

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-527311

(P2024-527311A)

(43)公表日 令和6年7月24日(2024.7.24)

(51)国際特許分類		F I			テーマコード(参考)
G 0 1 F	1/684(2006.01)	G 0 1 F	1/684	Z	2 F 0 3 0
G 0 1 F	1/00 (2022.01)	G 0 1 F	1/00	V	2 F 0 3 5
G 0 1 F	1/66 (2022.01)	G 0 1 F	1/66	1 0 1	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全33頁)

(21)出願番号	特願2023-580350(P2023-580350)	(71)出願人	523162018
(86)(22)出願日	令和4年6月17日(2022.6.17)		レモニ エー / エス
(85)翻訳文提出日	令和6年2月8日(2024.2.8)		デンマーク国 8 6 6 0 スカナボー, ク
(86)国際出願番号	PCT/DK2022/050134		リスティアンスヴァイ 1 3
(87)国際公開番号	WO2023/274474	(74)代理人	110000855
(87)国際公開日	令和5年1月5日(2023.1.5)		弁理士法人浅村特許事務所
(31)優先権主張番号	PA202100690	(72)発明者	マドセン, ポ エスケロド
(32)優先日	令和3年6月27日(2021.6.27)		デンマーク国 8 7 5 2 オストパーク, サドカー サドカー通り 9
(33)優先権主張国・地域又は機関	デンマーク(DK)	F ターム(参考)	2F030 CA03 CB03 CC01 CD01
(31)優先権主張番号	PA202200049		2F035 DA08 DA09 DA10 DA14
(32)優先日	令和4年1月19日(2022.1.19)		EA00
(33)優先権主張国・地域又は機関	デンマーク(DK)		
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA)		

最終頁に続く

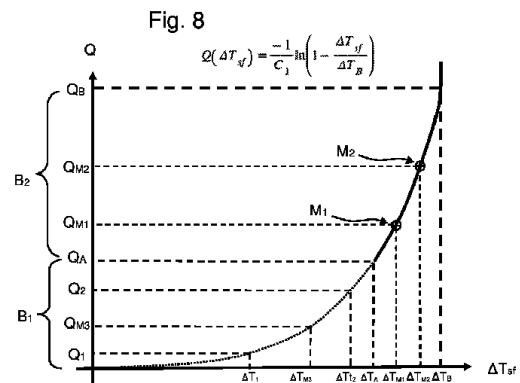
(54)【発明の名称】 低速度の測定を改善するために温度を使用する流量センサー及び方法

(57)【要約】

管状構造(2)を通して流れる流体(26)の流量(Q)を測定するように構成された流量センサー(1)が開示されている。流量センサー(1)は、第1の検出ユニット(34)を使用することによって測定できる最低流量(Q_A)を表す所定の低流量レベル(Q_A)を上回る流量(Q)を検出するように構成される第1の検出ユニット(34)を備える。流量センサー(1)は第2の検出ユニット(36)を備え、第2の検出ユニット(36)は、

- 周囲の温度(周辺温度)(T_s)を検出するように配置及び構成された第1の温度センサー(12)と、
- 流体(26)の温度(T_f)を検出するように配置及び構成された第2の温度(14)と、
- 温度センサー(12、14)に接続されたデータプロセッサ(10)と、を備える。

第2の検出ユニット(36)は、周囲と流体(26)との温度差に基づいて、低流量レベル(Q_A)を下回る流量(Q)を推定するように構成される。その温度差は、第1の温度センサー(12)及び第2の温度センサー



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

管状構造(2)を通して流れる流体(26)の流量(Q)を測定するように構成された流量センサー(1)であって、前記流量センサー(1)は、第1の検出ユニット(34)を使用することによって測定できる最低流量(Q_A)を表す所定の低流量レベル(Q_A)を上回る流量(Q)を検出するように構成される第1の検出ユニット(34)を備え、前記流量センサー(1)は第2の検出ユニット(36)を備え、第2の検出ユニット(36)は、

- 周囲の温度(周辺温度)(T_s)を検出するように配置及び構成された第1の温度センサー(12)と、
- 前記流体(26)の温度(T_f)を検出するように配置及び構成された第2の温度センサー(14)と、
- 前記温度センサー(12、14)に接続されたデータプロセッサ(10)と、を備え、前記第2の検出ユニット(36)は、周囲と流体(26)との温度差(T_{sf})に基づいて、前記低流量レベル(Q_A)を下回る前記流量(Q)を推定するように構成され、前記温度差(T_{sf})は、前記第1の温度センサー(12)及び前記第2の温度センサー(14)によって測定され、前記第2の検出ユニット(36)は、流量校正エリア(B₂)で行われた1回以上の測定(M₁, M₂)に基づいて、前記低流量レベル(Q_A)を下回る前記流量(Q)を推定するように構成され、前記流量センサー(1)は、前記温度差(T_{sf})に依存する前記流量(Q)を検出でき、前記流量校正エリア(B₂)で行われた前記1回以上の測定(M₁, M₂)を使用して、前記流量(Q)が、前記流量校正エリア(B₂)と、前記流量校正エリア(B₂)を下回る前記流量エリア(B₁)との前記温度差(T_{sf})にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメータを決定することを特徴とする、流量センサー(1)。

10

20

【請求項 2】

前記第2の検出ユニット(36)は、流量校正エリア(B₂)で行われた2回以上の測定(M₁, M₂)に基づいて、低流量レベル(Q_A)を下回る前記流量(Q)を推定するように構成される、請求項1に記載の流量センサー(1)。

【請求項 3】

- 前記流量センサー(1)は、定期的または連続的に、
- 流量校正エリア(B₂)で前記1回以上の測定(M₁, M₂)を実行することと、
 - 前記流量(Q)が、流量校正エリア(B₂)と、前記流量校正エリア(B₂)を下回る流量エリア(B₁)との温度差(T_{sf})にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを更新することと、
- を行うように構成される、請求項1または2に記載の流量センサー(1)。

30

【請求項 4】

前記流量(Q)と前記温度差(T_{sf})との間の依存関係は、以下の方程式によって定義され、

$$\Delta T_{sf}(Q) = \Delta T_B \left(1 - e^{-C_1 Q} \right)$$

40

または

$$Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

式中、C₁は一定であり、T_Bは基本流量レベルに対応する温度差である、先行請求項の1項に記載の流量センサー(1)。

【請求項 5】

50

前記第 2 の温度センサー (1 4) は、前記管状構造 (2) の外側で温度を測定することによって、前記流体 (2 6) の前記温度 (T_f) を検出するように配置及び構成される、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 6】

前記データプロセッサ (1 0) 及び前記第 2 の温度 (1 4) センサーは、ハウジング (2 0) の内側に配置される、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 7】

前記第 1 の温度センサー (1 2) は前記ハウジング (2 0) 内に配置される、請求項 6 に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 8】

前記第 1 の温度センサー (1 2) は前記ハウジング (2 0) の外側に配置される、請求項 6 に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 9】

前記第 2 の検出ユニット (3 6) は、
- 前記ハウジング (2 0) の内側にある位置の中間温度 (T_i) を検出するように配置及び構成された中間温度センサー (1 6) を備え、前記位置は、前記周辺温度 (T_s) と、前記流体 (2 6) の前記温度 (T_f) との間の温度を有することが予想される、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 0】

前記流量センサー (1) は、前記管状構造 (2) の外側からの前記流体 (2 6) の前記流量 (Q) を測定するように構成されたクランプオン流量センサー (1) である、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 1】

流量センサー (1) は超音波流量センサー (1) であり、前記第 1 の検出ユニット (3 4) は、超音波 (6) を伝送するように配置された少なくとも 1 つの超音波トランスデューサ (4 , 4 ') と、超音波 (8) を受信するように配置された少なくとも 1 つの超音波トランスデューサ (4 , 4 ') と、を備える、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 2】

前記流量センサー (1) は、
- 前記超音波 (6 , 8) の飛行時間 (t , t_1 , t_2) を決定し、前記飛行時間 (t , t_1 , t_2) に基づいて音速の変化を計算することと、
- 前記流体 (2 6) の前記検出された温度 (T_f) の関数として、前記予想された音速 (c) の変化を計算することと、
- 前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間 (t , t_1 , t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致するかを判定することと、
を行うように構成される、請求項 1 1 に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 3】

前記超音波流量センサー (1) は、前記予想された音速 (c) が、前記飛行時間 (t , t_1 , t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記飛行時間 (t , t_1 , t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に基づいて、前記流体 (2 6) の密度 () の変化の補正値を計算するように構成される、先行請求項の 1 項に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 4】

前記超音波流量センサー (1) は、前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間 (t , t_1 , t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記密度 () の前記補正値に基づいて、前記流体 (2 6) の比熱容量 (c_p) の補正値を計算するように構成される、請求項 1 3 に記載の流量センサー (1) 。

【請求項 1 5】

前記超音波流量センサー (1) は、前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間

10

20

30

40

50

(t , t_1 , t_2)に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記飛行時間(t , t_1 , t_2)に基づいて計算された前記音速の変化に基づいて、前記流体(26)の前記流量(Q)の補正値を計算するように構成される、先行請求項13~14の1項に記載の流量センサー(1)。

【請求項16】

前記データプロセッサ(10)は、前記音速(c)の検出値に基づいて、前記伝送された超音波(6)及び受信された超音波(8)が前記流体(26)で進む距離(L)を自動的に計算するように構成される、先行請求項12~15の1項に記載の流量センサー(1)。

【請求項17】

第1の検出ユニット(34)を使用することによって、管状構造(2)を流れる流体(26)の流量(Q)を測定するための方法であって、前記第1の検出ユニット(34)は、第1の検出ユニット(34)を使用することによって測定できる最低流量(Q_A)を表す所定の低流量レベル(Q_A)を上回る流量(Q)を検出するように構成され、前記方法は、第2の検出ユニット(36)を利用して、

- 第1の温度センサー(12)によって、周囲の温度(周辺温度)(T_s)を検出するステップと、

- 第2の温度センサー(14)を用いて、前記流体(26)の温度(T_f)を検出するステップと、

- 前記第1の温度センサー(12)及び前記第2の温度センサー(14)によって測定された前記周囲と流体(26)との温度差(T_{sf})に基づいて、前記低流量レベル(Q_A)を下回る前記流量(Q)を推定するステップと、を含み、

前記方法は、

a) 流量較正エリア(B_2)で、前記第1の検出ユニット(34)を用いて1回以上の流量測定(M_1 , M_2)を行うステップであって、前記流量較正エリア(B_2)では、前記流量センサー(1)は、前記温度差(T_{sf})に依存する前記流量(Q)を検出できる、ステップと、

b) 流量較正エリア(B_2)で行われた1回以上の測定(M_1 , M_2)を利用して、前記流量(Q)が、前記流量較正エリア(B_2)と、前記流量較正エリア(B_2)を下回る前記流量エリア(B_1)との前記温度差(T_{sf})にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメータを決定するステップと、

c) 流量較正エリア(B_2)で行われた2回以上の測定(M_1 , M_2)に基づいて、低流量レベル(Q_A)を下回る前記流量(Q)を推定するステップと、

を含むことを特徴とする、方法。

【請求項18】

前記方法は、前記流量較正エリアで2回以上の流量測定を行うステップを含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記方法は、定期的または連続的に、

