



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 653 567 A5

⑤① Int. Cl.4: B 01 F 3/00
B 01 F 5/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer:	6022/80	⑦③ Inhaber:	MTA Müszaki Kémiai Kutató Intézet, Veszprém (HU)
⑳② Anmeldungsdatum:	08.08.1980	⑦② Erfinder:	Baratossy, Jenő, Budapest V (HU) Blickle, Tibor, Budapest VII (HU) Borlai, Oszkar, Budapest II (HU) Bucsky, György, Balatonalmádi (HU) Mericsényi, Pal, Veszprém (HU) Németh, Jenő, Budapest (HU) Odor, Gyula, Mosonmagyaróvár (HU) Pazmany, József, Balatonfüred (HU) Puskas, Kázmér, Budapest (HU) Ujhidy, Aurél, Veszprém (HU)
⑳③ Priorität(en):	31.08.1979 HU MU 620	⑦④ Vertreter:	Prof. Konst. Katzarov S.A., Genève
⑳④ Patent erteilt:	15.01.1986		
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.01.1986		

⑤④ **Verfahren und Einrichtung zur statischen Mischung von Mitteln.**

⑤⑦ Verfahren und Einrichtung zur statischen Mischung von in gleicher Richtung strömenden Mitteln in einem durch Trennwände und Begrenzungswände aufgeteilten Raum.

Bei dem Verfahren wird die Strömungsgeschwindigkeit der Mittel variiert gegensinnig verändert, wobei in gegebenen Intervallen mindestens zwei Mittel miteinander kontaktiert werden und gegebenenfalls durch Strömen eines Mittels auch ein anderes Mittel in Strömung gebracht wird.

Mindestens in einigen Intervallen kann eine zur Hauptströmungsrichtung im Extremfall senkrechte Strömung erzeugt werden. Diese letztere Strömung kann variiert gegensinnig erzeugt werden.

Die Einrichtung besteht aus Begrenzungs- und Trennwänden und ist mit zur Längsachse oder zu einer in der Längsachse gelegenen Ebene mindestens teilweise einen Spitz- oder Stumpfwinkel einschliessenden und Diskontinuitäten aufweisenden Trennwänden, sowie mit in Richtung Längsachse mindestens teilweise variiert sich verengenden oder erweiternden Räumen versehen.

Die Trennwände können zu einer in der Längsachse gelegenen Ebene einen ständig ändernden Winkel oder eine - gegebenenfalls in entgegengesetzter Richtung - verdrehte Form haben.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur statischen Mischung von Mitteln in einem durch eine Wand oder Wände begrenzten und durch mindestens eine Trennwand aufgeteilten Raum oder Raumteil, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsgeschwindigkeit von einem oder mehreren, parallel in der gleichen Richtung strömenden Mitteln variiert gegensinnig verändert wird, wobei in gegebenen Intervallen der Geschwindigkeitsänderung mindestens zwei, in einem durch eine Trennwand abgetrennten Raum oder Raumteil strömende Mittel miteinander in Kontakt gebracht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Strömung eines oder mehrerer Mittel weitere Mittel in die Strömung gebracht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem oder mehreren Mitteln auch eine von der axialen Hauptströmungsrichtung abweichende, im Extremfall dazu annähernd senkrechte Strömung mindestens in einem Teil des Intervalles der gegensinnigen Geschwindigkeitsänderung oder danach erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Hauptströmungsrichtung abweichende, im Extremfall senkrechte Strömung variiert am Ende des Intervalles der gegensinnigen Geschwindigkeitsänderung erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel von der Hauptströmungsrichtung abweichend, im Extremfall senkrecht durch die Krümmung der aufteilenden Trennwand in Zwangsströmung gebracht werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in den Intervallen der Geschwindigkeitsänderung durch Diskontinuitäten der Trennwand oder Trennwände miteinander in Kontakt gebracht werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in den Intervallen der Geschwindigkeitsänderung durch eine Siebwand in Kontakt gebracht werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Trennwand oder Trennwände abgetrennten, parallel strömenden Mittel bei den Diskontinuitäten der Trennwand oder Trennwände durch die Kante der gegenüber der Strömung stehenden Trennwand oder Trennwände gleichzeitig oder in Richtung Strömung verschoben aufgeteilt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die parallel strömenden Mittel nach den Diskontinuitäten der Trennwand oder Trennwände durch Verbeugung der Kante(n) der Weiterführung der gegenüber der Strömung stehenden Trennwand oder Trennwände zur vorhergehenden Trennwandendung(en) unter einem Winkel aufgeteilt werden.

10. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit ein oder mehreren Begrenzungswänden und ein oder mehreren Trennwänden um eine Längsachse, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit ein oder mehreren Trennwänden (2), die zu der Längsachse oder zu einer in die Längsachse gelegten, vorgewählten Ebene (a-b) oder zu den Begrenzungswänden (1) um die Längsachse mindestens teilweise variiert einen Spitzwinkel oder Stumpfwinkel haben, und mit Räumen (I bis VIII), die einen in Richtung Längsachse sich mindestens teilweise variiert ausweitenden oder verengenden Querschnitt haben, versehen ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit ein oder mehreren Trennwandstücken (2, 3, 4) die zu der Längsachse oder einer in die Längsachse

gelegten, vorgewählten Ebene (a-b) oder deren Begrenzungswand(wänden) (1) einen sich ändernden Spitz- oder Stumpfwinkel haben, versehen ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwände Diskontinuitäten (5) haben.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Diskontinuitäten (5) der Trennwände (2) als perforierte Löcher ausgeführt sind.

14. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Diskontinuitäten (5) der Trennwände (2) als Löcher eines Siebgewebes ausgeführt sind.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit ein oder mehreren schraubenförmigen Trennwänden (2), die zur Längsachse einen variierten Stumpf- oder Spitzwinkel und zu einer in die Längsachse gelegten, vorgewählten Ebene (a-b) einen ständig ändernden Winkel haben, versehen ist.

16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit ein oder mehreren in entgegengesetzter Richtung gedrehten schraubenförmigen Trennwänden (2) versehen ist.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit Trennwänden (2), die zum Ende einiger oder aller Trennwände (2) mit einem gegebenen Winkel verbeugt sind, versehen ist.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit ein oder mehreren zum Teil in sich schliessenden, jeweils einen selbststehenden Raumteil abgrenzenden Trennwänden (8) versehen ist.

19. Einrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit in sich schliessenden Trennwänden (8), die zur Längsachse oder zu einer in die Längsachse gelegten vorgewählten Ebene (a-b) oder zu der Begrenzungswand (1) um die Längsachse mindestens teilweise variiert und gegensinnig einen Stumpf- oder Spitzwinkel haben und einen sich verengenden oder ausweitenden Raumteil bilden, versehen ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung zur statischen Mischung von in gleicher Richtung strömenden Mitteln in einem durch Trennwände und Begrenzungswände aufgeteilten Raum.

Bei der statischen Mischung stehen die das Mischen erzeugenden Elemente und die Mittel strömen. Zur Realisierung der statischen Mischung sind mehrere Verfahren und Einrichtungen bekannt.

Nach US-PS 2 847 649 wird in einem zylindrischen Raum ein schraubenförmiges Element angeordnet, das einen Mischeffekt ausübt. Nach US-PS 2 847 196 wird eine Doppelschraube angewendet.

Nach US-PS 3 286 992 wird die in einem Rohr der Einrichtung strömende Flüssigkeit durch in dem Rohr nacheinander angeordnete, das Rohr in Richtung Achse in zwei Teile aufteilende, nacheinander gegensinnig verdrehte schraubenförmige Trennwände senkrecht zur Rohrachse zu einer radialen Bewegung gezwungen. Die Kanten der einander berührenden gegensinnigen schraubenförmigen Trennwände sind zueinander unter einem Winkel angeordnet und das Rohr wird jeweils durch eine Reihe von Trennwänden auf zwei Kanäle mit gleichem Querschnitt aufgeteilt.

Nach US-PS 3 871 624 und 3 918 688 strömen zwei Phasen in gegebenen, parallelen, durch Trennwände gleicher Länge erzeugten Kanälen gleichbleibenden Querschnittes, wobei die Kanäle in Längsrichtung des Rohres zueinander

senkrecht und verschoben angeordnet sind. Dieses Kanalsystem zerlegt das Mittel ständig in Teile und das Mittel wird dadurch gemischt.

Bei allen erwähnten Verfahren ist der abgegrenzte Raum, z. B. ein Rohr, wo die Mittel strömen, durch eine mit der Rohrachse parallele Trennwand(wände) in Räume mit immer gleichbleibendem Querschnitt aufgeteilt, und der Mischereffekt wird durch senkrecht zur Strömung in Richtung Achse sich bewegende Zwangsströmungen, sowie durch weiteres Zerlegen der Mittel erreicht. Die Trennwand(wände) ist (sind) aus miteinander in Berührung stehenden, in Längsrichtung des Rohres angeordneten Stücken gebildet.

Bei den oben erwähnten Einrichtungen und Mischverfahren ist nachteilig, dass die zu der Mischung ausgenutzte Energie verhältnismässig klein ist, der nötige Wert von L/D (Länge/Durchmesser) folglich gross ist, die Mischung mehr einer «Stopfenströmung», als der laminaren Strömung in einem leeren Rohr ähnlich ist. Die auftretende Scherwirkung ist klein, darum müssen viele Einheiten nacheinander angeordnet werden, um den nötigen Mischeffekt zu erzielen. Bei einer Steigerung der Abmessungen ist die nötige produktionstechnologische Modifizierung beträchtlich, um einen guten statischen Mischungsproduzierenden Einsatz herstellen zu können. In einer gegebenen Einrichtung kann die relative Einspeisegeschwindigkeit der Phasen nur zwischen engen Grenzen verändert werden. Die Einrichtung nach US-PS 3 871 624 ist besonders zu Verunreinigung geneigt.

Die Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens und einer Einrichtung zu dessen Realisierung, wobei für die Mischung von Mitteln im Gas-Flüssigkeitszustand mit weniger Länge eine bessere Mischwirkung erreicht werden kann, die Herstellung von Einsatzelementen einfacher und kostensparend ist.

Die Erfüllung der gesetzten Aufgabe beruht auf der Erkenntnis, dass die Mischwirkung der vorbekannten Verfahren und Einrichtungen beträchtlich erweitert werden kann, wenn die Strömung der durch die Trennwand (wände) abgetrennten, parallelen, aber getrennt strömenden Mittel durch Schrägstellen der Trennwand(wände) unter variiert gegenseinigem Winkel zur Rohrachse variiert gegenseinig verändert wird, wobei das strömende Mittel grosser Geschwindigkeit bei den Diskontinuitäten der Trennwand(wände) oder durch diese mit dem strömenden Mittel kleiner Geschwindigkeit kontaktiert wird. Durch diese einfache Anordnung wird die Mischwirkung infolge der Saugwirkung des mit grösserer Geschwindigkeit strömenden Mittels beträchtlich vergrössert. Dabei entsteht eine grosse lokale Turbulenz auch dann, wenn die Strömung der Mittel laminar ist. Es wurde im weiteren erkannt, dass die Saugwirkung des Mittels grösserer Geschwindigkeit so beträchtlich ist, dass überraschenderweise auch dann eine gesteigerte Saugwirkung beobachtet werden kann, wenn die zur Rohrachse schräg aufgestellte(n) Trennwand(wände) einfach aus ebenen Platten gefertigt wird(werden).

