



(11) **EP 2 286 904 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.04.2012 Patentblatt 2012/16

(51) Int Cl.:
B01F 3/10 (2006.01) B01F 5/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09405136.4**

(22) Anmeldetag: **12.08.2009**

(54) **Statische Mischvorrichtung für fließfähige Stoffe**

Static mixing device for flowable materials

Dispositif de mélange statique pour matières pouvant s'écouler

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.02.2011 Patentblatt 2011/08

(73) Patentinhaber: **Fluitec Invest AG
8442 Hettlingen (CH)**

(72) Erfinder:
• **Georg, Alain
8442 Hettlingen (CH)**
• **Schwald, Günther
95145 Oberkotzau (DE)**

- **Altenburger, Daniel
8408 Winterthur (CH)**
- **Vögeli, Tobias
8400 Winterthur (CH)**
- **Andreoli, Silvano
8406 Winterthur (CH)**

(74) Vertreter: **Wiedmer, Edwin et al
Isler & Pedrazzini AG
Gotthardstrasse 53
Postfach 1772
8027 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 2 822 096 DE-A1- 4 428 813
DE-A1- 19 813 600 FR-A- 2 807 336
US-A1- 2004 218 469**

EP 2 286 904 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine statische Mischvorrichtung, mit einem rohrförmigen, eine Längsachse und einen Innendurchmesser aufweisenden Strömungskanal mit mindestens einem im Strömungskanal angeordneten Mischelement einer Länge und einem dem Innendurchmesser des Strömungskanals entsprechenden Durchmesser, wobei jedes Mischelement eine Vielzahl von kreuzweise angeordneten, mit der Längsachse des Strömungskanals einen Winkel grösser 0° einschliessenden Stegen aufweist, wobei die Stege in zwei sich kreuzenden, eine Vielzahl von parallel
10 zueinander angeordneten, von einander durch einen gleichen Abstand getrennten Ebenen aufweisenden Ebenenscharen angeordnet sind und bei Projektion der beiden Ebenenscharen auf eine senkrecht zur Längsachse des Strömungskanals liegende Projektionsebene einander benachbarte Stege einen Zwischenabstand aufweisen.

STAND DER TECHNIK

15 **[0002]** Statische Mischer werden heute in allen Bereichen des Chemie-Ingenieur-Wesens eingesetzt. Charakteristisch für statische Mischer ist, dass nur die zu mischenden Flüssigkeiten oder Gase bewegt werden. Im Gegensatz zu dynamischen Mischsystemen findet kein Rühren statt, sondern Pumpen, Gebläse oder Kompressoren fördern kontinuierlich die zu mischenden Medien zum Mischrohr, welches mit den Mischelementen ausgerüstet ist. Statische Mischer können
20 generell in folgenden Anwendungsbereichen eingesetzt werden:

- Vermischen von pumpbaren Flüssigkeiten
- Dispergieren und Emulgieren von ineinander unlöslichen Komponenten
- Mischen von reaktiven Flüssigkeiten
- 25 - Mischen und Homogenisieren von Kunststoffschmelzen
- Gas-Flüssig-Kontaktieren
- Mischen von Gasen
- Wärmeaustausch von viskosen Stoffen

30 **[0003]** Eine aus US 3 286 992 A bekannte, als Wendelmischer bezeichneter statischer Mischer weist schraubenförmig gekrümmte, blattartige, abwechselnd links- und rechtsgängige Platten bzw. Mischelemente auf, die mit sich kreuzenden Stirnkanten aneinandergereiht den Strom der zu mischenden Stoffe beim Eintritt in jedes Element aufteilen. Der Strömungskanal ist in jedem der Elemente in Form und Querschnitt gleich bleibend. Der Wendelmischer dient insbesondere zum Mischen im turbulenten Bereich. Im laminaren Bereich ist der Wendelmischer wegen seiner mässigen Mischleistung
35 nur bedingt einsetzbar.

[0004] Eine spezielle Familie der statischen Mischer sind die so genannten X-Mischer. Diese bestehen aus sich kreuzenden Stegen oder Platten. Ein aus AT 330 135 B bekannter X-Mischer weist in einem Rohr mindestens einen Mischeinsatz in Form eines Stege und Schlitzes aufweisenden Plattenpaares auf. Dabei erstrecken sich jeweils die Stege der einen Platte durch die Schlitzes der anderen Platte kreuzend hindurch. Die Platten sind zueinander und zur Achse des Rohres geneigt angeordnet. Der zugeführte Strom der zu mischenden Stoffe wird durch die Stege infolge der Schrägstellung der Platten zeitlich und örtlich versetzt in Teilströme aufgespaltet. Bei diesem bekannten Mischer bilden die Stegansätze starke Totzonen, die die Verweilzeit unnötig erhöhen und kritische Flüssigkeiten beschädigen können. Zudem müssen die Platten mit unzähligen Schweissnähten positioniert werden, was zu erhöhter Korrosion führen kann. Das Zusammenstellen der Platten ist sehr zeitaufwändig und daher kostenintensiv. Diese bekannte Vorrichtung dient
40 insbesondere zum Mischen im laminaren Bereich. Im turbulenten Bereich ist sie wegen ihres hohen Druckverlustes nur bedingt einsetzbar.

