



(10) **DE 10 2010 051 064 A1** 2012.05.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 051 064.5**

(22) Anmeldetag: **12.11.2010**

(43) Offenlegungstag: **16.05.2012**

(51) Int Cl.: **B05B 1/34 (2006.01)**

B05B 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Stege, Robert, 16321, Lindenberg, DE

(72) Erfinder:

**Stege, Robert, 16356, Ahrensfelde, DE; Axmann,
Jürgen, 14542, Werder, DE**

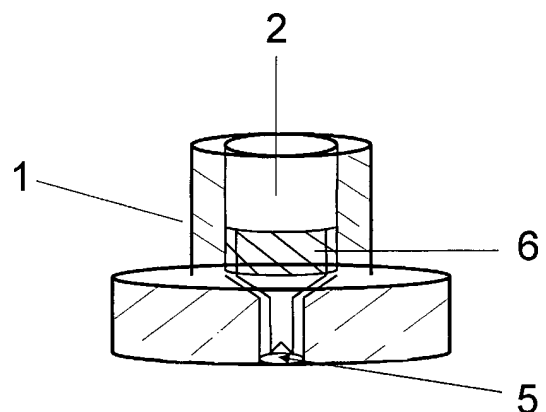
(74) Vertreter:

Pautsch, Andrea, 21079, Hamburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Mikroverwirbelung und Feinstzerstäubung von Flüssigkeiten**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung und Verfahren zur Verwirbelung und Zerstäubung von Flüssigkeiten oder füssigen Gemischen, wobei die Flüssigkeiten oder Gemische durch einen Wirbelgenerator geleitet werden, welcher eine einen zylinderförmigen Hohlraum enthaltende Kammer mit einer Einlass- und einer Auslassöffnung aufweist, wobei in dem zylinderförmigen Hohlraum zumindest ein um die Längsachse der Kammer drehbares Zylindersegment vorgesehen ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine verbesserte Dralldüse, einen Wirbelgenerator, zur Verwirbelung und Zerstäubung insbesondere Feinstverwirbelung und Feinstzerstäubung von Flüssigkeiten und Verfahren zur Mikrozerstäubung von Flüssigkeiten und Flüssigkeit-Gas-Gemischen.

[0002] Zum Zerstäuben und somit zum Ausbilden neuer freier Oberflächen muss einer Flüssigkeit Energie bzw. Arbeit zugeführt werden. Diese dient dazu, die wirksame Oberflächenspannung zu überwinden. Üblicherweise werden hierzu Düsen eingesetzt. Bekannt sind unter anderem Einstoff-Druckdüsen, bei denen die zu zerstäubende Flüssigkeit selbst Energielieferant ist. Häufig werden zur Zerstäubung von Flüssigkeiten im technischen Bereich Hohlkegel-Druckdüsen (HKD) oder Dralldüsen eingesetzt. In diesen Düsen wird durch spezielle Drallkörper innerhalb der Düse oder durch tangentielle Eintritte in die so genannte Drallkammer erreicht, dass die Flüssigkeit nicht den vollständigen Düsenaustrittsdurchmesser ausfüllt. Es bildet sich eine relativ dünne Flüssigkeitslamelle in Form eines Hohlkegels aus, welche zu feinen Tropfen zerfällt.

[0003] Aus DE 6938224 U und DE 1 949 449 ist eine Dralldüse bekannt, welche einen Drallkörper mit in seinem Umfang liegenden 4 Drallkanälen aufweist. Um einen gleichmäßigen Sprühhohlkegel zu erhalten, ist bei dieser Düse eine gleichmäßige Beaufschlagung des Drallkörpers mit der Flüssigkeit notwendig. Weiterhin wird in der DE 44 27 252 A1 eine Düse zur Erzeugung eines kegelförmigen Strahls offenbart, welche einen feststehenden Drallkörper mit an seinem Umfang befindlichen Schaufeln aufweist. Bekannte Düsen weisen in der Regel nur wenige und grobe Drallkanäle oder Drallkörper mit relativ großen Querschnitten ohne zusätzliche Kanalverdrallung auf. Die damit erzielte Zerstäubungswirkung ist relativ grob und die Verwirbelung wird nur in einfacher Stufe bzw. Art ausgebildet.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, verbesserte Vorrichtungen und Verfahren zur Verfügung zu stellen, welche die Nachteile der bisher bekannten Düsen und Zerstäubungsverfahren überwinden und insbesondere Feinstzerstäubungen oder Mikrozerstäubungen ermöglichen.