Es ist weiter erkannt worden, dass durch variiert gegenseinige Geschwindigkeitsänderung eines einzigen Mittels (durch dessen Beschleunigung und Verzögern) auch ein anderes Mittel in Strömung gebracht oder dessen Strömungsgeschwindigkeit verändert werden kann. Andererseits bedeutet das, dass die Strömungsgeschwindigkeit der Mittel auch in einer gegebenen Einrichtung zwischen weiten Grenzen verändert werden kann.

Es ist nach der Erfindung genügend, in einem durch einen Mantel begrenzten Raum, z. B. einem Rohr, zwei Mittel mit Hilfe einer aus einer Reihe von geeignet angeordneten Platten ausgebildeten Trennwand so in Strömung zu bringen, dass die Strömungsgeschwindigkeit des einen Mittels abwechselnd vergrössert oder verkleinert wird und dieses

Mittel bei den Diskontinuitäten der Reihe aufeinander folgender Platten oder durch diese selbst mit den anderen Mitteln in Kontakt gebracht wird.

Dabei ist es möglich, mehrere Mittel voneinander durch Trennwand(wände) abgetrennt in Strömung zu bringen und die Geschwindigkeit von mindestens einem Mittel abwechselnd zu vergrössern oder zu verkleinern.

Nach einer weiteren Erkenntnis wird der oben beschriebene günstige Effekt erreicht, wenn die Trennwände in gerader Linie angeordnet sind und die Begrenzungswand(wände) mit verschiedenen Einbrüchen gegliedert ist(sind), und nicht wenn die Begrenzungswand(wände) gerade und dafür die Trennwand (wände) variiert unter einem Spitz- oder Stumpfwinkel zur Längsachse angeordnet sind.

Das erfindungsgemässe Verfahren wird durch den kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 gekennzeichnet.

Das Wesen der erfindungsgemässen Einrichtung zur Realisierung des Verfahrens ist durch den kennzeichnenden Teil von Anspruch 10 beschrieben.

Die in die Längsachse gelegte Ebene muss vorher ausgewählt werden und im Vergleich dazu muss mindestens ein Teil der Trennwände variiert unter einem Spitz- oder Stumpfwinkel angeordnet werden. Nach Anordnen der Trennwände kann in der Regel eine andere, in die Längsachse legbare Ebene gefunden werden, auf der die Hälfte der Trennwände, die einen Spitz- oder Stumpfwinkel zu der einen Ebene haben, senkrecht stehen, während die andere Hälfte der Trennwände zu dieser anderen Ebene immer einen Spitz- oder immer einen Stumpfwinkel haben.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung mit Bezug auf Ausführungsbeispiele näher erläutert. In der Zeichnung sind Fig. 1 bis 7 Schnitte der Ausführungsformen der Erfindung.

In Fig. 1 hat eine um die Längsachse gelegte Begrenzungswand 1 einen kreisförmigen Querschnitt, und Trennwände 2 schliessen mit der Längsachse, z. B. mit der Richtung eines Pfeiles AB abwechselnd einen Spitzwinkel α und einen Stumpfwinkel β ein. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Winkel α und β Nebenwinkel.

Ein Raumteil I verengt sich in Richtung Längsachse (Pfeil AB) und zugleich erweitert sich ein Raumteil II und ein durch die Begrenzungswand begrenzter Raumteil III hat einen konstanten Querschnitt, Raumteil IV erweitert sich in Richtung Längsachse, Raumteil V verengt sich dabei. Raumteil I und danach Raumteile IV und VII, sowie II, V, VIII, usw. verengen und erweitern sich abwechselnd, aber ebenso verengen und erweitern sich abwechselnd die Raumteile I, II oder IV und V usw. In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung verengen und erweitern sich abwechselnd die Raumteile I, IV, VII usw., wobei die Raumteile II, V, VIII usw. einen konstanten Querschnitt haben. Die Trennwände in Fig. 2 können als eine einzige Trennwand angesehen werden, die Diskontinuitäten 5 hat. In Fig. 2 deuten ein Pfeil A das Einführen des einen Mittels, ein Pfeil B das des anderen Mittels an. Pfeil AB bedeutet das aus der Einrichtung austretende gemischte Mittel.

Aus Fig. 1a kann der Riss C-C von Fig. 1 entnommen werden. Hier ist eine einzige Trennwand 2 innerhalb der Begrenzungswand 1 angeordnet, dadurch ist der Raum in zwei Teile aufgeteilt. In Fig. 1b sind drei einander unter einem Winkel berührende Trennwände 2 veranschaulicht, wodurch der Raum innerhalb der Begrenzungswand 1 auf drei Raumteilen geteilt ist. In Fig. 1c wird der Raum innerhalb der Begrenzungswand 1 durch sechs einander in der Achse berührende Trennwände 2 aufgeteilt.

