



(11) **EP 1 674 150 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.06.2007 Patentblatt 2007/24

(51) Int Cl.:
B01F 5/04^(2006.01) B01F 13/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05027041.2**

(22) Anmeldetag: **10.12.2005**

(54) **Statischer Mikrovermischer**

Static micromixer

Micromélangeur statique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **23.12.2004 DE 102004062076**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.06.2006 Patentblatt 2006/26

(73) Patentinhaber: **Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**
76133 Karlsruhe (DE)

(72) Erfinder:
• **Schubert, Klaus, Dr.**
76227 Karlsruhe (DE)
• **Brandner, Jürgen, Dr.**
69207 Sandhausen (DE)
• **Kraut, Manfred**
76351 Linkenheim-Hochstetten (DE)
• **Wenka, Achim**
75196 Remchingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-02/089966 US-A1- 2003 039 169

EP 1 674 150 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen statischen Mikrovermischer mit einer Mischkammer, Zuführungen für mindestens zwei zu mischende oder zu dispergierende Fluidfraktionen mit je mindestens einer Einmündung in die Mischkammer sowie mindestens eine Ausmündung aus der Mischkammer gemäß Anspruch 1.

[0002] Im einem Mikrovermischer werden die zu mischenden Fluide-jedes getrennt für sich - in eine große Anzahl (oftmals mehrere Tausend) von Fluidstromfäden aufgeteilt, die alle gemeinsam über die Zuführungen geführt über die Einmündungen in eine Mischkammer münden. Durch die so erreichte, eng benachbarte Anordnung der einzelnen Mikrostromfäden der beiden oder mehreren Fluidfraktionen wird auf kurzem Weg und in sehr kurzer Zeit eine effektive Vermischung erzielt. Ein statischer Mikrovermischer kennzeichnet sich dadurch, dass in diesem außer den zu vermischenden Fluidfraktionen keine bewegten Teile vorgesehen sind.

[0003] Aus der DE 44 16 343 C2 ist ein derartiger Mikrovermischer mit wenigstens einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden Fluiden zu einer Mischkammer bekannt, wobei das Führungsbauteil mit Ausdehnungen im Millimeterbereich aus mehreren, übereinander geschichteten Folien mit einer jeweiligen Dicke von ca. 100 μm Dicke zusammengesetzt ist, in die die Kanäle als Mikrostrukturen eingearbeitet sind. Die Kanäle einer Folie umfassen Zuführungen für nur eine der beiden Fluidfraktionen.

[0004] Ein ähnlicher Mikrovermischer, bei dem bei sonst gleichem Aufbau und Funktionsprinzip die Zuführungskanäle von für zwei zu mischenden oder zu dispergierenden Fluiden bogenförmig verlaufend parallel zueinander in die Mischkammer ausmünden, wird in DE 195 40 292 C1 beschrieben. Durch diese Anordnung verspricht man sich eine über den gesamten Ausströmquerschnitt gleichmäßig hohe und schnelle Vermischung in der Mischkammer. Die Führungskanäle haben einen gleich bleibenden Querschnitt mit Breiten kleiner 250 μm , die Folien, in denen die Kanalstrukturen eingearbeitet werden, eine Dicke von ca. 100 μm .

[0005] Auch in der DE 101 23 093 A1 wird ein statischer Mikrovermischer zum Mischen mindestens zweier Fluide offenbart, umfassend mehrere übereinander geschichteter strukturierter Folien. Die Mischkammer wird jedoch durch einen kreisförmigen Durchbruch in einer Folie gebildet, wobei die Einmündungen der beiden Fluide auf derselben Folie eingearbeitet in abwechselnder Reihenfolge in einer Ebene über die gesamte Mischkammerhöhe über die zylinderförmige Wandung der Mischkammer angeordnet sind. In der Mischkammer entsteht während der Vermischung eine zweidimensionale spiralförmige Strömung, die in eine mittig um die Symmetrieachse der Mischkammer angeordneten Bohrung auf einer Stirnfläche der Mischkammer (gebildet eine die Mischkammer begrenzenden Folienfläche) ausmündet.

[0006] Eine ähnliche Mischapparatur zur Vermischung von mindestens zwei Fluiden mit spiralförmiger Strömungsführung wird auch in der WO 02/089966 A2 beschrieben. Hier werden die Fluide jedoch in separaten Mischern in den Zuleitungen vor Eintritt in die Mischkammer zusätzlich gemischt.

[0007] Eine spiralförmige Strömungsführung der vorgenannten Art ist jedoch naturgemäß mit einer Strömungsverengung verbunden, die den möglichen Durchsatz signifikant begrenzt oder eine zunehmende Strömungsgeschwindigkeit bewirkt. Zudem wirken in der Strömungsspirale auf das Fluid Zentrifugalkräfte der grundlegenden Strömungsrichtung zur Mitte der Mischkammer hin entgegen. Beide Einflüsse erhöhen einen gewisser Staudruck in der Mischkammer und damit auch die Wahrscheinlichkeit von turbulenten Strömungsanteilen.

[0008] Auch die US 5.573.334 offenbart einen statischen Mischer für zwei Fluidfraktionen, umfassend eine zylinderförmige Mischkammer mit zwei Endbereichen, wobei je eine Einmündung pro Fluidfraktion sowie eine gemeinsame Ausmündung in je einem der Endbereiche positioniert sind. Auch hier in die Ausmündung durch eine konzentrische Bohrung im Boden der zylinderförmigen Mischkammer realisiert - grundsätzlich verbunden mit den vorgenannten Auswirkungen.

[0009] Davon ausgehend besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen statischen Mikrovermischer der gattungsgemäßen Bauart mit einer verbesserten Vermischungseffizienz bereits in der laminaren Fluidströmung vorzuschlagen, wobei die genannten den Durchfluss behindernden und -begrenzenden Nachteile reduziert werden sollen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale in Anspruch 1 gelöst; die hierauf bezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Ausführungsformen dieser Lösung.

