場所の空洞部72の詳細図を概略的に示す。半径方向に、有利には中実の突出部71に載置された空洞部72は、流路底部61における壁材もフィン側面部4における材料も加工する歯付き圧延板により、フィン側面部4の材料から製造されている。突出部71と空洞部72はチューブ壁部の異なる範囲から成形されているが、空洞部72は、主に、その下にある突出部71の両側面711へ半径方向に流れるような移行部を形成してよい。この場合、突出部71は流路底部61の一部分でのみ拡がっており、チューブ軸方向に前面712で終わっている。空洞部72は、洞穴状に、側面721およ

10

20

30

40

50

び天面 7 2 2 から、ならびに半径方向外側に配置された突出部 7 1 の終端面 7 1 3 から、および背面側で画定するフィン側面部の面部分（図 3 では側面 7 2 1 により隠れている）から形成されている。突出部 7 1 の側面 7 2 1、天面 7 2 2 および終端面 7 1 3 は空洞部 7 2 の境界面であり、この境界面はほぼチューブ縦軸 A の方向に拡がって、例えばこの軸方向にほとんど流路中心まで形成されている。ここで、突出部 7 1 の終端面 7 1 3 はチューブ縦軸 A の方向にさらに、あるいは向かい合うフィン間の流路幅全体にわたって拡がっていてよい。空洞部 7 2 は、主にチューブの軸方向へ気泡核を放出する開口 7 2 3 を有している。気泡核がそこから出て、周回方向に隣り合う 2 つのセグメント 8 内で気泡形成に寄与することができる。空洞部 7 2 が載置された突出部 7 1 は、したがって流体通過用の敷居である。

10

【 0 0 4 3 】

同様に図 3 から明らかかなように、空洞部 7 2 の側面 7 2 1 は、隣のフィンの方へ軸方向に天面 7 2 2 よりも長く構成されている。これにより、チューブ縦軸 A に対して斜めに置かれた空洞部 7 2 の開口 7 2 3 が生じ、この開口が気泡を膨張させる隣り合うセグメント 8 内へ比較的容易に気泡核を放出する。それにもかかわらず、これにより空洞部 7 2 は、開口 7 2 3 が軽く斜めに置かれた場合でもほぼ軸方向 A に開口している。

【 0 0 4 4 】

図 4 は、突出部 7 1 の場所で互いに向かい合う 2 つの空洞部 7 2 および折り曲げられたフィン先端部 5 1 を有する熱交換器チューブ 1 の外部構造の一部分の斜視図を概略的に示す。より分かりやすく説明するために、理解するために最も重要な外部構造の構造部材のみを示す。半径方向外側にある空洞部 7 2 を備えた突出部 7 1 を流路底部 6 1 に形成するためにはさらに、ここでもフィン 2 の末端領域としてのフィン先端部 5 を変形して、軸方向に折り曲げられたフィン先端部 5 1 でフィン 2 が流路 6 を半径方向に部分的に閉鎖するようにしてある。流路 6 と周囲との接続は、流路 6 から蒸気泡を逃がすための、ならびに、流路 6 に液状流体を流入させるための局所開口部 9 として作られている。追加構造体 7 としての突出部 7 1 と空洞部 7 2 によって、2 つのフィン 2 間の流路 6 で貫流可能な断面積が局所的に特に効果的に減少し、それにより稼働中に流路 6 内の流体流れが制限されるようになる。

20

【 0 0 4 5 】

この場合、突出部 7 1 は隣り合うフィン 2 間の流路幅全体にわたってチューブ縦軸 A の方向に拡がっている。突出部 7 1 の場所では、半径方向外側に向くように 2 つの向かい合う空洞部 7 2 が形成されている。その両方の空洞部 7 2 で、気泡核を放出する開口は、軸方向 A に結果的に直接向かい合っている。気泡核がそこから出て、周回方向に隣接する 2 つのセグメント内で気泡形成に寄与することができる。両方の空洞部 7 2 が載置された突出部 7 1 は、したがって流体通過用の敷居である。ここでは、チューブ縦軸 A に対してやや斜めに置かれた空洞部 7 2 の開口が特に好適であることが明らかにでき、この開口が気泡を膨張させる隣り合うセグメント内に比較的容易に気泡核を放出する。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 4 6 】

- 1 熱交換器チューブ
- 2 フィン
- 3 フィン基部
- 4 フィン側面部
- 5 フィン先端部、フィンの末端領域
- 5 1 軸方向に折り曲げられたフィン先端部
- 6 流路、一次溝
- 6 1 流路底部
- 7 追加構造体
- 7 1 流路底部における第 1 の追加構造体としての突出部
- 7 1 1 突出部の側面