In Fig. 2 hat die Begrenzungswand 1 einen quadratischen Querschnitt und Trennwände 2, 3, 4 haben verschiedene Längen. Die Trennwand 3 reicht bis zur Begrenzungswand 1 und dadurch ermöglicht die Seiteneinführung des Mittels B.

Durch Trennwände 2 und 4 ist eine zusammenhängende, einzige Trennwand ausgebildet, die Diskontinuitäten 5 hat. In Fig. 2 sind die Diskontinuitäten 5 durch perforierte Löcher oder durch ein Siebgewebe ausgebildet, α und β sind hier keine Nebenwinkel.

In Fig. 3a und 3b ist die Trennwand 2 wechselnd unter einem Spitz- oder Stumpfwinkel zu der durch die Längsachse gelegten Ebene (a-b) angeordnet. In Fig. 3b ist die ausgewählte Ebene (a-b) senkrecht auf die Ebene der Zeichnung plazierte. Die Trennwände 2 schliessen mit dieser Ebene wechselnd einen Spitz- oder Stumpfwinkel ein, sie haben zugleich einen Spitz- oder Stumpfwinkel auch zu der Längsachse. In Fig. 3a ist ein Extremfall der obigen Anordnung dargestellt, wobei die ausgewählte Ebene (a-b) einen beliebigen Winkel mit der Ebene der Zeichnung einschliesst und die Trennwände 2 wechselnd einen Spitz- oder Stumpfwinkel zu der Ebene (a-b) haben. Falls die Ebene (a-b) in die Ebene der Zeichnung gedreht wird, ist die Hälfte der Trennwände 2 senkrecht auf der gedrehten Ebene (a-b).

In Fig. 4 sind die Trennwände 2 in einer Ebene angeordnet. Sie können als eine einzige Trennwand 2 angesehen werden, die Diskontinuitäten hat. In der Begrenzungswand 1, die im Beispiel einen quadratischen Querschnitt hat, sind durch eckige 6 und kreisförmige Einbrüche 7 ausgebildete Verengungen erzeugt. Die Verengungen bilden mit der Trennwand 2 zusammen einen zuerst sich verengenden, dann erweiternden Raum in Richtung Strömung. In Fig. 5 ist eine Einrichtung dargestellt, die durch zwei zueinander senkrechte Trennwände 2 in vier Raumteile geteilt ist.

In Fig. 6 sind die Trennwände 2 in einer Schraubenform angeordnet, deren Achse einen bestimmten Winkel mit der Längsachse einschliesst. So haben die Trennwände 2 zu einer in die Längsachse gelegten, vorgewählten Ebene (a-b) einen ständig ändernden Winkel. Die nacheinander folgenden Trennwände 2 haben eine gegensinnige Schraubenform und die Enden der Trennwände 2 sind mit einem gegebenen Winkel zu dem Beginn der nächsten Trennwand 2 verdreht angeordnet.

In Fig. 7 sind in sich schliessende Trennwände 8 dargestellt, die durch die Trennwände 2 gehen und sich verengende oder erweiternde Raumteile bilden. Diese Trennwände 8 sind im Gegensatz zu den Trennwänden 2 unter einem Spitz- oder Stumpfwinkel angeordnet.

Bei der Benutzung der Einrichtung bewegen sich die Elemente und die Einrichtung nicht. In die Einrichtung strömen mindestens zwei Mittel, aber diese zwei Mittel können aus dem gleichen Material sein, sie haben in diesem Falle in irgendeinem physischen Kennwert einen Unterschied (z. B. Temperatur). In der Zeichnung sind meistens zwei Mittel dargestellt und mit A und B gezeichnet. Die Mittel A und B strömen in die Einrichtung wie durch die Pfeile gezeigt, und am anderen Ende der Einrichtung kommt ein ganz durchmisches Mittel AB aus.

Die Anwendung des Verfahrens und der Einrichtung wird durch Beispiele näher erläutert.

Beispiel 1

In die Einrichtung werden Luft mit einem Ammoniak-Gehalt von 4 Vol-%, Temperatur 25 °C und eine Ammoniakflüssigkeit mit einer Konzentration von 0,05 Kmol/m³, Temperatur 20 °C unter atmosphärischem Druck eingeführt. Der Einrichtung werden Luft mit einem Ammoniak-Gehalt von 0,8 Vol-% und ein Salmiakgeist mit einer Konzentration von 0,25 Kmol/m³ entnommen.

Die Menge l der in die Einrichtung eintretenden wässrigen Lösung ist die 1,3-fache des prinzipiellen Wertes $l_{\min}$ nach der Materialbilanz, die mittlere Treibkraft c ist 2 100 P_a und die Materialübergabekkonstante β hat bei einer

Gasgeschwindigkeit von $v = 2$ m/s einen Wert von 1,7–1,75 Kmol/m²h. Das Austrittsgas hat eine Temperatur von 25 °C und das Austrittswasser 21 °C.

In einer Raschig-Ring-Füllung sind unter den gleichen Umständen die Menge der Eintrittslösung $l = 2,17 l_{\min}$, die mittlere Treibkraft $c = 1400 P_a$, die Materialübergabekkonstante, bei einer Gasgeschwindigkeit von $v = 2$ m/s, $\beta = 0,9$ –1 Kmol/m²h, die Temperatur des Austrittsgases 32 °C.

In einer Einrichtung mit Sulzer-Einsatz unter noch immer gleichen Umständen: $l = (1-6) \cdot l_{\min}$, $c = 1700 P_a$, $\beta = 1,2$ Kmol/m²h, $t_{\text{Austrittsgas}} = 31$ –32 °C.

