

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 493 485 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2006 Patentblatt 2006/22

(51) Int Cl.:
B01F 5/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04405218.1**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

(54) **Statischer Mischer**

Static mixer

Mélangeur statique

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

(30) Priorität: **08.05.2003 EP 03405324**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.2005 Patentblatt 2005/01

(73) Patentinhaber: **Sulzer Chemtech AG
8404 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder:
• **Mathys, Peter
8212 Neuhausen (CH)**

• **Schaetti, Robert
8408 Winterthur (CH)**
• **Mandic, Zdravko
8400 Winterthur (CH)**

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG
Patentabteilung 0067,
Zürcherstrasse 14
8401 Winterthur (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DD-B- 213 602 GB-A- 2 032 791
US-A- 4 123 178 US-A- 4 710 326
US-A- 4 899 812**

EP 1 493 485 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 Mischer für ein niedrigviskoses Fluid mit mischwirksamen Einbauten, die in einem Rohr oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind. Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Mischen mit dem erfindungsgemässen statischen Mischer.

[0002] Die Entwicklung von statischen Mixern hat zu einer sehr grossen Mannigfaltigkeit von solchen Mischeinrichtungen geführt. Zu einer Mischaufgabe, gemäss der eine bestimmte Mischgüte bei einem vorgegebenen, maximal zulässigen Druckverlust zu erreichen ist, lassen sich sehr viele Lösungen realisieren. Diese Lösungen unterscheiden sich aber ganz erheblich im konstruktiven Aufwand, der Auswirkungen auf die Herstellungskosten und auch die Kosten für die Installation des Mixers in einer Anlage hat. Mischeinrichtungen, welche die genannte Mischaufgabe mit einfachen Einbauten und zugleich mit einer minimalen Anzahl an Strukturelementen der Einbauten lösen, werden bevorzugt. Solche Mischeinrichtungen, die sich voraussichtlich immer mehr durchsetzen werden, weisen eine kurze Einbaulänge auf (Einbaulänge = Länge in einer Rohrleitung, die für die Einbauten vorgesehen sein muss); und sie erfordern ausserdem eine kurze Mischstrecke (= Distanz von der Eindosierstelle eines Additivs bis zu der Stelle in der Rohrleitung, wo die erforderliche Mischgüte erreicht ist).

[0003] Für das Mischen eines Fluids im turbulenten Strömungsbereich werden Lösungen angeboten, bei denen die Rohrleitung eine Struktur enthält, die aus nur einem einzigen, kurzen Mischelement, d.h. einer minimalen Anzahl an Strukturelementen der Einbauten, besteht (siehe z.B. US-A- 5 839 828). Eine solche Lösung ist, soweit sie die Einbaulänge der Struktur betrifft, optimal. Es hat sich aber gezeigt, dass diese bekannten, jeweils nur ein Mischelement umfassende Strukturen wegen erheblichen Mängeln verbessert werden müssen.

[0004] Es gibt Strukturen, bei welchen die kurze Einbaulänge mit einem grossen Druckverlust und/oder mit einer langen Mischstrecke verbunden ist. Ein weiteres, überraschend festgestelltes Problem ist das Folgende: Die Einbauten bekannter statischer Mixer sind Strömungshindernisse, die vom Fluid umströmt werden und durch die das Fluid in Wirbelbewegungen versetzt wird. Hinter jedem Hindernis lösen sich Wirbel mit einer bestimmten Frequenz ab. Ein ähnliches Phänomen kann bei einem umströmten Zylinder in Form der "Karman'schen Wirbelstrasse" beobachtet werden. Bei statischen Mixern bilden die Wirbelbewegungen in der Regel einen wesentlich komplizierteren Vorgang. Mit der "Karman'schen Wirbelstrasse" gemeinsam ist aber die Periodizität des Vorgangs. Die Wirbelballen, die sich an den Hindernissen periodisch ablösen, werden von der Strömung in axialen, gleich bleibenden Abständen mitgetragen. Ein dem Mischer zugegebenes Additiv wird von den sich ablösenden Wirbeln erfasst und mit diesen im Rohr fortgetragen. Es entstehen Inhomogenitäten in Form von

axialen Konzentrationsunterschieden, die im Rohr an festen Beobachtungsstellen als zeitliche Schwankungen erscheinen. Dieses zeitliche Phänomen ist im Mischer, der in dem oben genannten US-A- 5 839 828 beschrieben ist, deutlich feststellbar. Auch bei einem Mischer, der aus der EP-A- 1 153 650 (= P.7032) bekannt ist, erscheinen entsprechende Inhomogenitäten.

[0005] Üblicherweise wird unter Mischgüte eines statischen Mixers ein Mass für die Homogenisierung verstanden, das sich auf die radiale Konzentrationsverteilung bezieht: Je kleiner Inhomogenitäten dieser radialen Verteilung sind, desto besser ist die Mischgüte. Die durch die axialen Konzentrationsgradienten gegebenen Inhomogenitäten können aber die gleiche Grössenordnung haben wie die Inhomogenitäten bezüglich den radialen Konzentrationsverteilungen. Dies konnte mit einem Messverfahren festgestellt werden, bei dem die Mischgüte mit einer hohen Frequenz (20 Messungen pro Sekunde) erfasst wurde. In einigen Anwendungsfällen können diese axialen Inhomogenitäten oder zeitlichen Schwankungen von erheblicher Bedeutung sein: Beispielsweise bei einer schnellen chemischen Reaktion zwischen den zu mischenden Komponenten, oder bei einer Regelung der Fördermenge eines Additivs, die bezüglich im Rohr gemessenen Konzentrationen vorgenommen wird.

