



(10) **DE 10 2013 011 723 B4** 2016.06.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 011 723.2**
(22) Anmeldetag: **15.07.2013**
(43) Offenlegungstag: **15.01.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **B03C 7/02 (2006.01)**
B03C 3/40 (2006.01)
C22B 11/00 (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)
B29B 17/00 (2006.01)
C22B 59/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

(72) Erfinder:
**Baune, Michael, Dr., 28215 Bremen, DE; Du, Fei,
Dr., 28195 Bremen, DE; Thöming, Jörg, Prof. Dr.,
28355 Bremen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 6 467 630 B1
US 2009 / 0 173 670 A1
CN 201 728 058 U

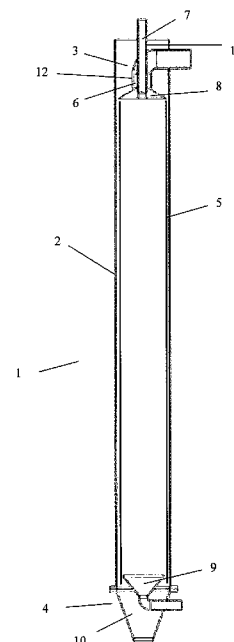
**CN 201 728 058 U (Übersetzung der Ansprüche
vom 07.03.2014)**

**CN 201 728 058 U (Übersetzung der
Beschreibung vom 07.03.2014)**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Auftrennen eines ein leitfähiges Material und ein nicht leitfähiges Material umfassenden Gemischs**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Auftrennen eines ein leitfähiges Material (16) und ein nicht leitfähiges Material (17) umfassenden Gemischs, umfassend:

- a) ein Rohr (2);
- b) ein Interdigitalelektrodensystem, umfassend eine Interdigitalelektrode mit einer ersten kammartigen Elektrode und einer zweiten kammartigen Elektrode, wobei die Finger (5) der ersten kammartigen Elektrode und die Finger (5) der zweiten kammartigen Elektrode ineinanderragen, und wobei die Finger (5) an und/oder in der Innenwand des Rohrs (2) angebracht sind;
- c) ein Einlasssystem (3), angebracht an der oberen Öffnung des Rohrs (2), umfassend einen äußeren Einlass (6) und einen inneren Einlass (7), wobei der äußere Einlass (6) etwa konzentrisch um den inneren Einlass (7) angeordnet ist; und
- d) ein Sammlersystem (4), angebracht an der unteren Öffnung des Rohrs (2), umfassend eine innere Auffangvorrichtung (9) und eine äußere Auffangvorrichtung (10), wobei die äußere Auffangvorrichtung (10) etwa konzentrisch um die innere Auffangvorrichtung (9) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Auftrennen eines leitfähigen Material und ein nicht leitfähiges Material umfassenden Gemischs, um ein an leitfähigem Material angereichertes Gemisch zu erhalten.

[0002] Die Gewinnung von Gold in Minen nach bekannten Verfahren geht einher mit zahlreichen Nachteilen, insbesondere einer hohen Umweltbelastung und hohen Kosten. Die Goldtrennung wird in Minen derzeit hauptsächlich mittels Cyanidlaugerei durchgeführt. Dabei werden gegenwärtig jährlich weltweit ca. 182.000 Tonnen Cyanid – größtenteils unkontrolliert – freigesetzt.

[0003] Im Rahmen der Cyanidlaugerei wird Gold in sauerstoffhaltiger Natriumcyanidlösung gelöst. Metallhaltige Sande werden staubfein zermahlen, aufgeschichtet und im Rieserverfahren mit einer Extraktionslösung unter freiem Luftzutritt versetzt. Das Edelmetall findet sich anschließend chemisch gebunden im hochgiftigen Sickerwasser. Nach Filtration und Ausfällung mit Zinkstaub erhält man einen braunen Schlamm, der, nach Waschen und Trocknen, durch Reduktion in Rohgold umgewandelt wird.

[0004] Auch wenn die hierbei verwendeten Cyanidlaugen im Kreislaufprozess verwendet werden, entweicht dennoch giftige Blausäure sowie deren nicht minder giftigen Salze, die Cyanide, in die Umwelt. Diese Art der Goldgewinnung hinterlässt enorme Abraumhalden und Stäube mit Cyanidspuren. Umweltschäden entstehen vor allem dadurch, dass Schlamm in Ländern mit geringer Umweltüberwachung in unkontrolliertem Fluss abgeleitet wird oder Schlammabsetzbecken bersten.