[0011] Die Erfindung umfasst eine rotationssymmetrische Mischkammer mit einer Symmetrieachse und zwei Endbereichen, eine Anzahl von Zuführungen für mindestens zwei zu mischende oder zu dispergierende Fluidfraktionen mit je mindestens einer Einmündung in die Mischkammer sowie mindestens eine Ausmündung aus der Mischkammer. Alle Einmündungen befinden sich ausschließlich in einem der beiden Endbereiche, während die Ausmündungen im anderen Endbereich positioniert sind. Vorzugsweise sind die Einmündungen der Fluidfraktionen über dem Umfang der Mantelfläche der Mischkammer, d.h. nicht auf der Stirnfläche in abwechselnder Reihenfolge in einer oder mehreren Ebene angeordnet.

[0012] Ein wesentliches Merkmal der Erfindung betrifft die Anordnung der Einmündungen der Fluidfraktionen in die Mischkammer, und zwar in abwechselnder Reihenfolge. Die abwechselnde Reihenfolge der Einmündungen und damit der in die Mischkammer einströmenden Fluidstromfäden stellt damit eine hohe spezifische Vermischungsfläche zwischen den zu mischenden oder di-

spergierenden Fluidfraktionen in der Mischkammer sicher. Bei Anordnung der Einmündungen in mehreren Ebenen und bei einem zusätzlichen Versatz der Einmündungen in einer Ebene zu denen in der jeweils benachbarten Ebene, erhält man eine weitgehende, möglichst vollständige Ummantelung der Fluidstromfäden einer Fluidfraktion durch Fluidstromfäden der jeweils anderen Fraktion.

[0013] Ein wesentliches Merkmal der Erfindung umfasst eine nicht konzentrische Anordnung der Ausmündung in der Mischkammer. Vorzugsweise sind die Ausmündungen im außen liegenden Bereich der Mischkammer, vorzugsweise der Mantelfläche angeordnet. Somit sind von der Fluidmischung die vorgenannten möglichen Zentrifugalkräfte, die der Strömung entgegenwirken nicht in der Höhe, wie im Stand der Technik zu erwarten, zu überwinden. Ein sich bei rotationssymmetrischen Mischkammern gemäß des Stands der Technik einstellende und eine turbulente Vermischung fördernde Staudruck wird hier ebenfalls gezielt reduziert. Grundsätzlich ist der Staudruck bei der Erfindung auch nicht erforderlich, da die Vermischung in vorgenannter Weise im Bereich der laminaren Fluidstromfäden in ausreichender Weise erfolgt.

[0014] Turbulente Strömungsanteile verbessern zwar grundsätzlich die Effizienz einer Durchmischung oder Dispergierung der Fluidstromfäden in der Mischkammer, verursachen allerdings auch größere, bei bestimmten, insbesondere reaktiven Vermischungsvorgängen unbedingt zu vermeidenden Verweilzeitunterschiede der Fluidmischungen in der Mischkammer. Durch eine Vermeidung oder Reduzierung von turbulenter Strömung sinken in vorteilhafter Weise auch die vorgenannten Verweilzeitunterschiede, insbesondere im Vergleich zu den Vorrichtungen gemäß des Stands der Technik.

[0015] Sind die Einmündungen einer Ebene zu denen in der jeweils benachbarten Ebene um jeweils eine Einmündung versetzt angeordnet, erhält man eine Einbettung der in die Mischkammer einströmenden Fluidstromfäden in jeweils eine oder mehrere andere Fluidfraktionen. Idealerweise grenzt jeder der Fluidstromfäden vollständig, d.h. an allen Seiten an Fluidstromfäden einer anderen Fluidfraktion, womit eine größtmögliche spezifische Vermischungsfläche zwischen den Fluidfraktionen und in Folge dessen eine weitere Verbesserung der Vermischungseffizienz erzielbar ist. Bei der Vermischung oder Dispergierung von zwei Fluidfraktionen entsteht idealerweise eine Anordnung der einzelnen Einmündungsquerschnitte ähnlich einer Schachbrettanordnung.

[0016] Die Ausrichtung der Einmündungen zur Mischkammerwandung, d.h. der Einstrahlwinkel der Fluidstromfäden erfolgt zwischen 0° (parallel zur Mischkammerwandung) und 90° (orthogonal zu der Mischkammerwandung) vorzugsweise zugunsten einer laminaren Strömung parallel zueinander in Richtung des oder der Auslässe. Vorzugsweise sind die Einmündungen zur Erzeugung einer bevorzugten wendelförmigen Fluidfüh-

rung in der Mischkammer tangential vorzugsweise mit einem geringen Steigungswinkel zu der als Wandung dienenden Mantelfläche der Mischkammer angeordnet.

[0017] Konstruktiv wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Ebenen durch gestapelte Folien mit Rillen als Fluidführungen gebildet sind, wobei die Zuführungen pro Fluidfraktion über Fluidkanäle, umfassend übereinander liegende Durchbrüche in den Folien, fluidisch miteinander verbunden sind. Die übereinander liegenden Durchbrüche bilden im Folienstapel die Fluidkanäle, von denen sich die Fluidführungen zur Mischkammer abzweigen. Die Fluidanschlüsse an die Fluidkanäle sind vorzugsweise auf der jeweils begrenzenden äußeren Deckfolie aufgesetzt. Alternativ ist eine Zuführung auch über Kanäle auf einer oder mehreren Folien realisierbar, wobei vorzugsweise die jeweils begrenzenden äußeren Deckfolien dichtend die Fluidkanäle abdecken.

[0018] Der vorgenannte geringe Steigungswinkel der Einmündungen erzielt man beispielsweise durch eine Gestaltung der Folien ganz oder nur im Bereich der Einmündungen, d.h. unmittelbar in an der Wandung der Mischkammer als Kegelstumpfmantelflächen. Dies ist beispielsweise über eine Kaltumformung der Einzelfolien oder des Folienstapels vor der Verbindung der Folien untereinander zum Führungsbauteil z.B. über ein Diffusionsschweißen realisierbar.

[0019] Es bietet sich ferner an, die Fluidkanäle mit entsprechenden Mitteln für Messungen wie z.B. einem Thermoelement oder für eine Temperierung oder eine Druckmessung wie z.B. mit einem Heizelement oder einem fluidischen Wärmtauscher auszustatten und entsprechend zu dimensionieren, wodurch sich die die Fluidfraktionen in vorteilhafter Weise unmittelbar vor Eintritt in die Fluidführungen individuell konfektionieren lassen.

