



(11) **EP 1 799 903 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.12.2008 Patentblatt 2008/49

(51) Int Cl.:
D21D 5/24 ^(2006.01) **B04C 3/06** ^(2006.01)
B04C 5/107 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05790369.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/010064

(22) Anmeldetag: **17.09.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/032427 (30.03.2006 Gazette 2006/13)

(54) **VERFAHREN ZUM FRAKTIONIEREN EINER WÄSSRIGEN PAPIERFASERSUSPENSION SOWIE HYDROZYKLON ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

METHOD FOR FRACTIONATING AN AQUEOUS PAPER FIBRE SUSPENSION AND HYDROCYCLONE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

PROCEDE POUR FRACTIONNER UNE SUSPENSION AQUEUSE DE FIBRES A PAPIER ET HYDROCYCLONE POUR LA MISE EN OEUVRE DUDIT PROCEDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **22.09.2004 DE 102004045823**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.2007 Patentblatt 2007/26

(73) Patentinhaber: **Voith Patent GmbH**
89522 Heidenheim (DE)

(72) Erfinder:
• **KEMPER, Martin**
88250 Weingarten (DE)
• **NORMAN, Bo**
S-130 38 Runmarö (SE)

- **SANDBERG, Jan, Christer**
S-617 90 Skärblacka (SE)
- **BERGSTRÖM, Jonas**
S-192 55 Sollentuna (SE)
- **JORDAN, Ko**
S-114 38 Stockholm (SE)
- **VOMHOFF, Hannes**
S-187 35 Täby (SE)
- **MANNES, Wolfgang**
88213 Ravensburg-Bavendorf (DE)
- **PAUL, Torsten**
A-1080 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 677 331 EP-A- 1 413 359
DE-A1- 3 248 039 FR-A- 2 703 602
US-A- 4 696 737 US-A- 5 769 243
US-B1- 6 284 096

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 799 903 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie einen Hydrozyklon zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 21.

[0002] Verfahren dieser Art sind in der Lage, mit Hilfe von Zentrifugalkräften mindestens eine Schwerfraktion und mindestens eine Leichtfraktion zu bilden und durch entsprechende Austragsöffnungen aus dem verwendeten Hydrozyklon herauszuleiten.

[0003] Aus der DE 32 48 039 A1 ist ein Wirbelsichter zum Abscheiden von Verunreinigungen aus Stoffsuspensionen bekannt, der so gestaltet ist, dass sich bei seinem Betrieb Zentrifugalkräfte ausbilden, die zur Aufteilung in eine Schwerfraktion und eine Leichtfraktion führen. Die zulaufende Suspension wird im Kopfteil dieses Wirbelsichters in einen Ringraum geführt, der sich in Strömungsrichtung gesehen erweitert. Dabei hat das zentrale Tauchrohr für die Leichtfraktion eine doppelkegelige Außenkontur, deren Außendurchmesser sich in Strömungsrichtung zunächst vergrößert und dann wieder verkleinert.

[0004] Eine weitere mit Zentrifugalkräften arbeitende Trennvorrichtung ist aus der FR 2 703 602 bekannt. Dieser Apparat dient dazu, aus einer Suspension sowohl die Schwer- als auch die Leichtteile in einem einzigen Arbeitsgang zu entfernen. Die axial zuströmende Suspension wird als schraubenförmige Strömung in eine einen konstanten Strömungsquerschnitt aufweisende Ringkammer geführt, wobei eine Fraktionierung in schwere und leichte Teile erfolgt. Die Leichtteile werden im Zentrum und die Schwerteile aus dem Randbereich der ausfließenden Strömung abgeführt.

[0005] Auch die US 6,284,069 B1 befasst sich mit einer speziellen Ausführungsform von Hydrozyklonen, und zwar wird der Strömungsquerschnitt dieses Apparates in unmittelbarer Nähe des Auslasses für die Schwerfraktion (Rejekt) und damit in großer Entfernung zum Zulaufbereich der die zu fraktionierenden Suspension zunächst reduziert und dann wieder erweitert, wobei an dieser Stelle eine Zuführung von Verdünnungswasser erfolgt.

[0006] Aus der US 4,696,737 A kennt man einen Hydrozyklon, der mit zwei untereinander liegenden tangential an den Hydrozyklon angeschlossenen Zulaufrohren versehen ist. Dabei dient der untere Zulauf zur Zugabe einer Hilfsflüssigkeit mit der im Zusammenwirken mit einer in diesem Bereich installierten zylindrischen Trennwand ein zusätzlicher Wirbel mit relativ geringer Konsistenz gebildet werden soll.

[0007] Wie die US 5,769,243 zeigt, ist es auch schon versucht worden, eine Verbesserung der Hydrozyklonwirkung dadurch zu erzielen, dass der Auslauf für die Leichtfraktion nicht wie üblich am Zulaufende angebracht ist, sondern am Auslaufende, d.h. in der Nähe des Abzuges für die Schwerfraktion.

[0008] Bekanntlich führen die Zentrifugalkräfte in einem Hydrozyklon dazu, dass sich die Schwerfraktion ra-

dial weiter außen und die Leichtfraktion im zentralen Bereich des Hydrozyklons anreichern. Verfahren dieser Art werden z.B. angewendet, um die Papierfasern aufzuteilen nach den Kriterien: grob/fein, dickwandig/dünnwandig, steif/biegsam, Frühholzfaser/Spätholzfaser, höherer Mahlgrad/geringerer Mahlgrad. Oft wird dann die Schwerfraktion auch als Grobfraktion und die Leichtfraktion als Feinfraktion bezeichnet. Solche Fraktionieraufgaben stellen sich insbesondere bei der Zellstoff- und Holzstofferzeugung, in zunehmendem Maße auch bei der Altpapierverarbeitung. Dabei sollen die Fasereigenschaften optimiert oder auch Splitter oder feine Störstoffe entfernt werden. Die Anforderungen an solche Verfahren sind besonders hoch, da - anders als z.B. bei Metallteilen - nur geringe Dichteunterschiede der zu trennenden Fraktionen vorliegen.

[0009] Bei der Durchführung dieses Verfahrens werden daher vorzugsweise solche Hydrozyklone verwendet, die auf Grund ihrer geometrischen Gestaltung hohe Zentrifugalkräfte erzeugen können, insbesondere im Bereich von über 400-facher Erdbeschleunigung ("400 g"). Hochwirksame Cleaner bringen es auf bis zu 1000 g.

[0010] Ein Betriebs-Parameter, der für die Wirksamkeit dieses Trennverfahrens eine bedeutende Rolle spielt, ist der Faserstoffgehalt (Konsistenz) der Papierfasersuspension. Bekanntlich wird die Zähigkeit einer solchen Suspension in dem hier betrachteten Bereich mit zunehmendem Faserstoffgehalt größer, was im Allgemeinen den Trenneffekt verschlechtert. Aus diesem Grunde werden Verfahren der hier betrachteten Art typischerweise bisher bei einem Faserstoffgehalt von nicht über 0,5 % durchgeführt, wenn eine hohe Trennschärfe benötigt wird. Bei der industriellen Nutzung des Verfahrens, insbesondere wenn die enthaltenen Papierfasern zur Papiererzeugung verwendet werden sollen, führt das wegen der großen Flüssigkeitsmengen zu einem relativ großen apparativen und energetischen Aufwand. Es besteht daher das Bestreben, die Konsistenz ohne Nachteile anheben zu können, wobei z.B. eine Steigerung von 0,5 auf 1 % zu einer Halbierung des benötigten Mengestromes führen würde. Es hat sich aber gezeigt, dass die Beeinträchtigung der Trennwirkung bei bisher bekannten Verfahren zu durchaus feststellbaren Nachteilen führt.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die bekannten Verfahren so zu verbessern, dass mit ihnen eine noch höhere Trennwirkung erzielt wird. Der Betrieb soll auch bei für solche Verfahren relativ hoher Konsistenz gute Ergebnisse liefern.

[0012] Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 und Anspruch 21 genannten Merkmale gelöst.

