



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **92810503.0**

(51) Int. Cl.⁵ : **B01F 5/04**

(22) Anmeldetag : **01.07.92**

(30) Priorität : **30.07.91 CH 2275/91**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
03.02.93 Patentblatt 93/05

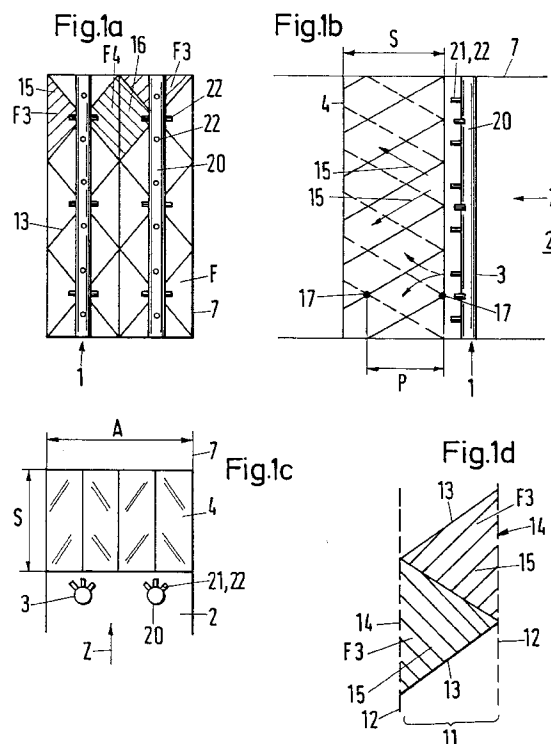
(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI NL SE

(71) Anmelder : **GEBRÜDER SULZER
AKTIENGESELLSCHAFT
Zürcherstrasse 12
CH-8401 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder : **Fleischli, Markus
Schaffhauserstrasse 218
CH-8057 Zürich (CH)
Erfinder : Streiff, Felix
Jonas-Furrer-Strasse 42
CH-8400 Winterthur (CH)**

(54) **Einmischvorrichtung kleiner Fluidmengen.**

- (57) Die Vorrichtung zum Einmischen einer kleinen Menge eines Fluids (1) in den Hauptstrom eines anderen Fluids (2) in einem Hauptkanal weist ein Eindüsesystem (3) und ein nachgeschaltetes statisches Mischelement (4, 5) auf. Der Eingangsquerschnitt (F) des Mischelements ist in Teilflächen (F1, F2, F3, F4) aufgeteilt. Das Eindüsesystem besteht aus Dosierhauptrohren mit mehreren gerichteten Dosieröffnungen (21). Die Durchflussmenge durch die Dosieröffnungen sind den Teilströmen durch die entsprechenden zugeordneten Teilflächen (F1, F2, F3, F4) proportional. Dies ergibt eine sehr gleichmässige Durchmischung auf kurzem Wege und mit geringem Druckabfall. Die Einmischvorrichtung eignet sich besonders für Denox-Anlagen.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einmischen einer kleinen Menge eines Fluids in einen Hauptstrom eines anderen Fluids in einem Hauptkanal mit einem Eindüsesystem und mit mindestens einem nachgeschalteten statischen Mischelement. Beim Zumischen relativ kleiner Mengen, von beispielsweise weniger als 10 %, eines Gases bzw. einer Flüssigkeit zum Strom eines anderen Gases bzw. einer anderen Flüssigkeit werden sehr lange Mischstrecken im Leerrohr benötigt, um eine homogene Vermischung zu erreichen. Durch den Einsatz von statischen Mischern kann auf kurzen Strecken eine intensive Vermischung erzwungen werden, was aber mit erhöhtem Druckabfall verbunden ist. Herkömmliche Einmischvorrichtungen mit komplizierten einstellbaren Eindüsesystemen oder mit einfachen Eindüsesystemen und statischen Mischern vermögen aber hohe Anforderungen an die Mischgüten in einem weiten Lastbereich und vor allem auch bei sehr kleinen Volumenstromverhältnissen nicht zu erreichen. Beispielsweise wird in Denox-Anlagen eine Entstickung durch Zumischung von gasförmigem Ammoniak in den Rauchgasstrom in einem sehr niedrigen Verhältnis von 1:1000 bis 1:10000 durchgeführt.

Dabei muss eine sehr gute Homogenität (mit maximaler Abweichung von weniger als 5 % bezogen auf den Mittelwert) erreicht werden, damit im anschließenden Katalysator einerseits die Neutralisierungsreaktion überall vollständig abläuft, um niedrige Stickoxyd-Grenzwerte einhalten zu können, und andererseits auch kein überschüssiges Ammoniak durchbricht. Die stöchiometrischen Mischverhältnisse müssen also über den ganzen Kanalquerschnitt gleichmässig und dauernd erfüllt sein. Diese Mischgüte muss zudem auf kurzen Strecken und mit geringem Druckabfall erreicht werden, wozu bekannte Einmischvorrichtungen noch nicht genügen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, diese Nachteile zu überwinden und eine einfache Einmischvorrichtung zu schaffen, welche bei geringem Druckabfall und auf kurzen Strecken eine hohe Mischgüte über den ganzen Kanalquerschnitt und in einem weiten Bereich von Lastfällen sicherstellt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch eine Einmischvorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungen und Weiterentwicklungen der Erfindung.

