

Gebrauchsmuster **DE 201 14 702.5**, Deutschland:  
**Temperaturregelventil mit einer durchflusssteuernden Memory-Membran**

*Anmelder:* 1<sup>st</sup> Memory Alloys GmbH

*Erfinder:* H. Steckmann, V. Prieb, L. Neganov

*Int. Cl.:* F25B 49/02

Tag der Anmeldung **6.09.2001**

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Temperaturregelventil für Heiz- bzw. Kühlsysteme zur Regelung der Durchflusstemperatur des flüssigen oder gasförmigen Heiz- bzw. Kühlmittels durch die Steuerung des Durchfluss-Querschnittes und somit der Durchflussmenge mit Hilfe einer thermoempfindlichen Membran aus einer Memory-Legierung oder Memory-Membran, die den Durchfluss durch ihre temperaturabhängigen Formänderungen zwischen zwei Positionen "Auf" und "Zu" reversibel bewirkt.

Im Stand der Technik sind die Temperaturregelventile allgemein bekannt, die in verschiedenen technischen Bereichen wie in der Heiz-, Medizin-, Fahrzeug-, Anlagentechnik usw. als Thermostatventile oder Temperaturregelungsvorrichtungen eingesetzt werden.

Die Aufgabe derartigen Temperaturregelventile ist es, die Temperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels durch Veränderung des Durchfluss-Querschnittes und dementsprechend der Durchflussmenge an einem Sollwert konstant zu halten. Diese Aufgabe wird bisher durch Erfüllung von drei Funktionen gelöst werden: die Soll-Ist Temperaturdifferenzmessung, die Umwandlung des gemessenen Wertes in ein Signal und die Weiterleitung dieses Signals an einen Antrieb und das Setzen in die Bewegung durch den Antrieb eines den Durchfluss bewirkenden Ventiliertes. Diese Funktionen werden von verschiedenen Ventilsbauteilen, so wie Thermofühler, Signalumwandler bzw. -verstärker, Antriebsmechanismen, übernommen und bestimmen dadurch im voraus die Bauweise und die Konstruktion von verschiedenen bekannten Temperaturregelventilen.

In der DE 44 31 463 wird ein Kompaktregler für ein durch einen pneumatischen Membranantrieb gesteuertes Regelventil beschrieben, bei dem ein Signalumformer eine durch Thermofühler erfasste Temperaturabweichung in ein pneumatisches Drucksignal für den Membranantrieb umsetzt. Der Membranantrieb betätigt dadurch ein Ventilstößel, das dann den Durchfluss entsprechend verändert.

In der DE 43 36 914 wird eine Temperaturregelungsvorrichtung beschrieben, in der die variable Durchfluss-Querschnittsgröße eines Expansionsventils in Abhängigkeit von der durch Temperatursensoren gemessenen Temperatur eines Kühlmittels und dadurch die Temperatur im Kühlmittelskreislauf geregelt wird.

Die beiden oben beschriebenen Regelungen sind kompliziert und kostenaufwendig aufgebaut und weisen eine Vielzahl von Bauteilen auf. Um die Thermofühler und aufwendige Signalverarbeitungen zu vermeiden, wird in der DE 198 55 926 ein Regelventil vorgeschlagen, in dem zwei Thermostaten die Funktionen der Thermofühler und Antriebe übernehmen, so dass die durch die thermische Ausdehnung der Thermostatfüllung verursachte Längenänderung der Thermostaten ein Ventilstößel durch ein Übergangsstück betätigt und somit den Durchfluss des Wärmeträgers bewirkt.

Dieses Regelventil weist ebenfalls eine nicht weniger komplizierte Konstruktion und eine aufwendige Bauweise auf. Außerdem sind die durch die thermische Ausdehnung verursachten Längenänderungen und somit die Ventilstößelbewegungen zu gering, um den Durchfluss in breiten Grenzen zu bewirken.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Temperaturregelventil von einer einfachen Konstruktion ohne Thermofühler, ohne Signalverarbeitung und ohne Antriebsmechanismen darzulegen, in dem alle drei Funktionen von einem einzigen Bauelement des Regelventils übernommen werden, so dass jede Temperaturveränderung des Heiz- bzw. Kühlmittels zur unmittelbaren Veränderung des Durchfluss-Querschnittes bzw. der Durchflussmenge und somit zum Ausgleich der Temperaturabweichung führt.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 bis 6 gelöst.