[0006] Die Druckschriften DD 213602, GB-A-2032791 und US-A-4899812 offenbaren statische Rohreinbauten, mit denen Fluidströmungen zwecks Verbesserung eines Mischens oder Wärmetransports so beeinflussbar sind, dass jeweils einer globalen Grundströmung sekundäre Strömungen, die durch besondere Strukturelemente induziert sind, überlagert werden.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, einen statischen Mischer zu schaffen, der bei Einsatz eines einzigen Mischelements oder bei einer minimalen Anzahl von Strukturelementen der Einbauten die Nachteile hinsichtlich axialen Inhomogenitäten nicht aufweist und so - trotz geringen Einbaukosten - eine hohe Qualität der Mischung sicherstellt. Diese Aufgabe wird durch den im Anspruch 1 definierten statischen Mischer gelöst.

[0008] Der statische Mischer für ein niedrigviskoses Fluid enthält mischwirksame Einbauten, die in einem Rohr oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind. Die Geometrie der Einbauten ist weitgehend jene einer Grundstruktur. Die Einbauten umfassen Strukturelemente in Form von flachen, gefalteten oder gekrümmten blechartigen Strömungshindernissen sowie dazwischen liegende Engpässe. Durch Einbauten in Form der Grundstruktur ist eine Strömung erster Ordnung erzielbar, welche in stromabwärts liegenden Mischbereichen eine den Rohrinhalt global durchmischende Strömung ist. Die Strukturelemente der Grundstruktur lassen sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben. Die Strukturelemente - nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" genannt - sind auf Oberflächen und/oder an Rändern geometrisch modifiziert. Durch diese Modifikationen sind lokale Strömungen

zweiter Ordnung induzierbar, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern. Es werden nämlich radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen. Sekundäre Strömungshindernisse bilden die Modifikationen, durch welche die Turbulenz lokal intensiviert wird und/oder Rückströmungen induziert werden.

[0009] Die abhängigen Ansprüche 2 bis 7 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Mischers. Verfahren zum Mischen mit einem statischen Mischer gemäss der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 8 und 9.

[0010] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen ringförmigen Teil eines erfindungsgemässen Mischers mit Einbauten, deren Strukturelemente lamellenförmige sekundäre Strömungshindernisse aufweisen,

Fig. 2 eine Kreuzkanalstruktur mit zwei weiteren Beispielen von sekundären Strömungshindernissen,

Fig. 3 Einbauten eines erfindungsgemässen Mischers mit zwei segmentartigen Strukturelementen,

Fig. 4 ein Detail zur Struktur der Fig. 3,

Fig. 5 eine Einbaute mit zwei Leitschaufeln als Strukturelementen,

Fig. 6 sekundäre Strömungshindernisse (vier Teilbilder), die rippenförmig sind und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses angeordnet sind,

Fig. 7, 8 sekundäre Strömungshindernisse in Form von linearen Elementen, die gezahnte Kanten bilden bzw. aus separaten Zähnen zusammengesetzt sind,

Fig. 9 diverse Zahnformen (drei Teilbilder),

Fig. 10 gefräste sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die in Form von linearen Elementen an einem Rand des primären Strömungshindernisses angeordnet sind, und

Fig. 11 sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die jeweils am primären Strömungshindernis durch Biegen der Ränder hergestellt sind.

[0011] Ein erfindungsgemässer Mischer 1, der eine besondere Ausgestaltung hat, ist teilweise in der Fig. 1

dargestellt. Dieser statische Mischer 1, mit dem ein niedrigviskoses Fluid 20 homogenisierbar ist, besteht aus einem Abschnitt eines Rohrs 3 und mischwirksamen Einbauten 10, die im Rohr 3 angeordnet sind. Es ist nur ein ringförmiger Teil 30 des Rohrs 3 abgebildet. Dieser Teil 30 wird an einem Flanschübergang des nicht dargestellten Rohrs 3 montiert. Die mischwirksamen Einbauten 10 dieses Ausführungsbeispiels können auch in einem Rohr 3 an einer Stelle angeordnet sein, der nicht als Flanschübergang ausgebildet ist.

[0012] Die Geometrie der Einbauten 10 ist weitgehend jene einer Grundstruktur, die Strukturelemente 11, 11' und 12 in Form von segment- bzw. flügelartigen Strömungshindernissen aufweist. Durch zwischen den Strukturelementen liegende Engpässe strömt das Fluid 20, dessen Strömung durch Pfeile 21 angedeutet ist. Die Strukturelemente der Grundstruktur, die sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben lassen, werden nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" genannt. Diese primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 sind an den Rändern geometrisch modifiziert, nämlich durch sekundäre Strömungshindernisse 11a, 11a' und 12a, die im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 lamellenförmig sind.

