

(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2008-134267

(P2008-134267A)

(43) 公開日 平成20年6月12日(2008.6.12)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード(参考)  
**GO 1 F 1/66 (2006.01)** GO 1 F 1/66 1 0 1 2 F 0 3 5

審査請求有 請求項の数 4 OL (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-52521 (P2008-52521)                  (22) 出願日 平成20年3月3日(2008.3.3)                  (62) 分割の表示 特願2003-187272 (P2003-187272)                          の分割                          原出願日 平成15年6月30日(2003.6.30)                  (31) 優先権主張番号 10310041.5                  (32) 優先日 平成15年3月6日(2003.3.6)                  (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)                  (31) 優先権主張番号 10312034.3                  (32) 優先日 平成15年3月18日(2003.3.18)                  (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)</p>	<p>(71) 出願人 591168600                  クローネ アクチェンゲゼルシャフト                  Krohne A. G.                  スイス国 バーゼル ウーファーシュトラ                  ーセ 90                  Uferstrasse 90, Bas                  el, Switzerland                  (74) 代理人 100061815                  弁理士 矢野 敏雄                  (74) 代理人 100094798                  弁理士 山崎 利臣                  (74) 代理人 100099483                  弁理士 久野 琢也                  (74) 代理人 100110593                  弁理士 杉本 博司</p>
---	--

最終頁に続く

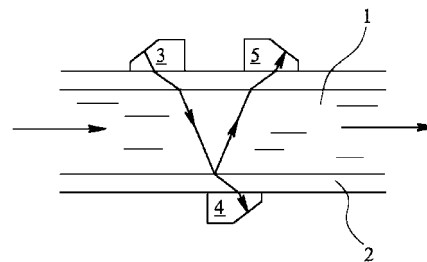
(54) 【発明の名称】 超音波流量測定方法

(57) 【要約】

【課題】超音波流量測定方法において、可能な限り精確な流量値を検出するために、無駄時間を可能な限り正確に検出できる超音波流量測定方法を提供することである。

【解決手段】流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間を直接連続してm回通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間を直接連続してn回通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間をz回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、mおよびnおよびzは整数であり、m 1、n 2およびz 3であり、検出された伝搬時間から超音波流量測定方法の無駄時間を検出する超音波流量測定方法によって解決される。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波流量測定方法であって、

管路(2)を通流する流動媒体(1)の流量を超音波信号の伝搬時間測定によって検出し、

前記超音波信号は、第1の超音波変換器(3)から少なくとも1つの別の超音波変換器(4、5)へ伝搬する形式の方法において、

流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間をm回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、

流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間をn回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、

流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間をz回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、

mおよびnおよびzは整数であって、m=1、n=2およびz=3であり、かつ相互にずれており、

検出された前記伝搬時間から、超音波流量測定方法の無駄時間を検出することを特徴とする超音波流量測定方法。

## 【請求項 2】

超音波流量測定方法の無駄時間  $t_d$  を、数式

## 【数 1】

$$\begin{bmatrix} 1 & m \\ 1 & n \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1 & z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_d \\ t_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_m \\ t_n \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ t_z \end{bmatrix},$$

によって、たとえば最小2乗勾配法等の近似法に基づいて求め、

$t_s$  は、流動媒体内の区間の通過に由来する伝搬時間である、請求項1記載の超音波流量測定方法。

## 【請求項 3】

流動方向に相互にずれた少なくとも3つの超音波変換器(3、4、5)が設けられており、

第1の超音波変換器(3)から超音波信号を、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間に沿って送出し、

第2の超音波変換器(4)によって受信し、

前記超音波信号は、管路(2)の前記第2超音波変換器の領域内で部分的に反射され、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間に沿って第3の超音波変換器(5)まで伝搬し、

前記第1超音波変換器(3)から前記第2超音波変換器(4)までの超音波信号の伝搬時間と、前記第1超音波変換器(3)から前記第3超音波変換器(5)までの超音波信号の伝搬時間とを検出し、

前記第1超音波変換器(3)から前記第2超音波変換器(4)までの超音波信号の伝搬時間の2倍と、前記第1超音波変換器(3)から前記第3超音波変換器(5)までの超音波信号の伝搬時間の1倍との差から、超音波流量測定方法の無駄時間を求める、請求項1から2までのいずれか1項記載の超音波流量測定方法。