Bei konstanten Fördermengen von Lösung-Gas-Mischung ist der Wert des Absorptionsfaktors bei Eintrittskonzentrationen, Temperatur und Druck wie oben, wie folgt:

bei Raschig-Ring-Füllung	$\phi = 75$ –76%
bei Sulzer-Einsatz	$\phi = 84$ –85%
bei der Erfindung	$\phi = 91$ –92%.

Beispiel 2

Die Homogenisierung von Zylinderölen aus zwei Behältern mit einer Dichte von $\phi = 920$ –940 kg/m³, wird in einer Einrichtung nach der Erfindung in Fig. 1, 2 oder 4 ausgeführt, wobei die Anordnung der Trennwände nach Fig. 1a oder 1b gelöst ist. Zum Erreichen einer gegebenen Homogenität wird bei einer Mischung in einem leeren Rohr eine Leistung von 5 W pro 1 m Rohrlänge, in der statischen Misch-einrichtung gemäss US-PS 3 286 992 1 ÷ 1,1 W, in der Einrichtung nach der Erfindung 0,7 W für eine gewisse Stoffmenge benötigt.

Beispiel 3

Zur Herstellung eines Schönheitsmittels wird eine stabile Emulsion aus einem wässrigen Mittel mit einer Viskosität $\eta = 1,1 \cdot 10^{-3}$ kg/m · s, Temperatur 30 °C, aus einem anderen Fettmittel mit einer Viskosität $\eta = 70 \cdot 10^{-3}$ kg/m · s, Temperatur 70 °C und aus einem Zuschlagstoff im bei Raumtemperatur Festzustand gebildet. Die Viskosität der Lösung bei dieser Temperatur ist $138 \cdot 10^{-3}$ kg/m · s.

Die Emulsion wird in einer Einrichtung wie z. B. in Fig. 6 gebildet, die Anordnung der Trennwände ist z. B. wie in Fig. 1c. Den Mengenverhältnissen entsprechend werden die wässrige Phase in den ersten, dritten und fünften Sektoren, die Fettphasen in den zweiten, vierten und sechsten Sektoren eingeführt. Zu einer Emulsion mit gleicher Homogenität und Stabilität ist in einem 4 m langen leeren Rohr das Erreichen von $Re = 1000$ benötigt, in der Einrichtung von US-PS 3 871 624 bei der gleichen Rohrlänge ist $Re = 10$ –20 genügend, in der erfindungsgemässen Einrichtung muss nur der Wert $Re = 6$ –10 erreicht werden.

Bei einem Wert von $Re = 1000$ ist nach der Erfindung schon eine Rohrenlänge von 0,8–1 m genügend. Mit der Einrichtung nach der Erfindung kann eine gleiche Wirkung mit 8–10 Elementen erreicht werden, wozu bei der Einrichtung nach US-PS 3 918 688 10–12 Elemente benötigt werden.

Bei einem Wert von $Re = 1000$ ist die für die Wärmeübergabe charakteristische Nu-Zahl in einem leeren Rohr $Nu = 6$ –7, bei den vorbekannten statischen Mischern $Nu = 30$, bei der erfindungsgemässen Einrichtung $Nu = 36$ –40.

Beispiel 4

Aus einem 50%-Azeton wird der Azeton durch Chlorbenzol extrahiert, z. B. mit der erfindungsgemässen Einrichtung in Fig. 3 oder 7 mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,1–1,3 cm/s. Die Austrittskonzentration des Azetons ist 20%.

In einer mit Raschig-Ringen gefüllten Säule ist der Wert der Materialübergabekonstante $0,5-1,0 \text{ cm/s}$ und in der erfindungsgemässen Einrichtung ist diese $2,2-5,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$. Dieser Wert kann z. B. mit der Einrichtung nach Fig. 7 erreicht werden.

Beispiel 5

In der erfindungsgemässen Einrichtung nach Fig. 5 strömt Wasser mit einer Geschwindigkeit von $0,5-2 \text{ m/s}$. In einem in Fig. 5 nicht gezeigten äusseren Mantel wird Wasserdampf eingeführt mit einer Geschwindigkeit von $5-10 \text{ cm/s}$. Mit dem konventionellen Rohr-im-Rohr-System kann eine Wärmeübergabekonstante von $K = 0,23-0,70 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$, mit den vorbekannten statischen Mischern $K = 1,16-1,39 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$, mit der Einrichtung im Beispiel $K = 1,39-1,74 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$ erreicht werden.

In einem Rippenwärmeaustauscher wird Wasserdampf, im äusseren Mantel Luft eingeführt und dadurch eine Wärmeübergabekonstante von $0,012-0,058 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$, mit den vorbekannten statischen Mischanlagen

$K = 0,09-0,175 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$ und mit der erfindungsgemässen Einrichtung $K = 0,09-0,25 \text{ Kcal/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$ erreicht.

