



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.09.2010 Patentblatt 2010/38

(51) Int Cl.:
F25D 29/00 (2006.01) F28D 1/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10001550.2**

(22) Anmeldetag: **16.02.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Karlsruher Institut für Technologie 76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **Brandner, Jürgen, Dr. 69207 Sandhausen (DE)**
• **Wibel, Wolf 76297 Blankenloch (DE)**

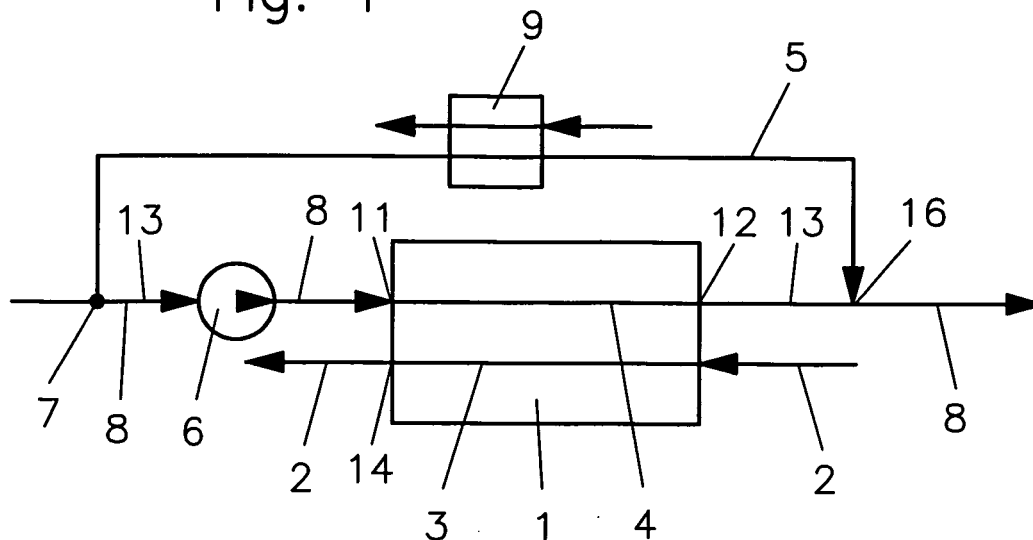
(30) Priorität: **25.02.2009 DE 102009010329**

(54) **Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Flüssigkeiten**

(57) Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer (1) zur Kühlung von Flüssigkeiten (2), wobei der Mikrostrukturverdampfer mit einem Temperierfluid-durchfluss (8) betrieben wird. Aufgabe ist es, eine preis-

werte und zuverlässige Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Fluiden, vorzugsweise Flüssigkeiten vorzuschlagen. Die Aufgabe wird mit mindestens einem Mittel (5, 6) zur Manipulation des Temperierfluiddurchflusses gelöst.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Flüssigkeiten gemäß des ersten Patentanspruchs.

[0002] Die Temperierung (Aufheizen oder Abkühlen) von Fluiden mit Wärmetauschern erfolgt üblicherweise über einen Wärmetransfer auf ein Fluid (Flüssigkeit, Dampf, Gas) oder auf elektrische betriebene Elemente wie eine elektrische Beheizung oder Peltierelemente. Alternative Konzepte, wie z.B. eine Verdampfungskühlung, nutzen beispielsweise die Energie eines Phasenübergangs für eine Erwärmung oder Abkühlung aus.

[0003] Die Regelung solcher Vorgänge ist für konventionelle Apparaturen im industriellen Umfeld gut entwickelt und erforscht, hierzu gibt es sowohl für die Beheizung als auch für die Kühlung Standardlösungen, z.B. druckluftgetriebene Steuerventile oder Ventile mit elektrischem Stellantrieb, die eine Durchflussregelung erfüllen und allgemeiner Stand der Technik sind (siehe z.B. Produktlinien von Firmen wie Endress & Hauser, Jumo oder weiterer einschlägiger Hersteller und Vertreiber von Mess- und Regeltechnik).

[0004] Mikrostrukturierte Wärmeübertragungssystemen weisen aufgrund ihrer feinen Strukturen eine hohe spezifische Wärmeübertragungsfläche und eine geringe thermische Masse auf, was einerseits ihren Wirkungsgrad erheblich verbessert, andererseits auch ihren Einsatzbereich erweitert **[1, 2]**. Die kompakte Bauweise ermöglicht einen Einsatz auch in transportablen Anwendungen oder im Küchenmaschinenbereich wie z.B. der Temperierung von Getränken direkt durch den Endverbraucher.