[0013] Die Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens beruht im Wesentlichen darauf, dass die zugegebene Papierfasersuspension bei ihrem Strömungsweg durch den Hydrozyklon nach einigen Umdrehungen im Einlaufbereich eine immer enger werdende Kammer durchströmen muss. Es ist anzunehmen, dass dadurch der Zusammenhalt der Fasersuspension gelockert wird, dass sich also benachbarte Fasern leichter voneinander

lösen können, was ihre Beweglichkeit relativ zueinander erhöht. Dadurch wird die Auswirkung der angreifenden Zentrifugalkräfte verstärkt, also die Fraktionierung begünstigt.

[0014] Der Eintritt der Fasersuspension in den zweiten Ringraum erfolgt über eine Engstelle, deren kleinste Radiale Spannweite höchstens 20 mm beträgt. Dadurch haben dort alle Teile der Suspension etwa den gleichen radialen Abstand zu den Wänden des Hydrozyklons. Das heißt die radiale Ausgangsposition zur Fraktionierung ist für alle Teile der Suspension praktisch gleich.

[0015] In vorteilhaften Ausführungsformen kann die Papierfasersuspension im Bereich der Engstelle durch Zugabe z.B. von Rückwasser verdünnt werden, was aus den bereits erklärten Gründen die Trennwirkung des Hydrozyklons erhöht. Dabei wird die Verdünnungsflüssigkeit mit Vorteil so zugeführt, dass Strömungsgeschwindigkeit und -richtung an der Mischstelle möglichst der der Papierfasersuspension entsprechen.

[0016] Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass mit Hilfe des Verfahrens eine gute Faserfraktionierung im Bereich von 0,5 % bis 1,5 % Faser-Konsistenz nach Zugabe des Verdünnungswassers möglich ist. Dabei liegt die Konsistenz am Zulauf in den Hydrozyklon ca. ein Drittel höher.

[0017] Bekanntlich führt die Fraktionierung nicht nur zur bereits beschriebenen Aufteilung der Fasern, sondern auch dazu, dass in der Schwerfraktion eine höhere Konsistenz vorliegt als in der Leichtfraktion. Daher ist es in speziellen Ausführungsformen von Vorteil, die Zugabe von Verdünnungswasser so zu bemessen, dass die Eindickung der Schwerfraktion in etwa ausgeglichen wird. Insbesondere dann, wenn eine mehrstufige Fahrweise gewünscht wird, bei der also die Schwerfraktion erneut einem Hydrozyklon zugeführt werden soll, kann das Verfahren dadurch wesentlich vereinfacht werden.

[0018] Grundsätzlich kann aber auch bei weniger anspruchsvollen Trennaufgaben die erfindungsgemäße Verbesserung der Trennwirkung durchaus solche Vorteile haben, dass der apparative Aufwand gerechtfertigt ist. Das sind z.B. Verfahren, bei denen faserfremde Verunreinigungen, wie z.B. Sand, Metallteilchen oder Kunststoffteilchen ausgeschieden werden, deren Dichte sich jeweils von der des sie umgebenden Mediums unterscheidet. Auch dann ist die Möglichkeit, eine höhere Konsistenz als für solche Aufgaben bisher möglich einstellen zu können, ein echter Vorteil.

[0019] Die Erfindung und ihre Vorteile werden erläutert an Hand von Zeichnungen. Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Hydrozyklon zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Seitenansicht, geschnitten;
- Fig. 2-4 verschiedene Verdrängungskörper zum Einsatz in den Hydrozyklon;
- Fig. 5 den Hydrozyklon der Fig. 1 in Ansicht von oben;
- Fig. 6 ein Anlagenbeispiel in stark vereinfachter

Form;

- Fig. 7 eine Variante mit waagrecht angeordnetem Hydrozyklon;
- Fig. 8 - 10 je einen weiteren Hydrozyklon zur Durchführung des Verfahrens.

In Fig. 1 ist in schematischer Form ein zur Durchführung des Verfahrens geeigneter Hydrozyklon dargestellt. Dieser besteht hier im Wesentlichen aus einem zylindrischen Abscheideraum mit einer Innenwand 14 und weist ein Einlaufende 2 und ein Auslaufende 3 auf. Durch einen am Einlaufende 2 angeordneten Einlauf 10 wird die Papierfasersuspension S eingeleitet und in Rotation versetzt (Tangentialeinlauf). Die rotierende Suspensionsströmung gelangt in einen ersten Ringraum 4, der sich in axialer Richtung stetig verengt, wodurch sich am Ende dieses ersten Ringraumes 4 eine Engstelle 8 bildet. Seine axiale Länge 15 ist hier etwa halb so groß wie der größte Durchmesser 13 der Innenwand 14. Stromabwärts dieser Engstelle 8 liegt ein zweiter sich in axialer Richtung wieder erweiternder Ringraum 5 mit einer axialen Länge 16 fast so groß wie der Durchmesser 13 der Innenwand 14. Dabei ist hier eine stetige Erweiterung vorgesehen, um störende Wirbel oder Ablösungen zu vermeiden. In anderen Fällen kann diese Erweiterung auch sprunghaft sein. Im zweiten Ringraum 5 und dem sich stromabwärts anschließenden Teil des Hydrozyklons erfolgt die Fraktionierung. Die Innenwand 14 kann - wie hier - zylindrisch sein, was apparativ einfach ist und bereits zu guten Trennergebnissen führt. In anderen Fällen (s. Fig. 10) kann sie auch konisch sein ("Kegelschleuder"). Durch Wahl des Innendurchmessers 13 der Innenwand 14 und durch Einstellung der Rotationsgeschwindigkeit der Suspension wird die Zentrifugalkraft wesentlich bestimmt. Günstig sind Werte über dem Vierhundertfachen der Erdbeschleunigung.

[0020] Weiterhin weist dieser Hydrozyklon eine ringförmige Verdünnungskammer 12 auf, die im Bereich der Engstelle 8 in das Innere des Hydrozyklons mit einem Ringspalt mündet. Zur Zugabe einer Verdünnungsflüssigkeit W ist an diese Verdünnungskammer 12 eine Verdünnungswasserzuführung 11 angeschlossen. Dabei kann in der Verdünnungskammer 12 eine Rotationsströmung erzeugt werden, die denselben Drehsinn hat wie die Rotationsströmung der Papierfasersuspension, was zu einer schonenden Zumischung führt. Die gebildete Leichtfraktion L wird am Auslaufende 3 des Hydrozyklons durch einen Leichtstoffaustrag 6 ausgeleitet, der hier als zentral in den Hydrozyklon hineinragendes Rohr ausgebildet ist. Die Schwerfraktion H, die sich an der Innenwand 14 des Hydrozyklons anreichert, kann durch den Schwerstoffaustrag 7 aus dem Hydrozyklon herausgeleitet werden. Ein solcher Schwerteilaustrag 7 kann radial, tangential oder auch axial angeordnet sein. Im Zentrum des Hydrozyklons befindet sich ein Verdrängungskörper 1, der außen mit Flächen versehen ist, die als Grenzen für den ersten Ringraum 4 und den zweiten Ringraum 5 dienen. Auf diese Weise lässt sich mit ein-

fachsten Mitteln zunächst eine Verengung (erster Ringraum 4) und dann eine Erweiterung (zweiter Ringraum 5) realisieren. Bei diesem Beispiel weist der Verdrängungskörper 1 zunächst (stromaufwärts) eine sich in Strömungsrichtung erweiternde und stromabwärts eine sich in Strömungsrichtung verengende Konusfläche auf.

[0021] Die Konusfläche des Verdrängungskörpers kann je nach Anforderungen variiert werden, wozu die Fig. 2 ein Beispiel eines Verdrängungskörpers zeigt, der stromaufwärts mit einer Kegelfläche 18 und stromabwärts mit einer konvexen Fläche 19 versehen ist. Der Verdrängungskörper gemäß Fig. 3 weist in seinem stromabwärtigen Bereich eine konkave Fläche 20 auf, während der in Fig. 4 wiederum mit zwei konischen Flächen 18, 18' versehen ist, wobei sich am Übergang dieser beiden Flächen ein Absatz 17 befindet, der dazu führt, dass an dieser Übergangsstelle der Durchmesser des Verdrängungskörpers in Strömungsrichtung gesehen sprunghaft abnimmt. Dadurch kann sich beim Einsatz im Hydrozyklon im Bereich der Engstelle eine besonderes vorteilhafte Strömung ausbilden.

