

(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2009-68838
(P2009-68838A)

(43) 公開日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 8 F 13/12 (2006.01)	F 2 8 F 13/12	Z
F 2 8 F 1/40 (2006.01)	F 2 8 F 1/40	D

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2009-1139 (P2009-1139)
 (22) 出願日 平成21年1月6日 (2009.1.6)
 (62) 分割の表示 特願2006-524145 (P2006-524145)
 の分割
 原出願日 平成17年5月11日 (2005.5.11)
 (31) 優先権主張番号 200510056765.8
 (32) 優先日 平成17年3月25日 (2005.3.25)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 506259634
 清華大学
 中華人民共和国北京市海淀区清華▲園▼
 (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 100094145
 弁理士 小野 由己男
 (74) 代理人 100111187
 弁理士 加藤 秀忠
 (72) 発明者 李 志信
 中華人民共和国北京市海淀区清華▲園▼
 清華大学内

最終頁に続く

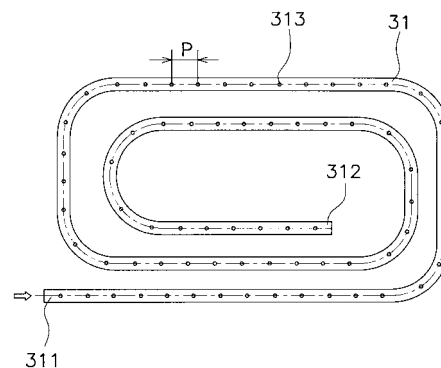
(54) 【発明の名称】 給湯用伝熱管

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構造で、低レイノルズ数域において伝熱性能の向上を図るとともに、管内の圧力損失が小さい給湯用伝熱管を提供する。

【解決手段】 内径(D)が8mmの給湯用伝熱管31の管内面に、突起の高さ(H1)が0.8mm~2.0mmの範囲内、または高さ(H1)が内径(D)の0.1~0.25倍である複数の突起が設けられている。実験の結果、内部を流れる流体のレイノルズ数(Re)が7000未満の低レイノルズ数区間で、管内に設けられた突起により、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、
前記内部を流れる流体のレイノルズ数 (Re) が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ ($H1$) が 0.8 mm ~ 2.0 mm である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

【請求項 2】

内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、
前記内部を流れる流体のレイノルズ数 (Re) が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ ($H1$) が内径 (D) の 0.1 ~ 0.25 倍である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

10

【請求項 3】

内部を流れる流体の流速が 0.1 m/s ~ 0.6 m/s である、請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

【請求項 4】

前記突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている、請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

【請求項 5】

前記流体が流出する流体出口の近傍に位置する部分の内面には、前記突起が設けられていない平滑部を有する、
請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

20

【請求項 6】

前記複数の突起は、管軸の方向に平行して設けられている、
請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

【請求項 7】

前記複数の突起は、螺旋状に設けられている、
請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

【請求項 8】

前記複数の突起のピッチ (P) と内径 (D) との比は、0.5 ~ 10 である、
請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

30

【請求項 9】

前記内面には、前記突起が設けられていない平滑部が存在する、
請求項 1 または 2 に記載の給湯用伝熱管。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、給湯器技術、特に管内を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7000 未満の給湯用伝熱管に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

空気調和装置、給湯器などに用いられる熱交換装置においては、管内に水などの流体が流れるとともに管内外の温度差によって熱交換を行う給湯用伝熱管が設けられている。そして、給湯用伝熱管の伝熱性能を向上させるため、管内面に溝が形成された溝付管が使われることがある。また、給湯用伝熱管の内面に突起を設けて伝熱性能を向上させる技術も提案されている。

【0003】

このように、給湯用伝熱管内部に突起を設けると、給湯用伝熱管の伝熱面積が大きくなるとともに、突起により流体が攪拌されることで、伝熱面における熱伝達率が増大され、

50

伝熱性能が向上する。しかし、給湯用伝熱管内部に突起を設けると、突起によって管摩擦係数が増大し、管内の流れの圧力損失が大きくなる。そこで、給湯用伝熱管内部に高さ $0.45\text{ mm} \sim 0.6\text{ mm}$ の突起を設けて、冷媒との熱伝達を促進しつつ圧力損失を抑える技術が提案されている（特許文献1：特公平6-70556）。

【発明の概要】

【0004】

しかし、給湯用伝熱管内の流体の流速が非常に低く、管内における流体の流れが層流域から乱流域への遷移領域である場合、特許文献1で開示された高さ $0.45\text{ mm} \sim 0.6\text{ mm}$ の突起を設けても伝熱性能の向上は小さい。

【0005】

例えば、図1に示すヒートポンプ式給湯器においては、電気代の安い夜間電力を効率的に利用するため、長い時間をかけて水を約10 から約90 まで一過式で沸かす。ここでは、製品のコンパクト化と高効率を確保するため、給湯用伝熱管内を流れる水の流量を非常に小さい値（例えば、 0.8 L/min ）に設定している。このように管内の水流量が小さい給湯用伝熱管においては、給湯用伝熱管の内径を小さくすることで管内の流速を高め、伝熱性能を向上させる方法を採用している。しかし、この場合でも管内の水流量が小さいため、管内における水の流れは、流入口付近では層流域から乱流域への遷移領域（ $Re = 1500 \sim 3000$ ）、流出口付近でも乱流初期（ $Re = 7000$ ）程度である。また、水の流入口付近の低温区間では、熱伝導率も小さいため、効率的な熱交換が期待できない。

【0006】

本発明の目的は、上記背景技術の問題点を克服し、簡単な構造で、低レイノルズ数域において伝熱性能の向上を図るとともに、管内の圧力損失が小さい給湯用伝熱管を提供することにある。

【0007】

第1発明に係る給湯用伝熱管は、内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が7000未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ である複数の突起が設けられている。

【0008】

層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間では、管内に設けた突起の高さを従来のように低く設定すると伝熱性能の向上効果が得られない。

【0009】

そこで、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間、すなわちレイノルズ数 Re が7000未満の区間に位置する部分の内面に、管内に向けて突出する高さが $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ の複数の突起を設けた。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0010】

第2発明に係る給湯用伝熱管は、内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が7000未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起が設けられている。

【0011】

管内に突起が設けられた場合、管摩擦係数は、レイノルズ数 Re 及び相対粗度の関数となる。ここでは、管内突起による管摩擦係数への影響を表すため、管内に設けた突起の高さと管内径との比（すなわち相対粗度）を用いている。層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間において、管内壁面の相対粗度を所定範囲内にすることにより、伝熱効果の向上を図るとともに圧力損失による影響を最小限に抑えることができる。

【0012】

そこで、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間、すな

10

20

30

40

50

わちレイノルズ数 Re が 7000 未満の区間に位置する部分の内面に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起を設けた。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0013】

第3発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、内部を流れる流体の流速が $0.1 \text{ m/s} \sim 0.6 \text{ m/s}$ である。なお、給湯用伝熱管の内部を流れる流体の流速が $0.2 \text{ m/s} \sim 0.4 \text{ m/s}$ であることが好ましい。ここで、管内の流体の流速が 0.1 m/s 未満である場合、給湯用伝熱管の熱伝達率が極めて低い。一方、管内の流体の流速が 0.6 m/s を超えると、管内の摩擦係数が大きくなり、管内の圧力損失が大きくなる。そこで、内部を流れる流体の流速範囲を $0.1 \text{ m/s} \sim 0.6 \text{ m/s}$ とする。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

