

(19)



(11)

EP 3 081 285 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.02.2018 Patentblatt 2018/07

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

(21) Anmeldenummer: **15163858.2**

(22) Anmeldetag: **16.04.2015**

(54) **STATISCHE MISCHVORRICHTUNG FÜR FLIESSFÄHIGE STOFFE**

STATIC MIXING DEVICE FOR FLOWING MATERIALS

DISPOSITIF DE MÉLANGE STATIQUE POUR DES MATIÈRES POUVANT S'ÉCOULER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.10.2016 Patentblatt 2016/42

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

(72) Erfinder:
• **Eiholzer, Adrian**
8335 Hittnau (CH)

- **Altenburger, Daniel**
8461 Oerlingen (CH)
- **Andreoli, Silvano**
8413 Neftenbach (CH)
- **Georg, Alain**
8442 Hettlingen (CH)

(74) Vertreter: **Liebetanz, Michael**
Isler & Pedrazzini AG
Giesshübelstrasse 45
Postfach 1772
8027 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 286 904

EP 3 081 285 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 im Wesentlichen 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
10 Vielzahl von parallel zueinander angeordneten, von einander durch einen gleichen Abstand getrennten Ebenen aufweisenden Ebenenscharen angeordnet sind und bei Projektion der beiden Ebenenscharen (A, B) auf eine senkrecht zur Längsachse (X) des Strömungskanals (10) liegende Projektionsebene einander benachbarte Stege zumindest teilweise einen Zwischenabstand aufweisen.

15 STAND DER TECHNIK

[0002] Eine solche Mischvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der EP 2 286 904 der Anmelderin bekannt, wie weiter unten erläutert wird.

20 **[0003]** 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 in vielen Anwendungsbereichen wie dem Vermischen von pumpbaren Flüssigkeiten, dem Dispergieren und Emulgieren von ineinander unlöslichen Komponenten, dem Mischen von reaktiven Flüssigkeiten, dem Mischen und Homogenisieren
25 von Kunststoffschmelzen, dem Gas-Flüssig-Kontaktieren, dem Mischen von Gasen, dem Wärmeaustausch von viskosen Stoffen und dem Einsatz als Verweilzeitstrecke mit engen Verweilzeitverhalten eingesetzt werden, um einige wesentliche Einsatzgebiete zu nennen.

30 **[0004]** Aus der US 3 286 992 A ist ein Wendelmischer bekannt und 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 nur bedingt einsetzbar.

35 **[0005]** 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 Steges und Schlitze aufweisenden Plattenpaares auf. Dabei erstrecken sich jeweils die Stege der einen Platte durch die Schlitze 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
40 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 insbesondere zum Mischen im laminaren Bereich. Im turbulenten Bereich ist sie wegen ihres hohen Druckverlustes nur bedingt einsetzbar.

45 **[0006]** Die Entwicklung des Mixers 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. 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.

50 **[0007]** 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 Schlitze aufweisenden Platte, welche gebogen wird. Vorzugsweise weisen die Platten an den Stegkanten Vorsprünge auf und besitzen elliptische Umfangsformen. Zwei gebogene Platten, bei denen jeweils die Stege der einen Platte durch die Schlitze 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
55 nur durch die Anzahl der Mischeinsätze und deren Einbaulage bestimmt. Der Mischeinsatz wurde am Markt insbesondere

als 4-, 6- und 8-Stege-Konstruktion bekannt und weist ebenfalls einen mit steigender Anzahl Stege zunehmenden, hohen Druckverlust auf.

[0008] EP 2 286 904 B1 zeigt eine besonders innovative Mischvorrichtung mit taillierten Mischstegen. Zudem sind die Randzonen des Mischer erheblich geöffnet, so dass eine zusätzliche Reduktion des Druckverlustes eintritt. Insbesondere Typ V weist eine sehr hohe Mischleistung bei sehr geringem Druckverlust auf.

[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 an Steglagen, die Dicke der Stege, die Winkellage der Stege, die Form der Stege und die Breite der Stege.

[0011] Seit vielen Jahren werden statische Mischer auch als Wärmetauscher eingesetzt. Dabei werden statische Mischer mit einem Doppelmantel ausgerüstet. Statische Mischer, welche als Wärmetauscher eingesetzt werden, bezeichnet man heute als Mischer-Wärmetauscher. Eine typische Ausführung ist in der DE 2'808'854 beschrieben. Weitere Mischer-Wärmetauscher sind in den EP 2'113'732, EP 1'067'352, WO2008/141472 und DE 2'839'564 beschrieben, wobei der Wärmeübergang an kleinen Rohren im Mischerrohr stattfindet. Mischer-Wärmetauscher zeichnen sich generell mit einem hohen Wärmeübergangsvermögen bei gleichzeitig engem Verweilzeitverhalten aus. Dies führt dazu, dass statische Mischer-Wärmetauscher vermehrt in der Reaktionstechnik eingesetzt werden. Der Einsatz von statischen Mischer-Wärmetauschern als Reaktoren wird ausführlich in der Zeitschrift Chemie Ingenieur Technik 2005,77. No. 6 beschrieben. Statische Mischer mit einem Doppelmantel werden dabei vorzugsweise als Verweilzeitreaktoren oder als Verweiler verwendet. Die mögliche schlanke Bauform des Mischer-Wärmetauschers bewirkt ein enges Verweilzeitverhalten, was sich besonders positiv auf die Produktqualität des im Rohr strömenden Produktes auswirkt. Eine enge Bauform bewirkt aber auch wiederum kürzere Verweilzeiten oder sehr lange Mischer. Das Verweilzeitverhalten in statischen Mischern kann mittels der Bodenstein-Zahl beschrieben werden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine statische Mischvorrichtung mit guter Mischwirkung und geringem Druckabfall zu schaffen, welche zusätzlich ein engeres und definierteres Verweilzeitverhalten als bekannte Mischer aufweist.

[0013] Die Mischvorrichtung soll dabei vorzugsweise im laminaren Strömungsbereich und im Übergangsbereich eingesetzt werden können und eine weitgehend vollständige Durchmischung gewährleisten. Die Mischelemente sollen einfach und kostengünstig gefertigt werden können, einen geringen 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 dabei einen runden, rechteckigen, oder quadratischen Querschnitt aufweisen können.

[0014] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass unterschiedlich zur EP 2 286 904 B1 die Stege zwischen den benachbarten Kreuzungsstellen zumindest teilweise 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. Dabei beträgt vorteilhafterweise die über den Durchmesser des Mischelementes gemessene Summe der kleinsten Breite der Stege mindestens 40 % des Durchmessers des Mischelementes.

[0015] Insbesondere weisen die Stege des inneren Kreuzes 14A, 14B keine verzögerten Stege auf, so dass ein laminares Strömungsprofil weitestgehend verhindert wird. Die restlichen taillierten Stege führen zur nötigen Druckverlustreduktion.

[0016] Am Ende der Stege, dort wo sich bei der Berührung der Rohrwand eine ellipsenförmige Kontur bilden würde, werden neu die Stege die Rohrwand, unter Berücksichtigung von Toleranzen, nur noch punktuell berühren, so dass die Randgängigkeit auf ein Minimum reduziert wird. Die Stege werden beispielsweise an der Rohrwand zugespitzt, so dass der Mischer nur noch an kleinen Punkten aufliegt. Ein Verbinden der Mischelemente, beispielsweise mit einer Schweissverbindung, muss aus Stabilitätsgründen gewährleistet sein.

[0017] Überraschend wurde festgestellt, dass das nahezu vollständige Öffnen der Randzone zu keinen oder nur zu sehr geringen Randgängigkeiten führt. Letztendlich wird die hohe Mischleistung des Mischelementes durch die neuen konstruktiven Massnahmen nicht negativ beeinflusst.

[0018] Eine statische Mischvorrichtung weist einen Strömungskanal mit mindestens einem im Strömungskanal angeordneten Mischelement auf. Jedes Mischelement weist eine Vielzahl von kreuzweise angeordneten, mit der Längsachse

des Strömungskanals einen Winkel grösser 0° einschliessenden Stegen auf. Die Stege zwischen benachbarten Kreuzungsstellen sind tailliert ausgebildet. Die der Innenwand des Strömungskanals benachbarten Stege weisen zwischen stirnseitigen Stosskanten eine der Taillierung der Stege entsprechende Ausnehmung unter Bildung eines in der Mitte zwischen den stirnseitigen Stosskanten grössten Wandabstandes auf. Dabei kann die über den Durchmesser des Mischelementes gemessene Summe der kleinsten Breiten der Stege mindestens 40 % des Durchmessers des Mischelementes betragen.