[0013] Durch Einbauten 10, die in der Form der Grundstruktur ausgebildet sind, ergibt sich eine Strömung erster Ordnung, welche eine Strömung ist, die in stromabwärts liegenden Mischbereichen den Rohrinhalt global durchmischt. Es erfolgt in diesen Bereichen eine Durchmischung über den ganzen Rohrquerschnitt durch grossräumige Bewegungen, insbesondere durch periodisch sich ablösende und sich fortpflanzende Wirbelbewegungen. Aufgrund der Modifikationen der Grundstruktur mittels der sekundären Strömungshindernisse werden lokale Strömungen zweiter Ordnung induziert, welche die Effektivität des Mischvorgangs durch folgende Effekte positiv beeinflussen:

a) Durch die Modifikation wird der Turbulenzgrad der Strömung erhöht. Wie bereits bei bekannten Mischern beobachtet worden ist, verbessert sich die Mischgüte, wenn die Strömung auf der Eintrittsseite eine hohe Turbulenz aufweist. Eine solche erhöhte Turbulenz kann beispielsweise die Folge eines stromaufwärts angeordneten Krümmers mit Leitblechen sein. Ein ähnlicher oder noch stärkerer positiver Effekt kann erzielt werden, wenn im Mischer selber durch sekundäre Strömungshindernisse der Turbulenzgrad lokal gezielt erhöht wird. Besonders wirkungsvoll sind die Hindernisse, wenn sie in der Nähe der Stelle angeordnet sind, wo das Additiv zugegeben wird. Dort sind die Konzentrationsgradienten noch vergleichsweise stark ausgeprägt, und eine Verbesserung der Mischungswirkung in diesen Bereichen wirkt sich besonders positiv auf die Effektivität des Mischers aus.

b) Mit Hilfe der sekundären Strömungshindernisse

11a, 11'a und 12a können gezielt Rückströmungen erzeugt werden, in denen ein Additiv verdünnt wird, bevor es ausgewaschen und in den sich ablösenden Wirbeln fortgetragen wird. Dadurch werden die zeitlichen Konzentrationsschwankungen reduziert. Generell können durch Rückströmungen axiale Unterschiede ausgeglichen werden, auch solche, die durch eine nicht zeitkonstante Zugabe der zu mischenden Komponenten bedingt sind.

c) Die sekundären Strömungshindernisse 12a bewirken eine Kanalisierung der Strömung. Dadurch wird der Quertransport hinter dem zentralen Flügel 12 verbessert, wodurch die radialen Konzentrationsgradienten im Nachlauf der Einbauten 10 reduziert werden.

d) Durch die verstärkte Turbulenz und dadurch bedingte erhöhte turbulente Viskosität wird ausserdem die Strömung stabilisiert, d.h. Fluktuationen werden unterdrückt. Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a sind auch mit Vorteil so angeordnet und ausgeführt, dass der Strömungsabriss klar lokalisiert wird und somit nicht von der Reynoldszahl abhängt. Die Ausprägung der Strömung ist somit nicht von der Durchflussmenge abhängig und besser kontrollierbar.

[0014] Die Kombination dieser Effekte a) bis d) ergibt eine verbesserte radiale und axiale Homogenisierung.

[0015] Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a erhöhen zwar den Druckverlust. Die Druckverlusterhöhung ist aber kleiner, als wenn stattdessen zusätzliche primäre Strömungshindernisse entsprechend den Hindernissen 11, 11' und 12 - also zusätzliche Mischelemente - eingesetzt würden. Solche wären notwendig, wenn auf die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a verzichtet würde. Somit sind die sekundären Hindernisse auch hinsichtlich des Energieeinsatzes positiv zu bewerten. Die primären Strömungshindernisse 11, 11', 12 sind also auf Oberflächen und/oder an Rändern durch die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11'a und 12a geometrisch so modifiziert, dass durch diese Modifikationen lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar sind, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern. Die Mischgüte verbessert sich dadurch, dass radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen werden, ohne dass sich zugleich eine Erhöhung des Druckabfalls um mehr als rund 100 % ergibt.

[0016] Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11'a und 12a sind an Randpartien der primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 angeordnet. Sie bilden so Modifikationen der primären Strömungshindernisse 11, 11' sowie 12 und intensivieren lokal die Turbulenz und/oder induzieren Rückströmungen des Fluids 20, wodurch die Durchmischung verbessert wird.

[0017] Mit Vorteil sind die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11'a und 12a lamellen- oder rippenförmig ausgebildet und quer zur lokalen Fliessrichtung der Strömung erster Ordnung an oder auf den primären Strömungshindernissen angeordnet.

[0018] Durch das Rohr 3 ist eine Hauptströmungsrichtung senkrecht zum Rohrquerschnitt definiert. Der Rohrquerschnitt wird durch eine Normalprojektion der primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 in Hauptströmungsrichtung weitgehend vollständig abgedeckt. Als Folge des Erfordernisses, dass die mischwirksamen Einbauten eine minimale Anzahl von Strukturelementen umfassen sollen, wird der Rohrquerschnitt durch die Normalprojektionen der einzelnen Strömungshindernisse 11, 11' und 12 nicht mehrfach abgedeckt; oder die Projektion weist lediglich marginale Überlappungszonen auf.

[0019] Bei der Ausführungsform der Fig. 1 ist das Rohr 3 zylindrisch und die primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 bilden eine spiegelsymmetrische Anordnung, mit einer Symmetrieebene, in der die Rohrachse liegt. Das Paar 11, 11' von segmentförmigen, weitgehend in einer gemeinsamen Ebene liegenden Strukturelementen bilden einen Engpass, innerhalb dem das flügel- oder stegförmige Strukturelement 12 die Ebene der beiden anderen Strukturelemente 11, 11' kreuzend angeordnet ist.

[0020] Bei der in Fig. 2 abgebildeten Einbaute 10 ist die Grundstruktur eine Kreuzkanalstruktur, bei der eine Mehrzahl von zickzackartig gefalteten Blechen 13, 14 (und strichpunktiert angedeuteten Blechen 13', 14') die primären Strömungshindernisse bilden. Rippen 13a und/oder drahtartige Erhebungen 13b sind auf den Blechoberflächen der Kreuzkanalstruktur angeordnet. Von diesen sekundären Strömungshindernissen 13a, 13b ist jeweils nur ein Beispiel dargestellt. Die Rippen 13a sind mit Vorteil scharfkantig ausgebildet und dienen als Abrisskanten an den überströmten Falten.

