



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 711 723 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.05.1996 Patentblatt 1996/20

(51) Int. Cl.⁶: **B65H 23/32**

(21) Anmeldenummer: **95116726.1**

(22) Anmeldetag: **24.10.1995**

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

(71) Anmelder: **Bassa, Altan**
D-63303 Dreieich - Spremlingen (DE)

(30) Priorität: **07.11.1994 DE 4439639**

(72) Erfinder: **Bassa, Altan**
D-63303 Dreieich - Spremlingen (DE)

(54) **Vorrichtung zur berührungslosen Richtungsänderung einer laufenden Materialbahn**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Umlenken einer sich bewegenden Bahn, welche im Umlenkbereich einen der inneren Bahnseite zugeordneten inneren Raum von einem der äußeren Seite zugeordneten äußeren Raum trennt, wobei der äußere Raum durch eine Kammer gebildet ist, die mit einer Unterdruckquelle verbunden ist, und der innere Raum mit der Atmosphäre verbunden ist und im Bereich der Ränder der Bahn je eine Umlenkfläche angeordnet ist, derart daß zwischen der Umlenkfläche und dem Bahnrand sich unter dem Einfluß der Druckdifferenz zwischen den beiden Räumen ein Spalt bildet. Am Ein- und/oder Ausgang (2 bzw. 3) des Umlenkbereichs ist ein die Räume unterschiedlichen Druckes verbindender und die sich bewegende Bahn (1) führender Strömungskanal (16) angeordnet. Seine Strömungskanalwände sind von einem definiert geformten Strömungs-Leitkörper (5,6), den Seitenwänden (7) der Kammer (8) und der sich bewegenden Bahn (1) gebildet, derart, daß entlang des Strömungskanals (16) während des Betriebes ein Unterdruckprofil aufgebaut wird und die Bahn (1) die Bereiche (16 und 17) ungleichen Druckes trennt.

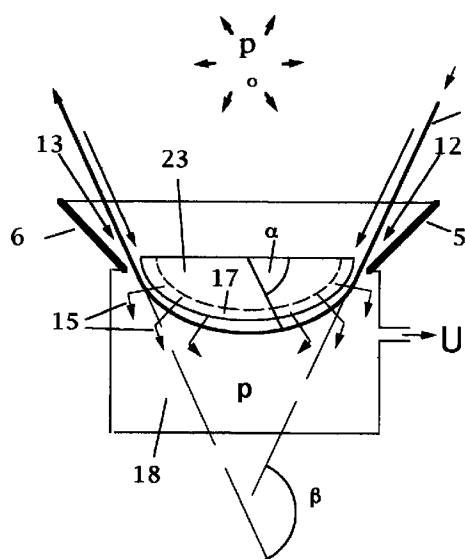


Fig. 7

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Umlenken einer sich bewegenden Bahn, welche im Umlenkbereich einen der inneren Bahnseite zugeordneten inneren Raum von einem der äußeren Seite zugeordneten äußeren Raum trennt, wobei der äußere Raum durch eine Kammer gebildet ist, die mit einer Unterdruckquelle verbunden ist, und der innere Raum mit der Atmosphäre verbunden ist und im Bereich der Ränder der Bahn je eine Umlenkfläche angeordnet ist, zwischen der und dem zugehörigen Rand der Bahn sich unter dem Einfluß der Druckdifferenz zwischen den beiden Räumen ein Spalt bildet.

In der deutschen Patentschrift DE 35 12 316 wird eine Vorrichtung beschrieben, bei der eine durchlaufende Bahn eine Richtungsänderung ausführt, ohne daß die bei der Bahnumlenkung auf der inneren Bahnseite liegende konkave Bahnoberfläche berührt werden muß. Das Funktionsprinzip beruht dabei auf der Anwendung eines Differenzdrucks zwischen der bei der Umlenkung innen liegenden konkaven Bahnoberfläche und der außen liegenden konvexen Seite der auf der Umlenkstrecke zylindrisch geformten Bahn. Dies geschieht dadurch, daß im Umlenkbereich der äußere Raum durch eine Kammer gebildet wird, die mit einer Unterdruckquelle verbunden ist, und dadurch daß der innere Raum mit der Atmosphäre verbunden ist und daß zur Abdichtung der Kammer gegenüber der Atmosphäre in der Eingangs- und der Ausgangszone des Umlenkbereichs sich über die Bahnbreite erstreckende Abdichtelemente mit der beim Umlenken äußeren Seite der Bahn zusammenwirken. Bei der Bestimmung der Art dieser Abdichtelemente und der Art und Weise ihres Zusammenwirkens mit der äußeren Seite der Bahn ist es wichtig, daß eine wirkungsvolle Abdichtung der Kammer gegenüber der Atmosphäre sichergestellt werden kann und keine Beschädigung des bahnförmigen Produktes aus dem Zusammenwirken der Abdichtelemente mit der äußeren Seite der Bahn resultiert.

Die beiden Ausführungsbeispiele, die im Patent DE 35 12 316 beschrieben sind, setzen als Abdichtelemente auf der äußeren Seite der Bahn zwei drehbar gelagerte Walzen voraus, die je eine Dichtstelle mit der Bahn und eine zweite Dichtstelle mit der Kammerwand bilden. Diese Ausführungsform erlaubt eine sehr effiziente Abdichtung der Kammer, da aufgrund des Kontaktes zwischen den Walzen und der äußeren Seite der Bahn eine Luftleckage an dieser ersten Dichtstelle vollkommen ausgeschlossen wird. Da auch die zweite Dichtstelle zwischen der Walze und der Kammerwand in Form eines langen und sehr engen Spaltes gestaltet werden kann, erlaubt der Einsatz von drehbaren Walzen als Abdichtelemente eine sehr effektive Abschottung der Kammer gegenüber der Atmosphäre, wodurch sich zahlreiche Vorteile bei der Gestaltung des Umlenkkastens und der Auslegung der Unterdruckquelle ergeben.

Ein wesentlicher Nachteil dieser Ausführungsform mit Abdichtwalzen ist die unvermeidbare Berührung der

äußeren Bahnseite durch die Oberfläche der Walzen, was den Einsatz dieser Ausführungsform in Verbindung mit Bahnmaterialien ausschließt, die während der Umlenkung auf keiner der beiden Bahnoberflächen berührt werden dürfen. Es kann aber auch sein, daß die Bahn auf der äußeren Seite zwar nicht berührungsempfindlich ist, aber die bekannten Nachteile einer Berührung wie Kratzer, elektrostatische Aufladung usw., die durch solche Walzen hervorgerufen werden können, vermieden werden sollen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das aus der DE 35 12 316 bekannte Umlenkprinzip weiterzuentwickeln derart, daß auch auf eine Berührung der Bahn auf ihrer äußeren Seite verzichtet werden kann, so daß eine auf beiden Seiten vollkommen berührungslose Bahnumlenkung erfolgt.

Die Lösung der eingangs gestellten Aufgabe einer zweiseitigen berührungslosen Führung und Umlenkung einer sich bewegenden Bahn 1 erfolgt gemäß der Erfindung dadurch, daß am Ein- und/oder Ausgang 2 bzw. 3 des Umlenkbereichs ein die Räume unterschiedlichen Druckes p , p_0 verbindender und die sich bewegende Bahn 1 führender Strömungskanal 16 angeordnet ist, dessen Strömungskanalwände, von einem definiert geformten Strömungs-Leitkörper 5, 6, den Seitenwänden 7 der Kammer 8 und der sich bewegenden Bahn 1 gebildet werden, derart daß entlang des Strömungskanals während des Betriebes ein Unterdruckprofil aufgebaut wird und die Bahn 1 Bereiche 16, 17 ungleichen Druckes trennt.

Nach der vorliegenden Erfindung wird bewußt auf eine Abdichtung des Unterdruckraums gegenüber der Umgebung verzichtet. Die Stabilisierung der Bahn 1 in den Ein- und/oder Ausgangszonen 2, 3 der Bahnumlenkung bleibt in vorteilhafter Weise voll erhalten. Durch unterschiedliche konstruktive Maßnahmen erfindungsgemäß gelingt es die Zuströme 12 und/oder 13 so zu gestalten, daß die daraus resultierende Druckverteilung entlang dieser Strömung erfolgreich für eine stabile Positionierung der Bahn 1 an diesen beiden Positionen herangezogen wird. Im Vergleich mit der in der DE 35 12 316 beschriebenen Vorrichtung werden gemäß der Erfindung die Räume unterschiedlicher Drücke nicht abgedichtet, so daß eine wesentlich höhere Luftleckage in den Unterdruckraum 18 in Kauf genommen wird. Dafür wird aber in überraschender Weise eine auf beiden Seiten der Bahn 1 vollkommen berührungsfreie Umlenkung der Bahn 1 erreicht.

Zur Erzielung einer berührungslosen Führung der sich bewegenden und umzulenkenden Bahn 1 im Eingangs- und Ausgangsbereich 2 bzw. 3 der Bahnumlenkung werden gemäß der Erfindung Strömungskanäle unterschiedlicher Form eingesetzt. Die wesentlichen Entscheidungskriterien bei der Wahl der Art, der Dimensionierung der Größe und bei der Bestimmung der Position der Strömungskanäle sind:

1. Bahnstabilität muß auch bei zeitlichen Änderungen bzw. schlagartigen Pulsationen der Bahnspannung erhalten bleiben;

2. Ein eventuell auftretendes und störendes Flattern der Bahn, verursacht durch die an der äußeren Bahnoberfläche erfolgende Kanalströmung, muß vermieden werden:

3. Die Fähigkeit des Systems selbsttätig den Unterdruck in der Kammer aufzubauen und somit den normalen Betriebszustand herzustellen, wie dies etwa bei einer neuen Inbetriebnahme oder bei einer Wiederaufnahme des Betriebes wie z.B. nach einer Störung des Unterdrucksystems oder nach einem Bahnriß erforderlich wäre;

4. Die Intensität des Luftzustroms in die Kammer hinein und die dadurch verursachte eventuelle Beeinträchtigung einer auf der äußeren Bahnoberfläche befindlichen frischen, empfindlichen Beschichtung durch die von dieser Luftströmung verursachte Schubspannung an der Bahnoberfläche;

5. Der Energieaufwand für den Betrieb der Umlenkvorrichtung, der bei einer vollkommen berührungslosen Bahnnumlenkung zu einem sehr wesentlichen Anteil von der Gestaltung der Strömungs-Leitkörper abhängt;

6. Zusätzliche Gesichtspunkte, die durch die Eigenschaften des Bahnmaterials, wie etwa Oberflächenstruktur, Porosität usw. gegeben sind und die sich bei unterschiedlichen Arten von Strömungskanälen verschieden auswirken können.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

FIGUR 1 die schematische Darstellung der Bahnnumlenkung mit einer kreiszylindrischen Umlenkfläche, einer Unterdruckkammer und Strömungskanälen am Ein- und Ausgang der Kammer mit der Ansicht X und dem Schnitt Y-Y;

FIGUR 2

(A) die schematische Darstellung der Positionierung eines Strömungs-Leitkörpers relativ zur Umlenkfläche einer Bahnnumlenkung

(B) der Druckverlauf über der sich bewegendes Bahn

5 FIGUR 3

(C) der Verlauf des Differenzdruckes zwischen beiden Oberflächen der Bahn ;

FIGUR 4

die schematische Darstellung einer Bahnnumlenkung sowie zwei Ausführungsbeispiele von Abstützflächen;

FIGUR 5

die schematische Darstellung der Spaltströmung

FIGUR 5

die schematische Darstellung der Spaltströmung unter geänderten Druckverhältnissen;