[0022] Die Figuren 2 bis 4 zeigen auch, dass der Verdrängungskörper ein spitzes stromabwärtiges Ende haben kann, was ebenfalls der Verbesserung der Strömungsverhältnisse an dieser Stelle dient

[0023] Fig. 5 zeigt den Hydrozyklon von oben, also mit Blick auf das Einlaufende 2. Das die Verdünnungskammer 12 umschließende Teil ist nur zum Teil gezeichnet, um den darunter liegenden Schwerstoffaustrag 7 sichtbar zu machen.

[0024] Es kann von Vorteil sein, das Verfahren in mehreren Stufen durchzuführen, wozu die Fig. 6 ein einfaches Beispiel zeigt. Dabei wird ein erster erfindungsgemäßer Hydrozyklon mit einem zweiten erfindungsgemäßen Hydrozyklon verbunden, indem die Schwerfraktion H des ersten Hydrozyklons als Zulauf für den zweiten Hydrozyklon verwendet wird. In vielen Fällen können die in beiden Stufen anfallenden Leichtfraktionen L zusammengeführt werden, wenn sie eine vergleichbare Qualität haben. Die in der zweiten Stufe anfallende Schwerfraktion H' enthält dann in noch höherem Maße die darin gewünschten Anteile. Wie bereits erwähnt, neigen derartige Fraktionierverfahren dazu, dass die Schwerfraktion H eine höhere Konsistenz aufweist als der Einlauf. Bei der in Fig. 6 gezeigten Schaltung lässt sich das sehr einfach wieder ausgleichen, indem eine entsprechend darauf abgestimmte Menge Verdünnungsflüssigkeit W zugeführt wird, so dass auch der zweite Hydrozyklon mit optimaler Einlaufkonsistenz betrieben werden kann.

[0025] In der Regel werden bei Durchführung des Verfahrens Zentrifugalkräfte erzeugt, die um ein Vielfaches größer sind als die Erdgravitation. Aus diesem Grunde kann in den meisten Fällen die Lage der Hydrozyklone frei gewählt werden. Auch wenn die senkrechte Anordnung üblich und auch zumeist platzsparend ist, wäre z.B. auch eine waagerechte Anordnung - wie die Fig. 7 zeigt - möglich.

[0026] Die in Fig. 8 dargestellte Variante des erfindungsgemäßen Hydrozyklons unterscheidet sich von der in Fig. 1 im Wesentlichen durch den anders gestalteten zweiten Ringraum 5. Dieser ist hier nach außen durch eine konische Wand begrenzt, was bekanntlich bei Hydrozyklonen zur Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit und Zunahme der Zentrifugalkräfte führen kann. Der sich anschließende zylindrische Teil hat einen entsprechend geringeren Durchmesser 13. Wie bereits erwähnt, hier aber nicht gezeichnet, kann der konische Teil auch bis zum Auslaufende 3 geführt sein:

[0027] Gemäß Fig. 9 besteht auch die Möglichkeit, stromabwärts vom zweiten Ringraum 5 eine erneute Reduzierung des Strömungsquerschnittes vorzunehmen, wozu dann ein dritter Ringraum 4' dient. An dessen stromabwärtigem Ende schließt sich nach einer Engstelle 8' ein sich in axialer Richtung erweiternder vierter Ringraum 5' an. Auch an der zweiten Engstelle 8' kann eine Verdünnungskammer 12' mit Verdünnungswasseranschluss 11' vorhanden sein. Die Dimensionierung kann ähnlich wie bei der (ersten) Engstelle 8 vorgenommen werden. Diese Ausführungsform, eventuell auch mit weiteren hier nicht gezeichneten Engstellen, ist in der Lage, die Wirkung der Erfindung weiter zu verstärken, da das Auflockern und Fluidisieren der Faserstoffsuspension entsprechend häufiger erfolgt. Vorteilhafterweise kann ein mehrmaliger Abzug der Leichtfraktion vorgesehen werden, wozu hier ein zusätzlicher zentral im Verdrängungskörper 1' geführter Leichtstoffaustrag 6' gestrichelt eingezeichnet ist. Dieser Leichtstoffaustrag 6' zieht einen Teil der Leichtfraktion F zwischen den Engstellen 8 und 8' ab.

[0028] Wie Fig. 10 zeigt, ist es auch möglich, den Leichtstoffaustrag 6' so an das Einlaufende 2 zu legen, dass die sich im Zentrum des Hydrozyklons bei der Durchführung des Verfahrens angesammelte Leichtfraktion L vollständig nach oben und die Schwerfraktion H nach unten aus dem Hydrozyklon abfließen können. "oben" und "unten" gilt bei senkrechter Aufstellung. Weiterhin weist die in Fig. 10 gezeigte Bauform eine Innenwand 14' auf, die zunächst zylindrisch und dann konisch verläuft, wobei sich der Querschnitt zum Auslaufende 3 hin stark verkleinert. Die in Fig. 10 gezeigten weiteren Variationen der Erfindung können einzeln oder in Kombination auch bei den bereits dargestellten Vorrichtungen angewendet werden.

[0029] Auch wenn der typische Anwendungsfall des Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Hydrozyklons die Fraktionierung bei relativ hohen Zentrifugalkräften darstellt, ist es ohne weiteres vorstellbar, die Merkmale der Erfindung auch auf solche Fälle auszudehnen, bei denen mittlere oder geringere Anforderungen an die Trennschärfe gestellt werden. Ein typischer Fall ist die Entfernung von Störstoffen (z.B. Sand) aus einer Altpapiersuspension mit Hilfe von Hydrozyklonen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fraktionieren einer wässrigen Papierfasersuspension (S) unter Verwendung mindestens eines Hydrozyklons mit einem Einlaufende (2) und einem Auslaufende (3), in den die Papierfasersuspension (S) durch mindestens einen Tangential-Einlauf (10) eingeleitet und in Rotation versetzt wird, wodurch sich in Folge der Zentrifugalkräfte eine Schwerfraktion (H) an der Innenwand des Hydrozyklons anreichert und an dieser entlang zu einem am Auslaufende (3) liegenden Schwerstoffaustrag (7) geführt wird, wodurch sich eine Leichtfraktion (L) im zentralen Bereich des Hydrozyklons ansammelt und durch einen Leichtstoffaustrag (6) ausgeleitet wird und wobei die durch den Einlauf (10) eingeleitete rotierende Papierfasersuspension (S) zunächst in einen sich in axialer Richtung verengenden ersten Ringraum (4) und anschließend in einen sich in axialer Richtung wieder erweiternden zweiten Ringraum (5) geführt wird, und wobei die Suspension durch eine zwischen dem ersten Ringraum (4) und dem zweiten Ringraum (5) liegende Engstelle (8) geführt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die kleinste radiale Spaltweite (9) der Engstelle (8) höchstens 20 mm beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die kleinste radiale Spaltweite (9) der Engstelle (8) höchstens 10 mm, vorzugsweise höchstens 3 mm beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Papierfasersuspension (S) am Einlauf (10) mit einer Konsistenz von über 0,5 %, vorzugsweise über 1 %, zugegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausleitung der Leichtfraktion (L) am Auslaufende (3) des Hydrozyklons erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausleitung der Leichtfraktion (L) am Einlaufende (2) des Hydrozyklons erfolgt.
6. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Papierfasersuspension (S) beim Übergang vom ersten Ringraum (4) in den zweiten Ringraum (5) durch Zugabe einer Verdünnungsflüssigkeit (W) verdünnt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verdünnung unmittelbar stromabwärts der Engstelle (8) vorgenommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verdünnung so vorgenommen wird, dass die am Schwerstoffaustrag (7) anfallende Schwerfraktion (H) im Wesentlichen der Konsistenz der am Einlauf zugegebenen Papierfasersuspension (S) entspricht.
9. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension stromabwärts des zweiten Ringraumes (5) einem dritten Ringraum (4') zugeführt wird, an dessen stromabwärtigem Ende sich eine weitere Engstelle (8') befindet.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension stromabwärts der zweiten Engstelle (8') in einen vierten Ringraum (5') geführt wird, dessen Querschnitt sich in axialer Richtung erweitert.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension durch mindestens drei Engstellen geführt wird.
12. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Volumenstrom der durch den Schwerstoffaustrag (7) abgeleiteten Schwerfraktion (H) auf 35 bis 65 %, vorzugsweise 40 bis 60 % des durch den Einlauf (10) einlaufenden Volumenstroms eingestellt wird.
13. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in der Papierfasersuspension (S) enthaltenen Fasern Frischfasern sind.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Frischfasern Holzstofffasern sind.
15. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Frischfasern Zellstofffasern sind.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,