[0021] Fig. 3 zeigt Einbauten 10 eines erfindungsgemässen Mischers 1 mit zwei segmentartigen Strukturelementen 15. Die sekundären Strömungshindernisse 15a der Strukturelemente 15 sind lamellenförmig. Die Innenseite des Rohrs 3 ist durch die strichpunktierten Linien 31 angedeutet. Ein Querschnitt durch die Strukturelemente 15 ist in Fig. 4 gezeigt. Durch die Pfeile 21 ist angedeutet, wie sich hinter den Strukturelementen 15 Rückströmungen ausbilden.

[0022] Fig. 5 zeigt eine Einbaute mit zwei Leitschaufeln 15 als Strukturelemente. Bei der einen der Leitschaufeln 15 sind sekundäre Strömungshindernisse 15a dargestellt.

[0023] In Fig. 6 sind sekundäre Strömungshindernisse 16a in vier Teilbildern dargestellt, im ersten als perspektivische Darstellung und in den weiteren Teilbildern nur noch als Querschnittsprofile. Diese Hindernisse 16a sind rippenförmig und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses 16 angeordnet.

[0024] Die Figuren 7 und 8 zeigen sekundäre Strö-

mungshindernisse 17a bzw. 18a, die lineare Elemente bilden: eines mit gezahnter Kante und eines mit separaten Zähnen 19. Beispiele zu weiteren Formen der Zähne 19 sind in drei Teilbildern der Fig. 9 gezeigt. Das lineare Element 17a kann statt eines gezahnten Randes auch einen wellenförmigen Rand aufweisen. Eine solche geometrische Modifikation am Rand des primären Strömungshindernisses ergibt eine Verlängerung der Kante, was vorteilhafterweise eine verstärkte Ausbildung von Turbulenz zur Folge hat.

[0025] Fig. 10 zeigt gefräste sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die in Form von linearen Elementen an einem Rand des primären Strömungshindernisses angeordnet sind.

[0026] Fig. 11 zeigt sekundäre Strömungshindernisse, die jeweils am primären Strömungshindernis durch Umformen dessen Rands hergestellt sind: schwach gebogen (erstes Teilbild), stark gebogen (zweites Teilbild) und zweifach gebogen (drittes Teilbild), wie jeweils durch Pfeile angedeutet ist. Ähnliche Formen von Strömungshindernissen können auch durch Anschweißen von Blechstreifen an die primären Strömungshindernisse realisiert werden.

[0027] Die Ausführungsform der Fig. 1 enthält im Rohrstück 30 eine Einspeisestelle 100 für Additive. Die Einspeisestelle 100 mündet mit Vorteil in eine Zone der Mischbereiche, in der die Beeinflussung der Strömung durch die geometrischen Modifikationen besonders stark ausgebildet ist. Es können auch eine Mehrzahl von Einspeisestelle 100 vorgesehen sein. Vorteilhafter ist aber eine einzige Einspeisestelle 100, die so bezüglich den Einbauten 10 optimal angeordnet werden kann. Die Erfahrung hat ergeben, dass eine Mehrzahl von Einspeisestellen 100 für ein einziges Additiv mit Problemen verbunden ist, die bei einer einzigen Einspeisestelle 100 wegfallen.

[0028] Der erfindungsgemäße Mischer 1 wird zum Durchführen eines Mischverfahrens verwendet, bei dem das zu mischende Fluid 50 in einer Vorzugsrichtung durch den Mischer 1 transportiert wird. Bezüglich dieser Vorzugsrichtung wird eine bessere Mischgüte als in der umgekehrten Richtung erzielt.

[0029] Wie bereits erwähnt worden ist, verbessert sich die Mischgüte, wenn die Strömung auf der Eintrittsseite turbulent ist. Es kann daher auch für das erfindungsgemäße Mischverfahren vorteilhaft sein, wenn das Fluid 20, bevor es in die mischwirksamen Einbauten 10 geleitet wird, in einen hydrodynamischen Zustand gebracht wird, in dem es turbulente Strömungskomponenten oder eine verstärkte Turbulenz aufweist.

Patentansprüche

1. Statischer Mischer (1) für ein niedrigviskoses Fluid (20), mit mischwirksamen Einbauten (10), die in einem Rohr (3) oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind und deren Geometrie weitge-

hend jene einer Grundstruktur ist, welche Einbauten Strukturelemente (11, 11', 12) in Form von flachen, gefalteten oder gekrümmten blechartigen Strömungshindernissen sowie dazwischen liegende Engpässe umfassen, wobei durch Einbauten in Form der Grundstruktur eine Strömung erster Ordnung erzielbar ist, welche in stromabwärts liegenden Mischbereichen eine den Rohrinhalt global durchmischende Strömung ist, und die Strukturelemente der Grundstruktur sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben lassen, wobei die Strukturelemente - nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" (11, 11', 12) genannt auf Oberflächen und/oder an Rändern geometrisch modifiziert sind, so dass durch diese Modifikationen lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar sind, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern, nämlich derart, dass radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen werden, wobei durch das Rohr (3) eine Hauptströmungsrichtung senkrecht zum Rohrquerschnitt definiert ist, der Rohrquerschnitt durch eine Normalprojektion der primären Strömungshindernisse in Hauptströmungsrichtung weitgehend vollständig (11, 11', 12) abgedeckt ist und der Rohrquerschnitt durch die Normalprojektionen der einzelnen Strömungshindernisse nicht mehrfach abgedeckt ist oder lediglich marginale Überlappungszonen aufweist.