Dadurch, dass in den Ventilkörper (1) gemäß Anspruch 1 eine Membran aus einer Memory-Legierung oder Memory-Membran (2) eingebaut wird, die gemäß Anspruch 4 den Zweiweg-Memory-Effekt aufweist und dadurch ihre Form und dementsprechend den Durchfluss-Querschnitt in Abhängigkeit von der Temperatur reversibel ändert (Fig. 1 a, b, c), bzw. gemäß Anspruch 5 den Einweg-Memory-Effekt aufweist, wobei die Rückstellung der durch die Temperaturveränderung verursachte Formänderung der Memory-Membran (2) und die damit verbundene reversible Änderung des Durchfluss-Querschnittes durch die entgegengesetzte Kraft einer elastischen Gegenfeder (5) erfolgt (Fig. 2 a, b, c), ergibt sich ein neues, auf einem neuen Funktionsprinzip basierendes Temperaturregelventil von einer vereinfachten Konstruktion, das einfach herzustellen ist und vielseitig verwendbar ist.

Die vorteilhafte Herstellung der Memory-Membran, gemäß Anspruch 2, aus einer Memory-Legierung mit einer schmalen Hysterese lässt die Temperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels in einem engen Temperaturbereich präzise regeln.

Die vorteilhafte Verwendung, gemäß Anspruch 3, einer Mehrkomponenten-Memory-Legierung auf der (Cu-Al)- bzw. (NiTi)-Basis lässt die Umwandlungstemperaturen sowie die Hysteresebreite und dadurch die Regeltemperatur sowie die Temperaturbandbreite des Regelventils durch die Variation der Zusammensetzung mit einer Genauigkeit bis zu 1°C in einem Temperaturbereich von -200°C bis zu 400°C einstellen und somit alle möglichen Anwendungsbereiche des erfindungsgemäßen Regelventils decken.

Der vorteilhafte Nutzen des Zweiweg-Memory-Effekts, gemäß Ansprüche 4 und 9, führt zur weiteren Vereinfachung der Regelventilskonstruktion.

Der vorteilhafte Einbau einer elastischen Gegenfeder, gemäß Ansprüche 5 und 10, vergrößert die Durchflussmengendifferenz zwischen den "Auf"- und "Zu"-Zuständen und verringert die Temperaturbandbreite des erfindungsgemäßen Regelventils.

Das vorteilhafte Einschneiden von verschiedenen Öffnungsprofilen in die Memory-Membran, gemäß Anspruch 6, erweitert die Möglichkeiten, die Durchfluss-Charakteristiken des erfindungsgemäßen Temperaturregelventils je nach Anwendungsbedarf zu variieren.

Das vorteilhafte Einprägen der Memory-Membran (2) bzw. ihrer Öffnungsklappen, gemäß Anspruch 7, einer Hochtemperaturform durch die plastische Verformung bei hohen Temperaturen und, gemäß Anspruch 8, einer Tieftemperaturform durch die martensitische Verformung lässt, je nach Anwendungsbedarf, die Ausgangsöffnung des erfindungsgemäßen Temperaturregelventils sowie die Durchflussmengendifferenz zwischen der Endöffnung und der Ausgangsöffnung variieren und führt zur zusätzlichen Erweiterung seines Anwendungsbereiches.

Der vorteilhafte Einbau der Memory-Membran (1) in den Ventilkörper (1), gemäß Anspruch 12, gegen die Durchflussrichtung des Heiz- bzw. Kühlmittels (Fig. 1 c, 2 c) führt zur Senkung der Durchflussgeschwindigkeit und dementsprechend der Durchflussmenge sowie dazu, dass der Druck des durchfließenden Heiz- bzw. Kühlmittels als eine zusätzliche Kraft genutzt wird, die der Membranschließung bei der Temperatursenkung dient.

Der vorteilhafte Einbau der Memory-Membran (2) in den Ventilkörper (1), gemäß Anspruch 13, in die Durchflussrichtung des Heiz- bzw. Kühlmittels (Fig. 1 c, 2 c) führt zur zusätzlichen Erhöhung der Durchflussgeschwindigkeit und dementsprechend der Durchflussmenge.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung offenbaren sich in nachfolgenden Zeichnungen und ihrer Beschreibung.