FIGUR 6

die schematische Darstellung einer Bahnnumlenkung mit Hilfe eines feststehenden Kreisabschnittes mit seinen Strömungskanälen und einer Unterdruckkammer;

FIGUR 7

die schematische Darstellung der Bahnnumlenkung nach Figur 6, jedoch mit einem Umlenkelement mit ortsveränderlichem Krümmungsradius;

FIGUR 8

verschiedene Ausführungsformen von Strömungs-Leitkörpern, nämlich: eine konvexe (A), eine flache (B) und eine konkave (C) Form;

FIGUR 9

schematische Darstellung von Umlenkflächen, welche an beiden Rändern der Bahn unabhängig verstellbar (A) bzw. auswechselbar (B) sind;

FIGUR 10

alternative Gestaltungsmöglichkeiten der Umlenkelemente

(A) flache Umlenkelemente an beiden Rändern der Bahn

(B) labyrinthförmige Umlenkelemente an beiden Rändern der Bahn

(C) ein sich über die gesamte Bahnbreite erstreckendes labyrinthförmiges Umlenkelement

FIGUR 11

Wirkungsweise des Effekts der Bahnstabilisierung

FIGUR 12

Detaildarstellung eines labyrinthartigen Umlenkelements mit nach außen ansteigendem Radius

FIGUR 13

Effekt der Zentrierung der Bahn, der aus Umlenkelementen nach Fig. 12 resultiert

FIGUR 14 Darstellung eines sich über die Breite der Umlenkvorrichtung erstreckenden Umlenkelements mit nach außen ansteigendem Radius

FIGUR 15 labyrinthförmiges Umlenkelement mit alternativer Form der Rillen

FIGUR 16 schematische Darstellungen von veränderbaren Unterdruckkammern mit Strömungskanälen;

FIGUR 17 schematische Darstellung der Ausführungsform einer beweglichen Abstützfläche;

FIGUR 18 schematische Darstellung einer geringfügig schwenkbaren Abstützfläche für den Einsatz zur Seitenkantenregelung;

Eine gezielte Beeinflussung der zwischen der äußeren Bahnseite und dem Strömungs-Leitkörper stattfindenden und von außen in den Unterdruckraum gerichteten Strömung in dem oben beschriebenen Sinne läßt sich nach der Erfindung dadurch erreichen, daß diese entsprechend gestalteten Strömungs-Leitkörper in einer definierten Anordnung zu der äußeren Bahnoberfläche installiert werden. Eine bereits sehr wirkungsvolle und vollkommen berührungslose Form der Bahnführung läßt sich schon dadurch erzielen, daß ebene plattenförmige Strömungs-Leitkörper 5 und 6 unmittelbar vor bzw. nach der Bahnlenkung installiert werden, wie in Fig. 1 schematisch dargestellt ist.

Eine Detaildarstellung der Verhältnisse im Eingangsbereich 2 der Bahnlenkung des Ausführungsbeispiels ist aus Fig. 2 ersichtlich. Der flache Strömungs-Leitkörper 5 schließt einen spitzen Winkel ω mit der Umlenkfläche 4 und somit mit der Bahn 1 ein, die sich hier in einer tangentialen Anordnung zu der Umlenkfläche 4 befindet und vor der Umlenkung geradlinig verläuft. Somit entsteht zwischen dem Strömungs-Leitkörper 5 und der äußeren Bahnoberfläche ein keilförmiger Kanal 16 von rechteckiger Querschnittsform, in dem aufgrund der Druckdifferenz zwischen der Umgebung und der Kammer eine in die Kammer 8 (Fig. 1) gerichtete Strömung 12 erfolgt. Aufgrund der stetigen Verjüngung des Strömungsquerschnitts zwischen der Strömungs-Leitkörper 5 und der Bahn 1 in diesem Kanal liegt eine ständige Beschleunigung der Luftströmung 12 und eine entsprechende kontinuierliche Abnahme des Luftdrucks an der äußeren Seite der Bahn 1 vor (s. hierzu Fig. 2 B), während die innere Bahnseite an die Umgebung angrenzt und somit über der gesamten Fläche dem Umgebungsdruck p_o ausgesetzt ist. Aus den unterschiedlich hohen Druckkräften auf beiden Oberflächen der Bahn auf dieser Kanalstrecke resultiert eine nach Außen gerichtete Differenz-Druckverteilung $p_o - p(\alpha)$ auf der Bahn. Da die Bahn aus einem flexiblen Material besteht, wird deren Form innerhalb des Kanalabschnitts

und in angrenzenden Bereichen zu einem wesentlichen Anteil durch diese aus der Kanalströmung resultierende Druckverteilung entlang des Kanals bestimmt. Die Kanalform und somit die Kanalströmung hängen ihrerseits stark von der Form dieses Bahnabschnittes ab, weil er eine deformierbare Wand des Kanals 16 darstellt. Bei einer vorgegebenen Form und Anordnung des Strömungs-Leitkörpers 5 und bei einem bestimmten Unterdruck in der Kammer 8 nimmt die Bahn 1 in diesem Bereich danach eine ganz bestimmte Form an, die durch das Gleichgewicht zwischen den auf sie einwirkenden Bahnspannungskräften T und den Differenzdruckkräften $p_o - p(\alpha)$ gekennzeichnet ist (Fig. 2C).

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform dienen die zwei scheibenförmigen Randbereiche 21 der drehbar gelagerten Walze 14 als Umlenkflächen, während der dazwischen liegende mittlere Zylinderabschnitt mit einem etwas kleineren Durchmesser als eine Notabstützung dient.

Im Bereich der Bahnlenkung ist bei einer bestimmten Bahnspannung T und bei einem vorgegebenen Durchmesser der kreiszylindrischen Umlenkflächen 21 ein Mindestwert des Differenzdrucks $p_o - p$ zwischen den beiden Oberflächen der Bahn 1 nicht zu unterschreiten, wenn ein Aufliegen der Bahn 1 auf diesen beiden Schultern 21 vermieden werden soll. Wenn dies gewährleistet ist, entsteht ein Spalt s zwischen den beiden Flächen 21 und den entsprechenden Randbereichen der inneren Seite der Bahn 1. Aufgrund der Druckdifferenz zwischen den beiden Unterlagenseiten erfolgt dann eine Luftströmung 15 in den Unterdruckraum 18 hinein, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist. Zur Aufrechterhaltung des Unterdrucks muß die durch diese Spaltströmung 15 in den Unterdruckraum 18 gelangende Luftmenge ständig durch die Unterdruckquelle U entfernt werden, wobei durch Steuerung ihrer Saugleistung die Spaltenbreite s einstellbar ist.

Bei einer geschlossenen und luftundurchlässigen Mantelfläche 9 des Körpers bzw. der Walze 14 muß die durch die oben erwähnte Spaltströmung 15 in die Kammer 8 gelangende Luftmenge in dem rechteckigen Kanal 17 zwischen der Innenfläche der Bahn 1 und der Mantelfläche 9 der Walze 14 nachströmen können (siehe 10 und 11 in Fig. 1 und Fig. 3), damit auf der konkaven Unterlagenseite der Umgebungsdruck p_o aufrechterhalten werden kann. Um eine ungedrosselte Nachströmung der Luft sicherzustellen, kann die Fläche 9 der Notabstützung aus einem porösen Material (Fig. 3A) hergestellt oder mit Öffnungen 20 (Fig. 3B) für den Lufteintritt versehen werden, so daß die Luftströmung aus der Umgebung an die konkave Bahnoberfläche nicht nur entlang der Mantelfläche 9 des Zylinders (10, 11), sondern auch quer durch ihn hindurch (19) erfolgen kann. Hierzu wird auf Fig. 3 verwiesen. Diese Maßnahme erlaubt die Absatzhöhe zwischen der Umlenkfläche 21 und der Fläche 9 der Notabstützung klein zu halten. Da sich die Bahn 1 in einem Störfall nicht nur auf dem mittleren Bereich 9 des Körpers 14 abstützt sondern teilweise auch auf den beiden Schultern 21 aufliegt, gestat-

tet dies die bei einer Notabstützung der Bahn entstehende mechanische Belastung der Bahn 1 gering zu halten. Bei empfindlichen Bahnmaterialien ist dies besonders wichtig, weil die Bahn 1 sonst aufgrund der überproportionalen Belastung im Randbereich einreißen kann. Eine niedrige Absatzhöhe ist auch von Vorteil, wenn ausgehend von einem Stillstand oder einem Störfall der normale Betriebszustand wiederhergestellt werden soll. Ein sehr starkes Einknicken der Bahn im mittleren Bereich erschwert zudem den Aufbau des Unterdrucks in der Kammer 8 und die Etablierung der Kanalströmungen 12, 13 nach einem Stillstand.

Wenn die mittlere Mantelfläche 9 des Körpers 14 stört oder wenn eine Systemstörung wie durch Ausfall der Unterdruckquelle (U) weitgehend ausgeschlossen werden kann, kann der mittlere Abschnitt des Körpers 14 weggelassen werden. In diesem Fall sind lediglich zwei Umlenkflächen in Form von drehbar gelagerten Scheiben 21 in beiden Randbereichen der Bahn 1 vorhanden, wie in Fig. 4B dargestellt ist. Der wesentliche Vorteil der Verwendung einer drehbar gelagerten Walze 14 nach Fig. 1 oder ebenfalls drehbaren scheibenförmigen Umlenkelementen 21 nach Fig. 4B ist die Möglichkeit der Notabstützung der Bahn 1 über ihre gesamte Bahnbreite im Falle einer Trägerwalze 14 bzw. über die Breite der Umlenkflächen bei Trägerscheiben 21. Dies hilft die negativen Folgen einer Systemstörung in Grenzen zu halten.

Wenn ein leichtes Aufliegen der äußersten Ränder der Bahn 1 auf drehbaren Umlenkflächen 21 der Walze 14 toleriert werden kann, kann die Spaltströmung 15 vollständig unterbunden werden, so daß entsprechend niedriger Energieaufwand zur Aufrechterhaltung des Unterdrucks in der Kammer 8 notwendig wird. Diese Verhältnisse sind in Fig. 5 dargestellt.

Um ein Schleifen der Bahn auf Umlenkflächen zu vermeiden, muß in diesem Fall sichergestellt werden, daß sich die Umlenkflächen 21 mit einer Umfangsgeschwindigkeit identisch mit der Bahngeschwindigkeit drehen. Dies kann mit Hilfe von Reibungskräften, durch die Bahn 1 selbst oder durch einen Fremdantrieb geschehen.

Im Falle eines vollständigen Abhebens der Bahn von den Umlenkflächen 21 können diese auch als feststehende Flächen gestaltet werden und brauchen nicht mehr aus einem geschlossenen Zylinder 14 zu bestehen. Sie können deshalb auf einen Zylinderausschnitt 22 im Umlenkbereich beschränkt werden, wie in Fig. 6 dargestellt ist. Wegen des Fehlens einer Rotationsbewegung können feststehende Umlenkflächen auch eine andere Form als ein Kreiszylinder haben. So können sie z.B. aus einer elliptischen Zylinderoberfläche 23, wie in Fig. 7 dargestellt ist, bestehen. Es lassen sich auch andere nicht dargestellte zylindrische Formen hierbei einsetzen.