2. Statischer Mischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sekundäre Strömungshindernisse (11 a, 11 a', 12a) die Modifikationen bilden, durch welche die Turbulenz lokal intensiviert wird und/oder Rückströmungen induziert werden, wobei die sekundären Hindernisse mit Vorteil an Randpartien der primären Strömungshindernisse (11, 11', 12) angeordnet sind.
3. Statischer Mischer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sekundären Strömungshindernisse (11 a, 11 a', 12a) lamellen- oder rippenförmig ausgebildet sind und quer zur lokalen Fliessrichtung der Strömung erster Ordnung an oder auf den primären Strömungshindernissen (11, 11', 12) angeordnet sind.
4. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Folgendes zumindest angenähert gilt, dass das Rohr (3) zylindrisch ist und die primären Strömungshindernisse (11, 11', 12) eine spiegelsymmetrische Anordnung bilden, mit einer Symmetrieebene, in der die Rohrachse liegt, und dass ein Paar von segmentförmigen, in einer Ebene liegenden Strukturelementen (11, 11') einen Engpass bilden, innerhalb dem insbesondere ein flügel- oder stegförmiges Strukturele-

ment (12) die Ebene der beiden anderen Strukturelemente kreuzend angeordnet ist.

5. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, , **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundstruktur eine Kreuzkanalstruktur ist, bei der eine Mehrzahl von zickzackartig gefalteten Blechen (13, 14) die primären Strömungshindernisse bilden, und dass Rippen (13a) und/oder drahtartige Erhebungen (13b) auf den Blechoberflächen der Kreuzkanalstruktur angeordnet sind, wobei die Rippen mit Vorteil scharfkantig ausgebildet sind und als Abrisskanten an überströmten Faltkanten dienen. 5 10
6. Statischer Mischer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich durch die geometrischen Modifikationen eine Verlängerung der Kanten an den primären Strömungshindernissen (11, 11', 12) ergibt, beispielsweise durch sekundäre Strömungshindernisse, die einen wellenförmigen oder gezahnten Rand aufweisen, oder dass die sekundären Strömungshindernisse (17a) einen wellenförmigen oder gezahnten Rand aufweisen und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses (17) angeordnet sind. 15 20 25
7. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr eine Einspeisestelle (100) für Additive enthält und dass die Einspeisestelle in eine Zone der Mischbereiche mündet, in der die Beeinflussung der Strömung durch die geometrischen Modifikationen besonders stark ausgebildet ist. 30
8. Verfahren zum Mischen mit einem statischen Mischer (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu mischende Fluid (20) in einer Vorzugsrichtung durch den Mischer transportiert wird, wobei bezüglich dieser Vorzugsrichtung eine bessere Mischgüte als in der umgekehrten Richtung erzielt wird. 35 40
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid (20), bevor es in die mischwirksamen Einbauten (10) geleitet wird, in einen hydrodynamischen Zustand gebracht wird, in dem es turbulente Strömungskomponenten oder eine verstärkte Turbulenz aufweist. 45 50

Claims

1. A static mixer (1) for a low viscosity fluid (20) having inbuilt devices (10) effective for mixing which are arranged in a pipe (3) or in a container conducting the fluid and whose geometry is largely that of a base structure, said inbuilt devices including structure elements (11, 11', 12) in the form of flat, folded or 55

curved sheet metal-like flow obstacles as well as constrictions lying therebetween, with a flow of the first order being able to be achieved by inbuilt devices in the form of the base structure, said flow of the first order being a flow mixing the pipe contents globally in downstream mixing regions and with the structure elements of the base structure being able to be described as segments, webs, plates and/or vanes, wherein the structure elements - called "primary flow obstacles" (11, 11', 12) in the following - are geometrically modified at surfaces and/or at edges such that local flows of a second order can be induced by these modifications which are superimposed on the flow of the first order and so improve the mixing quality, namely such that radial and axial inhomogeneities in the fluid are better compensated than by the flow of the first order, wherein a main flow direction is defined perpendicular to the pipe cross-section by the pipe (3), wherein the pipe cross-section is largely completely covered (11, 11', 12) by a normal projection of the primary flow obstacles in the main flow direction and wherein the pipe cross-section is not multiply covered by the normal projections of the individual flow obstacles or only has marginal overlapping zones.

2. A static mixer in accordance with claim 1, **characterised in that** secondary flow obstacles (11a, 11a', 12a) form the modifications by which the turbulence is locally intensified and/or backflows are induced, with the secondary obstacles advantageously being arranged at edge regions of the primary flow obstacles (11, 11', 12).
3. A static mixer in accordance with claim 2, **characterised in that** the secondary flow obstacles (11a, 11a', 12a) are made in lamellar or rib form and are arranged transversely to the local flow direction of the flow of the first order at or on the primary flow obstacles (11, 11', 12).
4. A static mixer in accordance with any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the following applies at least approximately: that the pipe (3) is cylindrical and the primary flow obstacles (11, 11', 12) form a mirror-symmetrical arrangement with a plane of symmetry in which the pipe axis lies; and that a pair of segment-like structure elements (11, 11') lying in one plane form a constriction within which in particular a vane-like or web-like structure element (12) is arranged crossing the plane of the two other structure elements.
5. A static mixer in accordance with any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the base structure is a crossed channel structure, in which a plurality of metal sheets (13, 14) folded in a zig-zag manner form the primary flow obstacles; and **in that** ribs

(13a) and/or wire-like elevations (13b) are arranged on the sheet metal surfaces of the crossed channel structure, with the ribs advantageously being made with sharp edges and serving as breakaway edges at folded edges over which flow occurs.