[0019] Bevorzugte Ausführungen der erfindungsgemässen statischen Mischvorrichtung weisen eine oder mehrere der nachfolgend angeführten Merkmale auf:

- Der Mischer weist Stege auf, die zwischen den benachbarten Kreuzungsstellen nur teilweise tailliert ausgebildet sind.
- Das innere Kreuz des Mischelementes wird nicht tailliert ausgeführt, um eine hohe radiale Mischung zu gewährleisten.
- Die Stege weisen unterschiedliche Breiten auf.
- Die Stege werden an der Rohrwand zugespitzt, so dass das Mischelement keine Totwasserzonen aufweist.
- Das Mischelement weist sechs Steglagen auf.

[0020] Der Mischer gemäss der Erfindung weist ein engeres Verweilzeitspektrum im Vergleich zu handelsüblichen statischen Mixern auf.

[0021] Weitere Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0022] Das Verweilzeitspektrum in einem statischen Mischer ist generell wichtig. Insbesondere müssen Totzonen verhindert werden, da durch die längere Verweildauer die Produktqualität geschädigt oder der Prozess erheblich gestört werden kann. Es ist einerseits bekannt, dass Strömungen mit Reynolds-Zahl > 10'000 turbulent sind. Dies gilt für statische Mischer sowie für das Leerrohr. Andererseits werden Strömungen mit Reynolds-Zahlen < 20 als laminar bezeichnet. Dazwischen befindet sich ein Übergangsbereich.

[0023] Fig. 5 zeigt schematisch die turbulente und laminare Strömung. Bei der laminaren Strömung bildet sich eine Parabelströmung im Strömungskanal, welche ein sehr schlechtes Verweilzeitspektrum aufweist. Das Verweilzeitspektrum wird üblicherweise mit einem Dirac-Stoss gemessen. Das Messen und Erfassen eines Verweilzeitspektrums ist dem Fachmann ausreichend bekannt und wird nicht detailliert beschrieben. Es ist auch bekannt, dass das Messen eines Dirac-Stosses im laminaren Strömungsbereich schwierig ist, da Einlauf- und Auslaufstörungen die Resultate erheblich beeinflussen können. Die typisch gemessenen Verschiebungen des Verweilzeitspektrums und das leichte Tailing in der Kurve sind charakteristisch für eine Verweilzeitverteilung in einem statischen Mischer im laminaren Strömungsbereich.

[0024] Fig. 6 zeigt im Vergleich die Verweilzeitverteilung eines statischen Mixers gemäss Patentschrift CH 642 564 und CH 693 560 zum 1D-Dispersionsmodell. Die Bodenstein-Zahl (auch kurz Bo genannt) ist eine dimensionslose Kennzahl aus der Reaktionstechnik und beschreibt das Verhältnis des Konvektionsstroms zum Dispersionsstrom. Damit charakterisiert die Bodenstein-Zahl die Rückvermischung innerhalb eines Systems und ermöglicht somit Aussagen darüber, ob und wie stark sich Volumenelemente oder Stoffe innerhalb des Verweilers durch die herrschenden Strömungen vermischen. Die Bodenstein-Zahl wird üblicherweise mit dem 1-d Dispersionsmodell beschrieben. Diese Modellvorstellung nimmt den 1-dimensionalen Vorgang in einem Strömungsrohr (Pfropfenströmung) als Ansatzpunkt. In Richtung z erfolgt eine Strömungsgeschwindigkeit u_z , die bei dem jeweiligen Mischerquerschnitt A praktisch konstant ist. Durch molekulare Diffusion, turbulente Konvektion und durch das durch Randleibung (Rauheit) bewirkte parabolische Geschwindigkeitsprofil (bsp. laminare Rohrströmung) wird es zu Abweichungen von der idealen Rohrströmung kommen. Als Grösse zur Erfassung dieser Effekte wird der axiale Dispersionskoeffizient D_{ax} verwendet, der somit ein Mass für die Rückvermischung ist. Die Ansatzgleichung für das 1-d Dispersionsmodell lautet:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u_z \cdot \frac{\partial c}{\partial z} + D_{ax} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (1)$$

und wird, um eine Lösung zu erleichtern, in dimensionsloser Form angeschrieben. Für den stationären Fall entsteht dann:

$$\frac{\partial \left(\frac{c}{c_0} \right)}{\partial \left(\frac{t}{\tau} \right)} = - \frac{\partial \left(\frac{c}{c_0} \right)}{\partial \left(\frac{z}{L} \right)} + \left(\frac{D_{ax}}{u_z \cdot L} \right) \cdot \frac{\partial^2 \left(\frac{c}{c_0} \right)}{\partial \left(\frac{z}{L} \right)^2} = 0 \quad (2)$$

[0025] Darin ist die dimensionslose Kenngröße enthalten, nämlich die so genannte Bodenstein-Zahl,

$$Bo = \frac{u_z \cdot L}{D_{ax}} \quad (3)$$

die mit einer "charakteristischen Länge" L des Mischer-Wärmetauscher Gehäuses definiert ist. Die exakte Lösung der stationären und dimensionslosen Gleichung lautet (nach Levenspiel und Smith):

$$c_i\{\theta, Bo\} = h(\theta) = \sqrt{\frac{Bo}{4 \cdot \pi \cdot \theta}} \cdot e^{\left[-\frac{(1-\theta)^2 \cdot Bo}{4 \cdot \theta} \right]} \quad (4).$$

[0026] Als Grenzfälle des Dispersionsmodells ergeben sich das Verdrängungs-Modell ohne axiale Dispersion für $Bo = \infty$ (ideale Rohrströmung) und das Rückvermischungsmodell mit axialer Dispersion für $Bo = 0$ (idealer Rührkessel). In der Fig. 6 entsprechen der Peak einem idealen Strömungsrohr 100, die weiteren Kurven 109 $Bo=7$, 108 $Bo=20$, 107 $Bo= 60$, 106 $Bo=120$ und 105 $Bo=400$. Die CFD-Berechnung ist mit der Kurve 110 eingezeichnet.

[0027] Die Auswertung von Fig. 6 zeigt überraschenderweise, dass auch bei einer CFD Berechnung 110 einerseits die Verschiebung und andererseits das Tailing deutlich ersichtlich wird. Die Kurvenverschiebung weist somit nach der Theorie der realen Strömung deutlich auf Totzonen hin. Diese weisen gemäss Fig. 6 eine geschätzten Betrag von 30% auf, was wiederum sehr unwahrscheinlich ist. Es muss also eine weiterer Effekt diese Verschiebung verursachen. Detaillierte Untersuchungen von instationären CFD Berechnungen ergaben überraschenderweise folgende Effekte:

- herkömmliche statische Mischer weisen auch eine Parabelströmung auf, allerdings ist diese weniger ausgeprägt als beim Leerrohr
- je kleiner der Widerstandsfaktor ist, desto ausgeprägter die Parabelströmung
- Statische Mischer weisen an den Randzonen generell schwach durchströmte Zonen auf, insbesondere dort, wo die Stege in einem Winkel zur Achse an der Rohrwand anliegen. Dies führt zu zusätzlichen längeren Verweilzeiten.

[0028] Es wurden etliche Berechnungen durchgeführt, um das Verweilzeitspektrum der Mischer, ohne Ein- und Auslaufstörungen, zu vergleichen. Zum Vergleich der Verweilzeitspektren kann vorzugsweise die Verweilzeitsummenkurve heran gezogen werden. Fig. 7 zeigt einen Vergleich verschiedener Mischelemente. Die Kurve 200 zeigt das ideale Verhalten; keinerlei Anteile der durch das Mischelement fließenden Fluide hat eine Verweilzeit t zur mittleren Verweilzeit τ (Tau) von kleiner 1. Bei einem grösseren Verhältnis q als 1 sind es 100 %, was als $H(q)=1$ angegeben wird. Der Mischer gemäss CH 693 560 weist ein Verhältnis mit der gestrichelten Kurve 202 auf, der Mischer gemäss EP 2 286 904 B1 ein Verhältnis gemäss Kurve 201. Die durchgezogene Kurve 203 schliesslich zeigt das Verweilzeitverhalten für einen Mischer gemäss einem Ausführungsbeispiel gemäss der Erfindung. Es fällt auf, dass bei diesem Mischer zum einen die Kurve den Wert $H(q) = 0,5$ bei $q=1$ schneidet; 50% der Fluidanteile weisen eine überdurchschnittliche Verweilzeit ($q<=1$) und 50% eine unterdurchschnittliche Verweilzeit ($q>=1$) auf. Es besteht also eine Kompensation von schnelleren durch langsamere Anteile in symmetrischer Art und Weise, während beim Stand der Technik einige schnell durch den Mischer hindurchtretende Fluidanteile einem grösseren Anteil von langsameren Fluidanteilen gegenüberstehen. Die Geschwindigkeitsspreizung ist bei der Erfindung viel geringer. Dies ist verbunden mit dem zweiten Unterschied, der darin liegt, dass die langsameren Fluidanteile, auf die mit dem Bezugszeichen 210 hingewiesen wird, eine weniger geringe Verweilzeit als der Schnitt haben; es gibt fast keine Anteile mit einem $q < 0,75$ und im wesentlichen befinden sich die Fluidanteile mit einem $q > 0,85$.