## 【請求項 4】

超音波流量測定方法の無駄時間を実時間で検出し、

有利には同様に実時間において流動媒体の流量の検出時に考慮する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の超音波流量測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、管路を通流する流動媒体の流量を、第 1 超音波変換器から少なくとも 1 つの別の超音波変換器へ伝搬する超音波信号の伝搬時間測定によって検出する超音波流量測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波流量測定方法を実施するためには超音波流量測定装置が使用される。この超音波流量測定装置は、種々の取り付けヴァリエーションからフレキシブルな取り付けシステム（クランプオン式超音波流量測定装置）にまで及ぶ。超音波流量測定方法は、数ミリメートルから数メートルまでの直径を有する管路に対して使用することができ、典型的には低粘度の媒体の体積流が測定される。

【0003】

超音波流量測定方法における測定原理は、時間差法（Mitführungseffekt）またはドップラー効果を基礎としている。時間差法は、通過する測定経路の方向成分が媒体流動方向にあるか、または反対方向にある場合、流動媒体を通過する超音波信号の伝搬時間が、通過する該流動媒体の流速に依存して比較的長いかないしは比較的短いことに基づく。測定されるのは、管路内で超音波信号が通過する経路の平均流速である。ドップラー効果では、媒体内に存在する音波散乱性の粒子が利用され、媒体の流速は 2 つの超音波経路の部分体積で測定される。

【0004】

実質的に超音波流量測定装置の利点は、管路内に可動部分を設ける必要がないため、管路の断面が狭くならないこと、関連する方法は実質的に流動媒体の粘度および導電率に依存しないこと、使用できる測定領域が大きいこと、実際に圧力損失が発生しないこと、クランプオン技術を使用すれば管路を解体する必要がないことである。確かに、超音波流量測定を正確かつ再現可能に実施し、一定の流動プロフィールを得るためには、障害のない直線の往復伝搬領域が必要である。さらに典型的には、超音波流量測定方法によって検出された流速は、管路の断面にわたって平均化された流速ではないので、体積流または質量流を計算するためには相応の補正が必要である。

【0005】

上記で言及された時間差法を基礎とする超音波流量測定方法では、流動方向に相互にずらして配置された 2 つの超音波変換器間を伝搬する超音波信号の伝搬時間測定が使用される。この超音波流量測定方法を実施するために使用される超音波流量測定装置によって検出される伝搬時間は、流動媒体を通過する超音波信号の伝搬時間と、超音波変換器内における超音波信号の伝搬時間と、超音波流量測定装置の測定電子回路内の遅延時間とから成る。全体として検出される伝搬時間のうち、流動媒体を通過する超音波信号の伝搬時間からずれている成分、つまり検出された全伝搬時間から流動媒体における伝搬時間を差し引いた時間はすべて、本超音波流量測定方法ないしは本超音波流量測定装置のいわゆる無駄時間を形成する。正確な測定結果を得るためには、この無駄時間に関連して補正を行う必要がある。

【0006】

従来の超音波流量測定方法および超音波流量測定装置では通常、使用される超音波変換器に対して、または超音波変換器の特定のタイプに対して 1 回だけ無駄時間の検出が行われ、本来の測定動作では、一度検出された無駄時間は一定にとどまってもはや変化しないという前提のもとで、この無駄時間だけが前記補正のために使用されていた。しかし実際には、従来のようにして得られた測定結果は、一部において多くのエラーを有することが明白になった。というのも、無駄時間は測定動作中にそれほど一定にとどまっているわけ

10

20

30

40

50

ではなく、変化しているからである。つまり、無駄時間は超音波場の変化と、超音波変換器の温度依存特性と、同様に実質的に温度に依存する測定電子回路内の変化とによって影響を受ける。超音波場は、超音波変換器のジオメトリ、超音波変換器との間隔および流動媒体の音響的特性とに依存する。

【 0 0 0 7 】

実質的に温度効果に関連する無駄時間問題を回避するか、ないしは少なくとも部分的に補償するため、種々の方法が提供されてきた。たとえば、無駄時間補正のために測定電子回路の特定のパラメータを検出するか、または超音波変換器内の伝搬時間を直接検出することが提案された。このことに関しては、例としてUS 5 2 8 0 7 2 8 およびUS 5 8 2 4 9 1 4 に記載されている。しかしこれらの方法では、無駄時間に影響し流動媒体自体に起因する効果を考慮することができないので、結果的に無駄時間の補正はなお不十分である。