6. A static mixer in accordance with claim 1 or claim 2, **characterised in that** an extension of the edges at the primary flow obstacles (11, 11', 12) result from the geometrical modifications, for example from secondary flow obstacles which have a wave-like or toothed edge; or in that the secondary flow obstacles (17a) have a wave-like or toothed edge and are arranged on a surface of a primary flow obstacle (17) over which flow occurs.
7. A static mixer in accordance with any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the pipe includes an infeed point (100) for additives; and **in that** the infeed point opens into a zone of the mixing regions in which the influence on the flow by the geometrical modifications is particularly strong.
8. A method for mixing with a static mixer (1) in accordance with any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the fluid (20) to be mixed is transported through the mixer in a preferred direction, with a better mixing quality being achieved with respect to this preferred direction than in the opposite direction.
9. A method in accordance with claim 8, **characterised in that** the fluid (20) is brought into a hydrodynamic state in which it has turbulent flow components or an increased turbulence before it is led into the inbuilt devices (10) effective for mixing.

Revendications

1. Mélangeur (1) statique pour un fluide (20) à faible viscosité, comprenant des inserts (10) efficaces au niveau du mélange, qui sont disposés dans un tuyau (3) ou un récipient véhiculant le fluide et dont la géométrie est largement celle d'une structure de base, lesquels inserts présentent des éléments de structure (11, 11', 12) sous la forme d'obstacles à l'écoulement de type tôle, plats, pliés ou incurvés et des goulots d'étranglement intercalés, un écoulement de premier ordre pouvant être obtenu par des inserts sous la forme de la structure de base, qui est un écoulement mélangeant globalement le contenu du tuyau dans des zones de mélange situées en aval, et les éléments de structure de la structure de base pouvant être décrits comme des segments, des nervures, des plaques et/ou des ailettes, les éléments de structure - appelés ci-dessous "obstacles à l'écoulement primaires" (11, 11', 12) - étant modifiés au plan géométrique sur des surfaces et/ou sur des

bords de telle sorte que ces modifications peuvent induire des écoulements locaux de second ordre qui se superposent à l'écoulement de premier ordre et améliorent ainsi la qualité du mélange, c'est-à-dire de telle sorte que des manques d'homogénéité radiaux et axiaux dans le fluide peuvent être mieux compensés que par l'écoulement de premier ordre, une direction d'écoulement principale perpendiculairement à la section du tuyau étant définie par le tuyau (3), la section de tuyau étant largement complètement (11, 11', 12) recouverte par une projection normale des conditions d'écoulement primaires dans la direction d'écoulement principale et la section de tuyau n'étant pas couverte plusieurs fois par les projections normales des obstacles à l'écoulement individuels ou présentant seulement des zones de chevauchement marginales.

2. Mélangeur statique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des obstacles à l'écoulement (11a, 11a', 12a) secondaires forment les modifications par lesquelles la turbulence est intensifiée localement et/ou des reflux sont induits, des obstacles secondaires étant disposés avantageusement sur des parties de bordure des obstacles à l'écoulement (11, 11', 12) primaires.
3. Mélangeur statique selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les obstacles à l'écoulement (11a, 11a', 12a) secondaires sont conçus en forme de lamelles et de nervures et sont disposés transversalement à la direction d'écoulement locale de l'écoulement de premier ordre sur les obstacles à l'écoulement (11, 11', 12) primaires.
4. Mélangeur statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ce qui suit est valable au moins approximativement, **en ce que** le tuyau (3) est cylindrique et les obstacles à l'écoulement (11, 11', 12) primaires forment un dispositif symétrique, avec un plan de symétrie dans lequel se trouve l'axe du tuyau et **en ce qu'** une paire d'éléments de structure (11, 11') en forme de segment et située dans un plan, forme un goulot d'étranglement, à l'intérieur duquel est disposé en particulier un élément de structure (12) en forme d'ailette ou de nervure en croisant le plan des deux autres éléments de structure.
5. Mélangeur statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la structure de base est une structure de canal en croix, sur laquelle une pluralité de tôles (13, 14) pliées en zigzag forment les obstacles à l'écoulement primaires et **en ce que** des nervures (13a) et/ou des élévations (13b) du type fil sont disposées sur les surfaces de tôle de la structure de canal en croix, les nervures étant réalisées avantageusement avec un bord tran-

chant et servant d'arêtes de déchirure sur des arêtes de pliage recouvertes.

6. Mélangeur statique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, par les modifications géométriques, on obtient un prolongement des arêtes sur les obstacles à l'écoulement (11, 11', 12) primaires, par exemple par des obstacles à l'écoulement secondaires, qui présentent un bord ondulé ou dentelé, ou **en ce que** les obstacles à l'écoulement (17a) secondaires présentent un bord à forme ondulée ou denté et sont disposés sur une surface inondée d'un obstacle à l'écoulement (17) primaire.

5
10

7. Mélangeur statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le tuyau contient un point d'injection (100) pour des additifs et **en ce que** le point d'injection débouche dans une zone des secteurs de mélange dans laquelle l'influence de l'écoulement par les modifications géométriques est réalisée particulièrement fortement.

15
20

8. Procédé pour le mélange avec un mélangeur (1) statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le fluide (20) à mélanger est transporté dans une direction préférentielle par le mélangeur, une qualité de mélange meilleure que dans le sens inverse étant obtenue avec cette direction préférentielle.

25
30

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le fluide (20) est amené, avant qu'il soit guidé dans les inserts (10) efficaces au niveau du mélange, dans un état hydrodynamique dans lequel il présente des composants d'écoulement turbulents ou une turbulence renforcée.