[0005] Die reduzierte thermische Masse der Mikrowärmetauscher führt zu sehr kurzen Reaktionszeiten bei Temperaturwechseln. Für die Beheizung von Flüssigkeiten stellt dies in der Regel keinen Nachteil dar. Bei Verwendung eines Heizfluids wird dieses an anderer Stelle z.B. elektrisch beheizt. Diese Beheizung kann mittels eines konventionellen, preisgünstigen Reglers oder über simples Ein- und Ausschalten mittels eines Bimetallschalters oder eines NTC- oder PTC-Sensors geregelt werden. Eine direkte elektrische Beheizung kann sich ähnlicher Mechanismen bedienen. Entsprechende Regelungssysteme sind bekannt und veröffentlicht **[3, 4]**. In **[3]** wird beschrieben, wie ein elektrisch beheizter Mikrostrukturapparat mit einem üblichen Regelmechanismen betrieben wird. **[4]** beschreibt die Anwendung eines elektrischen Schalters zur temperaturgesteuerten Regelung einer elektrischen Last. Entsprechende PTC- bzw. NTC-Sensoren sind in der Zwischenzeit z.B. als Über-temperatur-Schutzelemente sowie als kostengünstige Regelmechanismen auch in Geräten für den Privatverbraucher (z.B. Fön) integriert. Selbstregelnde Heizelemente auf Basis von PTC-Widerständen werden z.B. in **[5]** beschrieben und von verschiedenen Herstellern von elektrischen Heizmitteln vertrieben (z.B.: David & Baader GmbH, **[6]**)

[0006] Anders sieht es bei der Kühlung von Mikrostrukturwärmeübertragern aus. Werden zur Kühlung beispielsweise Peltier-Elemente direkt an den Mikrostrukturapparat angebracht oder indirekt zur Kühlung eines Sekundärfluids eingesetzt, bieten sich für eine Leistungsregelung oder Unterbrechungen einfache Abschaltmechanismen für die Versorgungsspannung der Peltier-Elemente an. Dies ist technisch möglich, verkürzt jedoch in der Regel die Lebensdauer der Peltierelemente. Da zudem Peltier-Elemente mit einem niedrigen Wirkungsgrad oder mit einem niedrigen Temperaturhub arbeiten und eine relativ voluminöse Sekundärkühlung zur Abfuhr der Verlustleistung benötigen, sind sie für den Einsatz mit Mikrostrukturapparaten nur bedingt geeignet. Der recht hohe Preis von Peltier-Elementen und den zum Betrieb benötigten Spannungsversorgungen bzw. Hochstromquellen reduziert die Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Heim- und Consumermärkte zusätzlich.

[0007] Eine einfache Abschaltung oder Betriebsunterbrechungen anderer Kühlvorrichtungen wie Kühlkompressoren, wie in handelsüblichen Kühlschränken vielfach eingesetzt, oder einer Kühlung über Verdampfen eines Kühlmittels z.B. in Verbindung mit Mikrostrukturapparaten sind ebenfalls technologisch nur eingeschränkt durchführbar. Ein Kompressor benötigt grundsätzlich eine gewisse Anlaufzeit und erzeugt damit Totzeiten bei Schaltvorgängen. Ebenso sind Verdampfungsvorgänge bei Veränderungen reaktionsträge und benötigen dabei grundsätzlich Vorlaufzeiten, bis sich wieder ein stationärer Zustand einstellt. Der besondere Vorteil einer schnellen Reaktionszeit von Mikrostrukturapparaten wird damit teilweise oder ganz aufgehoben. Zudem rufen die genannten Mittel zusätzlich unerwünschte Unregelmäßigkeiten in der Kühlleistung mit einer eigenen Dynamik hervor.

[0008] Davon ausgehend liegt die **Aufgabe der Erfindung** darin, eine preiswerte und zuverlässige Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Fluiden, vorzugsweise Flüssigkeiten vorzuschlagen, die die genannten Nachteile nicht aufweist. Insbesondere soll die Regelung die Anforderungen von starken Leistungsschwankungen innerhalb kurzer Zeit ohne nennenswerte Verzögerung erfüllen. Diese Anforderung ergibt sich aus der Aufgabe, Heissgetränke auf Knopfdruck batchweise auf eine definierte Temperatur abzukühlen.

[0009] Die Aufgabe wird mit einer Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Flüssigkeiten mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Temperaturregelung werden in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0010] Die Lösung der Aufgabe sieht eine Temperaturregelung für einen Wärmetauscher, vorzugsweise Mikrostrukturverdampfer zur Temperierung, vorzugsweise Kühlung von Flüssigkeiten vor, wobei der Mikrostrukturverdampfer mit einem Temperierfluid, vorzugsweise einem Kühlmittel, betrieben wird. Die Temperaturregelung wird durch eine Regelung des im Wärmetauscher über-

tragenen Wärmemengenstroms, d.h. einer Wärmemengenregelung realisiert. Dabei erfolgt eine Manipulation des durch den Wärmetauscher oder bevorzugten Mikrostrukturverdampfer verlaufenden Temperierfluid durchflusses z.B. durch Temperierung, Drosselung, Regelung, Unterbrechung und/oder Bypass-Umleitung sowie einer Temperaturmessung am Temperierfluid für die Erzeugung eines Stellsignals für die Regelung.