Um eine vollkommene Umschlingung durch die Bahn 1 sicherzustellen, muß die Kontur allerdings über die Länge konvex ausgebildet sein. Diese Freiheit ergibt die Möglichkeit die Form der Umlenkung an unterschied-

lichen Winkelpositionen α individuell zu gestalten, siehe hierzu Fig. 7. Es muß lediglich sichergestellt werden, daß der Übergang zwischen Bogenabschnitten mit unterschiedlichen Krümmungsradien stetig erfolgt und der von der Bahnspannung her zulässige minimale Krümmungsradius an keiner Stelle der Kontur der Umlenkung unterschritten wird.

Somit können die Ein- und Ausgangsbereiche der Umlenkung primär im Hinblick auf die Kanalströmung gestaltet werden, während die Optimierung in den übrigen Bereichen nach anderen Gesichtspunkten, wie etwa der gewünschten Spaltenbreite an beiden Unterlagerrändern, erfolgen kann.

Die Kontur kann auch aus einer Kurve bestehen, bei der sich der örtliche Krümmungsradius in einer vorgegebenen Weise (z.B. nach einer mathematischen Abhängigkeit) als Funktion der Winkelkoordinate α der Umlenkung ergibt. Die fest installierten Umlenkelemente müssen auch nicht notwendigerweise aus Vollzylinder bzw. aus deren Segmenten bestehen. Sie können auch durch Biegung eines streifenartigen Materials in die gewünschte gekrümmte Form hergestellt werden, wodurch die Herstellungskosten reduziert werden.

Die in Verbindung mit der Ausführungsform in Fig. 3 dargelegten Überlegungen bezüglich der Gestaltungsmöglichkeiten der mittleren Fläche der Notabstützung bzw. deren totaler Wegfall (Fig. 3 bzw. Fig. 4 und Fig. 5) gelten natürlich sinngemäß auch für die beiden in Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsbeispiele aber darüber hinaus auch für jede beliebige hier nicht dargestellte Form der Umlenk- und Abstützflächen.

Die der Bahn zugewandte Kontur des Strömungs-Leitkörpers 5, 6 kann flach sein oder entlang des Strömungskanal 16 eine beliebig gekrümmte Form aufweisen. Um den Zusammenhang zwischen der Form des Strömungs-Leitkörpers und der daraus resultierenden Form des Bahnabschnitts im Kanal 16 zu verdeutlichen sind diese Verhältnisse in Fig. 8 jeweils für eine konvexe (Fig. 8A), eine flache (Fig. 8B) und eine konkave (Fig. 8C) Form des Strömungs-Leitkörpers 24, 25, bzw. 26 qualitativ dargestellt.

Die konvexe Form des Strömungs-Leitkörpers 24 ist durch die höchste Rate der Querschnittsverengung im Kanal 16 gekennzeichnet. Die Unterdruckverteilung wird überwiegend durch den Endbereich der Kanalströmung bestimmt. Dementsprechend ist die Bahn 1 im Anfangsabschnitt noch annähernd geradlinig und wird erst im Endbereich stark zum Strömungs-Leitkörper 24 hin deformiert. Die Gefahr der unbeabsichtigten Berührung des Strömungs-Leitkörpers durch die Bahn besteht deshalb auch nur in diesem Endbereich.

Bei einem ebenen Strömungs-Leitkörper 25 nach Fig. 8B ist der Beitrag des letzten Kanalabschnitts nicht mehr so dominant und auch der mittlere Kanalabschnitt leistet ebenfalls einen wesentlichen Anteil zum Aufbau der Unterdruckkräfte.

Bei einem konkaven Strömungs-Leitkörper 26 ist ein noch größerer Abschnitt am Aufbau des Unterdrucks

beteiligt. Entsprechend flacher sind also die Formen der Unterdruckkurve und der Bahn.

Weil alle drei Ausführungsformen der Strömungs-Leitkörper durch bestimmte Vor- und Nachteile gekennzeichnet sind, sollte bei der Entscheidung über die Wahl der geeigneten Form der Strömungs-Leitkörper in jedem konkreten Fall das jeweilige Betriebsumfeld näher betrachtet werden.

Um eine optimale Wirkung zu erzielen kann ein Strömungs-Leitkörper auch aus einer bestimmten Kombination der drei Formen A, B und C zusammengesetzt werden. Der Strömungs-Leitkörper besteht in diesem Fall aus einer sequentiellen Anordnung von mehreren Abschnitten unterschiedlicher Form und Krümmung.

Der Strömungs-Leitkörper kann an beliebigen Positionen mit Löchern oder Schlitzten beliebiger Form und Größe ausgestattet werden oder die Kanalfläche kann ganz oder abschnittsweise aus einem luftdurchlässigen Material bestehen, um einen bewußt gewollten Zustrom von Außenluft in den Unterdruckbereich im Luftkanal 16 zu ermöglichen. Dies kann z.B. sinnvoll sein in Verbindung mit einem konkaven Strömungs-Leitkörper, um ein totales Ansaugen der Bahn an den Strömungs-Leitkörper 26 auszuschließen.

Es kann aber durch solche Öffnungen im Strömungs-Leitkörper aktiv Luft in den Strömungskanal 16 gepumpt werden, um die Intensität der Kanalströmung zu steigern und sie in gewissen Grenzen bewußt zu steuern. Ein solches Vorgehen ist von Luftdüsen zur Bahnstabilisierung her bekannt, die auf dem Prinzip des Aufbaus eines Unterdrucks zwischen der Bahn und einer dicht an ihrer Oberfläche angeordneten Düse mittels einer tangential aus der Düse austretenden Luftströmung beruhen.

Um einen möglichst wirbelfreien Eintritt der Kanalströmung 12, 13 in den Unterdruckraum 18 der Kammer 8 zu ermöglichen kann der Strömungs-Leitkörper 5, 6 ins Kasteninnere weitergeführt werden, so daß die Querschnittsfläche des Kanals 16 wieder ansteigt. Hierbei können unterschiedliche Formen des Strömungs-Leitkörpers in Einlaufbereich mit ebenfalls unterschiedlichen Formen im Auslaufbereich kombiniert werden. In diesem Zusammenhang kann mit Hilfe von unterschiedlichen, allgemein bekannten Maßnahmen, wie durch das Anbringen von Löchern im Auslaufbereich des Strömungs-Leitkörpers die sanfte Angleichung des Drucks der Kanalströmung an das Niveau in der Unterdruckkammer 8 realisiert werden.

Der Kanalströmung ist im Falle einer Längsbewegung der Bahn auch eine Strömung aufgrund der Luftgrenzschicht an der beweglichen Bahnoberfläche überlagert. Die Intensität dieser Grenzschichtströmung steigt mit der Bahngeschwindigkeit an. Diese Strömung ist beim Eintritt der Bahn 1 in die Umlenkammer 8 ebenfalls in das Kammerinnere gerichtet und überlagert sich somit der durch den Unterdruck in der Kammer 8 hervorgerufenen Kanalströmung 12. Beim Austritt der Bahn 1 aus der Kammer 8 ist die Grenzschicht-Strömung der Kanalströmung 13 entgegengesetzt gerichtet. Bei hohen

Bahngeschwindigkeiten können somit im Eintritts- und Austrittsbereich 2 bzw. 3 unterschiedliche Strömungsverhältnisse in diesen Kanälen vorliegen, so daß zur Berücksichtigung dieser Verhältnisse individuell unterschiedliche Formgebungen bzw. Positionierungen der Strömungs-Leitkörper erforderlich sind.

Die Form des Profils des Strömungs-Leitkörpers kann sich bei Bedarf auch als eine Funktion der Koordinate quer zur Bewegungsrichtung der Bahn ändern. Dies kann z.B. bei größeren Bahnbreiten und hohen Bahngeschwindigkeiten sinnvoll sein, wenn die Grenzschichtströmung im mittleren Bereich der Bahn wesentlich anders aussieht als im durch starke Wirbelablösungen gekennzeichneten Randbereich. Dies kann aber auch wegen einer Luftdurchlässigkeit des Bahnmaterials oder ihrer eventuellen Ortsabhängigkeit in Richtung der Bahnbreite vorteilhaft sein. Auch eine Änderung der Dicke oder des spezifischen Flächengewichts des Materials können Faktoren sein, die eine solche Vorgehensweise als sinnvoll erscheinen lassen.

In Querrichtung kann der Strömungs-Leitkörper gerade ausgebildet oder auch gekrümmt sein. Durch eine gekrümmte Form kann der Bahn eine leicht gekrümmte Form aufgezwungen werden. Durch Anwendung einer Bahnkrümmung vor und/oder nach der Umlenkammer können die Verhältnisse in der Kammer 8 in gewissen Grenzen gesteuert werden. In Querrichtung gekrümmte Strömungs-Leitkörper können auch eingesetzt werden, wenn lokal unterschiedliche Verhältnisse am Strömungs-Leitkörper aus bestimmten Überlegungen als vorteilhaft angesehen werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Umlenkflächen 27, 28 an beiden Rändern der Bahn 3 unabhängig verstellbar, so daß sie auf einer Bewegungsachse parallel zur Bahnbreite in einem beliebigen Abstand zueinander positioniert werden können. Hierzu wird auf Fig. 9 A verwiesen.

Die Umlenkvorrichtung ist in einer anderen Variante der Erfindung so ausgebildet, daß sie mit Umlenkflächen 29 unterschiedlicher Form und/oder Position ausgestattet werden kann, wie aus Fig. 9 B ersichtlich.

Die Strömungs-Leitkörper in den Ein- und Ausgangsbereichen der Umlenkung sind dabei entweder entsprechend der maximalen Bahnbreite dimensioniert und ragen bei schmälere Materialien über die Bahnbreite hinaus oder auch sie werden leicht auswechselbar gemacht, so daß unterschiedlich breit dimensionierte und/oder geformte und/oder positionierte Strömungs-Leitkörper in Verbindung mit unterschiedlichen Bahnbreiten zum Einsatz kommen können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform bestehen die Umlenkelemente 33, 34 aus einer Anzahl von kleineren Flächen und den dazwischenliegenden Rillen, wie aus Fig. 10B ersichtlich. Durch die dadurch erreichte abwechselnde Erweiterung und Verengung des Spaltes zwischen der Innenfläche der Bahn und dem Umlenkelement, wird die einfache überwiegend eindimensionale Spaltströmung 32 der flachen Umlenkkörper 30, 31 (Fig. 10A) ersetzt durch eine kompliziertere

Strömung 35 (Fig. 10B). Diese Art der Gestaltung eines Dichtspaltes ist unter dem Namen Labyrinth-Dichtung bekannt und erlaubt eine wesentlich effizientere Abdichtung des Unterdruckraums 18 gegenüber der Umgebung als dies bei einem einfachen Spalt gleichbleibender Querschnittsfläche (Fig. 10A) möglich ist. Somit lassen sich bei gleicher Leistung der Unterdruckquelle größere Spaltbreiten s zwischen der Bahn und den Umlenkflächen erreichen. Dabei kann sich die labyrinthartige Umlenkfläche auf die beiden Randbereiche der Bahn beschränken (Fig. 10B) aber sich auch auf die Gesamtbreite der Bahn erstrecken (Fig. 10C). Die in Fig. 9 schematisch dargestellte Anpassung der Apparatur an die Breite der jeweiligen Bahn kann bei Einsatz von Umlenkflächen, die sich über die Gesamtbreite der Umlenkvorrichtung erstrecken (36), entfallen, wenn dieses Umlenkelement breit genug ist alle in Frage kommenden Bahnbreiten abzudecken. Dies ist ein sehr wichtiger Vorteil für die Praxis, wenn Bahnmaterialien mit stark unterschiedlichen Breiten zum Einsatz kommen.