[0005] Die Entwicklung des Mischers gemäss CH 642 564 A5 im Jahr 1979 stellte eine Verbesserung der statischen Mischtechnik für laminar strömende Medien dar. Seither hat sich dieser Mischer bewährt und er wird in einem sehr breiten Feld von Anwendungen mit meist hochviskosen Medien erfolgreich eingesetzt. Er ist in CH 642 564 A5 in Fig.
50 1 dargestellt als Mischer mit 8 Steglagen, auch als 8-Steg-Mischer bezeichnet, mit einem L/D-Verhältnis von 1. Der Mischer besitzt einen sehr hohen Druckverlust.

[0006] Die als CSE-X Mischer bekannte Geometrie ist in CH 693 560 A5 beschrieben. Diese Patentschrift zeigt eine Vorrichtung zum statischen Mischen, bestehend aus einem rohrartigen Gehäuse mit mindestens einem darin angeordneten Mischeinsatz in Form einer Stege und Schlitzes aufweisenden Platte, welche gebogen wird. Vorzugsweise weisen
55 die Platten an den Stegkanten Vorsprünge auf und besitzen elliptische Umfangsformen. Zwei gebogene Platten, bei denen jeweils die Stege der einen Platte durch die Schlitzes der anderen Platte hindurchreichen, werden an den Vorsprüngen befestigt. Die Mischeinsätze können im rohrartigen Gehäuse hintereinander positioniert werden, wobei sich die Mischeinsätze direkt berühren oder auch Abstände zwischen den Einsätzen aufweisen können. Die Vorrichtung

kann mit dieser einfachen Geometrie in sämtlichen Strömungsbereichen hervorragend mischen. Die Mischgüte wird nur durch die Anzahl der Mischeinsätze und deren Einbaulage bestimmt. Der Mischeinsatz wurde am Markt insbesondere als 4-, 6- und 8-Steg-Konstruktion bekannt und weist ebenfalls einen mit steigender Anzahl Stege zunehmenden, hohen Druckverlust auf.

[0007] EP 0 154 013 A1 zeigt eine Mischeinrichtung für Kunststoffschmelzen verarbeitende Maschinen. Das Mischelement weist sich kreuzende Stege auf, deren Endstücke die Öffnungen des Rohres oder einer Hülse durchdringen. Die Stege weisen zwischen den Kreuzungsstellen freie Zwischenräume auf und reduzieren der Druckverlust markant. Die stabile Schweisskonstruktion kann sich bei grösseren Temperaturunterschieden erheblich verziehen, was zu einem Verkleben der Hülse im Rohr führen kann.

[0008] WO 2009/000642 A1 zeigt eine Mischvorrichtung der eingangs genannten Art, bei derwie in EP 0 154 013 A1 -- die Stege freie Zwischenräume zwischen den Kreuzungsstellen aufweisen. Der in WO 2009/000642 A1 in Fig. 3 dargestellte 5-Steg-Mischer weist ein L/D-Verhältnis von 1 auf. Mit dieser Geometrie wird der Druckverlust erheblich reduziert. Die Konstruktion ist jedoch mechanisch sehr schwach und lässt sich kaum fachmännisch schweissen. Gelötete Versionen sind sehr aufwändig und in der Regel kaum spaltfrei auszuführen.

[0009] Die Fachzeitschrift Pharma und Food 2/2004 beschreibt die mikromakro® Technologie mit statischen Mischern. Unter Mikromakromischen versteht man den gezielten Einsatz von Statikmischern verschiedener Geometrien und Nennweiten. Grundsätzlich muss zuerst eine gleichmäßige Vorverteilung im Makro-Mischer erreicht werden, danach wird im Mikro-Mischer eine bestmögliche Feinverteilung erzielt. Als Grundlagen werden typischerweise die CSE-X Mischer eingesetzt.

[0010] Fasst man die Untersuchungen an X-Mischern der letzten Jahre zusammen, so wurden jeweils folgende mögliche Parameter variiert:

- das L/D-Verhältnis eines Mischelementes
- die Anzahl Steglagen
- die Dicke der Stege
- die Winkellage der Stege
- die Form der Stege
- die Breite der Stege

[0011] Die Untersuchungen in CH 642 564 A5 zeigen, dass die Anzahl der Steglagen die Schichtenbildung und damit die Mischgüte direkt beeinflusst. Je mehr Steglagen eingesetzt werden, desto mehr Schichten werden erzeugt, was sich positiv auf die Mischgüte auswirkt. Allerdings erhöht sich mit steigender Anzahl Steglagen auch der Druckverlust. Eine ideale Geometrie weist gemäss CH 642 564 A5 sechs oder acht Steglagen und ein L/D Verhältnis von 0.75 bis 1.5 auf.

[0012] Weitere Versuche mit Geometrien gemäss CH 642 564 A5 haben ergeben, dass mit einer grösseren Anzahl von Steglagen deutlich höhere Druckverluste bei lediglich geringfügig verbesserter Mischgüte erzeugen werden. Auf dem Markt findet man demzufolge statische Mischelemente mit vier Steglagen, die vorzugsweise ein L/D-Verhältnis von 0.5 bis 1.0 aufweisen. In der Tat zeigt der 4-Steg-Mischer hervorragende Eigenschaften, weist allerdings auch einen hohen Druckverlust auf.