[0020] Die Erfindung sowie Details dieser werden beispielhaft anhand von Ausführungsformen und folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig.1a und b die prinzipielle Seiten- und Draufsicht einer ersten Ausführungsform,

Fig.2 die perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines Mikrovermischers,

Fig.3 eine perspektivische Detailansicht der Einmündungen in die Mischkammer mit zylindrischer Wandung der zweiten Ausführungsform,

Fig.4 die Aufsichten mehrerer Folien der zweiten Ausführungsform,

Fig.5 eine Schnittdarstellung einer dritten Ausführungsform mit einem Ringspaltvolumen als Mischkammer,

Fig.6 eine perspektivische Detailschnittansicht eines Mischkammerabschnitts mit einer fluidischen Temperierungsvorrichtung sowie

Fig.7 eine perspektivische Schnittdarstellung einer Temperierungsvorrichtung für ein Ringspaltvolumen gemäß der dritten Ausführungsform.

[0021] Die erste Ausführungsform gem. **Fig.1** zeigt schematisch einen Mikrovermischer der ersten Ausführungsform für die Vermischung von zwei Fluidfraktionen A und B mit einer zylinderförmigen Mischkammer 12 im Mischkammergehäuse 14. Dargestellt ist ferner die prinzipielle Anordnung des Führungsbauteils 1 mit den Zuführungen 5 und Einmündungen 6 am oberen Ende sowie einer Ausmündung 11 am unteren Ende des Mischkammergehäuses 14. Zuführungen und Einmündungen sind über den Mantelflächenumfang des einen Mischkammerendes in einer Ebene angeordnet, und zwar in Bezug auf die Fluide A und B in abwechselnder Reihenfolge. Das Führungsbauteil 1 ist dichtend auf ein Mischkammergehäuse 14 aufgesetzt, -geklebt oder -geschweißt. Vorzugsweise ist die Symmetrieachse orthogonal zu den Ebenen, die durch die Folien gebildet werden ausgerichtet.

[0022] Eine zweite Ausführungsform des statischen Mikrovermischers geben **Fig.2 bis 4** wieder. Sie unterscheidet sich durch die erste Ausführungsform gem. **Fig. 1** im Wesentlichen durch die Anordnung der Einmündungen und Zuführungen in mehreren Ebenen. Beide Ausführungsformen zeichnen sich durch eine um eine Symmetrieachse 13 rotationssymmetrische vorzugsweise zylinderförmige Mischkammer 12 mit zwei Endbereichen aus.

[0023] Beide vorgenannten Ausführungsformen sind grundsätzlich ähnlich aufgebaut. Dieser Aufbau wird anhand der zweiten Ausführungsform wie folgt näher erläutert (vgl. **Fig.2 bis 4**). Die Ausführungsformen umfassen ein Führungsbauteil 1, vorzugsweise bestehend aus einer Anzahl von aufeinander gas- und druckdicht miteinander verbundener (z.B. über einen Diffusions-schweißprozess), abwechselnd gestapelter Folien 2 und 3 (erste Folie 2 und zweite Folie 3) zwischen einer als Mischkammerabschluss (Mischkammerende) dienende Deckfolie 4 und einem Mischkammergehäuse 14. Jede Ebene wird durch eine der Folien 2 oder 3 gebildet, d.h. die erste Ausführungsform umfasst nur eine Folie 2 oder 3 (in **Fig.1** nicht explizit dargestellt). Auf den Folien 2 und 3 sind die Zuführungen 5 und die Einmündungen 6 als Kanalstrukturen eingearbeitet (vorzugsweise spangebend, erosiv oder chemisch ätzend). Die Deckfolien weisen Anschlussöffnungen 7 für die vorgenannten, in **Fig. 1 bis 4** aber nicht weiter dargestellte Fluidanschlüsse auf. Die Anschlussöffnungen schließen sich im Führungsbauteil an die vorgenannten Fluidkanäle an, welche sich durch eine Anzahl übereinander deckungsgleich angeordneter Durchbrüche 8 in den Folien im Folienstapel bilden. Durch diese Anschlussöffnungen erfolgt eine Einleitung der Fluide A und B in die Fluidkanäle (dargestellt in **Fig.2** durch Pfeile auf der Deckfolie 4) und von dort in die Zuführungen 5, um das Führungsbauteil über Einmündungen 6 in die Mischkammer zu verlassen.

Die Fläche des Führungsbauteils 1 im Bereich der Einmündungen 6 bildet dabei die ebene Wandung 9 der Mischkammer.

[0024] **Fig.3** zeigt anhand Detailansichten die Folien 2 und 3 mit den Durchbrüchen 8, sowie die Kanalstrukturen, umfassend die Zuführungen 5 und die Einmündungen 6 im Bereich der Wandung 9. Im Rahmen dieser Ausführungsform mündet je Folie nur eine Zuführung 5 aus jedem Durchbruch 8 aus, wobei die Durchbrüche die Fluidkanäle für die Fluidfraktionen A und B in abwechselnder Reihenfolge bilden. Jede Folie bildet somit eine Ebene mit Einmündungen der Fluidfraktionen A und B in abwechselnder Reihenfolge. Andererseits sind die Kanalstrukturen von Folie 2 und 3 nicht deckungsgleich, sondern weisen versetzt zueinander angeordnete Einmündungen 6 und Zuführungen 5 auf. Sind die Einmündungen der ersten Folien 2 und der zweiten Folien 3 um jeweils eine Einmündung versetzt, erhält man das in **Fig. 3** dargestellte Schachbrettmuster der Einmündungen 6 der Fluide A und B, wobei die Einmündungen im Winkel von 90° zur Wandung 9 orientiert sind (vgl. **Fig.4**).

[0025] Idealerweise sind die Einmündungen 6 der Fluidfraktionen A und B zugunsten einer laminaren Vermischung der vorgenannten Fluidstromfäden aber in der Mischkammer parallel zueinander orientiert (vgl. **Fig.2**). Dabei bieten sich grundsätzlich Winkel größer 0° vorzugsweise zwischen 45 und 90° an.