Die bessere Abdichtung verhindert bei dieser labyrinthartigen Gestaltung des Umlenkelements auch, daß bei einem zu starken Abheben der Bahn von der Umlenkfläche -wie dies z.B. bei einem plötzlichen Absinken der Bahnspannung vorkommen kann- der Unterdruck im Raum 18 schlagartig zusammenbricht. Dies hilft die System-Instabilitäten drastisch zu reduzieren, die normalerweise entstehen würden, wenn die Luftleckage starken zeitlichen Schwankungen unterworfen ist und die Unterdruckquelle zu träge ist diesen Schwankungen zu folgen.

In Verbindung mit der vorliegenden Anwendung stellen diese Vorteile eines labyrinthartigen Umlenkelements allerdings nur willkommene Nebeneffekte dar. Der eigentliche Zweck dieser Gestaltungsform ist allerdings der damit verbundene Stabilisierungseffekt, der es ermöglicht ein ungewolltes seitliches Verlaufen der Bahn zu verhindern. Bei einer vollkommen berührungslosen Umlenkvorrichtung werden normalerweise lediglich Kräfte senkrecht zur Bahnoberfläche erzeugt, die die bei der Bahnlenkung entstehenden Bahnkräfte kompensieren sollen. Tangential zur Bahnoberfläche gerichtete Kräfte sind jedoch zur Sicherung der seitlichen Position der Bahn erforderlich und diese sind meist nicht verfügbar.

Der Stabilisierungseffekt einer labyrinthartigen Umlenkfläche entsteht in diesem Fall an der Stelle des Eintritts der Leckageluft in den Unterdruckraum (18) und dies läßt sich anhand von Fig. 11 erklären. Hier sind drei unterschiedliche seitliche Positionen des einen Randes der Bahn (1) dargestellt. Die an der letzten unterhalb der Bahn (1) befindlichen Erhebung 37 des Umlenkelements 34 vorbeiströmende Luft 35 entspannt sich in die angrenzende Rille 38, die nur teilweise von der Bahn abgedeckt ist, und gelangt nach einer Richtungsumkehr in den Unterdruckraum 18. Dabei entsteht ein von der Rille 38 in das Innere des Unterdruckraums 18 gerichteter Luftstrahl L. Bei einer seitlichen Verschiebung der Bahn wie in Fig. 11B dargestellt, verengt sich die für diesen Luft-

strahl zur Verfügung stehende Breite an der engen Stelle 36. Die Geschwindigkeit und somit die Energie des Luftstrahls L nehmen zu. Die Bahn ruft bei ihrer weiteren seitlichen Verschiebung eine zunehmende Verengung der engsten Stelle 36 und muß sich also durch einen starken Luftstrahl L hindurch bewegen. Der Impuls des Luftstrahls L setzt einer solchen seitlichen Bewegung der Bahn einen Widerstand entgegen und übt deshalb eine der seitlichen Bahnbewegung entgegengesetzte Kraft aus. Dieser Effekt bleibt erhalten bis die Rille 38 vollkommen von der Bahn 1 abgedeckt ist und der Rand der Bahn die nächste Erhebung erreicht.

Ein zusätzlicher Stabilisierungseffekt läßt sich erreichen, wenn die Erhebungen nach Außen hin höher werden, so daß der Übergang von einer Erhebung zu einer Anderen mit einem entsprechendem Anheben der Bahn um das Maß Δh (Fig. 12) verbunden ist. Da die Bahn unter einer Bahnspannung steht, muß für diese resultierende Erhöhung des Krümmungsradius der Bahn eine Energie aufgewendet werden. Dies hat zur Folge, daß der Seitenverschiebung der Bahn von einer Position P1 in eine neue Position P2 ein Widerstand entgegengesetzt wird. Bei einem ständigen Anstieg der Höhe der Erhebungen bilden diese eine Schalenkontur in der die Bahn mittig positioniert wird (Fig. 13A). Bei einer etwaigen seitlichen Verschiebung, wie in Fig. 13B schematisch dargestellt, nimmt die Bahn zwangsläufig eine schräge Position in dieser Schale ein, weil eine Bewegung der Bahn aus der Mittellage heraus dann immer mit ihrem Anheben an einem Rand und einem entsprechenden Absinken am anderen Rand verbunden ist. Bei einer derart schräg orientierten Bahn entstehen in ihr aufgrund der Bahnspannung vom hohen zum niedrigen Rand gerichtete seitliche Kräfte F, die bestrebt sind die Bahn in ihre ursprüngliche mittige Lage zu bringen. Diese zusätzlichen Stabilisierungseffekte eines labyrinthförmigen Umlenkelements mit einer Schalenkontur verstärken den oben erläuterten Effekt einer Labyrinthstruktur mit einheitlicher Erhebungshöhe wesentlich.

In Fig. 14 ist ein sich über die Breite der Umlenkvorrichtung erstreckendes Umlenkelement 41 mit nach außen ansteigendem Radius der streifenförmigen Umlenkflächen dargestellt.

Die mittige Positionierung der Bahn (1), die sich bei Verwendung von Umlenkelementen mit nach außen ansteigendem Radius der streifenförmigen Umlenkflächen ergibt, kann für eine aktive Beeinflussung der seitlichen Bahnposition eingesetzt werden, wenn die Umlenkelemente 39 und 40 bzw. das Umlenkelement 41 quer zur Bahnaufrichtung verschoben werden können. Bei Feststellung eines seitlichen Verlaufs der Bahn (1) mittels eines Sensors werden hierzu die Umlenkelemente 39 und 40 bzw. das Umlenkelement 41 entsprechend einem Regelalgorithmus und mittels eines Mechanismus für Parallelverschiebung in eine neue transversale Position gebracht. Die anhand des Fig. 13 erläuterten Zentrierkräfte F, die aus der dabei entstehenden unsymmetrischen Anordnung der Umlenkelemente relativ zur Bahn (1) resultieren, werden zur Korrektur der

seitlichen Bahnposition benutzt. Zur Erzielung der gleichen Wirkung kann natürlich anstelle der Umlenkelemente auch die gesamte Umlenkvorrichtung in Querrichtung verschoben werden. Bei Verwendung von zwei Umlenkelementen 39, 40 ist jedoch die Lösung der Aufgabe mittels alleiniger Verschiebung der Umlenkelemente sinnvoller, weil der gleiche Verschiebemechanismus auch für eine individuelle Neupositionierung der beiden Umlenkelemente zwecks Anpassung an unterschiedliche Bahnbreiten (gemäß Fig. 9A) benutzt werden kann.

Die Anzahl der Erhebungen und die Breite jeder Erhebung können den vorliegenden Gegebenheiten individuell angepaßt werden. In diesem Zusammenhang können sie alle eine einheitliche Breite haben aber auch individuell unterschiedlich dimensioniert sein. Auch in der Umfangsrichtung brauchen die Kanten dieser Erhebungen nicht zwangsläufig geradlinig zu verlaufen. Sie können vielmehr eine wellige, sägezahnähnliche oder sonstige Formen aufweisen. Diese Aussagen gelten sinngemäß auch für Rillen, die bezüglich ihrer Breite, ihrer Tiefe aber besonders der Kontur ihres Querschnitts beliebig gestaltet werden können. In diesem Zusammenhang können durch eine optimale Abstimmung dieser Parameter die Eigenschaften des Luftstrahls L im Hinblick auf ihre Stabilisierung bewußt beeinflußt werden. Durch eine strömungstechnisch günstigere Gestaltung der Kontur der Rillen, z.B. durch Wahl einer gekrümmten Geometrie 42 (Fig. 15) anstelle einer eckigen Form wird beispielsweise dafür gesorgt, daß die Energie des Luftstrahls L bei der Richtungsänderung in der Rille weitgehend erhalten bleibt und nicht durch extreme Wirbelbildung reduziert wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden die Strömungs-Leitkörper unabhängig von ihrer Ausführungsform in der Art flexibel gestaltet, daß deren Abstand $d_{\min}$ und deren Anordnungswinkel α und Winkelstellung ω gegenüber dem Umlenkelement präzise und reproduzierbar verändert werden können, s. hierzu Fig. 2. Somit kann die gleiche Umlenkvorrichtung in Verbindung mit unterschiedlichen Bahnmaterialien und Betriebsbedingungen optimal eingesetzt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden die Strömungs-Leitkörper als in der Umfangsrichtung der Umschlingung verschiebbar gemacht. Wenn dabei durch eine Konstruktion, wie in Fig. 16 schematisch dargestellt, sichergestellt wird, daß trotz der Verstellung der Strömungs-Leitkörper die Abdichtung des Raumes 18 unter Unterdruck gegenüber der Umgebung gewahrt bleibt, entsteht eine Möglichkeit der flexiblen Veränderung der Bahnkonfiguration, wie ebenfalls aus Fig. 16 für eine 180° bzw. 90° Bahnumlenkung ersichtlich ist. Die Figuren A, B und C zeigen unterschiedliche Verschiebungsmechanismen.

Durch eine bewegliche Abstützfläche 43, wie z.B. in Fig. 17 dargestellt, kann erreicht werden, daß im Falle einer Betriebsstörung oder eines beabsichtigten Stillstandes der Produktionsanlage die Notabstützung automatisch radial nach Außen bewegt wird und somit eine

neue Position etwa in Höhe der Umlenklflächen 44 einnimmt. Bei der hier schematisch dargestellten Ausführungsform einer solchen Vorrichtung wird der Differenzdruck zwischen den beiden Oberflächen der Bahn 1 als die Führungsgröße zur Ansteuerung einer pneumatischen Antriebssystems 45 benutzt. Nach einer entsprechenden Verstärkung des Differenzdruckes $p_0 - p$ mit Faktor K stellt der Druck $K \times (p_0 - p)$ mittels eines pneumatischen Zylinders sicher, daß in normalem Betriebsfall die Notabstützung trotz der Wirkung einer Druckfeder 46 in einem gewissen Abstand zu der Bahn gehalten wird (Zustand A). Im Falle eines gewollten oder störungsbedingten Sinkens dieses Differenzdruckes drückt die Feder 46 die Notabstützung in eine neue Position auf gleicher Höhe mit den Umlenklflächen 44 (Zustand B).