Durch die Aufteilung des Eingangsquerschnitts des Mischelements in durch die Mischerstruktur definierte Teilflächen einerseits und die Zuordnung von den gerichteten Dosieröffnungen auf diese Teilflächen andererseits wird ein kombinierter, besonders guter Homogenisierungseffekt erreicht, wenn die Durchflussmengen durch die Dosieröffnungen den Teilströmen durch die entsprechenden Teilflächen proportional eingestellt sind. Bei einer besonders einfachen Zuordnung kann die totale Querschnittsfläche der jeder Teilfläche zugeordneten Dosieröffnungen

direkt dieser Teilfläche proportional sein. Sehr einfache gerichtete Dosieröffnungen können als zylindrische Bohrungen in der Wand des Dosierhaupttrohrs oder als Austrittsrohre ausgeführt sein. Mit Vorteil können die Dosieröffnungen auf das Innere der Teilkanäle gerichtet sein. Besonders einfache und kostengünstige Anordnungen bei durch Lagen definierten Teilflächen können nur ein senkrecht zu den Lagenebenen verlaufendes Dosierhauptrohr aufweisen. Um eine gleichmässige Dosierung mit allen Dosieröffnungen eines Dosierhaupttrohrs zu erreichen, kann der Querschnitt des Dosierhaupttrohrs mindestens zweimal so gross sein wie die Summe der Querschnittsflächen seiner Dosieröffnungen. Für möglichst geringe Druckabfälle können die Teilkanäle des Mischelements vorzugsweise einen Winkel von 25° bis 35° zur Hauptströmungsrichtung aufweisen. Besonders intensive Turbulenzvermischung kann aber auch mit einem grösseren Winkel von z.B. 45° erreicht werden.

Die erfindungsgemäss gute Homogenisierung kann schon mit sehr kurzen Mischelementen erreicht werden, z.B. mit einer Länge des Mischelements, welche ein- bis zweimal so gross ist wie der Abstand zweier benachbarter Kreuzungsstellen des Mischelements. Weitere Einmischvorrichtungen mit besonders hohen Mischgüten bei geringem Druckabfall können im Hauptkanal nach dem ersten Mischelement eine freie Nachmischstrecke aufweisen, welche zwei- bis sechsmal so gross ist wie der Abstand benachbarter Kreuzungsstellen des Mischelements oder welche ein- bis dreimal so gross ist wie der kleinste Durchmesser des Hauptkanals. Anschliessend an die Nachmischstrecke kann auch ein zweites Mischelement angeordnet werden. Und es können mindestens zwei Mischelemente im Hauptkanal angeordnet sein, welche unterschiedliche Orientierungen ihrer Teilkanäle aufweisen. Die erfindungsgemässen Vorrichtungen eignen sich auch besonders gut zum Einmischen von Ammoniak in den Rauchgasstrom einer Entstickungsanlage.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren weiter erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1a, b, c ein Beispiel einer erfindungsgemässen Einmischvorrichtung in drei Ansichten;
Fig. 1d von V-förmigen Mischerlagen gebildete Strömungskanäle;
Fig. 2 zwei Lagen eines statischen Mischelements mit sich kreuzenden Teilkanälen;
Fig. 3a, b, c ein Beispiel mit drei Haupttrohren;
Fig. 4 gerichtete Dosieröffnungen als Bohrungen;
Fig. 5a, b, c ein Beispiel mit einem Hauptrohr und auf die Mischelementlagen als Teilflächen gerichteten Dosieröffnungen;
Fig. 6a, b, c, d ein Beispiel mit stegförmigen Mischerlagen und rechteckigen Teilkanälen;
Fig. 7a, b, c ein Beispiel mit rundem Hauptkanal-

querschnitt;

Fig. 8 eine Einmischvorrichtung mit Nachmischstrecke und nachgeordnetem zweitem Mischelement.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemässe Einmischvorrichtung in drei Ansichten mit einem Eindüsesystem 3 für ein Zumischfluid 1 in ein anderes Fluid 2 in einem Hauptkanal 7 und einem in Hauptströmungsrichtung Z nachgeschalteten statischen Mischelement 4. Wie in Fig. 1a ersichtlich, ist der Eingangsquerschnitt F in Teilflächen F3, F4 aufgeteilt, welche durch die vom Mischelement 4 gebildeten Teilkanäle 15, 16 definiert sind. In Fig. 1d ist ein solcher Teilkanal 15 eines aus V-förmigen Lagen 11 bestehenden Mischelements (z.B. Sulzer SMV-Mischer) dargestellt. Diese bilden die zwei Wände 13 des Teilkanals 15 mit einer Querschnittsfläche F3, während an der offenen Seite die Begrenzung 14 durch die Lagenebene 12 definiert ist. Die Zusammenstellung der Lagen 11 ist in Fig. 2 perspektivisch gezeigt. Zwei Lagen 11 einer gewellten Mischerstruktur bilden hier sich kreuzende Teilkanäle 15 mit Kreuzungsstellen 17. F3 ist die Eingangsquerschnittsfläche eines Teilkanals 15 in einer Lage 11, entsprechend den Randkanälen in Fig. 1a. Je zwei innere Teilkanäle 15 benachbarter Lagen addieren sich zu einem inneren Teilkanal 16 mit doppelter Querschnittsfläche $F4 = 2 F3$, welcher begrenzt ist durch die Kanalwände 13 (siehe Fig. 1a). Das Mischelement weist vier Lagen auf, welche den Eingangsquerschnitt F in zehn Teilkanäle 15 am Rand mit Teilflächen F3 und in sieben innere Teilkanäle 16 mit Teilflächen F4 aufteilen. Das zugeordnete Eindüsesystem 3 besteht aus zwei parallel zu den Lagenebenen 12 verlaufenden Dosierhauptrohren 20 mit auf die Teilflächen F3, F4 gerichteten Dosieröffnungen 21. Die Verteilung und Bemessung der Dosieröffnungen ist den Teilflächen so zugeordnet, dass die Durchflussmengen durch die Dosieröffnungen den Teilströmen des Hauptstromes durch die entsprechenden Teilflächen möglichst proportional sind. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit im Hauptkanal 7 über den ganzen Eingangsquerschnitt F gleich ist, wird die Durchflussmenge durch die zugeordneten Dosieröffnungen den Teilflächen proportional eingestellt, einfachheitshalber meist indem die totale Querschnittsfläche Q3, Q4, der jeder Teilfläche F3, F4 zugeordneten Dosieröffnungen diesen Teilflächen proportional ist. So ist im Beispiel von Fig. 1 jedem äusseren Teilkanal 15 mit Teilfläche F3 als Dosieröffnung ein Austrittsrohr 22 mit einer Querschnittsfläche Q3 zugeordnet, während für jeden inneren Teilkanal 16 mit doppelter Fläche F4 zwei Austrittsrohre 22 mit einer totalen Querschnittsfläche $Q4 = 2 Q3$ vorgesehen sind. Dies ergibt total 24 Dosieröffnungen bzw. Austrittsrohre 22 mit je einer Querschnittsfläche Q3 für den Eingangsquerschnitt $F = 24 F3$. Aus Fig. 1b ist der Abstand P zweier benachbarter Kreuzungsstellen 17 in Hauptstromrichtung Z ersichtlich. Die