[0013] Mit der aus WO 2009/000642 A1 bekannten Geometrie, bei der die Stege freie Zwischenräume zwischen den Kreuzungsstellen aufweisen, lässt sich zwar der Druckverlust des vorstehend beschriebenen 4-Steg-Mischers erheblich reduzieren, wobei allerdings auch die Mischgüte abnimmt. Mit der Anordnung von Zwischenräumen lässt sich jedoch bereits eine gute Mischwirkung bei einem annehmbaren Druckabfall erreichen. Aus DE-A-28 22 096 und FR-A-2 807 336 sind statische Mischvorrichtungen mit Mischelementen aus kreuzweise angeordneten Stegen bekannt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine statische Mischvorrichtung der eingangs genannten Art mit weiter verbesserter Mischwirkung ohne wesentliche Zunahme eines Druckabfalls zu schaffen, welche die vorstehend erwähnten Nachteile von Mischern nach dem Stand der Technik nicht aufweist. Die Mischvorrichtung soll vorzugsweise im laminaren Strömungsbereich eingesetzt werden können und eine weitgehend vollständige Durchmischung gewährleisten. Die Mischelemente sollen einfach und kostengünstig gefertigt werden können, einen deutlich reduzierten Druckverlust aufweisen und mechanisch stabil zu Mischerstangen zusammengestellt werden können. Die Mischelemente sollen als möglichst kurze wie auch als lange Bauformen im Strömungskanal positioniert werden können. Der Strömungskanal soll einen runden, rechteckigen, oder quadratischen Querschnitt aufweisen können.

[0015] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass die Stege zwischen benachbarten Kreuzungsstellen tailliert ausgebildet sind und in der Mitte zwischen benachbarten Kreuzungsstellen die Stege ihre kleinste Breite und einander benachbarte Stege ihren grössten Zwischenabstand aufweisen, und die der Innenwand des Strömungskanals benachbarten Stege zwischen stirnseitigen Stosskanten eine der Taillierung der Stege entsprechende Ausnehmung

mit der kleinsten Breite unter Bildung eines in der Mitte zwischen den stirnseitigen Stosskanten grössten Wandabstandes aufweisen, wobei die über den Durchmessers des Mischelementes gemessene Summe der kleinsten Breiten der Stege mindestens 35 % des Durchmessers des Mischelementes beträgt.

[0016] Bevorzugte Ausführungen der erfindungsgemässen statischen Mischvorrichtung weisen eine oder mehrere der nachfolgend angeführten Merkmale auf:

- Alle Stege schliessen mit der Längsachse des Strömungskanals einen Winkel von 45° ein.
- Alle Stege weisen die gleiche kleinste Breite auf.
- Alle einander benachbarten Stege weisen den gleichen grössten Zwischenabstand auf.
- Die kleinste Breite der Stege beträgt 50 % ihrer Breite an den Kreuzungsstellen der Stege.
- Die kleinste Breite der Stege ist gleich gross wie der grösste Zwischenabstand benachbarter Stege.
- Der grösste Wandabstand beträgt 50% der kleinsten Breite der Stege und 50% des grössten Zwischenabstandes benachbarter Stege.
- Das Mischelement weist vier Steglagen auf.
- Aufeinanderfolgende Mischelemente sind bezüglich der Längsachse des Strömungskanals um einen Winkel von 90° gegeneinander verdreht angeordnet.
- Aufeinanderfolgende Mischelemente sind von einander beabstandet.

[0017] Die statische Mischvorrichtung gemäss vorliegender Erfindung ist insbesondere geeignet zum Mischen von Medien, wobei mindestens eines davon ein fließfähiges, laminar strömendes Medium, insbesondere eine Polymer-schmelze oder ein anderes hochviskoses Fluid, ist.

[0018] Um die Effizienz statischer Mischer vergleichen zu können, muss der Energiebedarf und die Mischgüte zum Vergleich herangezogen werden. Der Energiebedarf der statischen Mischer ist direkt proportional zum Druckverlust. Im laminaren Strömungsbereich gilt für einen statischen Mischer in einem runden Hohlkörper:

$$\Delta p_L = 32 \cdot z \cdot \eta \cdot w \cdot \frac{L}{D^2}$$

[0019] Die Grösse z wird als Druckverlustvielfaches bezeichnet und stellt das Verhältnis des Druckverlustes für einen statischen Mischer in einem runden Hohlkörper zum Leerrohr dar. η steht für die dynamische Viskosität, w für die Strömungsgeschwindigkeit, L für die Länge und D für den Durchmesser. Der z-Faktor ist ein in der statischen Mischtechnik üblicher laminarer Widerstandsfaktor und wird regelmässig für den Vergleich von statischen Mixern herangezogen.

[0020] Für den Vergleich der Mischleistung setzt man generell die relative Standardabweichung S/S_0 ein. Bei diesem bekannten Mischgütemass ist zu beachten, dass sich nur Messresultate bei gleichen Messanalysen erfassen lassen. In der Literatur findet man Messungen mittels Leitfähigkeitsmessung, Entfärbung, laserinduzierter Fluoreszenz (LIF) oder mittel fotometrischer Analyse FIP (Fluitem Image Processing). Es dürfen also nur Messungen mit gleicher Methode verglichen werden, da sonst erhebliche Abweichungen entstehen.

[0021] Um die Mischleistung unterschiedlicher statischer Mischergeometrien vergleichen zu können, bedient man sich üblicherweise der Mischintensität M, die wie folgt ermittelt wird:

$$M = \frac{\Delta p_L \cdot D}{\eta \cdot w} = 32 \cdot z \cdot \frac{L}{D} \quad \text{wobei} \quad \frac{L}{D} = f\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

[0022] Die Mischintensität ermöglicht den Vergleich von statischen Mixern bei einheitlichem Durchmesser D.