Wie im Falle einer umschlungenen Welle versucht die Bahn 1 sich auch bei einer Umlenkvorrichtung der hier beschriebenen Art (Fig. 18) bei der Umschlingung der Umlenklflächen 47 senkrecht zu deren Achse 49 auszurichten. Dieses Verhalten kann dazu genutzt werden die seitliche Position der Bahn 1 aktiv durch eine Seitenkantenregelung zu beeinflussen. Hierzu wird die Umlenkvorrichtung um die Achse 48 senkrecht zur Zylinderachse der Umlenklflächen 47 schwenkbar gestaltet. Die aktuelle Lage der Bahn 1 wird mittels eines Sensors erfaßt und eine Abweichung von der vorgegebenen Sollposition wird mittels einer geringfügigen Schwenkbewegung um den Winkel θ korrigiert, wie aus Fig. 18 ersichtlich. Dabei kann die Umlenkvorrichtung gleichzeitig für die Richtungsänderung der Bahn 1 und für die Funktion der Seitenkantenregelung benutzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Umlenken einer sich bewegenden Bahn, welche im Umlenkbereich einen der inneren Bahnseite zugeordneten inneren Raum von einem der äußeren Seite zugeordneten äußeren Raum trennt, wobei der äußere Raum durch eine Kammer gebildet ist, die mit einer Unterdruckquelle verbunden ist, und der innere Raum mit der Atmosphäre verbunden ist und im Bereich der Ränder der Bahn je eine Umlenklfläche angeordnet ist, derart daß zwischen der Umlenklfläche und dem Bahnrand sich unter dem Einfluß der Druckdifferenz zwischen den beiden Räumen ein Spalt bildet, dadurch gekennzeichnet, daß am Ein- und/oder Ausgang (2 bzw. 3) des Umlenkbereichs der Umlenklflächen (21) ein die Räume unterschiedlichen Druckes verbindender und das sich bewegende Band (1) führender Strömungskanal (16) angeordnet ist, dessen Strömungskanalwände von einem definiert geformten Strömungs-Leitkörper (5,6), den Seitenwänden (7) der Kammer (8) und der sich bewegenden Bahn (1) gebildet werden, derart daß entlang des Strömungskanals (16) während des Betriebes ein Unterdruckprofil aufgebaut wird und die Bahn (1) die Bereiche (16 und 17) ungleichen Druckes trennt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkflächen (21) einen zylindrisch-konvexen Körper (14) mit stirnseitig angeordneten scheibenförmigen Randflächen (21) aufweisen, die mit einem größeren Radius als der zylindrische Körper (14) versehen sind. 5

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (14) porös oder mit Löchern (20) ausgebildet ist, wobei die Löcher (20) unterschiedliche Größen aufweisen und über den Umfang des Körpers (14) unterschiedliche Verteilungen aufweisen. 10

4. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkelemente aus einer Anzahl von parallel angeordneten streifenförmigen Flächen und den dazwischen befindlichen Rillen bestehen (33, 34). 15
20

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Umlenkelemente 33 und 34 zu einem gemeinsamen Umlenkelement 36 vereint sind, das sich über die Breite der Apparatur erstreckt. 25

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der streifenförmigen Erhebungen der Umlenkelemente 36 bzw. 33 und 34 von der Mitte zu den Rändern der Umlenkevorrichtung ansteigt (41 bzw. 39 und 40). 30

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkelemente 41 bzw. 39 und 40 in Richtung quer zur Bahnlaufrichtung beweglich ausgebildet sind. 35

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Beweglichkeit der Umlenkflächen 41 bzw. 39 und 40 mittels Sensoren steuerbar ausgebildet ist. 40

9. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungs-Leitkörper (5, 6) als ebene Platte ausgebildet ist, die unter einer verstellbaren Anordnung zur Bahn (1) installiert ist. 45

10. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützfläche (43) beweglich ausgebildet ist. 50