- dass** die in der Papierfasersuspension (S) enthaltenen Fasern Altpapierfasern sind.
17. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
dass die gebildete Leichtfraktion (L) mit flexiblen und die Schwerfraktion (H) mit steifen Fasern angereichert werden.
18. Verfahren nach einem der voran stehenden Ansprüche, 10
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schwerfraktion (H) mit groben und die Leichtfraktion (L) mit feinen Fasern angereichert werden. 15
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, 20
dadurch gekennzeichnet,
dass die Leichtfraktion (L) mit Frühholzfasern und die Schwerfraktion (H) mit Spätholzfasern angereichert werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, 25
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schwerfraktion (H) mit Störstoffen angereichert wird.
21. Hydrozyklon zur Durchführung des Verfahrens nach einem der voran stehenden Ansprüche 30
mit einem eine konvexe Innenwand (14) aufweisenden Abscheideraum,
mit einem Einlaufende (2) und einem Auslaufende (3),
bei dem sich am Einlaufende (2) mindestens ein tangentialer Einlauf (10) für die Papierfasersuspension (S) befindet sowie 35
am Auslaufende (3) mindestens ein Schwerstoffaustrag (7) sowie mindestens ein im zentralen Bereich des Hydrozyklons angeordneter Leichtstoffaustrag (6), 40
wobei sich stromabwärts zum Einlauf (10) ein sich in axialer Richtung verengender erster Ringraum (4) und anschließend ein sich in axialer Richtung wieder erweiternder zweiter Ringraum (5) befindet und die Ringräume (4, 5) zwischen einem feststehenden zentralen Verdrängungskörper (1, 1') und der Innenwand des Hydrozyklons gebildet werden, und wobei sich zwischen dem ersten Ringraum (4) und dem zweiten Ringraum (5) eine Engstelle (8) befindet, 45
dadurch gekennzeichnet,
dass die kleinste radiale Spaltweite (9) der Engstelle (8) höchstens 20 mm beträgt. 50
22. Hydrozyklon nach Anspruch 21, 55
dadurch gekennzeichnet,
dass die kleinste radiale Spaltweite (9) der Engstelle (8) höchstens 10 mm, vorzugsweise höchstens 3 mm beträgt.
23. Hydrozyklon nach Anspruch 21 oder 22, 5
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der Leichtstoffaustrag (6) am Auslaufende (3) befindet.
24. Hydrozyklon nach Anspruch 21 oder 22, 10
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der Leichtstoffaustrag (6') am Einlaufende (2) befindet.
25. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 24, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verdrängungskörper (1, 1') mindestens eine konische Fläche (18, 18') aufweist.
26. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 25, 20
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verdrängungskörper mindestens eine konvexe Fläche (19) aufweist.
27. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 26, 25
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verdrängungskörper mindestens eine konkave Fläche (20) aufweist.
28. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 27, 30
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verdrängungskörper im Bereich der Engstelle (8) einen umlaufenden Absatz (21) aufweist, wodurch der stromabwärtige Teil einen geringen Durchmesser erhält.
29. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 28, 35
dadurch gekennzeichnet,
dass er mindestens eine Verdünnungswasserzuführung (11) für Verdünnungsflüssigkeit (W) aufweist, die mit dem Übergang vom ersten Ringraum (4) zum zweiten Ringraum (5) hydraulisch verbunden ist. 40
30. Hydrozyklon nach Anspruch 29, 45
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verdünnungsflüssigkeit (W) in eine ringförmige Verdünnungskammer (12) zugeführt wird, die am Übergang vom ersten Ringraum (4) zum zweiten Ringraum (5) einen Ringspalt bildet.
31. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 30, 50
dadurch gekennzeichnet,
dass die Innenwand (14) des Hydrozyklons unterhalb des zweiten Ringraumes (5) im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist.
32. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 31, 55
dadurch gekennzeichnet,
dass die Innenwand (14) des Hydrozyklons auf der

ganzen axialen Länge zylindrisch ausgebildet ist.

33. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** der größte Durchmesser (13) der Innenwand (14) maximal 150 mm, vorzugsweise maximal 70 mm, groß ist. 5
34. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Länge (15) des ersten Ringraumes (4) mindestens 40 %, vorzugsweise mindestens 50 %, des maximalen Durchmessers (13) der Innenwand (14) beträgt. 10
35. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Länge (16) des zweiten Ringraumes (5) einen Wert zwischen 10 % und 200 %, vorzugsweise zwischen 50 und 100 %, des maximalen Durchmessers (13) der Innenwand (14) hat. 15
36. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwerstoffaustrag (7) in radialer Richtung an den Hydrozyklon angeschlossen ist. 20
37. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwerstoffaustrag (7) tangential an den Hydrozyklon angeschlossen ist. 25
38. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 21 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leichtstoffaustrag (6) durch ein in den Hydrozyklon hineinragende Rohr gebildet wird. 30

Claims

1. Method for fractionating an aqueous paper fibre suspension (S) by using at least one hydrocyclone comprising an inlet end (2) and an outlet end (3), into which the paper fibre suspension (S) is introduced through at least one tangential inlet (10) and set in rotation, as a result of which, owing to the centrifugal forces, a heavy fraction (H) accumulates on the inner wall of the hydrocyclone and is conducted along it to a heavy material discharge (7) located at the outlet end (3), as a result of which a light fraction (L) accumulates in the central region of the Hydrocyclone and is discharged through a light material discharge (6), with the rotating paper fibre suspension (S) introduced through the inlet (10) being first conducted into a first annular chamber (4) narrowing in axial direction and then into a second annular chamber (5) widening again in axial direction, and with the suspension being conducted through a constriction 40

(8) located between the first annular chamber (4) and the second annular chamber (5), **characterized in that** the smallest radial gap width (9) of the constriction (8) is not greater than 20 mm.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the smallest radial gap width (9) of the constriction (8) is not greater than 10 mm, preferably not greater than 3 mm.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the paper fibre suspension (S) is added at the inlet (10) with a consistency of greater than 0.5%, preferably greater than 1%.
4. Method according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that** the discharge of the light fraction (L) takes place at the outlet end (3) of the hydrocyclone.
5. Method according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that** the discharge of the light fraction (L) takes place at the inlet end (2) of the hydrocyclone.
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the paper fibre suspension (S) is diluted during the crossover from the first annular chamber (4) to the second annular chamber (5) by adding a diluting liquid (W).
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the dilution is carried out immediately downstream of the constriction (8).
8. Method according to Claim 6 or 7, **characterized in that** the dilution is carried out in such a way that the heavy fraction (H) arising at the heavy material discharge (7) essentially corresponds to the consistency of the paper fibre suspension (S) added at the inlet.
9. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, downstream of the second annular chamber (5), the suspension is supplied to a third annular chamber (4') having a further constriction (8') located at the downstream end thereof.
10. Method according to Claim 9, **characterized in that**, downstream of the second constriction (8'), the suspension is conducted into a fourth annular chamber (5'), the cross section of which widens in axial direction.
11. Method according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the suspension is conducted through at least three constrictions.
12. Method according to any one of the preceding