10

【0014】

第4発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている。

【0015】

管内突起による管内流体の圧力損失への影響要素として、管内流体のレイノルズ数、速度、突起の高さなどのほか、突起の形状が挙げられる。突起の形状が鋭角状である場合、角を曲がる流れにより剥離渦が生じ、流体の圧力損失が高くなる。

20

【0016】

そこで、突起の任意の高さにおける断面形状が、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されているようにしている。すなわち、突起の外周面が滑らかな曲面で形成されているため、突起の形状が鋭角状であるものに比べて剥離渦の発生を抑えることができ、管内流体の圧力損失による影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0017】

第5発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、流体が流出する流体流出口の近傍に位置する区間には、突起が設けられていない。

30

【0018】

給湯用伝熱管の流体流出口部では、流体の温度が高く、例えば流体が水である場合、管内面にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起を設けると、突起によりスケールの付着が促進されるおそれがある。そこで、流体の温度が高い流体流出口近傍に位置する区間には、突起が設けられていない管、例えば平滑管を使用することにより、スケールの発生を抑える。

【0019】

第6発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、管軸方向に平行して設けられている。

【0020】

管軸方向に突起を設けることにより、伝熱促進が連続しておこなえる。また、流体の流れは管軸方向に直線的に流れるため、圧力損失の増加が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

40

【0021】

第7発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、螺旋状に設けられている。

【0022】

螺旋状に突起を設けることにより、管内の流体の流れに旋回が発生し、流体の通過長さが長くなり、伝熱性能がさらに向上する。

【0023】

50

第8発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比は0.5~1.0である。

【0024】

突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比が0.5以下の場合、伝熱促進効果は得られるが、上流側において突起の影響により圧力損失が大きくなる。また、突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比が1.0以上の場合、伝熱促進効果が小さくなる。

【0025】

そこで、突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比を0.5~1.0にすることで、伝熱促進効果を維持しつつ、圧力損失の増加が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0026】

第9発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、給湯用伝熱管の内面には、突起が設けられていない平面部が存在する。

【0027】

突起のない平面部において、給湯用伝熱管内の断面積は最大となる。すなわち、突起を設けている部分と突起を設けていない部分との間の内面形状の変化が最大となり、伝熱性能が向上する。一方、給湯用伝熱管内面に平面部が存在しない場合は、給湯用伝熱管の内径が減少したものと同等効果となり、流体の流速が速くなること伝熱促進効果は得られるが、管内の圧力損失も大きくなる。

【発明の効果】

【0028】

以上の説明で述べたように、本発明によれば、以下の効果が得られる。

【0029】

第1発明では、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が7000未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が0.8mm~2.0mmである複数の突起を設けている。これにより、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間でも、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の高さが0.9mm~1.2mmの範囲内であることが好ましい。また、給湯用伝熱管は外径が8mm~14mm(内径が6mm~12mm)であることが好ましい。

【0030】

第2発明では、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が7000未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が内径Dの0.1~0.25倍である複数の突起を設けている。これにより、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間でも、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の相対粗度(H_1/D)が0.11~0.15の範囲内であることが好ましい。

【0031】

第3発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、内部を流れる流体の流速が0.1m/s~0.6m/sである。ここで、管内の流体の流速が0.1m/s未満である場合、給湯用伝熱管の熱伝達率が極めて低い。一方、管内の流体の流速が0.6m/sを超えると、管内の摩擦係数が大きくなり、管内の圧力損失が大きくなる。そこで、内部を流れる流体の流速範囲を0.1m/s~0.6m/sとする。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0032】

第4発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている。

10

20

30

40

50

【0033】

ここでは、突起の外周面が滑らかな曲面で形成されているため、突起の形状が鋭角状であるものに比べて剥離渦の発生を抑えることができ、管内流体の圧力損失による影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0034】

第5発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、流体が流出する流体流出口の近傍に位置する区間には、突起が設けられていない。

【0035】

給湯用伝熱管の流体流出口部では、流体の温度が高く、例えば流体が水である場合、管内面にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起を設けると、突起によりスケールの付着が促進される場合がある。そこで、流体の温度が高い流体流出口近傍に位置する区間には、突起が設けられていない管、例えば平滑管を使用することにより、スケールの発生を抑える。

【0036】

第6発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、管軸方向に平行して設けられている。

【0037】

管軸方向に突起を設けることにより、伝熱促進が連続しておこなえる。また、流体の流れは管軸方向に直線的に流れるため、圧力損失の増加が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0038】

第7発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、螺旋状に設けられている。

【0039】

螺旋状に突起を設けることにより、管内の流体の流れに旋回が発生し、流体の通過長さが長くなり、伝熱性能がさらに向上する。

【0040】

第8発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、複数の突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比は0.5~1.0である。

【0041】

突起のピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比を0.5~1.0にすることで、伝熱促進効果を維持しつつ、圧力損失の増加が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。特に、給湯用伝熱管の突起ピッチPと給湯用伝熱管内径Dとの比を0.8~4にしたほうが好ましい。

【0042】

第9発明では、第1発明または第2発明に記載の給湯用伝熱管において、給湯用伝熱管の内面には、突起が設けられていない平面部が存在する。

【0043】

突起を設けていない平面部が存在することにより、給湯用伝熱管の内面形状の変化が最大となり、伝熱性能が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】ヒートポンプ給湯器の模式図