[0026] Ein ungleicher Winkel und damit ein Überkreuzen der Fluidstromfäden sind dagegen grundsätzlich anzustreben, wenn eine gezielte Einstellung eines turbulenten Strömungszustands unmittelbar an den Einmündungen angestrebt wird. Der Winkelunterschied liegt dabei bevorzugt oberhalb 10°. Liegt er oberhalb von 90°, kommt es zu einem Gegeneinanderströmen der Fluidstromfäden und damit wiederum zu einem erhöhten Staudruck.

[0027] Die Folien 2 und 3 und damit die Einmündungen (vgl. **Fig.2** und 3) und die Ausmündungen 11 (vgl. **Fig.2**) befinden sich in je einem dieser Endbereiche, wobei das vorgenannte Führungsbauteil 1 das eine Ende der rotationssymmetrischen Mischkammer 12 vollständig umschließt. Analog zu den in **Fig.2** dargestellten Folien 2 und 3 weisen die dargestellten Zuführungen 5 auf der zweiten Folie 3 einen Versatz zu den Durchbrüchen 8 auf, womit sich die Einmündungen 6 an der Mischkammerwandung 9 bei abwechselnder Reihenfolge der Folien 2 und 3 und bei einer um je eine Einmündung pro Ebene (Folie) versetzter Anordnung der Einmündungen gemäß eines Schachbrettmusters anordnen (vgl. **Fig.3 und 4**).

[0028] In der dargestellten Form sind die Einmündungen zur Symmetrieachse hin ausgerichtet und bilden mit dieser jeweils einen rechten Winkel. Alternativ lassen sich die Einmündungen windschief zu der Symmetrieachse anordnen, womit man in einer rotationssymmetrischen Mischkammer eine Strömungsrichtung, vorzugsweise eine wendelförmige insbesondere im außen liegenden Bereich der Mischkammer, vorgibt. Dabei bietet

es sich an, die Mischkammer als Ringspaltvolumen zu gestalten und/oder die Ausmündungen in Strömungsrichtung anzuordnen. Vorzugsweise sind die Ausmündungen außerhalb der Symmetrieachse angeordnet. Eine möglichst stricte gleichartige geometrische Ausrichtung aller Einmündungen in ihrer Anordnung zu der Symmetrieachse für beide der Fluidfraktionen begünstigt eine laminare Vermischung der Fluidstromfäden in vorgenannter Weise.

[0029] Fig.5 zeigt eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform mit Ringspaltvolumen als rotationsymmetrische Mischkammer 12. Sie unterscheidet sich von der in Fig.2 bis 4 dargestellten zweiten Ausführungsform durch den um die Symmetrieachse 13 angeordneten Kern 15. Sind die Einmündungen im vorgenannten Sinne windschief zu der Symmetrieachse 13 und zu dieser auch gleichartig ausgerichtet, baut sich im Ringspaltvolumen um den Kern 15 in Richtung der Ausmündung 11 eine Strömungswendel auf. Fig.5 zeigt zudem beispielhaft den Verlauf der durch die Durchbrüche der Folien 2 und 3 gebildeten Fluidkanäle 16.

[0030] Fig.6 zeigt die Ausführungsform gemäß Fig.5, jedoch mit einer Temperiervorrichtung in der Mischkammergehäusesseitigen Mischkammerwandung. In der dargestellten Ausführung umfasst die Temperiervorrichtung einen mikrofluidischen Wärmetauscher mit Mikrokanalstruktur und einem durchfließenden Temperiermedium, d.h. mit zwei Anschlüssen 1 und zwei Verteilerkanälen 18, zwischen denen eine Vielzahl von parallel geschalteten Einzelkanälen 19 das Mischkammergehäuse 14 durchdringt.

[0031] Alternativ lassen sich auch andere Komponenten des statischen Mikrovermischers temperieren, d.h. heizen oder kühlen, wie z.B. im Bereich des Kerns, selektiv die Zuführungen und Einmündungen für eine Fluidfraktion oder die Ausmündung. Insbesondere bei einer Temperierung der Einmündungen lassen sich unerwünschte Auswirkungen von größeren Temperatur- und Druckgradienten, beispielsweise Kavitation oder Änderungen des Aggregatzustands, bei Eintritt von Fluidstromfäden einer Fluidfraktion aus den Einmündungen in die Mischkammer reduzieren.

[0032] Fig.7 zeigt einen Kern 15 (vgl. Fig.5 und 6), welcher als doppeltes Rohr in zwei Teilvolumina unterteilt ist. Im Innenrohr 20 wird das Temperiermedium axial in eine Richtung zum einen Ende des Kerns geführt, um es zwischen Innen- und Außenrohr unter Wärmeabgabe in den umgebenden Bereich der Mischkammer 12 axial wieder zurück zuleiten.

Bezugszeichenliste

[0033]

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | Führungsbauteil |
| 2 | erste Folie |
| 3 | zweite Folie |
| 4 | Deckfolie |

- | | | |
|----|------------------|--------------------|
| 5 | Zuführung | |
| 6 | Einmündung | |
| 7 | Anschlussöffnung | |
| 8 | Durchbruch | |
| 5 | 9 | Wandung |
| | 11 | Ausmündung |
| | 12 | Mischkammer |
| | 13 | Symmetrieachse |
| | 14 | Mischkammergehäuse |
| 10 | 15 | Kern |
| | 16 | Fluidkanal |

Patentansprüche

15

1. Statischer Mikrovermischer umfassend

- a) eine Mischkammer (12),
- b) Zuführungen (5) für mindestens zwei zu mischende oder zu dispergierende Fluidfraktionen mit je mindestens einer Einmündung (6) in die Mischkammer sowie
- c) mindestens eine Ausmündung (11) aus der Mischkammer wobei
- d) die Einmündungen der Fluidfraktionen in abwechselnder Reihenfolge in mindestens einer Ebene angeordnet sind,
- e) die Mischkammer rotationssymmetrisch mit einer Symmetrieachse (13) und zwei Endbereichen gestaltet ist, wobei die Ausmündungen und die Einmündungen in je einem der Endbereiche positioniert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- f) die Ausmündungen außerhalb der Symmetrieachse angeordnet sind.