- claims, **characterized in that** the volume flow of the heavy fraction (H) discharged through the heavy material discharge (7) is adjusted to 35 to 65%, preferably 40 to 60% of the volume flow flowing in through the inlet (10).
13. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the fibres contained in the paper fibre suspension (S) are fresh fibres.
14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the fresh fibres are mechanical wood pulp fibres.
15. Method according to Claim 13, **characterized in that** the fresh fibres are chemical wood pulp fibres.
16. Method according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the fibres contained in the paper fibre suspension (S) are waste paper fibres.
17. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the generated light fraction (L) is enriched with flexible fibres and the heavy fraction (H) is enriched with stiff fibres.
18. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the heavy fraction (H) is enriched with coarse fibres and the light fraction (L) is enriched with fine fibres.
19. Method according to any one of Claims 1 to 16, **characterized in that** the light fraction (L) is enriched with earlywood fibres and the heavy fraction (H) is enriched with latewood fibres.
20. Method according to any one of Claims 1 to 16, **characterized in that** the heavy fraction (H) is enriched with impurities.
21. Hydrocyclone for carrying out the method according to any one of the preceding claims comprising a separation chamber having a convex inner wall (14), comprising an inlet end (2) and an outlet end (3), wherein at the inlet end (2) there is located at least one tangential inlet (10) for the paper fibre suspension (S) and at the outlet end (3) there is located at least one heavy material discharge (7) and at least one light material discharge (6) arranged in the central region of the hydrocyclone, with a first annular chamber (4) narrowing in axial direction followed by a second annular chamber (5) widening again in axial direction being located downstream of the inlet (10) and the annular chambers (4, 5) being formed between a fixed central displacement body (1, 1') and the inner wall of the hydrocyclone, and with a constriction (8) being located between the first annular chamber (4) and the second annular chamber (5), **characterized in that** the smallest radial gap width (9) of the constriction (8) is not greater than 20 mm.
22. Hydrocyclone according to Claim 21, **characterized in that** the smallest radial gap width (9) of the constriction (8) is not greater than 10 mm, preferably not greater than 3 mm.
23. Hydrocyclone according to Claim 21 or 22, **characterized in that** the light material discharge (6) is located at the outlet end (3).
24. Hydrocyclone according to Claim 21 or 22, **characterized in that** the light material discharge (6') is located at the inlet end (2).
25. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 24, **characterized in that** the displacement body (1, 1') has at least one conical surface (18, 18').
26. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 25, **characterized in that** the displacement body has at least one convex surface (19).
27. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 26, **characterized in that** the displacement body has at least one concave surface (20).
28. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 27, **characterized in that** the displacement body has a circumferential shoulder (21) in the region of the constriction (8), as a result of which the downstream part attains a small diameter.
29. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 28, **characterized in that** it has at least one dilution water feed (11) for dilution liquid (W), which is hydraulically connected with the crossover from the first annular chamber (4) to the second annular chamber (5).
30. Hydrocyclone according to Claim 29, **characterized in that** the dilution liquid (W) is fed into an annular dilution chamber (12), which forms an annular gap at the crossover from the first annular chamber (4) to the second annular chamber (5).
31. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 30, **characterized in that** the inner wall (14) of the hydrocyclone is substantially cylindrical underneath the second annular chamber (5).
32. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 31, **characterized in that** the inner wall (14) of the hydrocyclone is cylindrical over the entire axial length.
33. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to

32, **characterized in that** the greatest diameter (13) of the inner wall (14) is a maximum of 150 mm, preferably a maximum of 70 mm in size.

34. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 33, **characterized in that** the axial length (15) of the first annular chamber (4) is at least 40%, preferably at least 50% of the maximum diameter (13) of the inner wall (14). 5
35. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 34, **characterized in that** the axial length (16) of the second annular chamber (5) has a value of between 10% and 200%, preferably between 50 and 100%, of the maximum diameter (13) of the inner wall (14). 10
36. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 35, **characterized in that** the heavy material discharge (7) is connected to the hydrocyclone in radial direction. 15
37. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 35, **characterized in that** the heavy material discharge (7) is tangentially connected to the hydrocyclone. 20
38. Hydrocyclone according to any one of Claims 21 to 37, **characterized in that** the light material discharge (6) is formed by a tube protruding into the hydrocyclone. 25

Revendications

1. Procédé de fractionnement d'une suspension aqueuse (S) de fibres de papier par recours à au moins un hydrocyclone doté d'une extrémité d'entrée (2) et d'une extrémité de sortie (3) et dans lequel la suspension (S) de fibres de papier est introduite par au moins une entrée tangentielle (10) et est mise en rotation, une fraction lourde (H) s'accumulant sur la paroi intérieure de l'hydrocyclone sous l'action des forces centrifuges et étant amenée sur cette paroi intérieure à une extraction (7) de matières lourdes située à l'extrémité de sortie (3), une fraction légère (L) se rassemblant dans la partie centrale de l'hydrocyclone et étant évacuée par une extraction (6) de matières légères, la suspension (S) de fibres de papier en rotation introduite par l'entrée (10) étant amenée d'abord dans un premier espace annulaire (4) qui se rétrécit dans la direction axiale et ensuite dans un deuxième espace annulaire (5) qui s'évase de nouveau dans la direction axiale, la suspension étant amenée par un emplacement rétréci (8) situé entre le premier espace annulaire (4) et le deuxième espace annulaire (5), **caractérisé en ce que** la plus petite largeur radiale d'interstice (9) de l'em-

placement rétréci (8) étant d'au plus 20 mm.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la plus petite largeur radiale d'interstice (9) de l'emplacement rétréci (8) est d'au plus 10 mm et de préférence d'au plus 3 mm.
3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la suspension (S) de fibres de papier est délivrée à l'entrée (10) à une consistance supérieure à 0,5 % et de préférence supérieure à 1 %.
4. Procédé selon les revendications 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'extraction de la fraction légère (L) s'effectue à l'extrémité de sortie (3) de l'hydrocyclone.
5. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'extraction de la fraction légère (L) s'effectue à l'extrémité d'entrée (2) de l'hydrocyclone.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la suspension (S) de fibres de papier est diluée en ajoutant un liquide de dilution (W) à la transition entre le premier espace annulaire (4) et le deuxième espace annulaire (5).
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la dilution est réalisée immédiatement en aval de l'emplacement rétréci (8).
8. Procédé selon les revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** la dilution est réalisée de telle sorte que la fraction lourde (H) présente à l'extraction (7) de matières lourdes corresponde essentiellement à la consistance de la suspension (S) de fibres de papier ajoutée à l'entrée.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la suspension est amenée à un troisième espace annulaire (4') situé en aval du deuxième espace annulaire (5) et dont l'extrémité aval présente un autre emplacement rétréci (8').
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'en** aval du deuxième emplacement rétréci (8'), la suspension est amenée dans un quatrième espace annulaire (5') dont la section transversale s'agrandit en direction axiale.
11. Procédé selon les revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la suspension est amenée par au moins trois emplacements rétrécis.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le débit volumique de la

fraction lourde (H) extraite par l'extraction (7) de matières lourdes est ajustée entre 35 et 65 % et de préférence entre 40 et 60 % du débit volumique qui entre par l'entrée (10).

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres que contient la suspension (S) de fibres de papier sont des fibres fraîches.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les fibres fraîches sont des fibres de matière ligneuse.

15. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les fibres fraîches sont des fibres de cellulose.

16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les fibres que contient la suspension (S) de fibres de papier sont des fibres de papier recyclé.

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fraction légère (L) formée est enrichie en fibres flexibles et la fraction lourde (H) en fibres rigides.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fraction lourde (H) est enrichie en fibres grossières et la fraction légère (L) en fibres fines.

19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la fraction légère (L) est enrichie en fibres de bois frais précoce et la fraction lourde (H) en fibres de vieux bois.

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la fraction lourde (H) est enrichie en substances perturbatrices.