- 流量較正エリア(B_2)で前記1回以上の測定(M_1 , M_2)を実行するステップと、

- 前記流量(Q)が、流量較正エリア(B_2)と、前記流量較正エリア(B_2)を下回る流量エリア(B_1)との温度差(T_{sf})にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを更新するステップと、

を含む、請求項17または18に記載の方法。

【請求項20】

前記流量(Q)と前記温度差(T_{sf})との間の依存関係は、以下の方程式によって定義され、

$$\Delta T_{sf}(Q) = \Delta T_B (1 - e^{-c_1 Q})$$

10

20

30

40

50

または

$$Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

式中、 C_1 は一定であり、 T_B は基本流量レベルに対応する温度差である、先行請求項 17 ~ 19 の 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

前記第 2 の温度センサー (14) は、前記管状構造 (2) の外側で温度を測定することによって、前記流体 (26) の前記温度 (T_f) を検出するように配置及び構成される、先行請求項 17 ~ 20 の 1 項に記載の方法。 10

【請求項 22】

前記方法は、前記第 2 の温度センサー (14) 及び前記中間温度センサー (16) を収容するハウジング (20) の内側にある位置に配置された中間温度センサー (16) を用いて、中間温度 (T_i) を検出するステップを含み、前記中間温度 (T_i) は、前記周辺温度 (T_s) と、前記流体 (26) の前記温度 (T_f) との間の値を有することが予想される、先行請求項 17 ~ 21 の 1 項に記載の方法。

【請求項 23】

前記方法は、前記流量 (Q) を測定する前に、前記流体 (26) の前記密度及び / または前記不均等性の推定値を測定するステップを含む、先行請求項 17 ~ 22 の 1 項に記載の方法。 20

【請求項 24】

前記方法は、
 - 前記超音波 (6, 8) の飛行時間 (t, t_1, t_2) を決定するステップと、
 - 前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて音速の変化を計算するステップと、
 - 前記流体 (26) の前記検出された温度 (T_f) の関数として、前記予想された音速 (c) の変化を計算するステップと、
 - 前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速 (c) の変化に一致するかを判定するステップと、
 を含む、先行請求項 17 ~ 23 の 1 項に記載の方法。 30

【請求項 25】

前記方法は、前記予想された音速 (c) が、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に基づいて、前記流体 (26) の密度 () の変化の補正値を計算するステップを含む、請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記方法は、前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記密度 () の前記補正値に基づいて、前記流体 (26) の比熱容量 (c_p) の補正値を計算するように構成される、請求項 24 または 25 に記載の方法。 40

【請求項 27】

前記方法は、前記予想された音速 (c) の変化が、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に一致しない場合、前記飛行時間 (t, t_1, t_2) に基づいて計算された前記音速の変化に基づいて、前記流体 (26) の前記流量 (Q) の補正値を計算するステップを含む、請求項 24 ~ 26 の 1 項に記載の方法。

【請求項 28】

前記方法は、前記管状構造 (2) の外側からの前記流体 (26) の前記流量 (Q) を測定するように構成されたクランプオン流量センサー (1) を使用することによって実行される、先行請求項 17 ~ 27 の 1 項に記載の方法。

【請求項 29】

前記方法は超音波流量センサー(1)を用いて実行され、前記第1の検出ユニット(34)は、超音波(6)を伝送するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサ(4, 4')と、超音波(8)を受信するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサ(4, 4')と、を備える、先行請求項17~28の1項に記載の方法。

【請求項30】

前記方法は、

- 前記流体(26)の前記検出された温度(T_f)の関数として、前記予想された音速(c)の変化を計算するステップと、
 - 前記音速(c)の検出値に基づいて、前記伝送された超音波(6)及び受信された超音波(8)が前記流体(26)で進む距離(L)を自動的に計算するステップと、
- を含む、先行請求項17~29の1項に記載の方法。

10

【請求項31】

前記方法は、加熱システムまたは冷却システムで前記熱エネルギーを推定するステップを含む、先行請求項17~30の1項に記載の方法。

【請求項32】

先行請求項1~16の1項に記載のセンサー(1)を含む、熱エネルギー計測器(5)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、流量センサーに関し、具体的には、クランプオン超音波流量センサーに関する。

20

【背景技術】

【0002】

流量測定は、工業、建物、及びユーティリティグリッドで流量を測定するために広範囲に使用されている。様々なタイプの流量センサーを使用することによって、流量を検出できる。先行技術の流量センサーは、機械式流量センサー及び超音波流量センサーを含む。超音波流量センサーは、主に、2つのバージョンで使用され、つまり、純粋な流体(水、ガス、工業用液体等)の測定には飛行時間差が使用され、多くの粒子(スラリー、気泡を伴う液体等)を含有する流体の測定にはドップラー効果が使用される。

30

【0003】

しかしながら、流量センサーを使用することによって測定できる最低流量を表す全ての先行技術の流量センサー所定のゼロ以外の低流量レベルを有する。低流量レベルを下回る場合、流量を検出できない。これは主な欠点である。したがって、この問題に対する解決策を提供することが可能であることが望ましいだろう。

【0004】

先行技術の流量センサーは低流量(別称、速度または体積)を検出できないため、多くの場合、比較的に低流量を検出することが困難または不可能である。同時に、先行技術の飛行時間差式流量センサーは、均質媒質の流量を検出するために設計され、媒質が不均質である場合、測定エラーにつながる。したがって、それは、例えば、以下のA~Cをもたらす。

40

A. 測定エラー、

B. 例えば、センサーが設置されている建物または製品に損傷をもたらす可能性がある小さな漏れ等を検出することに対する制限、

C. センサーのオフセットを識別することが必要である、流動しない状態(パイプ内の流体が静止する)の検出における困難。

【0005】

したがって、先行技術の上述の不利点を減らす、またはさらに、その不利点をなくす方法及び流量センサーの必要性がある。

【発明の概要】

50

【0006】

本発明の目的は、請求項1に定義されるような流量センサー及び請求項15に定義されるような方法によって達成できる。好ましい実施形態は従属項に定義され、以下の「発明を実施するための形態」に説明され、添付図に図示される。

【0007】

本発明に従った流量センサーは、管状構造を通して流れる流体の流量を測定するように構成された流量センサーであり、流量センサーは、第1の検出ユニットを使用することによって測定できる最低流量を表す所定の低流量レベルを上回る流量を検出するように構成される第1の検出ユニットを備え、流量センサーは第2の検出ユニットを備え、第2の検出ユニットは、

- 周囲の温度（周辺温度）を検出するように配置及び構成された第1の温度センサーと、
- 流体の温度を検出するように配置及び構成された第2の温度センサーと、
- 温度センサーに接続されたデータプロセッサと、を備え、

第2の検出ユニットは、周囲と流体との温度差に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成され、温度差は、第1の温度センサー及び第2の温度センサーによって測定され、第2の検出ユニットは、流量校正エリアで行われた1回以上の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成され、流量校正エリアでは、流量センサーは、温度差に依存する流量を検出でき、そして、流量校正エリアで行われた1回以上の測定を使用して、流量が、流量校正エリアを下回る流量エリアの温度差にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメーターを決定する。

【0008】

これによって、先行技術の流量センサーよりも大きい流量範囲の流量を検出できるセンサーを提供することが可能になる。本発明に従った流量センサーは、特に、低流量レベルを下回る流量を検出できる。

【0009】

本発明に従った流量センサーは、流体の流量を測定するように構成された流量センサーである。一実施形態では、流体は液体である。一実施形態では、流体は水含有液である。一実施形態では、流体はガスである。

【0010】

流体は、管状構造を通して流れる。一実施形態では、管状構造はパイプである。一実施形態では、管状構造はホースである。一実施形態では、管状構造はコンテナである。一実施形態では、管状構造はボックスである。

【0011】

流量センサーは、第1の検出ユニットを使用することによって測定できる最低流量を表す所定の低流量レベルを上回る流量を検出するように構成される第1の検出ユニットを備える。第1の検出ユニットは、流量測定を提供するために、流体が機械式流量検出ユニットの構成要素を機械的に変位させることを必要とする容積式流量計の構造であり得る。一実施形態では、第1の検出ユニットはタービンである。一実施形態では、第1の検出ユニットはインペラである。

【0012】

第1の検出ユニットは、超音波流量センサーの構造であり得る。一実施形態では、第1の検出ユニットは1つ以上の超音波トランスデューサを備える。

【0013】

一実施形態では、第1の検出ユニットは、1つ以上の超音波送信機及び1つ以上の超音波受信機を備える。

【0014】

流量センサーは第2の検出ユニットを備え、第2の検出ユニットは、

- 周囲の温度（周辺温度）を検出するように配置及び構成された第1の温度センサーと、
- 流体の温度を検出するように配置及び構成された第2の温度センサーと、
- 温度センサーに接続されたデータプロセッサと、

10

20

30

40

50

を備える。

【0015】

データプロセッサはマイクロプロセッサであり得る。

【0016】

第2の検出ユニットは、周囲と流体との温度差に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成され、その温度差は、第1の温度センサー及び第2の温度センサーによって測定される。

【0017】

一実施形態では、第2の検出ユニットは、流量校正エリアで行われた1回の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成される。いくつかの状況では、1回の測定は、流量が、流量校正エリアを下回る流量エリアの温度差にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメータを決定するのに十分であり得る。

10

【0018】

一実施形態では、第2の検出ユニットは、流量校正エリアで行われた2回以上の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成される。

【0019】

一実施形態では、第2の検出ユニットは、流量が温度差にどのように依存するかに関する情報を含むストレージを含有し、データプロセッサが該情報にアクセスして、その情報を使用するように構成されることにより、データプロセッサは、温度差に基づいて流量を決定できる。低流量レベルを下回る流量範囲では、第2の検出ユニットは、温度差の値に基づいて、流量を検出できる。これは、流量と温度差との関係が既知でありストレージに記憶されるときに達成できる。

20

【0020】

第2の検出ユニットは、流量校正エリアで行われた1回以上の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するように構成され、流量校正エリアでは、流量センサーは、温度差に依存する流量を検出でき、そして、流量校正エリアで行われた1回以上の測定を使用して、流量が、流量校正エリアを下回る流量エリアの温度差にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメータを決定する。したがって、流量センサー自体を使用して、流量センサーが、検出された温度差に基づいて、低流量（低流量レベルを下回る流量）を推定することを可能にする1つ以上のパラメータを計算する。

30

【0021】

ある実施形態では、流量センサーは、定期的または連続的に、
- 流量校正エリアで1回以上の測定を実行することと、
- 流量が、流量校正エリアと、流量校正エリアを下回る流量エリアとの温度差にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを更新することと、
を行うように構成される。

