

形状記憶樹脂を用いた流量計の開発 (第1報)

河西伸一・大柴勝彦

Development of Flow Meter using Shape Memory Plastic (Part I)

Shinichi KASAI and Katuhiko OHSHIBA

1. はじめに

ポリウレタン系の形状記憶樹脂の温度-誘電率特性を流量センサーとして使用し、新しいタイプの流量計の開発を計画している企業から樹脂の温度特性等の測定と実際の電子回路についての技術指導の要請があった。(企業にて特許出願中)

そこで、指導補完研究として取り上げることにし、以下の項目について実施することにした。

- (1)樹脂の温度-静電容量(誘電率)特性の測定
- (2)実験装置を製作し、流量-静電容量(誘電率)の関係を求める。

2. 流量測定原理

(1) 形状記憶樹脂

本研究で流量センサーとして使用したポリウレタン系形状記憶樹脂は、M社において、小型汎用エンジンのオートチョーク用として開発された樹脂である。この樹脂の特徴としては、高分子材料特有のガラス転移点を室温付近に設定して、かつ弾力性に富んだ素材である。成分的には、3種類の原料で重合反応により合成され、分子鎖に(NH-CO-O)のウレタン基を有するポリウレタン系の素材である。

(2) 従来 방식

計量管理における流量の計量法として、直接法と間接法がある。間接法は、エネルギー保存の法則を利用して流量を測定する方式である。一方、直接法は流路内に羽根車を置き、流量の変化による羽根車の回転をカウントし流量を測定する。

基本的には、直接法でも間接法でも管路内を流れる流体の流れを乱すような構造になっているため、圧力損失が発生する等の問題がある。

(3) 今回の方式

ポリウレタン系形状記憶樹脂は温度の変化によって誘電率が変わる特性を持っている。誘電率の変

化はコンデンサー部の静電容量の変化として測定することができる。図1はパイプ状樹脂には金属電極を内部と外部に設けコンデンサーを構成したもので、一種の流量センサーである。今回は図1(b)の同心電極を使用した。

$$(*C = \epsilon A / D) \quad \begin{array}{l} C : \text{静電容量} \\ \epsilon : \text{誘電率} \\ A : \text{電極面積} \\ D : \text{電極間隔} \end{array}$$

そこで、パイプ状の管路内の流入部に一定の熱量を発生する熱源部を設け、流体を加熱する。加熱された流体は管路内を伝わり、先のコンデンサー部に到達する。一定の熱源を通過する流体が熱源より与えられる熱量は流量に比例することから、流量が大きい程、記憶樹脂を暖める。

したがって、樹脂の温度-静電容量特性と流量-静電容量特性より間接的に流量を測定することができる。

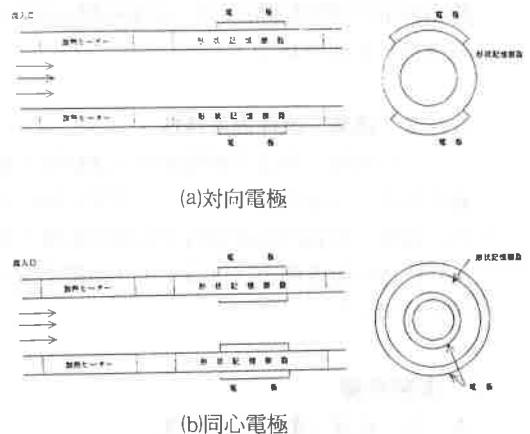


図1 センサー

3. 実験方法

まず樹脂の温度特性の測定を行い、次に試作装

置による実験を行うことによって、実用化に向けての基礎的データを得ることとした。

3-1 温度-静電容量特性

図2は今回使用した測定回路のブロック図である。センサー部は図1(b)の同心電極を使用したもので室温での静電容量は数pFである。静電容量測定ブリッジは粗調整と微調整のコンデンサーを組み合わせたブリッジ回路で2MHzの高周波電圧がかけられている。静電容量の変化はブリッジ回路のアンバランスとして検波回路、アンプを経て電圧変化として読み取る。樹脂センサーの加熱は恒温恒湿槽(タバイエスペック(株) PL-3FP)を使用し、昇温-降温サイクルで試験した。

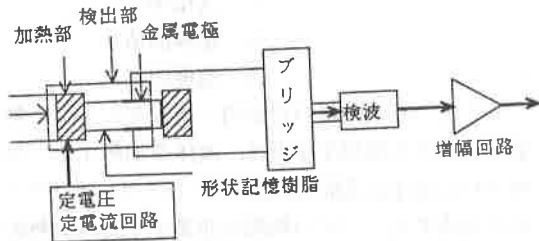


図2 測定回路構成

3-2 流量-静電容量特性

前述のセンサーを組み込んだ流量計を試作し、実際に圧縮空気(2 kgf/cm²程度)を流し、流量と静電容量の変化を測定した。流量の測定はフロート式流量計を使用した。