[0029] Durch die erfindungsgemässen Merkmale gelingt es bei einem solchen Mischer, ein deutlich verbessertes Verweilzeitverhalten zu erzielen. Der Vergleich basiert auf identischen Strömungsverhältnissen, gleichem Durchmesser und gleichen Mischerlängen. Somit kann der Widerstandsfaktor als Leistungsvergleich herangezogen werden. Dabei wird der Widerstandsfaktor des Mischers 1 mit 100% normiert. Wie erwartet weist der Mischer nach EP 2 286 904 B1 mit 38% das schlechtere Verweilzeitverhalten als der Mischer nach der CH 693 560 auf. Es ist daher umso erstaunlicher, dass der Mischer gemäss der Erfindung mit 60% im Vergleich zum Mischer nach CH 693 560 ein erheblich besseres Verweilzeitverhalten aufweist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Weitere Erklärungen, Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnungen, die lediglich zur Erläuterung dienen

und nicht einschränkend auszulegen ist. Die Zeichnungen zeigen schematisch in

- Fig. 1 eine Seitenansicht eines Teils eines Strömungskanals mit zwei aneinander grenzenden Mischelementen mit sechs Stegen gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- 5 Fig. 2 die Sicht auf ein Mischelement im Strömungskanal von Fig. 1 in Blickrichtung der Längsachse des Strömungskanals;
- Fig. 3 die Draufsicht auf Stegplatten vor dem Schweissen zu einem Mischelement mit zu verbindenden Stegen;
- Fig. 4 die Draufsicht auf eine Stegplatte eines Mischelementes mit sechs Stegteilen vor dem Schweissen zu einem Mischelement;
- 10 Fig. 5 eine schematische Darstellung von turbulenter und laminarer Strömung in einem Lehrrohr, in einer Prinzipdarstellung und an Mischern gemäss dem Stand der Technik und gemäss der Erfindung;
- Fig. 6 die Verweilzeitverteilung von statischen Mixern gemäss CH 642 564 und CH 693 560 im Vergleich zu verschiedenen Bodenstein-Zahlen nach dem 1D Dispersionsmodell;
- Fig. 7 Verweilzeitsummenkurven von verschiedenen Mixern des Standes der Technik und gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- 15 Fig. 8 eine perspektivische Darstellung eines statischen Mixers gemäss Fig. 1;
- Fig. 9 die Draufsicht auf eine Stegplatte eines Mischelementes mit vier Stegteilen vor dem Schweissen zu einem Element nach Fig. 10;
- Fig. 10 die Draufsicht auf die Stegplatten von Fig. 9 vor dem Biegen zu einem Mischelement mit zu verbindenden Stegen und
- 20 Fig. 11 eine perspektivische Darstellung eines statischen Mischer gemäss Fig. 1 mit zusätzlichen Rohr oder Profilelement zur Verstärkung resp. zum

verbesserten Wärmeübergang.

25

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0031] Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines Teils eines Strömungskanals 10 mit zwei aneinander grenzenden Mischelementen 12 mit sechs Stegen gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die folgende Beschreibung stützt sich gleichfalls ab auf die Fig. 2 mit einer Sicht auf das Mischelement 12 von Fig. 1 im Strömungskanal 10 in Blickrichtung der Längsachse des Strömungskanals 10; auf die Fig. 3 mit einer Draufsicht auf Stegplatten vor dem Schweissen zu einem Mischelement 12 mit zu verbindenden Stegen, auf die Fig. 4 mit einer Draufsicht auf eine Stegplatte eines Mischelementes 12 mit sechs Stegteilen vor dem Schweissen zu einem Mischelement, auf die Fig. 9 mit einer Sicht auf eine Stegplatte eines Mischelementes mit vier Stegteilen vor dem Schweissen zu einem Mischelement und schliesslich auf die Fig. 10 mit einer Draufsicht auf die Stegplatten von Fig. 9 vor dem Biegen zu einem Mischelement mit zu verbindenden Stegen. Die Fig. 8 schliesslich zeigt eine perspektivische Ansicht eines Mixers nach Fig. 1.

[0032] 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 Umhüllungsdurchmesser 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 sechs Steglagen mit je zwei sich alternierend kreuzenden Stegen 14A, 14B auf und entspricht somit einem 6-Steg-Mischer. Eine übliche andere Anzahl von Stegen ist vier oder acht.

[0033] 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 dem Ort der kleinsten Stegbreite b .

[0034] Sämtliche Stege 14A, 14B erstrecken sich innerhalb des Mischelements 12 über jeweils ihre durch die Stirnseiten 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

55

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.

5 **[0035]** Wie aus den Figs. 3 und 4 oder Figs. 9 und 10 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.

10 **[0036]** Der Zusammenbau des Mischelements 12 erfolgt auf einfache Weise aus zwei in Fig. 10 gezeigten Stegplatten 26 mit vier alternierend angeordneten, den vier in Fig. 9 dargestellten Stegen 14A, 14B entsprechenden halben Stegen 14A', 14B' und den vier in Fig. 9 dargestellten Stegen 14A, 14B. Hierbei werden zwei Stegplatten 26 um eine Achse 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. 9 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.

15 **[0037]** Allen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass die Bereiche der Enden 28, die bei bekannten Mischern im Rahmen des Spiels an der Innenwand des Strömungsrohrs anliegen, ausgeschnitten sind. Die Ausschnitte können, wie in Fig. 4 zu erkennen, geraden Schnitten 122 an den Enden entsprechen, die einen kleinen Endabschnitt übriglassen, der weiterhin an das Strömungsrohr angrenzt. Der Ausschnitt 122 am längsten Stegabschnitt ist steiler als der Ausschnitt 122 an einem kürzeren Steg.

20 **[0038]** In den Figs. 9 und 10 sind die Ausschnitte 122 gegenüber den üblichen nicht ausgeschnittenen Endbereichen 22 zu erkennen, wobei letztere strichliniert dargestellt sind. Diese Linien 22 entsprechen dem Innendurchmesser des Strömungsrohrs. Dabei sind einige Ausschnitte 122 konkav ausgestaltet, andere weisen einen Polygonzug auf, beispielsweise zwei sich an einem konkaven Punkt treffenden Streckenabschnitte. Dabei kann der Endbereich 28 einen an das Rohr angrenzenden Kantenbereich aufweisen, nur einen Punkt aufweisen oder, wie an dem Steg 14A' in Fig. 10 rechts unten, von beiden Seiten her angeschnitten sein, so dass selbst die Spitze des hier konvexen Polygonzuges die Wand des Strömungsrohrs nicht mehr berührt.

25 **[0039]** Fig. 5 zeigt schematisch die turbulente und laminare Strömung. Bei der laminaren Strömung bildet sich eine Parabelströmung 85 im Strömungskanal 10, welche ein sehr schlechtes Verweilzeitspektrum aufweist. Mit anderen Worten, an den Rohrrändern bestehen sehr langsame Fluidanteile 86, während in der Mitte schnelle Fluidanteile 87 bestehen. Für eine turbulente Strömung ergibt sich eine Verteilung nach Kurve 82, während mit einem Mischer nach der Erfindung eine Verteilung nach Kurve 81 erreichbar ist, bei der sowohl die Randströmung, als auch die Mittenströmung vergleichbare Geschwindigkeiten aufweisen.