[0005] Neben der mit der Cyanidlaugerei einhergehenden Zerstörung der Umwelt, ist dieses Verfahren ferner mit hohen Kosten verbunden. Eine deutliche Erhöhung dieser Kosten ist in den kommenden Jahren aufgrund der Verschärfung von Umweltauflagen, vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern, zu erwarten.

[0006] Im Stand der Technik (Du et al. Separation Science and Technology, 2008, 15, 3842–3855; CN 201728058U, WO2012/019446A1) wird ein Verfahren zur Goldtrennung, beruhend auf dielektrophoretischen Effekten, beschrieben. Mittels des offenbarten Verfahrens können kleinere Mengen elementaren Golds aus einem Sandgemisch isoliert bzw. aufkonzentriert werden. Mit Hilfe dieses im Stand der Technik beschriebenen Verfahrens können allerdings nur kleine Mengen an Gold (Durchsatzmengen an goldhaltigem Gemisch von etwa mehreren Gramm pro Tag) gewonnen werden. Größere Durchsatzmengen, etwa

im Bereich mehrerer Tonnen pro Tag, können auf diese Art und Weise nicht erreicht werden.

[0007] Aus der US 6,467,630 B1 ist eine Vorrichtung zum Auftrennen eines Gemisches mit leitfähigen Partikeln bekannt. Die Vorrichtung umfasst ein Rohr mit einer Mittelsäule, an der Interdigitalelektroden angeordnet sind, ein Einlasssystem sowie ein Auslass- bzw. Sammlersystem.

[0008] US 2009/0173670 A1 offenbart eine Klassierungsvorrichtung, die ein Paar von gegenüberliegend angeordneten Elektroden umfasst, um ein elektrisches Feld zum Klassieren von geladenen feinen Teilchen gemäß elektrischer Mobilität zu erzeugen, um einen Klassierungsbereich zu bilden.

[0009] Es ist demnach die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Vorrichtungen und Verfahren zur Abtrennung von leitfähigen Materialien, insbesondere Gold und/oder anderen Edelmetallen, aus Gemischen mit nicht leitfähigen Materialien, wie etwa Sand, zur Verfügung zu stellen, die Nachteile des Stands der Technik überwinden, insbesondere eine umweltschonende und kostengünstige Möglichkeit zur Goldanreicherung im Industriemaßstab ermöglichen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Auftrennen eines leitfähigen Material und ein nicht leitfähiges Material umfassenden Gemischs, umfassend: a) ein Rohr; b) ein Interdigitalelektroden-system, umfassend eine Interdigitalelektrode mit einer ersten kammartigen Elektrode und einer zweiten kammartigen Elektrode, wobei die Finger der ersten kammartigen Elektrode und die Finger der zweiten kammartigen Elektrode ineinanderragen, und wobei die Finger an und/oder in der Innenwand des Rohrs angebracht sind; c) ein Einlasssystem, angebracht an der oberen Öffnung des Rohrs, umfassend einen äußeren Einlass und einen inneren Einlass, wobei der äußere Einlass etwa konzentrisch um den inneren Einlass angeordnet ist; und d) ein Sammlersystem, angebracht an der unteren Öffnung des Rohrs, umfassend eine innere Auffangvorrichtung und eine äußere Auffangvorrichtung, wobei die äußere Auffangvorrichtung etwa konzentrisch um die innere Auffangvorrichtung angeordnet ist.

[0011] Unter einem leitfähigen Material im Sinne der vorliegenden Erfindung soll ein Material verstanden werden, das bei Raumtemperatur (25°C) eine Leitfähigkeit von zumindest 10^4 S/m hat, vorzugsweise 10^5 S/m, besonders bevorzugt 10^6 S/m. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Material nicht leitfähig, wenn es eine Leitfähigkeit hat, die kleiner ist als die eines leitfähigen Materials.

[0012] Das mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu trennende Gemisch, das ein leitfähiges Material und ein nicht leitfähiges Material umfasst, kann in

einer bevorzugten Ausführungsform ferner eine Flüssigkeit, insbesondere bevorzugt Wasser, enthalten.