55

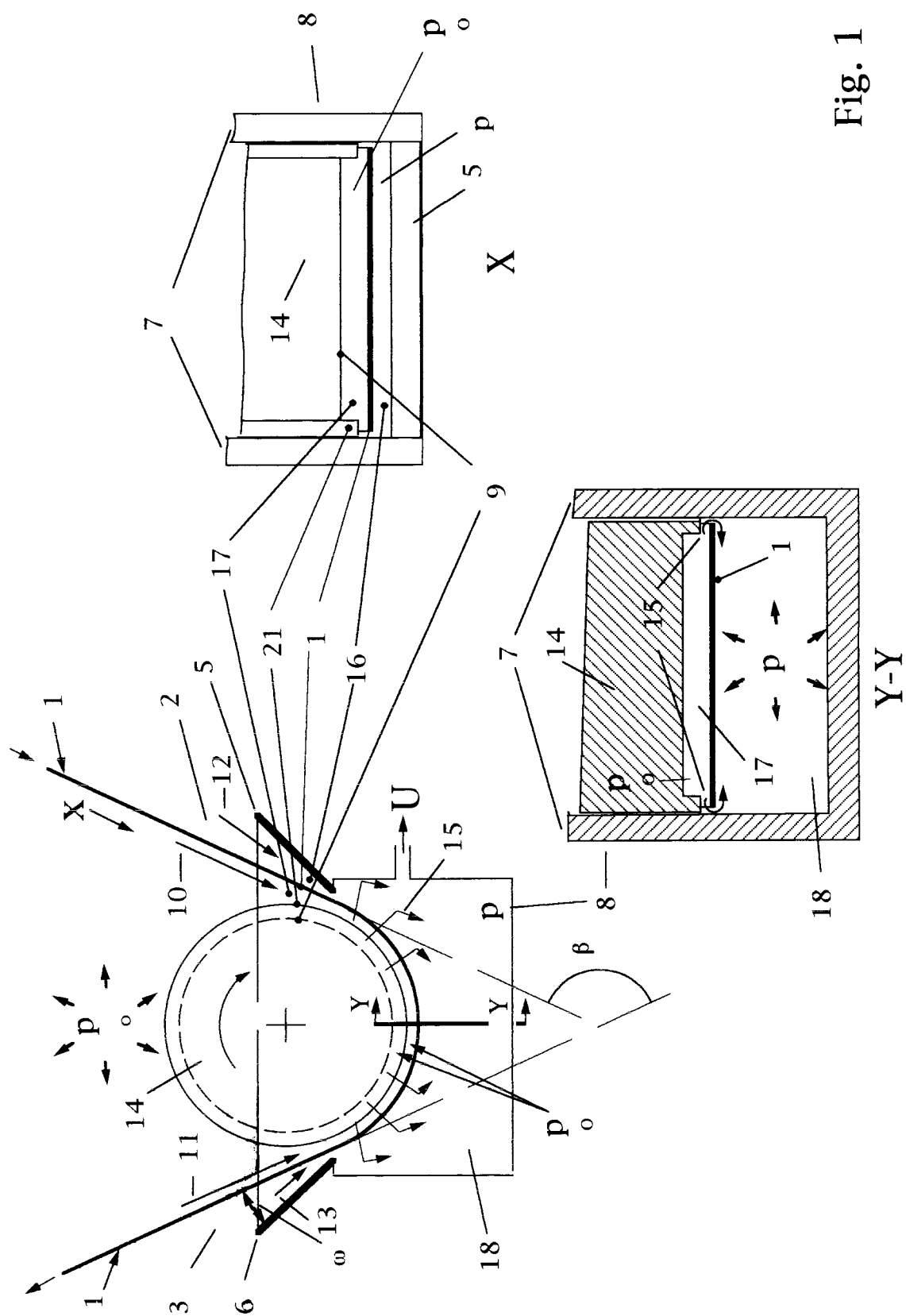


Fig. 1

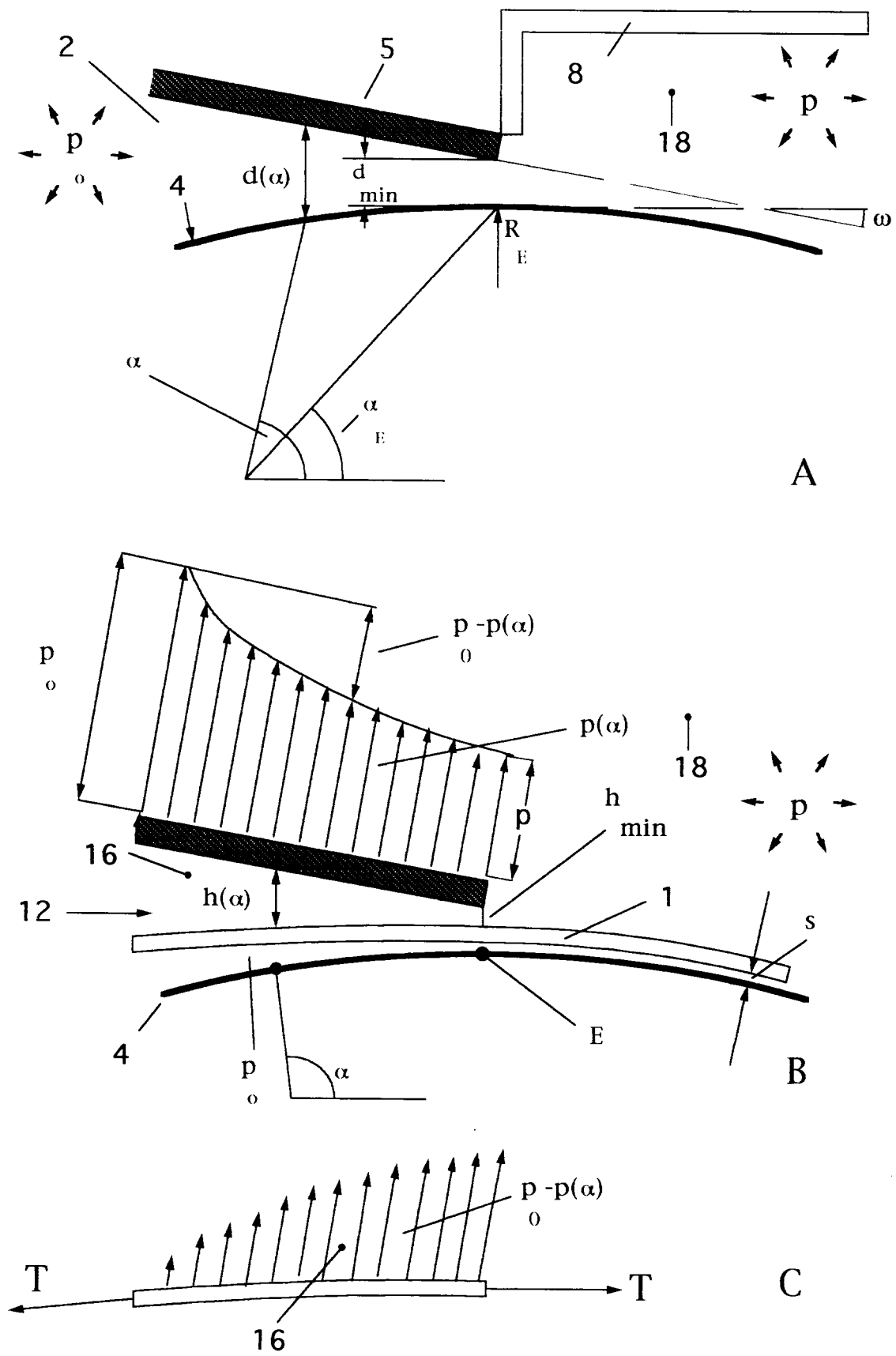


Fig. 2

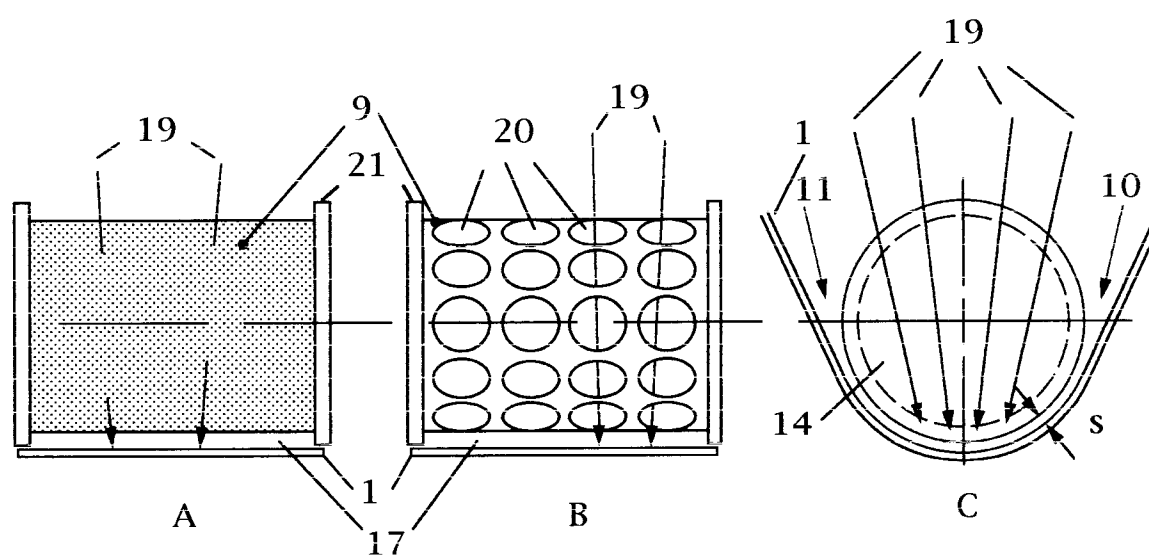


Fig. 3

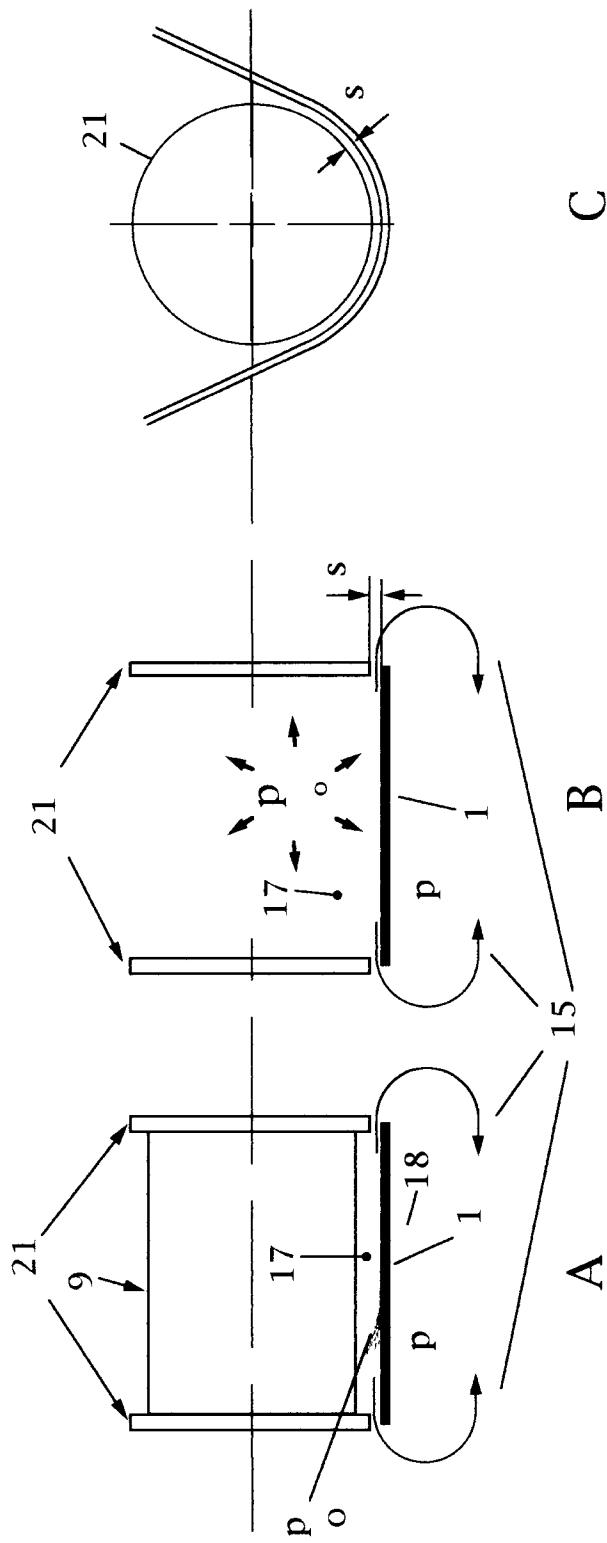


Fig. 4

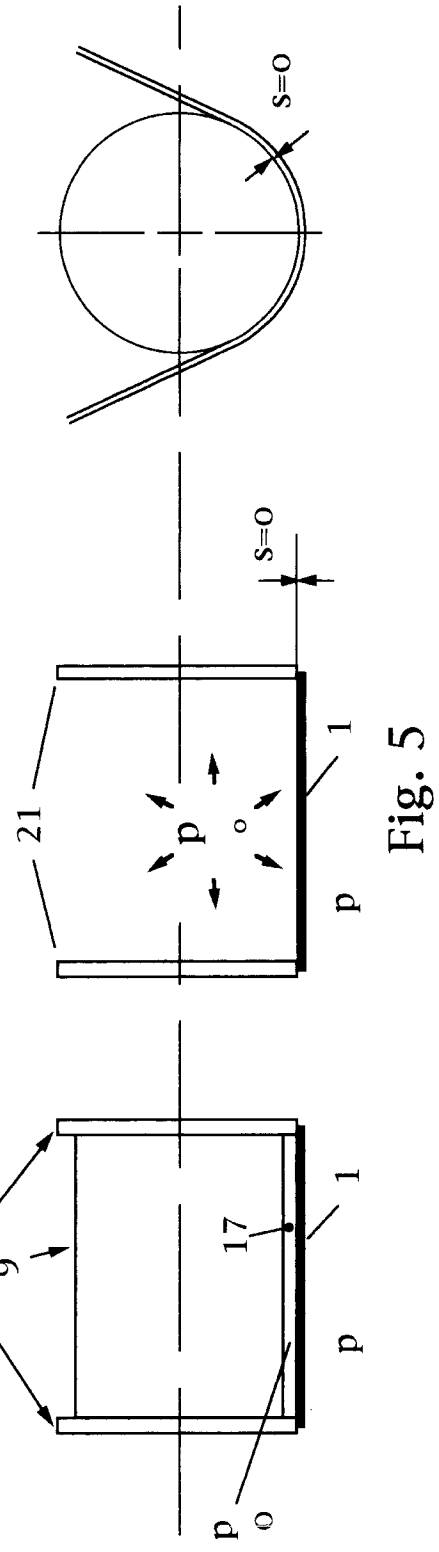


Fig. 5

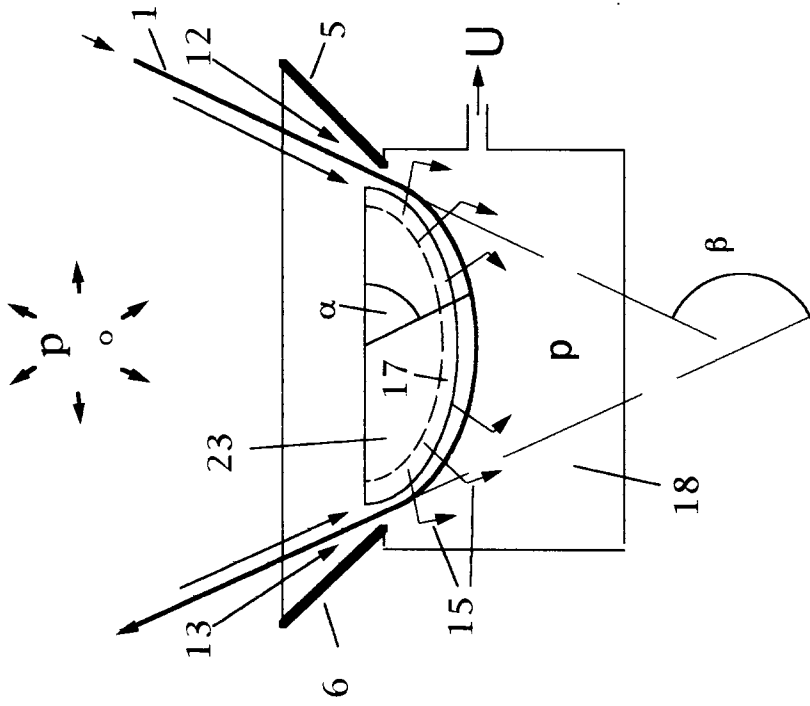


Fig. 6