30 **[0040]** Die Fig. 6 zeigt die Verweilzeitverteilung von statischen Mischern gemäss CH 642 564 und CH 693 560 im Vergleich zu verschiedenen Bodenstein-Zahlen nach dem 1D Dispersionsmodell und die Fig. 7 zeigt Verweilzeitsummenkurven von verschiedenen Mischern des Standes der Technik und einem Mischer gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei zeigt sich, dass das Öffnen der Randbereiche durch Ausnehmungen zwischen dem Innenrohrtrand 22 und dem Stegende durch Abschneiden 122 der Randseitigen Endbereiche den Volumendurchfluss in den Randbereichen um ein Mass beschleunigt, dass sich eine hohe homogene Geschwindigkeitsverteilung wie die Strömung 81 nach Fig. 5 ergibt. In der Draufsicht entlang der Längsachse x sind die Mischelemente weiterhin im Wesentlichen vollflächig, insbesondere auf der Hauptachse entlang der Kreuzungsstelle 16, so dass eine gute Durchmischung stattfindet. Es wird neben den durch die Ausnehmungen 24 erzeugten Wandabstand c in der Breitenrichtung der Stege ein zusätzlicher seitlicher Wandabstand erzeugt, der durch den Winkel der geraden Schnitte, die Tiefe der konkaven runden Ausnehmungen oder die Tiefe der Polygonzüge mit einer Spitze definiert wird. Vorteilhaft ist das abwechselnde Anliegen von Randbereichen 22 und den weggenommenen Abschnitten 122, so dass auch in den Randbereichen eine Durchmischung stattfindet.

35 **[0041]** In Figur 11 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt. In einem Mischer gemäss Figur 1 ist ein zusätzliches längliches, stabförmiges Profilelement 30 angeordnet, welches sich parallel zur Längsrichtung des Mixers erstreckt und diesen durchsetzt. Vorzugsweise ist genau ein Profilelement 30 vorhanden. Der Mischer kann jedoch auch von mehreren derartigen Profilelementen durchsetzt sein.

40 **[0042]** Das mindestens eine Profilelement 30 ist verschieblich im Mischer gehalten oder fest mit dem Mischer verbunden. Es besteht vorzugsweise aus Metall. Das mindestens Profilelement 30 ist je nach Ausführungsform hohl oder massiv, d.h. ausgefüllt ausgebildet. Es weist vorzugsweise einen runden Querschnitt auf. Ist es hohl, insbesondere als Rohr ausgebildet, so kann es leer sein. Vorzugsweise ist jedoch mindestens ein Temperatursensor im Rohr angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann das Rohr ein Wärmeträgermedium, beispielsweise ein Thermoöl oder Wasser, beinhalten.

45 **[0043]** Das Profilelement dient als mechanische Verstärkung des Mixers und/oder verbessern den Wärmeübergang.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Strömungskanal	201	Verweilzeitsummenkurve von EP 2 286 904
12	Mischelement		
5	14A(') Steg	202	Verweilzeitsummenkurve von CH 693 560
	14B(') Steg		
16	Kreuzungsstelle	203	Verweilzeitsummenkurve bei einem Mischer nach der Erfindung
18	Einkerbung		
20	Vorsprung		
10	22 stirnseitige Endbereiche	210	langsamere Fluidanteile
	24 Ausnehmung	30	Profilelement
	26 Stegplatte	a	grösster Zwischenabstand der Stege
	28 Ende		
15	81 turbulente Strömung	b	kleinste Breite der Stege
	82 turbulente Strömung	b'	grösste Breite an einer Kreuzungsstelle der Stege
	85 Parabelströmung		
	86 langsame Randströmung	c	grösster Wandabstand der Stege
	87 schnelle Zentralströmung		
20	100 ideale Verweilzeit	A,B	Ebenenscharen der jeweiligen Stege 14A bzw. 14B
	105 Verweilzeit bei Bo=400		
	106 Verweilzeit bei Bo=120	X	Längsachse des Strömungskanals
	107 Verweilzeit bei Bo=60		
25	108 Verweilzeit bei Bo=20	D	Innendurchmesser des Strömungskanals
	109 Verweilzeit bei Bo=7		
	110 CFD berechnete Verweilzeit	L	Länge des Mischelements
	122 abgeschnittene stirnseitige Endbereiche		
30	200 ideale Verweilzeitsummenkurve		

Patentansprüche

1. Statische Mischvorrichtung mit einem rohrförmigen, eine Längsachse und einen Innendurchmesser aufweisenden Strömungskanal (10) mit mindestens einem im Strömungskanal (10) angeordneten Mischelement (12) einer vorbestimmten Länge und einem im Wesentlichen dem Innendurchmesser des Strömungskanals (10) entsprechenden Durchmesser (D), wobei jedes Mischelement (12) eine Vielzahl von kreuzweise angeordneten, mit der Längsachse (X) des Strömungskanals (10) einen Winkel grösser 0° einschliessenden Stegen (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) zumindest teilweise einen Zwischenabstand aufweisen und dass die Stegenden an der Rohrwand nur noch punktuell anliegen, so dass trotzdem die Befestigung der Mischelemente zu einer Mischerstange gewährleistet ist, wobei mindestens jeweils einer der Stege (14A, 14B) zwischen benachbarten Kreuzungsstellen (16) tailliert ausgebildet ist 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, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Innenwand des Strömungskanals (10) benachbarten Randbereiche der Stege (14A, 14B) eine gegenüber der Innenwand des Strömungskanals (10) bestehende Ausnehmung (122) aufweisen.
2. Mischvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ausnehmung (122) der der Innenwand des Strömungskanals (10) benachbarten Randbereiche 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) ist.
3. Mischvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die über den Durchmesser des Mischelementes (12) gemessene Summe der kleinsten Breiten (b) der Stege (14A, 14B) mindestens 40 % des Durchmessers des Mischelementes (12) beträgt.

EP 3 081 285 B1

4. Mischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei angrenzend an die Ausnehmungsränder stirnseitige Stosskanten (22) der Stege (14A, 14B) bestehen, die an die Innenwand des Strömungskanals (10) angrenzen.
5. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Ausnehmungen gerade Schnitte oder konkave Ausnehmungen (122) der Stosskanten der Stege (14A, 14B) sind.
6. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Stege (14A, 14B) an der Innenwand des Strömungskanals (10) zugespitzt sind, so dass das Mischelement (12) keine Totwasserzonen aufweist, insbesondere dass die Stege (14A, 14B) die Innenwand des Strömungskanals (10) nicht berühren.
7. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das innere Kreuz des Mischelementes (12) nicht tailliert ausgeführt wird.
8. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Stege (14A, 14B) unterschiedliche Breiten aufweisen, und/oder wobei alle Stege (14A, 14B) die gleiche kleinste Breite (b) aufweisen.
9. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei alle Stege (14A, 14B) mit der Längsachse (x) des Strömungskanals (10) einen Winkel (α) von 45° einschliessen.
10. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Mischelement (12) vier, sechs oder acht Steglagen aufweist.
11. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle einander benachbarten Stege (14A, 14B) den gleichen grössten Zwischenabstand (a) aufweisen.
12. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die kleinste Breite (b) der Stege (14A, 14B) 50 % ihrer Breite (b') an den Kreuzungsstellen (16) der Stege (14A, 14B) beträgt.
13. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die kleinste Breite (b) der Stege (14A, 14B) gleich gross ist wie der grösste Zwischenabstand (a) benachbarter Stege (14A, 14B).
14. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der grösste Wandabstand (c) 50% der kleinsten Breite (b) der Stege (14A, 14B) und 50% des grössten Zwischenabstandes (a) benachbarter Stege (14A, 14B) beträgt.
15. Mischvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mindestens ein längliches Profilelement vorhanden ist, welches den Mischer durchsetzt.
16. Verwendung einer statischen Mischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Mischen von Medien, wobei mindestens eines davon ein laminar strömendes Medium, insbesondere eine Polymerschmelze oder ein anderes hochviskoses Fluid, ist.

Claims

1. A static mixing device having a tubular flow channel (10) with a longitudinal axis and an inner diameter with at least one mixing element (12) arranged in the flow channel (10) and which mixing element (12) having a predetermined length and an inner diameter substantially corresponding to the diameter (D) of the flow channel (10), wherein each mixing element (12) has a plurality of crosswise arranged webs (14A, 14B) which enclose an angle greater than 0° with the longitudinal axis (x) of the flow channel (10), wherein the webs (14A, 14B) are arranged in two families of planes (A, B) which intersect one the other and each comprising a plurality of planes being parallel one to the other and being separated by an equal distance from each other and wherein, when the two families of planes (A, B) are projected on a projection plane being perpendicular to the longitudinal axis (x) of the flow channel (10), adjacent webs (14A, 14B) at least partially have an intermediate distance, and wherein the web ends abut only selectively at the tubular wall, so that nevertheless the attachment of the mixing elements to a mixer rod is ensured, wherein at least one each of the webs (14A, 14B) is formed waisted between adjacent intersection points (16) and wherein, in the middle between adjacent intersection points (16), the webs (14A, 14B) have their smallest width (b) and adjacent webs (14A, 14B) have their greatest spacing (a), **characterized in that** the edge regions of the webs (14A,

14B) being adjacent to the inner wall of the flow channel (10) have a recess (122) relative to the inner wall of the flow channel (10).