【図2】水熱交換器の概略図。

【図3】給湯用伝熱管の平面図。

【図4】給湯用伝熱管の管内流れのレイノルズ数を表すグラフ。

【図5】(a)給湯用伝熱管の断面斜視図。(b)図5(a)のA-A矢視断面図。

(c)図5(b)のB-B矢視断面図。

【図6】実験1の結果を示すグラフ図。

【図7】実験2の結果を示すグラフ図。

10

20

30

40

50

- 【図 8】実験 3 の結果を示すグラフ図。
- 【図 9】実験 4 に係る給湯用伝熱管の断面斜視図。
- 【図 10】実験 4 の結果グラフ図。
- 【図 11】変形例 1 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 12】(a) 変形例 2 に係る給湯用伝熱管の平面図。(b) 変形例 2 に係る給湯用伝熱管の斜視図。(c) 変形例 2 のもう一つの給湯用伝熱管の斜視図。
- 【図 13】変形例 3 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 14】変形例 4 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 15】変形例 5 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 16】変形例 6 に係る給湯用伝熱管の平面図。 10
- 【図 17】変形例 7 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 18】変形例 8 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 19】(a) 変形例 9 に係る給湯用伝熱管の平面図。(b) 変形例 9 に係る給湯用伝熱管の斜視図。
- 【図 20】変形例 10 に係る給湯用伝熱管の平面図。
- 【図 21】(a) 変形例 11 に係る給湯用伝熱管の平面図。(b) 図 21 (a) の D - D 矢視断面図。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0045】
- <全体構成> 20
- 図 1 は、ヒートポンプ式給湯機の模式図である。ここで、ヒートポンプ式給湯機は、貯湯ユニット 1 とヒートポンプユニット 2 とを備えている。給湯ユニット 1 は、水道管 11 と、貯湯タンク 12 と、水循環用ポンプ 13 と、給水管 3 と、水熱交換器 30 を構成する給湯用伝熱管 31 と、温湯管 16 と、混合弁 17 と、給湯管 18 とが順に連結されている。ここでは、給水管 11 から貯湯タンク 12 に水道水が供給される。貯湯タンク 12 の底部から温度の低い水が水循環用ポンプ 13 より水熱交換器 30 の給湯用伝熱管 31 に供給され加熱される。加熱された温湯は、貯湯タンク 12 の上部に流入される。温湯管 16 を経て貯湯タンク 12 の上部から出湯される高温の温湯は、混合弁 17 により混合水管 19 の冷水と混合される。この混合弁 17 により給湯の温度が調節され、給湯管 18 によりユーザに供給される。 30
- 【0046】
- 次に、ヒートポンプユニット 2 は冷媒循環回路を備え、この冷媒循環回路は、圧縮機 21 と、水熱交換器 30 と、膨張弁 23 と、空気熱交換器 24 とを、冷媒管 32 により順に接続して構成される。冷媒は圧縮機 21 により高圧に圧縮された後、水熱交換器 30 に送られる。水熱交換器 30 において熱交換された冷媒は、膨張弁 23 を通過し、空気熱交換器 24 へ供給される。冷媒は、周囲からの熱を吸収して圧縮機 21 に還流される。
- 【0047】
- <水熱交換器>
- 図 2 は、ヒートポンプ給湯機における水熱交換器 30 の概略図である。図 2 に示すように、水熱交換器 30 は、給湯用伝熱管 31 と冷媒管 32 とによって構成されている。給湯用伝熱管 31 は、同一平面上において長円形状となるように渦巻き形状に形成され、水通路 W を形成している。冷媒管 32 は、給湯用伝熱管 31 の外周に螺旋状に巻き付けられ、冷媒通路 R を形成している。そして、給湯用伝熱管 31 における渦巻きの外周側を水流入入口 311、給湯用伝熱管 31 における渦巻きの中心側を水流出出口 312 としている。水熱交換器 30 において、冷媒管 32 内の冷媒は、冷媒流入入口 322 において A22 方向から流入し放熱する。その後、冷媒流出出口 321 において A21 方向から流出する。水流入入口 311 において A11 方向から供給された水道水はこの熱により加熱され、温湯となって水流出出口 312 において A12 方向に流出する。 40
- 【0048】
- <給湯用伝熱管> 50

次に、給湯用伝熱管 3 1 について説明する。図 3 に示すように、給湯用伝熱管 3 1 の管内面には、高さが $H 1$ の複数の突起 3 1 3 が、管軸方向において 20 mm ピッチ (図 3 の P 参照) で上下対称に設けられている。図 3 においては、紙面方向から見て上方に設けられた突起 3 1 3 のみが表示されている。本実施例では、給湯用伝熱管 3 1 の水流入口 3 1 1 における水温は約 10、水流出口 3 1 2 における水温は約 90 と設定されている。ここで、給湯用伝熱管における水の流量は約 0.8 L/min である。また、給湯用伝熱管の外径が 8 mm ~ 14 mm (内径が 6 mm ~ 12 mm) であることが好ましい。

【0049】

給湯用伝熱管 3 1 の管内流のレイノルズ数 Re を、図 4 に表している。図 4 で示すように、給湯用伝熱管 3 1 の水流入口 3 1 1 におけるレイノルズ数 Re は約 2000 であり、管内の流れは層流域である。水の流れが進むにつれ、流入口 3 1 1 から流入された水は、図 2 に示す冷媒管 3 2 との熱交換を行い水温が高くなる。水温上昇により、水の粘性係数が小さくなり、レイノルズ数 Re は段々大きくなる。図 4 において、水流出口 3 1 2 におけるレイノルズ数 Re は約 7000 であって、管内流は層流から乱流への遷移領域に位置する。ここで、給湯用伝熱管 3 1 の管内面に設けられた複数の突起 3 1 3 が、伝熱性能の向上に与える影響及び圧力損失に与える影響を調べるため、以下の実験を行った。

【0050】

(1) 実験 1

図 5 (a) は給湯用伝熱管 3 1 の断面斜視図である。実験 1 においては、内径 D が 8 mm の管内面に、高さ $H 1$ が 1.0 mm の突起を、管軸方向のピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けている。図 5 (b) は、図 5 (a) の A - A 矢視断面図であり、図 5 (c) は、図 5 (b) の B - B 矢視断面図である。図 5 (a) 及び図 5 (b) から分るように、突起 3 1 3 は給湯用伝熱管の外面を凹ませることによって内面に形成されるようになっている。また、図 5 (c) から分るように、突起 3 1 3 の横断面図の形状は楕円形になるように形成されている。ここで、給湯用伝熱管 3 1 の内面には、突起が設けられていない平面部 3 1 a が存在する。図 6 (a) は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、高さ $H 1$ が 1 mm の突起 3 1 3 を、管軸方向のピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けた場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、突起 3 1 3 を設けた給湯用伝熱管 3 1 のヌセルト数 Nu と、突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu / Nu_0) を表している。ここで、ヌセルト数は、固体壁から流体への熱の伝わりやすさの指標としての熱伝達率値を無次元化したものであり、その値が大きいほど、固体壁から流体へ熱が伝わりやすくなる。従って、 Nu / Nu_0 の値が大きいほど、突起による給湯用伝熱管の伝熱性能の向上が大きい。図 6 (a) から分るように、レイノルズ数 Re が 4000 以下の場合、高さ $H 1$ が 1 mm の突起 3 1 3 による伝熱性能の向上は明らかである。一方、レイノルズ数 Re が 4000 以上の場合、管内に設けた突起 3 1 3 による伝熱性能の向上は緩やかである。

【0051】

図 6 (b) は、管内の流れが、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、高さ $H 1$ が 1 mm の突起 3 1 3 を、管軸方向のピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けた給湯用伝熱管 3 1 を採用した場合の管内圧力損失の推移を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、突起 3 1 3 を設けた給湯用伝熱管 3 1 のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f / f_0) を表している。ここで、ファニングの摩擦係数は、管内流れの圧力損失を表す無次元数であり、その値が大きいほど、管内流れの圧力損失は大きくなる。したがって、 f / f_0 の値が大きいほど、管内の水圧損失は大きくなる。図 6 (b) から分るように、レイノルズ数 Re が約 2000 である場合、すなわち管内の流れが層流域である場合は、突起 3 1 3 を設けた給湯用伝熱管 3 1 の管内圧力損失が突起を設けて

10

20

30

40

50

いない平滑管内の圧力損失と同等となっている。一方、レイノルズ数 Re が大きくなり、管内の流れが層流域から乱流域へ遷移するにつれ、管内面に設けた突起 3 1 3 による管内圧力損失が大きくなり、レイノルズ数 Re が 4 0 0 0 以上の場合は、ほぼ一定している。