[0023] Der Vergleich der statischen Mischergeometrien erfolgt bei einer relativen Standardabweichung S/S_0 von 0.05, was bei der fotometrischen Analyse FIP einer praktisch homogenen Mischung entspricht.

[0024] In Tabelle 1 sind die Mischintensitäten eines erfindungsgemässen Mischers und von vier Mixern nach dem Stand der Technik einander gegenübergestellt. Die Mischgüte der folgenden Mischertypen wurden miteinander verglichen:

I Wendelmischer

II CSE-X-Mischer (4-Steg-Mischer), z.B. gemäss CH 693 560 A5

III X-Mischer (8-Steg-Mischer), z.B. gemäss CH 642 564 A5

IV X-Mischer (6-Steg-Mischer, gekreuzte Stege seitlich beabstandet), gemäss WO 2009/000642 A1

5 V X-Mischer (4-Steg-Mischer, gekreuzte Stege seitlich beabstandet), gemäss vorliegender Erfindung

Tabelle 1: Mischintensität unterschiedlicher Mischertypen

Mischertyp	Anzahl Steglagen	L/D	z	Winkel α	S/S_0	M	%
I	1	25	6.5	-	0.05	5200	100
II	4	11	23	45°	0.05	8096	166
III	8	8	37	45°	0.05	9472	182
IV	6	10	18	45°	0.05	5760	111
V	4	10	15	45°	0.05	4800	92

20 **[0025]** Das L/D-Verhältnis bei einer relativen Standardabweichung S/S_0 von 0.05 ergibt sich für die einzelnen Mischertypen aus dem in Fig. 5 dargestellten Diagramm.

[0026] Die als Mischgütemass verwendete Mischintensität M ist bei den vorliegenden Vergleichsversuchen auf die als Basis mit 100% gesetzte Mischintensität des bis anhin als Mischer mit der kleinsten Mischintensität geltenden Wendelmischers bezogen, dessen Nachteil allerdings ein hohes L/D-Verhältnis von 25 und der demzufolge eine grosse Baulänge erfordert. Die gilt bei zwei zu mischenden Medien für ein Viskositätsverhältnis von 1:1.

25 **[0027]** Die Versuchsergebnisse in Tabelle 1 zeigen deutlich den positiven Einfluss von freien Zwischenräumen zwischen seitlich benachbarten Stegen in der Projektionsebene senkrecht zur Mischerlängsachse auf die Mischgüte beim Mischertyp IV und beim Mischertyp V, wobei die Anordnung von zwei zusätzlichen Zwischenräumen zwischen den wandnahen Stegen und der Innenwand des Strömungskanals beim erfindungsgemässen Mischertyp V zu einer weiteren markanten Reduktion der Mischintensität führt, die sogar kleiner ist als die Mischintensität des Wendelmischers. Dies steht scheinbar im Widerspruch zu der Erfahrung, dass wandnahe Zwischenräume zu einer Randgängigkeit führten. Durch die Taillierung der Stege kann jedoch eine Randgängigkeit verhindert werden.

30 **[0028]** Festigkeitsberechnungen haben zudem ergeben, dass ein Mischelement durch die Taillierung der Stege gegenüber einem Mischelement mit nicht taillierten Stegen eine höhere Druckdifferenz erträgt. Durch die Taillierung wird das Mischelement flexibler und die Lasten verteilen sich besser über die Stege.

35 KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung, die lediglich zur Erläuterung dient und nicht einschränkend auszulegen ist. Die Zeichnung zeigt schematisch in

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Teils eines Strömungskanals mit zwei aneinander grenzenden Mischelementen;

45 Fig. 2 die Sicht auf ein Mischelement im Strömungskanal von Fig. 1 in Blickrichtung der Längsachse des Strömungskanals;

Fig. 3 die Draufsicht auf eine Stegplatte eines Mischelementes mit vier Stegteilen vor dem Biegen;

50 Fig. 4 die Draufsicht auf vier mit zwei Stegplatten von Fig. 4 nach dem Biegen zu einem Mischelement zu verbindenden Stegen;

Fig. 5 ein Diagramm zur Bestimmung des L/D-Verhältnisses unterschiedlicher Mischer bei gleicher relativer Standardabweichung S/S_0 .

55 BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0030] Ein in Fig. 1 gezeigter, rohrförmiger Strömungskanal 10 mit einer Längsachse x und einem Innendurchmesser

D weist zwei aneinander grenzende, eine Länge L aufweisende identische Mischelemente 12 mit einem im Wesentlichen dem Innendurchmesser D des Strömungskanals 10 entsprechenden Umhüllungs-
 5 dem Durchmesser auf. Die beiden Mischelemente 12 sind bezüglich der Längsachse x des Strömungskanals 10 um einen Winkel von 90° gegeneinander verdreht angeordnet. Das Mischelement 12 besteht aus einer Vielzahl von sich kreuzenden Stegen 14A, 14B. Die Stege 14A, 14B liegen in parallel zueinander angeordneten, von einander durch einen gleichen Abstand getrennten Ebenen, die zwei sich kreuzende Ebenenscharen A, B bilden. Die beiden Ebenenscharen A, B schliessen mit der Längsachse x des Strömungskanals einen Winkel α von 45° und untereinander einen Winkel von 90° ein. Das in der Zeichnung beispielhaft dargestellte Mischelement 12 weist vier Steg-
 10 lagen mit je zwei sich alternierend kreuzenden Stegen 14A, 14B auf und entspricht somit einem 4-Steg-Mischer.