21. Hydrocyclone en vue de l'exécution du procédé selon l'une des revendications précédentes, qui présente :

- un espace de séparation qui présente une paroi intérieure convexe (14),
- une extrémité d'entrée (2) et une extrémité de sortie (3),
- au moins une entrée tangentielle (10) de la suspension (S) de fibres de papier étant située à l'extrémité d'entrée (2) et
- au moins une extraction (7) de matières lourdes étant située à l'extrémité de sortie (3),
- au moins une extraction (6) de matières légères disposée dans la partie centrale de l'hydrocyclone,

- un premier espace annulaire (4) qui se rétrécit dans la direction axiale et ensuite un deuxième espace annulaire (5) qui s'évase de nouveau dans la direction axiale étant situés en aval de l'entrée (10), les espaces annulaires (4, 5) étant formés entre un corps central fixe de refoulement (1, 1') et la paroi intérieure de l'hydrocyclone, un emplacement rétréci (8) étant situé entre le premier espace annulaire (4) et la deuxième espace annulaire (5),

caractérisé en ce que

la plus petite largeur radiale d'interstice (9) de l'emplacement rétréci (8) est d'au plus 20 mm.

22. Hydrocyclone selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** la plus petite largeur radiale d'interstice (9) de l'emplacement rétréci (8) est d'au plus 10 mm et de préférence d'au plus 3 mm.

23. Hydrocyclone selon les revendications 21 ou 22, **caractérisé en ce que** l'extraction (6) de matières légères est située à l'extrémité de sortie (3).

24. Hydrocyclone selon les revendications 21 ou 22, **caractérisé en ce que** l'extraction (6') de matières légères est située à l'extrémité d'entrée (2).

25. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 24, **caractérisé en ce que** le corps de refoulement (1, 1') présente au moins une surface conique (18, 18').

26. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 25, **caractérisé en ce que** le corps de refoulement présente au moins une surface convexe (19).

27. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 26, **caractérisé en ce que** le corps de refoulement présente au moins une surface concave (20).

28. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 27, **caractérisé en ce que** dans la zone occupée par l'emplacement rétréci (8), le corps de refoulement présente un prolongement périphérique (21) tel que la partie aval présente un diamètre plus petit.

29. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 28, **caractérisé en ce qu'il** présente au moins une amenée (11) d'eau de dilution pour un liquide de dilution (W), cette amenée étant reliée hydrauliquement à la transition entre le premier espace annulaire (4) et le deuxième espace annulaire (5).

30. Hydrocyclone selon la revendication 29, **caractérisé en ce que** le liquide de dilution (W) est amené dans une chambre annulaire de dilution (12) qui forme un interstice annulaire à la transition entre le pre-

mier espace annulaire (4) et le deuxième espace annulaire (5).

31. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 30, **caractérisé en ce qu'**en dessous du deuxième espace annulaire (5), la paroi intérieure (14) de l'hydrocyclone a une forme essentiellement cylindrique. 5
32. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 31, **caractérisé en ce que** la paroi intérieure (14) de l'hydrocyclone a une configuration cylindrique sur toute sa longueur axiale. 10
33. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 32, **caractérisé en ce que** le plus grand diamètre (13) de la paroi intérieure (14) est d'au plus 150 mm et de préférence d'au plus 70 mm. 15
34. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 33, **caractérisé en ce que** la longueur axiale (15) du premier espace annulaire (4) représente au moins 40 % et de préférence au moins 50 % du diamètre maximum (13) de la paroi intérieure (14). 20
35. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 34, **caractérisé en ce que** la longueur axiale (16) du deuxième espace annulaire (5) a une valeur comprise entre 10 % et 200 % et de préférence entre 50 et 100 % du diamètre maximum (13) de la paroi intérieure (14). 25
30
36. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 35, **caractérisé en ce que** l'extraction (7) de matières lourdes se raccorde à l'hydrocyclone dans la direction radiale. 35
37. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 35, **caractérisé en ce que** l'extraction (7) de matières lourdes se raccorde tangentiellement à l'hydrocyclone. 40
38. Hydrocyclone selon l'une des revendications 21 à 37, **caractérisé en ce que** l'extraction (6) de matières légères est formée par un tube qui pénètre dans l'hydrocyclone. 45