[0011] Im Rahmen der Temperaturregelung erfolgt die Manipulation eines Kühlmittelflusses als Temperierfluid durchfluss durch mindestens ein Strömungsventil zur Regulierung eines Strömungswiderstandes im Kühlmittelstrom und/oder mindestens ein Absperrventil zur Unterbrechung eines Kühlmitteldurchflusses.

[0012] Das Strömungsventil und/oder das Absperrventil öffnen und schließen sich temperaturabhängig geregelt. Die Temperatur wird im Rahmen der Erfindung an unterschiedlichen Stellen gemessen.

[0013] Vorzugsweise erfolgt eine Regelung der im Wärmetauscher übertragenen Wärmemenge über die Eintrittstemperatur oder die Austrittstemperatur des Kühlmittels am Mikrostrukturverdampfer.

[0014] Regelung über die Eintrittstemperatur:

[0015] Die am Eintritt in einen Einzelfluidkanal, vorzugsweise Verdampfungspassage, eines Wärmetauschers (Mikrostrukturverdampfer) gemessene Temperatur T_{ein} korreliert in vorteilhafter Weise direkt mit dem Verdampfungsdruck P_{Dampf} am Eintritt in die Verdampferpassage im Wärmetauscher. Dieser ergibt sich aus der Summe des Druckabfalls ΔP über der Verdampferpassage des Mikrowärmeübertragers und des Drucks P_{nieder} in der Saugleitung eines Kühlmittelkreislaufs nach Austritt aus dem Verdampfer. Entsprechend errechnet sich der Druckverlust ΔP zu:

$$\Delta P = P_{\text{Dampf}} - P_{\text{nieder}}$$

[0016] Der Druckabfall ΔP ist hierbei aufgrund der mikroskopischen Abmessungen, vorzugsweise zwischen 50 und 1000 μm der Querschnitte des Einzelfluidkanals, deutlich größer als in entsprechenden makroskopischen Verdampfern. Wird dem Kühlmittel im Mikrowärmeübertrager eine Wärmemenge Q_{warm} zugeführt, die größer oder gleich der Kälteleistung Q_{kalt} (für eine vollständige Verdampfung erforderliche Wärmemenge) des Kreislaufs ist, verdampft das Temperierfluid vollständig innerhalb der Einzelfluidkanäle im Wärmetauscher.

[0017] Durch die verdampfungsbedingte Volumenzunahme steigt die Fließgeschwindigkeit in den einzelnen Einzelfluidkanälen signifikant an und bewirkt damit einen Anstieg des vorgenannten Druckabfalls ΔP . Bedingt hierdurch kommt es zu einem Anstieg des Verdampfungsdruck P_{Dampf} und Anstieg der Verdampfeintrittstemperatur T_{ein} .

[0018] Für den Fall, dass die dem Wärmetauscher

durch die zu temperierende Flüssigkeit zugeführte Wärmemenge kleiner als die Kälteleistung des Kreislaufes ist $Q_{\text{warm}} < Q_{\text{kalt}}$, verdampft nur noch ein Teil des Temperierfluids innerhalb der Einzelfluidkanäle im Wärmetauscher. Aufgrund des höheren Flüssigkeitsanteils im Temperierfluid im Verdampfer reduzieren sich auch das Fluidvolumen und damit die Fließgeschwindigkeit des Temperierfluids im Einzelfluidkanal. Der Druckabfall ΔP über die Verdampferpassage nimmt signifikant ab, hierdurch sinkt der Verdampfungsdruck P_{Dampf} und mit ihm die Verdampfungstemperatur am Verdampfeintritt T_{ein} .

[0019] Um ein Einfrieren der zu kühlenden Flüssigkeit (z.B. Wasser) auszuschließen, wird der Temperierfluidfluss über ein dem Wärmetauscher nachgeschaltetes Magnetventil geschlossen, sobald T_{ein} einen Schwellenwert unterschreitet, der etwa 2K über dem Gefrierpunkt des zu kühlenden Fluids liegt (bei Wasser ca. 2°C.). Überschreitet der bei T_{ein} gemessene Wert wieder den Schwellenwert, öffnet das Magnetventil den Temperierfluidfluss wieder, die volle Kälteleistung steht unmittelbar wieder zur Verfügung.