Länge S des Mischelements 4, welche möglichst klein gehalten ist, entspricht z.B. 1 bis 2 mal dem Abstand P. In diesem Beispiel ist S ca. 1.3 mal P und in Fig. 4 ist die Länge S gleich P. Damit wird schon mit minimalem Druckverlust eine gute kombinierte Homogenisierungswirkung erreicht, vor allem wenn noch eine freie Nachmischstrecke N (Fig. 8) auf das Mischelement 4 folgt, welche mit Vorteil 2 bis 6 mal dem Abstand P entspricht. Im Beispiel von Fig. 3 wird der gleiche Eingangsquerschnitt mit den Teilkanälen F3, F4 mit einer anderen Eindüsevorrichtung kombiniert. Drei Dosierhauptrohre 20 verlaufen hier quer zu den Lagen 11 mit Austrittsrohren 22 und 23. Den äusseren Teilkanälen 15 mit Teilflächen F3 sind dabei entweder zwei Austrittsrohre 22 mit Querschnittsflächen $1/2 Q3$ oder 1 Austrittsrohr 23 mit Querschnittsfläche Q3 zugeordnet. Den inneren Teilkanälen 16 mit Teilflächen F4 sind entweder 4 Austrittsrohre 22 mit Fläche $1/2 Q3$ oder 2 Austrittsrohre 23 mit Flächen Q3 zugeordnet. Die insgesamt 24 Austrittsrohre 22 und die 12 Austrittsrohre 23 weisen eine summierte Querschnittsfläche aller Dosieröffnungen von $24 Q3$ auf, welche dem Eingangsquerschnitt F von $24 F3$ entspricht.

Im Beispiel von Fig. 5 mit einem quer zu den Lagenebenen 12 verlaufenden Hauptrohr 20 sind die Teilflächen F1 durch die 10 Mischerlagen 11 definiert. Also $F1 = F/10$. Das oberste und das unterste Austrittsrohr 24 weisen dabei die doppelte Querschnittsfläche der inneren Austrittsrohre 23 auf. Den inneren Teilflächen F1 sind je 3 Dosierrohre 23 mit einer Querschnittsfläche von $3 \times 1/3 Q1 = Q1$ und der obersten und der untersten Teilfläche F1 je ein Austrittsrohr 23 mit $1/3 Q1$ und ein Austrittsrohr 24 mit $2/3 Q1$ zugeordnet, was wiederum eine totale Querschnittsfläche Q1 ergibt. Die insgesamt 28 Austrittsrohre 23 und 24 weisen hier eine totale Querschnittsfläche von $10 Q1$ entsprechend der totalen Querschnittsfläche $F = 10 F1$ auf.

Wichtig ist, dass die Dosieröffnungen 21 bzw. die Austrittsrohre 22, 23, 24 immer auf das Innere von Teilkanälen 15, 16 des Mischelements 4 gerichtet sind und nicht auf Kanalwände 13 oder Kreuzungsstellen 17.

Wie in Fig. 4 illustriert, weisen die gerichteten Dosieröffnungen 21, z.B. als Bohrungen im Hauptrohr 20, eine Länge L auf, die mindestens halb so gross ist wie deren Durchmesser D. Bei den Austrittsrohren 22, 23, 24 ist L meist grösser als D.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Beispiel mit einem statischen Mischelement, welches aus gekreuzten rechteckigen Platten oder Stegen besteht, die in den Lagenebenen 12 an den Kreuzungsstellen 17 miteinander verbunden sind. Dadurch werden sich kreuzende, rechteckige Teilkanäle 15 mit Querschnittsflächen F3 gebildet, welche auf den geschlossenen zwei Seiten von einer Kanalwand 13 und auf den beiden offenen Seiten 14 durch die Lagenebenen 12 begrenzt sind.

Der Hauptkanalquerschnitt F ist in 24 gleich grosse Teilflächen F3 der Teilkanäle 15 aufgeteilt, wobei jeder Teilfläche F3 ein gerichtetes Austrittsrohr 22 mit Querschnittsfläche Q3 zugeordnet ist.