50

55

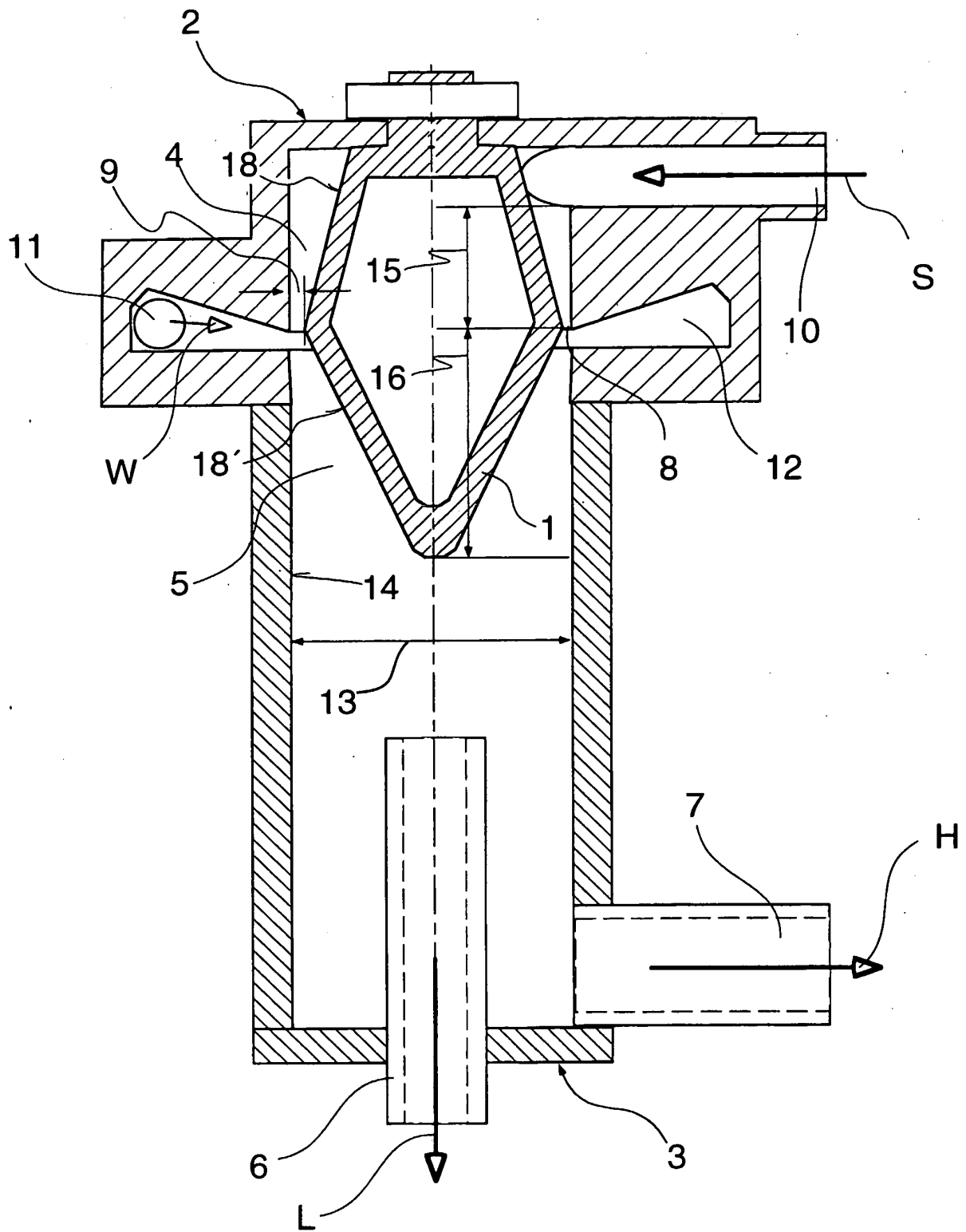


Fig.1

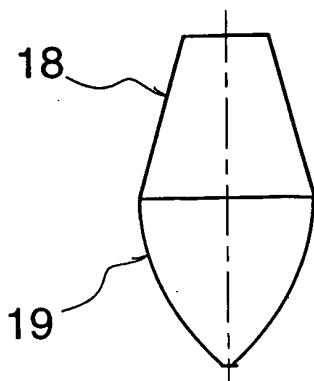


Fig.2

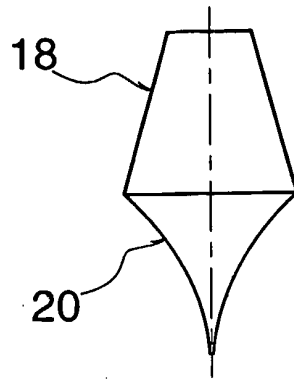


Fig.3

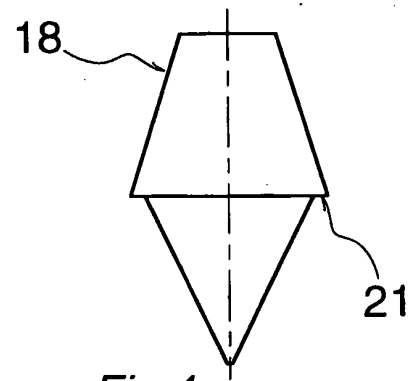


Fig.4

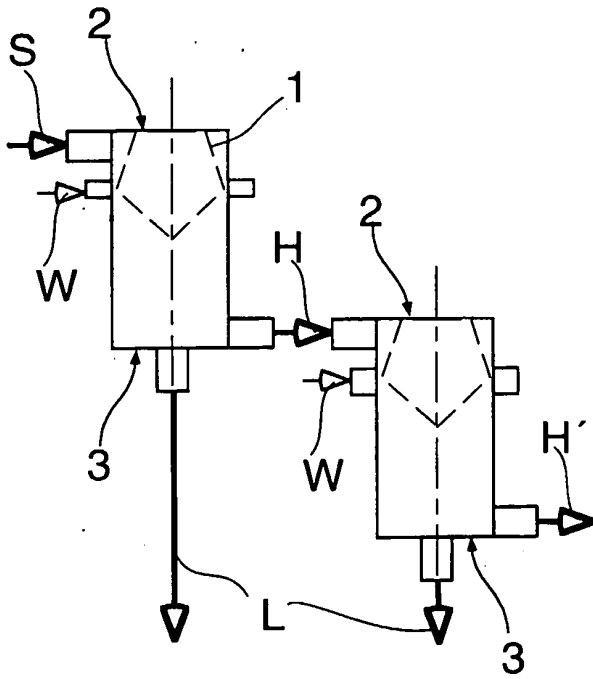


Fig.6

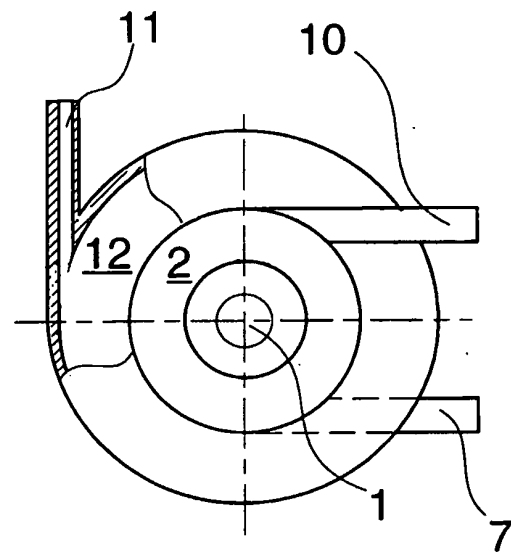


Fig.5