[0005] Gelöst wird die Aufgabe durch einen Wirbelgenerator gemäß Hauptanspruch und ein Verfahren zur Zerstäubung von Flüssigkeiten gemäß Nebenanspruch. Weitere Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche und der folgenden Beschreibung.

[0006] Der erfindungsgemäße Wirbelgenerator umfasst eine Kammer mit zumindest einer Einlass- und einer Auslassöffnung. Die Kammer wird durch einen zylinderförmigen Hohlraum gebildet, der zumindest einen Zylinderkörper aufweist. Die Auslassöffnung ist an einem Ende der Kammer vorgesehen. Sie ist bevorzugt eine kreisrunde Öffnung mit einem kleineren Durchmesser als der Durchmesser der Kammer bzw. des zylinderförmigen Hohlraums. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform verjüngt sich die Auslassöffnung von innen, von der Kammer her, nach außen. Besonders bevorzugt verjüngt sich der von der Kammer wegweisende Teil der Öffnung trichterförmig. Das der Auslassöffnung gegenüberliegende Ende der Kammer umfasst zumindest eine Einlassöffnung. Weiterhin können an den Einlassöffnungen die dem Fachmann geläufigen Befestigungs- und Verbindungsmittel an eine Zuleitung oder Flüssigkeitsleitung vorgesehen sein wie beispielsweise Innen- und Außengewinde, Klemmen, Klammern, Spannringe, Muffen, Bolzen, Verschraubungen u. ä. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist an zumindest einer der Einlassöffnungen ein Gewinde zum Anschluss an eine Zuleitung einer Flüssigkeit, beispielsweise an eine Wasserleitung, vorgesehen.

[0007] Der erfindungsgemäße Zylinderkörper weist auf seiner gerundeten Fläche, dem Zylindermantel, regelmäßig beabstandete und gleichmäßig aufgeteilte Einkerbungen oder Kanäle auf. Durch diese regelmäßigen Einkerbungen werden über den Umfang des Zylinderkörpers gleichmäßig verteilte Zähne ausgebildet. Die Einkerbungen oder Kanäle sind mit einem Steigungswinkel von 30 bis 60°, bevorzugt von 40 bis 50°, besonders bevorzugt von etwa 45° angeordnet. Die Richtung des Steigungswinkels kann dabei rechts- oder linkssteigend sein.

[0008] Die Zähne weisen weiterhin einen Evolventenwinkel im Bereich von 10 bis 40°, bevorzugt 15 bis 25 und 25 bis 35°, besonders bevorzugt etwa 20° und etwa 30° auf. Die Einkerbungen auf dem Zylindermantel werden durch die dem Fachmann geläufigen Verfahren erzeugt wie beispielsweise durch Abwälzfräsen, Spritzgussverfahren oder Prototyping bzw. Laserlithografie. Es ist erfindungsgemäß bevorzugt, die Einkerbungen zu fräsen.

[0009] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist der Zylinderkörper zumindest 9 Einkerbungen bzw. Kanäle auf. Das Verhältnis von Zylinderhöhe zu Zylinderdurchmesser liegt erfindungsgemäß bevorzugt zwischen 1,5 und 8. Der erfindungsgemäße Zylinderkörper kann beispielsweise bei einem Durchmesser von

15 mm und einer Höhe zwischen 10 und 120 mm 9 Einkerbungen bzw. Kanäle aufweisen, die einen Kanalquerschnitt von etwa 3 mm² haben.