【 0 0 5 2 】

(2) 実験 2

実験 2 においては、突起 3 1 3 の高さ H_1 が伝熱性能及び管内流れの圧力損失に与える影響を調べるため、管内面に設けた突起 3 1 3 の高さ H_1 を変更させながら実験を行った。図 7 (a) は、内径 D が 8 mm の給湯用伝熱管に、高さ H_1 が異なる突起を、管軸方向のピッチ P が 2 0 mm になるように上下対称に設けた場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸は突起 3 1 3 の高さ H_1 の値を表している。縦軸は、突起 3 1 3 を設けた給湯用伝熱管 3 1 のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_o との比 (Nu / Nu_o) を表している。実線はレイノルズ数 Re が 4 0 0 0 である場合、点線はレイノルズ数 Re が 2 0 0 0 である場合の実験結果を表わしている。図 7 (a) から分るように、レイノルズ数 Re が 4 0 0 0 及び 2 0 0 0 の場合ともに、突起 3 1 3 の高さ H_1 が高くなるほど伝熱性能は向上する。また、図 7 (a) の点線から分るように、レイノルズ数 Re が 2 0 0 0 の状態では、突起 3 1 3 の高さ H_1 が 0 . 5 mm 以下の場合突起 3 1 3 による伝熱性能の向上はほとんど見られない。突起 3 1 3 の高さ H_1 が 0 . 8 mm 以上になって、はじめて伝熱性能の向上効果が現れる。

10

【 0 0 5 3 】

図 7 (b) は、内径 D が 8 mm の給湯用伝熱管に、高さ H_1 が異なる突起を 2 0 mm (管軸方向) ピッチで上下対称に設けた場合の給湯用伝熱管全体の性能を表したものである。すなわち、伝熱性能の向上と圧力損失の抑制を総合的に考慮した性能を表す。ここで、横軸は突起の高さの値を表している。縦軸は、突起を設けた給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_o との比 (Nu / Nu_o) を、突起を設けた給湯用伝熱管のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のファニングの摩擦係数 f_o との比 (f / f_o) で割った値を表している。上述したように、 Nu / Nu_o の値が大きいほど伝熱性能が向上され、 f / f_o の値が大きいほど管内の水圧損は大きくなる。したがって、 Nu / Nu_o の値を f / f_o の値で割った値が大きいほど、伝熱性能の向上が図れるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上したことになる。

20

30

【 0 0 5 4 】

図 7 (b) において、実線はレイノルズ数 Re が 4 0 0 0 である場合、点線はレイノルズ数 Re が 2 0 0 0 である場合の実験結果を表わしている。図 7 (b) から分るように、レイノルズ数 Re が 2 0 0 0 及び 4 0 0 0 の状態ともに、給湯用伝熱管内に設けられた突起の高さが 0 . 8 mm である場合、 Nu / Nu_o の値を f / f_o の値で割った値が一番大きく、突起の高さが 2 . 0 mm を超えるとその値は顕著に小さくなる。すなわち、低レイノルズ数区間では、突起の高さが 0 . 8 mm ~ 2 . 0 mm の範囲内である場合、給湯用伝熱管全体の性能向上が図れる。特に、突起の高さが 0 . 9 mm ~ 1 . 2 mm の範囲内であることが好ましい。

40

【 0 0 5 5 】

(3) 実験 3

実験 3 においては、突起 3 1 3 の高さ H_1 をそのまま指標とするのではなく、相対粗度 (H_1 / D) を指標としている。この相対粗度 (H_1 / D) が伝熱性能及び管内流れの圧力損失に与える影響を調べるため、相対粗度 (H_1 / D) を変更させながら実験を行った。図 8 (a) は、レイノルズ数 Re が 2 0 0 0 である状態及び 4 0 0 0 である状態で、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、相対粗度 (H_1 / D) が異なる場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸は相対粗度 (H_1 / D) の値を表している。縦軸は、突起 3 1 3 を設けた給湯用伝熱管 3 1 のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_o との比 (Nu / Nu_o) を表している。図 8 (a) から分るように、突起の相対粗度 (H_1 / D) の値が大きいほど伝熱性能は向上する。また、図 8

50

(a) の点線から分るように、レイノルズ数 2000 の状態では、相対粗度 ($H1/D$) の値が 0.1 以下では突起による伝熱性能の向上はほとんど見られない。

【0056】

図 8 (b) は、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、突起の相対粗度 ($H1/D$) が異なる場合の伝達管全体の性能を表したものである。ここで、横軸は相対粗度 ($H1/D$) の値を表している。縦軸は、突起を設けた給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu/Nu_0) を、突起を設けた給湯用伝熱管のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f/f_0) で割った値を表している。上述したように、 Nu/Nu_0 の値が大きいほど伝熱性能が向上され、 f/f_0 の値が大きいほど管内の水圧損は大きくなる。したがって、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が大きいほど、熱伝達率の向上を図るとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響を抑え、給湯用伝熱管全体の性能が向上したことになる。図 8 (b) から分るように、レイノルズ数 Re が 2000、及び 4000 の状態ともに、給湯用伝熱管内に設けられた突起の相対粗度 ($H1/D$) が 0.1 である場合、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が一番大きく、突起の相対粗度 ($H1/D$) が 0.25 を超えるとその値は顕著に小さくなる。すなわち、低レイノルズ数 Re の区間では、突起の相対粗度 ($H1/D$) が 0.1 ~ 0.25 の範囲内である場合は、給湯用伝熱管全体の性能向上が図れる。特に、突起の相対粗度 ($H1/D$) が 0.11 ~ 0.15 の範囲内であることが好ましい。

10

【0057】

20

(4) 実験 4

実験 4 においては、図 9 に示す給湯用伝熱管 41 と図 5 に示す給湯用伝熱管 31 との比較を行った。ここで、図 9 に示す給湯用伝熱管 41 は、内径 D が 8 mm の管内面に、深さが 0.2 mm の溝 42 が設けられたものである。ここで、溝 42 は線で表わしている。一方、図 5 に示すように給湯用伝熱管 31 は、高さが $H1$ の複数の突起 313 が、ピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けたものである。図 10 (a) は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、給湯用伝熱管 41 を採用した場合と、給湯用伝熱管 31 を採用した場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、給湯用伝熱管 31 及び給湯用伝熱管 41 のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu/Nu_0) を表している。ここで、実線は給湯用伝熱管 31 を採用した際の実験データであり、点線は給湯用伝熱管 41 を採用した際の実験データである。図 10 (a) から分るように、レイノルズ数 Re が 7000 未満の場合、突起 313 が設けられた給湯用伝熱管 31 による伝熱性能の向上が、溝 42 が設けられた給湯用伝熱管 41 による伝熱性能の向上より顕著である。一方、レイノルズ数 Re が 7000 以上の場合、溝 42 が設けられた給湯用伝熱管 41 による伝熱性能の向上が、突起 313 が設けられた給湯用伝熱管 31 による伝熱性能の向上より顕著である。

