



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 541 T2 2004.04.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 216 131 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 541.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/05387**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 940 361.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/010623**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **13.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.04.2004**

(51) Int Cl.7: **B29C 44/46**
B29C 44/34

(30) Unionspriorität:
MI991795 09.08.1999 IT

(73) Patentinhaber:
Worldwide Polyurethanes B.V., Amsterdam, NL

(74) Vertreter:
Uexküll & Stolberg, 22607 Hamburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB, IT

(72) Erfinder:
FIorentini, Carlo, I-21047 Saronno, IT

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR AUSGABE VON POLYURETHANSCHAUMMATERIAL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Produktion von Polyurethanschäumen entweder des flexiblen oder des starren Typs aus einem chemisch reaktiven flüssigen Gemisch, bestehend aus einem Polyol und einem Isocyanat, das durch ein inertes, tiefsiedendes Blähmittel, das unter Druck in dem das Polyurethan bildenden Gemisch in hohem Maße löslich ist, wie etwa Kohlendioxid (CO₂), vorgeschäumt oder aufgeschäumt ist.

[0002] Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11 zur Ausgabe eines Polyurethanschäummaterials bei der kontinuierlichen Produktion von Polyurethanplattenvorräten.

[0003] Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind zum Beispiel aus EP-A-0 645 226 bekannt. Für die Produktion von Polyurethanschäumen sowohl des flexiblen als auch des starren Typs sind verschiedene Verfahren und Vorrichtungen vorgeschlagen worden, einschließlich der Verwendung der bekannten "Aufschäum-" oder Voraufschäum-Technologie, bei welcher ein nicht-reaktives, tiefsiedendes Blähmittel, insbesondere Kohlendioxid (CO₂) unter Druck in dem das Polyurethan bildenden Gemisch, hierin nachfolgend auch als Polyurethangemisch bezeichnet, oder in einer seiner chemischen Komponenten unter einem Druck gelöst wird, der gleich oder größer als der Gleichgewichtsdruck ist, zum Beispiel bei einem Druck, der zwischen 5 und 6 Atmosphären liegt, um das in dem flüssigen Gemisch gelöste CO₂ zu halten, bis das Zuführen zu einer Ausgabevorrichtung erfolgt, in welcher das Aufschäumen stattfindet.

[0004] Die Verwendung von Kohlendioxid, das der chemischen Zusammensetzung als Blähmittel bei der Produktion von Polyurethanschäumen hinzugefügt wird, ist seit langem in zahlreichen früheren Dokumenten vorgeschlagen worden, wie zum Beispiel in US-A-3,184,419 (MERRIMAN) aus dem Jahr 1965 und EP-A-089796 (ICI) aus dem Jahr 1982, und ist empfohlen worden, um bestimmte Umwelt- und Ökonomieprobleme zu vermeiden, die bei herkömmlichen Blähmitteln, wie Fluorkohlenstoffen oder Chlorfluorkohlenstoffen auftreten. Diese früheren Vorschläge stellen jedoch kein Verfahren und keine Ausgabevorrichtung zur Verfügung, die für Anwendungen im industriellen Maßstab geeignet sind.

[0005] Bei der Verwendung von durch CO₂ vorgeschäumten Polyurethanschäumen sind auch technische Probleme entstanden, bei denen es sich herausstellte, dass sie schwer zu lösen sind. Insbesondere bei der Ausgabe oder beim Ablagern des Gemisches war es schwierig, eine ausreichende Steuerung bei der Verringerung des Drucks und eine allmähliche Freisetzung des CO₂ in dem aufgeschäumten Polyurethangemisch zu erreichen. Der Schaum wies allgemein zahlreiche Fehler auf, wie etwa Hohlräume oder größere Löcher und eine unregelmäßige Zellenstruktur, was den hergestellten Schaum vom kommerziellen Gesichtspunkt aus unakzeptabel machte.

[0006] Um eine industriell wirksame Lösung für dieses schwierige Problem zu finden, hat EP-A 0 645 226 eine spezielle Ausgabevorrichtung vorgeschlagen, mit deren Hilfe es möglich ist, in einer gesteuerten Art und Weise ein Polyurethanschäumgemisch zu verteilen, während es auf einem Substrat verteilt wird. US-A-5,833,930 und EP-A-0 786 321 beinhalten ebenfalls Schaumausgabevorrichtungen.

[0007] Insbesondere ist in EP-A-0 645 226 die Verwendung einer Ablagerungsvorrichtung für das Ausgeben eines Polyurethanschäummaterials vorgeschlagen worden, um ein flüssiges Polyurethangemisch auszugeben, das einen bestimmten Prozentsatz von Kohlendioxid (CO₂) und Blasenkeimbildungsgas enthält, in dem das CO₂ vorher unter Druck in einer der chemischen Komponenten oder in dem Gemisch selbst bei einem kritischen Druck von zum Beispiel zwischen 5 und 20 bar, der ausreichend ist, um das Kohlendioxid in dem flüssigen Gemisch zu halten und es erlaubt, das Aufschäumen unter druckgesteuerten Bedingungen zu beginnen, um eine turbulente Verdampfung von CO₂ nach der Abgabe der Mischung aus der Druckabfallzone zu vermeiden, gelöst wurde.

[0008] Diese Vorrichtung umfasst im Wesentlichen eine Druckausgleichskammer und eine Druckabfallzone, welche sich zu einem Aufschäumhohlraum öffnet. Die Druckabfallzone ist durch einen länglichen Schlitz mit begrenzter Höhe, der glatte Wände aufweist, die sich in Fließrichtung des Gemisches erstrecken, oder durch eine Vielzahl von Löchern definiert. Durch eine solche Druckabfallzone ist es möglich, eine allmähliche Druckverringerung in dem laminaren Fluss des flüssigen Gemisches und eine gesteuerte Freigabe des CO₂ in Gasform stromabwärts des Auslasses des Druckabfallschlitzes in einen vergrößerten Aufschäumhohlraum zu erreichen, der für die Verteilung des Schaums vorgesehen ist.

[0009] In der Praxis hat es sich erwiesen, dass Vorrichtungen dieses Typs zufriedenstellend funktionieren und die Produktion von vorgeschäumten Schäumen in guter Qualität mit einer regelmäßigen Zellenstruktur erlauben, die im Wesentlichen frei von großen Blasen oder Hohlräumen sind.

[0010] Trotzdem ist es, um einen guten Beginn des Aufschäumens zu erreichen, erforderlich, in das flüssige Polyurethangemisch eine Menge von nicht-löslichem Blasenkeimbildungsgas, zum Beispiel Stickstoff oder Luft, in einer großen Menge von 70 bis 90 Litern/Minute, je nach Flussdurchsatz, einzuleiten, das ausreichend

in das flüssige Gemisch zu dispergieren ist, um fein verteilte gasförmige "Keime" zu bilden, um die herum die mikroskopischen Blasen von CO₂ in die Gemischmenge freigegeben werden, um das Aufschäumen zu bewirken.

[0011] Die Verwendung von Blasenkeimbildungsgas wirft trotzdem andere Probleme auf, die teilweise durch einen Kompromiss zwischen der Menge des in das Polyurethangemisch dispergierten Blasenkeimbildungsgases und der Qualität oder der Eigenschaften des Polyurethanschauams gelöst werden können.

[0012] Ferner kann zuviel Blasenkeimbildungsgas zu einem ungesteuerten Aufschäumen mit einem heftigen Freisetzen des CO₂ in das Gemisch und folglich zum Ausbilden einer unregelmäßigen Zellenstruktur führen. Daher kann bei der Produktion von Polyurethanschäumen ein Überschuss oder ein Mangel von Blasenkeimbildungsgas zu Fehlern in der Zellenbildung führen, d.h. in der Bildung einer unregelmäßigen oder ungleichmäßigen Zellenstruktur mit Erzeugung von großen Blasen und Hohlräumen. Bei dem herkömmlichen Verfahren und Ausgabevorrichtungen ist es daher schwierig, zeitlich und in Bezug auf die Größe der Ausgabevorrichtung das korrekte Mengenmaß von Blasenkeimbildungsluft, die in dem flüssigen Polyurethangemisch dispergiert ist, zu steuern.

[0013] Es besteht daher die Notwendigkeit, diese Technologie weiter zu verbessern und sie gleichzeitig für viele Anwendungen geeignet zu gestalten.

Aufgaben der Erfindung

[0014] Die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren und eine Schaumausgabevorrichtung für die Produktion von sowohl flexiblen als auch starren Polyurethanschäumen aus einem vorgeschäumten Polyurethangemisch durch eine Aufschäumtechnologie zur Verfügung zu stellen, um so die Nachteile der vorher angeführten Vorrichtungen zu vermeiden.

[0015] Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren für die Produktion von Polyurethanschäum durch Aufschäumen eines flüssigen Polyurethangemisches zur Verfügung zu stellen, das Kohlendioxid (CO₂) als Blähmittel enthält, um so die Verwendung von Blasenkeimbildungsgas zu vermeiden oder um eine wesentliche Reduzierung des Gehalts an Blasenkeimbildungsgas, das in das flüssige Gemisch dispergiert wird, zu erlauben und auf diese Weise die Probleme der fehlerhaften Zellenbildung zu vermeiden.

[0016] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, wie es vorher angeführt ist, welches ebenfalls eine ausreichende Steuerung des Aufschäumstschritts und der Schaumqualität erlaubt.

[0017] Eine noch andere Aufgabe der Erfindung ist, eine Vorrichtung zum Durchführen des vorher angeführten Verfahrens zur Verfügung zu stellen, die eine vereinfachte Konstruktion aufweist und die eine Steuerung der Blasenkeimbildungs- und Aufschäumsschritte erlaubt, die auf einem mikroskopischen Niveau direkt auf die Stränge des Fluids wirkt, das entlang eines länglichen und eingeschränkten Pfades oder eines Schlitzes der Druckabfallzone fließt, anders als bei der Vorrichtung des herkömmlichen Typs, bei der die Steuerung in beträchtlich größeren Dimensionen in einem Aufschäumhohlraum erfolgt, der an einem Ausgangsende der Druckabfallzone vorgesehen ist, wie es zum Beispiel in dem früheren EP-A-0 645 226 aufgezeigt ist, bei dem das Aufschäumen erfolgt, nachdem die kinetische Energie des den Schlitz verlassenden Flusses fast vollständig gedämpft ist, wie es in **Fig. 9** der beigefügten Zeichnungen dargestellt ist.