Mit Hilfe der Beispiele wurde die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens und der Einrichtung näher erläutert. Wie daraus hervorgeht, können sie sehr vielfältig und in mehreren Gebieten, nicht nur in den als Beispiele erwähnten Fällen, angewendet werden. Sie haben günstigere Betriebsparameter als die vorbekannten Einrichtungen wegen der grösseren Berührungsfläche, gesteigerten Wärmeübergabe und Scherwirkung. Für ein gleiches Ergebnis genügt eine viel kleinere Rohrlänge. An den Begrenzungs- und Trennwänden bildet sich viel weniger Absatz.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

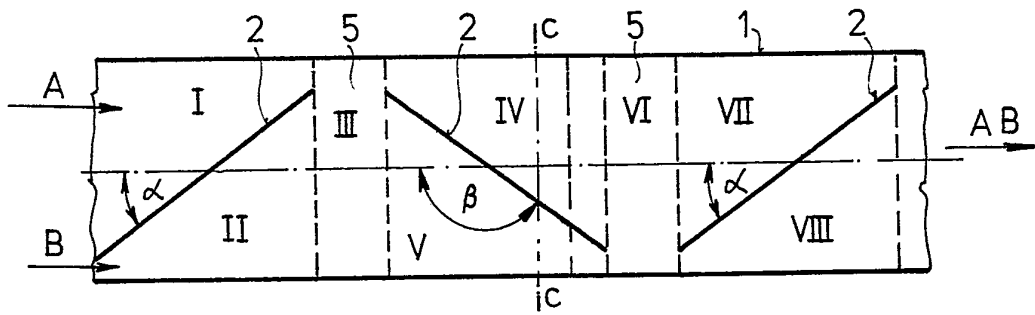


Fig.1

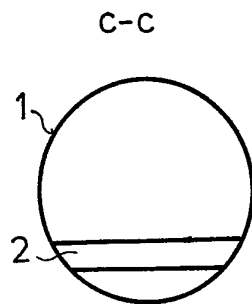


Fig.1a

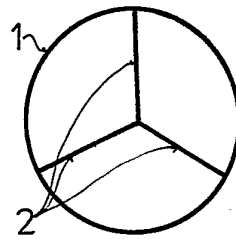


Fig.1b

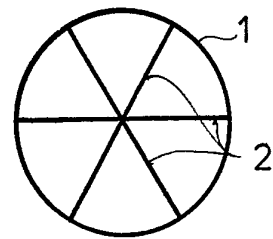


Fig.1c

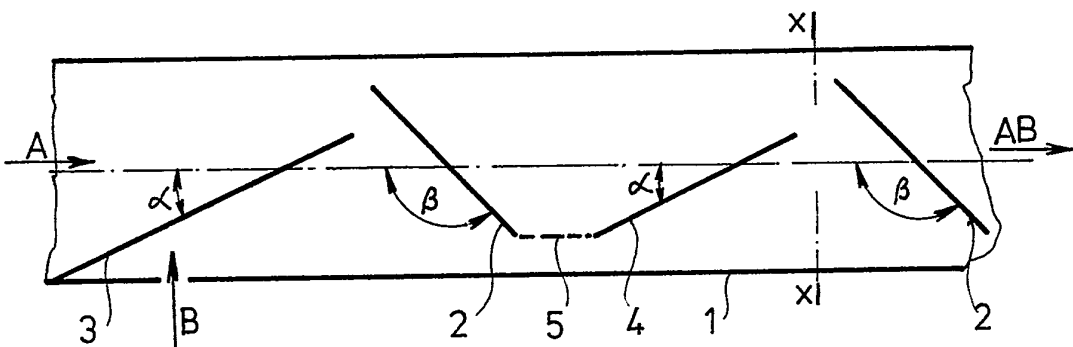


Fig.2a

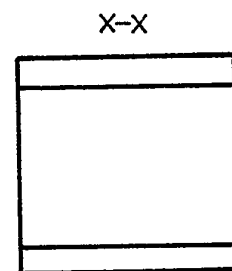
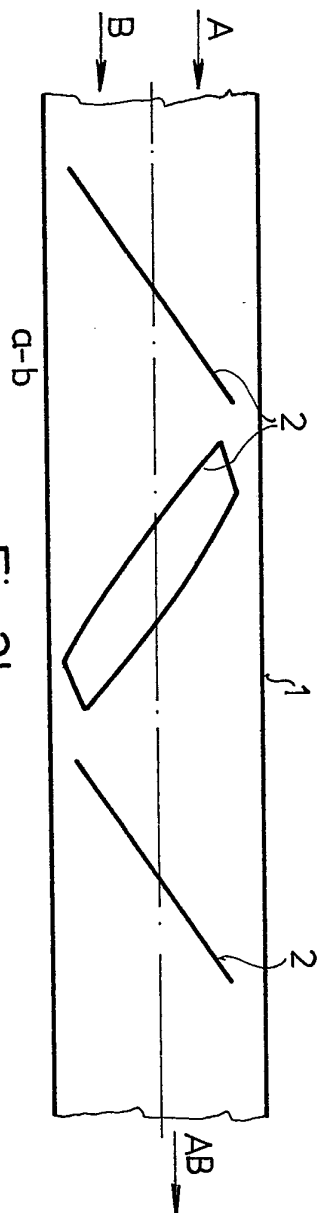
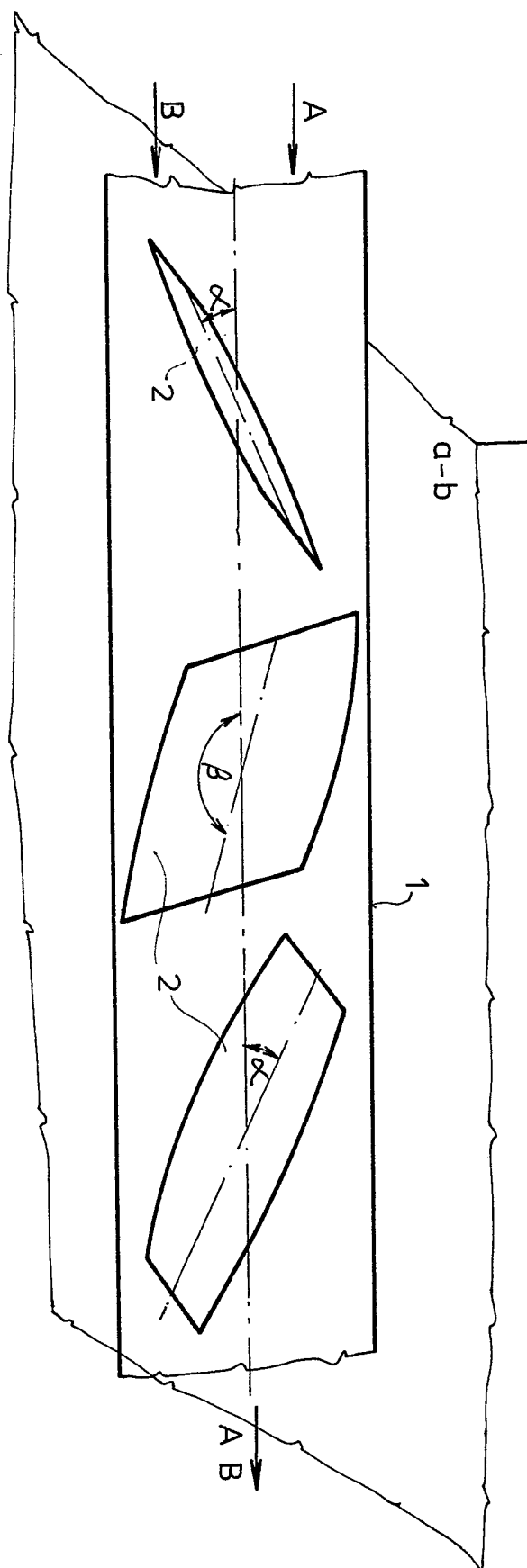