20

25

30

35

40

45

50

2. Statischer Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Einmündungen (6) in mindestens zwei Ebenen angeordnet sind, wobei die Einmündungen einer Ebene zu denen in der jeweils benachbarte Ebene versetzt angeordnet sind.

3. Statischer Mikrovermischer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einmündungen (6) einer Ebene zu denen in der jeweils benachbarten Ebene um jeweils eine Einmündung versetzt angeordnet sind.

4. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Einmündungen (6) je Fluidfraktion in einem Winkel zur Wandung der Mischkammer ausgerichtet sind, wobei dieser Winkel zwischen 0 und 90° liegt.

55

5. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ebenen durch gestapelte Folien (2, 3) mit Rillen als Fluidführungen gebildet sind, wobei die Zu-

führungen (5) pro Fluidfraktion über Fluidkanäle, umfassend übereinander liegende Durchbrüche (8) in den Folien (2, 3), fluidisch miteinander verbunden sind.

6. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Symmetrieachse (13) orthogonal zu den Ebenen ausgerichtet ist.

7. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einmündungen (6) windschief zu der Symmetrieachse (13) angeordnet sind.

8. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mischkammer (12) ein Ringspaltvolumen ist.

9. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Einmündungen (6) in ihrer Anordnung zu der Symmetrieachse (13) für jede Fluidfraktion gleichartig ausgerichtet sind.

10. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einmündungen (6) in der Mischkammer (12) eine Strömungsrichtung vorgeben sowie die Ausmündungen (11) in ihrer Anordnung zu der Symmetrieachse (13) gleichartig ausgerichtet sind.

11. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausmündungen (11) in einer Strömungsrichtung ausgerichtet sind.

12. Statischer Mikrovermischer nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mischkammer Wandungen (9) mit einer Temperierungsvorrichtung aufweist.

13. Statischer Mikrovermischer nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperierungsvorrichtung eine Mikrokanalstruktur mit einem durchfließenden Temperiermedium umfasst.

Claims

1. Static micromixer, including

- a) a mixing chamber (12),
- b) inlets (5) for at least two fluid fractions, which are to be mixed or dispersed, each having at least one opening (6) leading into the mixing chamber, as well as

c) at least one outlet (11) from the mixing chamber, wherein

d) the openings for the fluid fractions are disposed in an alternating sequence in at least one plane,

e) the mixing chamber has a rotationally symmetrical configuration with an axis of symmetry (13) and two end regions, the outlets and the openings each being positioned in one of the end regions,

characterised in that

f) the outlets are disposed outside the axis of symmetry.

2. Static micromixer according to claim 1, **characterised in that** openings (6) are disposed in at least two planes, the openings of one plane being disposed in an offset manner relative to the openings in the respectively adjacent plane.

3. Static micromixer according to claim 2, **characterised in that** the openings (6) of one plane are disposed in an offset manner relative to the openings in the respectively adjacent plane by [an amount corresponding to] one respective opening.

4. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** all of the openings (6) per fluid fraction are orientated at an angle relative to the wall of the mixing chamber, this angle being between 0° and 90°.

5. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the planes are formed by stacked films (2, 3) having grooves as the fluid guide means, the inlets (5) per fluid fraction being interconnected in a fluidic manner via fluid ducts, including perforations (8), which lie above one another, in the films (2, 3).

6. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the axis of symmetry (13) is orientated orthogonally relative to the planes.

7. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the openings (6) are disposed obliquely relative to the axis of symmetry (13).

8. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the mixing chamber (12) is a ring-gap area.

9. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** all of the openings (6) are identically orientated for each fluid

fraction in respect of their disposition relative to the axis of symmetry (13).

10. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the openings (6) in the mixing chamber (12) predetermine one direction of flow, and the outlets (11) are identically orientated in respect of their disposition relative to the axis of symmetry (13).
11. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the outlets (11) are orientated in one direction of flow.
12. Static micromixer according to one of the above-mentioned claims, **characterised in that** the mixing chamber has walls (9) with a temperature control apparatus.
13. Static micromixer according to claim 12, **characterised in that** the temperature control apparatus includes a microduct structure having a temperature control medium flowing therethrough.

Revendications

1. Micromélangeur statique comprenant :

- a) une chambre de mélange (12),
- b) des alimentations (5) pour au moins deux fractions de fluide à mélanger ou à disperser, ayant chaque fois une entrée (6) dans la chambre de mélange ainsi que,
- c) au moins une sortie (11) de la chambre de mélange,
- d) les entrées des fractions de fluide étant réparties dans un ordre alterné dans au moins un plan,
- e) la chambre de mélange est symétrique en rotation par rapport à un axe de symétrie (13) et comporte deux zones d'extrémité, les sorties et les entrées étant placées chaque fois dans l'une des zones d'extrémité,
- caractérisé en ce que**
- f) les sorties se trouvent en dehors de l'axe de symétrie.

2. Micromélangeur statique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les entrées (6) sont prévues dans au moins deux plans, les entrées d'un plan étant décalées chaque fois de celles du plan voisin.
3. Micromélangeur statique selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les entrées (6) d'un plan sont décalées par rapport à celles du plan voisin, chaque fois d'une entrée.

4. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** toutes les entrées (6) d'une fraction de fluide sont alignées suivant un angle par rapport à la paroi de la chambre de mélange, cet angle étant compris entre 0° et 90°.

5. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les plans sont formés par des films (2, 3) empilés avec des nervures formant des guides de fluide, les alimentations (5) par fraction de fluide étant reliées par des canaux de fluide comprenant des passages (8) superposés dans les films (2, 3).

6. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'axe de symétrie (13) est perpendiculaire aux plans.

7. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les entrées (6) sont inclinées par rapport à l'axe de symétrie (13).

8. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre de mélange (12) a un volume en forme d'intervalle annulaire.

9. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** toutes les entrées (6) sont disposées par rapport à l'axe de symétrie (13) suivant une disposition identique pour chaque fraction de fluide.

10. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les entrées (6) dans la chambre de mélange (12) prédéfinissent une direction d'écoulement et les sorties (11) sont disposées de la même manière par rapport à l'axe de symétrie (13).

11. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les sorties (11) sont dirigées dans une direction d'écoulement.

12. Micromélangeur statique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

la chambre de mélange comporte des parois (9)
avec un dispositif de mise en température.

13. Micromélangeur statique selon la revendication 12,
caractérisé en ce que
le dispositif de mise en température a une structure
de microcanaux traversée par un fluide de mise en
température.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

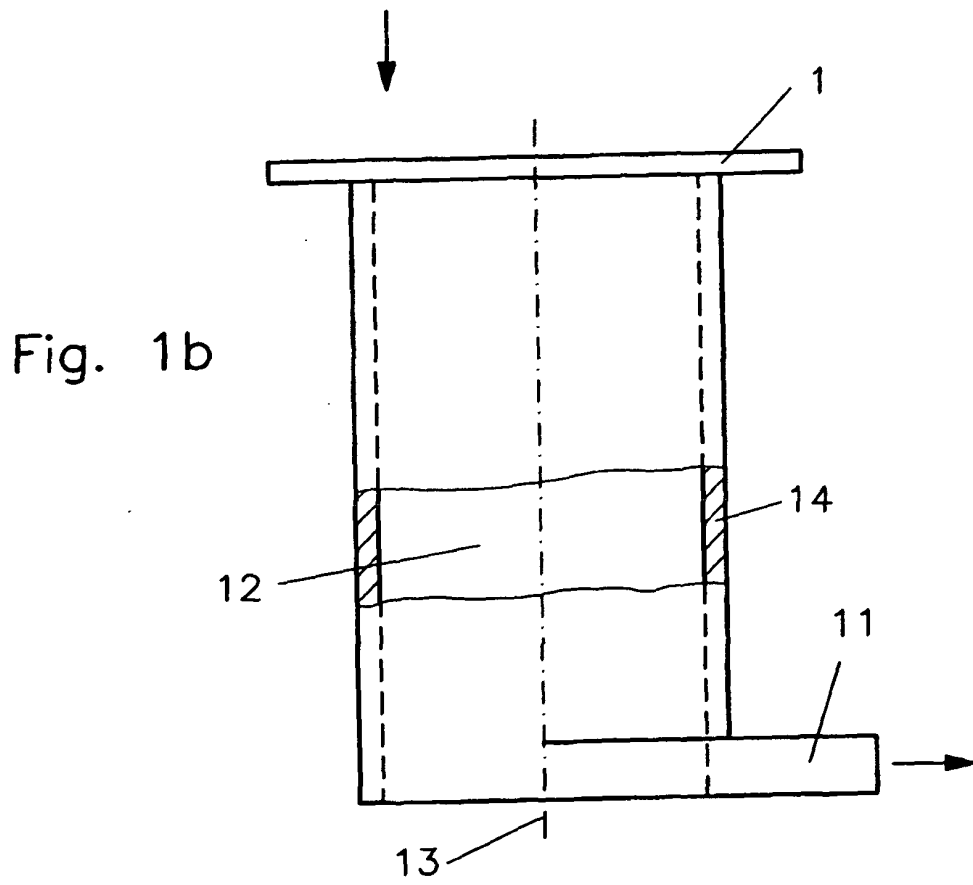
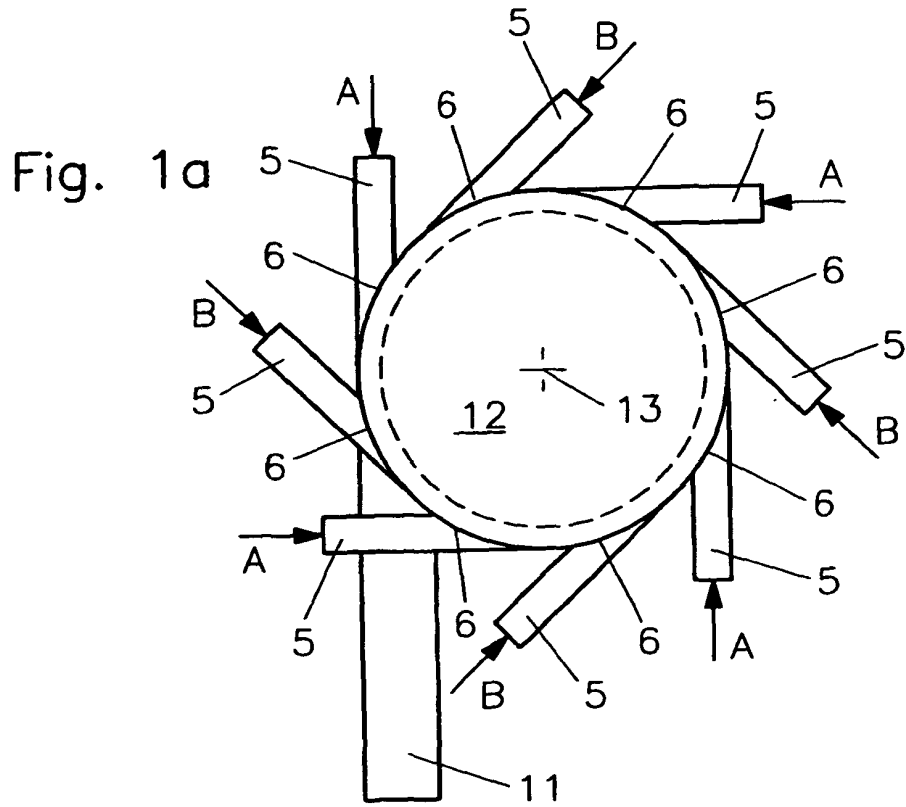