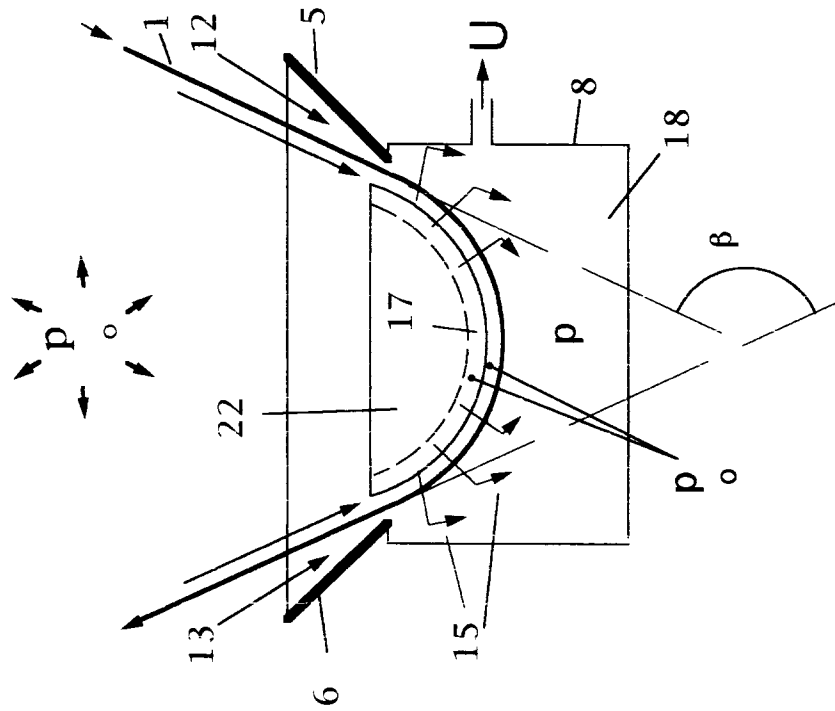


Fig. 7

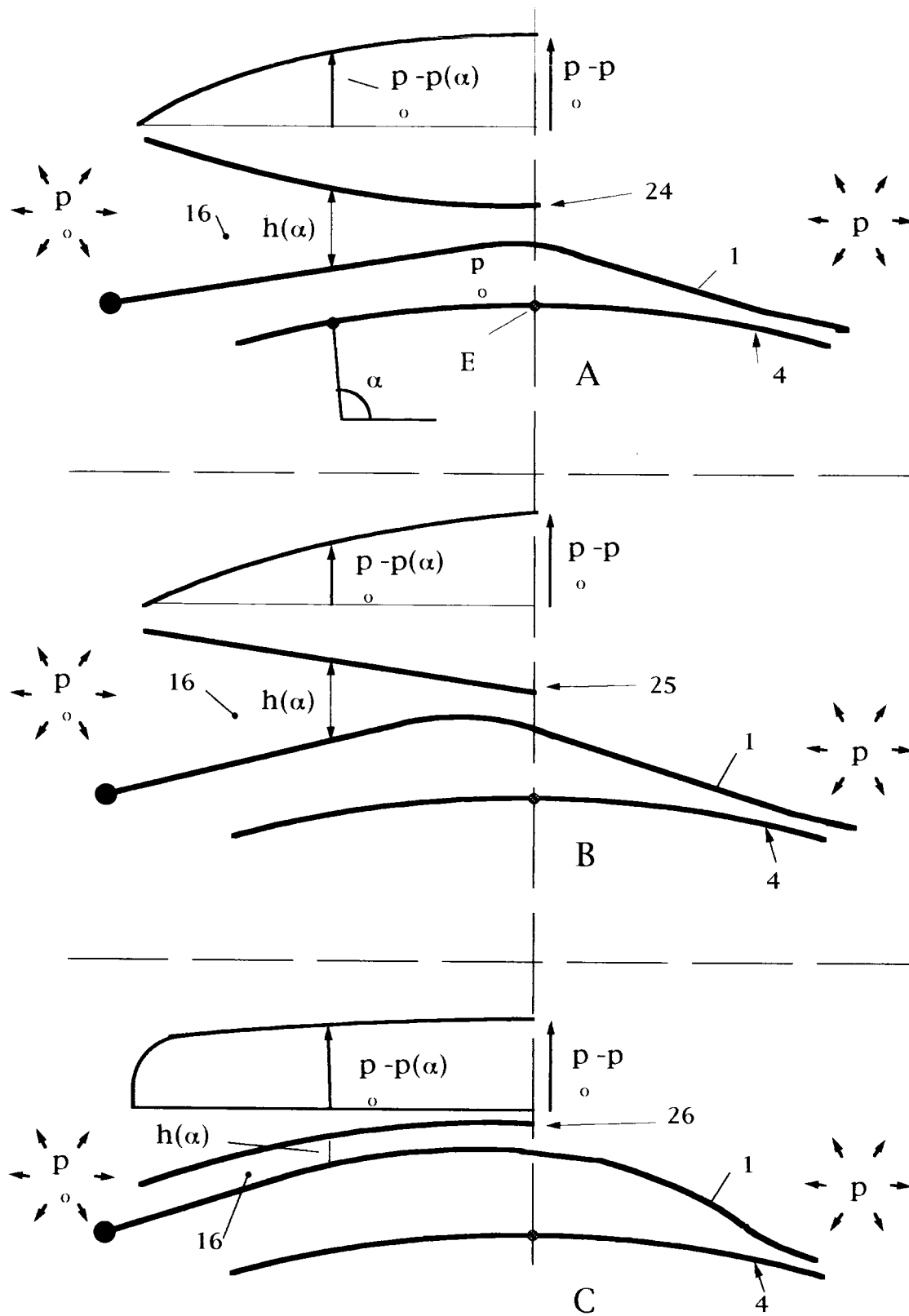


Fig. 8

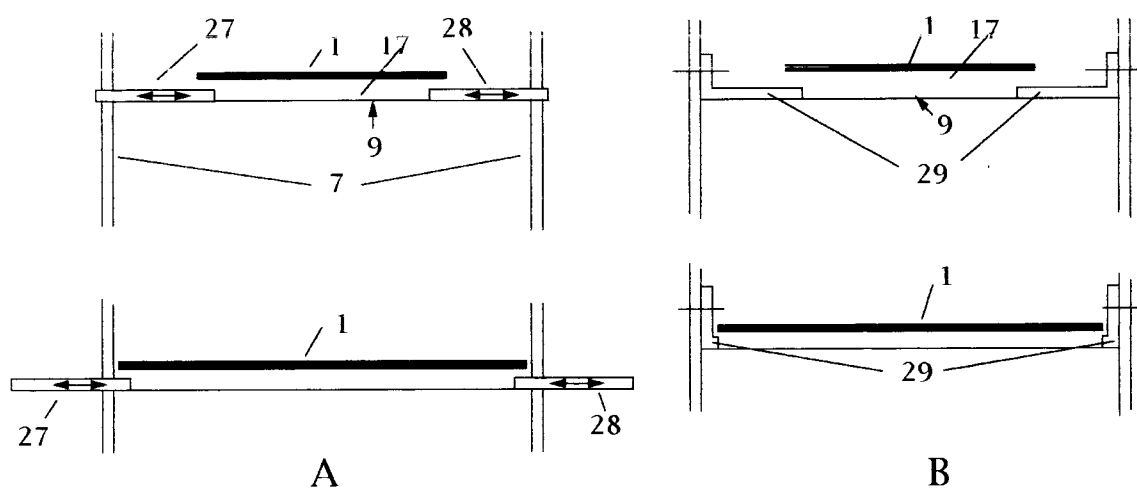


Fig. 9

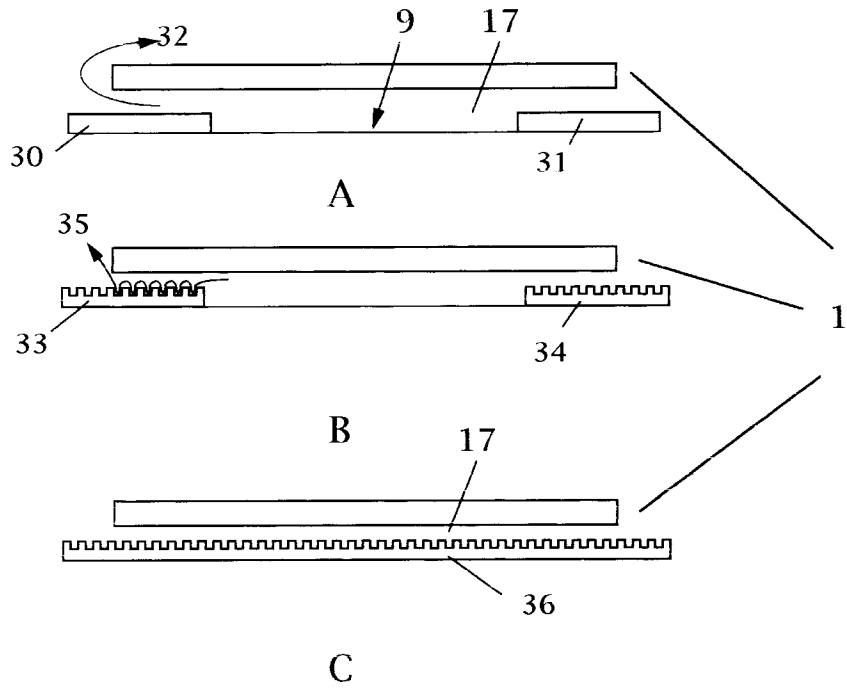


Fig. 10

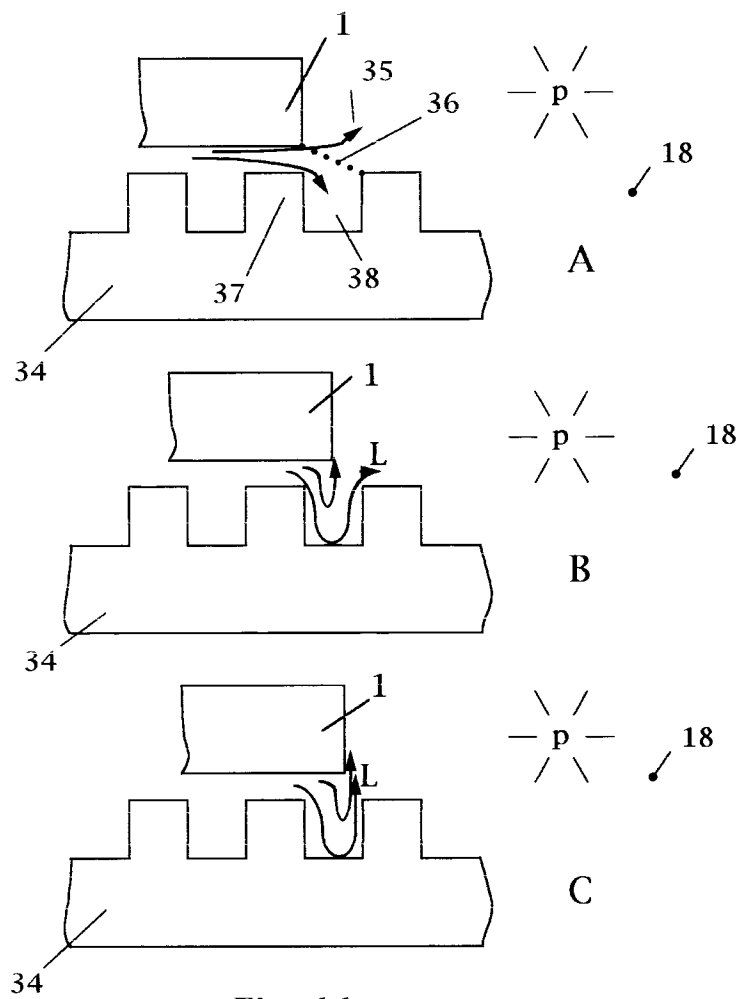


Fig. 11

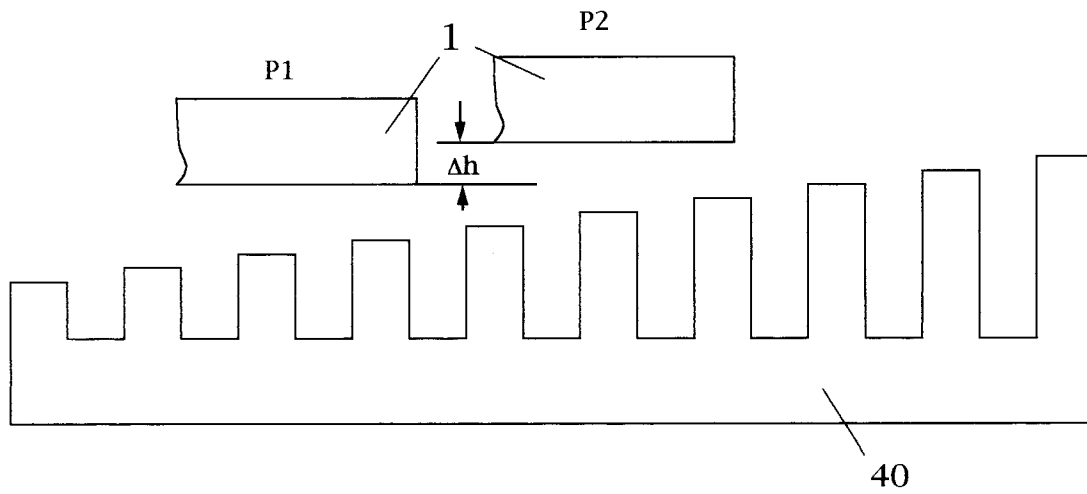


Fig. 12