10

【特許文献1】US 5 2 8 0 7 2 8

【特許文献2】US 5 8 2 4 9 1 4

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明の課題は、可能な限り精確な流量値を検出するために、無駄時間を可能な限り正確に検出できる超音波流量測定方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 9 】

前記課題は、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間を直接連続して $m$ 回通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間を直接連続して $n$ 回通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、流動媒体内の所定の区間を $z$ 回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、 $m$ および $n$ および $z$ は整数であり、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 2$ および $z \geq 3$ であり、かつ相互にずれており、検出された伝搬時間から超音波流量測定方法の無駄時間を検出する超音波流量測定方法によって解決される。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【 0 0 1 0 】

前記で、所定の区間を複数回直接連続して通過する場合の超音波信号の伝搬時間を検出し、前記所定の区間は流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有するということは、等しい区間、すなわち長さが等しく流動方向に対して角度が等しい区間を超音波信号が常に通過することを意味する。この等しい区間は、たとえば超音波信号が2つの超音波変換器間において複数回反射する間も常に同一の区間とすることができる。しかしこの等しい区間を通過する場合、総じて少なくとも3つの超音波変換器間において流動方向に連続した区間を通過することもできる。流動プロフィールが主流動軸を中心として回転対称であるならば、主流動軸を有する空間内において他の配向に依存せずに等しい角度を包囲し等しい長さを有するすべての区間を挙げることができる。主流動軸によって包囲された角度として、区間と主流動軸とによって包囲された鋭角を挙げるることができる。したがって各区間を通過する方向は、角度を決定する際には考慮しない。

40

【 0 0 1 1 】

本発明では、等しい区間の $m$ 回ないしは $n$ 回の通過に基づいて、相互にずれた少なくとも2つの伝搬時間が得られる。これらの伝搬時間は、超音波流量測定方法の無駄時間と、流動媒体内の所定の区間を $m$ 回ないしは $n$ 回通過するのに必要な時間から成る。こうすることによって、2つの数式の数式系が得られる。この数式系の2つの数式は、等しい区間の $m$ 回ないしは $n$ 回の通過に対する各数式であり、これらの数式には2つの未知数、すなわち無駄時間と、超音波変換器内における時間および測定電子回路を通過する遅延時間を除外した、流動媒体を通過するための時間とを含む。このような数式系は、標準的な数学

50

的方法によって解くことができる。

【0012】

もちろん本発明は、所定区間を $m$ 回および $n$ 回通過する他に、該区間を少なくとももう一度 $z$ 回通過する超音波流量測定方法も含む。 $z$ も同様に整数であり、 $m$ および $n$ からずれている。この方法によって得られる数式系も、同様に標準的な数学的方法によって解くことができる。場合によっては、もはや完全な解を得られず、解を近似法の枠内でしか得られないことがある。

【0013】

本発明の有利な発展形態では、所定の区間を一度 $m$ 回および一度 $n$ 回通過した場合、無駄時間 $t_d$ を求めるために以下の数式が設けられる。

10

【0014】

$$t_d = (t_m \cdot n - t_n \cdot m) / (n - m)$$

$t_m$ は、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間を $m$ 回直接連続して通過した場合の超音波信号の伝搬時間であり、 $t_n$ は、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間を $n$ 回直接連続して通過した場合の超音波信号の伝搬時間である。この数式は、流動に対して相対的に常に同一の方向にある所定の区間を通過する場合、つまり、流動方向に沿った成分、流動方向とは反対方向の成分、または流動方向に対して垂直な成分を常に有する所定の区間を通過する場合、常に適用することができる。流動方向に相互にずらして配置された2つの超音波変換器間を超音波信号が複数回反射される場合にこの数式を適用する場合、 $m+n$ が偶数であること、すなわち所定の区間を、流動方向の成分であっても流動方向に対して反対方向の成分であっても、常に整数回通過することが必要である。流動方向に相互にずらして配置された超音波変換器間において超音波信号を複数回反射させるため、超音波変換器は送出面ないしは受信面が相互に平行に延在するように相互に対向している。