Fig. 2

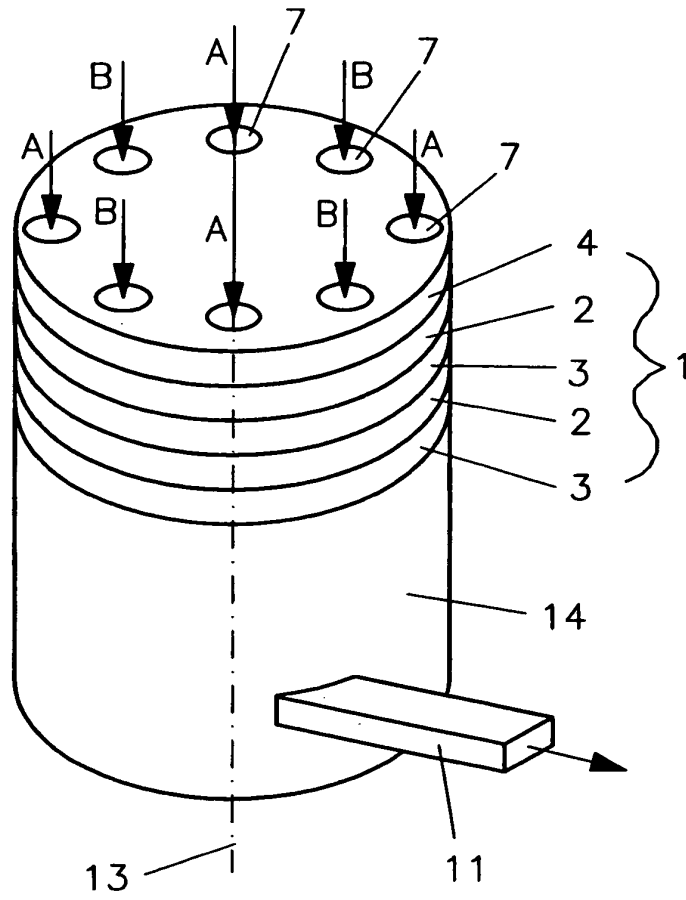


Fig. 3

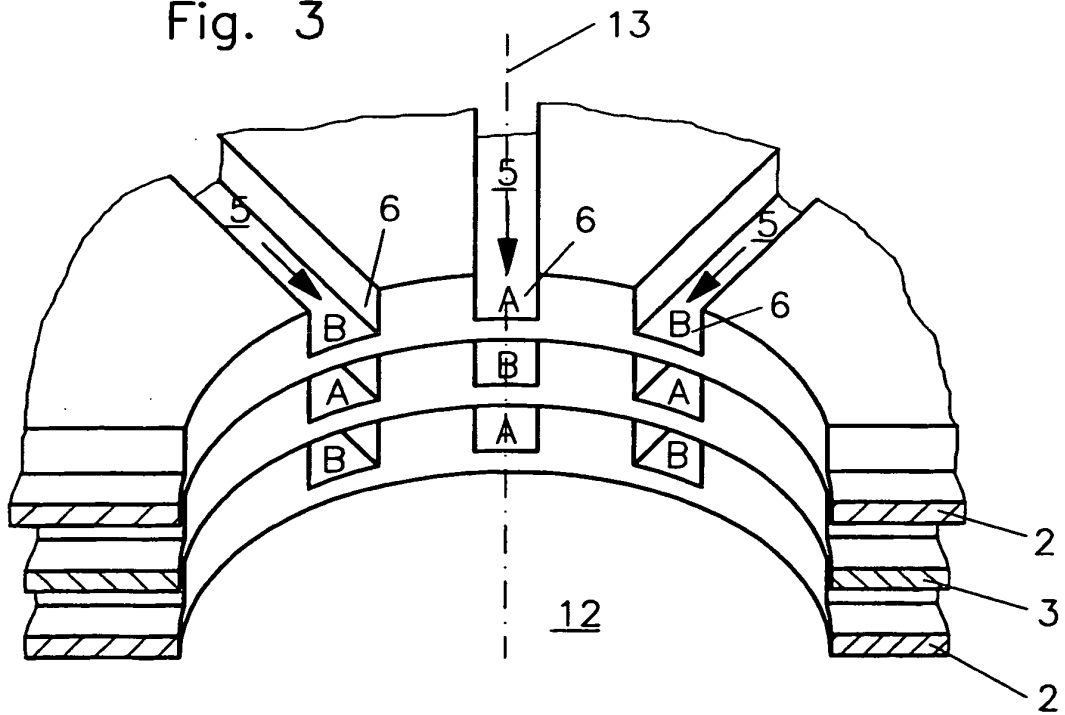
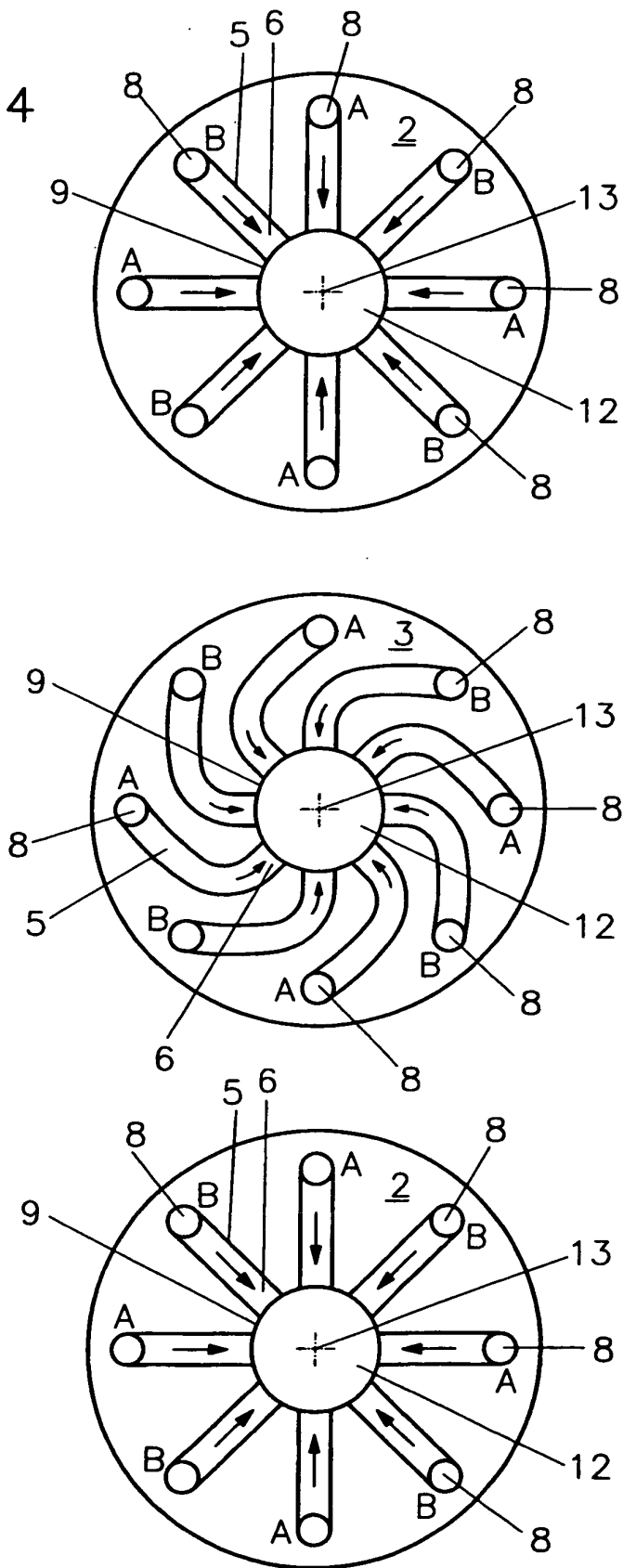