[0010] Der erfindungsgemäße Zylinderkörper ist um die Längsachse der Kammer, in der er angeordnet ist, drehbar. Sein Durchmesser ist kleiner als der Hohlraum der Kammer, so dass sich zwischen dem Zylinderkörper und der Innenwand der Kammer ein Spalt ausbildet. Besonders bevorzugt liegt die Spaltbreite unter 0,1 mm. Der Zylinderkörper kann je nach Steigungswinkel der Wirbelkanäle als rechts oder links steigend ausgebildet sein. Dementsprechend wird sich der Zylinderkörper beim Durchleiten eines Mediums nach rechts oder links drehen. In einer Ausführungsform der Erfindung sind in der Kammer zwei oder mehrere hintereinander liegende, mit gegenläufigen Steigungswinkeln versehene Zylinderkörper vorgesehen. Erfindungsgemäß ist der Zylinderkörper in die Kammer eingesetzt, so dass er entnehmbar ist und leicht zu Reinigungszwecken oder bei Verschleiß ausgetauscht werden kann.

[0011] Durch die erfindungsgemäße Form der Zähne und Einkerbungen werden zwischen Zylinderkörper und der Innenwand der Kammer Drall- oder Wirbelkanäle ausgebildet. Beim Durchströmen einer Flüssigkeit durch die Kammer von der Einlassöffnung her zur Auslassöffnung hin werden in den Wirbelkanälen so Mikrowirbel erzeugt.

[0012] Die sich vor der Auslassöffnung vereinigenden Mikrowirbel formieren einen Einheitswirbel, der über die Auslassöffnung nach außen geleitet wird. Dieser Einheitswirbel bzw. infolge Superposition überlagerte Ausgangswirbel wird unter anderem durch die Anzahl, den Steigungswinkel und den Evolventenwinkel der Wirbelkanäle sowie durch den Eingangsdruck an der Eingangsöffnung der Kammer determiniert.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Wirbelgenerator zumindest an den Flächen, die in Kontakt mit den eingeleiteten Flüssigkeiten stehen, ein elektrisch isolierendes Material auf. Bevorzugt sind Kammer und Zylinderkörper aus elektrisch nicht leitenden Material gefertigt. Geeignete Materialien sind beispielsweise Keramik, Glas und Kunststoffe. Bevorzugt sind thermoplastische oder duroplastische Kunststoffe wie beispielsweise Acrylglas.

[0014] [Fig. 1](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Wirbelgenerator (1) mit einer Einlassöffnung (2) und einer Auslassöffnung (5). In dem zylinderförmigen Hohlraum des Wirbelgenerators (1) sitzt der Zylinderkörper (6) zwischen Einlassöffnung (2) und Auslassöffnung (5).

[0015] [Fig. 2](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Zylinderkörper (6) mit Einkerbungen oder Kanälen (7) und den zwischen den Einkerbungen (7) liegenden Zähnen (4).

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst der Wirbelgenerator eine zusätzliche Vor- oder Mischkammer, die zwischen der Einlassöffnung und der Kammer vorgesehen ist. Die Mischkammer weist einen zylinderförmigen Hohlraum auf, der ein oder mehrere Einlassöffnungen für die Einleitung von Gasen und/oder Flüssigkeiten umfasst. Durch diese Einlassöffnungen werden eine Basis-Flüssigkeit, und Gase und/oder weitere Flüssigkeiten in die Mischkammer eingeleitet.

[0017] [Fig. 3](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Wirbelgenerator (1), der eine Mischkammer mit einer weiteren Einlassöffnung (3) aufweist. Die Mischkammer ist zwischen der ersten Einlassöffnung (2) und dem Zylinderkörper (6) vorgesehen. In der Mischkammer werden die Flüssigkeiten oder das Flüssigkeit/Gas-Gemisch vorgemischt und gemeinsam durch die Einkerbungen (7) des Zylinderkörpers (6) und die Auslassöffnung geleitet.

[0018] Als Flüssigkeiten werden Stoffe und Stoffmischungen verstanden, die bei den erfindungsgemäßen Betriebsbedingungen in flüssigem Zustand vorliegen. Als Gase werden Stoffe und Stoffgemische verstanden, die bei den erfindungsgemäßen Betriebsbedingungen in gasförmigen Zustand vorliegen. Erfindungsgemäß besonders geeignete Flüssigkeiten sind beispielsweise Wasser und wässrige Lösungen, Kohlenwasserstoffe und organische Lösungen wie mineralische, tierische und pflanzliche Öle, Benzine und Alkohole. Besonders bevorzugt sind Wasser und wässrige Lösungen. Erfindungsgemäß geeignete Gase sind beispielsweise Sauerstoff, Kohlendioxid, Stickstoff, Wasserstoff und deren Gemische wie z. B. Luft.