Der Hauptkanal 7 in Fig. 7 weist einen kreisförmigen Querschnitt F auf. 5 Lagen 11 teilen diese Fläche F in ungefähr 5 gleich grosse Teilflächen F2 auf. Jeder Teilfläche F2 ist eine totale Querschnittsfläche Q2 der Austrittsrohre zugeordnet, wobei den 3 inneren Lagen und Teilflächen F2 je drei Austrittsrohre 24 mit 1/3 Q2 und den beiden äusseren Lagen 2 Austrittsrohre 23 mit 1/6 Q2 sowie ein Austrittsrohr 24 mit 1/3 Q2 zugeordnet sind.

Fig. 8 zeigt eine Einmischvorrichtung nach einem Bogen im Hauptkanal 7. Die Lagenebenen des ersten Mischelements 4 sind zwecks raschem Inhomogenitätsausgleich in Richtung des Bogens gelegt. Anschliessend folgt eine freie Nachmischstrecke N, die rund zweimal so lang ist wie das Mischelement 4. Nach der Nachmischstrecke N folgt ein zweites Mischelement 5, dessen Lagen senkrecht zu den Lagen des Mischelements 4 orientiert sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einmischen einer kleinen Menge eines Fluids (1) in einen Hauptstrom eines anderen Fluids (2) in einem Hauptkanal mit einem Eindüsesystem (3) und mit mindestens einem nachgeschalteten statischen Mischelement (4, 5), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eingangsquerschnitt (F) des Mischelements in Teilflächen (F1, F2, F3, F4) aufgeteilt ist, wobei diese Aufteilung durch Lagen des Mischelements (F1, F2) oder durch vom Mischelement gebildete Teilkanäle (F3, F4) definiert ist, dass das Eindüsesystem aus mindestens einem Dosierhauptrohr (20) mit mehreren auf die Teilflächen gerichteten Dosieröffnungen (21) besteht, deren Länge L mindestens halb so gross ist wie deren Durchmesser D, wobei die Dosieröffnungen den Teilflächen so zugeordnet sind, dass die Durchflussmengen durch die Dosieröffnungen den Teilströmen des Hauptstroms durch die entsprechenden Teilflächen (F1, F2, F3, F4) im wesentlichen proportional sind.
2. Einmischvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die totale Querschnittsfläche (Q1 bis Q4) der jeder Teilfläche zugeordneten Dosieröffnungen dieser Teilfläche (F1 bis F4) proportional ist.
3. Einmischvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gerichteten Dosieröffnungen (21) aus zylindrischen Bohrungen in der Wand des Dosierhauptrohrs bestehen.

4. Einmischvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gerichteten Dosieröffnungen als Austrittsrohre (22, 23, 24) ausgeführt sind.
5. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosieröffnungen auf das Innere von Teilkanälen (15, 16) gerichtet sind.
6. Einmischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit durch Lagen definierte Teilflächen (F1, F2), gekennzeichnet durch nur ein Dosierhauptrohr, welches senkrecht zu den Lagenebenen (12) verläuft.
7. Einmischvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit durch Teilkanäle definierte Teilflächen (F3, F4), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Dosierhauptrohre (20) vorgesehen sind.
8. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt jedes Dosierhauptrohrs mindestens 2 mal so gross ist wie die Summe der Querschnittsflächen aller Dosieröffnungen eines Dosierhauptrohrs.
9. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass insgesamt zwischen 20 und 100 Dosieröffnungen (21) vorgesehen sind.
10. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilkanäle (15) des Mischelements einen Winkel W von 25° bis 35° zur Hauptströmungsrichtung Z im Hauptkanal aufweisen.
11. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche mit sich kreuzenden Teilkanälen (15), dadurch gekennzeichnet, dass die Länge S des Mischelements 1 bis 2 mal so gross ist wie der Abstand P zweier benachbarter Kreuzungsstellen (17) in Hauptströmungsrichtung Z.
12. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Hauptkanal nach dem ersten Mischelement (4) eine freie Nachmischstrecke N vorgesehen ist, welche 2 bis 6 mal so gross ist wie der Abstand P benachbarter Kreuzungsstellen des Mischelements.
13. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine freie Nachmischstrecke N nach dem ersten

Mischelement, welche 1 bis 3 mal so gross ist wie der kleinste Durchmesser A des Hauptkanals.

14. Einmischvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass anschliessend an die Nachmischstrecke N ein zweites Mischelement (5) angeordnet ist. 5
15. Einmischvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Mischelemente (4, 5) im Hauptkanal angeordnet sind, welche unterschiedliche Orientierungen ihrer Teilkanäle (15) aufweisen. 10
16. Denox-Anlage, gekennzeichnet durch eine Einmischvorrichtung für Ammoniak in den Rauchgasstrom nach einem der vorangehenden Ansprüche. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