40

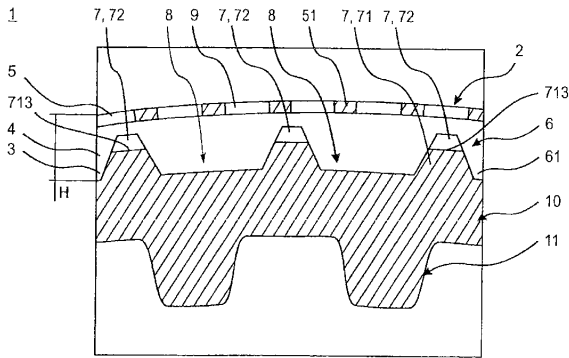
50

- 7 1 2 突出部の前面
- 7 1 3 突出部の終端面
- 7 2 第 2 の追加構造体としての空洞部
- 7 2 1 空洞部の側面
- 7 2 2 空洞部の天面
- 7 2 3 空洞部の開口
- 8 セグメント
- 9 局所開口部、孔
- 1 0 チューブ壁部
- 1 1 内部構造
- A チューブ縦軸
- H フィン高さ

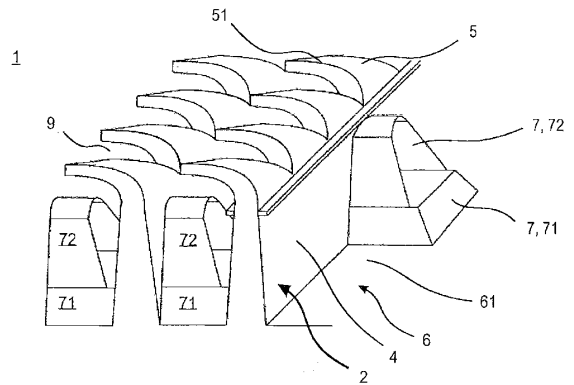
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



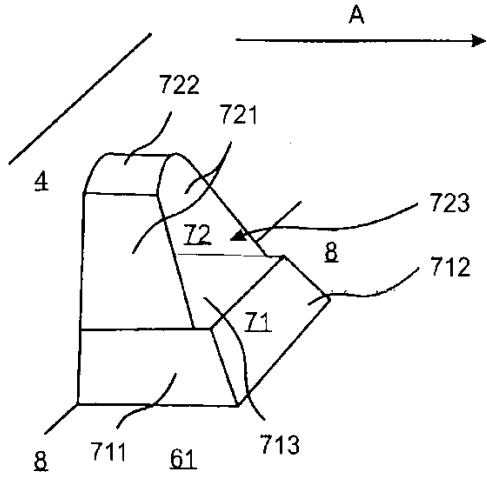
20

30

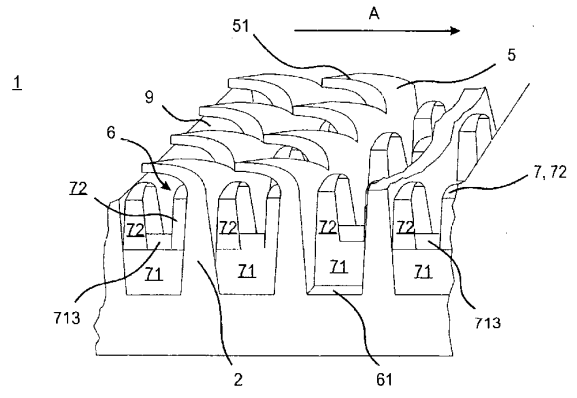
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ドイツ国 89160 ドーンスタッド ボーティンガーシュトラッセ 22
(72)発明者 ルイス ロナルド
ドイツ国 89143 ブラウベレン バーグシュトラッセ 4/3
(72)発明者 ルー ツォング
中国 シャンハイ ミレハン ディストリクト ジンハイロード No. 460 ルーム 22-101
(72)発明者 カオ ジンヤン
中国 シャンハイ プドン ニュー ディストリクト ジンヤン ロード No. 785 ルーム 19-303
審査官 柳本 幸雄
(56)参考文献 特開2009-216374(JP, A)
特開2002-277188(JP, A)
国際公開第2014/072046(WO, A1)
特表2017-501362(JP, A)
特開平07-151480(JP, A)
特開2005-090798(JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F28F 1/36
F28F 1/16
F28F 13/02