[0019] In einem weiteren Aspekt wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Verwirbeln und Zerstäuben von Flüssigkeiten, wobei eine Flüssigkeit durch den erfindungsgemäßen Wirbelgenerator geleitet wird. Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass schon der durch die Gravitation einer senkrecht auf dem erfindungsgemäßen Wirbelgenerator stehenden Flüssigkeit erzeugte hydrostatische Druck ausreicht, um eine starke Verwirbelung und feine Zerstäubung der Flüssigkeit zu erreichen.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Flüssigkeit in die Einlassöffnung des senkrecht stehenden Wirbelgenerators gegossen. Die Flüssigkeit fließt, ohne dass ein zusätzlicher Druck angelegt wird, durch den erfindungsgemäßen Wirbelgenerator und wird an der Ausgangsöffnung feinteilig zerstäubt. Der erhaltene Sprühnebel zeigt eine eiförmige Hüllform. Wird die Flüssigkeit mit erhöhten Druck wie beispielsweise dem üblichen Leitungsdruck einer Trinkwasserleitung zwischen 1 und 6 bar in den Wirbelgenerator eingeleitet, so bilden sich mehrere, hintereinander liegende oder übereinander stehende eiförmige Hüllformen aus.

[0021] Eine bevorzugte Anwendung der vorliegenden Erfindung ist die Bewässerung von land-, garten- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Wirbelgenerators und mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird schon bei den üblichen Wasserleitungsdrücken eine sehr feine Vernebelung der Flüssigkeit erreicht. Dadurch werden die Böden deutlich besser durchfeuchtet, so dass erheblich weniger Wasser zur Versorgung der Pflanzen benötigt wird. Auch wird durch das Aufbringen des Wassers in Form eines feinen Nebels die Erosion des Boden verringert.

[0022] Die durch die Bildung der feinen Tröpfchen im Sprühnebel erreichte große Oberfläche verbessert weiterhin die Einlösung bzw. Fixierung von Gasen oder anderen nicht mischbaren Flüssigkeiten. Das erfindungsgemäße Verfahren kann daher bevorzugt eingesetzt werden zur Anreicherung einer Basis-Flüssigkeit mit Gasen oder weiteren Flüssigkeiten, insbesondere schwer löslichen und nicht mischbaren Flüssigkeiten. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Basis-Flüssigkeit mit ein oder mehreren Gasen wie z. B. Abgase und Rauchgase und/oder ein oder mehreren weiteren Flüssigkeiten vermischt und in den Wirbelgenerator eingeleitet.

[0023] Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt, um Gase oder Gasgemische wie Luft, Kohlendioxid, Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff in Wasser und wässrigen Lösungen anzureichern oder zu fixieren. So können beispielsweise Rotweine mit Luft oder Sauerstoff angereichert werden oder Gießwasser für Pflanzen mit Kohlendioxid oder Stickstoff. Untersuchungen haben gezeigt, dass mit Kohlendioxid erfindungsgemäß angereichertes Gießwasser das Pflanzenwachstum (Biomasse, Wurzelwachstum) deutlich erhöht.

[0024] Weiterhin bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Emulsionen aus Wasser und Ölen ohne weitere Zugabe von Emulgatoren oder Stabilisatoren eingesetzt. Hierzu wird die Flüssigkeit bzw. die mit Gasen oder Ölen eingewirbelte Flüssigkeit mit Hilfe einer Pumpe zyklisch durch den Wirbelgenerator geleitet, so dass das eingesetzte Flüssigkeitsvolumen mehrfach umgewälzt wird. Erfindungsgemäß bevorzugt durchläuft die Flüssigkeit dabei zumindest 2, bevorzugt 2 bis 50, besonders bevorzugt 10 bis 30 Zyklen.