#### Es zeigt:

Fig. 1a, b, c Temperaturregelventil für Kühlsysteme mit einer zum Zweiweg-Memory-Effekt trainierten Memory-Membran im "geschlossenen" Ausgangszustand (a) und im "geöffneten" Endzustand beim Einbau der Memory-Membran in die Durchflussrichtung (b) sowie in die Gegenrichtung (c).

Fig. 2a, b, c Temperaturregelventil für Kühlsysteme mit einer elastischen Gegenfeder und einer den Einweg-Memory-Effekt aufweisenden Memory-Membran im "geschlossenen" Ausgangszustand (a) und im "geöffneten" Endzustand

- beim Einbau der Memory-Membran in die Durchflussrichtung (b) sowie in die Gegenrichtung (c).
- Fig. 3a, b Die einfachsten Tief- (a) und Hochtemperaturformen (b) der Memory-Membran ohne Öffnungsklappen.
- Fig. 4 a, b Die Tief- (a) und Hochtemperaturform (b) der Memory-Membran mit einer rund eingeschnittenen Öffnungsklappe.
- Fig. 5 a, b Die Tief- (a) und Hochtemperaturform (b) der Memory-Membran mit zwei rechteckig eingeschnittenen Öffnungsklappen.
- Fig. 6 a, b Die Tief- (a) und Hochtemperaturform (b) der Memory-Membran mit vier dreieckig eingeschnittenen Öffnungsklappen.
- Fig. 7 a, b Die Tief- (a) und Hochtemperaturform (b) der Memory-Membran mit einer spiralförmig eingeschnittenen Öffnungsklappe.
- Fig. 8 Durchfluss-Temperaturabweichungs-Diagramm für die fünf in Fig. 3 bis Fig. 7 dargestellten Memory-Membranen (Kurve­nummer entspricht der besagten Figurennummer) in Kühlungs­systemen (Temperaturabweichung  $(T-T_R)/(A_f-T_R)$ ) und in Heizsystemen. (Temperaturabweichung  $(T-T_R)/(M_f-T_R)$ )
- Fig. 9 Schematisches Verformungs-Temperatur-Diagramm einer Memory-Membran, das die charakteristischen Umwandlungstemperaturen ( $M_s$ ,  $M_f$ ,  $A_s$ ,  $A_f$ ) der Memory-Membran und die dadurch bestimmte Regeltemperatur ( $T_R$ ), Regelungsgenauigkeit ( $\delta=A_s-M_s$ ), und Temperaturbandbreite ( $\Delta T=A_f-M_f$ ) des Regelventils charakterisiert.

Man unterscheidet den Einweg-Memory-Effekt und den Zweiweg-Memory-Effekt. Bei dem Einweg-Memory-Effekt wird die durch die plastische Verformung bei hohen Temperaturen eingepreßte Form (Hochtemperaturform) eines Memory-Metallstücks bei Temperaturen unter der Finishtemperatur  $M_f$  der martensitischen Hinumwandlung (Fig. 9) durch die martensitische Verformung unter der Wirkung einer mechanischen Außenkraft geändert (Tieftemperaturform). Beim Erwärmen des Memory-Metallstücks über das Temperaturintervall ( $A_s - A_f$ ) der martensitischen Rückumwandlung (Fig. 9) hinaus wird die martensitische Verformung rückgängig gemacht, und das Memory-Metallstück nimmt seine ursprüngliche Hochtemperaturform wieder an. Eine erneute Abkühlung über das Temperaturintervall ( $M_s - M_f$ ) hinunter führt zu keiner weiteren Formänderung des Memory-Metallstücks. Die maximale beim Einweg-Memory-Effekt rückstellbare martensitische Verformung erreicht bei den bekannten Memory-Legierungen bis zu 7-8%.

Bei wiederholten oben beschriebenen Einweg-Memory-Effekt-Zyklen, in denen das Memory-Metallstück nach jede Abkühlung zusätzlich durch eine mechanische Außenkraft immer wieder zu einer der gleichen Tieftemperaturform martensitisch verformt wird, bzw. wenn die Thermozyklen an einem durch eine konstante Außenkraft belasteten Memory-Metallstück durchgeführt werden, wird das Memory-Metallstück zu dem Zweiweg-Memory-Effekt trainiert. Bei dem Zweiweg-Memory-Effekt ändert das Memory-Metallstück seine Form spontan und reversibel zwischen der Tief- und Hochtemperaturform während der Erwärmung über das Temperaturintervall ( $A_s - A_f$ ) hinaus und der Abkühlung über das Temperaturintervall ( $M_s - M_f$ ) hinunter. Die reversible martensitische Verformung beim Zweiweg-Memory-Effekt beträgt dann nur noch 2-3%.