[0013] Unter einem Rohr im Sinne der vorliegenden Erfindung soll ein, vorzugsweise runder, länglicher Hohlkörper, der an zwei Seiten geöffnet ist und dessen Länge im wesentlichen größer ist als dessen Durchmesser, verstanden werden. Auch wenn eine runde Querschnittsform des Rohrs besonders bevorzugt ist, sind andere Querschnittsformen, wie etwa eine ovale, mehreckige, insbesondere rechteckige, etc. erfindungsgemäß ebenso vorgesehen.

[0014] Die Begriffe „oberes Ende bzw. Öffnung des Rohrs“ bzw. „unteres Ende bzw. Öffnung des Rohrs“ sind nur in dem Fall wörtlich als oben und unten zu verstehen, in dem mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens das Gemisch und die Flüssigkeit hauptsächlich durch Schwerkraft getrieben durch die erfindungsgemäße Vorrichtung geleitet werden. In Ausführungsformen, in denen das Gemisch und die Flüssigkeit durch andere Kräfte durch die erfindungsgemäße Vorrichtung geleitet werden, etwa durch den Einsatz geeigneter Pumpen, sind das obere Ende bzw. das untere Ende lediglich als Begriffe zur Unterscheidbarkeit der Enden des Rohrs zu verstehen.

[0015] Das Material, aus dem das Rohr, das in der erfindungsgemäßen Vorrichtung enthalten ist, gefertigt ist, kann prinzipiell frei gewählt werden. Vorzugsweise vorgesehen ist, dass es sich bei dem Material um ein nicht-leitendes Material handelt, besonders bevorzugt um nichtleitende Kunststoffe, vorzugsweise ausgewählt aus Polypropylen, Polyethylen, Polycarbonat etc.

[0016] Eine Interdigitalelektrode im Sinne der vorliegenden Erfindung besteht aus zwei fingerartigen (bzw. kammartigen) Elektroden, die ineinanderragen. Auf diese Weise können sehr geringe Elektrodenabstände realisiert werden. Die einzelnen ineinanderragenden Teile der Elektroden sollen als Finger der Interdigitalelektrode im Sinne der vorliegenden Anmeldung verstanden werden.

[0017] Das erfindungsgemäße Interdigitalelektrodensystem umfasst neben den fingerförmigen ineinandergreifenden Elektroden (Interdigitalelektroden) ferner Mittel zur Erzeugung eines inhomogenen elektrischen Feldes, insbesondere eine Stromquelle, wie etwa einen Funktionsgenerator, Verbindungskabel, etc..

[0018] Das Interdigitalelektrodensystem der vorliegenden Erfindung umfasst demnach eine erste kammartige Elektrode und eine zweite kammartige Elektrode. Die Finger der ersten kammartigen Elektrode und die Finger der zweiten kammartigen Elektrode ragen ineinander. Das Interdigitalelektrodensystem umfasst ferner eine Stromquelle, die die Erzeugung

eines inhomogenen elektromagnetischen Feldes ermöglicht.

[0019] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Finger der Interdigitalelektrode an und/oder in der Innenwand des Rohrs angebracht sind, bevorzugt im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des Gemisches. Dies bedeutet insbesondere, dass die Finger des Interdigitalelektrodensystems möglichst nah an der Innenwand des Rohrs angeordnet sind. Sollte ein Abstand zwischen den Interdigitalelektrodenfingern und der Innenwand des Rohrs vorhanden sein, sollte dieser möglichst klein sein. Bevorzugt ist, dass die Interdigitalelektrodenfinger in direktem Kontakt mit der Innenwand des Rohrs sind. Ebenso kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Innenwand des Rohrs Einbuchtungen aufweist, die zur Aufnahme eines Teils der Interdigitalelektrodenbestandteile geeignet sind, etwa, im Fall runder Finger der Interdigitalelektrode, halbkreisförmige Einbuchtungen, wobei vorzugsweise der Halbkreis den gleichen Durchmesser wie die Finger der Interdigitalelektrode hat. Ebenso kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Interdigitalelektrode in das Rohr selbst eingearbeitet ist.