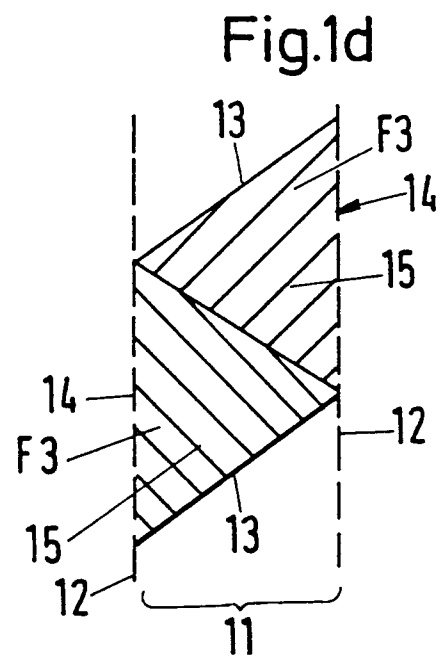
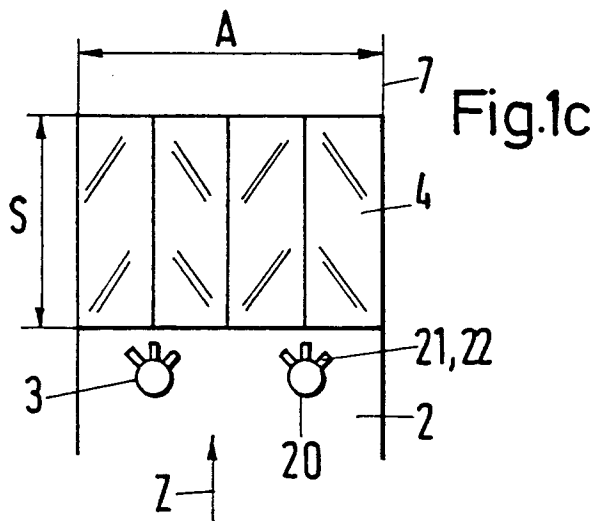
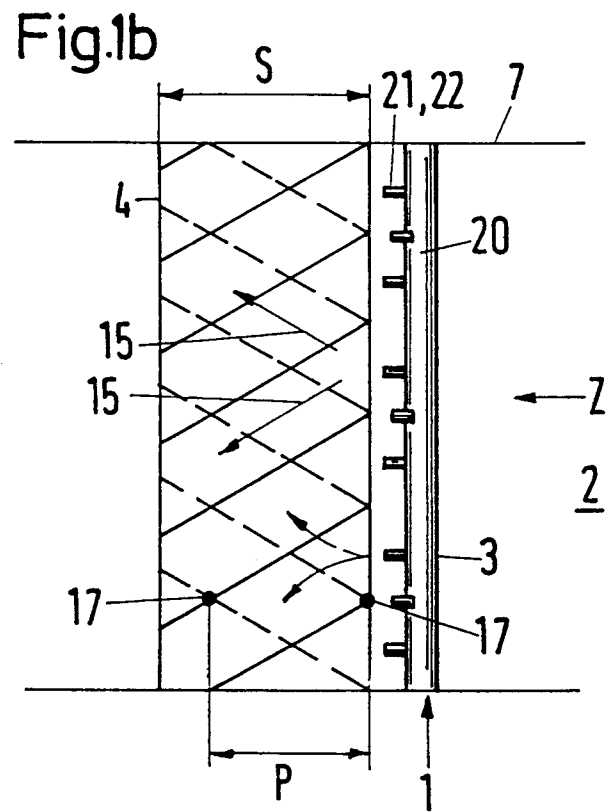
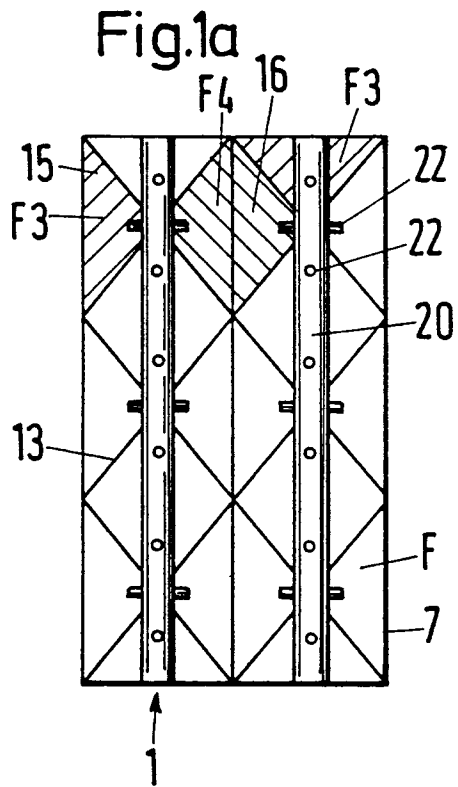