Wenn die Rückstellung der martensitischen Verformung durch eine Außenkraft  $F_H$  gehindert wird, entwickelt sich seitens des Memory-Metallstücks eine Rückstellungskraft  $F_R$ , die die Arbeit gegen die hindernde Außenkraft leistet und die Rückstellung der martensitischen Verformung unter der Bedingung  $F_H < F_R$  durchsetzt. Die Rückstellungskraft hängt mit der martensitischen Fließgrenze  $\sigma_F^M$  zusammen, die eine lineare Temperaturabhängigkeit aufweist. Aus diesen Gründen kann sich das Verhältnis zwischen einer konstanten Außenkraft  $F_H$  bzw. -lasst und der Rückstellungskraft  $F_R(T)$  bzw. der martensitischen Fließgrenze  $\sigma_F^M(T)$  mit der Temperatur ändern.

Nähere Einzelheiten hierzu sind beispielsweise aus dem Sonderdruck der "Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung", 81, Jahrgang 1986, Heft 12, S. 203 bekannt und sind in dem Compu-

ter-Trickfilm "Formgedächtniseffekte und ihre Anwendungen" der Fa. "1<sup>st</sup> Memory Alloys GmbH" dargestellt.

Figuren 1a, 1 b und 1 c zeigen die erste, einfachste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Temperaturregelventils. Das Regelventil besteht aus einem Ventilkörper (1), der eine Einlauf- und eine Auslauföffnung aufweist, und aus einer zum Zweiweg-Memory-Effekt trainierten Memory-Membran (2), die an einer Seite mit einer Schraube (3) am Körperboden (4) befestigt wird. Als der Ventilkörper (1) kann ein übliches, im Handel erhältliches Übergangsstück für verschiedene Rohrdurchmesser verwendet werden, so dass das erfindungsgemäße Temperaturregelventil ohne weiteres in jede Heiz- bzw. Kühlmittelleitung eingebaut werden kann. Die Hochtemperaturform der zum Zweiweg-Memory-Effekt trainierten Memory-Membran (2) ist so ausgewählt, dass das Regelventil bei höheren Temperaturen maximal geöffnet wird (Fig. 1 b und 1 c). Die Tieftemperaturform der Memory-Membran entspricht dagegen der minimalen Regelventilöffnung oder seiner kompletten Schließung (Fig. 1 a). Diese Bauweise ist für die Kühlsysteme geeignet. Solange der Kühlmittel bei einer durch die Zusammensetzung der Memory-Legierung eingestellten Regel- bzw. Kühltemperatur  $T_R$  bleibt, ist der Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge des Kühlmittels minimal. Falls diese Durchflussmenge nicht mehr für die Abkühlung ausreicht und eine Temperaturerhöhung  $\delta/2=A_s-T_R$  stattfindet, setzt die Formänderung der Memory-Membran (2) zu ihrer Hochtemperaturform ein, die zur Ventilöffnung und zur Vergrößerung der Durchflussmenge des Kühlmittels führt. Wenn die Temperaturerhöhung den Wert  $\Delta T/2=A_f-T_R$  übersteigt, ist die Ventilöffnung maximal und kann sich nicht mehr ändern. Nachdem die erhöhte Durchflussmenge des Kühlmittels zur Temperatursenkung über den Wert  $\delta/2=T_R-M_s$  hinunter führt, setzt die Formänderung der Memory-Membran zu ihrer Tieftemperaturform zurück ein, die bei  $\Delta T/2=M_f-T_R$  komplett ist. Auf diese Weise wird die Regeltemperatur  $T_R$  im die Regelungsgenauigkeit bestimmten Bereich  $\delta=A_s-M_s$  gehalten. Eine zusätzliche Durchflussmengeregelung des Kühlmittels wird durch den Einbau der Memory-Membran (2) in die Durchflussrichtung (Fig. 1 b) oder in die Gegenrichtung (Fig. 1 c) erreicht. Beim Einbau in die Gegenrichtung leistet die sich öffnende Memory-Membran (2) einen größeren Widerstand dem Kühlmittelstrom und reduziert somit die durchfließende Kühlmittelmenge. Außerdem befördert der Flüssigkeitsdruck auf die in die Gegenrichtung eingebaute Memory-Membran (2) ihre Rückkehr zur Tieftemperaturform bei der Temperatursenkung über die Temperatur  $M_s$  hinunter.