[0031] Aus der in Fig. 2 dargestellten Projektion der beiden Ebenenscharen A, B auf eine senkrecht zur Längsachse x des Strömungskanals 10 liegende Projektionsebene ist erkennbar, dass die Stege 14A, 14B zwischen Kreuzungsstellen 16 symmetrisch tailliert ausgebildet sind und alle eine in der Mitte zwischen benachbarten Kreuzungsstellen 16 gleiche kleinste Breite b aufweisen, die 50% der Breite b' an den Kreuzungsstellen 16 beträgt. Alle Stege 14A, 14B sind in gleicher Weise tailliert und weisen gleiche Dimensionen auf. Im vorliegenden Fall entspricht der grösste Zwischenabstand a benachbarter Stege 14A, 14B der kleinsten Stegbreite b.

[0032] Sämtliche Stege 14A, 14B erstrecken sich innerhalb des Mischelements 12 und durch die Innenwand des Strömungskanals 10 begrenzte, maximal mögliche Länge, wobei die Kontur der wandnahen Stege 14A, 14B zur Wahrung eines Wandabstandes dem kreisförmigen Querschnitt des Strömungskanals 10 nur teilweise so angepasst ist, dass bei den wandnahen Stegen 14A, 14B -- wie bei den übrigen Stegen -- nur stirnseitige Endbereiche 22 mit kleinem Spiel an die Innenwand des Strömungskanals 10 angrenzen. Die an die Innenwand des Strömungskanals 10 angrenzenden Stege 14A, 14B sind auf der gegen die Innenwand gerichteten Seite mit einer Ausnehmung 24 versehen, die sich zwischen den stirnseitigen Endbereichen oder Stosskanten 22 mit der Innenwand des Strömungskanals 10 erstreckt und entsprechend der Taillierung der Stege einen grössten Wandabstand c aufweisen, der im vorliegenden Fall 50% des grössten Zwischenabstandes a benachbarter Stege 14A, 14B beträgt.

[0033] Wie aus den Fig. 3 und 4 erkennbar, weisen die Stege 14A, 14B an jeder vorgesehenen Kreuzungsstelle 16 eine Einkerbung 18 oder einen der Kerbtiefe der Einkerbung 18 entsprechenden, einen Vorsprung 20 erzeugenden Rückschnitt auf.

[0034] Der Zusammenbau des Mischelements 12 erfolgt auf einfache Weise aus zwei in Fig. 3 gezeigten Stegplatten 26 mit vier alternierend angeordneten, den vier in Fig. 4 dargestellten Stegen 14A, 14B entsprechenden halben Stegen 14A', 14B' und den vier in Fig. 4 dargestellten Stegen 14A, 14B. Hierbei werden zwei Stegplatten 26 um eine Achse s um einen Winkel von 90° gebogen und in der in Fig. 1 gezeigten Art über Enden 28 der beiden mittleren Steghälften 14A', 14B' durch Schweissen miteinander verbunden. Die in Fig. 4 dargestellten vier Stege 14A, 14B werden über die Einkerbungen 18 und Vorsprünge 20 an den Kreuzungsstellen 16 auf die gebogenen und miteinander verschweissten Stegplatten 24 aufgesteckt und an den Kreuzungsstellen 16 teilweise verschweisst.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0035]

10	Strömungskanal
12	Mischelement
14A, 14B	Steg
16	Kreuzungsstelle 14A-14B
18	Einkerbung an 14A, 14B
20	Vorsprung an 14A, 14B
22	stirnseitige Endbereiche
24	Ausnehmungen
26	Stegplatten
28	Enden von 14A, 14B
A	Ebenenschar von 14A
B	Ebenenschar von 14B
D	Durchmesser von 10
L	Länge von 12
x	Längsachse von 10
a	grösster Zwischenabstand 14A-14B
b / b'	kleinste / grösste Stegbreite von 14A, 14B