Fig.2b



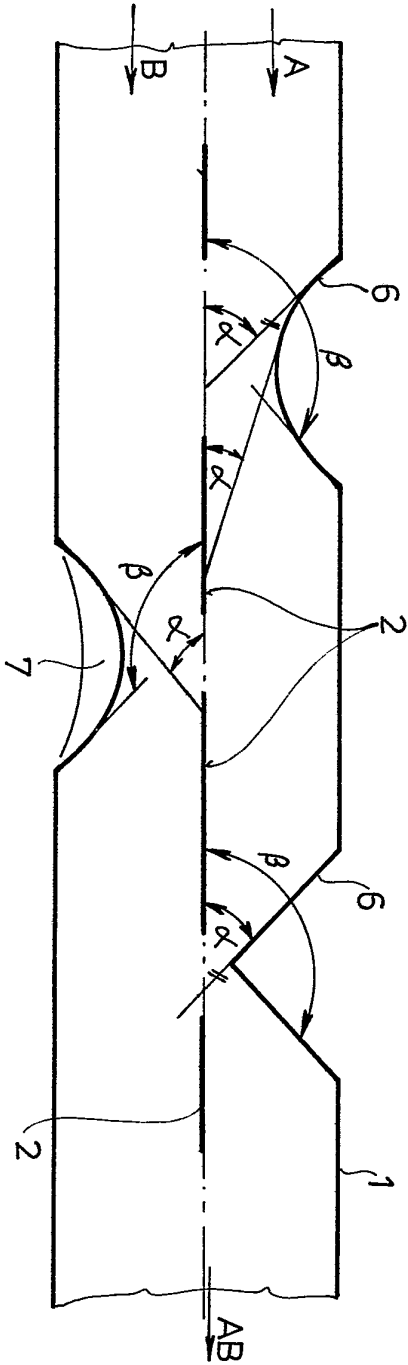


Fig. 4a

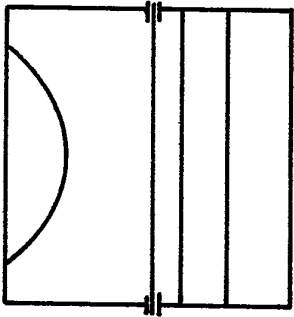


Fig. 4b

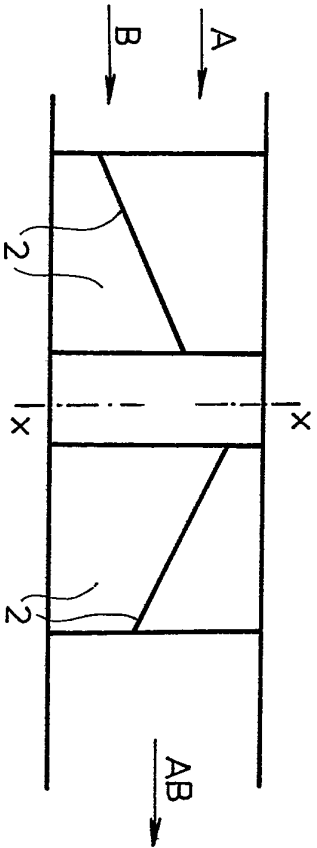


Fig. 5a