Figuren 2a, 2 b und 2 c zeigen die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Temperaturregelventils, das ebenfalls aus einem Ventilkörper (1), aus einer den Einweg-Memory-Effekt aufweisenden Memory-Membran (2), die entweder frei auf dem Körperboden (4) sitzt oder ebenfalls mit einer oder mehreren Schrauben (3) befestigt werden kann, und aus einer elastischen Gegenfeder (5) besteht. Die Gegenfeder (5) wirkt auf die Memory-Membran (2) mit einer Kraft  $F_H$ , die bei der Temperaturerhöhung der Rückstellkraft  $F_R$  unterliegt ( $F_R > F_H$ ) und die Rückkehr der Memory-Membran (2) zu ihrer Hochtemperaturform nicht hindert. Bei der Temperatursenkung über die Temperatur  $M_s$  hinunter wandelt sich die Memory-Membran (2) in den martensitischen Zustand um, ohne zu ihrer Tieftemperaturform zurück zu kehren. Weil im martensitischen Zustand bei tieferen Temperaturen die Fließgrenze  $\sigma_F^M$  gering wird, übersteigt die elastische Federkraft  $F_H$  diese Fließgrenze, so dass die martensitische Verformung stattfindet, und die Memory-Membran (2) zu ihrer Tieftemperaturform durch die Gegenfeder zurück gepresst (Kühlsysteme) bzw. zurück gezogen (Heizsysteme) wird. Der Einbau der Memory-Membran (2) in die Durchflussrichtung (Fig. 2 b) oder in die Gegenrichtung (Fig. 2 c) bringt seinen Beitrag zur Bilanz der Kräfte bei und kann entsprechend genutzt werden.

Für die Heizsysteme, beispielsweise für ein Auslauftemperaturregelventil eines Heizkörpers, wird der Memory-Membran (2) ihre Tieftemperaturform bei Temperaturen unter der Temperatur  $M_s$  durch die martensitische Verformung so eingepreßt, dass sich das Regelventil bei einer Temperatursenkung öffnet, und ihre Hochtemperaturform durch die plastische Verformung bei hohen Temperaturen so eingepreßt, dass sich das Regelventil bei einem Temperaturanstieg schließt. Der Einbau der Memory-Membran (2) in den Ventilkörper (1) des erfindungsgemäßen Regelventils erfolgt dann auf die Weise, wie es in Fig. 2 gezeichnet wird, wobei die Gegenfeder (5) so eingebaut wird, dass sie mit der Memory-Membran (2) fest verbunden ist und die Memory-Membran (2) nicht, wie in Kühlsystemen, zurück presst, sondern nach oben zurück zieht. Die Memory-Membran (2) wird dabei durch die elastische Kraft der Gegenfeder (5) martensitisch verformt, was zur Öffnung des Regelventils bei der Temperatursenkung führt, während die

Rückstellungskraft  $F_R$  der Memory-Membran (2) beim Temperaturanstieg die elastische Kraft der Gegenfeder (5)  $F_H$  übersteigt, die Memory-Membran (2) bzw. ihre Öffnungsklappe ihre Hochtemperaturform annimmt und das Regelventil somit schließt.

Figuren 3 bis 7 zeigen verschiedene Ausführungsformen der Memory-Membran (2) im geschlossenen (a) und geöffneten (b) Zustand. Die Memory-Membran (2) weist verschiedene eingeschnittene Öffnungen auf, durch die der Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge effektiv bewirkt wird, wie es Durchfluss-Temperaturabweichungs-Diagramme in Fig. 8 zeigen.

In Fig. 3 ist eine einfachste, bereits in bezug auf Figuren 1 und 2 beschriebene Ausführungsform der Memory-Membran (2) ohne Öffnungsklappen dargestellt, bei der die ganze Memory-Membran (2) durch das Biegen verformt wird und für die "Öffnung-Schließung" des Regelventils bei Temperaturänderungen (Fig. 8, Linie 3) sorgt.