【0022】

これによって、信頼性がある流量測定を提供して、周囲条件の変化（例えば、通気の増加）に応じて、定期的に、パラメータを調整することが可能になる。流量センサーは、流量校正エリアに必要な数の測定を自動的に行って、流量校正エリアと、流量校正エリアを下回る流量エリアとの温度差にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを計算及び更新するように構成される。

40

【0023】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、1秒に1回、流量校正エリアで1回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【0024】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、5秒に1回、流量校正エリアで1回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【0025】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、10秒に1回、流量校正工

50

リアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 2 6 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、30 秒に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 2 7 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、1 分に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 2 8 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、2 分に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 2 9 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、5 分に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 3 0 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、15 分に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 3 1 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、30 分に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 3 2 】

一実施形態では、「定期的または連続的に」という用語は、1 時間に 1 回、流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされることとして理解する必要がある。

【 0 0 3 3 】

流量校正エリアで 1 回以上の測定を提供しようとする試みがなされるとき、
 a) いくつかの状況では、有用な測定を提供することが可能である（これは、流量が流量校正エリア内にある場合に可能である）、または
 b) いくつかの状況では、有用な測定を提供することが不可能である（これは、流量が流量校正エリア内がない場合に該当である）。

【 0 0 3 4 】

ある実施形態では、流量 (Q) と温度差 (T_{sf}) との間の依存関係は、以下のいずれかの方程式によって定義される。

【 0 0 3 5 】

【 数 1 】

$$\Delta T_{sf}(Q) = \Delta T_B \left(1 - e^{-C_1 Q} \right)$$

【 0 0 3 6 】

【 数 2 】

$$Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

【 0 0 3 7 】

式中、 C_1 は一定であり、 T_B は基本流量レベルに対応する温度差である。図 8 では、

	10
	20
	30
	40
	50

基本流量レベル Q_B が示される。

【0038】

これらの方程式は以下の2つの未知数を有する。

- 基本流量レベル Q_B に対応する温度差 T_B 、
- 定数 C_1 。

【0039】

したがって、流量較正エリアで行われた2つの測定は、流量 (Q) と温度差 (T_{sf}) との間の依存関係を決定するために十分な情報を提供する。

【0040】

ある実施形態では、第2の検出ユニットは第1の検出ユニットで統合される。ある実施形態では、第2の検出ユニットは、分離ユニットとして設けられる。 10

【0041】

一実施形態では、第2の検出ユニットは、流量が温度差にどのように依存するかに関する情報を含むストレージまたは外部デバイスに通信可能に接続され、データプロセッサが該情報にアクセスして、その情報を使用するように構成されることにより、データプロセッサは、温度差に基づいて流量を決定できる。

【0042】

一実施形態では、第2の温度センサーは、管状構造の外側で温度を測定することによって、流体の温度を検出するように配置及び構成される。これによって、管状構造（例えば、パイプ）の外側に搭載できるクランプオンタイプ流量センサーとして流量センサーを提供することが可能になる。したがって、第2の温度センサーを流体と直接接触させる必要性がない。 20

【0043】

一実施形態では、データプロセッサ及び第2の温度センサーは、ハウジングの内側に配置される。これによって、単純で容易に搭載可能かつ頑強な流量センサーを提供することが可能になる。

【0044】

一実施形態では、第1の温度センサーはハウジング内に配置される。これによって、流量センサーの全ての構成要素は、単一のハウジングに設けることができる。

【0045】

一実施形態では、第1の温度センサーはハウジングの外側に配置される。これによって、対流によって生じた熱伝達を考慮することが可能になる。 30

【0046】

一実施形態では、第2の検出ユニットは、ハウジングの内側にある位置の中間温度を検出するように配置及び構成された中間温度センサーを備え、該位置は、周辺温度と、流体の温度との間の温度を有することが予想される。これによって、追加情報を提供すること、ひいては、低流量範囲の流量の推定の改善を提供することが可能になる。

【0047】

一実施形態では、流量センサーは、管状構造の外側からの流体の流量を測定するように構成されたクランプオン流量センサーである。 40

【0048】

一実施形態では、流量センサーは超音波流量センサーであり、第1の検出ユニットは、超音波を伝送するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサと、超音波を受信するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサと、を備える。

【0049】

一実施形態では、データプロセッサは、

- 流体の検出温度の関数として予想された音速を計算することと、
- 流体の検出温度の関数として予想された音速と、音速の検出値とを比較することと、
- 音速の検出値が流体の検出温度の関数として予想された音速に一致しない場合、密度及び流量の補正値を計算することと、

50

を行うように構成される。

【 0 0 5 0 】

これによって、低流量レベルを上回る流量範囲での流量測定精度を改善することが可能になる。

【 0 0 5 1 】

予想された音速は、検出された流体の温度に依存し、流体の温度の関数として音速の所定の関係式を使用することによって計算できる。流体が純水である場合、例として、検出された流体の温度の関数として予想された音速の関係式は、図 7 に示されるように定義されるだろう。

【 0 0 5 2 】

流体が純水と異なる場合（例えば、塩分、糖類、または別の物質を含有する水である場合）、流体の検出温度の関数として予想された音速の異なる所定の関係式を使用できる。

【 0 0 5 3 】

予想された音速は、音速を検出して、比較を行うことによって、簡単に、音速の検出値と比較できる。以下の公式（ 1 6 ）を使用することによって、検出を実行できる。

【 0 0 5 4 】

【数 3】

$$(16) \quad c = \frac{L}{2} \frac{t_2 + t_1}{t_2 t_1}$$

10

20

【 0 0 5 5 】

式中、 c は音速度であり、 L は音信号が進む距離であり、 t_1 及び t_2 は、各々、伝送及び反射された音信号の移動時間である。

【 0 0 5 6 】

音速の検出値が予想された音速に一致しない場合、密度及び流量の補正値を計算する。以下の方程式（ 1 8 ）を使用することによって、密度の補正値を計算できる。

【 0 0 5 7 】

【数 4】

$$(18) \quad c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \Rightarrow \rho = \sqrt{\frac{K^2}{c^2}}$$

30

【 0 0 5 8 】

式中、 K は流体の体積弾性率であり、 ρ は流体の密度である。

【 0 0 5 9 】

一実施形態では、流量センサーは、音速 c の検出値が流体の検出温度の関数として予想された音速 c に一致しない場合、流体の比熱容量の補正値を計算するように構成される。これによって、流量センサーを利用して、精度の改善をもたらす熱エネルギー計測器を提供することが可能になる。流体の比熱容量の補正値を使用することで、熱エネルギー計測器が最も正確な測定をもたらすことを確実にする。

40

【 0 0 6 0 】

一実施形態では、データプロセッサは、
- 流体の検出温度の関数として予想された音速を計算すること
を行うように構成される。

【 0 0 6 1 】

一実施形態では、流量センサーは、音速 c の検出値及び測定された飛行時間に基づいて、伝送された超音波及び受信された超音波が流体で進む距離 L を自動的に計算するように

50

構成される。これによって、パイプの正確な寸法を知らなくても、パイプの流量を測定することが可能になる。また、沈殿物が経時的にパイプの内面にもたらされる場合でも、正確な測定を行うことも可能である。

【0062】

本発明に従った方法は、第1の検出ユニットを使用することによって、管状構造を通して流れる流体の流量を測定するための方法であり、第1の検出ユニットは、第1の検出ユニットを使用することによって測定できる最低流量を表す所定の低流量レベルを上回る流量を検出するように構成され、本方法は、第2の検出ユニットを利用して、

- 第1の温度センサーによって、周囲の温度（周辺温度）を検出するステップと、
- 第2の温度センサーを用いて、流体の温度を検出するステップと、
- 第1の温度センサー及び第2の温度センサーによって測定された周囲と流体との温度差に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するステップと、

を含み、

本方法は、以下のステップ、すなわち、

a) 流量校正エリアで、第1の検出ユニットを用いて1回以上の流量測定を行うステップであって、流量校正エリアでは、流量センサーは、流量が温度差に依存する流量を検出できる、ステップと、

b) 1回以上の測定を利用して、流量が、流量校正エリアを下回る流量エリアの温度差にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメーターを決定するステップと、

c) 流量校正エリアで行われた2回以上の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するステップと、

を含む。

【0063】

これによって、本方法は、流量測定が低流量範囲で実行されることを可能にする。

【0064】

一実施形態では、流体は液体である。一実施形態では、流体は水含有液である。一実施形態では、流体はガスである。

【0065】

一実施形態では、本方法は、流量校正エリアで行われた1回の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するステップを含む。いくつかの状況では、1回の測定は、流量が、流量校正エリアを下回る流量エリアの温度差にどのように依存するかを判定するために必要な1つ以上のパラメーターを決定するのに十分であり得る。

【0066】

一実施形態では、本方法は、流量校正エリアで行われた2回の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するステップを含む。

【0067】

一実施形態では、本方法は、流量校正エリアで行われた2回以上の測定に基づいて、低流量レベルを下回る流量を推定するステップを含む。

【0068】

一実施形態では、本方法は、以下のステップ、すなわち、

- 流量が温度差にどのように依存するかに関する情報を記憶するステップと、
- 該情報を使用して、温度差に基づいて流量を決定するステップと、

を含む。

【0069】

これによって、記憶された情報を使用して、単純で信頼性がある方式で流量の推定を提供できる。情報は外部デバイスに記憶され得る。一実施形態では、情報はウェブベースデバイスに記憶される。

【0070】

一実施形態では、本方法は、定期的または連続的に、

- 流量校正エリアで 1 回以上の測定を実行するステップと、
- 流量が、流量校正エリアと、流量校正エリアを下回る流量エリアとの温度差にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを更新するステップと、

【0071】

これによって、信頼性がある流量測定を提供して、周囲条件の変化（例えば、通気の増加）に応じて、定期的に、パラメータを調整することが可能になる。流量校正エリアに必要な数の測定を自動的に行って、そして、流量校正エリアと、流量校正エリアを下回る流量エリアとの温度差にどのように依存するかを判定するために必要なより多くのパラメータを計算及び更新することによって、方法の改善を提供することが可能になる。

10

【0072】

一実施形態では、流量（ Q ）と温度差（ T_{sf} ）との間の依存関係は、以下のいずれかの方程式によって定義される。

【0073】

【数5】

$$\Delta T_{sf}(Q) = \Delta T_B \left(1 - e^{-C_1 Q} \right)$$

【0074】

【数6】

$$Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

20

【0075】

式中、 C_1 は一定であり、 T_B は基本流量レベルに対応する温度差である。

【0076】

一実施形態では、本方法は、以下のステップ、すなわち、

- 流量が温度差にどのように依存するかに関する情報を第2の検出ユニットに記憶するステップと、
- 該情報を使用して、温度差に基づいて流量を決定するステップと、

30

【0077】

これによって、記憶された情報を使用して、単純で信頼性がある方式で流量の推定を提供できる。

【0078】

一実施形態では、第2の温度センサーは、管状構造の外側で温度を測定することによって、流体の温度を検出するように配置及び構成される。これによって、温度センサーを流体と接触させる必要性をなくすることができる。