- 5 2. The mixing device according to claim 1, wherein the recess (122) of the edge regions adjacent to the inner wall of the flow channel (10) has a recess of the smallest width (b) corresponding to the amount of waist of the webs (14A, 14B) to form a largest wall distance (c) in the center between the end-face butt edges (22).
- 10 3. The mixing device according to claim 2, wherein the measured sum of the smallest widths (b) of the webs (14A, 14B) over the diameter of the mixing element (12) is at least 40% of the diameter of the mixing element (12).
- 15 4. The mixing device according to any one of claims 1 to 3, wherein adjacent to the recess edges are butt edges (22) of the webs (14A, 14B), which adjoin the inner wall of the flow channel (10).
- 20 5. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the recesses are straight cuts or concave recesses (122) of the butt edges of the webs (14A, 14B).
- 25 6. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the webs (14A, 14B) are tapered on the inner wall of the flow channel (10), so that the mixing element (12) has no dead water zones, in particular that the webs (14A, 14B) do not touch the inner wall of the flow channel (10).
- 30 7. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the inner cross of the mixing element (12) is made non-waisted.
- 35 8. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the webs (14A, 14B) have different widths, and / or wherein all the webs (14A, 14B) have the same smallest width (b).
- 40 9. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein all webs (14A, 14B) form an angle (α) of 45 ° with the longitudinal axis (x) of the flow channel (10).
- 45 10. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the mixing element (12) has four, six or eight web layers.
- 50 11. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein all adjacent webs (14A, 14B) have the same largest intermediate distance (a).
12. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) is 50% of their width (b') at the intersections (16) of the webs (14A, 14B).
13. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) is equal to the largest intermediate distance (a) of adjacent webs (14A, 14B).
14. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein the largest wall distance (c) is 50% of the smallest width (b) of the webs (14A, 14B) and is 50% of the largest intermediate distance (a) between adjacent webs (14A, 14B).
15. The mixing device according to any one of the preceding claims, wherein at least one elongate profile element is present, which passes through the mixer.
16. Use of a static mixing device according to any one of the preceding claims for mixing media, wherein at least one of which is a laminar flowing medium, in particular a polymer melt or another highly viscous fluid.

Revendications

- 55 1. Dispositif de mélange statique comprenant un canal d'écoulement (10) avec un élément tubulaire, un axe longitudinal et un diamètre intérieur ayant au moins un élément de mélange (12) disposé dans le canal d'écoulement (10) d'une longueur prédéterminée et avec un diamètre (D) correspondant sensiblement au diamètre interne du canal d'écoulement (10), où dans lequel chaque élément de mélange (12) comprend une pluralité d'âmes (14A, 14B) agencées

EP 3 081 285 B1

en croix et présentant par rapport à l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10) un angle supérieur à 0° , dans lequel les âmes (14A, 14B) sont disposées dans deux familles de plans (A, B) qui se croisent et qui comprennent une pluralité de plans espacés les uns par rapport aux autres parallèlement, séparées par une distance égale, et où les âmes adjacentes (14A, 14B), lors d'une projection des deux familles de plans (A, B) sur un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10), ont au moins partiellement une distance intermédiaire, et en ce que les extrémités des âmes ne sont appliquées que sélectivement à la paroi du tube, de sorte que la fixation des éléments de mélange à une tige de mélangeur est toujours garantie, où au moins l'une de chaque famille d'âmes (14A, 14B) est formée entre les points de croisement adjacents (16) d'une manière cintrée et où les âmes (14A, 14B) comprennent au milieu entre des points d'intersection adjacents (16) leur largeur la plus petite (b) et où les âmes adjacentes (14A, 14B) comprennent leur plus grand espacement intermédiaire (a), **caractérisé en ce que** les régions de bord des âmes (14A, 14B) adjacentes à la paroi intérieure du canal d'écoulement (10) ont un évidement (122) existant en face de la paroi intérieure du canal d'écoulement (10).

2. Dispositif de mélange selon la revendication 1, dans lequel l'évidement (122) des régions de bord adjacentes à la paroi intérieure du canal d'écoulement (10) est un évidement correspondant au cintrage des âmes (14A, 14B) avec la plus petite largeur (b) pour former le plus grand espacement de paroi (c) au milieu entre les bords en butée (22) de la face d'extrémité frontale.
3. Dispositif de mélange selon la revendication 2, dans lequel la somme de la plus petite largeur (b) des âmes (14A, 14B) mesurée à travers le diamètre de l'élément de mélange (12) est au moins de 40 % du diamètre de l'élément de mélange (12).
4. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel des bords en butée (22) existent adjacents aux bords d'évidement des âmes (14A, 14B), qui sont adjacents à la paroi intérieure du canal d'écoulement (10).
5. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les évidements sont des coupes droites ou des évidements concaves (122) des bords en butée des âmes (14A, 14B).
6. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les âmes (14A, 14B) sont diminuées sur la paroi intérieure du canal d'écoulement (10), de sorte que l'élément de mélange (12) ne comporte pas de zones d'eaux mortes, en particulier que les âmes (14A, 14B) ne touchent pas la paroi intérieure du canal d'écoulement (10).
7. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la section intérieure en croix de l'élément de mélange (12) est prévue non-cintrée.
8. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les âmes (14A, 14B) ont des largeurs différentes et / ou dans lequel toutes les âmes (14A, 14B) ont la même plus petite largeur (b).
9. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les âmes (14A, 14B) forment avec l'axe longitudinal (x) du canal d'écoulement (10) un angle (α) de 45° .
10. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément de mélange (12) présente quatre, six ou huit couches d'âmes.
11. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** toutes les âmes adjacentes (14A, 14B) ont le même plus grand espacement intermédiaire (a).
12. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la largeur la plus petite (b) des âmes (14A, 14B) est de 50 % de leur largeur (b') au niveau des points d'intersection (16) des âmes (14A, 14B).
13. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la largeur la plus petite (b) des âmes (14A, 14B) est égale à la plus grande distance (a) des âmes adjacentes (14A, 14B).
14. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la plus grande distance de la paroi (c) est de 50 % de la plus petite largeur (b) des âmes (14A, 14B), et il est de 50 % de la distance maximale intermédiaire (a) des âmes adjacentes (14A, 14B).

EP 3 081 285 B1

15. Dispositif de mélange selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un élément profilé allongé est prévu, et qui passe à travers le mélangeur.
- 5 16. Utilisation d'un dispositif de mélange statique selon l'une quelconque des revendications précédentes pour le mélange de milieux, où au moins un milieu étant un milieu d'écoulement laminaire, en particulier une masse fondue de polymère, ou un autre fluide à haute viscosité.