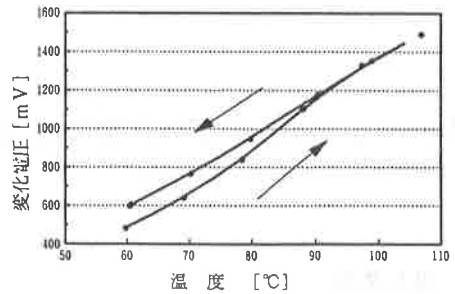
3-3 流量-流体温度特性

3-2の流量-静電容量特性の実験結果が流量の温度変化による特性であることを明らかにするため、流量と樹脂内部通過時の流体の温度を測定した。流体の温度測定にはJタイプの超小型の熱電対を使用した。

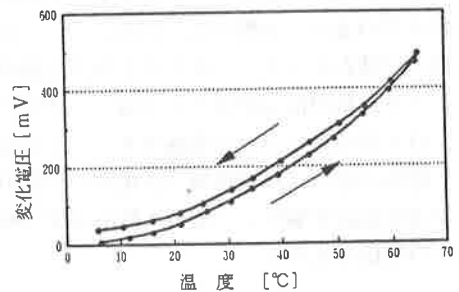
4. 実験結果

4-1 温度-静電容量特性

恒温恒湿槽に流量センサーをセットし昇温-降温サイクルで運転した時の温度-静電容量特性を図4に示す。図3(a)は5℃~70℃、図3(b)は60℃~110℃の温度範囲での結果である。



(a)



(b)

図3 温度-静電容量特性

4-2 流量-静電容量特性実験結果

ヒータの熱源を一定(定電圧20V, 定電流0.38 A)で、発熱量を一定にした状態で圧縮空気(3 kgf/cm²)を流した時の流量-静電容量特性の測定結果を図4に示す。

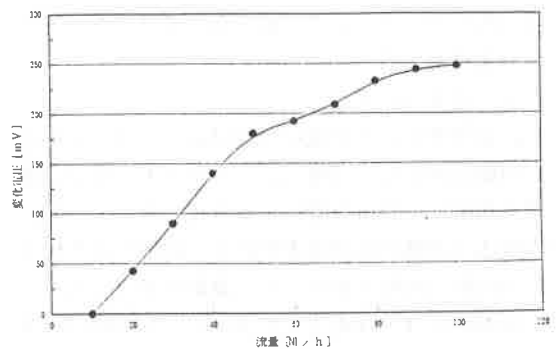


図4 流量-静電容量特性

4-3 流量-温度特性

ヒータ熱源を一定(①: 定電圧15V, 定電流

0.29 A, ②: 定電圧20V, 定電流0.38 A) にし, 発熱量を一定に保った状態で圧縮空気 (3 kgf/cm²) を流した時の流量-温度特性の測定結果を図5に示す。

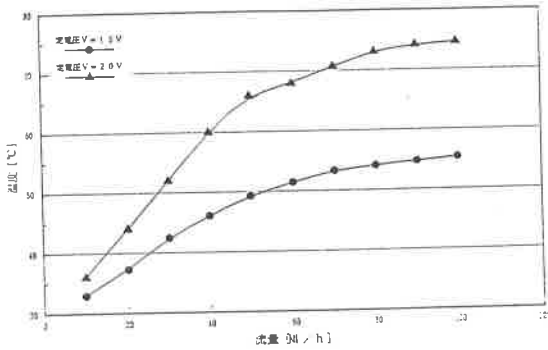


図5 流量-温度特性

5. 考 察

図3の温度-静電容量特性測定結果からわかるように, 昇温サイクルと降温サイクル結果が一致せず, ヒステリシスがあることがわかる。これは, 形状記憶樹脂自身がヒステリシス特性を有することと昇温サイクル, 降温サイクルでの電極金属と樹脂との間の熱伝導の差によって生じたものと推測される。

図4の流量-静電容量特性を見ると, 40NL/h (40リットル/時間) 位まではなだらかなカーブを描き, これ以上の流量では緩やかに変化し, 定常状態になる傾向を示している。これは, 図5の

流量-温度特性の結果とも似た傾向を示している。

これは, 今回の実験での流量が熱源の発熱量に対して微小なため, 流れる空気が熱源の発する全ての熱量をセンサーに伝達する事が出来ないためと思われる。一方, 50NL/h以上では十分な熱量の移動が行われ, 発熱体の容量影響され定常状態となったと思われる。

6. ま と め

今回, 形状記憶樹脂の温度特性を中心に実験を行った。この結果, 形状記憶樹脂の昇温・降温サイクルでのヒステリシス, 応答性などの点について問題があることがわかった。

今回の実験では1時間あたり数十リットルの流量で実験を行い, 流量-温度-静電容量の関係が明らかになり, この範囲内での流量測定については応答性に問題があるものの実用化は可能と思われる。また, 僅かな漏れ量をチェックするための漏れ検出センサーへの応用等についても可能性があるとと思われる。

今後, 金属電極の薄膜化対策, 基準熱源としてのヒーターの形状, 電子回路の小型化及びワンチップマイコン制御によるヒステリシスの補正等について実験を進めることによって, より一層実用化への可能性が考えられる。

今回, 研究を進めるにあたり電子技術等について終始アドバイスしていただいた山梨大学工学部の長田 佐枝官には感謝申し上げます。