Fig. 4



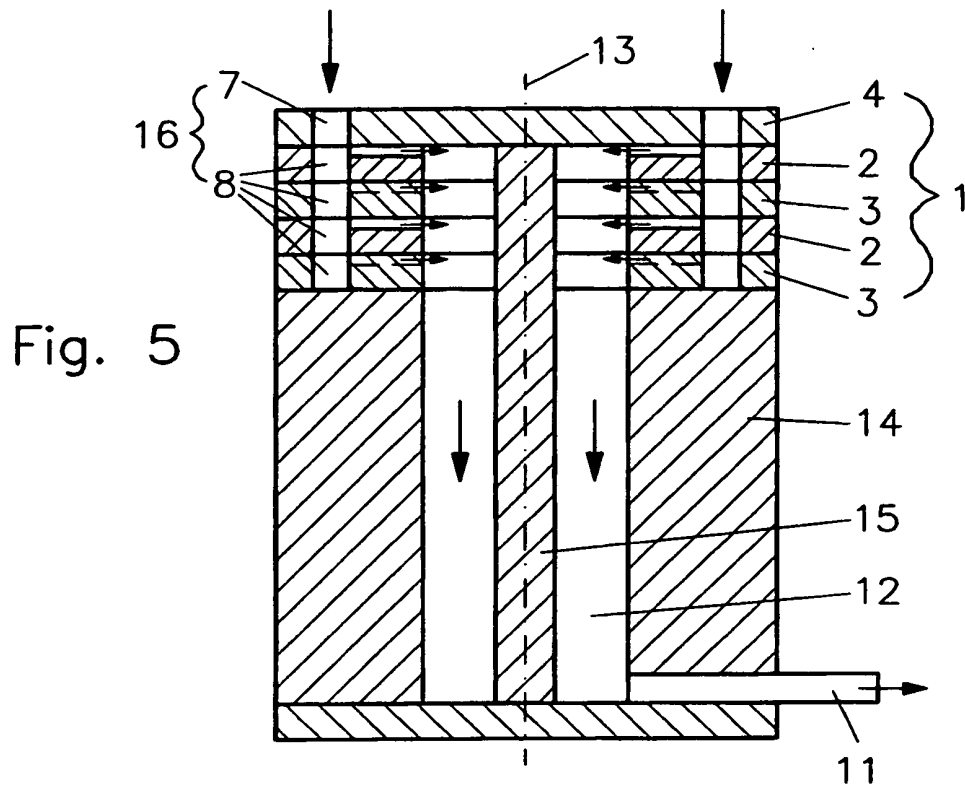


Fig. 6

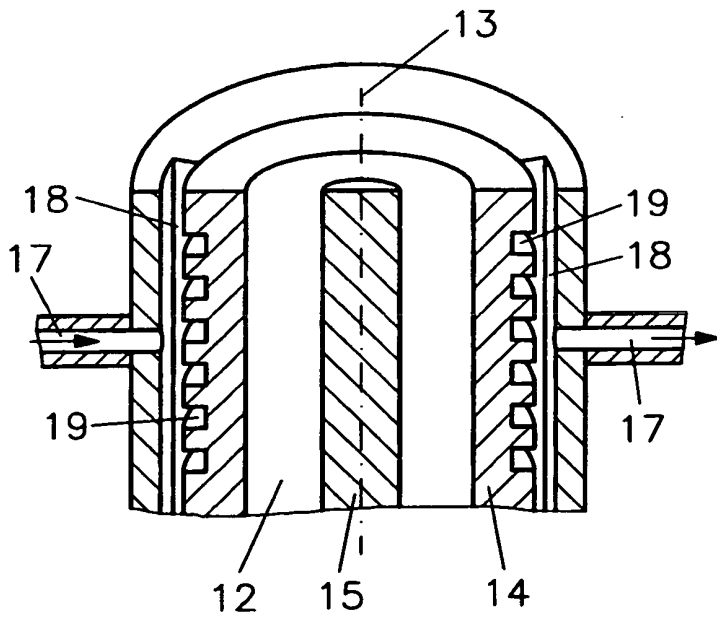
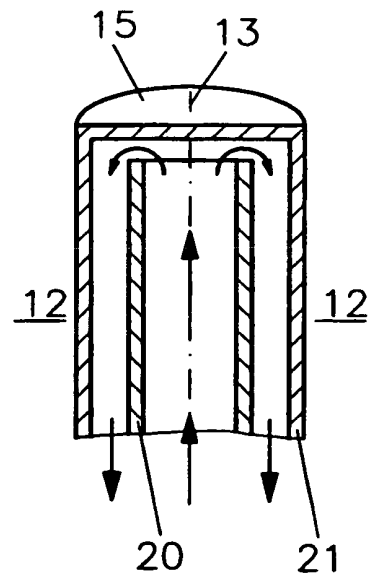


Fig. 7



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

- DE 4416343 C2 [0003]
- DE 19540292 C1 [0004]
- DE 10123093 A1 [0005]
- WO 02089966 A2 [0006]
- US 5573334 A [0008]