10

15

20

25

30

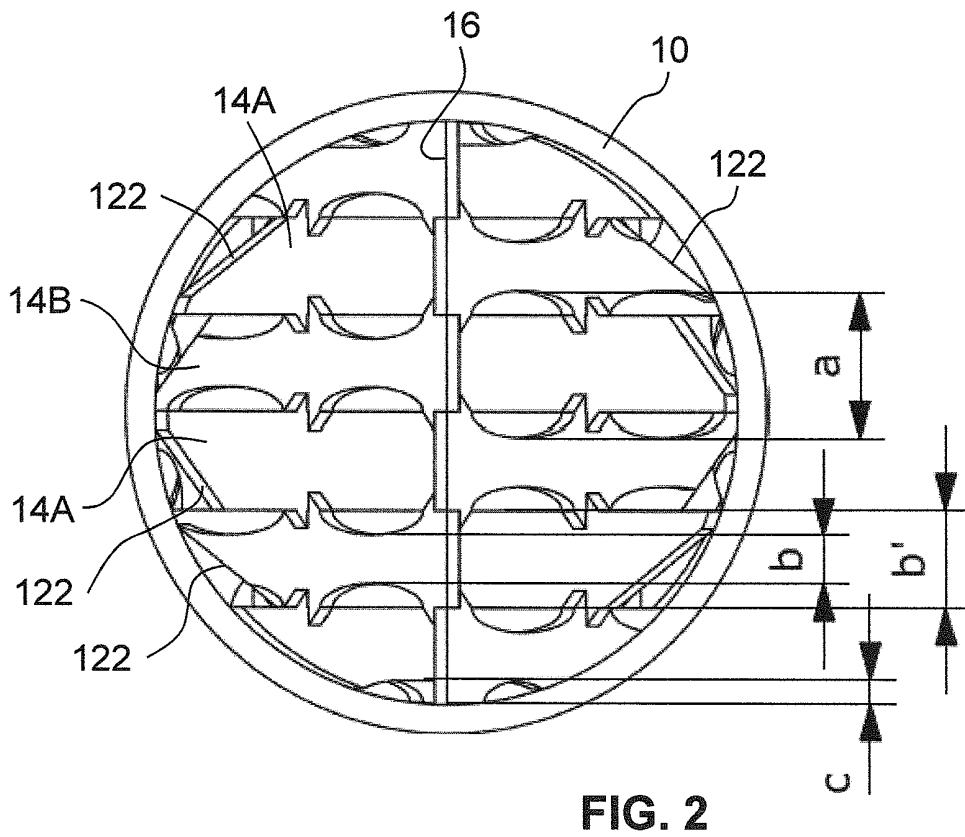
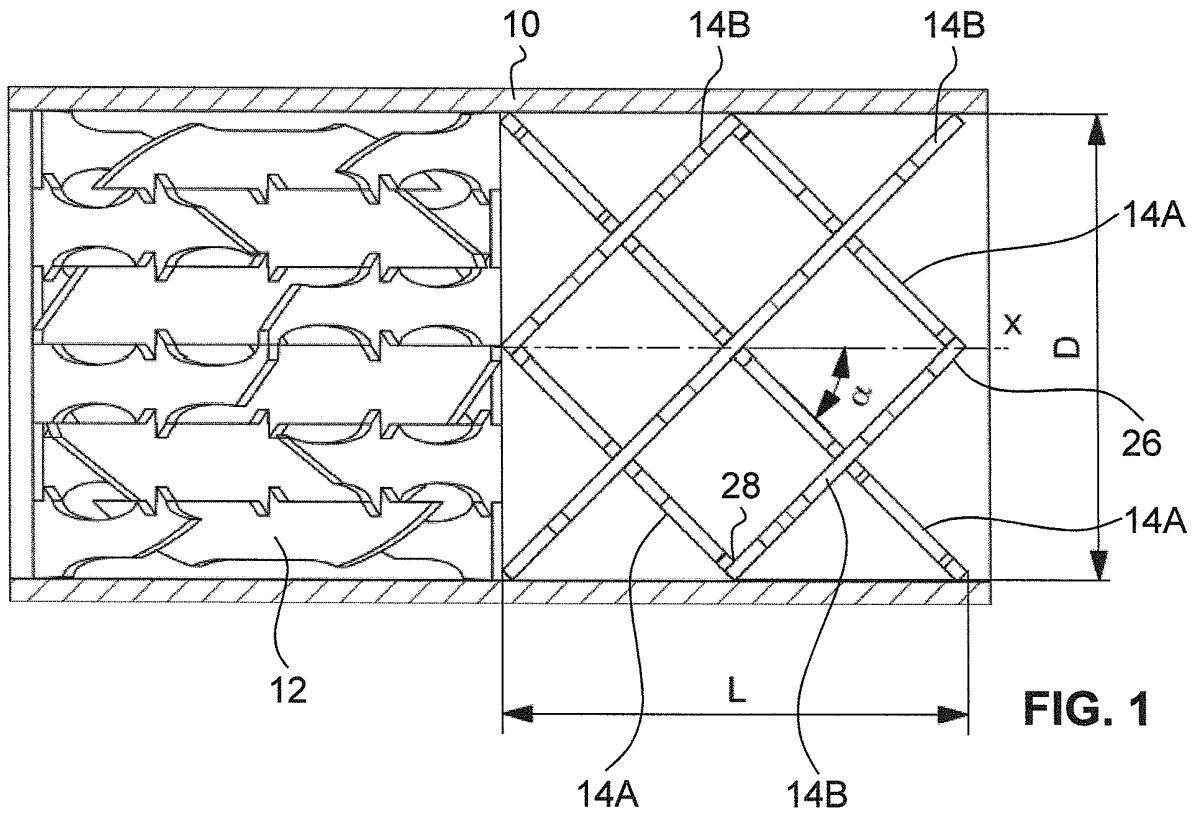
35