[0018] Letztendlich ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Ausgabevorrichtung für die Produktion von Polyurethanschäum zur Verfügung zu stellen, die für die kontinuierliche Herstellung von Polyurethanschäumplattenvorräten geeignet ist.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0019] Gemäß einem ersten Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren für die Produktion von Polyurethanschäumen, wie es in Anspruch 1 definiert ist, zur Verfügung, nämlich mit den Schritten:

- Mischen von wenigstens einer ersten und einer zweiten chemisch reaktiven Komponente, wie etwa einem Polyol und einem Isocyanat mit Kohlendioxid (CO₂) unter kritischer Druckbedingung, um das Kohlendioxid in dem resultierenden flüssigen Gemisch gelöst zu halten,

- allmähliches Reduzieren des Drucks in dem Gemisch, während es in laminarem Zustand entlang eines ersten Bereiches eines eingeschränkten Fließweges fließt, der einen Druckabfallschlitz aufweist, der in der Fließrichtung sich in Längsrichtung erstreckende Seitenwände hat und so dimensioniert ist, um einen Rückstau-Druck auf das Gemisch stromaufwärts zu liefern, der ausreicht, um das Kohlendioxid im gelösten Zustand zu halten,

gekennzeichnet durch den zusätzlichen Schritt:

- Bewirken von Blasenkeimbildung und Aufschäumen des Gemisches, indem lokalisierte Turbulenzen und Wirbelbildungen erzeugt werden, um gasförmiges Kohlendioxid allmählich in das flüssige Gemisch freizusetzen, durch aufeinanderfolgende abrupte Winkelablenkungen des Gemisches, während es entlang eines ver-

bleibenden Bereiches des eingeschränkten Fließweges fließt, der aus Fortsätzen der Wände des Druckabfallschlitzes besteht.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des vorher angeführten Verfahrens werden die lokalisierte Turbulenz oder die Verwirbelungszustände in dem Fluss des fließenden Gemisches dicht an dem Ausgangsende des Druckabfallschlitzes erzeugt, indem plötzliche Veränderungen in der Fließrichtung des Gemisches um geschärfte Kanten erzeugt werden, zum Beispiel durch Ausbilden eines Endbereiches des Fließweges mit einem oder mehreren aufeinanderfolgenden, unter einem Winkel zueinander angeordneten Schlitzten, zum Beispiel mit einer Z-förmigen Gestalt, oder durch Bereitstellen einer Vielzahl von feinen Zähnen an den gegenüberliegenden Seitenwänden, um eine oder mehrere wiederholte Flussablenkungen der Fluidstränge und einen Zustand von lokalisierten Mikrowirbeln oder von Wirbeln zu erzeugen, die ihrerseits eine diffundierte Blasenkeimbildung in dem flüssigen Gemisch und eine allmähliche Freisetzung des gasförmigen CO₂ in das Gemisch erzeugen, das in Richtung zu dem Ausgang des Fließweges fließt, um auf ein Substrat oder in einen darunterliegenden Bereich transportiert zu werden.

[0021] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung, wird eine Vorrichtung, wie sie in Anspruch 11 definiert ist, für die Abgabe von aufgeschäumtem Polyurethanmaterial bei der Produktion von Polyurethanschäumen zur Verfügung gestellt, wobei die Vorrichtung aufweist:

eine Verteilungskammer (**15, 22**) für CO₂ enthaltendes Polyurethanschaumgemisch, die sich in eine Druckabfallzone öffnet, die einen eingeschränkten Fließweg (**16, 24**) hat, der sich in Fließrichtung erstreckt, wobei der Fließweg einen ersten Fließbereich aufweist, der mit einem Druckabfallschlitz (**16A, 24A**) versehen ist, wobei der Druckabfallschlitz Seitenwände hat, die den Druck in dem fließenden Gemisch allmählich reduzieren, dadurch gekennzeichnet, dass der eingeschränkte Fließweg (**16**) einen zweiten Fließbereich (**16B, 16D, 16E, 24B**) aufweist, der eine Ausgangsseite hat und aus einer Fortsetzung der Seitenwände des Druckabfallschlitzes (**16**) besteht, wobei der zweite Fließbereich dazu angepasst ist, Blasenkeimbildung und allmähliche Freisetzung von CO₂ durch aufeinanderfolgende Winkelablenkungen in dem fließenden Gemisch stromaufwärts der Ausgangsseite zu bewirken.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der vorher angeführten Vorrichtung hat die Schaumabgabevorrichtung die Form einer kreisförmigen Vorrichtung oder eines länglichen Stabes, welcher sich zum Beispiel in einer Querrichtung zu dem fließenden Gemisch oder zu einem sich bewegenden Substrat erstreckt, auf welches das Polyurethanschaummaterial transportiert ist, erstreckt, zum Beispiel bei der kontinuierlichen Produktion von Polyurethanschaumplattenvorräten oder sie kann für eine andere Anwendung andere Formen annehmen.

[0023] Die Schaumabgabevorrichtung weist vorzugsweise auf eine Strömungsverteilungskammer, der ein flüssiges Polyurethangemisch zugeführt ist, das unter Druck stehendes CO₂ enthält, eine Druckabfallzone in Form eines schmalen und länglichen Schlitzes, der sich in Fließrichtung des Gemisches erstreckt und der einen ersten axial verlängerten Bereich für die Druckreduzierung und einen kurzen Zwischen-Aufschäumbereich für die Erzeugung von lokalisierten Wirbeln direkt in dem Fluss des Gemisches dicht an dem Ausgang des Druckabfallschlitzes.

[0024] Weitere bevorzugte Ausführungen des Verfahrens und der Vorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0025] Diese und weitere Merkmale der Erfindung und einige ihrer Ausführungen werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ausführlicher beschrieben, wobei die Zeichnungen zeigen in [0026] **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht eines Teils eines Systems für die kontinuierliche Produktion von Polyurethanschäumen und ausgestaltet, um das Verfahren und eine Ausführung der Vorrichtung gemäß der Erfindung darzustellen;

[0027] **Fig. 2** eine vergrößerte Querschnittsansicht der Vorrichtung von **Fig. 1**;

[0028] **Fig. 3** eine stark vergrößerte Einzelheit des Ausgangsbereiches der Vorrichtung von **Fig. 2**;

[0029] **Fig. 4** eine vergrößerte Einzelheit des Ausgangsbereiches für eine zweite Ausführung der Vorrichtung von **Fig. 1**;

[0030] **Fig. 5** eine vergrößerte Einzelheit des Ausgangsbereiches für eine dritte Ausführung;

[0031] **Fig. 6** eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführung der Schaumabgabevorrichtung gemäß der Erfindung;

[0032] **Fig. 7** eine vergrößerte Querschnittsansicht, geschnitten entlang der Linie 7-7 von **Fig. 6** für eine erste Ausführung der Vorrichtung von **Fig. 6**;

[0033] **Fig. 8** eine Querschnittsansicht ähnlich der von **Fig. 7** für eine zweite Ausführung der Vorrichtung von **Fig. 6**;

[0034] **Fig. 9** eine simuliertes Strömungsschaubild für eine Schaumabgabevorrichtung von bekanntem Typ;

[0035] **Fig. 10** eine schematische Ansicht einer geprüften Ausführung, ähnlich der von **Fig. 4**;

[0036] **Fig. 11** eine vergrößerte Einzelheit von **Fig. 10**;

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0037] Die Erfindung wird nun ausführlicher unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen einige bevorzugte Ausführungen dargestellt sind.

[0038] Wie vorher angeführt, sind das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung für die Produktion von sowohl flexiblen als auch starren Schäumen mit offenem oder geschlossenem Zellentyp nützlich, insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, bei der kontinuierlichen Produktion von Schaumplattenvorräten.

[0039] Ein Polyurethanschaum wird normalerweise produziert, indem verschiedene chemisch reaktive flüssige Komponenten in einer an sich bekannten Art und Weise zu einer Reaktion gebracht werden, wie zum Beispiel Polyol, ein organisches Isocyanat und Wasser mit einem Emulgator, einem nicht-löslichen Blasenkeimbildungsgas, zum Beispiel Luft oder Stickstoff, einem Katalysator und einem Blähmittel, wobei die starre oder flexible Art des Schaums allgemein von dem Herstellungsrezept des Gemisches abhängt. Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung bedeuten die flüssigen Polyurethankomponenten jedes Polyol, jedes Isocyanat (TDI-MDI) oder seine Derivate, wobei allgemein Standardrezepte verwendet werden oder spezielle Rezepte für die Produktion von starren oder flexiblen Polyurethanschäumen.