[0020] Regelung über die Austrittstemperatur:

[0021] Eine Regelung über die Austrittstemperatur T_{aus} des Temperierfluids aus dem Wärmeüberträger ist dann vorteilhaft, wenn eine Regelung über Messung der Temperatur T_{ein} am Verdampfeintritt aufgrund des höheren Montageaufwands oder aufgrund des Designs des Mikrowärmeübertragers (beispielweise bei einer Integration der Expansionsblende in den Mikrowärmeübertrager) technisch nicht möglich oder unwirtschaftlich ist. Die Aufnahme dieser Temperatur erfolgt bevorzugt direkt am Temperierfluid nach Austritt aus der Verdampferpassage oder kostengünstiger durch Messung der Oberflächentemperatur der Saugleitung am Anschlusspunkt Mikrowärmeübertrager-Verdampferaustritt (Austritt am Wärmetauscher). Die Regelung erfolgt hierbei analog zu der vorgenannten Temperaturregelung über die Eintrittstemperatur, mit dem Unterschied, dass die Austrittstemperatur als Regelgröße verwendet wird.

[0022] Wird dem Temperierfluid im Mikrowärmeübertrager über das zu kühlende Fluid, bevorzugt eine Flüssigkeit, eine Wärmemenge zugeführt, die die Kälteleistung des Kreislaufes übersteigt $Q_{\text{warm}} > Q_{\text{kalt}}$, verdampft das Temperierfluid vollständig bis zum Austritt aus den Einzelfluidkanälen (Verdampferpassage). Es kommt zu einer Überhitzung des Temperierfluids in den gasförmigen Bereich; die Temperatur am Temperierfluidaustritt T_{aus} ist dann deutlich größer als 0°C. Im Beispiel wurde hierzu ein Kältemittel R134A verwendet, andere Temperierfluide sind jedoch ebenfalls möglich und praktikabel, wie z.B. R744 oder R600a.

[0023] Wird hingegen zuwenig Wärme über das zu kühlende Fluid zugeführt ($Q_{\text{warm}} < Q_{\text{kalt}}$), verdampft das Temperierfluidmittel nicht vollständig innerhalb der Einzelfluidkanäle (Verdampferpassage). Nicht verdampftes Temperierfluid verdampft in diesem Fall unmittelbar nach Austritt aus der Verdampferpassage bei Eintritt in die Saugleitung und kühlt daher unmittelbar die Saugleitung

respektive den Temperatursensor T_{aus} .

[0024] Als Schaltwert für das Schließen des Magnetventils ist ein Wert von etwa $T_{\text{aus}} < 1^\circ$ (für wässrige zu temperierende Flüssigkeiten) zu wählen, um ein Einfrieren zu verhindern.

[0025] Die Erfindung umfasst eine Verwendung der Temperaturregelung für eine Kühlung vorzugsweise in mikrostrukturierten Wärmetauschern von Heißgetränken, vorzugsweise frisch gebrühten Heißgetränken wie Kaffee oder Tee, oder anderen Getränken wie z.B. Milchgetränken, die auf Kundenwunsch vorzugsweise unmittelbar nach einer Wärmebehandlung gekühlt werden sollen (Kaltgetränk on demand).

[0026] Die Erfindung umfasst ferner eine Verwendung der Temperaturregelung für eine Temperierung, vorzugsweise Kühlung bei chemischen Prozessen oder Verfahren, bei denen z.B. aufgrund einer exothermen Reaktion oder einer Aufheizung zeitabhängig unterschiedliche Temperaturen auftreten oder unterschiedliche Wärmemengen geregelt abgeführt werden müssen, um eine stabile Versuchsführung oder Temporkonstanz zu gewährleisten.

[0027] Die Erfindung umfasst auch eine Verwendung der Temperaturregelung für eine Temperierung von kleineren Klimaanlage in z.B. tragbaren Geräten des Elektronik- und IT-Bereichs oder im Automobilbereich, in denen starke Leistungsschwankungen und damit auch starke Schwankungen der Abwärme auftreten und mit Wärmetauschern kleiner Abmessungen ausgetauscht werden.

[0028] Die Erfindung umfasst zudem ein Verfahren zur Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer zur Kühlung von Flüssigkeiten, wobei der Mikrostrukturverdampfer mit einem Temperierfluiddurchfluss (Kühlmittelstrom) betrieben wird. Für die Temperaturregelung wird dieser Temperierfluiddurchfluss durch den Wärmetauscher in genannter Weise durch mindestens ein Mittel zur Manipulation des Temperierfluiddurchflusses in Massenfluss, Volumenfluss, Druck und/oder Temperatur eingestellt.

[0029] Die Erfindung wird im Folgenden mit Ausführungsbeispielen und den folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig.1 eine Ausführung mit Bypassleitung um den Mikrostrukturverdampfer sowie einem Magnetventil im Kühlmittelhauptstrom,

Fig.2 eine Ausführung mit regelbarem Durchlassventil im Kühlmittelhauptstrom vor dem Mikrostrukturverdampfer sowie

Fig.3 eine Ausführung mit regelbarem Durchlassventil im Kühlmittelhauptstrom nach dem Mikrostrukturverdampfer.