c grösster Wandabstand von 14A, 14B

Patentansprüche

1. Statische Mischvorrichtung, mit einem rohrförmigen, eine Längsachse (x) und einen Innendurchmesser (D) aufweisenden Strömungskanal (10) mit mindestens einem im Strömungskanal (10) angeordneten Mischelement (12) einer Länge (L) und einem dem Innendurchmesser (D) des Strömungskanals (10) entsprechenden Durchmesser, wobei jedes Mischelement (12) eine Vielzahl von kreuzweise angeordneten, mit der Längsachse (x) des Strömungskanals (10) einen Winkel (α) grösser 0° einschliessenden Stege (14A, 14B) aufweist, wobei die Stege (14A, 14B) in zwei sich kreuzenden, eine Vielzahl von parallel zueinander angeordneten, von einander durch einen gleichen Abstand getrennten Ebenen aufweisenden Ebenenscharen (A, B) angeordnet sind und bei Projektion der beiden Ebenenscharen (A, B) auf eine senkrecht zur Längsachse (x) des Strömungskanals (10) liegende Projektionsebene einander benachbarte Stege (14A, 14B) einen Zwischenabstand aufweisen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Stege (14A, 14B) zwischen benachbarten Kreuzungsstellen (16) tailliert ausgebildet sind und in der Mitte zwischen benachbarten Kreuzungsstellen (16) die Stege (14A, 14B) ihre kleinste Breite (b) und einander benachbarte Stege (14A, 14B) ihren grössten Zwischenabstand (a) aufweisen, und die der Innenwand des Strömungskanals (10) benachbarten Stege (14A, 14B) zwischen stirnseitigen Stosskanten (22) eine der Taillierung der Stege (14A, 14B) entsprechende Ausnehmung mit der kleinsten Breite (b) unter Bildung eines in der Mitte zwischen den stirnseitigen Stosskanten (22) grössten Wandabstandes (c) aufweisen, wobei die über den Durchmesser des Mischelementes (12) gemessene Summe der kleinsten Breiten (b) der Stege (14A, 14B) mindestens 35 % des Durchmessers des Mischelementes (12) beträgt.
2. Statische Mischvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, alle Stege (14A, 14B) mit der Längsachse (x) des Strömungskanals (10) einen Winkel (α) von 45° einschliessen.
3. Statische Mischvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Stege (14A, 14B) die gleiche kleinste Breite (b) aufweisen.
4. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle einander benachbarten Stege (14A, 14B) den gleichen grössten Zwischenabstand (a) aufweisen.
5. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kleinste Breite (b) der Stege (14A, 14B) 50 % ihrer Breite (b') an den Kreuzungsstellen (16) der Stege (14A, 14B) beträgt.
6. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kleinste Breite (b) der Stege (14A, 14B) gleich gross ist wie der grösste Zwischenabstand (a) benachbarter Stege (14A, 14B).
7. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der grösste Wandabstand (c) 50% der kleinsten Breite (b) der Stege (14A, 14B) und 50% des grössten Zwischenabstandes (a) benachbarter Stege (14A, 14B) beträgt.
8. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mischelement (12) vier Steglagen aufweist.
9. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** aufeinanderfolgende Mischelemente (12) bezüglich der Längsachse (x) des Strömungskanals (10) um einen Winkel von 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind.
10. Statische Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** aufeinanderfolgende Mischelemente (12) von einander beabstandet sind.
11. Verwendung einer statischen Mischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Mischen von Medien, wobei mindestens eines davon ein laminar strömendes Medium, insbesondere ein hochviskoses Fluid, ist.

Claims

1. Static mixing device, having a tubular flow duct (10) which has a longitudinal axis (x) and an inner diameter (D), having a mixing element (12) which is arranged in the flow duct (10) and which has a length (L) and a diameter corresponding to the inner diameter (D) of the flow duct (10), with each mixing element (12) having a multiplicity of webs (14A, 14B) which are arranged in a crossed fashion and which enclose an angle (α) of greater than 0° with the longitudinal axis (x) of the flow duct (10), with the webs (14A, 14B) being arranged in two intersecting plane groups (A, B) which have a multiplicity of planes arranged parallel to one another and separated from one another by an equal spacing, and with mutually adjacent webs (14A, 14B) having an intermediate spacing in a projection of the two plane groups (A, B) onto a projection plane situated perpendicular to the longitudinal axis (x) of the flow duct (10),
characterized in that
the webs (14A, 14B) are of waisted design between adjacent crossing points (16), and in the middle between adjacent crossing points (16) the webs (14A, 14B) have their smallest width (b) and mutually adjacent webs (14A, 14B) have their greatest intermediate spacing (a), and those webs (14A, 14B) which are adjacent to the inner wall of the flow duct (10) have, between face-side abutting edges (22), a recess which corresponds to the waisting of the webs (14A, 14B) and which has the smallest width (b) so as to form a greatest wall spacing (c) in the middle between the face-side abutting edges (22), with the sum, measured over the diameter of the mixing element (12), of the smallest widths (b) of the webs (14A, 14B) amounting to at least 35% of the diameter of the mixing element (12).
2. Static mixing device according to Claim 1, **characterized in that** all the webs (14A, 14B) enclose an angle (α) of 45° with the longitudinal axis (x) of the flow duct (10).
3. Static mixing device according to Claim 1 or 2, **characterized in that** all the webs (14A, 14B) have the same smallest width (b).
4. Static mixing device according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** all the mutually adjacent webs (14A, 14B) have the same greatest intermediate spacing (a).
5. Static mixing device according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) amounts to 50% of their width (b') at the crossing points (16) of the webs (14A, 14B).
6. Static mixing device according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) is equal to the greatest intermediate spacing (a) of adjacent webs (14A, 14B).
7. Static mixing device according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the greatest wall spacing (c) amounts to 50% of the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) and 50% of the greatest intermediate spacing (a) of adjacent webs (14A, 14B).
8. Static mixing device according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the mixing element (12) has four web tiers.
9. Static mixing device according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** successive mixing elements (12) in relation to the longitudinal axis (x) of the flow duct (10) are arranged so as to be rotated relative to one another by 90° .
10. Static mixing device according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** successive mixing elements (12) are spaced apart from one another.
11. Use of a static mixing device according to one of the preceding claims for mixing media, with at least one of said media being a laminarly flowing medium, in particular some highly viscous fluid.