35

40

45

50

55

Fig.1

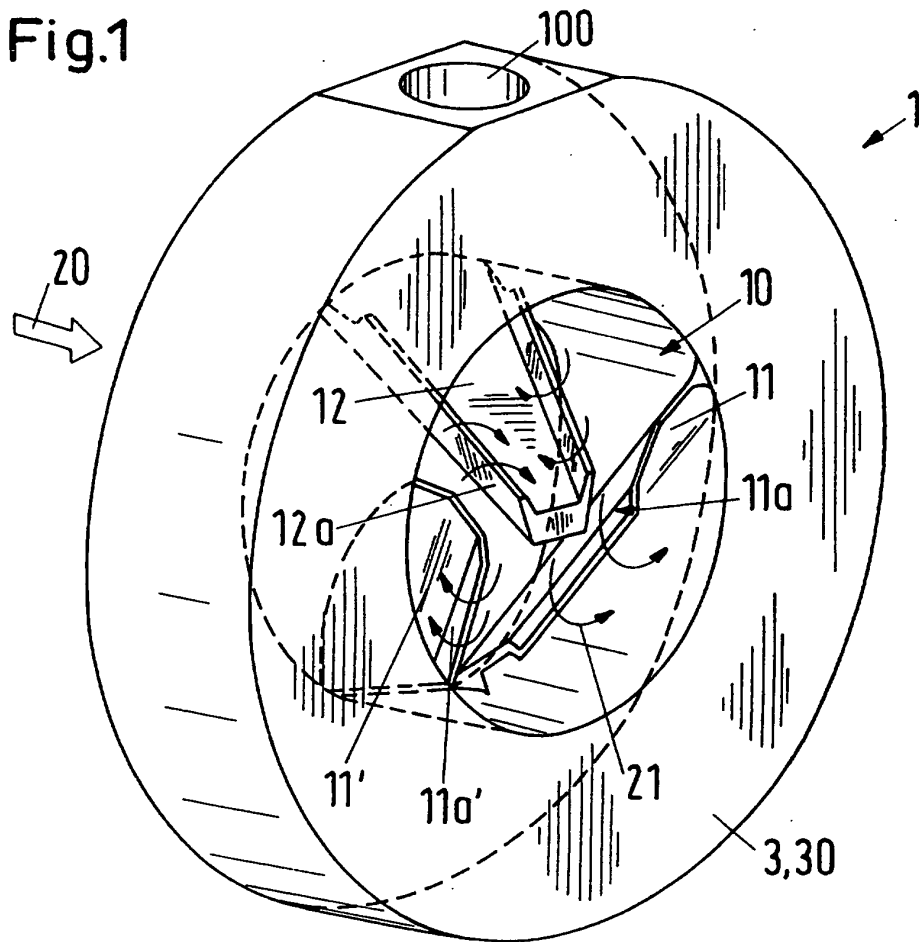


Fig.2

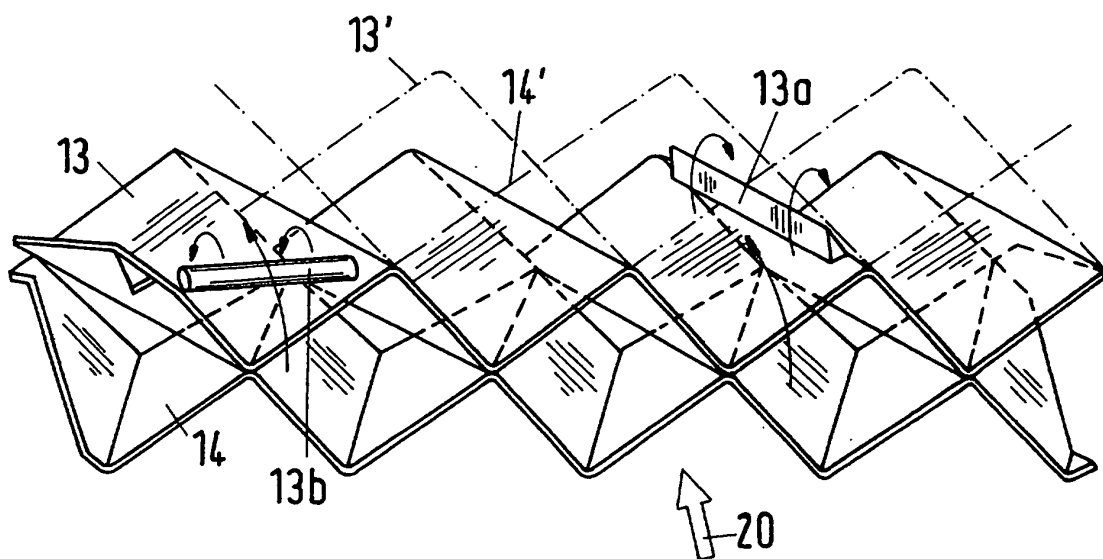


Fig.4

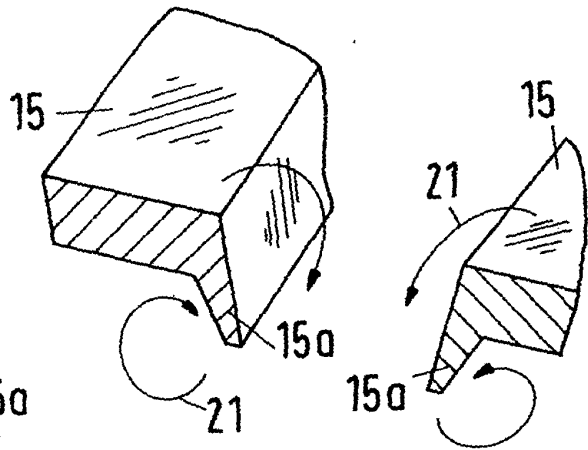


Fig.3

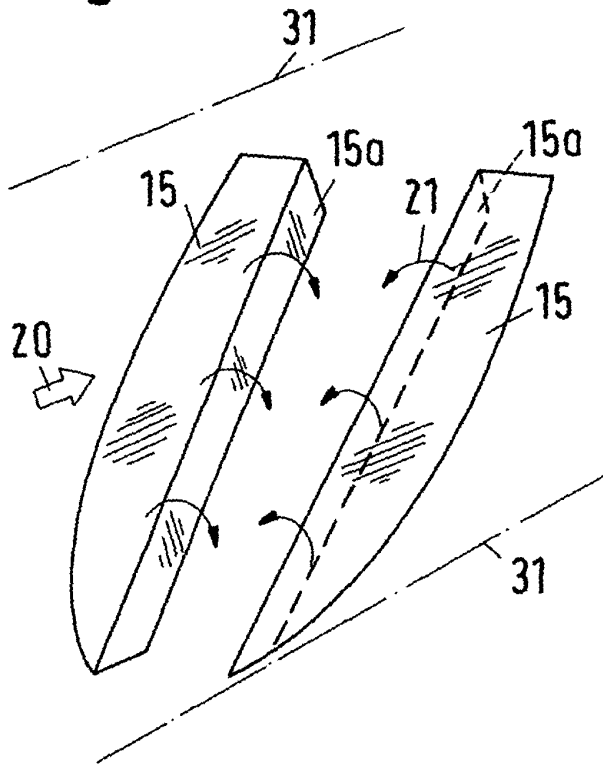
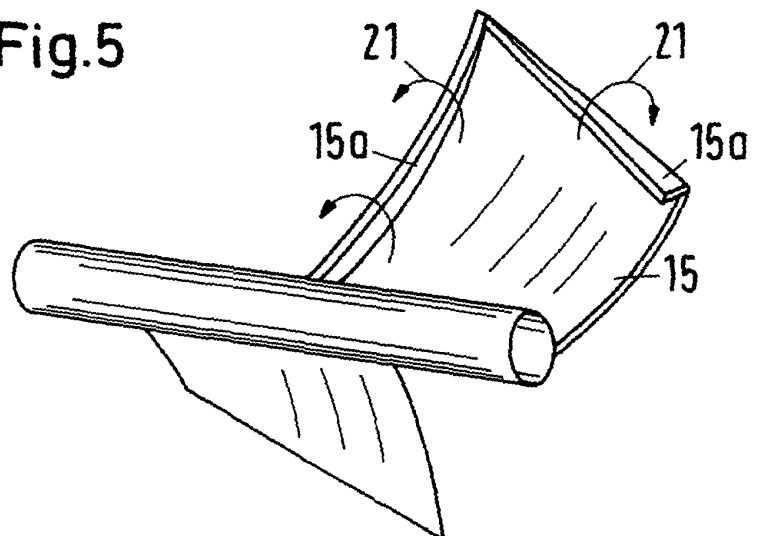


Fig.5



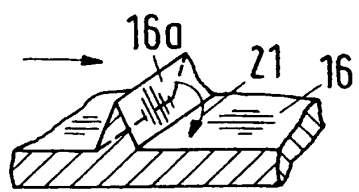


Fig. 6