40

【0079】

一実施形態では、本方法は、データプロセッサを含む流量センサーを用いて実行され、データプロセッサ及び第2の温度センサーは、ハウジングの内側に配置される。

【0080】

一実施形態では、本方法は流量センサーを使用することによって実行され、第1の温度センサーはハウジング内に配置される。

【0081】

一実施形態では、本方法は流量センサーを使用することによって実行され、第1の温度センサーはハウジングの外側に配置される。

【0082】

50

一実施形態では、本方法は、第2の温度センサー及び中間温度センサーを収容するハウジングの内側にある位置に配置された中間温度センサーを用いて、中間温度を検出するステップを含み、中間温度は、周辺温度と、流体の温度との間の値を有することが予想される。

【0083】

一実施形態では、本方法は、流量を測定する前に、流体の密度及び/または不均等性の推定値を測定するステップを含む。

【0084】

これによって、流量測定を改善し、流体の密度及び/または不均等性を考慮することが可能になる。

【0085】

一実施形態では、本方法は、以下のステップ、すなわち、
- 流体の試料に対して1回以上の測定を行うステップと、
- 1回以上の測定を利用して、流量を測定する前に、流体の密度及び/または不均等性の推定値を計算するステップと、
を含む。

【0086】

一実施形態では、流体の不均等性の推定値は、流体中の1つ以上の基質の含有量に一致する。基質は、以下のより多くの物質、すなわち、糖類、塩分、エチレングリコール、グリセロール、またはプロピレングリコールのうちの一つであり得る。

【0087】

一実施形態では、本方法は、管状構造の外側からの流体の流量を測定するように構成されたクランプオン流量センサーを使用することによって実行される。

【0088】

一実施形態では、本方法は超音波流量センサーを用いて実行され、第1の検出ユニットは、超音波を伝送するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサと、超音波を受信するように配置された少なくとも1つの超音波トランスデューサと、を備える。

【0089】

一実施形態では、本方法は、以下のステップ、すなわち、
- 流体の検出温度の関数として予想された音速を計算するステップと、
- 流体の検出温度の関数として予想された音速と、音速の検出値とを比較するステップと、
- 音速の検出値が流体の検出温度の関数として予想された音速に一致しない場合、密度及び流量の補正値を計算するステップと、
を含む。

【0090】

これによって、低流量レベルを上回る流量範囲での流量測定精度を改善することが可能になる。

【0091】

一実施形態では、本方法は、音速 c の検出値が流体の検出温度の関数として予想された音速 c に一致しない場合、流体の比熱容量の補正値を計算するステップとを含む。これによって、流量センサーを利用して、精度の改善をもたらす熱エネルギー計測器を提供することが可能になる。流体の比熱容量の補正値を使用することで、熱エネルギー計測器が最も正確な測定をもたらすことを確実にする。

【0092】

一実施形態では、本方法は、音速 c の検出値及び測定された飛行時間に基づいて、距離 L （伝送された超音波及び受信された超音波が流体で進む距離）を自動的に計算するステップを含む。これによって、パイプの正確な寸法を知らなくても、パイプの流量を測定することが可能になる。また、沈殿物が経時的にパイプの内面にもたらされる場合でも、正

10

20

30

40

50

確な測定を行うことも可能である。

【0093】

一実施形態では、本方法は、加熱システムまたは冷却システムで熱エネルギーを推定するステップを含む。これによって、加熱システムまたは冷却システムで熱エネルギーを検出する方法の改善（より正確にすること）を提供することが可能になる。

【0094】

本発明に従った熱エネルギー計測器は、本発明に従ったセンサーを含む熱エネルギー計測器である。

【0095】

本発明は、本明細書で下記に与えられる「発明を実施するための形態」からより十分に理解されることになる。添付図は単に例示として与えられ、ひいては、それらの図は本発明に限定されるわけではない。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1A】パイプを通る流量の関数として、周囲と、パイプを通る流体との温度差を表すグラフを示す。

【図1B】図1Aに示されるグラフの低流量部を示す。

【図2A】本発明による、クランプオンタイプの流量センサーの概略図を示す。

【図2B】本発明による、別のクランプオンタイプの流量センサーの概略図を示す。

【図3A】本発明による、流量センサーの概略図を示す。

【図3B】本発明による、別の流量センサーの概略図を示す。

【図4A】パイプの外側に搭載された本発明による、クランプオンタイプの流量センサーの概略図を示す。

【図4B】本発明による、別の流量センサーの概略図を示す。

【図5A】本発明による、流量センサーの概略図を示す。

【図5B】本発明による、別の流量センサーの概略図を示す。

【図6A】本発明による、流量センサーの概略図を示す。

【図6B】本発明による、別の流量センサーの概略図を示す。

【図7】水の温度の関数として、水中の音速を表すグラフを示す。

【図8】温度差の関数として、流量を示す。

【発明を実施するための形態】

【0097】

ここで、本発明の好ましい実施形態を示す目的のために詳細に図面を参照すると、図1Aに図示されるパイプを通る流量 Q の関数として、周囲と、パイプを通る流体との温度差 T_{sf} を表すグラフ28を示す。

【0098】

グラフ28（実線で示される）が低流量レベル Q_A を上回って伸びることが確認できる。低流量レベル Q_A は、先行技術の流量センサーを使用することによって測定できる最低流量を表す。しかしながら、この低流量レベル Q_A を下回る場合、グラフ28は外挿される。この下側エリア30は点線の楕円で図示される。

【0099】

図1Bは、図1Aに示されるグラフ28の低流量部30を示す。先行技術の流量センサーは低流量レベル Q_A を下回る流量を検出することが不可能であるが、本発明に従った流量センサー及び方法は、この低流量レベル Q_A を下回る流量測定を提供することが可能になる。

【0100】

基本流量レベル Q_B を上回る場合、グラフ28は、温度差 T_{sf} が一定であり、ひいては、流量 Q から独立していることを示す。

【0101】

低流量レベル Q_A と基本流量レベル Q_B との間の流量校正エリア B_2 では、温度差 T

10

20

30

40

50

T_{sf} は、流量 Q の関数として増加する。この流量校正エリア B_2 では、第 1 の流量センサー測定 M_1 及び第 2 の流量センサー測定 M_2 が図示される。

【0102】

流量校正エリア B_2 で行われた流量センサーによる 1 回以上の測定を使用して、流量 Q が、流量校正エリア B_2 と、流量校正エリア B_2 を下回る流量エリア B_1 との温度差 T_{sf} にどのように依存するかを判定するために必要なパラメーターを決定することが可能である。

【0103】

温度差 T_{sf} は、流量 Q の関数として、以下の方程式 (1) によって与えられる。

【0104】

【数 7】

$$(1) \quad \Delta T_{sf}(Q) = \Delta T_B (1 - e^{-C_1 Q})$$

【0105】

式中、 T_B は基本流量レベル Q_B に対応する温度差であり、 C_1 は一定である。

【0106】

2 つの測定 M_1 及び M_2 を行うことによって、2 つの未知数の T_B 及び C_1 を方程式 (1) から決定することが可能になる。

【0107】

したがって、流量センサーが任意の測定を提供できない流量エリア B_1 の流量 Q_{M3} を決定することが可能になる。流量 Q_{M3} は、流量センサーによって検出された温度差 T_{M3} の測定値に基づいて決定できる。流量 Q_{M3} は、方程式 (1)、または検出された温度差 T_{sf} の関数として流量 Q を定義する以下の方程式 (2) を使用することによって決定できる。

【0108】

【数 8】

$$(2) \quad Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

【0109】

式中、 C_1 は一定であり、 T_B は基本流量レベル Q_B に対応する温度差である。

【0110】

本発明に従った流量センサー及び方法は、周囲と、パイプを通る流体との温度差 T_{sf} を測定することによって、低流量レベル Q_A を下回る流量 Q を推定する。流量校正エリア B_2 で行われた 1 回以上の流量測定 M_1 、 M_2 を使用して、方程式 (1) または方程式 (2) で未知数を決定するため、推定は可能になる。したがって、方程式 (2) を使用することによって、流量エリア B_1 の任意の流量 Q を計算できる。

【0111】

図 1 B では、第 1 の流量 Q_1 が第 1 の温度差 T_1 の測定値に基づいて検出されることが確認できる。同様に、図 1 B は、第 2 の流量 Q_2 が第 2 の温度差 T_2 の測定値に基づいて検出されることを示す。

【0112】

低流量レベル Q_A は温度差 T_A の測定値に対応する。同様に、基本流量レベル Q_B は、温度差 T_B のより高い測定値に対応する。

【0113】

本発明に従ったセンサーの温度センサーを使用することによって、温度差を検出できる

10

20

30

40

50

。これは、図 2 A、図 2 B、図 3 A、図 3 B、及び図 4 B に示され、それらの図を参照して説明される。

【 0 1 1 4 】

一例では、流量校正エリア B_2 では、20 で水を測定するために使用された本発明に従った流量センサーを利用して、 $2 \text{ ml} / \text{s}$ ($0.000002 \text{ m}^3 / \text{s}$ である) の流量 Q_{M_2} 及び 10 の温度差 T_{M_2} に対応する測定点 M_2 が作られる。

【 0 1 1 5 】

周囲と、流体及び流量 Q との温度差 T_{sf} の関係式は方程式 (2) によって与えられる。

【 0 1 1 6 】

【 数 9 】

$$(2) \quad Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{dt_B} \right)$$

【 0 1 1 7 】

【 数 1 0 】

$$C_1 = 5.02 \frac{\text{min}}{\text{cm}^3}$$

【 0 1 1 8 】

及び $dt_B = 10.02$ である場合、以下の値を計算できる。

【 0 1 1 9 】

【 表 1 】

$\Delta T_{sf} [^\circ\text{C}]$	0.980	2.224	3.652	4.446
流量 [cm^3 / min]	0.020	0.050	0.116	0.572

【 0 1 2 0 】

別の例では、低流量レベル Q_A を下回る場合、温度差 T_{sf} と流量 Q との関係式は、方程式 (2) によって与えられ、式中、 $C_1 = 4.88$ 及び $dt_B = 12.54$ として、以下の値を計算できる。

【 0 1 2 1 】

【 表 2 】

$\Delta T_{sf} [^\circ\text{C}]$	1.124	2.462	3.866	5.562
流量 [cm^3 / min]	0.019	0.045	0.076	0.120

【 0 1 2 2 】

図 2 A は、本発明による、クランプオンタイプの流量センサー 1 の概略図を図示する。流量センサー 1 は、パイプ 2 の流体 26 (例えば、液体) の流量を検出するように配置される。流量センサー 1 はデータプロセッサ 10 を備える。