Revendications

1. Dispositif de mélange statique, avec un canal d'écoulement tubulaire (10) présentant un axe longitudinal (x) et un diamètre intérieur (D), comportant au moins un élément de mélange (12) disposé dans le canal d'écoulement (10), d'une longueur (L) et d'un diamètre correspondant au diamètre intérieur (D) du canal d'écoulement (10), dans lequel chaque élément de mélange (12) présente une pluralité de chicanes (14A, 14B) disposées en croix, formant avec

l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10) un angle (α) supérieur à 0°, dans lequel les chicanes (14A, 14B) sont disposées dans deux faisceaux de plans (A, B) qui se croisent et qui présentent une pluralité de plans de séparation disposés parallèlement les uns aux autres et séparés l'un de l'autre par une distance égale et, en projection des deux faisceaux de plans (A, B) sur un plan de projection mené perpendiculairement à l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10), des chicanes proches l'une de l'autre (14A, 14B) présentent une distance intermédiaire, **caractérisé en ce que** les chicanes (14A, 14B) sont de forme cintrée entre des points de croisement voisins (16) et, au milieu entre des points de croisement voisins (16), les chicanes (14A, 14B) présentent leur plus petite largeur (b) et des chicanes (14A, 14B) voisines l'une de l'autre y présentent leur plus grande distance intermédiaire (a), et les chicanes (14A, 14B) voisines de la paroi intérieure du canal d'écoulement (10) présentent, entre des bords frontaux (22), un évidement correspondant au cintrage des chicanes (14A, 14B) avec la plus petite largeur (b) en formant une plus grande distance de la paroi (c) au milieu entre les bords frontaux (22), dans lequel la somme des plus petites largeurs (b) des chicanes (14A, 14B), mesurée sur le diamètre de l'élément de mélange (12), vaut au moins 35 % du diamètre de l'élément de mélange (12).

2. Dispositif de mélange statique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** toutes les chicanes (14A, 14B) forment avec l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10) un angle (α) de 45°.
3. Dispositif de mélange statique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** toutes les chicanes (14A, 14B) présentent la même plus petite largeur (b).
4. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** toutes les chicanes (14A, 14B) voisines l'une de l'autre présentent la même plus grande distance intermédiaire (a).
5. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la plus petite largeur (b) des chicanes (14A, 14B) vaut 50 % de leur largeur (b') aux points de croisement (16) des chicanes (14A, 14B).
6. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la plus petite largeur (b) des chicanes (14A, 14B) est de même valeur que la plus grande distance intermédiaire (a) de chicanes voisines (14A, 14B).
7. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la plus grande distance de la paroi (c) vaut 50 % de la plus petite largeur (b) des chicanes (14A, 14B) et 50 % de la plus grande distance intermédiaire (a) de chicanes voisines (14A, 14B).
8. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'élément de mélange (12) présente quatre couches de chicanes.
9. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** des éléments de mélange (12) se succédant par rapport à l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10) sont disposés avec un décalage angulaire de 90° l'un par rapport à l'autre.
10. Dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** des éléments de mélange successifs (12) sont espacés l'un de l'autre.
11. Utilisation d'un dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications précédentes pour le mélange de milieux, dans laquelle au moins un d'eux est un milieu à écoulement laminaire, en particulier un fluide à haute viscosité.