Fig. 4 zeigt eine analoge Ausführungsform, bei der in die Memory-Membran (2) eine runde Öffnungsklappe eingeschnitten wird, die genauso gebogen wird und genauso funktioniert, wie die ganze Memory-Membran (2) in Fig. 3. Die Öffnung dieser Öffnungsklappe (Fig. 4 b) oder ihre Schließung (Fig. 4a) bei Temperaturänderungen ändert den Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge von der Temperatur parabolisch (Fig. 8, Linie 4). Vorteilhaft ist diese Ausführungsform dadurch, dass durch den Durchmesser des Einschnitts und nicht durch den Durchmesser des Ausflusses die maximale Durchflussmenge bestimmt wird. Der restliche Ring der Memory-Membran (2) dient für eine bessere Befestigung, beispielsweise mit mehreren Schrauben (5), der Memory-Membran (2) an dem Körperboden (4) des Ventilkörpers (1) insbesondere beim Einbau der Memory-Membran (2) ohne eine Gegenfeder in die Durchflussgegenrichtung (Fig. 1 c).

Fig. 5 a, b zeigt die Memory-Membran (2) mit zwei eingeschnittenen rechteckigen Öffnungsklappen, deren Öffnung (Fig. 5 b) oder Schließung (Fig. 5 a) bei Temperaturänderungen den Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge von der Temperatur linear ändert (Fig. 8, Linie 5). Die Abmessungen des Einschnitts können ebenfalls die Bestimmung der Auslaufmenge von dem Auslaufrohr übernehmen.

Fig. 6 a, b zeigt die Memory-Membran (2) mit vier eingeschnittenen dreieckigen Öffnungsklappen, deren Öffnung (Fig. 6 b) oder Schließung (Fig. 6 a) bei Temperaturänderungen den Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge von der Temperatur parabolisch ändert (Fig. 8, Linie 6).

Fig. 7 a, b zeigt eine besonders für niedrige Drücke und große Durchflussmengen geeignete Ausführungsform der Memory-Membran (2) in die eine spiralförmige Öffnungsklappe eingeschnitten wird, deren Öffnung (Fig. 7 b) oder Schließung (Fig. 7 a) bei Temperaturänderungen den Durchfluss-Querschnitt bzw. die Durchflussmenge von der Temperatur exponential ändert (Fig. 8, Linie 7).

Alle in Fig. 4 bis 7 dargestellten Memory-Membranen mit den Öffnungsklappen werden auf die Weise in den Körper (1) des erfindungsgemäßen Regelventils eingebaut, wie es in Figuren 1 und 2 für die in Fig. 3 gezeigte Memory-Membran (2) gezeichnet wird, und sie funktionieren ebenfalls auf die oben beschriebene Weise.

In Fig. 8 sind vier Linien des Durchfluss-Temperaturabweichungs-Diagramms gezeigt, die die in Figuren 4 bis 7 dargestellten Öffnungsklappen der Memory-Membran (2) charakterisieren. Aufgrund dieser Durchfluss-Temperaturabweichungs-Charakteristiken kann eine für eine konkrete Anwendung geeignete Ausführungsform der Memory-Membran (2) ausgewählt werden. Dieses Durchfluss-Temperaturabweichungs-Diagramm ist gleich sowohl für Kühlsysteme, in denen die Temperaturerhöhung über das  $A_f-T_R$ -Temperaturintervall hinaus zur kompletten Öffnung des Regelventils führt, als auch für Heizsysteme, in denen die Temperatursenkung über das Temperaturintervall  $T_R-M_f$  hinaus zur kompletten Öffnung des Regelventils führt.

Fig. 9 zeigt schematisch die Verformung bzw. die reversible Formänderung der Memory-Membran (2) von der Temperatur. Im Temperaturbereich  $M_f-A_f$ . Die Formänderungslinien bei Abkühlung und Erwärmung bilden eine Hysterese, deren Ausbreitung  $M_f-A_f$  die Temperaturbandbreite  $\Delta T$ , die auf die Mitte des Temperaturintervalls  $M_s-A_s$  eingestellte Temperatur  $T_R$  die Regeltemperatur und die Breite des Temperaturintervalls  $\delta=A_s-M_s$  die Regelungsgenauigkeit des erfindungsgemäßen Temperaturregelventils bestimmen. Temperaturen  $M_s$ ,  $A_s$  sind die charakteristischen Starttemperaturen und  $M_f$ ,  $A_f$  die charakteristischen Finishtemperaturen der mar-

tensitischen Hin- (M) und Rückumwandlung (A) entsprechend. Diese charakteristischen Temperaturen sind durch das Variieren der Zusammensetzung der Memory-Legierung einzustellen.