【 0 1 2 3 】

流量センサー 1 は、パイプ 2 の周辺温度（周囲の温度）を検出するように配置された第 1 の温度センサー 1 2 を備える。流量センサー 1 は、流体 2 6 の温度を検出するように配置された第 2 の温度センサー 1 4 を備える。流量センサー 1 は、第 1 の超音波発生器 4 及び第 2 の超音波発生器 4 ' を備える。波発生器は、流量 Q の方向に対して傾斜して流体 2 6 中に導入される超音波を生成するように配置及び構成された圧電トランスデューサ 4 , 4 ' として形成される。流量センサー 1 は、ドップラー効果タイプの流量センサー 1 または伝搬時間時間測定タイプの流量センサー 1 のいずれか一方であり得る。超音波 6 , 8 の両方とも距離 $1/2L$ 進んでいることが図示される。したがって、進行距離の合計は L である。

【0124】

圧電トランスデューサ 4 , 4 ' は、トランスデューサとして動作し、音波 6 , 8 を使用することによって、パイプを通る流量 Q を検出する。一実施形態では、流量センサー 1 は、パイプ 2 の流量 Q のプロファイルに依存しなくするために、いくつかの圧電トランスデューサ 4 , 4 ' を備える。動作周波数は用途によって決まり、ガスの場合、 $100 \sim 200$ kHz の周波数範囲であり、液体の場合、より高い MHz の周波数範囲であり得る。

【0125】

一実施形態では、流量センサー 1 はドップラー効果型流量センサー 1 である。本実施形態では、流量センサー 1 は、単一の圧電トランスデューサだけを備える。この場合、第 2 の圧電トランスデューサ 4 ' を省略でき、そして、超音波 6 を送信することと、超音波 8 を受信することとの両方のために、第 1 の圧電トランスデューサ 4 を使用する。ドップラー効果タイプの流量センサー 1 では、伝送波 6 が流体の粒子または泡によって反射されるとき、その周波数は粒子の相対速度に起因して偏移する。液体の流動速度が高くなるにつれて、放射波と反射波との間の周波数偏移が高くなる。

【0126】

一実施形態では、流量センサー 1 は、いくつかの圧電トランスデューサ 4 , 4 ' を備えるドップラー効果の流量センサー 1 である。この場合、1 つの圧電トランスデューサ 4 を使用して、超音波 6 を伝送できる一方、他の圧電トランスデューサ 4 ' を使用して、反射超音波 8 を受信できる。

【0127】

一実施形態では、流量センサー 1 は伝搬タイプ流量センサー 1 である。本実施形態では、流量センサー 1 は、流量 Q の方向に対して斜めに配置された送信機及び受信機の両方として動作する 2 つの圧電トランスデューサを利用する。流動媒質の超音波の伝送により、音伝搬速度及び流動速度の重なりが生じる。流動速度は、流量 Q の方向及び反対方向に伝搬時間の差の逆数に比例する。音伝搬タイプの測定方法は、音伝搬速度から独立し、ひいては媒質からも独立している。したがって、同じ設定を用いて異なる液体またはガスを測定することが可能である。

【0128】

温度センサー 1 2、1 4 及び圧電トランスデューサ 4 , 4 ' は、データプロセッサ 1 0 に接続される。したがって、データプロセッサ 1 0 は、温度センサー 1 2、1 4 及び圧電トランスデューサ 4 , 4 ' からのデータを処理することによって、そのデータに基づいて、流量を検出できる。

【0129】

図 2 A では、第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 2 の外側に配置される。第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 2 に熱的に接続される。したがって、第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 2 の温度を測定することが可能である。パイプ 2 の温度は、通常、パイプ 2 の流体 2 6 の温度に一致する、または非常に近くなる。

【0130】

流量センサー 1 の低流量レベルを下回る低流量エリアでは、流量センサー 1 は、第 1 の温度センサー 1 2 及び第 2 の温度センサー 1 4 によって行われた温度測定に基づいて、流量を決定する。実際に、流量センサー 1 の低流量レベルを下回る場合、流量センサー 1 は

10

20

30

40

50

、第1の温度センサー12及び第2の温度センサー14によって検出された温度差として定義された温度差 T_{sf} に基づいて、流量を決定する。

【0131】

$$(9) \quad T_{sf} = |T_s - T_f|$$

式中、 T_s は第1の温度センサー12によって測定された周囲の温度であり、 T_f は第2の温度センサー14によって測定された流体26の温度である。

【0132】

図2Bは、本発明による、クランプオンタイプの流量センサー1の概略図を図示する。図2Bに示される流量センサー1は、基本的に、図2Aに示されるものに対応する。しかしながら、温度センサー14は、パイプ2の内側に流体26と接触する。構造はパイプ2の壁を通過して延在する。温度センサー14は、該構造を通過して延在するワイヤを介して、データプロセッサ10に接続される。超音波6, 8の両方とも距離 $1/2L$ 進んでいることが図示される。したがって、進行距離の合計は L である。

10

【0133】

図3Aは、本発明による、熱エネルギー計測器5の概略図を図示する。熱エネルギー計測器5は、本発明に従った流量センサー1を備える。流量センサー1は、パイプ2に取り付けられるハウジング20を備える。流量センサー1は、パイプ2の流体26（例えば、水分含有液）の流量 Q を検出するように配置及び構成される。

【0134】

流量センサー1は、周囲の温度 T_s （例えば、周辺温度）を検出するように配置された第1の温度センサー12を備える。流量センサー1は、パイプ2内の流体26の温度 T_f を検出するように配置された第2の温度センサー14を備える。流量センサー1は、中間温度 T_i を検出するように配置された第3の温度センサー16を備え、中間温度 T_i は、周辺温度 T_s と、流体26の温度 T_f との間の値を有することが予想される。

20

【0135】

流量センサー1は、第1の超音波発生器4及び第2の超音波発生器4'を備え、これらの超音波発生器は、流量 Q の方向に対して傾斜して流体26中に伝送された超音波を生成するように配置及び構成される圧電トランスデューサ4, 4'として形成される。圧電トランスデューサ4, 4'は、図2A及び図2Bに示されるものと同じ方式で使用され、それらの図を参照して説明される。

30

【0136】

流量センサー1は、圧電トランスデューサ4, 4'及び温度センサー12、14、16に接続されたデータプロセッサ10を備える。したがって、データプロセッサ10は、温度センサー12、14及び圧電トランスデューサ4, 4'からのデータを処理することによって、そのデータに基づいて、流量を検出できる。

【0137】

第3の温度センサー16は、流量センサー1の低流量レベルを下回る流量の推定の改善を提供するために利用できる温度測定を提供するように配置される。以下の2つの温度差を使用することによって、推定の改善を達成できる。

- 周囲と流体26との差 T_{sf} :

40

$$(10) \quad T_{sf} = |T_s - T_f|、$$

- ハウジング20の中間点と、流体26との温度差 T_{if} : (11) $T_{if} = |T_i - T_f|。$

【0138】

熱エネルギー計測器5は、パイプ3に熱的に接続された外部温度センサー17を備える。供給パイプ3の流体の温度及び戻りパイプ2の流体26の温度を測定することによって、消費熱量（熱エネルギー）を計算することが可能になる。外部温度センサー17は、図3Aに示されるような有線接続によって、または図3Aに示されるような無線接続によって、データプロセッサ10に接続され得る。

【0139】

50

図 3 B は、本発明による、熱エネルギー計測器 5 の別の概略図を図示する。熱エネルギー計測器 5 は、本発明に従った流量センサー 1 を備える。流量センサー 1 は、基本的に、図 3 A に示されるものに対応する。しかしながら、第 1 の温度センサー 1 2 は、ハウジング 2 0 の外側表面上に設置される。熱エネルギー計測器 5 は、パイプ 3 の外側表面に取り付けられる外部温度センサー 1 7 を備える。したがって、温度センサー 1 7 は、供給パイプ 3 に熱的に接続される。供給パイプ 3 の流体の温度及び戻りパイプ 2 の流体 2 6 の温度を測定することによって、消費熱量（熱エネルギー）を計算することが可能になる。

【 0 1 4 0 】

図 4 A は、本発明による、クランプオンタイプの流量センサー 1 の概略図を図示する。流量センサー 1 はパイプ 2 の外側に搭載される。流量センサー 1 は、パイプ 2 の外側ジオメトリに一致する接点構造を有するハウジング 2 0 を備える。熱的接続構造（例えば、金属層）は、接点構造に取り付けられる。これによって、熱的接続構造は熱抵抗を減らし、ひいては、パイプ 2 と、流量センサー 2 の温度センサー（示されない）との間の熱伝達を改善して効果的にする。

10

【 0 1 4 1 】

一実施形態では、熱的接続構造は、各面上に熱接着剤でコーティングされた金属箔である。そのような熱的接続構造は、永久接合を提供して、接触面で微小空隙を満たすことによって、熱抵抗を減らすことが可能である。一実施形態では、熱的接続構造は、熱伝導性アルミニウムテープである。一実施形態では、熱的接続構造は、熱伝導性両面構造接着アルミニウムテープであり得る。

20

【 0 1 4 2 】

図 4 B は、本発明による、流量センサー 2 の概略図を図示する。流量センサー 2 は、パイプ 3 の内側に配置され、ひいては流体 2 6 中に沈む機械式流量検出ユニット 2 4 を備える。

【 0 1 4 3 】

流量センサー 1 は、流量測定を提供するために、流体が機械式流量検出ユニット 2 4 の構成要素を機械的に変位させることを必要とする容積式流量計である。機械式流量検出ユニット 2 4 はタービンまたはインペラであり得る。タービンまたはインペラのアクティビティ及び回転速度は、データプロセッサ 1 0 への直接接続を使用することによって、またはタービンもしくはインペラの角速度を測定するように配置及び構成された検出部材（示されない）を用いて、のいずれか一方で測定できる。流量センサー 1 は、例として、タービン流量計、単一噴流計、またはパドルホイール流量計であり得る。機械式流量検出ユニット 2 4 は第 1 の検出ユニット 3 4 を構成する。データプロセッサ 1 0 及び温度センサー 1 2、1 4 は、第 2 の検出ユニット 3 6 を構成する。

30

【 0 1 4 4 】

流量センサー 1 は、周囲の温度（周辺温度）を検出するように配置及び構成された第 1 の温度センサー 1 2 を備える。流量センサー 1 は、流体 3 の内側の流体 2 6 の温度を検出するように配置及び構成された第 2 の温度センサー 1 4 を備える。第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 3 の壁の外部に対して支える。別の実施形態では、しかしながら、第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 3 の内側に配置され得る。さらなる実施形態では、第 2 の温度センサー 1 4 は、パイプ 3 の壁の外部に統合され得る。

40

【 0 1 4 5 】

流量センサー 1 は、第 1 のフランジ 1 8 及び第 2 のフランジ 1 8 ' が設けられたパイプ 3 を備える。これらのフランジ 1 8、1 8 ' は、2 つのパイプ 2、2 ' の対応するフランジ 1 9、1 9 ' に機械的に接続されるように構成される。一実施形態では、フランジ 1 8、1 8 ' は、流量センサー 1 をパイプ 2、2 ' に取り付けようとして設計された同様の取付構造と置き換えられる。