40

45

50

55



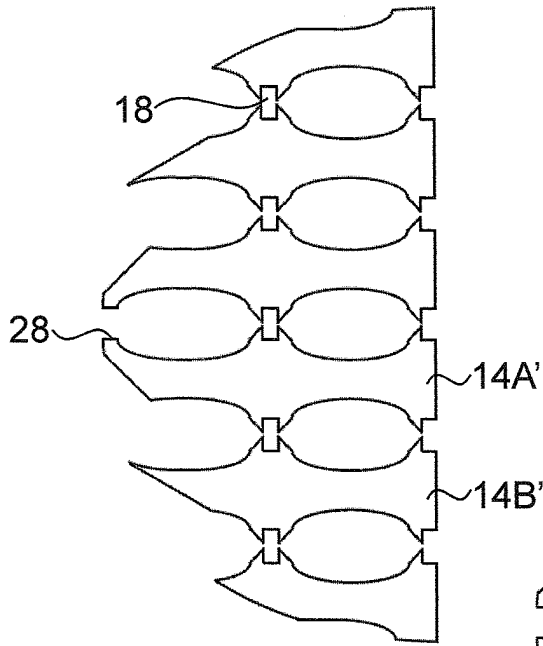


FIG. 3

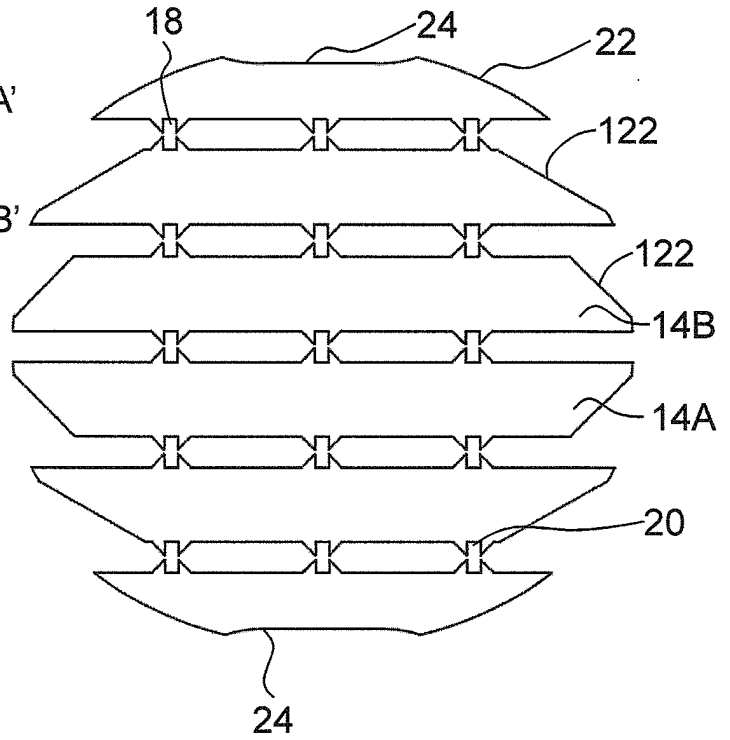


FIG. 4

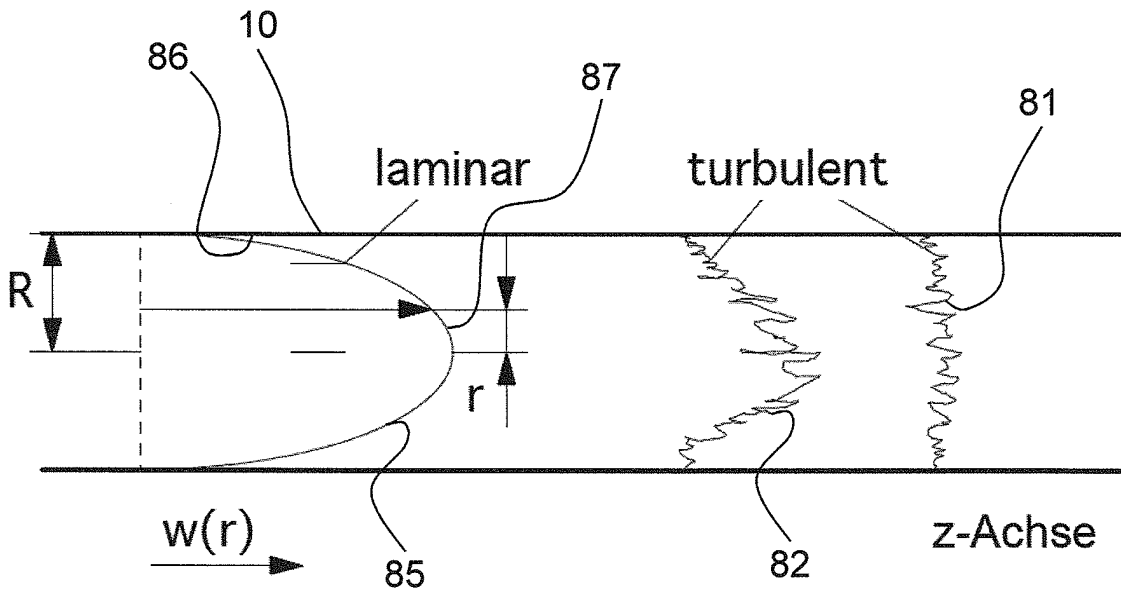


FIG. 5

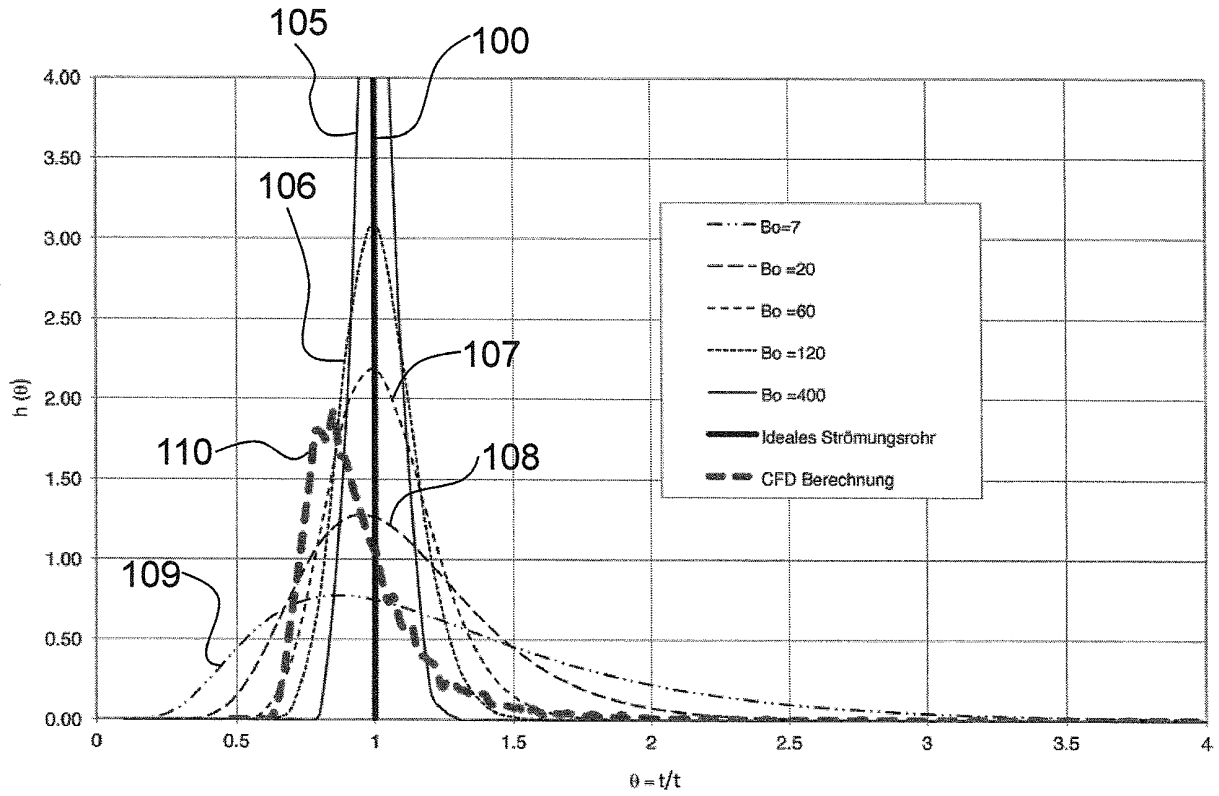


FIG. 6

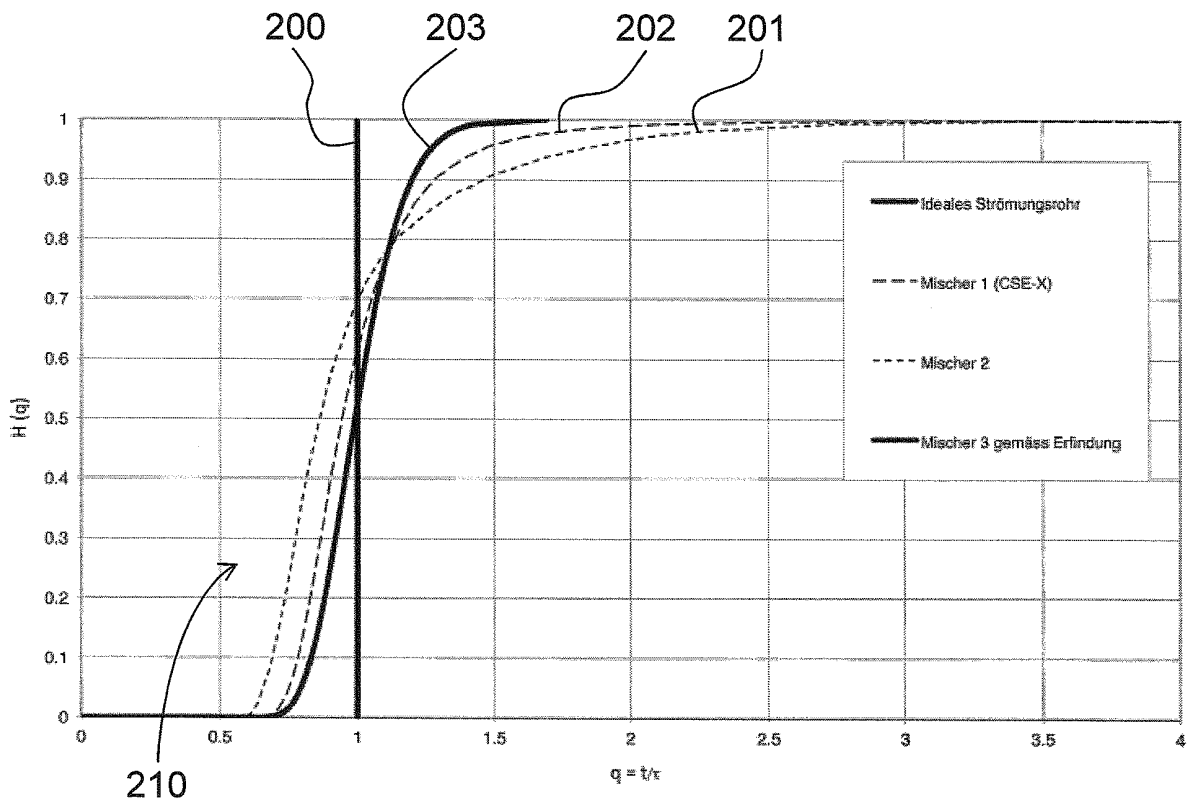


FIG. 7

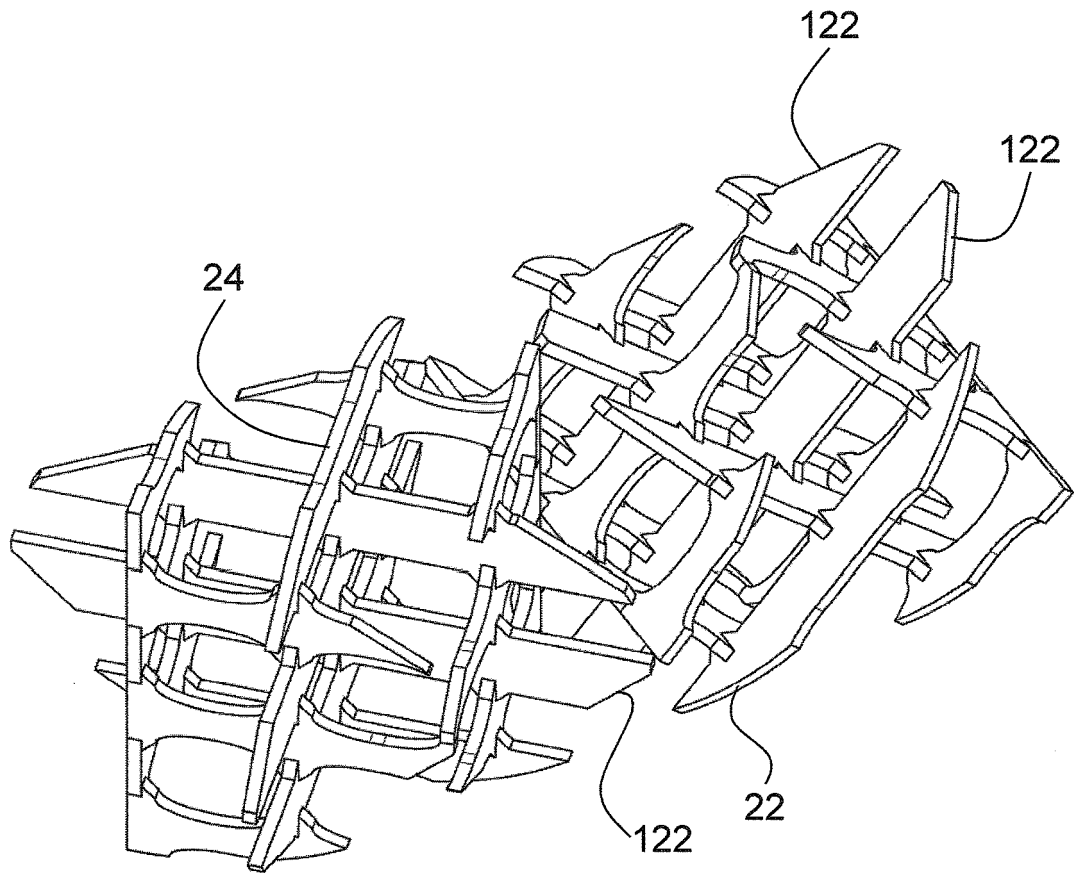


FIG. 8

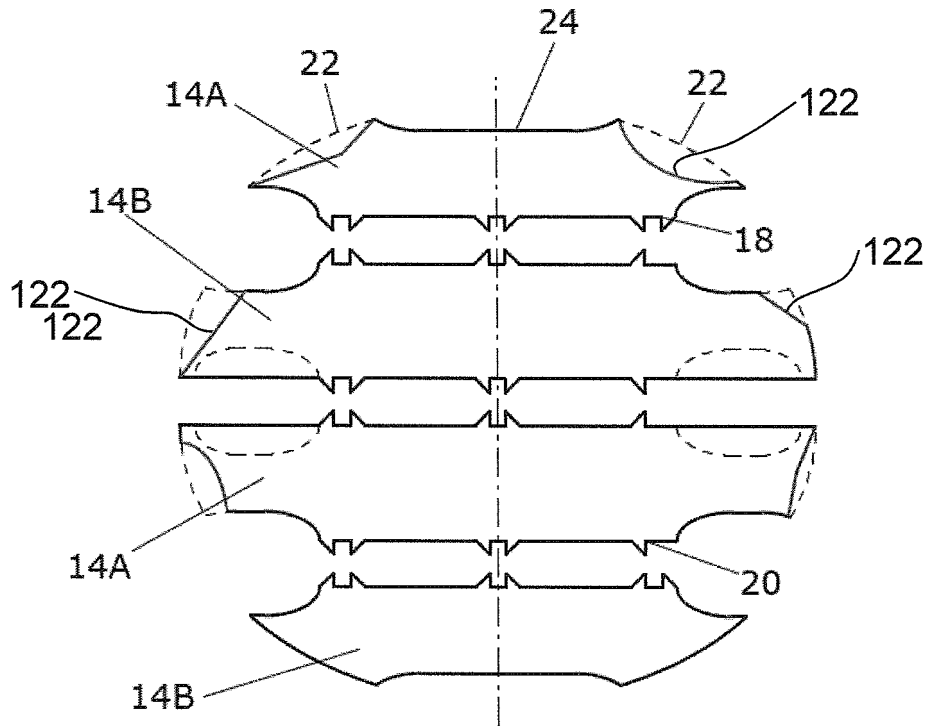


FIG. 9

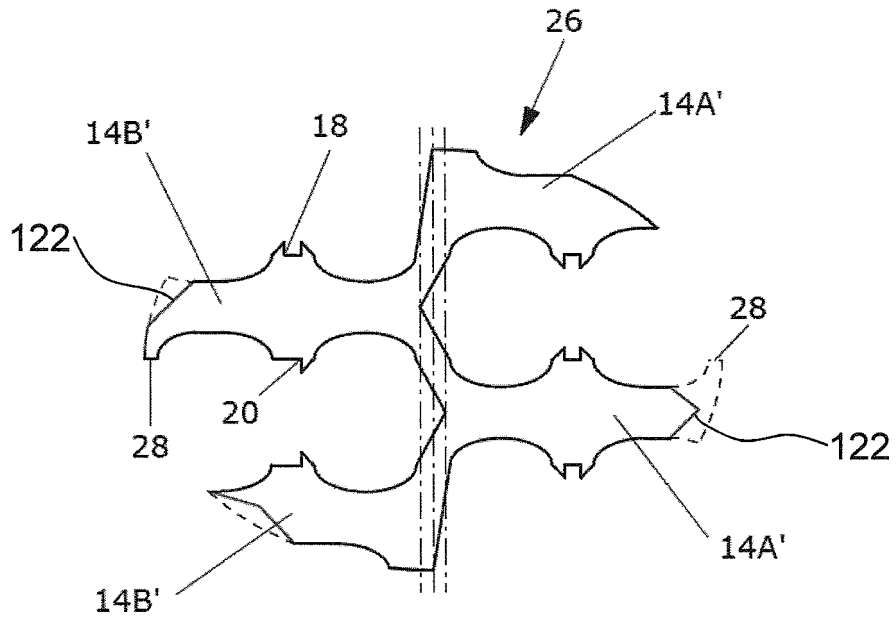


FIG. 10

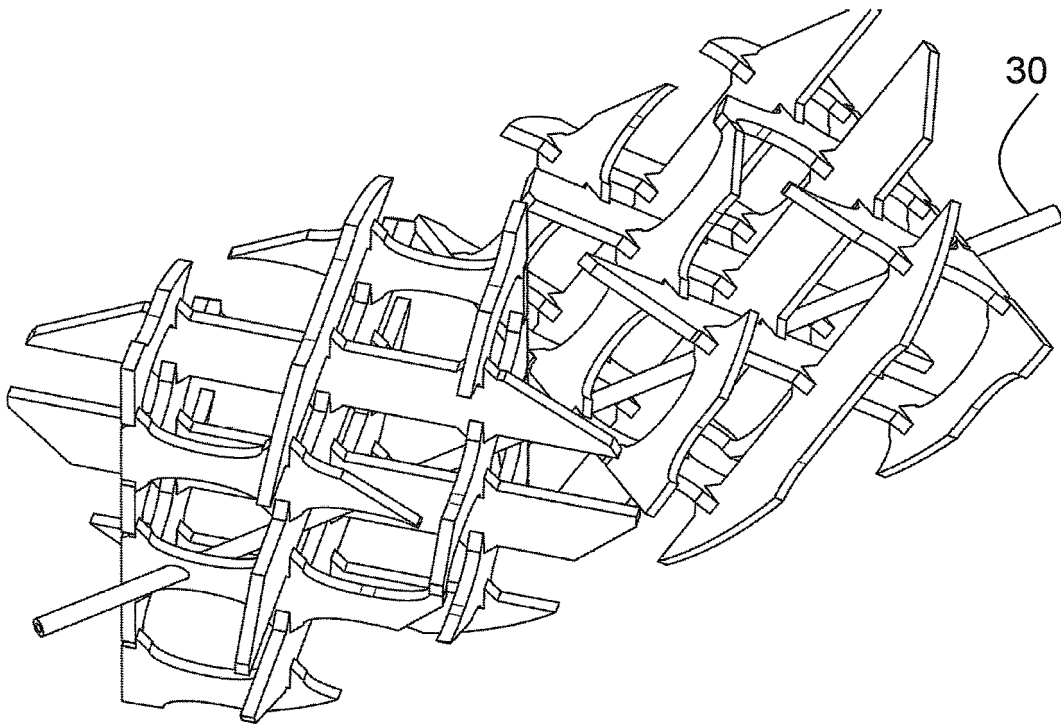


FIG. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2286904 A [0002] [0043]
- US 3286992 A [0004]
- AT 330135 B [0005]
- CH 642564 A5 [0006]
- CH 693560 A5 [0007]
- EP 2286904 B1 [0008] [0014] [0028] [0029]
- DE 2808854 [0011]
- EP 2113732 A [0011]
- EP 1067352 A [0011]
- WO 2008141472 A [0011]
- CH 642564 [0024] [0030] [0040]
- CH 693560 [0024] [0028] [0029] [0030] [0040] [0043]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Zeitschrift Chemie Ingenieur Technik*, 2005, vol. 77
(6 [0011])