30

【0058】

図 10 (b) は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、給湯用伝熱管 41 を採用した場合と、給湯用伝熱管 31 を採用した場合の管内圧力損失を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、給湯用伝熱管 31 及び給湯用伝熱管 41 のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑給湯用伝熱管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f/f_0) を表している。ここで、実線は給湯用伝熱管 31 を採用した際の実験データであり、点線は給湯用伝熱管 41 を採用した際の実験データである。図 10 (b) から分るように、給湯用伝熱管 31 においては、レイノルズ数 Re が約 2000 である場合、すなわち管内の流れが層流域である場合は、平滑管内の圧力損失と同等となっている。一方、レイノルズ数 Re が大きくなり、管内の流れが層流域から乱流域へ遷移するにつれ、管内面に設けた突起 313 による管内圧力損失が大きくなる。一方、給湯用伝熱管 41 においては、管内の流れが層流域および/または層流域から乱流域へ遷移領域のすべて

40

50

の区間において、管内圧力損失が平滑管内の圧力損失より大きくなっている。また、管内の流れが層流域および/または層流域から乱流域へ遷移領域のすべての区間において、給湯用伝熱管 4 1 における管内圧力損失が給湯用伝熱管 3 1 における管内圧力損失より高くなっている。上記実験データから分るように、給湯用伝熱管 3 1 の給湯用伝熱管全体の性能が給湯用伝熱管 4 1 より高い。

【 0 0 5 9 】

[変形例 1]

実施例 1 では、内径 D が 8 mm の管内面に、高さ H_1 が 1 mm の突起を、管軸方向のピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けている給湯用伝熱管 3 1 を使用した。変形例 1 の給湯用伝熱管 5 1 では、図 1 1 で示すように、高さ H_1 が 1.0 mm の突起 5 1 3 の間には、高さ H_2 が 0.3 mm の小突起 5 1 5 を設けている。低レイノルズ数域においては、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献するが、高レイノルズ数域においては、大きい突起より小さい突起の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、高さ H_1 が 1.0 mm の突起 5 1 3 の間に、高さ H_2 が 0.3 mm の小突起 5 1 5 を設けることにより、レイノルズ数が低い区間では突起 5 1 3 により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では小突起 5 1 5 による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。

10

【 0 0 6 0 】

[変形例 2]

図 1 2 に示すように、変形例 2 で採用した給湯用伝熱管 6 1 は、管内面上螺旋 C_1 に沿って突起 6 1 3 を設けている。図 1 2 (a) は、給湯用伝熱管 6 1 の平面図であり、図 1 2 (b) は給湯用伝熱管 6 1 の斜視図である。ここで、突起 6 1 3 の高さ H_1 は 1.0 mm、円周方向のピッチ P_1 は 6 mm、管軸方向のピッチ P_2 は 6 mm である。

20

【 0 0 6 1 】

図 1 2 (c) に示す給湯用伝熱管 6 2 は、高さ H_1 が 1.0 mm の突起 6 2 3 の間に、高さ H_2 が 0.3 mm の小突起 6 2 5 を設けたものである。ここで、円周方向のピッチ P_3 は 2 mm、管軸方向のピッチ P_4 は 2 mm である。

【 0 0 6 2 】

[変形例 3]

図 1 3 に示すように、変形例 3 で採用した給湯用伝熱管 6 3 は、突起 6 3 3 が設けられている区間 6 3 a と、突起が設けられていない区間 6 3 b を有する。ここで、突起が設けられていない区間 6 3 b は、水の流出口 6 3 2 近傍に位置する区間である。給湯用伝熱管 6 3 の流出口 6 3 2 近傍では、流体である水の温度が高く、管壁にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起部を設けた場合、スケールの付着が促進される場合がある。そこで、水温が高い水流出口 6 3 2 近傍に位置する区間 6 3 b には、突起を設けないことにより、スケールの発生が抑えられる。

30

【 0 0 6 3 】

[変形例 4]

図 1 4 に示すように、変形例 4 で採用した給湯用伝熱管 6 4 は、深さが 0.2 mm の溝 6 4 4 が設けられた溝付き管に高さ H_1 が 1.0 mm の突起 6 4 3 を、管軸方向のピッチ P が 20 mm になるように上下対称に設けている。ここで、溝 6 4 4 は線で表わしている。ここでは、溝 6 4 4 が設けられている管に突起 6 4 3 を設けることで、溝 6 4 4 と突起 6 4 3 による給湯用伝熱管全体の相乗効果が計られる。

40

【 0 0 6 4 】

[変形例 5]

図 1 5 に示すように、変形例 5 で採用した給湯用伝熱管 6 5 は、区間 6 5 a、区間 6 5 b より構成されている。水流出口 6 5 2 の近傍に位置する区間 6 5 b には平滑管を採用し、その他の区間 6 5 a には、深さが 0.2 mm の溝 6 5 4 が設けられた溝付き管に高さ H_1 が 1.0 mm の突起 6 5 3 を設けている。溝 6 5 4 は線で表わしている。溝 6 5 4 と突起 6 5 3 による給湯用伝熱管全体の相乗効果が計られるとともに、水温が高い水流出口 6 5 2

50

近傍に位置する区間 6 5 b におけるスケールの発生が抑えられる。

【 0 0 6 5 】

[変形例 6]

図 1 6 に示すように、変形例 6 で採用した給湯用伝熱管 6 6 は、区間 6 6 a、区間 6 6 b、区間 6 6 c の 3 区間から構成されている。水流入口 6 6 1 から管内のレイノルズ数 Re が 4 0 0 0 までの区間 6 6 a には、深さが 0.2 mm の溝 6 6 4 が設けられた溝付き管に高さが 1.0 mm の突起 6 6 3 を設けたものを採用し、水流出口 6 6 2 の近傍に位置する区間 6 6 c には溝も突起も設けていない平滑管を採用し、区間 6 6 a と区間 6 6 c との間には溝 6 6 4 の深さが 0.2 mm の溝付き管 6 6 b を採用している。ここで、溝 6 6 4 は線で表わしている。ここでは、レイノルズ数が低い区間では突起 6 6 3 と溝 6 6 4 により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では溝 6 6 4 による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。また、水温が高い水流出口 6 6 2 近傍に位置する区間 6 6 c におけるスケールの発生が抑えられる。

10

【 0 0 6 6 】

[変形例 7]

図 1 7 に示すように、変形例 7 で採用した給湯用伝熱管 6 7 は、区間 6 7 a、区間 6 7 b、区間 6 7 c の 3 区間から構成されている。水流入口 6 7 1 から管内のレイノルズ数 Re が 4 0 0 0 までの区間 6 7 a には、高さが 1.0 mm の突起 6 7 3 を設けたものを採用し、水流出口 6 6 2 の近傍に位置する区間 6 7 c には平滑管を採用し、区間 6 7 a と区間 6 7 c との間には溝 6 7 4 の深さが 0.2 mm の溝付き管 6 7 b を採用している。ここで、溝 6 7 4 は線で表わしている。ここでは、レイノルズ数が低い区間では突起 6 7 3 により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では溝 6 7 4 による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。また、水温が高い水流出口 6 7 2 近傍に位置する区間 6 7 c におけるスケールの発生が抑えられる。

20

【 0 0 6 7 】

[変形例 8]