[0030] Fig.1 bis 3 geben Ausführungsformen mit Gegenstromwärmetauscher 1 als Mikrostrukturverdampfer

wieder. Dieser eignet sich einerseits für die Temperierung von Fluiden mit hohen Temperaturunterschieden. Zudem weist er eine parallele Führung einer Vielzahl von Einzelfluidkanälen für zu temperierende Flüssigkeit 3 und Temperiermedium 4 (zwei Fluidkanalfractionen) auf, womit in jedem der grundsätzlich identisch konzipierten Fluidkanäle pro Fluidkanalfraction gleiche Temperierbedingungen vorherrschen. Folglich erfährt eine zu temperierende Flüssigkeit im Hauptstrom 2 nach Aufzweigung in mehrere Einzelfluidkanäle in diesen im Gegensatz zu einem Kreuzstromwärmetauscher grundsätzlich auch eine identische thermische Beaufschlagung.

[0031] Ein Kreuzstromwärmetauscher stellt dagegen eine wirtschaftlich günstig herzustellende Komponente dar. Ein Einsatz ist dann vorteilhaft und daher anzustreben, wenn das Temperierfluid beim Durchtritt durch den Wärmetauscher nur geringe Temperaturänderungen durchläuft. Dies liegt dann vor, wenn das Temperiermedium einen isothermen Phasenübergang von Flüssig zu Gasförmig oder umgekehrt durchläuft und der Phasenübergang der zu temperierenden Flüssigkeit zusätzlich Wärme entzieht oder zuführt. Diese Ausführungsform eignet sich daher insbesondere für Verdampfungskühler.

[0032] Eine erste Ausführung (Fig.1) sieht eine Bypassleitung 5 für ein Kühlmittel als Temperierfluid um den Mikrostrukturverdampfer (Gegenstromwärmetauscher 1) vor. Die Umleitung des Kühlmittels in die Bypassleitung erfolgt mit Hilfe eines temperaturgesteuerten Magnetventils 6, das vorzugsweise in der Kühlmittelleitung 13 zwischen Abzweigung 7 zur Bypassleitung 5 und Mikrostrukturverdampfer, d.h. im Kühlmittelstrom 8 vor Eintritt in den Mikrostrukturverdampfer eingesetzt ist. Die Temperatur wird - wie zuvor beschrieben - im Temperierfluid (Kühlmittel) direkt am Eintritt 11 oder direkt am Austritt 12 des Wärmetauschers, oder alternativ am Flüssigkeitsaustritt 14 am Wärmetauscher 1 im Hauptstrom 2 gemessen und als Regelgröße einer nicht dargestellten Regelung (Regelungselektronik) für die Ansteuerung des Magnetventils 6 herangezogen. In der Regelung wird die gemessene Temperatur mit einem einstellbaren Schwellwert verglichen und das Magnetventil bei Über- und Unterschreitung entweder geschlossen bzw. geöffnet. Eine Messung am Flüssigkeitsaustritt 14 weist den Vorteil auf, dass die Temperatur direkt an oder in der zu temperierenden Flüssigkeit gemessen wird und damit diese besonders exakt temperierbar ist. Um ein Einfrieren der Flüssigkeit bei stehender Flüssigkeit hierbei zu verhindern, muss allerdings zusätzlich die Temperatur des Temperierfluids am Ein- oder Austritt überwacht werden.

[0033] Die Abzweigung 7 ist als Strömungsweiche vorzugsweise so konzipiert, dass sie den Kühlmittelstrom bei geöffnetem Magnetventil 6 vollständig in den Wärmetauscher leitet und erst bei Verschließen desselben den Kühlmittelstrom in die Bypassleitung leitet. Der zur Bypassleitung 5 parallele Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher zwischen Abzweigung 7 und der Einleitung 16 ist der Kühlmittelhauptstrom und entspricht in

Fig.1 der Kühlmittleitung **13**.

[0034] Ist eine Aufteilung des Kühlmittelstroms in Bypassleitung **5** und Kühlmittleitung **13** mit kontinuierlich einstellbarem Massenstromverhältnis für eine kontinuierliche Temperaturregelung, d.h. Wärmemengenregelung erforderlich, ist ein kontinuierlich verstellbares Ventil (z.B. Schieberventil) oder eine kontinuierlich verstellbare Blende vorzusehen.

[0035] Es liegt grundsätzlich im Rahmen der Erfindung und ist mit allen dargestellten Ausführungsbeispielen kombinierbar, ein Ventil oder Blende mit einer Temperaturerfassung mit Regelung durch eine temperaturabhängige Stellblende, d.h. eine Komponente ohne zusätzliche ggf. erforderliche Spannungsversorgung einer Regelung, zu ersetzen, vorzugsweise einer Bimetallblende. So könnte z.B. ein Schieber über ein Bimetall-Biegeelement gegen eine voreingestellte Federkraft geschlossen bzw. geöffnet werden. Auch die Kombination von zwei unterschiedlichen Bimetall-Biegeelementen zum Öffnen bzw. Schliessen der Blende im gegenläufigen Betrieb ist denkbar. Diese Stellblende ist vorzugsweise direkt am Eintritt **11** oder direkt am Austritt **12** des Wärmetauschers angeordnet.