【 0 1 4 6 】

一実施形態では、パイプ 2、2 ' の遠位部は外側ねじ山に設けられる一方、流量センサー 3 のパイプ 3 の遠位部は、パイプ 3 をパイプ 2、2 ' 上にねじ込むことを可能にする対

50

応する内側ねじ山が設けられている。

【0147】

一実施形態では、パイプ2, 2'の遠位部は内側ねじ山に設けられる一方、流量センサー3のパイプ3の遠位部は、パイプ3をパイプ2, 2'上にねじ込むことを可能にする対応する外側ねじ山が設けられている。

【0148】

図5Aは、本発明による、流量センサー1の概略図を図示する。流量センサー1は、基本的に、図3Aに示されるものに対応する。

【0149】

図5Bは、本発明による、流量センサー1の概略図を図示する。流量センサー1は、基本的に、図3Bに示されるものに対応する。 10

【0150】

図5A及び図5Bでは、しかしながら、ハウジング20は、パイプ2に対して支える部分を備える一方、第2の温度センサー14及び圧電トランスデューサ4, 4'は、流量センサー1がパイプ2に取り付けられるとき、パイプ2の外部に直接に接続するために、ハウジング20の該部分を通して延在する。ケーブルタイまたはホースクランプ等のクランプ構造を利用して、流量センサーをパイプ2にクランプで締めることが可能になる。

【0151】

圧電トランスデューサ4, 4'は、第1の検出ユニット34を構成する。データプロセッサ10及び温度センサー12, 14, 16は、第2の検出ユニット36を構成する。 20

【0152】

本発明に従った流量センサー1について、ほとんどの場合、流体26がその流体が流れる物理ゾーンの間を熱を輸送し、これらの物理ゾーンが異なる温度を有するという事実が生かされている。これらのゾーンの温度差を検出することによって、代替の流量の測定を提供することが可能になる。

【0153】

したがって、流量センサー1及び本発明に従った方法は低流量範囲で流量を検出でき、低流量範囲では、先行技術の流量センサーは任意の流量を検出できない。

【0154】

さらに、流量センサー1及び本発明に従った方法は、一般に、上述のゾーンの温度差を使用することによって、流量検出の改善(より正確にすること)を提供できる。 30

【0155】

流体から周囲への熱伝達速度 q (E/t に対応する速度)は、以下の方程式(12)で定義される。

$$(12) \quad q = U A \quad T_{s f}$$

$T_{s f}$ は、周囲と流体26との温度差であり、 A は熱伝達が行われる表面積であり、 U は熱伝達係数である。

【0156】

熱伝達係数 U は以下の方程式(13)で定義される。

【0157】

【数11】

40

$$(13) \quad U = \frac{k}{s}$$

【0158】

式中、 k は熱伝達が行われる物質の熱伝導率であり、 s は熱伝達が行われる物質の厚さで 50

ある。

【 0 1 5 9 】

ドップラー効果型流量センサー 1 の動作原理は、図 6 A に示され、図 6 A を参照して簡潔に説明される。ドップラー効果型流量センサーは、流体 2 6 の音速の変化の影響を受ける。したがって、ドップラー効果型流量センサーは、流体 2 6 の密度及び温度の変化を検知できる。したがって、多くの先行技術のドップラー効果型流量センサーは、高度に正確な測定用途に不適切である。しかしながら、本発明は、流体 2 6 の温度及び音速を検出して、温度及び流体（密度）の変化を補償し、ひいては、精度の改善を提供することを可能にする。同様に、本発明は、（流体 2 6 の試料に対して行われた測定によって）流体 2 6 の密度を検出して、流量センサー 1 の精度をさらに改善するために、温度及び / または流体（密度）の変化を補償することを可能にする。

10

【 0 1 6 0 】

ドップラー効果型流量センサー 1 は、音を送信機 4 と受信機 4 ' との間で進む時間を測定する飛行時間型超音波流量センサーである。典型的な設定では、図 6 A に示されるものと同様に、2 つのトランスデューサ（送信機 / 受信機）4 , 4 ' は、流量 Q が測定されるパイプ 2 の各側に設置される。送信機 4 , 4 ' は、一方の側から他方の側に、所定周波数で脈動超音波 6 を伝送する。平均流速 V は周波数の差に比例する。

【 0 1 6 1 】

したがって、流速 V は、(1 4) として表すことができる。

【 0 1 6 2 】

20

【 数 1 2 】

$$(14) \quad V = \frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2} \frac{L}{2 \cos(\phi)}$$

【 0 1 6 3 】

t_1 は下流方向の伝送時間の伝送時間であり、 t_2 は上流方向の伝送時間であり、L は複数のトランスデューサ間の距離であり、 ϕ は、伝送された超音波ビーム 6 と流量 Q との間の相対角度である。

30

【 0 1 6 4 】

流量 Q は、(1 5) を用いて、流速 V と、パイプ 2 の断面積 A_{pipe} との積として計算できる。

$$(15) \quad Q = V A_{pipe}$$

【 0 1 6 5 】

同時に、音速 c は、以下の方程式 (1 6) によって与えられる。

【 0 1 6 6 】

【 数 1 3 】

$$(16) \quad c = \frac{L}{2} \frac{t_2 + t_1}{t_2 t_1}$$

40

【 0 1 6 7 】

図 6 A に示される流量センサー 1 は、パイプ 2 の周辺温度（周囲の温度）を検出するように配置された第 1 の温度センサー 1 2 を備える。流量センサー 1 は、流体 2 6 の温度を検出するように配置された第 2 の温度センサー 1 4 を備える。流量センサー 1 はデータプロセッサ 1 0 を備える。図 6 B に示されないけれども、温度センサー 1 2、1 4 及び 2 つのトランスデューサ 4 , 4 ' は、データプロセッサ 1 0 に接続される。したがって、データプロセッサ 1 0 は、温度センサー 1 2、1 4 及び 2 つのトランスデューサ 4 , 4 ' から

50

のデータを処理して、そのデータに基づいて、流量 Q を計算できる。

【 0 1 6 8 】

粒子 3 2 の流体を含有する流体の流量を測定するドップラー効果型流量センサー 1 の動作原理は、図 6 B に示され、図 6 B を参照して簡潔に説明される。

【 0 1 6 9 】

以下の方程式 (1 7) を使用することによって、流速 V を計算できる。

【 0 1 7 0 】

【 数 1 4 】

$$(18) \quad V = \frac{c(f_r - f_t)}{2 f_t \cos(\phi)}$$

10

【 0 1 7 1 】

f_r は受信波の周波数であり、 f_t は伝送波の周波数である。 ϕ は、伝送された超音波ビームと流量 Q との間の相対角度であり、 c は流体 2 6 の音速である。

【 0 1 7 2 】

流量 Q は、(1 5) を用いて、流速 V と、パイプ 2 の断面積 A_{pipe} との積として計算できる。

$$(15) \quad Q = V A_{pipe}$$

20

また、図 2 A、図 2 B、図 3 A、及び図 3 B に示される流量センサーを使用することによって、流量を計算するとき、方程式 1 5 及び 1 6 も使用できる。

【 0 1 7 3 】

図 7 は、水の温度 T の関数として、水中の音速 c を表すグラフを示す。しかしながら、同様のグラフは、他の液体に関して作成できる。以下では、水は、単に、可能な流体を表しており、水は別の液体と置き換えられ得る。

【 0 1 7 4 】

管状構造（例えば、水の流量 Q が流れるパイプ）の寸法は既知ではなく、音が水中で進む距離 L の推定は必要である。この問題は、具体的には、超音波クランプオンセンサーに関連する。経時的に、沈殿物は、パイプの内面にもたらされ得る。これにより、距離 L は徐々に減少する。したがって、本発明は、そのような条件下で、距離 L の推定を可能にする。

30

【 0 1 7 5 】

水中の音速 c を決定することによって、距離 L を推定することが可能になることにより、検出された速度 V 及び水の流量 Q の精度を改善する。したがって、水中の音速 c の変化はかなり関連がある。

【 0 1 7 6 】

音速 c が検出されるとき、音が水中で進む距離 L を計算することが可能になる。

【 0 1 7 7 】

同時に、音速 c は、以下の方程式 (1 2) によって与えられる。

40

【 0 1 7 8 】

【 数 1 5 】

$$(18) \quad c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

【 0 1 7 9 】

50

式中、 K は体積弾性率であり、 ρ は密度である。

【0180】

水の密度が温度 T に依存するため、音速 c は温度 T に依存する。さらに、音速 c は水中の物質（例えば、グリコール）の濃度に依存する。

【0181】

傾斜角度 ϕ が既知であるとき、以下の方程式（19）を使用することによって、（飛行時間の差分によって測定された管内の）水の平均速度 V を求めることができる。

【0182】

【数16】

$$(19) \quad V = \frac{L}{2\cos(\phi)} \frac{t_2 - t_1}{t_2 t_1}$$

10

【0183】

音速 c が既知であるとき、以下の方程式（16）を使用することによって、（ t_1 及び t_2 が測定されてから） L を計算または推定できる。

【0184】

【数17】

$$(16) \quad c = \frac{L}{2} \frac{t_2 + t_1}{t_2 t_1}$$

20

【0185】

したがって、流量 Q は、（15）を用いて、水の平均速度 V と、パイプ2の断面積 A_{pipe} との積として計算できる。

$$(15) \quad Q = V A_{pipe}$$

【0186】

流体温度 T の測定値及び飛行時間の測定値を使用して、密度 ρ を決定でき、そして、方程式（18）を使用することによって、音速 c を求める。

【0187】

流量センサーが26の温度 T_2 において純水で較正される場合、図7は、音速 $c(T_2)$ が1500 m/sであることを示す。21.5の低温 T_1 が検出される場合、音速 $c(T_1)$ は1485 m/sである。したがって、既知の温度 T 及び密度 ρ で流体（例えば、水等の液体）を使用することによって、流量センサーを較正することによって、単純な温度測定は、方程式（18）を使用することによって、音速 c を検出するのに十分である。

【0188】

【数18】

$$(18) \quad c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

30

40

【0189】

流体（例えば、水）の比熱容量は、追加物質（例えば、糖類、塩分、エチレングリコール、グリセロール、またはプロピレングリコール）の含有量に依存する。

【0190】

50

音速 c が既知であるとき、検出された流体の密度に基づいて追加物質を有する流体（例えば、水）の比熱容量を計算することが可能になる。これによって、本発明に従った流量センサー 1 を有する熱エネルギー計測器をより正確にする。

【0191】

追加物質（例えば、糖類、塩分、エチレングリコール、グリセロール、またはプロピレングリコール）の含有量を測定するのに有利になり得る。これによって、測定に基づいて、流量センサーを較正することが可能になるだろう。

【0192】

実施例 1

純水で使用される流量センサーが 26 の温度 T_2 において 1 リットル / 分の流量 Q を検出する場合、図 7 は、音速 $c(T_2)$ が 1500 m/s であることを示す。 10