Fig.3a

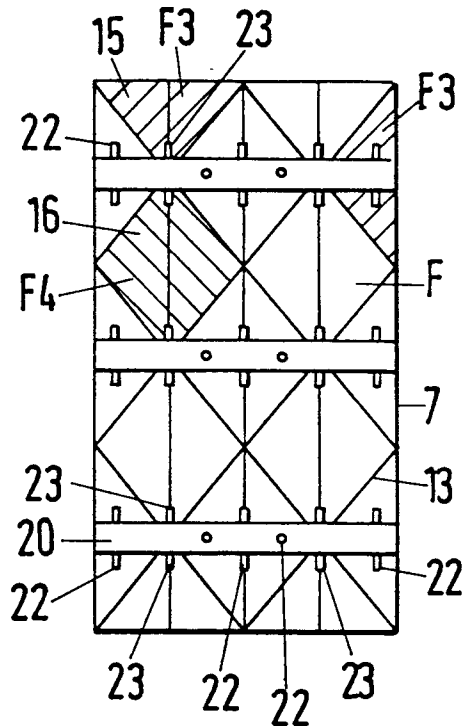


Fig.3b

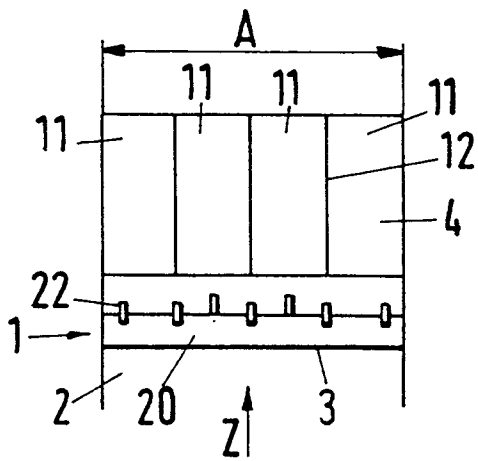
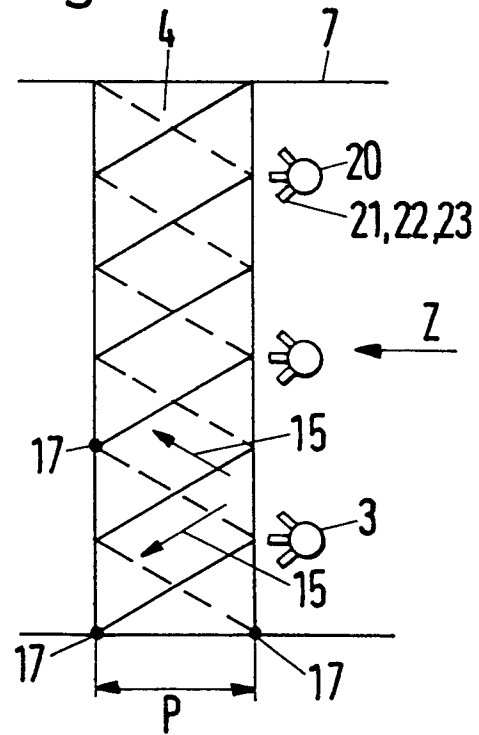


Fig.3c

Fig.2

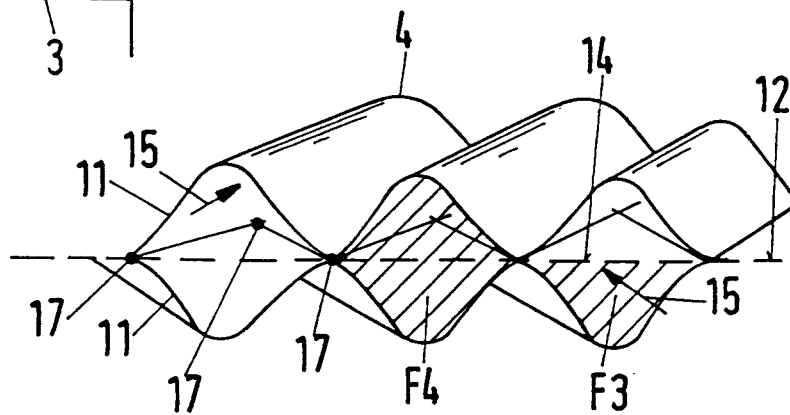


Fig.5a

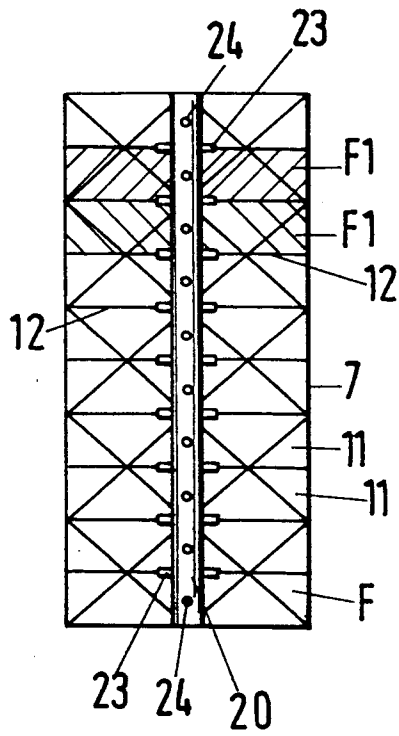


Fig.5b

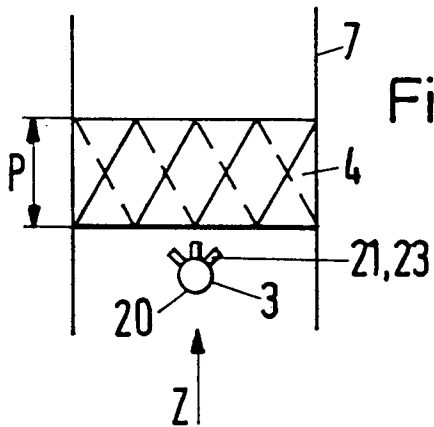
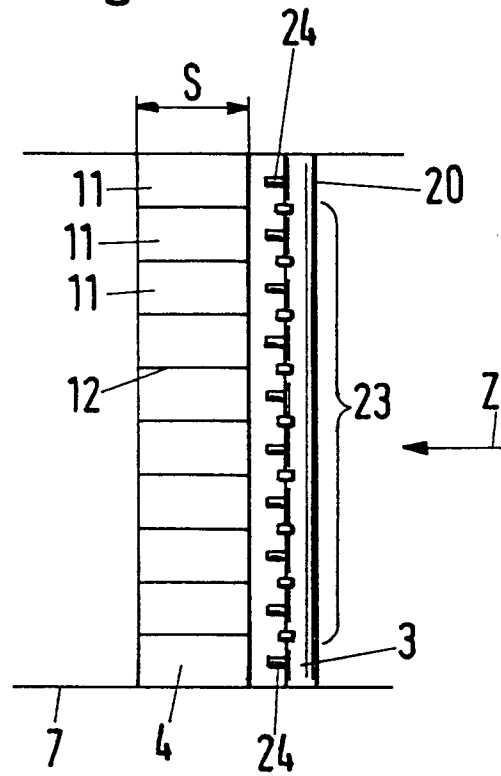