#### Schutzansprüche:

1. Temperaturregelventil mit einer in den Körper (1) des Temperaturregelventils eingebauten, den Durchfluss steuernden Membran aus einer Memory-Legierung oder Memory-Membran (2), die durch ihre temperaturabhängigen Formänderungen den Durchfluss-Querschnitt des Temperaturregelventils und somit die Durchflussmenge des Heiz- bzw. Kühlmittels beeinflusst (Fig. 1 a, b, c; 2 a, b, c).
2. Temperaturregelventil nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) aus einer Memory-Legierung mit einer schmalen Hysterese hergestellt wird, so dass die die Regelungsgenauigkeit  $\delta$  bestimmte Temperaturdifferenz  $A_s-M_s$  zwischen den Starttemperaturen der martensitischen Rückumwandlung  $A_s$ , bei der die Vergrößerung des Durchfluss-Querschnitts während einer Temperaturerhöhung einsetzt, und der Hinumwandlung  $M_s$ , bei der die Verringerung des Durchfluss-Querschnitts während einer Temperatursenkung einsetzt, weniger als  $5^\circ\text{C}$  beträgt (Fig. 9).
3. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Legierung eine Mehrkomponenten-Legierung auf der (Cu-Al)- bzw. (NiTi)-Basis ist und die Regelungstemperatur  $T_R$  sowie die Temperaturbandbreite  $M_f-A_f$ , (Fig. 9) und die Regelungsgenauigkeit  $\delta=A_s-M_s$  des Regelventils durch die Zusammensetzung der Memory-Legierung einstellbar ist.
4. Temperaturregelventil nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) den Zweiweg-Memory-Effekt aufweist und durch die temperaturabhängigen reversiblen Bewegungen zwischen zwei ihr eingepprägten Tief- und Hochtemperaturformen den Durchfluss-Querschnitt und somit die Durchflussmenge des Heiz- bzw. Kühlmittels beeinflusst (Fig. 1 a, b, c).
5. Temperaturregelventil nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) den Einweg-Memory-Effekt aufweist, sich bei einer Temperaturerhöhung des Heiz- bzw. Kühlmittels zur ihr eingepprägten Hochtemperaturform verformt und bei einer Temperatursenkung durch die elastische Kraft einer Gegenfeder (5) zu ihrer ursprünglichen Tieftemperaturform zurück verformt wird, so dass durch diese Formänderungen der Durchfluss-Querschnitt und somit die Durchflussmenge des Heiz- bzw. Kühlmittels beeinflusst wird (Fig. 2 a, b, c).
6. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 und 4, 5 dadurch gekennzeichnet, dass in der Memory-Membran (2) verschiedene Öffnungsprofile bzw. Öffnungsklappen eingeschnitten werden (Fig. 4 – 7), die verschiedene Durchfluss-Temperaturabweichungs-Charakteristiken des Regelventils (Fig. 8) verursachen.
7. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass der Memory-Membran (2) bzw. ihren Öffnungsklappen durch die plastische Verformung bei Temperaturen von  $700$  bis  $800^\circ\text{C}$  eine Hochtemperaturform eingeppräg wird, die bei der Erwärmung zustande kommt und entweder in Kühlsystemen zur Vergrößerung des Durchfluss-Querschnitts (Fig. 1 b, 2 b), also zur Ventilöffnung, oder in Heizsystemen zur Verringerung des Durchfluss-Querschnitts, also zur Ventilschließung (Fig. 2a) führt.
8. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) in den Ventilkörper in einer bei tieferen Temperaturen durch martensitische Verformung veränderten Form bzw. Form ihrer Öffnungsklappen eingebaut wird, die entweder in Kühlsystemen einen minimalen Durchfluss-Querschnitt (Fig. 1 a, 2 a) oder in Heizsystemen einen maximalen Durchfluss-Querschnitt (Fig. 2 b) ergibt.
9. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 bis 4 und 6 dadurch gekennzeichnet, dass der Memory-Membran (2) bzw. ihren Öffnungsklappen der Zweiweg-Memory-Effekt durch wiederholte Thermozyklen mit wiederholten Formänderungen durch eine Außenkraft bei tieferen Temperaturen nach Anspruch 7 eintrainiert wird und sie dann nach Anspruch 8 in den Ventilkörper (1) eingebaut wird (Fig. 1 a, b, c).
10. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 bis 3 und 5 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass in den Ventilkörper (1) eine elastische Gegenfeder (5) eingesetzt wird (Fig. 2 a, b, c), deren