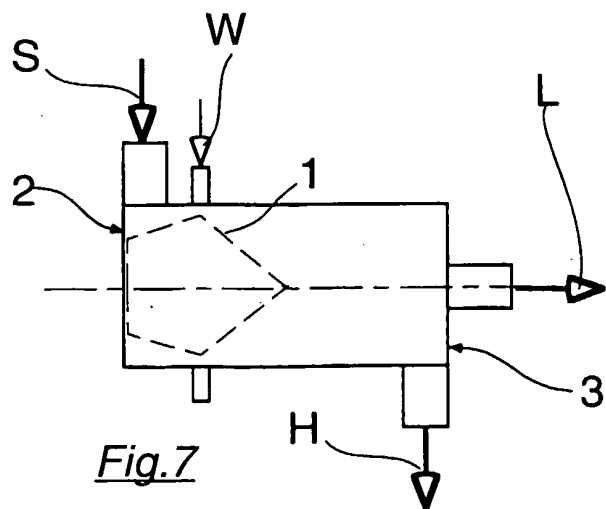


Fig.7

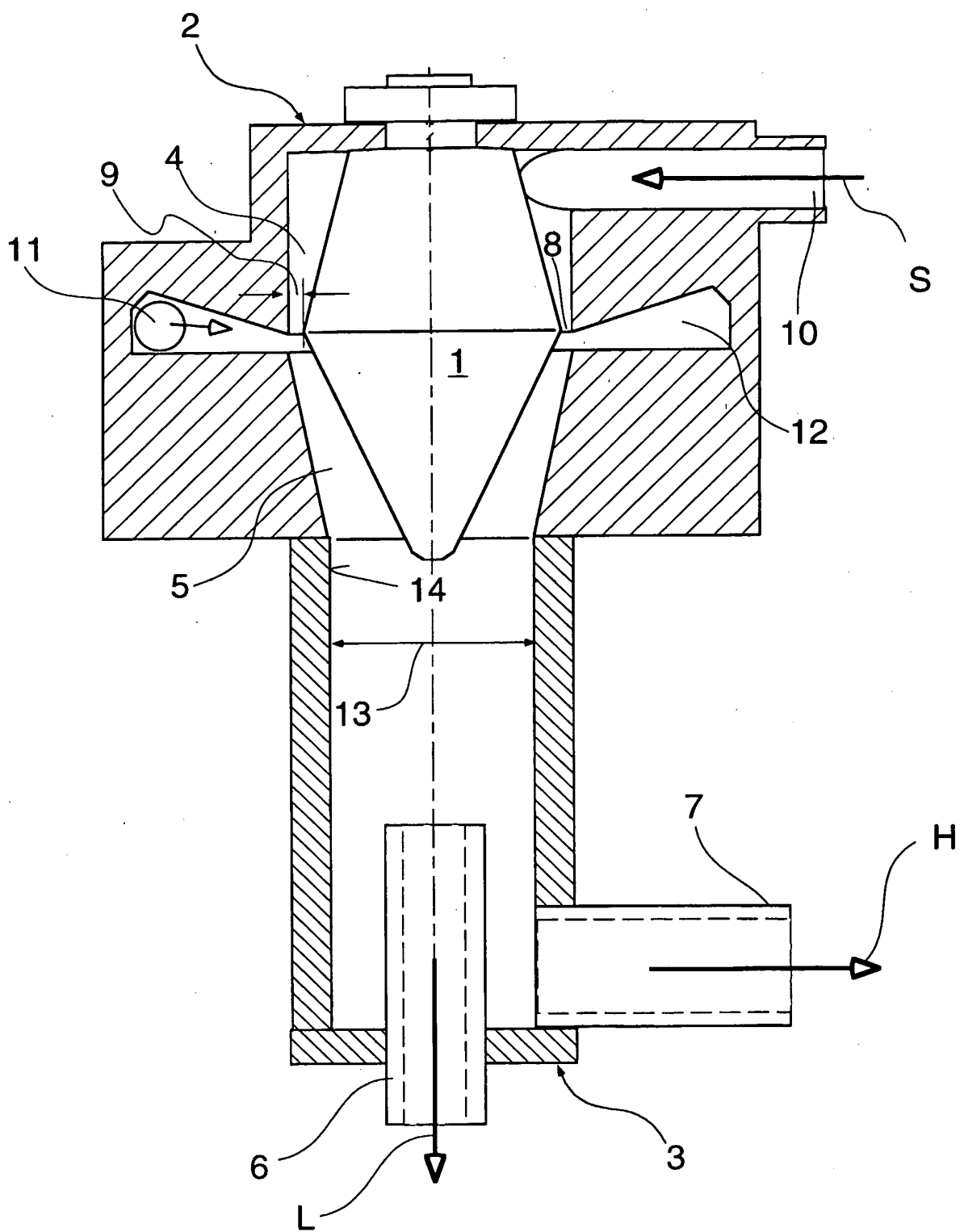
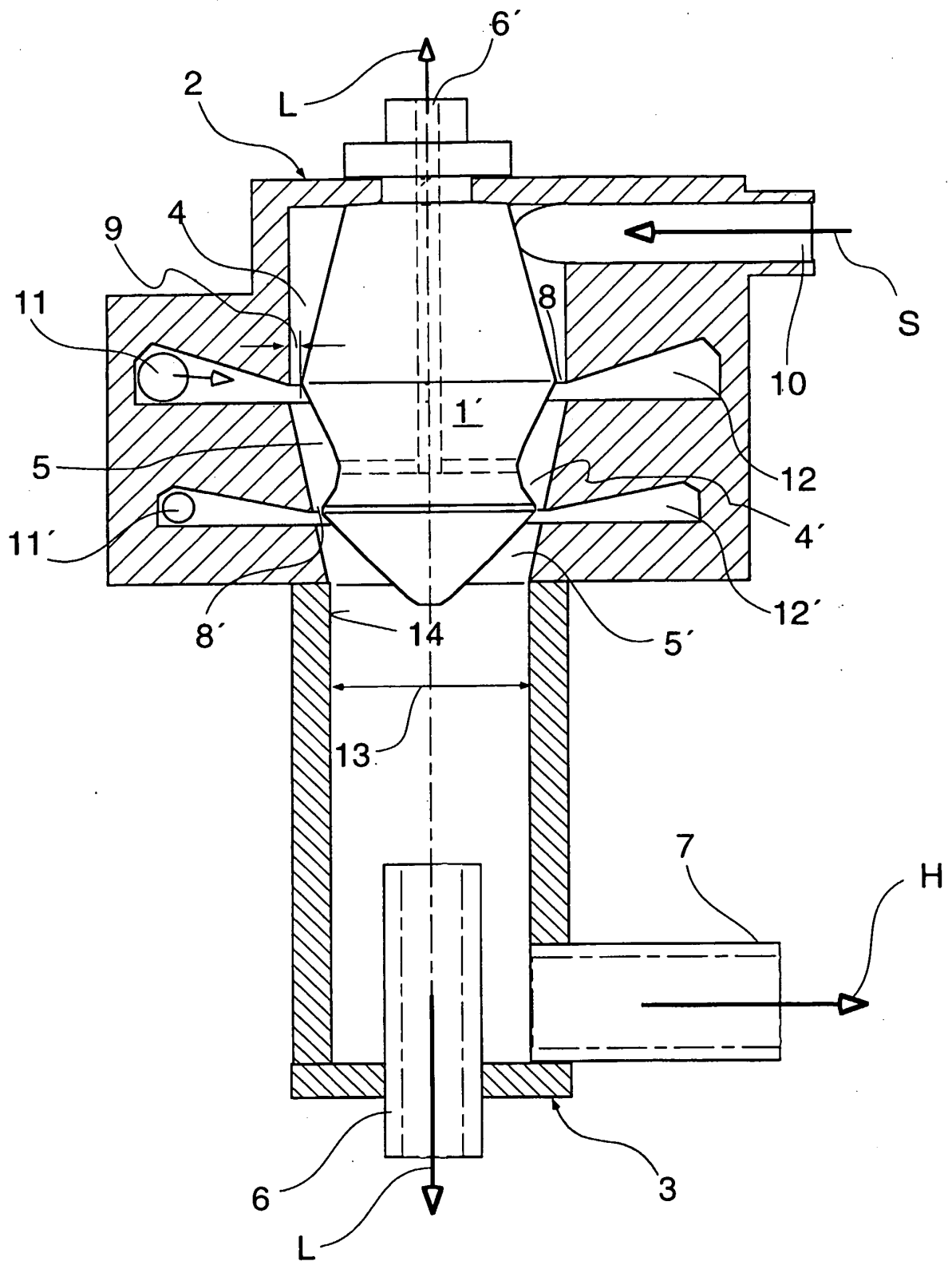
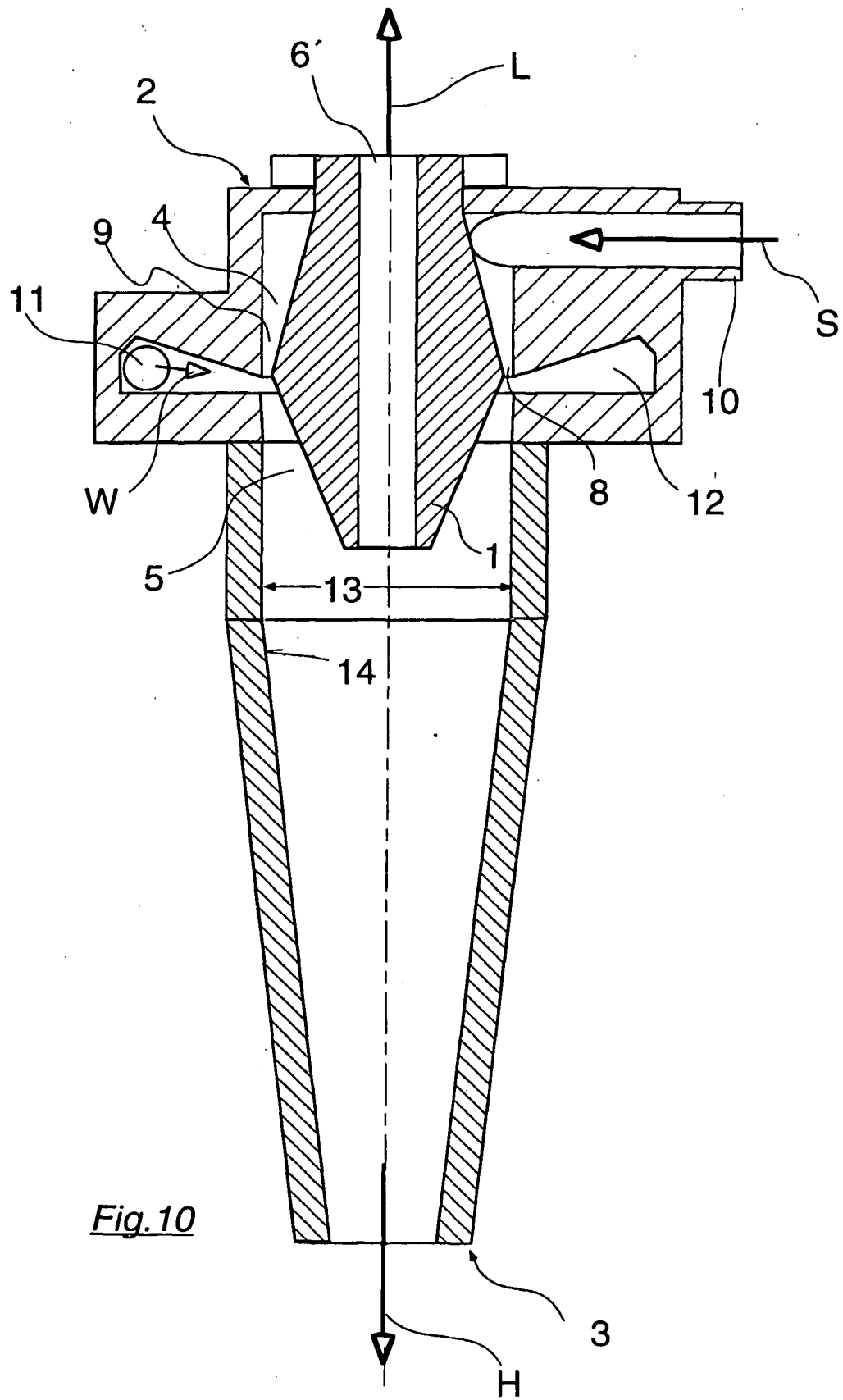


Fig. 8





IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3248039 A1 [0003]
- FR 2703602 [0004]
- US 6284069 B1 [0005]
- US 4696737 A [0006]
- US 5769243 A [0007]