Fig.5c

Fig.4

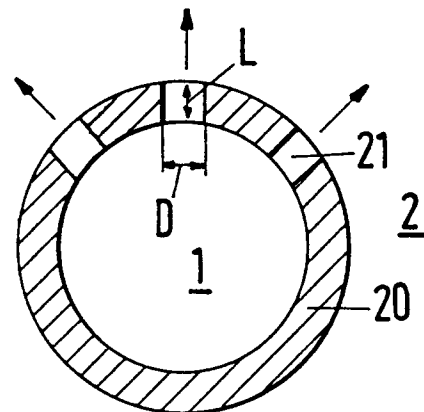


Fig.6a

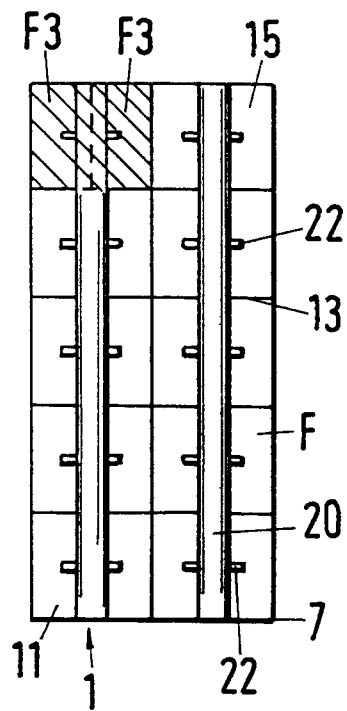


Fig.6b

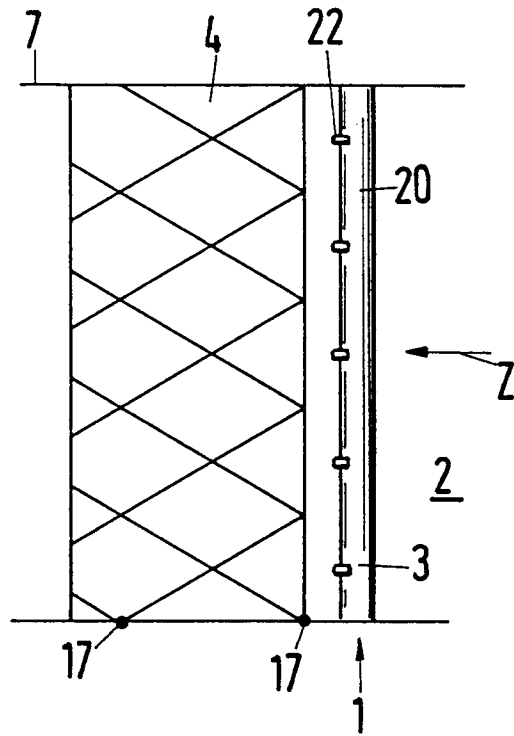


Fig.6c

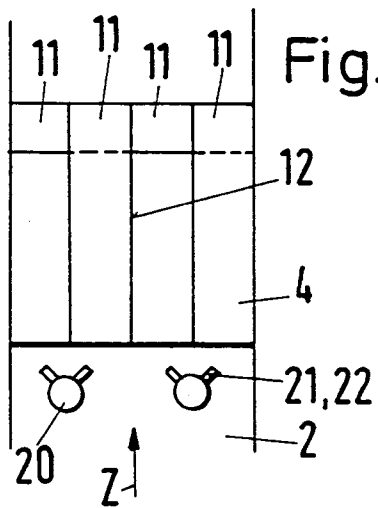


Fig.6d

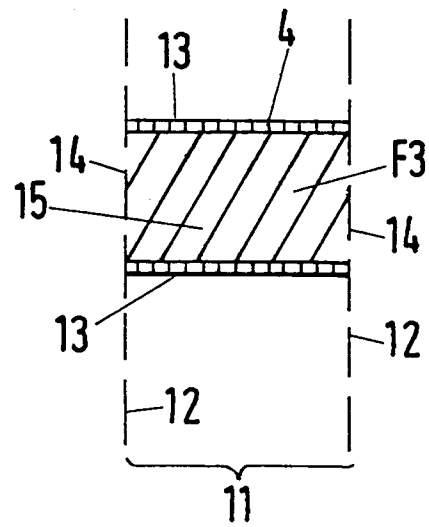


Fig.7a

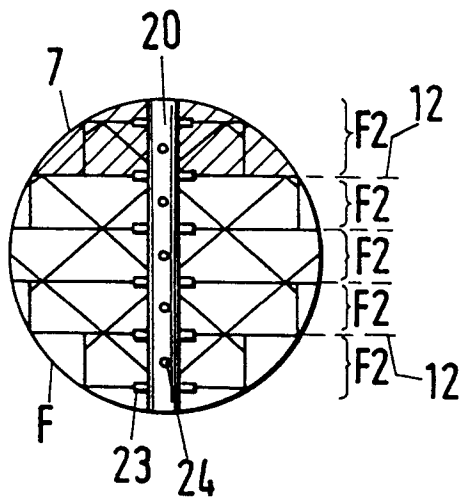


Fig.7b

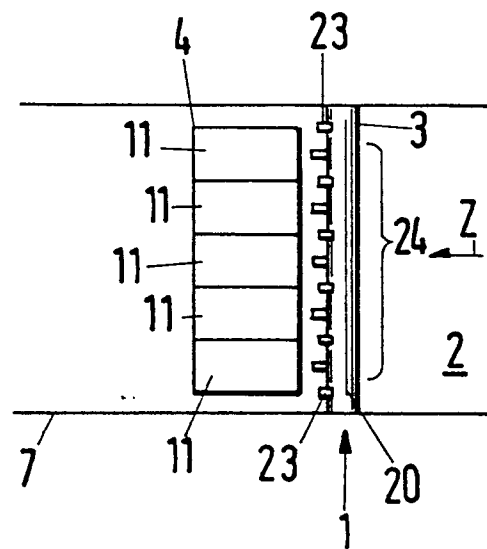


Fig.7c

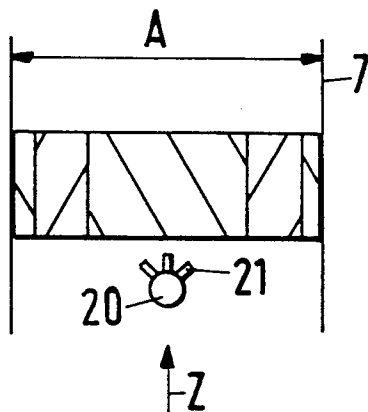
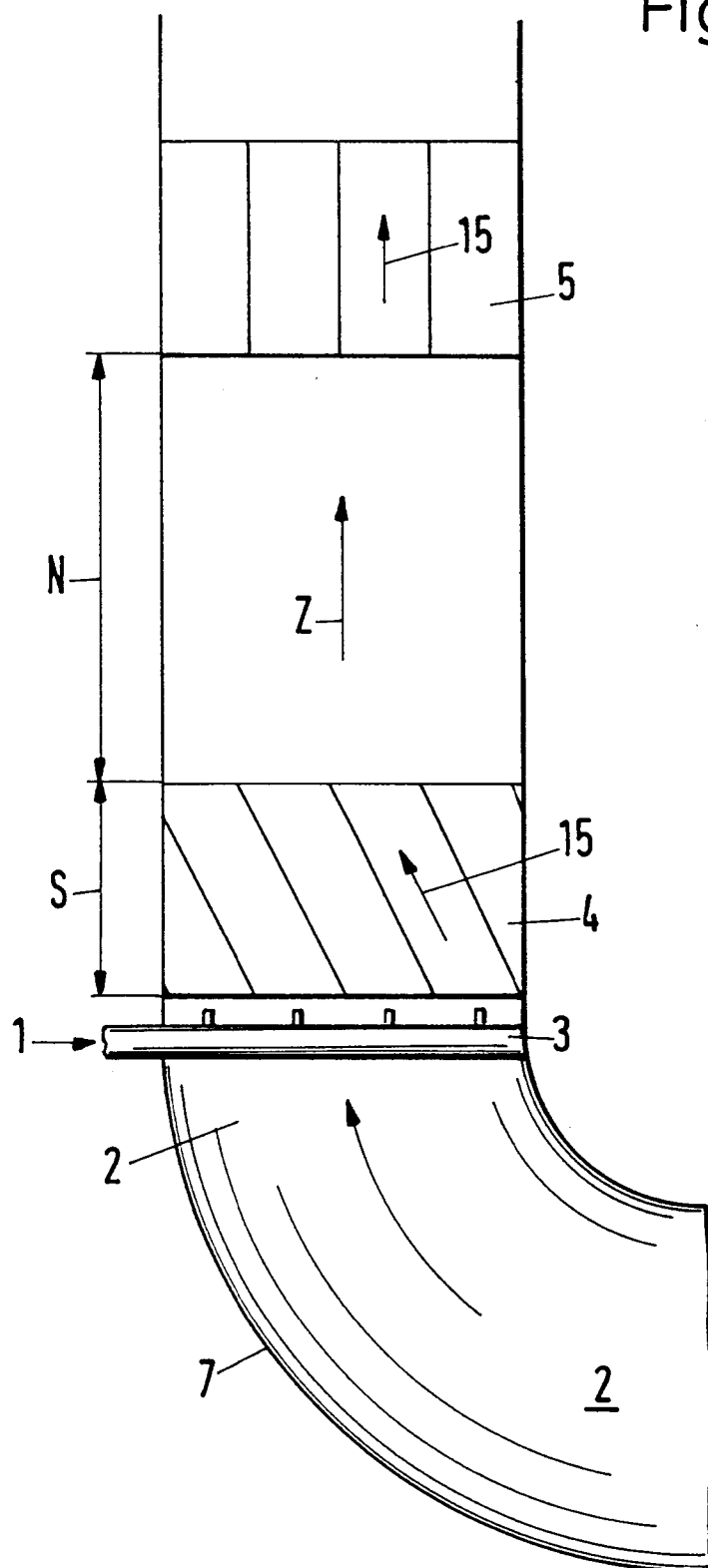


Fig.8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 81 0503

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	CH-A-581 493 (WYSS) * Spalte 3, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 6; Abbildungen 7,8 *	1-9	B01F5/04
A	EP-A-0 157 569 (KENOX) * Seite 10, Zeile 34 - Seite 12, Zeile 6; Abbildungen 2,3 *	1-9	
A	DE-B-2 412 454 (SULZER)		
A	EP-A-0 167 060 (UNION CARBIDE)		
A	US-A-4 573 803 (GRITTERS)		
A	US-A-4 674 888 (CARLSON)		
A	US-A-3 018 182 (LEACH)		
A	CH-A-291 049 (MINIMAX)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 05 NOVEMBER 1992	Prüfer PEETERS S.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 (03.92) (P0403)