20

【0015】

上記ですでに述べたように、本発明の有利な発展形態では、流動方向に対して所定の長さおよび所定の角度を有する所定の区間を $m$ 回、 $n$ 回・・・ $z$ 回直接連続して通過する場合の超音波信号の各伝搬時間が検出されるように構成されている。ここでは、 $m$ 、 $n$ 、・・・ $z$ は整数であり、相互にずれている。本発明の有利な発展形態では、超音波流量測定方法の無駄時間 $t_d$ を求めるため、以下の数式が設けられる。

30

【0016】

【数1】

$$\begin{bmatrix} 1 & m \\ 1 & n \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1 & z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_d \\ t_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_m \\ t_n \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ t_z \end{bmatrix},$$

40

【0017】

ここでは $t_s$ は、流動媒体内の区間通過にのみ由来する伝搬時間である。つまり検出される全伝搬時間から無駄時間を差し引いた時間に相応する。解は、最小2乗勾配法の方法のような近似法に基づいて得られる。

【0018】

超音波変換器の構成に関しては、数多くの構成が可能である。有利な発展形態では、超音波信号がちょうど2つの超音波変換器間において複数回反射されるように構成されている。これらの超音波変換器は、流動方向に相互にずらして配置することができる。しかし、超音波変換器を流動方向に相互にずらすのではなく、超音波信号が流動方向に対して垂

50

直に伝搬するように構成することもできる。

【0019】

本発明の択一的な有利な発展形態では、少なくとも3つの超音波変換器がそれぞれ流動方向に相互にずらして配置されている。これらの超音波変換器は次のように配置されている。すなわち、第1の超音波変換器から超音波信号が、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間に沿って送出され、第2の超音波変換器によって受信され、超音波信号は導管の第2の超音波変換器の領域で部分的に反射され、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する所定の区間に沿って第3の超音波変換器へ伝搬するように配置されている。この発展形態では、第1の超音波変換器から第2の超音波変換器までの超音波信号の伝搬時間と、第1の超音波変換器から第3の超音波変換器までの超音波信号の伝搬時間とが検出され、第1の超音波変換器から第2の超音波変換器までの伝搬時間の2倍と、第1の超音波変換器から第3の超音波変換器までの伝搬時間の1倍との差から超音波流量測定方法の無駄時間が計算されるように構成されている。本発明のこの有利な発展形態によれば超音波変換器を非常に効率的に構成することができ、とりわけクランプオン式超音波流量測定装置の枠内で簡単に構成することができる。

10

【0020】

本発明による超音波流量測定方法によって検出された流量値の補正に関しては、一般的には以下のようにして無駄時間が考慮される。すなわち、一方の超音波変換器から他方の超音波変換器までの超音波信号の、検出された全伝搬時間から無駄時間を減算することによって考慮される。こうすることにより流量値に対して、超音波信号が実際に流動媒体内の測定経路を通過するのに必要とした時間だけが考慮される。ここでは超音波流量測定方法の無駄時間は、方法の開始時および/または方法実施中の異なる時点において検出される。相応に検出された無駄時間は、たとえば補正に対する無駄時間として所定の時間にわたって使用することができる。

20

【0021】

しかし本発明の有利な発展形態では、超音波流量測定方法の無駄時間が実時間で検出され、有利には実時間で流動媒体の流量検出時にも考慮されるように構成されている。本発明の方法を簡単に適用できるので、実時間で相応に考慮することもできる。また、実時間で無駄時間を考慮することにより、検出された流量値を最適に補正し、非常に正確な測定結果を得ることができる。

30

【実施例】

【0022】

図1から、超音波信号が各区間を通過するのに必要な時間 $t$ が、各区間 $l$ に依存してプロットされているのが理解される。 $x_1$ および $x_2$ は両超音波変換器内の伝搬区間を示しており、これらの超音波変換器間において超音波信号は流動媒体を通過する。 $t_{d1}$ および $t_{d2}$ は、測定電子回路による遅延時間を含む相応の伝搬時間を示している。両時間 $t_{d1}$ および $t_{d2}$ の和によって無駄時間 $t_d$ が得られる。

【0023】

さらに $s_1$ 、 $s_2$ および $s_3$ は、流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、直接連続した等しい区間を示す。このような等しい区間は、たとえば図2に示されているように配置することができる。図2には、直接連続した2つの区間のみが示されている。これらの区間に対する超音波信号の伝搬時間は、時間 $t_1$ 、 $t_2$ および $t_3$ によって得られる。