[0040] Die vorliegende Erfindung geht bei von der bei mehreren experimentellen Tests gemachten Beobachtung aus, dass es, anders als bei den allgemein bekannten herkömmlichen Verfahren, möglich ist, den Gehalt an in dem Gemisch dispergierten Blasenkeimbildungsgas beträchtlich zu reduzieren und daher das Entstehen von Zellenbildungsfehlern zu verringern, wobei gleichzeitig ein gesteuertes Aufschäumen des Polyurethangemisches erhalten wird, indem direkt auf die Fließbedingungen des Gemisches vor der Ausgabe eingewirkt wird. Insbesondere ist ermittelt worden, dass die Fließbedingungen vorteilhaft modifiziert werden können, während das flüssige Gemisch entlang einem eingeschränkten Fließweg fließt, der einen eingeschränkten Schlitz darstellt, der sich in Längsrichtung in der Fließrichtung erstreckt und einen Druckabfallschlitz darstellt, in welchem das Fluid sich in einem im Wesentlichen laminaren Zustand bewegt, wobei der größte Teil des Druckes in dem Polyurethangemisch im Wesentlichen ohne jede Freisetzung von CO₂-Gas reduziert wird, und der sich in einen Aufschäumsschlitz oder verbleibenden Bereich des eingeschränkten Fließweges erstreckt, um eine lokalisierte Turbulenz oder Wirbelzustände zu erzeugen, die eine extrem verringerte Länge im Vergleich zu dem Druckabfallschlitz aufweist oder nahe dem Ausgang des Gemisches etwas größer ist, und in dem eine diffundierte Blasenkeimbildung durch eine mechanische oder hydraulische Wirkung erfolgt sowie eine allmähliche Freisetzung des CO₂ in Gasform, um das Voraufschäumen zu beginnen oder um gesteuerte Aufschäumbedingungen direkt in dem Fluss des Polyurethangemisches zu erzeugen, während es entlang dem abschließenden Bereich des Fließweges fließt.

[0041] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1 bis 4** werden nun das Verfahren und eine erste bevorzugte Ausführung der Schaumabgabevorrichtung gemäß der Erfindung ausführlicher beschrieben.

[0042] In **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht der Grundelemente einer Vorrichtung für die kontinuierliche Produktion von Polyurethanschaumplattenvorräten in einer Art und Weise gezeigt, die an sich bekannt ist, zum Beispiel wie sie in dem vorher angeführten EP-A 0 645 226, eingereicht am 11. Juli 1994 auf den Namen der holländischen Firma FOAMING TECHNOLOGIES CARDIO BV, beschrieben ist, die einen integrierten Bestandteil der vorliegenden Beschreibung bildet.

[0043] Die Bezugszahl **10** bezeichnet eine Abgabevorrichtung für das Zuführen eines aufgeschäumten Polyurethangemisches in der Form eines geradlinigen Stabes, der sich quer teilweise oder über die gesamte Breite eines mobilen Substrats **11** erstreckt, auf dem das aufgeschäumte Polyurethangemisch **12** kontinuierlich abgelagert wird, und dazu veranlasst wird, sich mit einer voreingestellten Geschwindigkeit entlang einer Aushärtzone vorwärts zu bewegen, um kontinuierlich Plattenvorräte von aufgeschäumtem Schaum zu bilden.

[0044] Die Schaumabgabevorrichtung **10** ist durch eine Leitung **13** mit einer Mischvorrichtung **14**, zum Beispiel vom Niederdrucktyp, verbunden, in welcher die zu vermischenden Polyurethankomponenten A und B mit den verschiedenen Additiven und mit einem voreingestellten Prozentsatz von Kohlendioxid, das vorher in einer der beiden Komponenten gelöst ist, oder direkt dieser Mischvorrichtung zugeführt wird, zusammengeführt werden.

[0045] Wegen der ausgeprägten Fähigkeit des Kohlendioxids (CO₂), in einer Flüssigkeit mit den chemischen Komponenten oder mit dem Polyurethangemisch eine Lösung einzugehen, ist der Gehalt an gelöstem CO₂ als ein Prozentsatz des Gesamtgemisches im allgemeinen variabel kompatibel mit dem geforderten Expansionsgrad des Polyurethanschaums und mit den geforderten Dichteigenschaften für den Schaum.

[0046] Allgemein kann die Menge von CO₂ zwischen 1% und 10% oder mehr des Gesamtgemisches betragen, wobei sein Lösen durch Einblasen direkt in den Fluss einer der Polyurethankomponenten, wie es zum Beispiel durch C für die Komponente A gekennzeichnet ist, und sein Vormischen in einer statischen Mischvor-

richtung vor dem definitiven Mischen mit den anderen Komponenten in der Mischvorrichtung **14** erreicht werden kann.

[0047] Um das in dem Polyurethangemisch gelöste CO_2 ohne Bildung von Gas zu halten, ist es während des Mischens erforderlich, bei einem Druck zu arbeiten, der in Abhängigkeit von der CO_2 -Menge in der Mischung gleich oder höher als der kritische Druck ist, zum Beispiel bei einem Druck zwischen etwa 5 und 20 bar gemäß dem Prozentsatz des gelösten CO_2 .

[0048] Gleichermaßen kann die Menge des Wassers, das als zusätzliches Blähmittel für die Erzeugung des chemischen Kohlendioxids, das für die abschließende Expansion des Schaums erforderlich ist, zwischen 0% und 5% im Vergleich zu dem Gewicht der reaktiven Mischung sein oder sie kann entsprechend den Forderungen der Anwendung größer sein.

[0049] Gleichermaßen kann gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung die Menge des Blasenkeimbildungsgases in dem reaktiven, flüssigen Gemisch oder in einer der Komponenten vergleichsweise niedrig gehalten sein, zum Beispiel 1/10 oder 1/5 weniger, als das Blasenkeimbildungsgas, das normalerweise bei herkömmlichen Verfahren verwendet wird und als Höchstwert bei Null. Auf diese Weise werden die Gefahren und die Nachteile reduziert, die mit möglichen Fehlern der Zellenbildung in dem Schaum im Zusammenhang stehen.

[0050] Eine bevorzugte Ausführung der Abgabevorrichtung **10** und ihre Betriebsweise gemäß der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bis **4** beschrieben.

[0051] Wie in dem vergrößerten Schnitt von **Fig. 2** dargestellt ist, weist die Abgabevorrichtung **10** im Wesentlichen zwei Seite an Seite angeordnete Stäbe **10A** und **10B** auf, von denen jeder eine breite Längsausparung hat, um zusammen eine rohrförmige Kammer **15** zu bilden, die mit der Leitung **13** (**Fig. 1**) zum Zuführen des flüssigen Polyurethangemisches aus der Mischvorrichtung **14** verbunden ist.

[0052] Die rohrförmige Kammer **15** erlaubt einen Druckausgleich und eine Verteilung des flüssigen Gemisches, das einem eingeschränkten Fließweg **16** zugeführt wird, der einen Druckabfallschlitz bildet, der durch strikt geschlossene Seitenwände definiert wird, die über die gesamte Länge der Kammer **15** verlaufen und sich in Bewegungsrichtung des entlang dem Fließweg **16** fließenden Gemisches fortsetzen.

[0053] Wie in **Fig. 2** und in der vergrößerten Einzelheit von **Fig. 3** dargestellt ist, ist der Fließweg **16** nahe dem Ausgang **16'** für die Mischung mit einem Z-förmigen Bereich versehen, um so zu bewirken, dass lokalisierte Turbulenzbedingungen durch eine oder mehrere abrupte Flussablenkungen des Gemisches entstehen, während es sich entlang dem Schlitz **16** bewegt, wie es noch ausführlicher erläutert wird.

[0054] Wie in **Fig. 2** und **3** dargestellt ist, weist der Fließweg **16** einen ersten geradlinigen Abschnitt auf, der mit einem vergleichsweise langen Schlitz **16A** versehen ist, welcher durch ebene Wände definiert ist und in dem laminare Fließbedingungen herrschen, um so eine allmähliche Reduzierung des Drucks in dem Gemisch gleich oder größer als 90% des in der Kammer **15** vorhandenen Drucks zu bewirken. In vielen Fällen kann der Druckabfall entlang dem Schlitzabschnitt **16A** dicht bei der gesamten Druckdifferenz zwischen der Kammer **15** und dem offenen Ende des Ausgangs **16'** des Fließweges **16** liegen oder nur wenige Prozente als die gesamte Druckdifferenz geringer sein.

[0055] Lediglich als Hinweis dienend, kann bei der Produktion von flexiblen Polyurethanschäumen der Schlitz **16A** eine Höhe S zwischen 0,1 und 0,8 mm aufweisen, vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,6 mm, während die Gesamtlänge L_1 zwischen etwa 1 und 30 mm für Durchsatzmengen Q von normalerweise zwischen 50 und 500 Liter/Minute und bei einer Viskosität η zwischen 100 und 1000 Centipoise betragen kann. Vorzugsweise im Fall des vorher angeführten Beispiels kann L_1 entsprechend dem in der Kammer **15** oder innerhalb der Mischvorrichtung **14** zu erzeugenden Druck und gemäß dem Ausstoß oder dem Durchsatz und der Viskosität des flüssigen Polyurethangemisches zwischen 15 und 25 mm sein, selbst wenn Werte größer oder kleiner als die vorher angeführten nicht auszuschließen sind.

[0056] Der Endabschnitt **16'** des Fließweges **16**, der aus einem Fortsatz des Schlitzes **16A** besteht, ist in einer solchen Weise ausgeführt, dass die Erzeugung von Turbulenz- oder Verwirbelungsbedingungen bewirkt wird, die für das Auslösen einer intensiven Blasenkeimbildung und eines Voraufschäumungs- oder Aufschäumsschrittes durch allmähliche Freisetzung von CO_2 in Gasform in das Polyurethangemisch, während es entlang dem Endabschnitt **16'** fließt, wie es in der vergrößerten Einzelheit von **Fig. 3** dargestellt ist, geeignet sind.

[0057] Wie aus dieser Figur ersichtlich ist, setzt sich das untere Ende des ersten geradlinigen Abschnitts oder des Schlitzes **16A**, in dem das Gemisch laminar fließt, in einem zweiten Abschnitt **16B** fort, der auch als Zwischenabschnitt bezeichnet wird und eine äußerst begrenzte Länge hat. Der Zwischenabschnitt **16B** ist unter einem Winkel von 90° in Bezug zu dem Schlitz **16A** positioniert, um so abrupte Flussablenkungen und, sich daraus ergebend, eine erste lokalisierte Verwirbelung oder Wirbel in dem Gemischfluss zu erzeugen, gefolgt von einem dritten Abschnitt **16C** für den Austritt des Gemisches, der zum Beispiel parallel zu dem Schlitz **16A** angeordnet ist, um so, zusammen mit dem Zwischenabschnitt **16B** eine zweite abrupte Veränderung in dem Gemischfluss und eine zweite Erzeugung einer lokalisierten Turbulenz oder von Verwirbelungsbedingungen dicht bei den vorherigen zu bewirken.