【0193】

音速 $c(1500 \text{ m/s})$ が既知であるとき、以下の方程式 (16) を使用することによって、 $(t_1$ 及び t_2 が流量センサーによって検出されてから) L を計算または推定できる。

【0194】

【数 19】

$$(16) \quad c = \frac{L}{2} \frac{t_2 + t_1}{t_2 t_1}$$

20

【0195】

流量センサーが後の時点で使用されるとき、予想された音速 c は、26 の同じ温度 T_2 で、1500 m/s になるだろう。しかしながら、検出された音速 c は 1485 m/s である場合、これは方程式 (16) 及び既知の L を使用することによって計算され、音速の減少は約 1% である。これは、水の密度の変化によって生じ得る。体積弾性率 K が一定であることを仮定する場合、方程式 (18) により、密度が約 2% 増加する結果になる（これは、方程式 18 を使用する）。 30

【0196】

熱エネルギー計測器で流量センサーを使用する場合、検出された水の密度に基づいて、水の比熱容量を補正することが可能であるだろう。追加物質（例えば、糖類、塩分、エチレングリコール、グリセロール、またはプロピレングリコール）の含有量が増加しているという結論になる可能性がある。したがって、熱エネルギー計測器の精度を改善することが可能になる。これは、追加物質（例えば、糖類、塩分、エチレングリコール、グリセロール、またはプロピレングリコール）の含有量が時間関数として変わり得るため、関連がある。流量センサーが流体の密度の変化を自動的に検出するように構成される場合、流量センサーは熱エネルギー計測器で使用され、追加物質の含有量が経時的に変わるときでさえ、高精度を提供することが可能になる。 40

【0197】

図 8 は、温度差 T_{sf} の関数として、本発明に従った流量センサーの手段によって検出された流量 Q を表すグラフを示す。

【0198】

低流量レベル Q_A は、先行技術の流量センサーを使用することによって測定できる最低流量を表す。先行技術の流量センサーは低流量レベル Q_A を下回る流量を検出することが不可能であるが、本発明に従った流量センサー及び方法は、この低流量レベル Q_A を下回る流量測定を提供することが可能になる。

【0199】

基本流量レベル Q_B を上回る場合、グラフは、温度差 T_{sf} が一定であり、ひいては、流量 Q から独立していることを示す。 50

【 0 2 0 0 】

低流量レベル Q_A と基本流量レベル Q_B との間の流量校正エリア B_2 では、温度差 T_{sf} は、流量 Q の関数として増加する。この流量校正エリア B_2 では、第 1 の流量センサー測定 M_1 及び第 2 の流量センサー測定 M_2 が図示される。

【 0 2 0 1 】

これらの流量センサーによる測定 M_1 及び M_2 は、流量校正エリア B_2 で行われ、これは、流量 Q が、流量校正エリア B_2 と、流量校正エリア B_2 を下回る流量エリア B_1 との温度差 T_{sf} にどのように依存するかを判定するために必要なパラメーターを決定するために行われる。流量 Q と温度差 T_{sf} との関係式は、方程式 (2) によって与えられる。

10

【 0 2 0 2 】

$$(2) \quad Q(\Delta T_{sf}) = \frac{-1}{C_1} \ln \left(1 - \frac{\Delta T_{sf}}{\Delta T_B} \right)$$

【 0 2 0 3 】

温度差 T_1 、 T_{M3} 、及び T_2 を測定して、方程式 (2) を使用することによって、流量 Q を計算することが可能になる。

20

【 符号の説明 】

【 0 2 0 4 】

- 1 流量センサー
- 2 , 2' , 3 パイプ
- 4 , 4' 超音波トランスデューサ (圧電トランスデューサ)
- 5 熱エネルギー計測器
- 6 超音波振動波
- 8 反射超音波振動波
- 10 データプロセッサ (例えば、マイクロプロセッサ)
- 12 温度センサー
- 14 温度センサー
- 16 温度センサー
- 17 温度センサー
- 18 , 18' フランジ
- 19 , 19' フランジ
- 20ハウジング
- 22 熱的接続構造 (例えば、金属層)
- 24 機械式流量検出ユニット
- 26 流体
- 28 グラフ
- 30 低流量エリア
- 32 粒子
- 34 , 36 検出ユニット
- T_s 周囲温度
- T_f 流体温度
- T 温度差
- T_{sf} 周囲と流体との温度差
- T_1 , T_2 温度差
- T_A , T_B 温度差
- T_1 , T_2 温度
- M_1 , M_2 , M_3 流量測定

30

40

50

- B₁ 流量エリア
- B₂ 流量較正エリア
- c_p 比熱容量
- k 熱伝導率
- U 熱伝達係数
- A 表面積
- W 体積
- t 飛行時間
- t' 温度補償飛行時間
- t 飛行時間の差
- t₁, t₂ 飛行時間
- T₁, T₂ 温度差
- T_A, T_B 温度差
- T_{M1}, T_{M2} 温度差
- T_{M3} 温度差
- d 厚さ
- Q 流量
- Q₁, Q₂ 流量
- Q_A, Q_B 流量
- Q_{M1}, Q_{M2} 流量
- Q_{M3} 流量
- V 流速
- 角度
- L 距離

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A - 1 B】

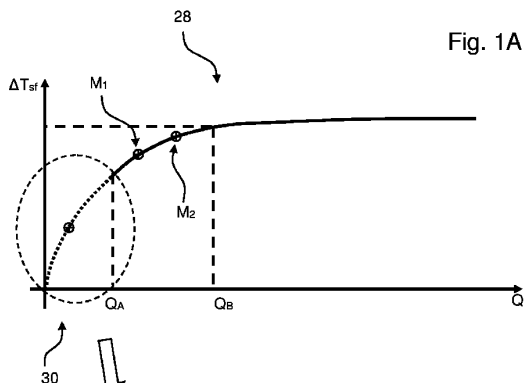


Fig. 1A

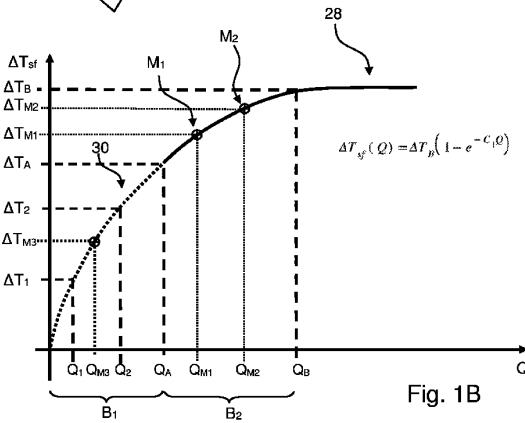


Fig. 1B

【図 2 A】

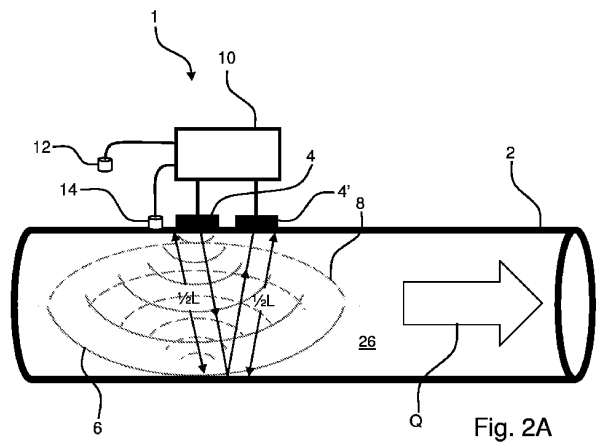


Fig. 2A

50

【 図 2 B 】

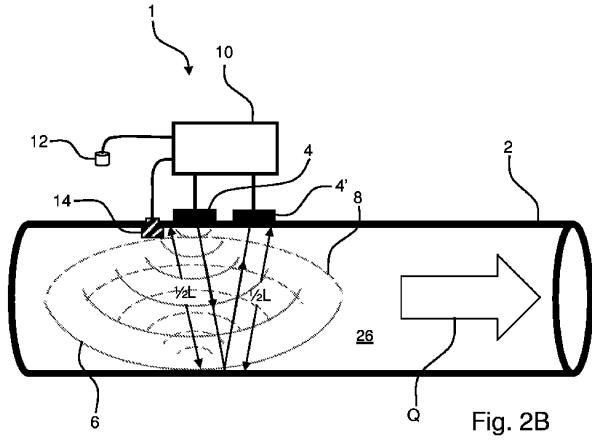
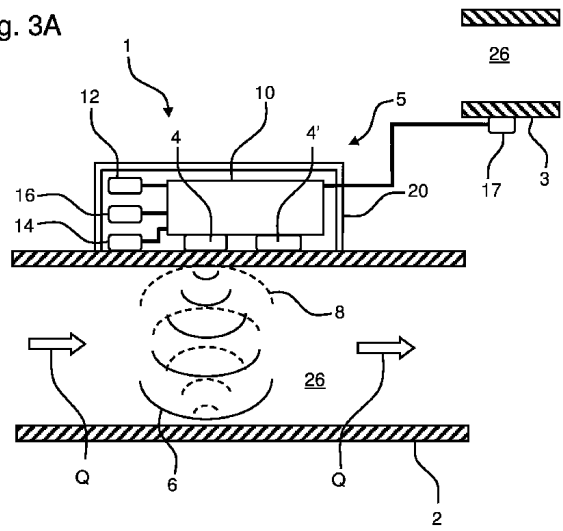


Fig. 2B

【 図 3 A 】

Fig. 3A



10

【 図 3 B 】

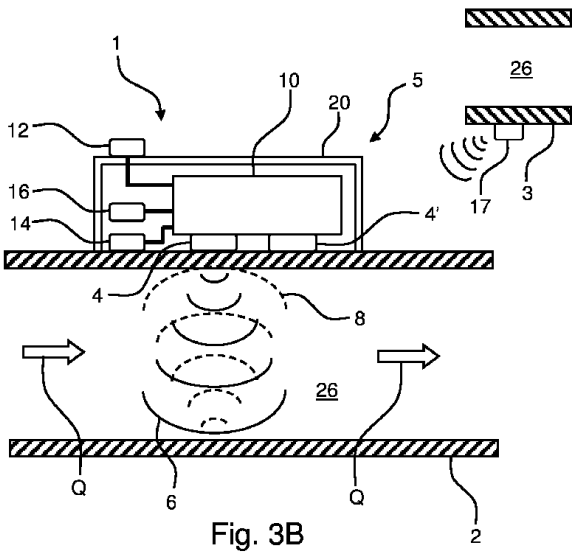
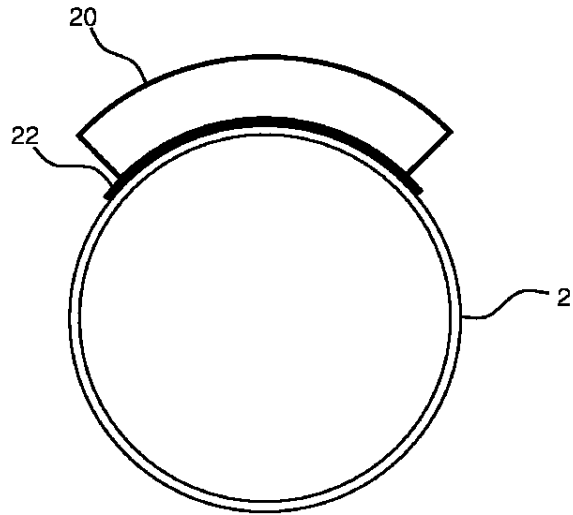