40

【0024】

ここで、超音波流量測定方法の全無駄時間を求めるため、本発明の有利な実施例による超音波流量測定方法を実施するために、図2に示されたクランプオン超音波流量測定装置が設けられている。簡単にするため、媒体1が矢印方向に通流する管路2に配置された超音波流量測定装置のうち、超音波変換器3、4および5のみが示されている。超音波変換器3、4および5は、媒体1の流動方向に相互にずらして配置されている。その上、これらの超音波変換器は、超音波変換器3から超音波変換器4へ伝搬する超音波信号の伝搬区

50

間が、流動媒体 1 の流動方向に対する角度および長さに関して超音波変換器 4 と超音波変換器 5 との間の区間に相応するように配置されている。

【0025】

本発明の有利な実施例による超音波流量測定方法では、図示されていない測定電子回路によって、第 1 超音波変換器 3 から第 2 超音波変換器 4 までの超音波信号の伝搬時間、ないしは第 1 超音波変換器 3 から第 3 超音波変換器 5 までの超音波信号の伝搬時間が検出される。後者の場合、超音波変換器 4 の領域内で、超音波変換器 3 に由来する超音波信号は部分的に管路 2 の内縁部において、超音波変換器 5 へ反射される。本発明の有利な実施例による超音波流量測定方法に従って動作するクランプオン式超音波流量測定装置の無駄時間は、第 1 超音波変換器 3 から第 2 超音波変換器 4 までの超音波信号の伝搬時間の 2 倍と、第 1 超音波変換器 3 から第 3 超音波変換器 5 までの超音波信号の伝搬時間の 1 倍との差を形成することによって求められる。

10

【0026】

超音波流量測定方法の実施中、連続的にこのような無駄時間の検出が実施されるので、実時間に検出された無駄時間は、同様に実時間でクランプオン式超音波流量測定装置によって検出された流量値を補正するためにも使用できる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図 1】第 1 超音波変換器から第 2 超音波変換器まで流動媒体を通過する超音波信号の、検出された全伝搬時間の構成成分を概略的に示した図である。

20

【図 2】本発明の有利な実施例による超音波流量測定方法を実施するためのクランプオン式超音波流量測定装置を概略的に示した図である。

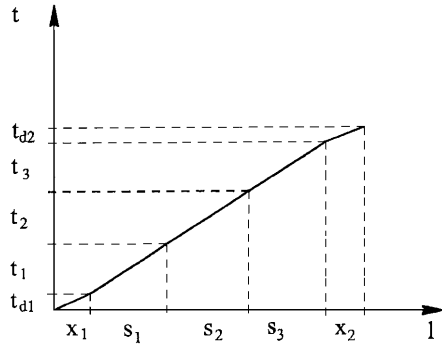
【符号の説明】

【0028】

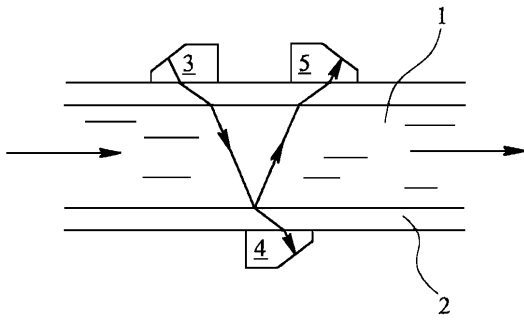
- $x_1$ 、 $x_2$  両超音波変換器内の伝搬区間
- $t_{d1}$ 、 $t_{d2}$  測定電子回路による遅延時間
- $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  流動方向に対して所定の角度および所定の長さを有する、直接連続した等しい区間
- $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$   $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  に対する超音波信号の伝搬時間
- 1 流動媒体
- 2 管路
- 3、4、5 超音波変換器

30

【 図 1 】



【 図 2 】





---

フロントページの続き

(74)代理人 100128679

弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 マルセル メイロム モレナール

オランダ国 ドルドレヒト カスパースパッド 16

(72)発明者 オイゲネ アルベルト ヴァン ダイク

オランダ国 スピーケニッセ ミナ クルーゼマンストラート 60

Fターム(参考) 2F035 DA23