[0058] In dem dargestellten Fall definieren die drei Abschnitte **16A**, **16B** und **16C** des Weges **16** einen Z-förmigen Fließweg, in welchem die benachbarten Abschnitte des Schlitzes zueinander einen Winkel von 90° bilden. Der Winkel kann jedoch größer oder kleiner als 90° sein und in einem Bereich zwischen 70° und 120° liegen, wobei der Zwischenbereich **16B** zu dem Endbereich **16C** in einer entgegengesetzten Richtung in Bezug auf den Fluss des Gemisches in dem Schlitz **16A** geneigt ist.

[0059] Wie vorher angeführt, kann die Höhe "S" des Schlitzes in dem Bereich **16A** zwischen 0,1 und 0,8 mm betragen, vorzugsweise zwischen 0,3 und 0,6 mm und kann in den verbleibenden Abschnitten **16B** und **16C** größer sein. Aus Testen wurde ermittelt, dass es durch Verändern der Höhe S und der Länge der Abschnitte **16A**, **16B** und **16C** des Schlitzes und allgemeiner ausgedrückt durch ihre gegenseitige Anordnung und Ausgestaltung, möglich ist, einen positiven Einfluss auf den Fließzustand des Gemisches und auf die Veränderung der Eigenschaften des vorgeschäumten Polyurethangemisches am Ausgang der Abgabevorrichtung, insbesondere auf den Grad der Blasenkeimbildung und auf das Aufschäumen des Gemisches sowie auf die Eigenschaften des fertig aufgeschäumten Materials auszuüben.

[0060] Als eine allgemeine Regel für das Beispiel gemäß **Fig. 2** und **3** gilt, dass die drei Abschnitte **16A**, **16B** und **16C** des Fließweges **16** die gleiche Höhe aufweisen können. Es wird jedoch bevorzugt, dass die Abschnitte **16B** und **16C**, in welchen die Blasenkeimbildungs- und die Aufschäumsschritte des Gemisches stattfinden, die das Volumen des flüssigen Gemisches beträchtlich erhöhen, zunehmende Abmessungen des Fließweges aufweisen.

[0061] Lediglich als ein Beispiel angeführt, wurden, wenn man mit S1, S2 und S3 die Höhe des Weges **16** in den Abschnitten **16A**, **16B** bzw. **16C** bezeichnet und mit L1 die Gesamtlänge des Weges **16**, mit L2 den Raum zwischen den Längsachsen der Schlitzabschnitte **16A** und **16C** von **Fig. 3** bezeichnet, d.h. den minimalen Raum zwischen den beiden Flussablenkungen und wenn man mit Q den Durchsatz und mit η die Viskosität des Gemisches bei fluidodynamischen Bedingungen bezeichnet, ausreichende Ergebnisse erzielt, wenn diese Parameter in den folgenden Bereichen liegen:

	Flexibler Schaum	Starrer Schaum
S1	0,1 - 0,8 mm	0,1 - 0,5 mm
S2	0,2 - 1 mm	0,1 - 1 mm
S3	0,3 - 2 mm	0,2 - 1,5 mm
L1	1 - 30 mm	1 - 30 mm
L2	0,3 - 1,6 mm	0,3 - 1,60 mm
Q	50 - 500 l/min.	10 - 50 l/min.
η	100 - 1000 cps	200 - 2000 cps

[0062] Allgemein ist es ratsam, dass der Raum zwischen zwei aufeinander folgenden Flussablenkungen und zwei aufeinander folgenden Erzeugungspunkten von lokalisierter Turbulenz so bemessen ist, dass verhindert wird, dass der Fluss in einen laminaren Zustand oder zu einem im Wesentlichen laminaren Zustand zurückkehrt.

[0063] Die allgemeinen Prinzipien des Verfahrens gemäß der Erfindung und der Betrieb der dargestellten Schaumabgabevorrichtung werden nun ausführlicher unter Bezug auf **Fig. 2** und **3** beschrieben.

[0064] Die chemisch reaktiven Polyurethankomponenten, wie zum Beispiel ein Polyol A und ein Isocyanat B, wobei in einer dieser Komponenten ein bestimmter Prozentsatz von Kohlendioxid gelöst ist, werden in der Mischvorrichtung **14** zusammen mit Hilfskomponenten bei einem Druck in der Mischvorrichtung **14** gemischt, der ausreichend ist, um das in dem flüssigen Gemisch gelöste CO₂ zu halten. Das sich ergebende Gemisch wird dann der Verteilungskammer **15** zugeführt, um entlang der gesamten Breite der Abgabevorrichtung **10** und auf das darunterliegende Substrat **11** in Form eines Aufschäummaterials verteilt zu werden.

[0065] Spezifischer ausgedrückt fließt das Polyurethangemisch, das der Verteilungskammer **15** bei einem kritischen Druck gleich oder höher als der Gleichgewichtsdruck des in dem flüssigen Gemisch gelösten CO₂ bei einer Betriebstemperatur zwischen 18 und 30°C zugeführt ist, entlang dem ersten Abschnitt des Fließweges **16**, der durch einen Schlitz **16A** bereitgestellt wird, wobei eine allmähliche Reduzierung des Drucks erfolgt, wobei ein Fluss des Gemisches in einem im Wesentlichen laminaren Zustand gehalten wird.

[0066] In dem Schlitz **16A** erfolgt daher weder eine Blasenkeimbildung noch ein Entmischen des CO₂, weil der vorhandene Druck noch hoch genug ist, um die Entwicklung von Gasblasen in dem Gemisch zu verhindern, die zu der Austrittsseite des Fließweges **16** strömen.

[0067] Jedoch beginnt nahe dem Ende des geradlinigen Schlitzabschnitts **16A**, wo das flüssige Gemisch berechnet für die Flüssigkeit eine relativ geringe Geschwindigkeit zwischen 3 und 10 m/s aufweist, d.h. wenn der größte Teil des Drucks in dem Gemisch etwa um 90-95% des Druckes, der in der Verteilungskammer **15** vorhanden ist, reduziert ist, wegen der größeren relativen Scherkraft zwischen den Fluidsträngen nahe den Wänden des Schlitzes im Vergleich zu dem mittleren Teil, wo die Scherkraft zwischen den Fluidsträngen beträchtlich geringer ist, eine erste Mikroblasenerzeugung des gasförmigen CO₂ entlang den Wänden des Schlitzes, die ermöglicht, dass in den nachfolgenden Abschnitten **16B** und **16C** des Fließweges ein intensiver Blasenkeimbildungseffekt und ein Aufschäumen des Polyurethangemisches erzeugt werden.

[0068] Beginnend mit diesem Schritt, in welchem der Effekt eines differenzierten Entmischens des Gases in dem Zwischenabschnitt des Schlitzes auftritt, wird eine scharfe oder abrupte Veränderung der Fließrichtung von dem Schlitz **16A** zu dem Zwischenabschnitt **16B** bewirkt, gefolgt von einer zweiten scharfen und abrupten Veränderung der Fließrichtung von dem Zwischenabschnitt **16B** und dem Endabschnitt **16C**.

[0069] Diese plötzlichen Veränderungen in der Fließrichtung erzeugen eine hochlokalisierte Turbulenz oder Verwirbelung, welche das Entmischen des CO₂-Gases in dem gesamten Fluss des Gemisches verstärkt, weil der Druck jetzt ausreichend niedrig ist, um die Entwicklung von Gasblasen zu erlauben.

[0070] Gemäß der Erfindung erzeugt somit der erste Abschnitt des Weges **16**, der durch den Schlitz **16A** vorgesehen ist, den Druckabfall, der erforderlich ist, um den Übergang von der unter Druck stehenden Zone der Kammer **15** zu den Endabschnitten **16B**, **16C** des Weges **16** zu erlauben, um die Löslichkeitsbedingungen des CO₂ stromaufwärts der Abgabevorrichtung zu stabilisieren und die laminaren Strömungsbedingungen aufrechtzuerhalten. Nachfolgend erfolgt entlang den Endabschnitten **16B**, **16C** des Weges eine intensive Freisetzung von Mikroblasen des CO₂ sowohl entlang den peripheren Wänden als auch in dem gesamten Fluss des Gemisches infolge der lokalisierten Turbulenz oder der Verwirbelungsbedingungen, die durch die plötzlichen Veränderungen in der Fließrichtung sowie durch die erhöhte Geschwindigkeit des Gemisches selbst, während es aufschäumt und zu dem Ausgang hin fließt, erzeugt werden.

[0071] In der Praxis tritt in dem Zwischenabschnitt **16B** des Weges **16** ein intensiver Blasenkeimbildungseffekt mit Bildung von Mikroblasen des CO₂ in dem gesamten Fluss des Gemisches und ein anfänglicher Vor-aufschäumungs- oder Aufschäumungseffekt auf, der sich in dem Endabschnitt **16C**, dem Ausgang des Weges **16**, verstärkt.

[0072] Es wurde eine Analyse der Druckverluste in dem Schlitz, entlang dem Fließweg durchgeführt, wobei die spezifische kinetische Energie E_c in dem Gemisch in jedem Schlitzabschnitt, in welchem die Veränderung der Fließrichtung erfolgt, berechnet wurde.

[0073] Die spezifische kinetische Energie der Flüssigkeit an dem Punkt des Weges, an dem eine Richtungsänderung erfolgt, wird nach der folgenden Formel erhalten:

$$1) \quad E_c = \int_0^{h_0} \frac{1}{2} \eta \frac{V(h)^2}{h_0} dh$$

[0074] Darin ist:

h_0 – maximale Höhe des Fließweges

η – Viskosität; und

$V(h)$ – Geschwindigkeit des Fluids in den entsprechenden Abschnitten des Fließweges.