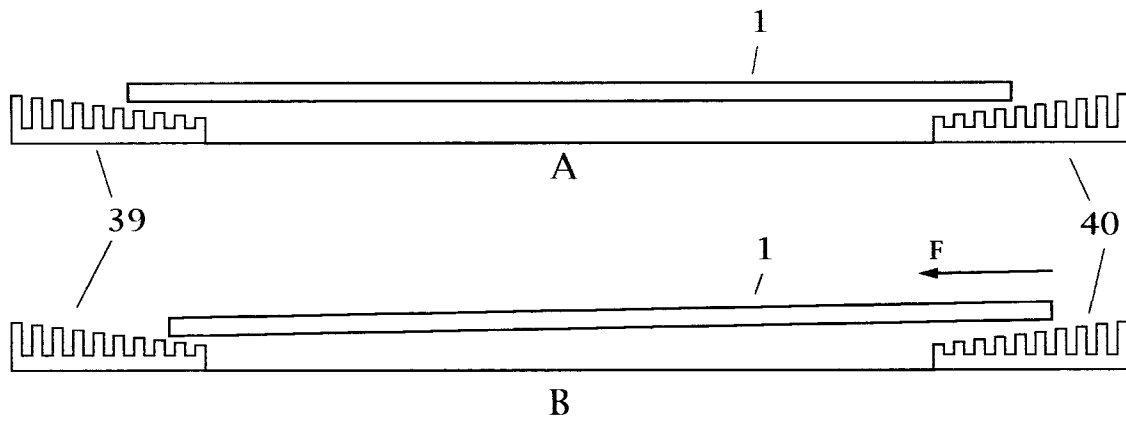


Fig. 13

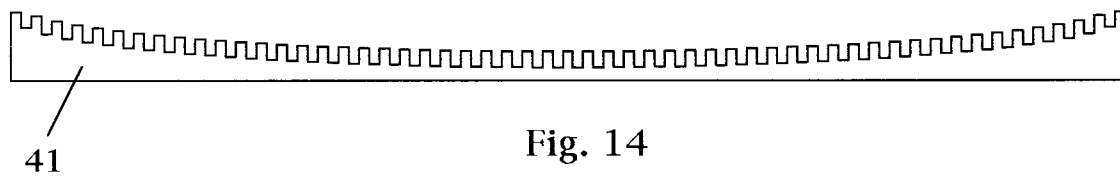


Fig. 14

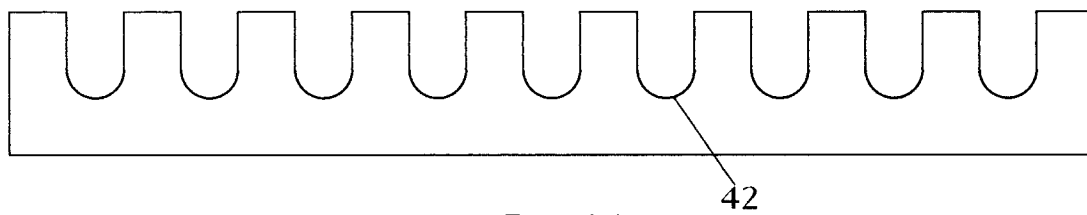


Fig. 15

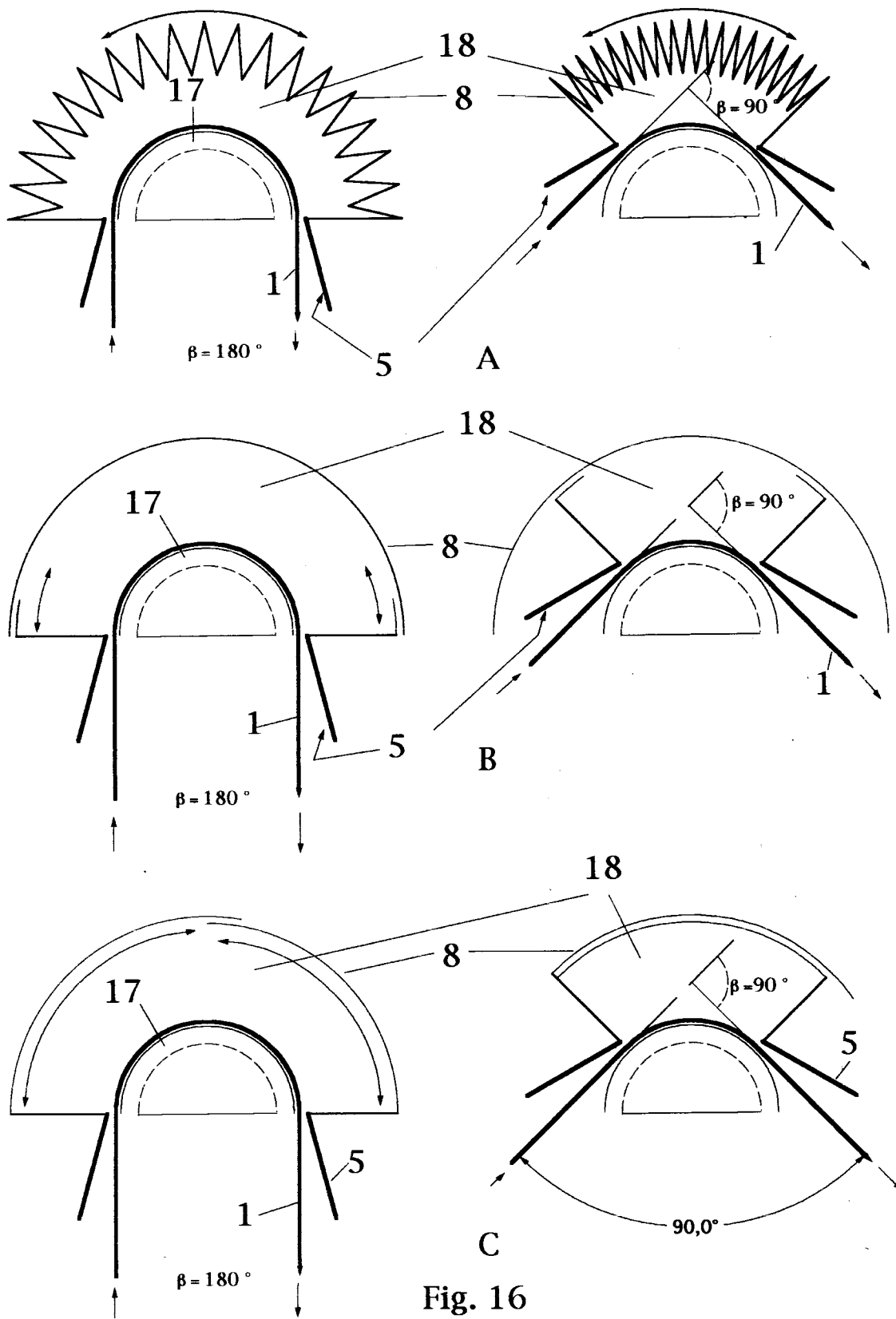


Fig. 16

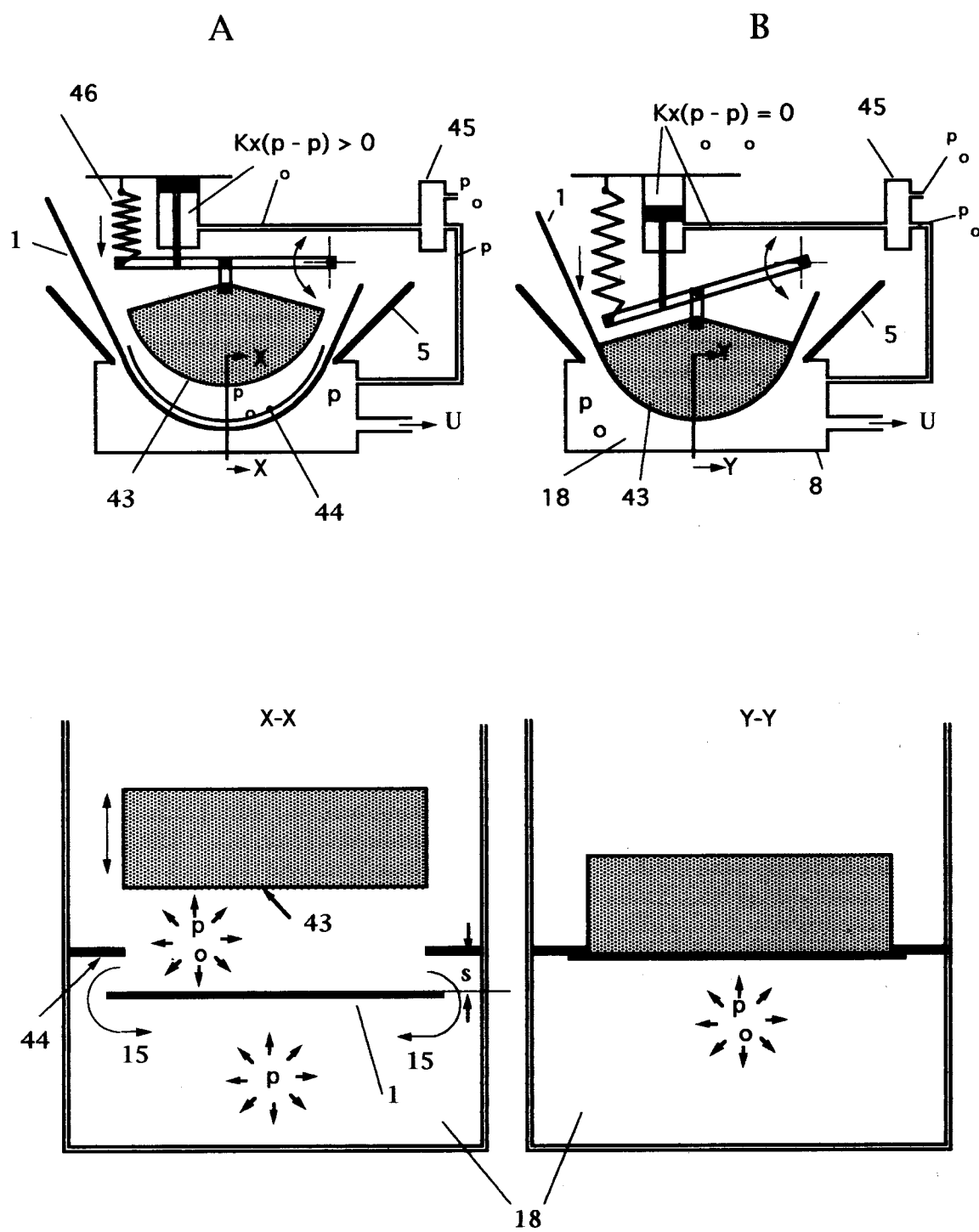


Fig. 17

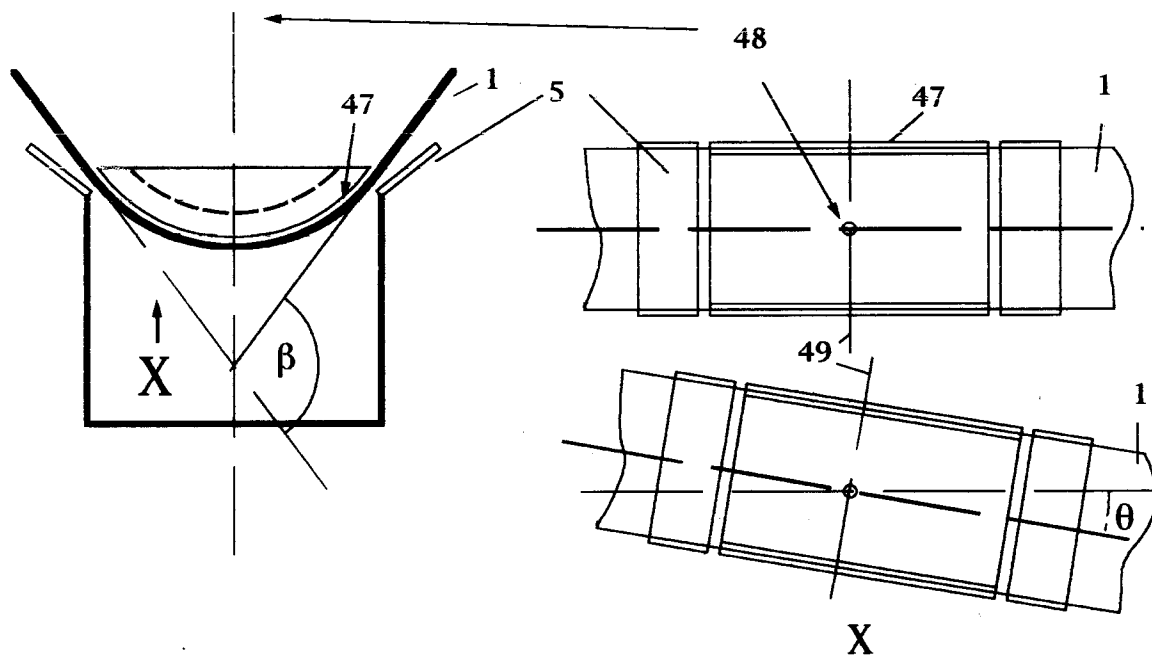


Fig. 18