Beispiel 1:

[0025] Nachhaltige Kohlenstoff-Anreicherung bzw. Fixierung, insbesondere von organischem Kohlenstoff (TOC), mittels Wirbelgenerator (10mm-Wirbelmodul), Leitungswasser und CO₂ aus Druckflasche im Vergleich zu Ausgangswert (Probe 0 vom 6.8.10) und 13 Tage entspannt gelagerter Wirbelprobe (Probe 2a vom 19.8.10)

Datum:		6.8.10	6.8.10	6.8.10	19.8.10
Messzeit:		0 min	30 min	60 min	60 min
Probe-Nr.:		Probe0	Probe1	Probe2	Probe2a
Parameter	Einheit				
TIC	mg/l	56	240	220	170
TOC	mg/l	5,6	12	11	9,0
Nachhaltiger C-Anstieg bei Pr.1 bis 2a bezogen auf Pr.0:					
TIC		100%	428%	393%	304%
TOC		100%	214%	196%	161%
Mäßiger C-Abfall bei Pr.2a bezogen auf Pr.2: (nach 13 Tagen unbehandelte Lagerung im offenen Gefäß)					
TIC				100%	77%
TOC				100%	82%

Kommentar:

[0026] Ein kurzfristiger Anstieg der C-Konzentration (TIC) nach Einbringen bzw. Einsprudeln von ca.5 l/min CO₂-Gas in ca. 22 l Leitungswasser liegt im Erwartungsbereich (siehe TIC-Werte Probe 0 bis Probe 2 vom 6.8.10).

[0027] Der erhebliche Anstieg der TOC-Werte bei Probe 0 bis Probe 2 vom 6.8.10 ist ungewöhnlich und bisher nicht bekannt.

[0028] Die anhaltenden Erhöhungen der TIC- und insbesondere der TOC-Werte bei Probe 2a nach 13 Tagen druckentpannter Lagerung sind bisher unbekannt. Vergleichbares Einbringen von CO₂ in Leitungswasser bewirkt eine kurzfristige CO₂-Anreicherung/Sättigung bis zur max. Löslichkeitsgrenze von CO₂ (ca. 250 mg/l bei 30°C), entsprechend der bekannten CO₂-Löslichkeit in Abhängigkeit von Temperatur und Druck. Bei druckentpannter Lagerung erfolgt üblicherweise ein sofortiger C-Abfall, z. B. auf einen typischen Wert für Leitungswasser von 50 mg/l bei TIC und 2 bis 3 mg/l bei TOC.

Beispiel 2:

[0029] Nachhaltige Kohlenstoff-Anreicherung bzw. Fixierung, insbesondere des organischen Kohlenstoffs (TOC), mittels Wirbelgenerator (35 mm-Wirbelmodul), Leitungswasser und CO₂ aus Druckflasche im Vergleich zu Ausgangswerten (Proben 0 bis 3 vom 30.09.10) und 5 Tage entspannt gelagerten Wirbelproben (Proben 1a bis 3a vom 04.10.10)

Datum:	30.9.	30.9.	30.9.	30.9.	4.10.	4.10.	4.10.
Messzeit[min]:	0	15	30	60	15	30	60
Probe-Nr.: Parameter	0	1	2	3	1a	2a	3a
TIC[mg/l]	29	197	155	126	64	70	59
TOC[mg/l]	4	7,1	7,9	11	8,5	12	11
Nachhaltiger C-Anstieg bzgl.Probe 0: (nach 5 Tagen unbehandelte Lagerung im offenen Gefäß)							
TIC[%]	100	687	539	439	222	245	206
TOC[%]	100	178	198	275	213	300	275

Kommentar:

[0030] Die anhaltende Steigerung der TIC- und TOC-Werte auf über 200% bzgl. Ausgangswerte, wie in Beispiel 1 gezeigt, wird bestätigt. Darüber hinaus konnte nach 5 Tagen offener Lagerung eine Erhöhung der TOC-Werte auf ca. 300% bzgl. der Ausgangswerte erzielt werden.