[0075] Wenn mit $k = 0,3$ der Verlustkoeffizient in Richtung von 90° bezeichnet wird, wird der Druckverlust und somit die Energie, welche der Mischung bei jeder Richtungsänderung zugeführt wird, aus der folgenden Formel erhalten:

$$2) \quad \Delta p = k E_c$$

[0076] Durch mehrere Versuche, die unter Veränderung der Abmessungen der Abschnitte **16A**, **16B** und **16C** des Fließweges **16** innerhalb der vorher angeführten Werte durchgeführt wurden, wurde ermittelt, dass ein gutes Aufschäumen erreicht wird, wenn der Energieverlust oder der Druckabfall in dem Endabschnitt des Weges **16** bei jeder Richtungsänderung etwa zwischen 0,02 und 1 bar, vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,5 bar beträgt, wobei der abschließende Aufschäumeffekt auch von dem Raum zwischen den aufeinanderfolgenden Richtungsänderungen abhängt.

[0077] Da jede Richtungsänderung eine lokalisierte Turbulenz oder einen Verwirbelungszustand erzeugt, was bewirken würde, das Entmischen des CO₂-Gases schnell zu dämpfen, wenn es nicht wirksam gehalten wird, und das Entmischen zu verhindern oder im Wesentlichen zu reduzieren, ist zu erkennen, dass gute Blasenkeimbildungsbedingungen und ein Vorschäumen des Gemisches erhalten werden, wenn die Strecke zwischen aufeinanderfolgenden Richtungsänderungen zwischen h_0 und $3h_0$ beträgt.

[0078] Die aus den Versuchen ermittelten experimentellen Daten haben diese Hypothese bestätigt.

[0079] Unterhalb und oberhalb von den vorher angeführten Werten wird der Druckabfall an den Flussablenkungen des Gemisches, der das Vorschäumen oder Aufschäumen bewirkt, nicht als gut eingeschätzt, weil zu

wenig bzw. zu viel kinetische Energie zugeliefert wird.

[0080] **Fig. 4** der Zeichnungen zeigt eine zweite Ausführung für den Endabschnitt des Strömungsweges **16** gemäß der vorliegenden Erfindung, der dazu ausgestaltet ist, mehrere Richtungsänderungen des Flusses und eine allmähliche Erzeugung von lokalisierter Turbulenz oder von Wirbeln zu bewirken.

[0081] In Fall von **Fig. 4** ist ein Endabschnitt **16D** des Fließweges **16** mit einem Satz von feinen Zähnen **17** und **18** an den gegenüberliegenden Seitenwänden versehen, zum Beispiel mit Zähnen in Dreieckform, die sich über die gesamte Länge des Stabes **10** erstrecken.

[0082] Im Fall von **Fig. 4** sind diese Sätze von Zähnen **17** und **18** einander gegenüberliegend und erzeugen einen Weg, der durch eine Aufeinanderfolge von divergierenden und konvergierenden Abschnitten gebildet wird, die dazu ausgestaltet sind, kontinuierliche Ablenkungen des Flusses an beiden Seiten mit lokalisierten Erzeugungen von Mikroturbulenz oder Mikrowirbeln zu bewirken.

[0083] Die Anzahl der Zähne **17**, **18** oder der divergierenden/konvergierenden Abschnitte entlang dem verzahnten Abschnitt **16D** des Weges **16** kann von Fall zu Fall variieren. Gute Ergebnisse wurden unter Verwendung einer Anzahl von Zähnen oder divergierenden/konvergierenden Abschnitten zwischen 1 und 5 erzielt.

[0084] **Fig. 5** der Zeichnungen zeigt eine im Vergleich zu der Ausführung von **Fig. 4** alternative Ausführung hinsichtlich der Anordnung der Zähne **17**, **18** an den beiden Wänden des Endabschnitts des Weges **16**.

[0085] Während im Fall von **Fig. 4** die beiden Sätze von Zähnen sich einander gegenüberliegen, ist im Fall von **Fig. 5** der Satz von Zähnen einer Wand des Schlitzes in Bezug auf den Satz von Zähnen an der gegenüberliegenden Wand versetzt, zum Beispiel um die Hälfte eines Abstandes zwischen den Zähnen, um so einen serpentinenförmigen Weg **16E** zu bilden, der sich in der allgemeinen Richtung des Schlitzabschnitts **16A** erstreckt, um so wiederholte Veränderungen der Fließrichtungen und eine allmähliche Zerstreuung der Energie, bewirkt durch eine Folge einer lokalisierten Mikroturbulenz zur Verfügung zu stellen.

[0086] Sowohl in **Fig. 4** als auch in **Fig. 5** weisen die Sätze von Zähnen **17** und **18** einen dreieckigen Querschnitt mit einem Scheitelwinkel auf, der zwischen 60° und 120° betragen kann, vorzugsweise zwischen 60° und 105° . Weiterhin muss der Abstand zwischen den Zahnsätzen besonders klein sein und in einer Größenordnung liegen, die mit dem minimalen Raum, der zwischen den gegenüberliegenden Zähnen vorhanden ist, vergleichbar ist, zum Beispiel gleich oder äquivalent dem 1- bis 4-fachen der minimalen Höhe des Schlitzes selbst oder des Fließweges.

[0087] **Fig. 6** zeigt schematisch eine weitere Ausführung, die besonders für kreisförmige Schaumabgabevorrichtungen geeignet ist. In dieser Figur bezeichnet die Bezugszahl **20** den Hohlkörper der Abgabevorrichtung, der einen Einlass **21** für das flüssige Polyurethangemisch aufweist, der in eine kegelförmige Verteilungskammer **22** führt, die sich in Richtung auf einen kreisförmigen Fließweg **24** zwischen dem Außenkörper **20** und einem Innernkern-Element **23** erweitert.

[0088] Wie vorher angeführt, ist zwischen dem zylinderförmigen Kernelement **23** und der inneren Oberfläche des Körpers **20** ein kreisförmiger Weg **24** gebildet, zum Beispiel des Typs, der in **Fig. 7** dargestellt ist, der einen ersten zylindrischen Schlitz **24A**, der sich in Fließrichtung des Gemisches erstreckt und coaxial zu der Vorrichtung angeordnet ist, einen ringförmigen Abschnitt **24B**, der in einer Ebene 90° zu der des vorhergehenden Abschnitts angeordnet ist und einen dritten Abschnitt **24C** unter 90° zu dem vorhergehenden Abschnitt umfasst, und der sich zu dem Hohlraum eines Diffusors hin öffnet.

[0089] Im Fall von **Fig. 6** sowie für den Fall von **Fig. 7** kann der Schlitz **24A** glatte Seitenwände aufweisen, wie es in **Fig. 7** dargestellt ist. Dagegen kann der erste Schlitzabschnitt, in dem laminare Strömungsbedingungen herrschen, aus einer Vielzahl von Löchern und/oder Längsnuten **24A'** gebildet sein, wie es in **Fig. 8** dargestellt ist, und sich wiederum in Fließrichtung erstrecken und eine Länge und einen Durchmesser in den Größenordnung der vorher angeführten Werte aufweisen.

[0090] Im Fall von **Fig. 6** ist es als eine Alternative zu der Z-Form in dem Endabschnitt des Weges **16** möglich, ein gezahntes Profil gemäß dem von **Fig. 4** oder **5** oder eine andere geeignete Form für das Erzeugen von lokalisierter Turbulenz oder von Verwirbelungszuständen durch plötzliche Veränderungen der Fließrichtung des Polyurethangemisches verwenden, um eine Blasenkeimbildung und ein Aufschäumen durch das Freisetzen von gasförmigem CO_2 in dem Gemisch, das in den Endabschnitt des Strömungsweges **16** fließt, zu erzeugen.

[0091] **Fig. 9** der Zeichnungen zeigt vergleichend die Verteilung des Flusses eines Polyurethangemisches, das sich entlang einem engen Schlitz **26** bewegt, der eine Höhe S_1 von 0,25 mm aufweist, und der in einen Hohlraum **27** mit einer Vorderwand **28** in einem Abstand von 3 mm von dem Ausgang **26** führt, d.h. einem Abstand, der das Zwölfwache der Höhe S_1 des Schlitzes **26** aufweist.

[0092] Die Darstellung von **Fig. 9** wurde durch Computersimulation unter Verwendung des Simulationsprogramms Fluent 4.42 der FLUENT INC. erhalten. **Fig. 9** zeigt sehr deutlich, wie die kinetische Energie des Flusses, welche den Schlitz **26** verlässt, auf einer sehr kurzen Strecke in der Größenordnung von 1 mm, d.h. in einer Größenordnung gleich dem 3- oder 4-fachen der Höhe des Schlitzes oder weniger, von der Vorderwand **28** entfernt, aufgebraucht wird. Diese Simulation bestätigt, dass lokalisierte Veränderungen der Fließrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise auftreten müssen, wenn der Fluss einen ausreichend hohen

Turbulenzgrad aufweist.

[0093] Schließlich zeigen **Fig. 10** und **11** eine weitere Ausführung und das Ergebnis wurde wiederum durch numerische Computersimulation mit dem Programm Fluent 5.3 erhalten, um das Verhalten von in einem Polyurethangemisch gelöstem CO₂ und das Ablösen der Fluidstränge von der inneren Wand eines divergierenden Diffusors bei Veränderung der Winkelweite zu untersuchen.

[0094] Präziser ausgedrückt, zeigt **Fig. 10** eine besondere Form des Fließweges **16** und des divergierenden Diffusors **29**. In **Fig. 10** und **11** werden die gleichen Bezugszahlen verwendet, wie in **Fig. 4**, um gleiche oder äquivalente Teile zu kennzeichnen.