図 1 8 に示すように、変形例 8 で採用した給湯用伝熱管 6 8 は、直線部 6 8 4 には突起 6 8 3 を設けているが、曲げ部 B 1 ~ B 7 には突起を設けていない。曲げ部 B 1 ~ B 7 の内面に突起を設けることによる管内圧力損失の増大を回避し、また曲げ作業過程における大きな変形、破損などの発生を回避できる。

30

【 0 0 6 8 】

[変形例 9]

図 1 9 (a) は、変形例 9 で採用した給湯用伝熱管 6 9 の平面図を示したものであり、図 1 9 (b) は、給湯用伝熱管 6 9 の斜視図を示したものである。ここで、直線部 6 9 4 には突起 6 9 3 が設けられているが、曲げ部 C - C において、曲げられている面 S 1 と交差する区間 6 9 5 には突起を設けていない。

【 0 0 6 9 】

[変形例 1 0]

図 2 0 に示すように、変形例 1 0 で採用した給湯用伝熱管 7 0 は、給湯用伝熱管の外面 7 1 と冷媒管 7 2 との接触部位には突起を設けていない。冷媒管 7 2 が巻かれる部位に対応する管外面に凹みが設けられると、冷媒管 7 2 と給湯用伝熱管外面 7 1 との接触が悪くなり、冷媒管 7 2 からの伝熱効果が低下するおそれがある。そこで、冷媒管 7 2 が巻き付けられていない部位に突起 7 1 3 を設けることで、冷媒管 7 2 からの伝熱効果の低下を防ぐことができる。

40

【 0 0 7 0 】

[変形例 1 1]

図 2 1 (a) は、変形例 1 1 で採用した給湯用伝熱管 8 0 の平面図を示したものであり、図 2 1 (b) は、図 2 1 (a) の D - D 矢視断面図である。図 2 1 (a) に示すように、高さ H 1 が 1.0 mm の突起 8 1 3 は、管軸方向のピッチ P 1 が 2 0 mm、円周方向のピッチ P 2 が約 6 mm になるように上下左右対称に設けている。

50

【符号の説明】

【0071】

- 1 給湯サイクル
- 100 ヒートポンプ給湯器
- 2 冷媒サイクル
- 30 水熱交換器
- 31 給湯用伝熱管
- 311 水流入口
- 312 水流出口
- 313, 413, 513, 613 突起
- 314 溝
- 315 小突起
- 32 冷媒管