Beispiel 3:

[0031] Anhaltende Sauerstoff-Anreicherung bzw. Fixierung, mittels Wirbelgenerator, Leitungswasser und O₂ aus Druckflasche im Vergleich zu Ausgangswert (Proben 4 bis 7 vom 30.09.10)

Datum:	30.9.	30.9.	30.9.	30.9.	4.10.	4.10.	4.10.
Messzeit[min]:	0	15	30	60	15	30	60
Probe-Nr.: Parameter	4	5	6	7	5a	6a	7a
O ₂ -gelöst: [mg/l]	9	31,8	28,5	21,7	17,6	16,3	13,8
Nachhaltiger O ₂ -Anstieg bei Proben 5–7 vom 30.9./4.10. bzgl. Probe 4 vom 30.9.: (nach 5 Tagen unbehandelte Lagerung im offenen Gefäß)							
O ₂ -gelöst [%]:	100	353	317	241	196	181	153

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 6938224 U [\[0003\]](#)
- DE 1949449 [\[0003\]](#)
- DE 4427252 A1 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verwirbelung und Zerstäubung von Flüssigkeiten umfassend einen zylinderförmigen Hohlraum enthaltende Kammer mit zumindest einer Einlass- und einer Auslassöffnung, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zylinderförmige Hohlraum zumindest einen Zylinderkörper aufweist, wobei der Zylinderkörper um die Längsachse der Kammer drehbar ist.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Zylinderkörpers kleiner ist als der Durchmesser des zylinderförmigen Hohlraums.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinderkörper auf seiner Mantelfläche regelmäßig beanstandete Einkerbungen aufweist, wobei durch die Einkerbungen über den Umfang des Zylinderkörpers gleichmäßig verteilte Zähne ausgebildet werden.
4. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne einen Steigungswinkel von 30 bis 60, bevorzugt von 40 bis 50°, besonders bevorzugt von etwa 45° aufweisen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Richtung des Steigungswinkels rechts- oder linkssteigend ist.
6. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kammer weiterhin eine Mischkammer umfasst.
7. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Innenwände der Kammer und die Oberflächen des Zylinderkörpers aus einem isolierenden Material sind.
8. Verfahren zum Verwirbeln und Zerstäuben von Flüssigkeiten dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Flüssigkeiten in eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geleitet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein oder mehrere Gase eingeleitet werden.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten eingeleitet werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

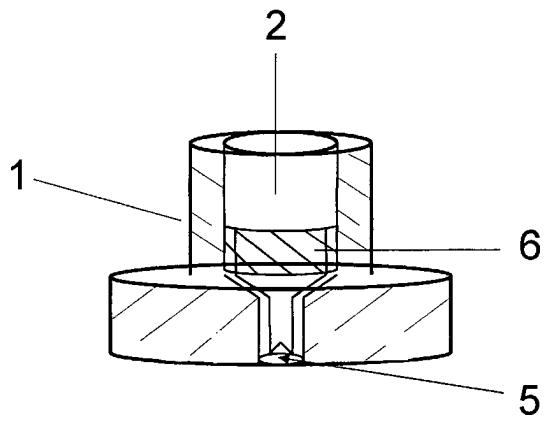


Fig. 2

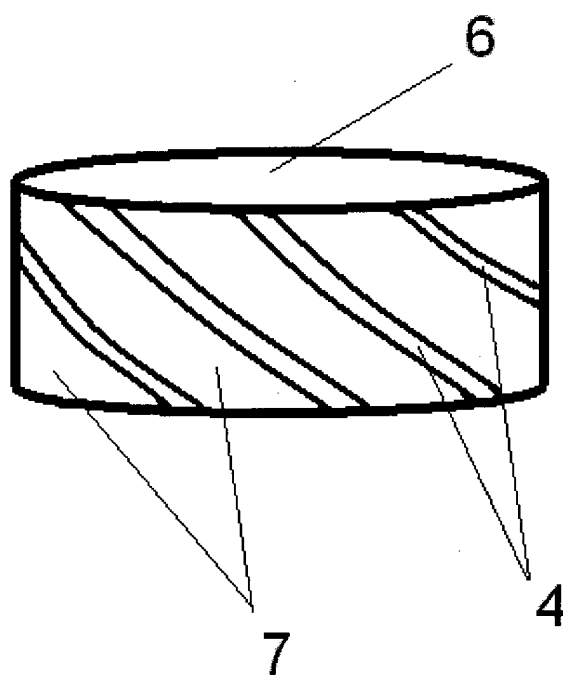


Fig. 3