[0036] Das Wärme- oder Kältepotential im Kühlmittelstrom in der Bypassleitung ist z.B. durch einen weiteren Wärmetauscher **9** für weitere Verwendungen nutzbar. Insbesondere in einem Haushaltsgerät (sog. Consumer-Maschine) zur Herstellung von Heiß- und Kaltgetränken ist die Kühlleistung indirekt über einen zusätzlichen Nebenkühlkreislauf oder direkt für eine Kühlung des Frischwasserreservoirs oder von Zubehörkomponenten wie Tassen, Bechern oder andere Gefäße nutzbar. Eine weitere Möglichkeit ist das direkte Vorkühlen der zu kühlenden Flüssigkeit, um z.B. eine Degradation (im Falle von Wasser: Algenbildung) zu reduzieren oder zu unterbinden. Dies stellt einen entscheidenden hygienischen Vorteil gegenüber einfachen Lagerkomponenten dar.

[0037] Die zweite und dritte Ausführung gem. **Fig.2** bzw. **Fig.3** offenbaren alternative Temperaturregelungen ohne eine Bypassleitung. Die Kühlleistung des Kühlmittelstroms **8** (hier gleichbedeutend mit Kühlmittelhauptstrom) wird mittels einer temperaturgesteuerten Blende **10** (Strömungsventil) oder eines Magnetventils **6**, alternativ auch die vorgenannte kontinuierlich temperaturabhängige Stellblende, durch die Höhe des Massenstroms des Temperierfluids (Kühlmittels) manipuliert. Die Höhe des Massenstroms bestimmt die Höhe des durch das Kühlmittel durch den Wärmetauscher **1** eingeleiteten Wärmemengenstroms und damit direkt die im Wärmetauscher auf den Hauptstrom **2** zu übertragene Wärmeleistung.

[0038] Zusätzlich (oder grundsätzlich auch alternativ) zu den vorgenannten Volumenstromregelungen ist grundsätzlich eine Manipulation der Kühlleistung des Wärmetauschers auch durch Mittel zur Temperierung **15** des Temperierfluids vor Eintritt in den Wärmetauschers durchführbar (vgl. **Fig.3**). Hier eignen sich insbesondere elektrische Elemente wie Peltier-Elemente für eine Küh-

lung oder Widerstandsheizelement für eine Aufheizung, wobei diese bevorzugt über die vorgenannte Regelung in ihrer Leistung vorzugsweise kontinuierlich regelbar sind.

[0039] Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines dem Wärmetauscher nachgeschalteten Magnetventils (**Fig.3**), welches über einen Temperaturfühler am Eintritt **11** oder Austritt **12** des Wärmetauschers **1** geregelt wird.

[0040] Die schnellen Schaltzeiten eines Magnetventils der vorgenannten Art ermöglichen es, die Vorteile der aufgrund der geringen Kanalabmessungen der Einzelfluidkanäle realisierbaren sehr kurzen Wärmeleitungsweglängen vom Temperierfluid im Kühlmittelstrom **8** zur temperierenden Flüssigkeit im Hauptstrom **2** und daher sehr kurzen Wärmeübertragungsreaktionszeiten von Mikrowärmeübertragen für eine sehr schnelle Abkühlung zu erhalten. Es gelingt somit, äußerst preisgünstig bei variabler Durchflussmenge des zu temperierenden Fluids immer die notwendige Kühlleistung einzustellen, ohne eine Kühlquelle (Kühlkompressor, Peltier-Element) schalten zu müssen. Dadurch sind Totzeiten oder Regelverzögerungen ausgeschlossen und die Vorteile der Mikrowärmetauscher können vollständig genutzt werden. Herkömmliche Regelsysteme sind für diese für Mikrowärmetauscher oder -verdampfer üblichen sehr kurzen Reaktionszeiten zu langsam oder technisch sehr aufwendig und damit teuer.

[0041] Ein bevorzugtes intervallartiges Freischalten und Unterbrechen des Kühlmittelstroms durch das Ventil reduziert zudem das Frostrisiko für die zu kühlende Flüssigkeit in den Einzelfluidkanälen für die zu temperierende Flüssigkeit **3**.

[0042] Der Einsatz eines dem Wärmetauscher **1** nachgeschalteten temperaturgesteuerten Magnetventils (**Fig.3**) ermöglicht zudem den Einsatz einer kostengünstigen zusätzlichen festen Drosselblende vor Eintritt **11** in den Wärmetauscher (z.B. Verdampfer) bzw. die direkte Integration dieser Drosselfunktion in den Mikrowärmeübertrager, da die Durchflussregelung ausschließlich über das Magnetventil erfolgt. Eine komplizierte und teure Stellblende ist zwar immer noch möglich, jedoch nicht mehr zwingend.