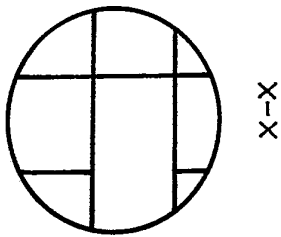


Fig. 5b

Fig.6b

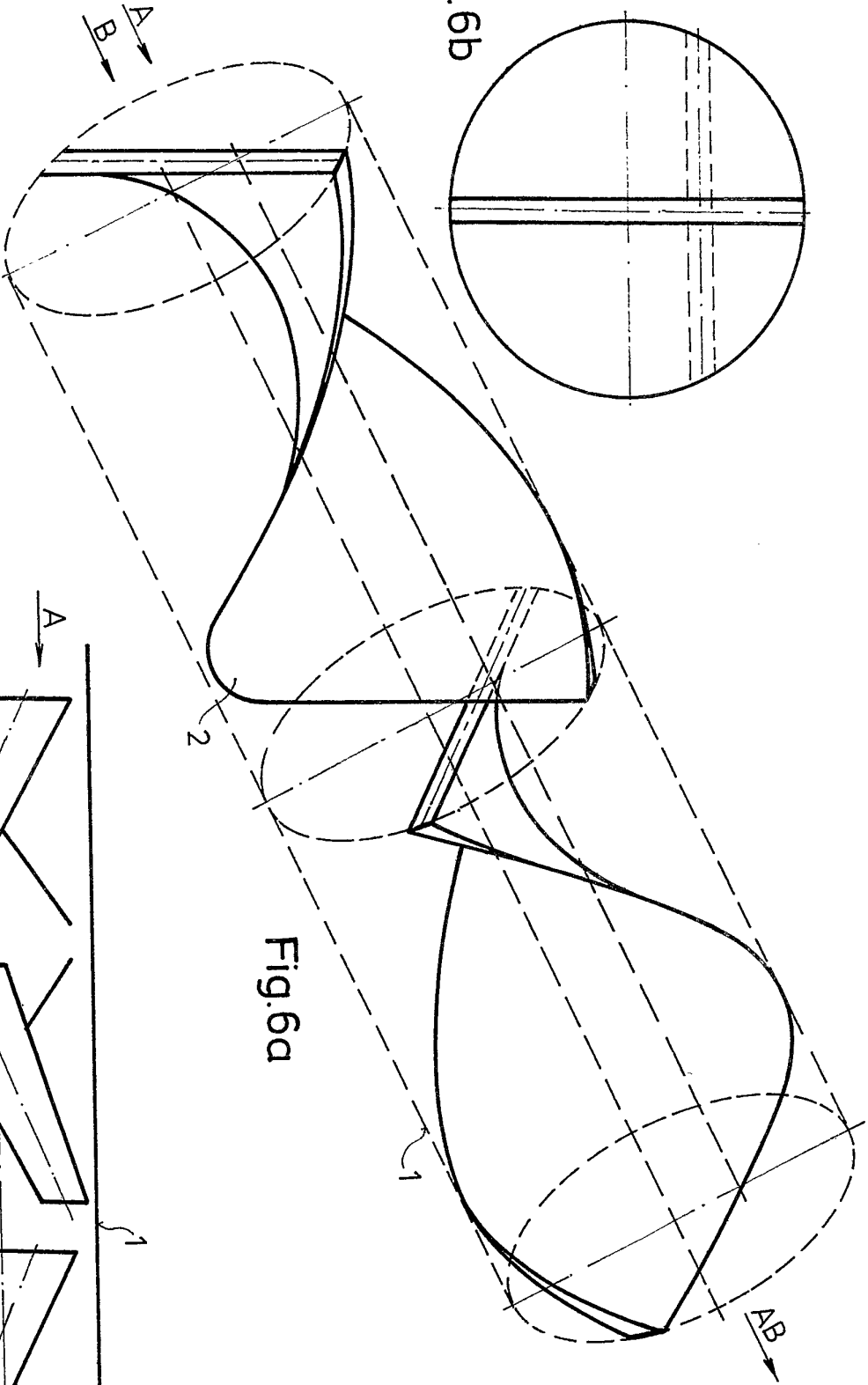
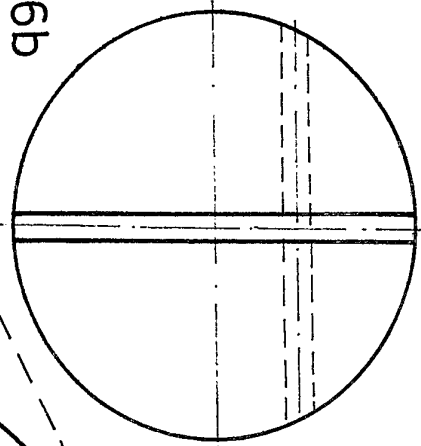


Fig.6a

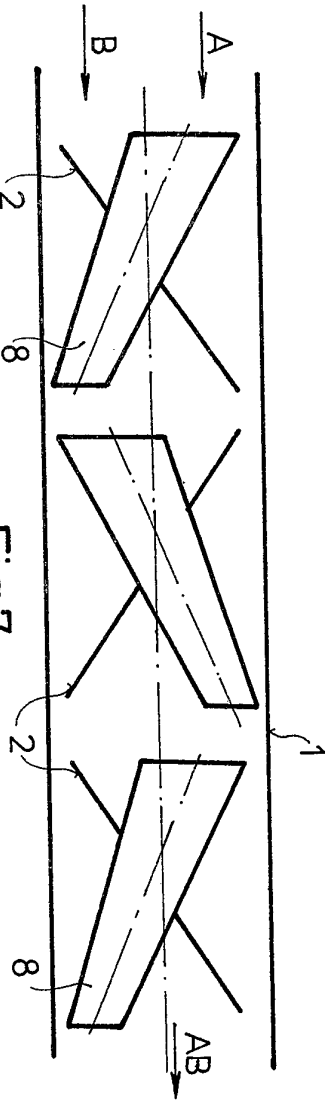


Fig.7