Fig. 3B

【 図 4 A 】

Fig. 4A



20

30

40

50

【 図 4 B 】

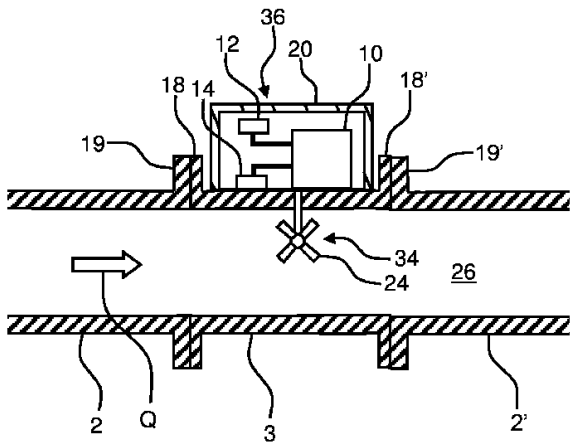


Fig. 4B

【 図 5 A 】

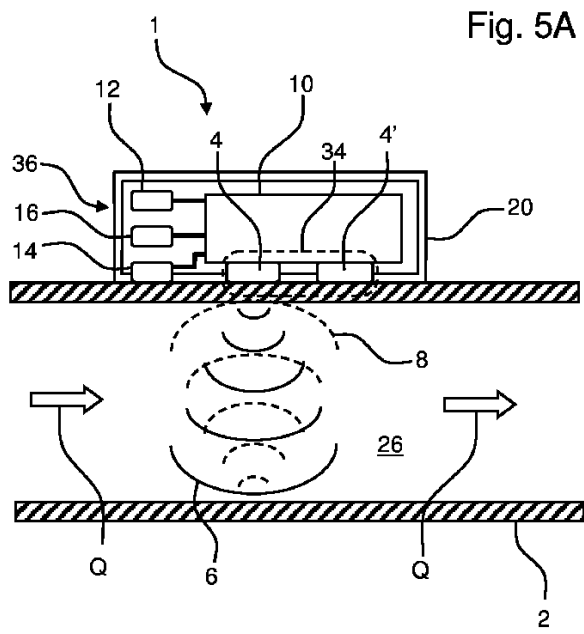


Fig. 5A

【 図 5 B 】

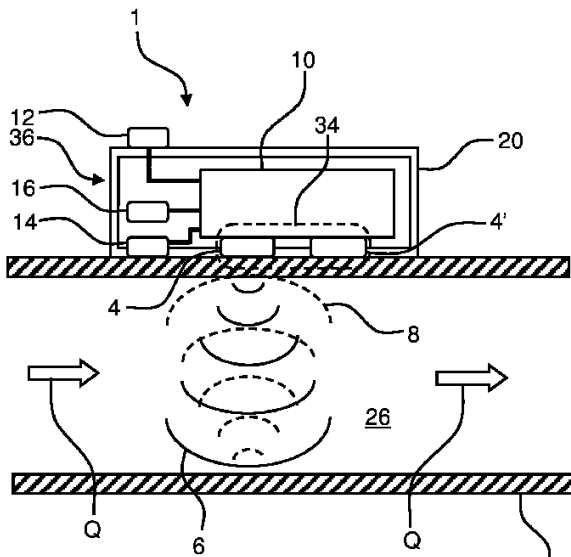


Fig. 5B

【 図 6 A 】

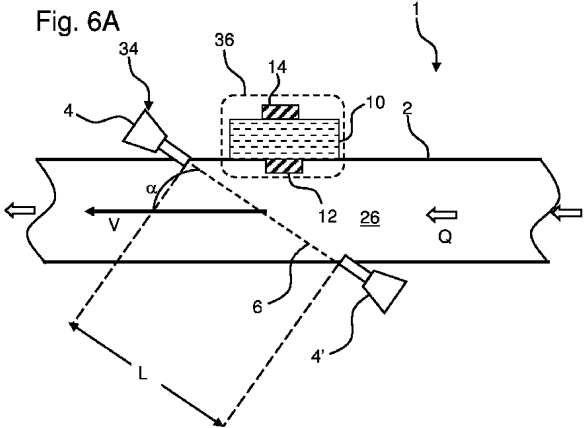


Fig. 6A

10

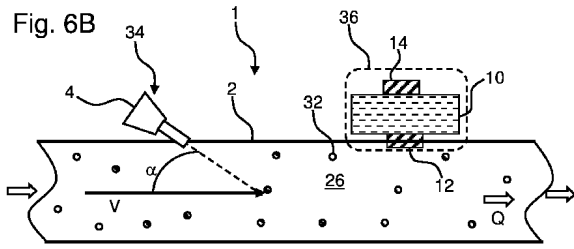
20

30

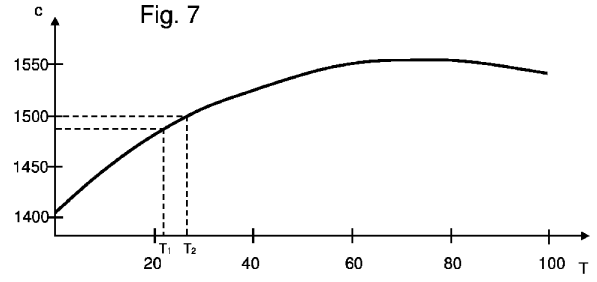
40

50

【 図 6 B 】

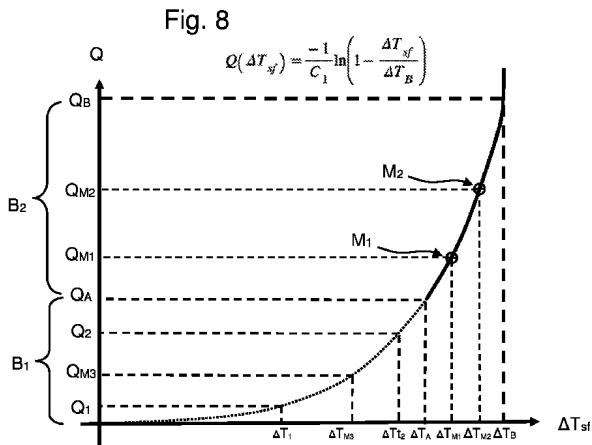


【 図 7 】



10

【 図 8 】



20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/DK2022/050134
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01F 1/66 (2022.01)i; G01K 13/02 (2021.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01F; G01K CPC: G01F; G01K Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched DK, FI, NO, SE: Classes as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPODOC, WPI, FULL TEXT: ENGLISH, GERMAN, FRENCH		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 204421986U U (QINGDAO HIWITS METER CO LTD) 24 June 2015 (2015-06-24) See figur, claims, abstract and [0010]-[0029]	1-32
A	US 2012206272 A1 (BORLEE JEAN-PAUL [FR]; SUEZ ENVIRONNEMENT [FR]) 16 August 2012 (2012-08-16) See figures and [0032]-[0052].	1-32
A	US 2016320245 A1 (GRDF [FR]; SUEZ GROUPE [FR] (B2)SUEZ GROUPE [FR]) 03 November 2016 (2016-11-03) See figures and [0025]-[0026].	1-32
A	US 2021372837 A1 (SIMPLESUB WATER [US]) 02 December 2021 (2021-12-02) See figures and [0056]-[0062].	1-32
A	EP 2840362 A1 (KAMSTRUP AS [DK]) 25 February 2015 (2015-02-25) See [0020]-[0024] and figures.	1-32
A	US 2020326216 A1 (DUNE LABS INC [US]) 15 October 2020 (2020-10-15) See [0047]-[0085] and figures.	1-32
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 19 July 2022		Date of mailing of the international search report 19 July 2022
Name and mailing address of the ISA/XN Nordic Patent Institute Helgeshoj Allé 81, 2630 Taastrup Denmark Telephone No. +45 43 50 85 00 Facsimile No. +4543508008		Authorized officer Anders Budtz-Olsen Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DK2022/050134

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	204421986U	U	24 June 2015	NONE	
US	2012206272	A1	16 August 2012	FR 2951266 A1	15 April 2011
				WO 2011045725 A1	21 April 2011
				FR 2951266 B1	11 November 2011
				AU 2010308051 A1	03 May 2012
				MX 2012004241 A1	30 April 2012
				CA 2776734 A1	21 April 2011
				KR 20120084735 A	30 July 2012
				EP 2488833 A1	22 August 2012
				CN 102753944 A	24 October 2012
				US 9000944 B2	07 April 2015
				IN 3103DELNP2012 A	18 September 2015
				CN 102753944B B	01 June 2016
				IN 340828 B	17 July 2020
				EP 2488833 B1	05 August 2020
				ES 2827290T T3	20 May 2021
US	2016320245	A1	03 November 2016	FR 3016035 A1	03 July 2015
				WO 2015097407 A1	02 July 2015
				FR 3016035 B1	12 February 2016
				EP 3087361 A1	02 November 2016
				KR 20160128294 A	07 November 2016
				IN 201617022554 A	31 August 2016
				CN 106461468 A	22 February 2017
				EP 3087361 B1	11 October 2017
				ES 2651497T T3	26 January 2018
				US 10197449 B2	05 February 2019
				CN 106461468B B	17 July 2020
				KR 102263543B B1	11 June 2021
				IN 380487 B	29 October 2021
US	2021372837	A1	02 December 2021	NONE	
EP	2840362	A1	25 February 2015	NONE	
US	2020326216	A1	15 October 2020	WO 2020210475 A1	15 October 2020
				EP 3953666 A1	16 February 2022

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2019)

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,D
K,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),O
A(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,B
B,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD
,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,
LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,
RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,Z
A,ZM,ZW

【要約の続き】

6)は、周囲と流体(26)との温度差に基づいて、低流量レベル(Q_A)を下回る流量(Q)を推定するよう
に構成される。その温度差は、第1の温度センサー(12)及び第2の温度センサー(14)によって測定され
る。第2の検出ユニット(36)は、流量エリア(B_2)で行われた1回以上の測定(M_1 , M_2)に基づいて
、低流量レベル(Q_A)を下回る流量(Q)を推定するように構成され、流量センサー(1)は流量(Q)を検
出でき、流量(Q)は温度差(T_{sf})に依存する。流量校正エリア(B_2)で行われた1回以上の測定(M_1
, M_2)を使用して、流量(Q)が、流量校正エリア(B_2)と、流量校正エリア(B_2)を下回る流量エリア
(B_1)との温度差(T_{sf})にどのように依存するかを判定するために必要なパラメーターを決定する。

【選択図】図8