[0095] Wie in **Fig. 10** gezeigt ist, weist die Vorrichtung einen Schlitz **16A** mit einer Höhe S1 von 0,3 mm und einer Länge L3 von 20 mm, einen gezahnten Zwischenabschnitt **16D** und einen Endabschnitt **16E** auf, der sich in einen Diffusor **29** öffnet, der eine Winkelweite α zwischen 12° und 30° und eine Länge L4 von 10 mm aufweist. Die Zähne haben Höhen von 1,2 mm und einen Abstand von 1,5 mm. Das getestete Fluid war ein Polyurethangemisch, bestehend aus einem Polyol, einem Isocyanat und CO₂, gelöst mit 4,7% in Bezug auf die Gesamtmasse.

[0096] Das Polyol-Isocyanat-Gemisch hatte eine Dichte von 1050 kg/m³ und eine Viskosität von 0,05 Ns/m², während das CO₂ eine Dichte von 1,78 kg/m³ und eine Viskosität von $1,37 \times 10^{-5}$ Ns/m². Der Ausstoß betrug 235 l/min und die Durchschnittsgeschwindigkeit des Gemisches in dem Schlitz 6,50 m/s.

[0097] Entlang dem gezahnten Abschnitt **16D**, wie er in **Fig. 11** dargestellt ist, wurden ein Entgasungsgrad und eine CO₂-Konzentration in der Wirbelzone **30A**, **30B** und **31A**, **31B** festgestellt, die von der Reynold'schen Zahl abhängt. Gleichzeitig wurde bei Verändern der Winkelweite des Diffusors **29** zwischen 12° und 30° ermittelt, dass die Ablösung der Fluidstränge bei Winkel von 18 bis 22° oder darüber auftrat.

[0098] Die Computersimulation bestätigte die gute Blasenkeimbildungswirkung des gezahnten Abschnitts des Druckabfallschlitzes **16** und das Freisetzen von CO₂ für das Auslösen des Aufschäumens des Polyurethangemisches. Die Computersimulation bestätigte auch die guten Ergebnisse bei einer kleinen Winkelweite des Diffusors **29**.

[0099] Aus den vorhergehenden Ausführungen wird deutlich, dass ein Verfahren und eine Schaumabgabevorrichtung für ein Polyurethangemisch, das durch unter Druck stellendes CO₂ vorgeschäumt oder aufgeschäumt ist, insbesondere für die Produktion von fertig aufgeschäumten Polyurethanschäumen sowohl des flexiblen als auch des starren Typs, zum Beispiel mit einer Vorrichtung oder mit Systemen des kontinuierlichen Typs, zur Verfügung gestellt wird. Trotzdem können andere mögliche Anwendungen des Verfahrens und der Vorrichtung ausgeführt werden, ohne vom Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren für die Produktion von Polyurethanschäumen, mit den Schritten:

- Mischen von wenigstens einer ersten und einer zweiten chemisch reaktiven Komponente (A, B), wie etwa einem Polyol und einem Isocyanat mit Kohlendioxid (CO₂) unter kritischer Druckbedingung, um das Kohlendioxid in dem resultierenden flüssigen Gemisch gelöst zu halten,
- allmähliches Reduzieren des Drucks in dem Gemisch, während es in laminarem Zustand entlang eines ersten Bereiches eines eingeschränkten Fließweges (**16**; **24**) fließt, der einem Druckabfallschlitz (**16A**; **24A**) aufweist, der in der Fließrichtung sich in Längsrichtung erstreckende Seitenwände hat und so dimensioniert ist, um einen Rückstaudruck auf das Gemisch stromaufwärts zu liefern, der ausreicht, um das Kohlendioxid im gelösten Zustand zu halten,

gekennzeichnet durch den zusätzlichen Schritt:

- Bewirken von Blasenkeimbildung und Aufschäumen des Gemisches, indem lokalisierte Turbulenzen und Wirbelbildungen erzeugt werden, um gasförmiges Kohlendioxid allmählich in das flüssige Gemisch freizusetzen, durch aufeinanderfolgende abrupte Winkelablenkungen (**16B**, **16C**; **16D**; **16E**; **24B**, **24C**) des Gemisches, während es entlang eines verbleibenden Bereichs (**16B**, **16C**; **16D**; **16E**; **24B**, **24C**) des eingeschränkten Fließweges (**16**; **24**) fließt, der aus Fortsätzen der Wände des Druckabfallschlitzes (**16A**; **24A**) besteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die lokalisierte Turbulenz, Blasenkeimbildung und Aufschäumen durch aufeinanderfolgende Ablenkung des fließenden Gemisches stromaufwärts des Ausgangs des verbleibenden Bereichs (**16C**, **16E**) des Fließweges (**16**) erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ablenkungen der Strömung zwischen 60° und 120° liegen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Winkel der Ablenkungen der Strömung vorzugsweise zwischen 60° und 105° liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die lokalisierten Turbulenzbedingungen erzeugt werden, indem das Gemisch zum Fließen entlang eines Z-förmigen Bereichs (**16E**) des verbleibenden Fließweges veranlasst wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die lokalisierten Turbulenzbedingungen erzeugt werden, indem man das Gemisch entlang eines verbleibenden Bereichs (**16D**) des Fließweges (**16**) fließen lässt, der mit gezahnten Seitenwänden (**17, 18**) versehen ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Druckabfall in dem verbleibenden Bereich (**16B, 16C; 16D; 16E**) des Fließweges (**16**) im Bereich zwischen 0,02 und 1 bar liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Druckabfall vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,5 bar liegt.
9. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufteilens des Flusses des Gemisches in eine Vielzahl von einzelnen Flüssen entlang des ersten Bereichs (**16A, 24A**) des Fließweges (**16, 24**).
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei lokalisierte Turbulenz und Aufschäumen erzeugt werden, indem man das Gemisch entlang eines verbleibenden Bereichs (**16B, 16C**) des Fließweges mit zunehmenden Höhen fließen lässt.
11. Vorrichtung zur Ausgabe von geschäumtem Polyurethanmaterial bei der Herstellung von Polyurethanschäumen, gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung aufweist:
eine Verteilungskammer (**15, 22**) für ein CO₂ enthaltendes Polyurethanschäumgemisch, die sich in eine Druckabfallzone öffnet, die einen eingeschränkten Fließweg (**16, 24**) hat, der sich in Fließrichtung erstreckt, wobei der Fließweg einen ersten Fließbereich aufweist, der mit einem Druckabfallschlitz (**16A, 24A**) versehen ist, wobei der Druckabfallschlitz Seitenwände hat, die den Druck in dem fließenden Gemisch allmählich reduzieren, dadurch gekennzeichnet, dass der eingeschränkte Fließweg (**16**) einen zweiten Fließbereich (**16B; 16D; 16E; 24B**) aufweist, der eine Ausgangsseite hat und aus einer Fortsetzung der Seitenwände des Druckabfallschlitzes (**16**) besteht, wobei der zweite Fließbereich dazu angepasst ist, Blasenkeimbildung und allmähliche Freisetzung von CO₂ durch aufeinanderfolgende Winkelablenkungen in dem fließenden Gemisch stromaufwärts der Ausgangsseite zu bewirken.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Winkelablenkung der Strömung zwischen 60° und 120°, vorzugsweise zwischen 60° und 105° liegt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der zweite Bereich (**16E**) durch einen Z-förmigen Fließweg definiert ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die axiale Länge des zweiten Bereichs (**16B; 16D; 16E; 24B**) zwischen aufeinanderfolgenden Ablenkungen des Fließweges zwischen einmal und viermal der minimalen Höhe des Fließweges liegt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der zweite Bereich (**16D; 16E**) des Fließweges mit gezahnten Seitenwänden (**17, 18**) versehen ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Zähne (**17**) an einer Seitenwand gegenüber den Zähnen (**18**) an der anderen Seitenwand liegen.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Zähne (**17**) auf der einen Seitenwand versetzt gegenüber den Zähnen (**18**) an der anderen Seitenwand sind.
18. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Anzahl der Zähne (**17, 18**) an jeder Seitenwand zwischen 1 und 5 liegt.
19. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Zähne (**17, 18**) im Querschnitt eine dreieckige Form haben.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei die Winkelweite der Zähne (**17, 18**) zwischen 60° und 120°, vorzugsweise zwischen 60° und 105° liegt.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei der Abstand zwischen den Zähnen (**17, 18**) zwischen einmal und viermal der minimalen Höhe des Fließweges liegt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der Druckabfallschlitz (**16A**) des Fließweges (**16**) eine geradlinige Querschnittsform hat.

23. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der Druckabfallschlitz (**24A**) des Fließweges (**24**) eine kreisförmige Querschnittsform hat.

24. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der erste Bereich (**16A, 24A**) des Fließweges eine Mehrzahl von axial verlaufenden Löchern aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

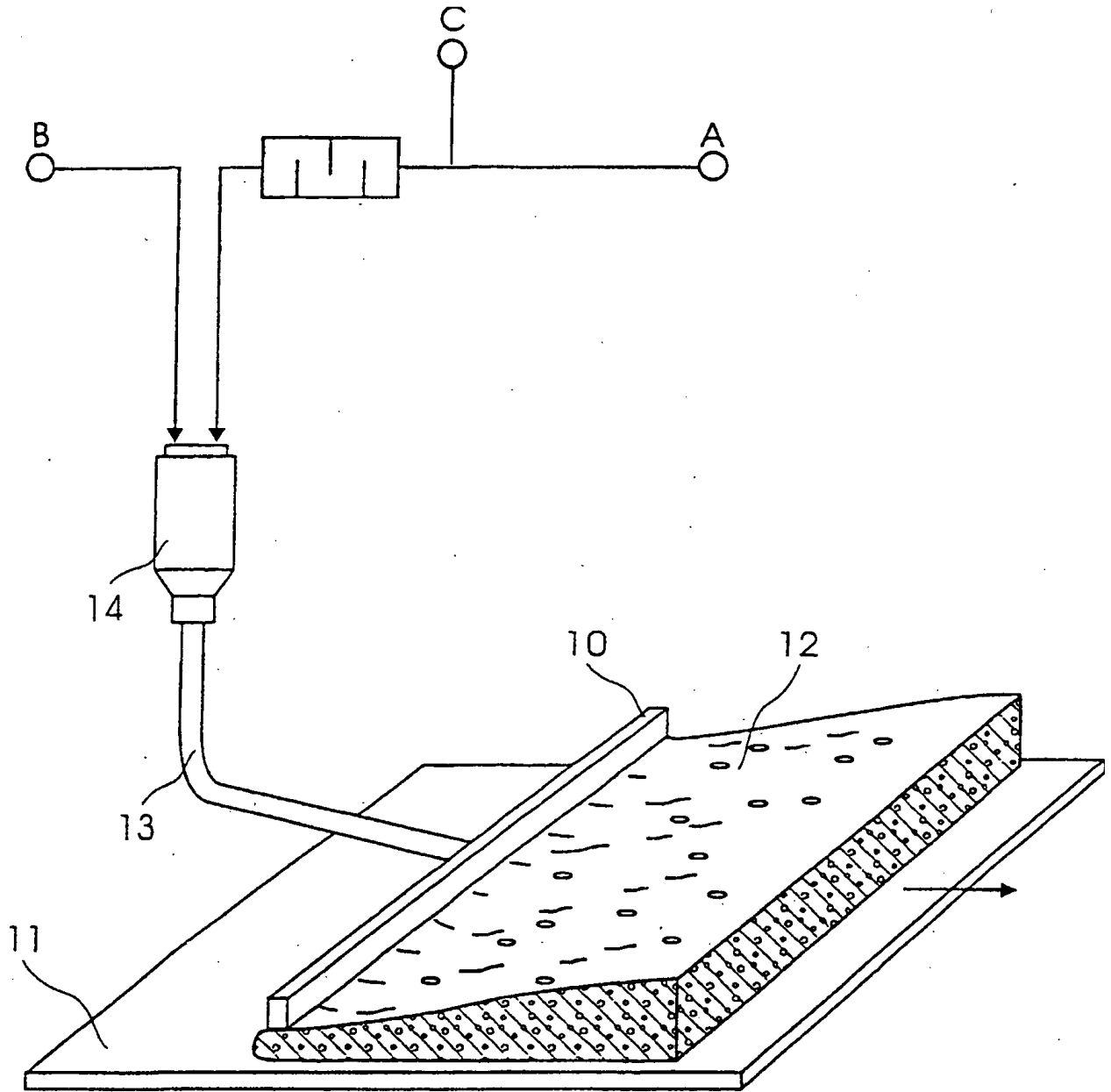


Fig. 1

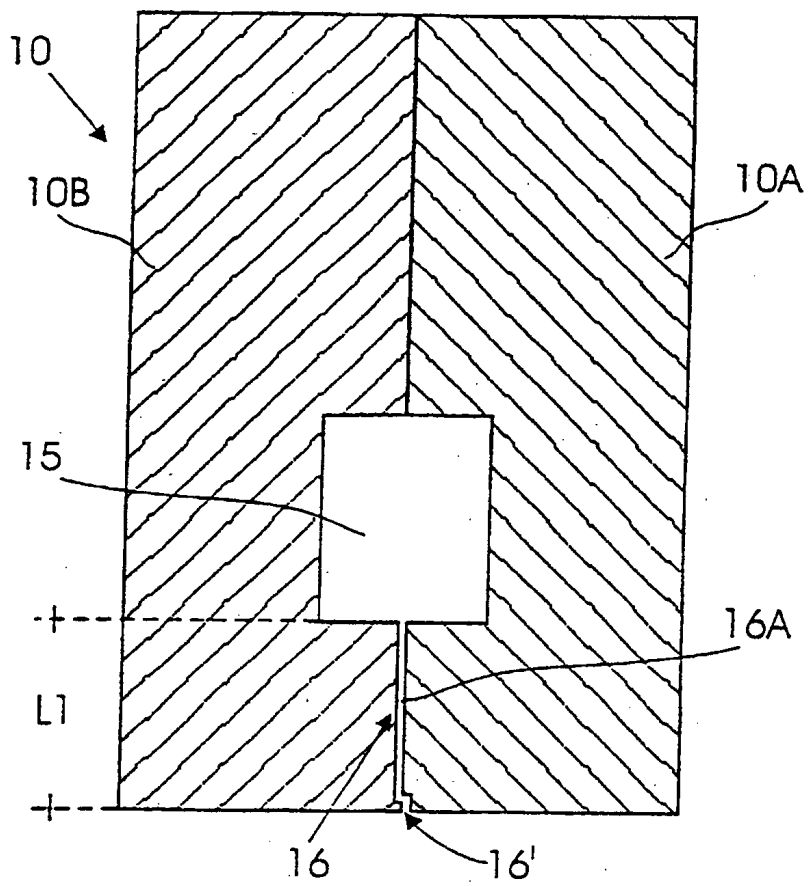


Fig. 2

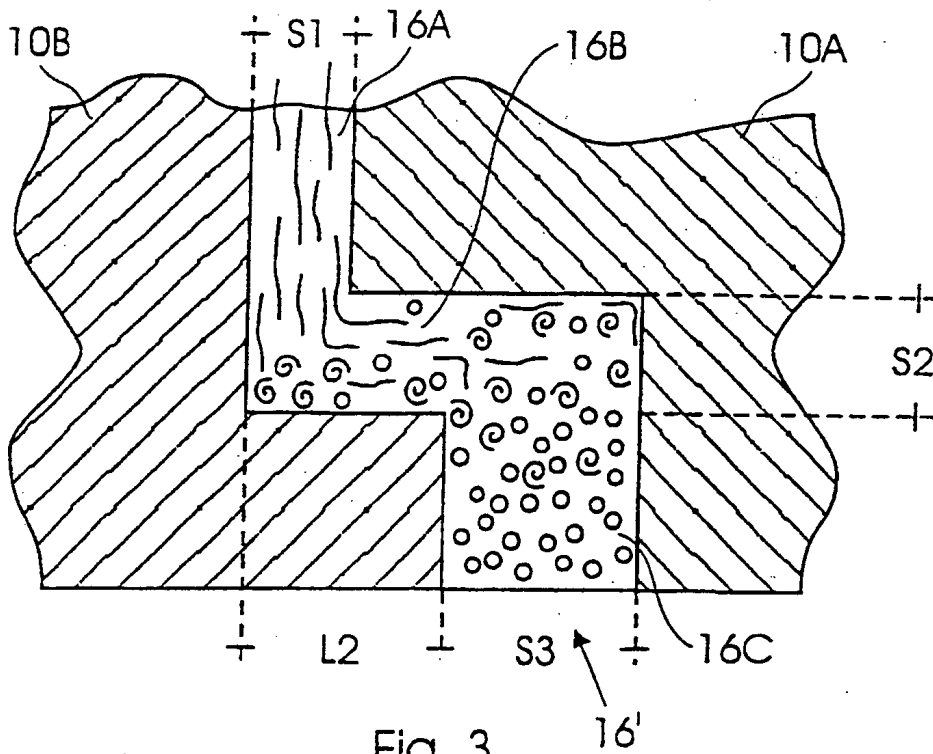