[0043] Das Nachschalten des Magnetventils hinter dem Wärmetauscher gem. **Fig.3** hat gegenüber den Ausführung in **Fig.2** mit vorgeschaltetem Magnetventil insbesondere bei einer Verdampfungskühlung einen wesentlichen Vorteil. Da der Temperierfluidfluss erst nach Austritt **12** aus der Verdampferpassage blockiert wird, steigt der Verdampfungsdruck D_{ampf} innerhalb den Einzelfluidkanälen (Verdampfungspassage des Mikrowärmeübertragers) an. Dadurch steigt auch die Verdampfungstemperatur im kompletten Mikrowärmeübertrager an, sodass eine weitere Abkühlung und damit ein Einfrieren der zu kühlenden Flüssigkeitspassage physikalisch ausgeschlossen ist. Das System reguliert sich damit selbständig.

[0044] Ist dies nicht der Fall und ist der Temperierfluidkreislauf über ein vorgeschaltetes Ventil vor dem Eintritt

in den Verdampfer unterbrochen, käme es zunächst zu einer weiteren Abkühlung des Bauteils, da Temperierfluidreste bei weiter sinkendem Verdampfungsdruck und dadurch weiter sinkender Verdampfungstemperatur aus dem Mikrowärmeübertrager gesaugt würden. Hierbei ist davon auszugehen, dass das zu kühlende Fluid einfriert. Eine aufwendigere Regelung wäre notwendig, um dies zu verhindern.

[0045] Für eine reaktionsschnelle und einfache Temperaturkontrolle, die ein Einfrieren ausschließt, ist daher ein Nachschalten des Magnetventils oder auch einer Blende wie vorgeschlagen vorteilhaft.

Literatur:

[0046]

- [1] Schubert et al.: Microstructure Devices for Applications; Thermal and Chemical Process Engineering, Microscale Thermophys. Eng., vol.5, No.1, 17-39.
- [2] Brandner et al.: Microstructure Heat Exchanger Applications; Laboratory and Industry Heat Transfer Engineering, vol. 28, No.8-9, Aug. 2007, 761-771
- [3] Brandner et. al. : Fast Temperature Cycling in Microstructure Devices ; Chemical Eng. J., 101/1-3, 2004, 217-224
- [4] EP 0 208 318 A2
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizelement>, Stand 20.02.2009
- [6] <http://dbk-group.de/ger/Produktbereiche/Heizkomponenten-Aggregate/PTC-Heizelemente>, Stand 20.02.2009

Bezugszeichenliste

[0047]

- 1 Gegenstromwärmetauscher
- 2 Hauptstrom
- 3 Einzelfluidkanal für zu temperierende Flüssigkeit
- 4 Einzelfluidkanal für Temperiermedium
- 5 Bypassleitung
- 6 Magnetventil
- 7 Abzweigung
- 8 Kühlmittelstrom
- 9 Wärmetauscher
- 10 Blende
- 11 Eintritt
- 12 Austritt
- 13 Kühlmittelleitung
- 14 Flüssigkeitsaustritt
- 15 Mittel zur Temperierung
- 16 Einleitung

Patentansprüche

1. Temperaturregelung für einen Mikrostrukturverdampfer (1) zur Kühlung von Flüssigkeiten (2), wobei der Mikrostrukturverdampfer mit einem Temperierfluiddurchfluss (8) betrieben wird, umfassend mindestens ein Mittel (5, 6, 10, 15) zur Manipulation des Temperierfluiddurchflusses.
2. Temperaturregelung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Temperaturerfassung im Temperierfluiddurchfluss vor Eintritt (11) oder nach Austritt (12) aus dem Mikrostrukturverdampfer vorgesehen sind und die Mittel zur Manipulation durch die Temperatur schalt- oder regelbar sind.
3. Temperaturregelung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturerfassung ein Temperatursensor zur Messung oder ein Bimetallelement zur Überwachung einer Temperatur umfasst.
4. Temperaturregelung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Manipulation mindestens ein Strömungsventil (10) zur Regulierung eines Strömungswiderstandes und/oder mindestens ein Absperrventil zur Unterbrechung des Temperierfluiddurchflusses umfassen.
5. Temperaturregelung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Absperrventil ein Magnetventil (6) im Temperierfluiddurchfluss ist.
6. Temperaturregelung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetventil (6) im Temperierfluiddurchfluss dem Mikrostrukturverdampfer (1) nachgeschaltet ist.
7. Temperaturregelung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Manipulation eine Bypassleitung (5) für das Temperierfluid umfassen.
8. Temperaturregelung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bypassleitung Mittel (9) für eine weitere Wärmenutzung umfasst.