elastische Kraft der Rückstellungskraft der bei Erwärmung ihre Form ändernden Memory-Membran (2) entgegenwirkt ohne die Formänderung verhindern zu können, und die martensitische Verformung der Memory-Membran (2) bzw. der in die Memory-Membran (2) eingeschnittenen Öffnungsklappe dagegen zu ihrer Tieftemperaturform bei der Temperatursenkung befördert (Fig. 2 a, b, c).

11. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 und 4 bis 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) am Boden (4) des Ventilkörpers (1) mit einer oder mehreren Schrauben (3) befestigt wird (Fig. 1, 2).
12. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 und 4 bis 11 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) im Ventilkörper (1) so eingebaut wird, dass ihre Formänderung bzw. die Formänderung ihrer Öffnungsklappe bei einem Temperaturanstieg in die Durchflussrichtung des Heiz- bzw. Kühlmittels erfolgt (Fig 1 b und 2 b).
13. Temperaturregelventil nach Ansprüche 1 und 4 bis 11 dadurch gekennzeichnet, dass die Memory-Membran (2) im Ventilkörper (1) so eingebaut wird, dass ihre Formänderung bzw. die Formänderung ihrer Öffnungsklappe bei einem Temperaturanstieg gegen die Durchflussrichtung des Heiz- bzw. Kühlmittels erfolgt (Fig. 1 c und 2 c).

---

Hierzu 3 Seiten mit 9 Zeichnungen

Fig.1

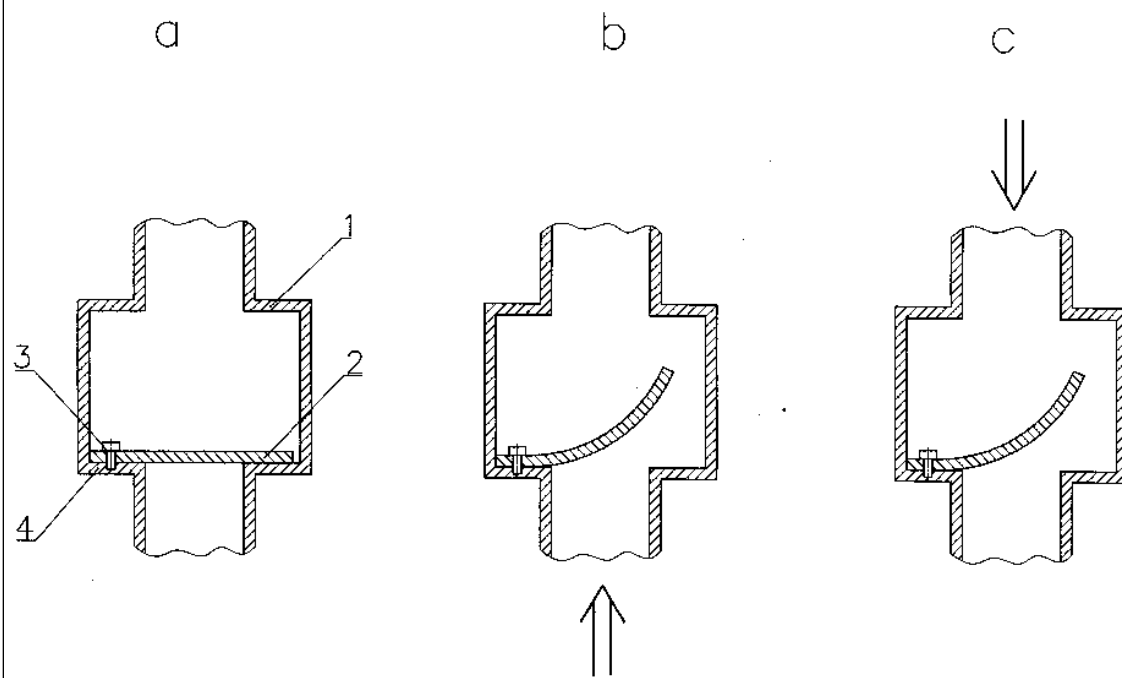


Fig.2