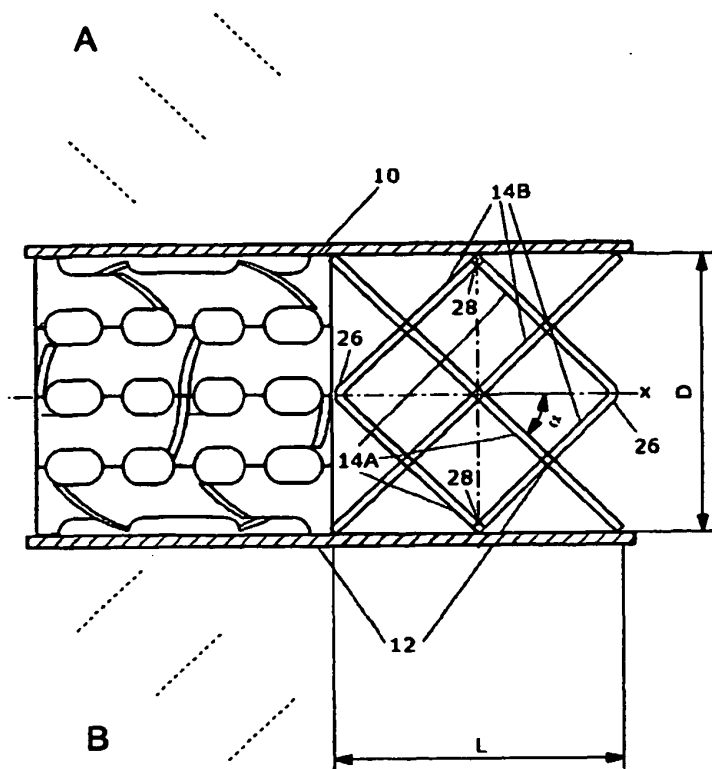


Fig. 1

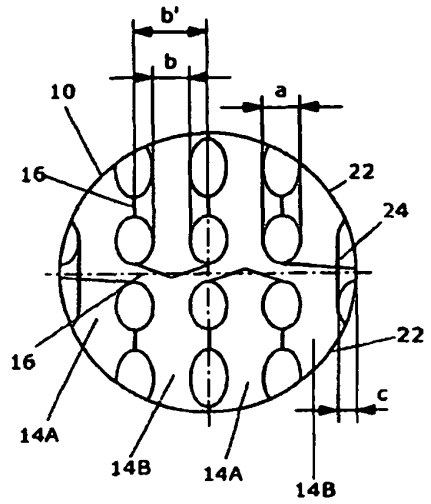


Fig. 2

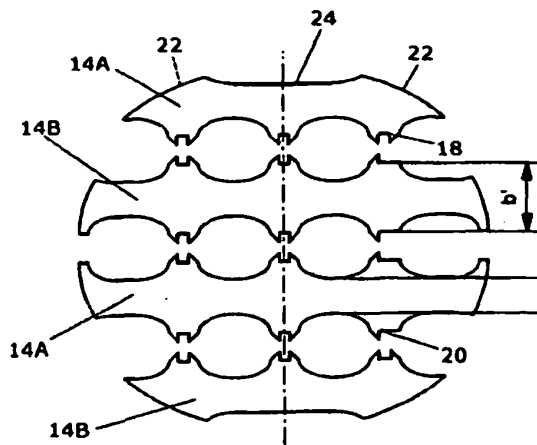


Fig. 4

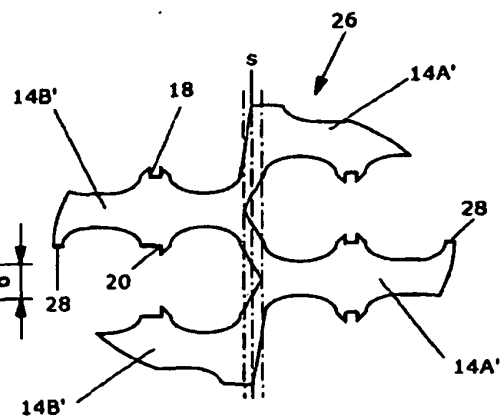


Fig. 3

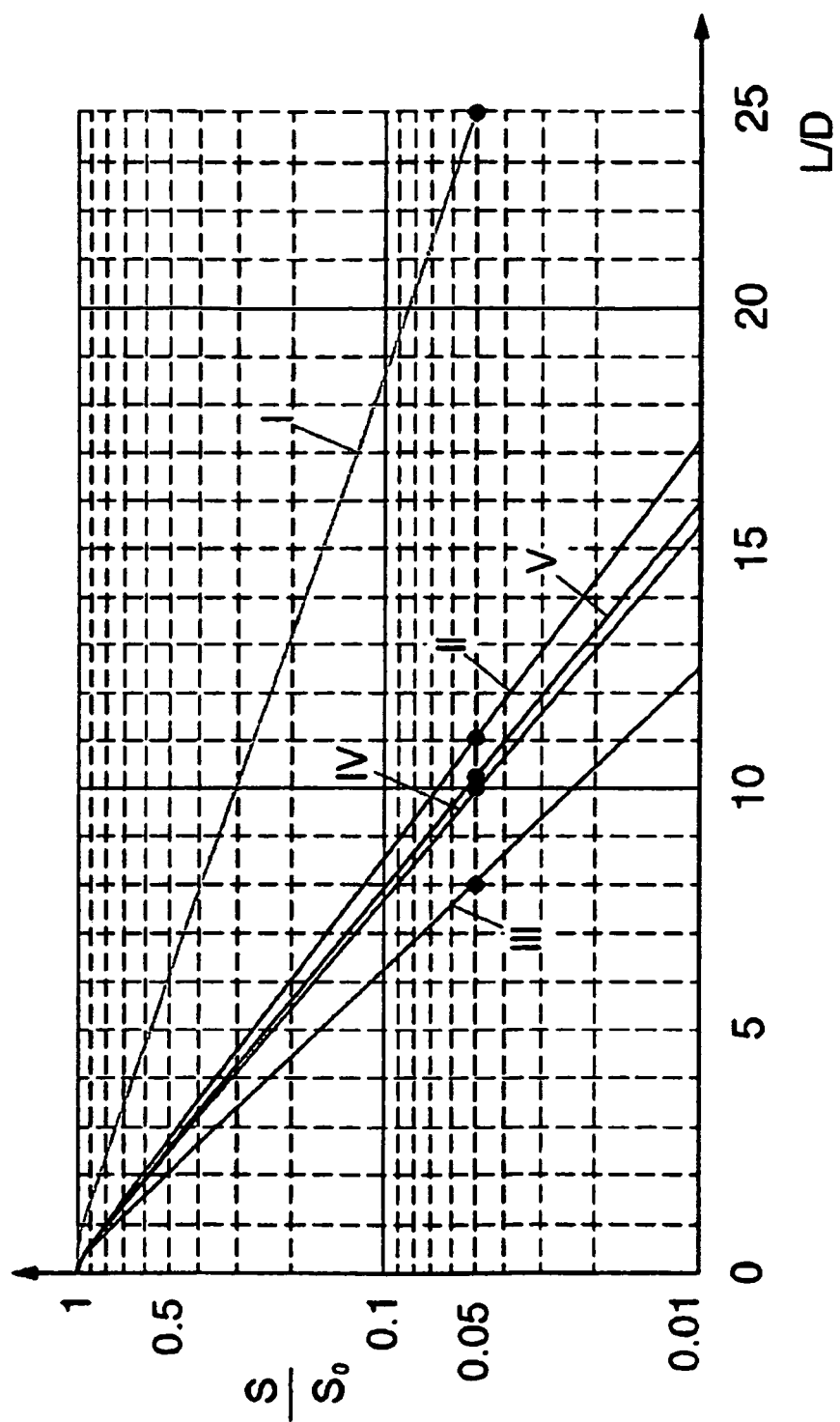


Fig. 5

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

- US 3286992 A [0003]
- AT 330135 B [0004]
- CH 642564 A5 [0005] [0011] [0012] [0024]
- CH 693560 A5 [0006] [0024]
- EP 0154013 A1 [0007] [0008]
- WO 2009000642 A1 [0008] [0013] [0024]
- DE 2822096 A [0013]
- FR 2807336 A [0013]