Fig. 1

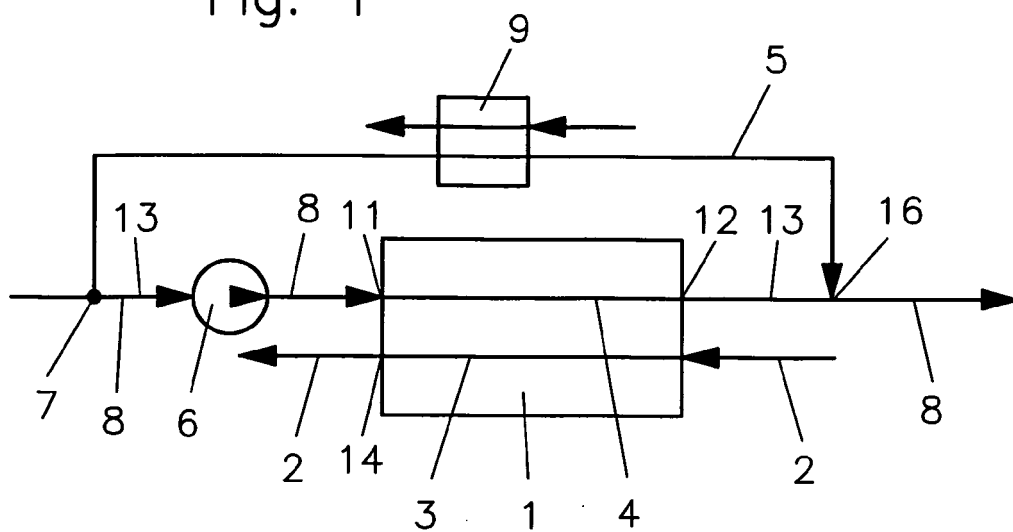


Fig. 2

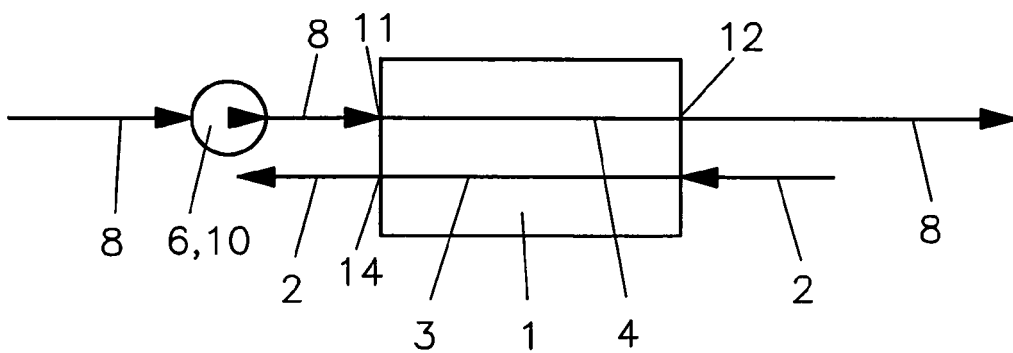
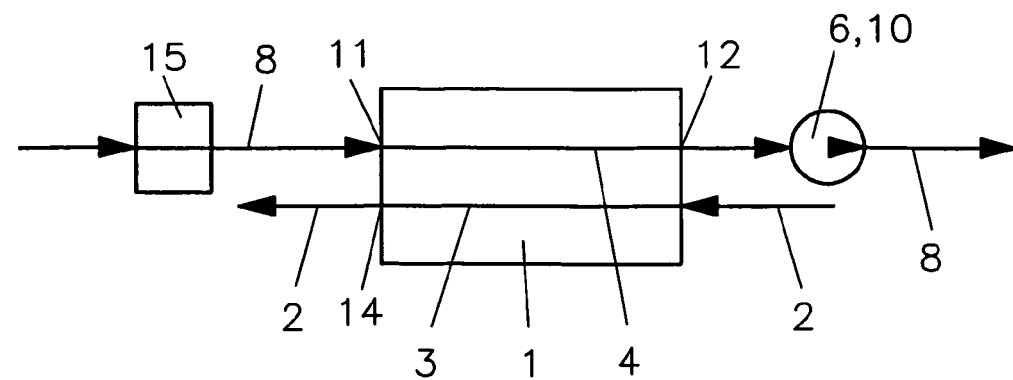


Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0208318 A2 [0046]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Schubert et al.** Microstructure Devices for Applications; Thermal and Chemical Process Engineering. *Microscale Thermophys. Eng.*, vol. 5 (1), 17-39 [0046]
- **Brandner et al.** Microstructure Heat Exchanger Applications. *Laboratory and Industry Heat Transfer Engineering*, August 2007, vol. 28 (8-9), 761-771 [0046]
- **Brandner.** Fast Temperature Cycling in Microstructure Devices. *Chemical Eng. J.*, 2004, vol. 101 (1-3), 217-224 [0046]