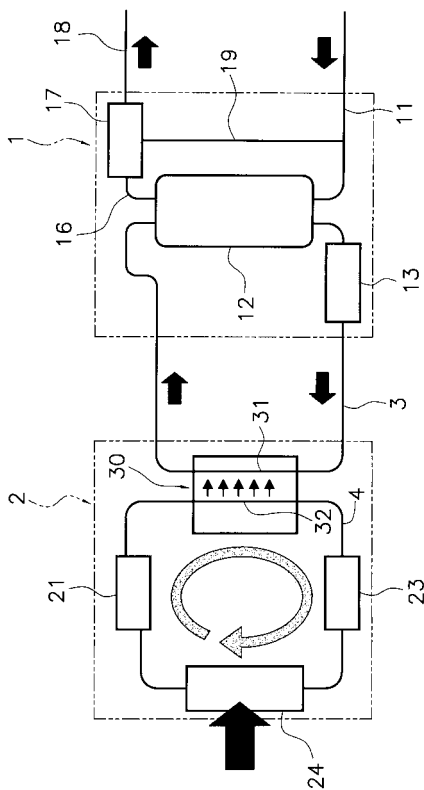
【先行技術文献】

【特許文献】

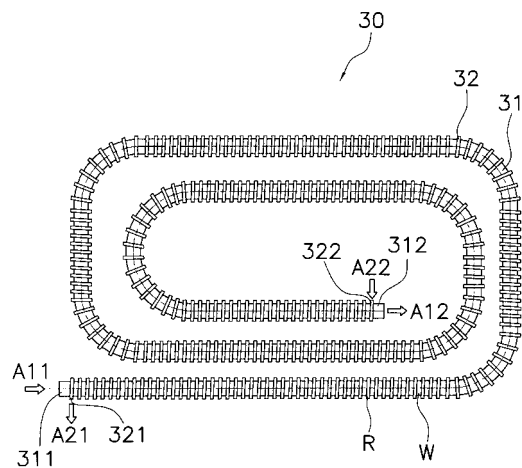
【0072】

【特許文献1】特公平6-70556

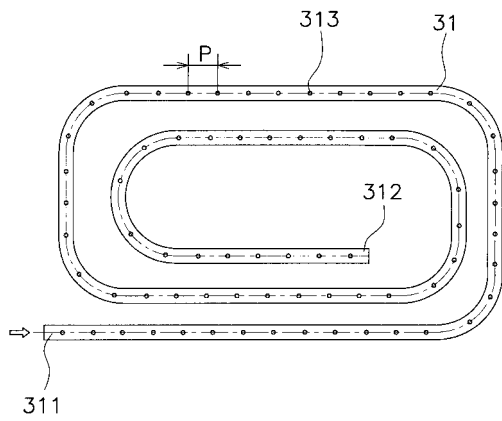
【図1】



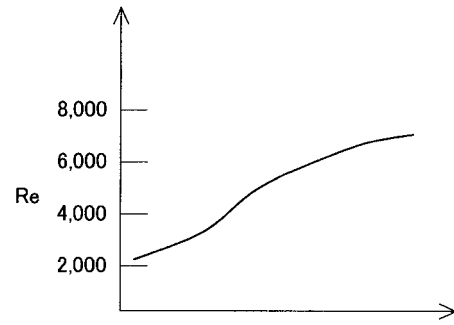
【図2】



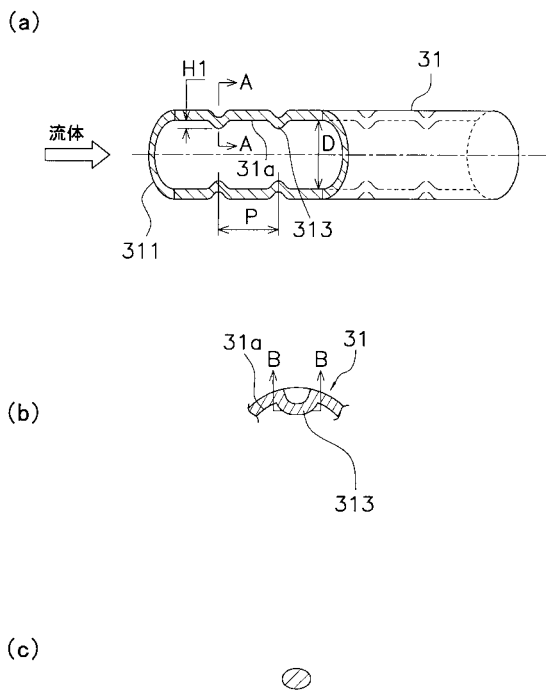
【 図 3 】



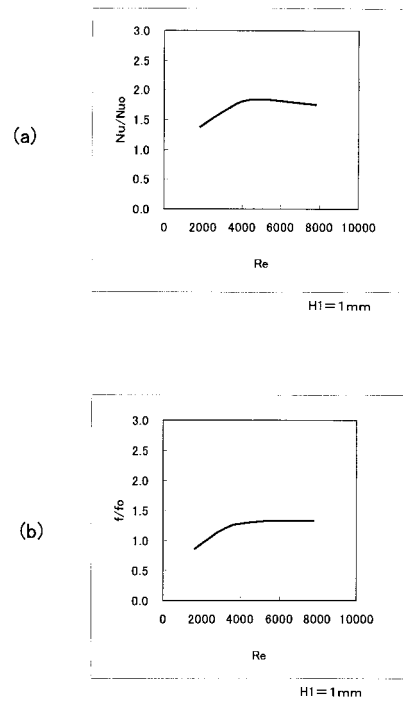
【 図 4 】



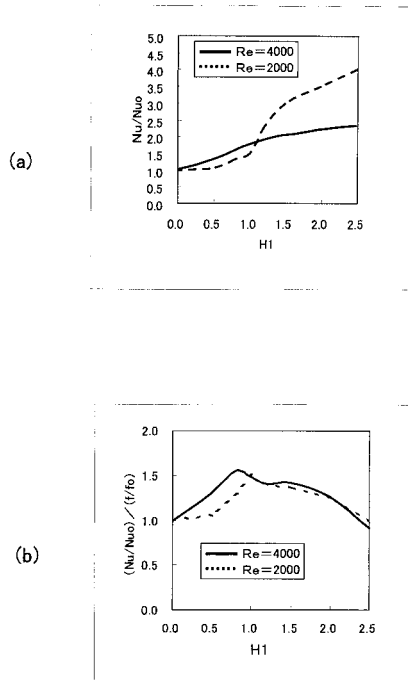
【 図 5 】



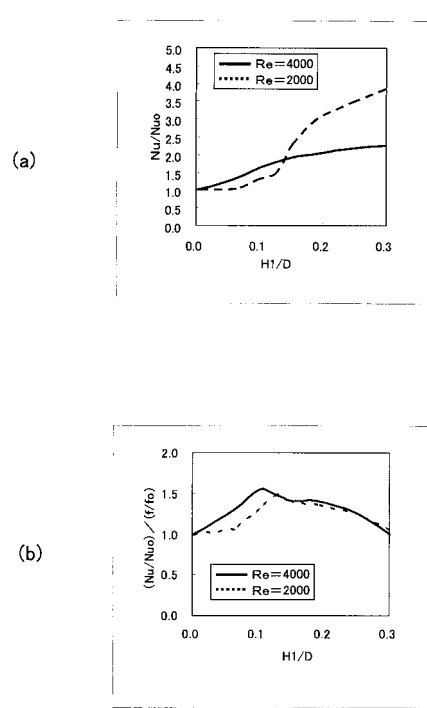
【 図 6 】



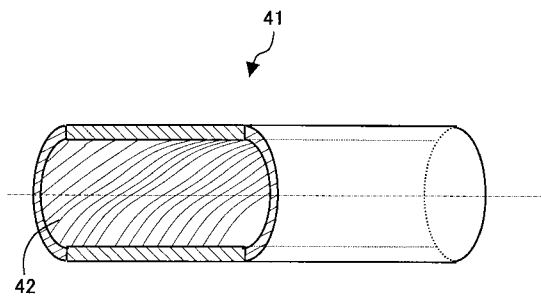
【 図 7 】



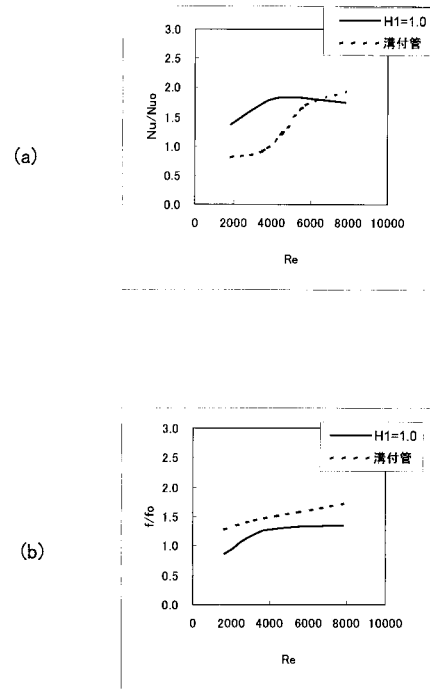
【 図 8 】



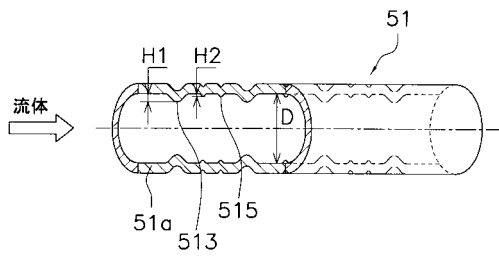
【 図 9 】



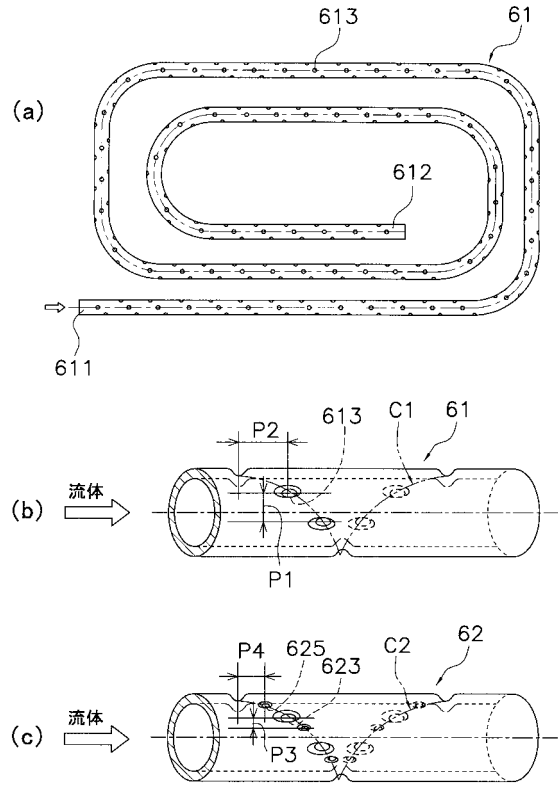
【 図 10 】



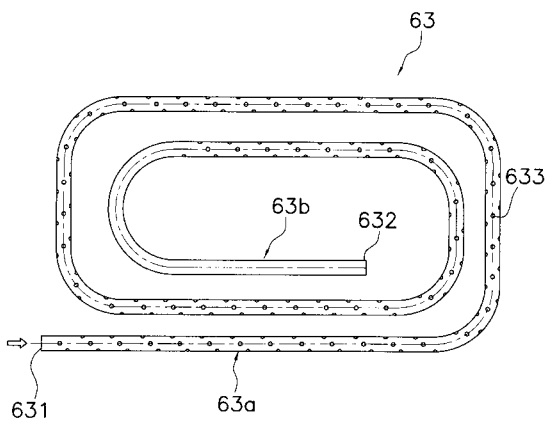