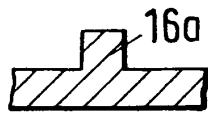
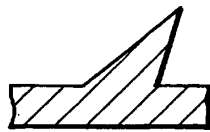
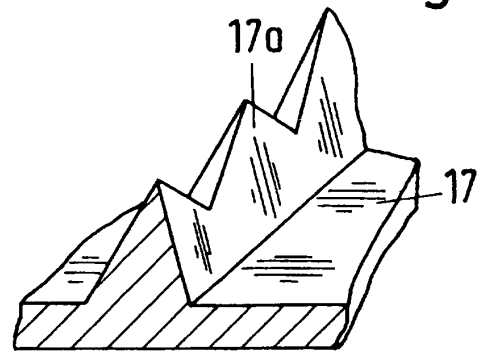


Fig. 7

Fig. 8

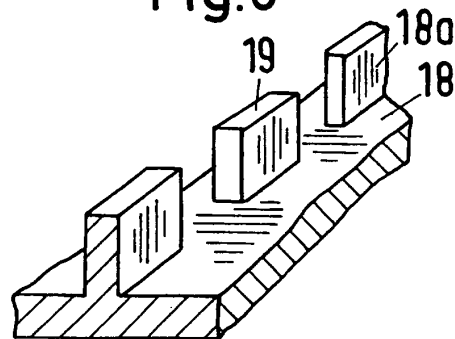


Fig. 9

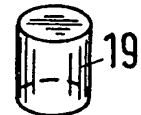
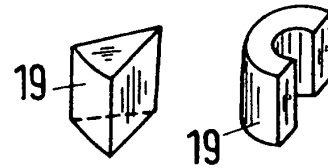


Fig. 10

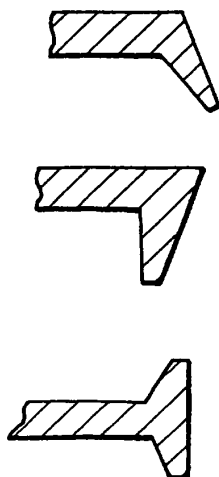


Fig. 11