Fig. 3

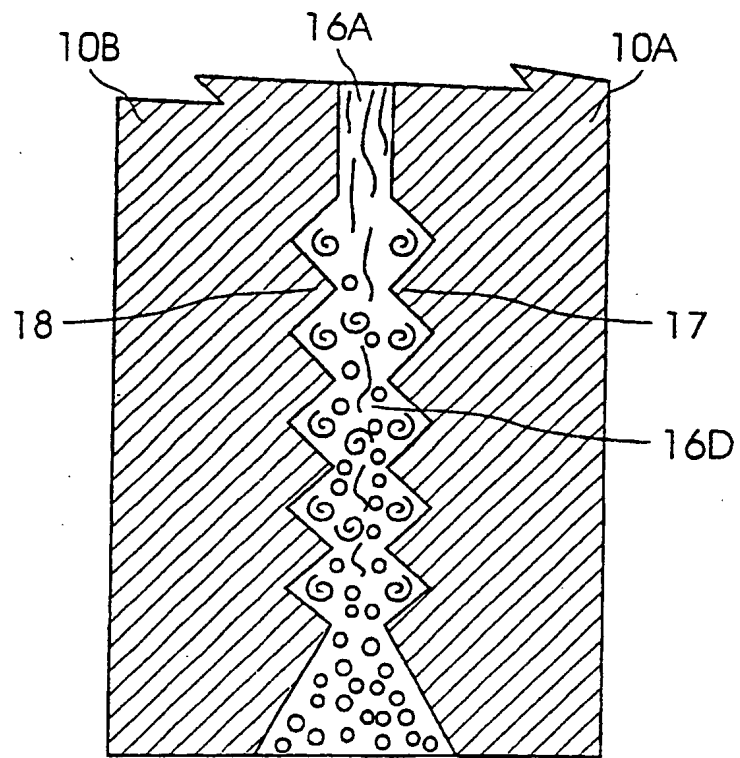


Fig. 4

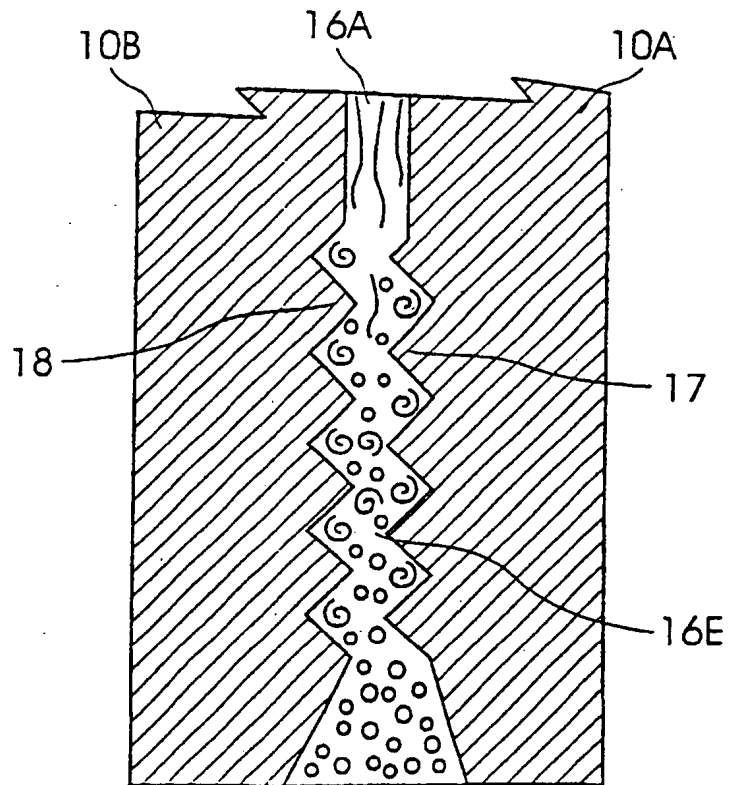


Fig. 5

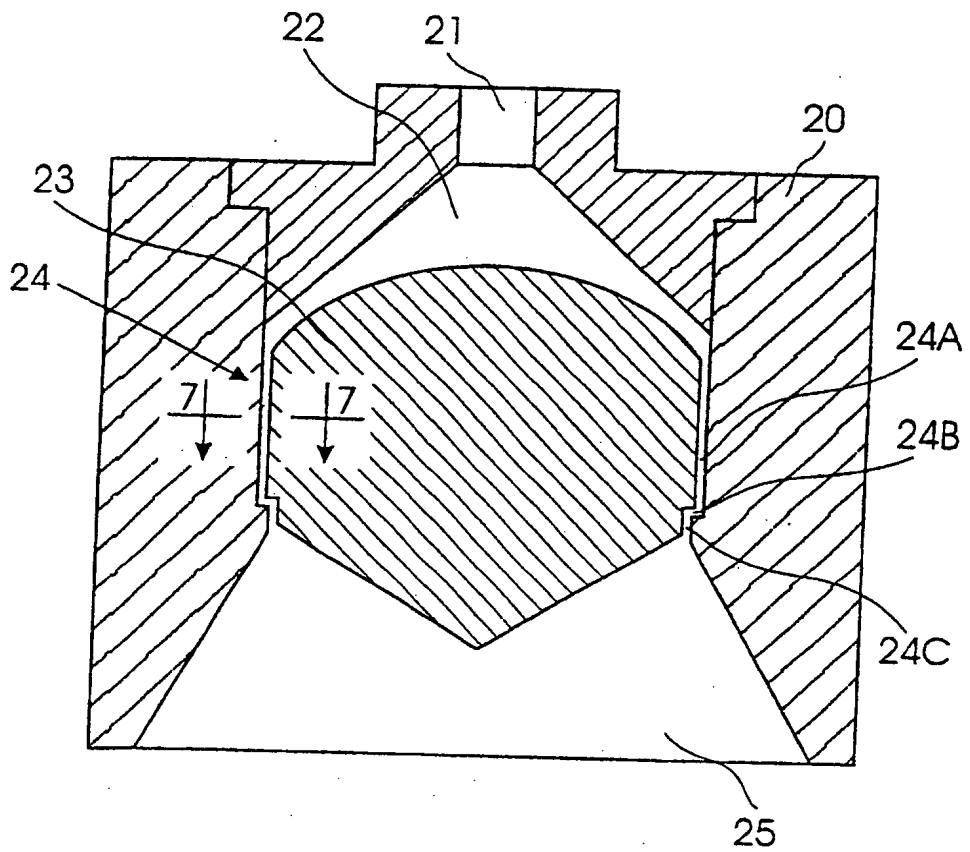


Fig. 6

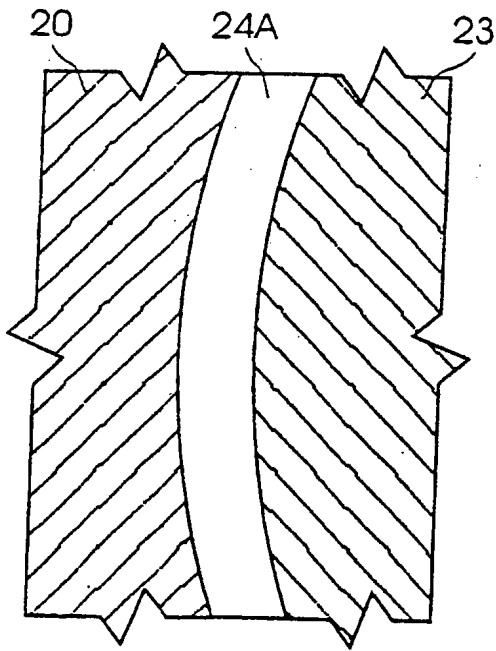


Fig. 7

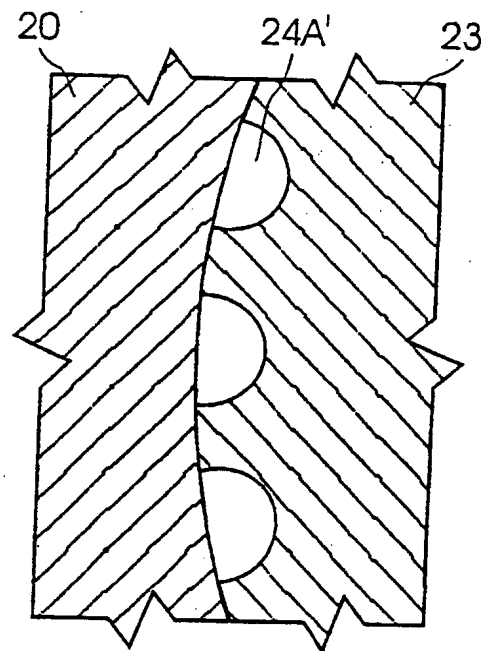


Fig. 8

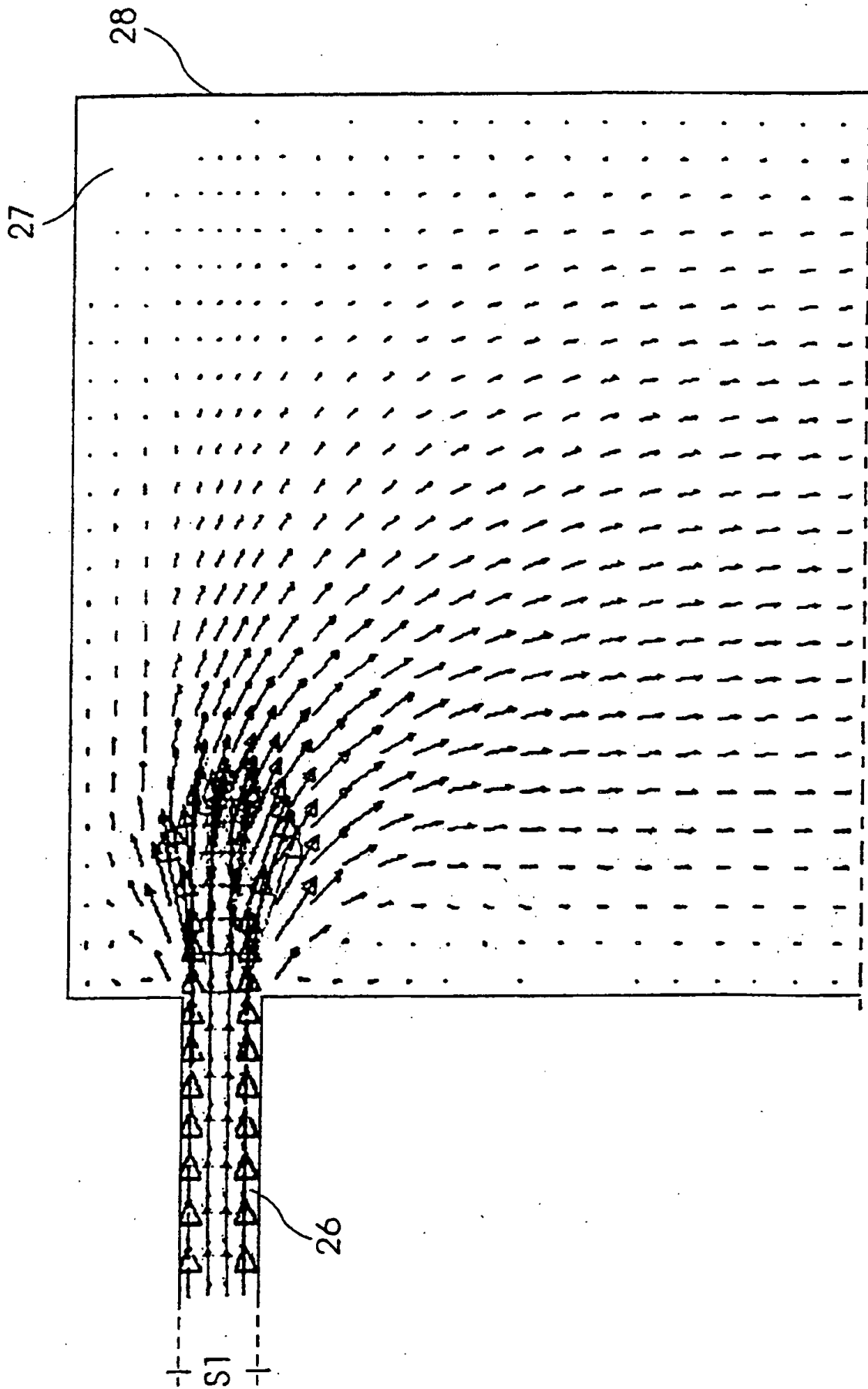


Fig. 9