【 図 1 1 】



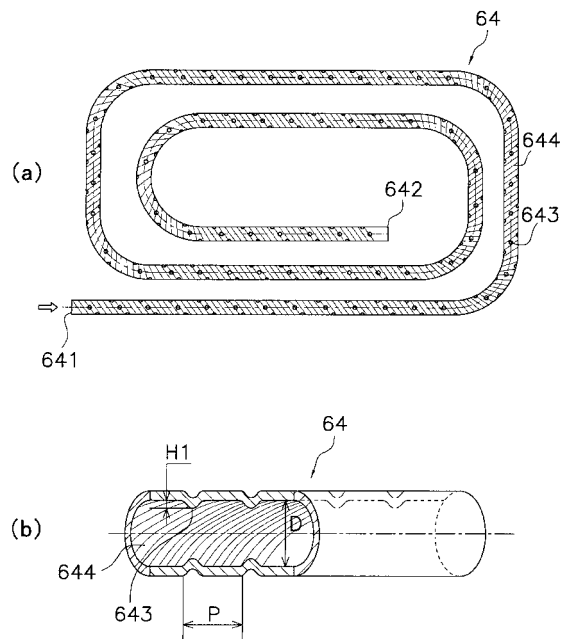
【 図 1 2 】



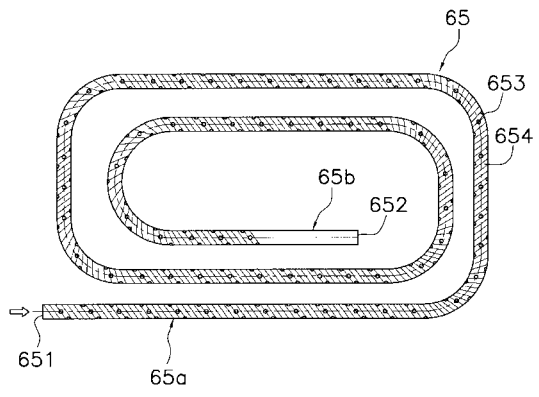
【 図 1 3 】



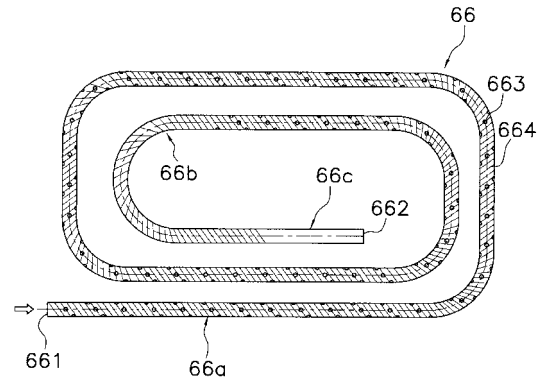
【 図 1 4 】



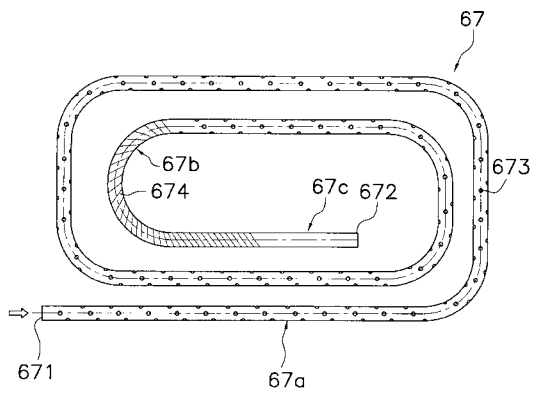
【 図 1 5 】



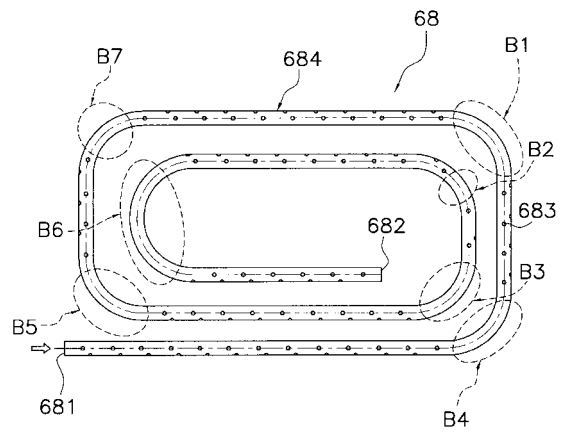
【 図 1 6 】



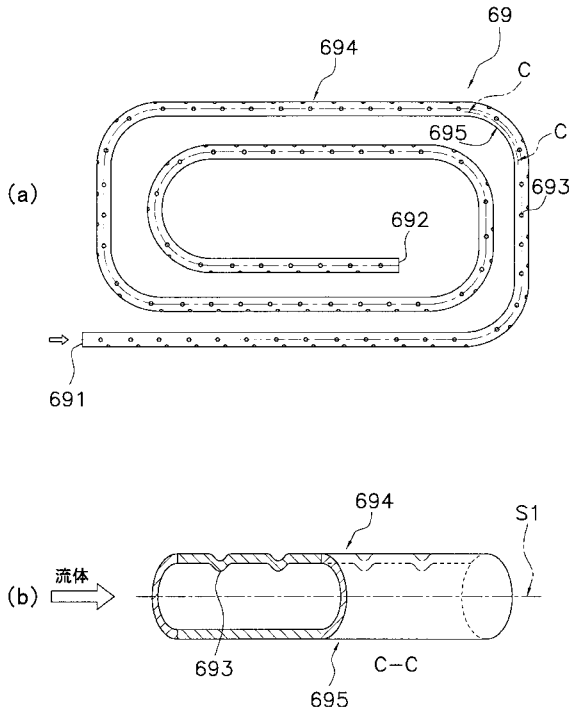
【 図 1 7 】



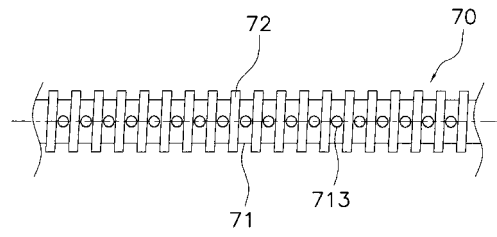
【 図 1 8 】



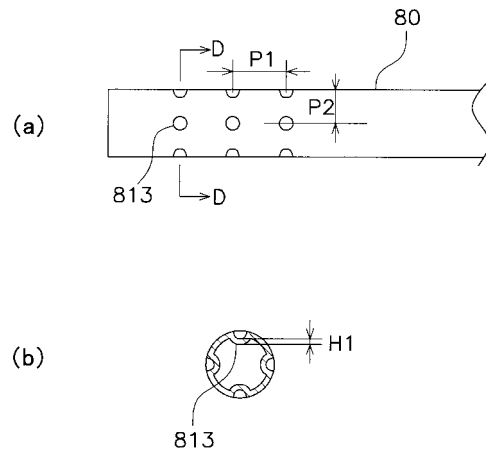
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 孟 継安

中華人民共和国北京市海淀区清華 園 清華大学内

(72)発明者 沼田 光春

日本国大阪府堺市北区金岡町 1 3 0 4 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 笠井 一成

日本国大阪府堺市北区金岡町 1 3 0 4 番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内