[0020] Das Einlasssystem besteht vorzugsweise aus einem ersten Rohrstück und einem zweiten Rohrstück, wobei das erste Rohrstück einen größeren Durchmesser hat als das zweite Rohrstück und das zweite Rohrstück etwa konzentrisch in dem ersten Rohrstück angeordnet ist. Das zweite Rohrstück bildet hierbei den inneren Einlass und der Zwischenraum zwischen dem ersten Rohrstück und dem zweiten Rohrstück bildet den äußeren Einlass. Der innere Einlass und der äußere Einlass sind jeweils mit einem Rohrsystem in Verbindung, durch das Materie, insbesondere Flüssigkeiten und/oder das erfindungsgemäß zu trennende Gemisch, in den ersten Einlass bzw. in den zweiten Einlass eingeführt werden kann.

[0021] Es ist ebenso, dass das Rohr einen Innendurchmesser in einem Bereich von 1–100 cm hat, vorzugsweise 5–50 cm, insbesondere bevorzugt 7–20 cm.

[0022] Ebenso ist bevorzugt, dass das Verhältnis des Umfangs des inneren Einlasses zu dem Umfang des äußeren Einlasses zumindest $\frac{2}{3}$ ist.

[0023] Insbesondere ist bevorzugt, dass der äußere Einlass möglichst klein ist, das Verhältnis des Umfangs des inneren Einlasses zum Umfang des äußeren Einlasses also möglichst groß ist. Hierbei muss allerdings im Blick behalten werden, dass der äußere Einlass zumindest so groß ist, dass ein effizienter Einlass eines Materialstroms in adäquaten Mengen möglich ist. Der Fachmann ist aufgrund seines Fachwissens und routinemäßiger Versuche leicht in der Lage, ein geeignetes Verhältnis zwischen dem

Umfang des äußeren Einlasses und dem Umfang des inneren Einlasses zu finden, das eine zur Trennung möglichst optimale Balance zwischen möglichst kleinem äußeren Einlass und dennoch effizientem Materialeinlass berücksichtigt.

[0024] Das Verhältnis des Umfangs der inneren Auffangvorrichtung zu dem Umfang der äußeren Auffangvorrichtung orientiert sich an dem gewählten Verhältnis der Umfänge des inneren Einlasses und der des äußeren Einlasses, um ein effizientes Auffangen der getrennten Materieströme zu ermöglichen.

[0025] Ferner ist bevorzugt, dass die Finger der Interdigitalelektrode jeweils einen Durchmesser von 1 bis 10 mm haben, vorzugsweise 1 bis 5 mm, besonders bevorzugt 1 bis 3 mm, insbesondere bevorzugt etwa 2 mm, vorzugsweise 2 mm, und/oder die Finger einen Abstand von 0,5 bis 10 mm, vorzugsweise 1 bis 5 mm, besonders bevorzugt 1 bis 3 mm, insbesondere bevorzugt etwa 2 mm, vorzugsweise 2 mm, zum jeweils nächsten Finger der Interdigitalelektrode haben.

[0026] Ebenso ist bevorzugt, dass jeder oder jeder zweite Finger der Interdigitalelektrode alternierend eine isolierende Beschichtung, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe der isolierenden Kunststoffe und/oder aus der Gruppe der Metalloxide, umfasst.

[0027] Dabei ist besonders bevorzugt, dass die Interdigitalelektrode eine Metallelektrode, vorzugsweise eine Titanelektrode und/oder Aluminiumelektrode, ist und die isolierende Beschichtung ein Metalloxid, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus TiO_2 , Al_2O_3 , BaTiO_3 und Mischungen derselben, ist.

[0028] Die Form der Elektroden, bzw. der Finger der Interdigitalelektrode, kann erfindungsgemäß im wesentlichen frei gewählt werden. Erfindungsgemäß vorgesehen sind etwa Stabelektroden, Hohlelektroden, etc.

[0029] Ferner ist bevorzugt, dass das leitfähige Material ein leitfähiges Metall, vorzugsweise Gold und/oder andere Edelmetalle, umfasst und/oder das nicht leitfähige Material ein Metalloxid, vorzugsweise Siliziumdioxid, und/oder ein Gesteinsgemisch umfasst.

[0030] Unter den Begriff Gesteinsgemisch soll erfindungsgemäß jede Art von Erz oder Sand, bzw. allgemein diverseste Gesteinsmaterialien, wie Oxide, Sulfate, Carbonate, Phosphate und dergleichen, fallen.

[0031] Die Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Verfahren zum Auftrennen eines ein leitfähiges Material und ein nicht leitfähiges Material umfassenden Gemischs in eine erste Fraktion und eine zweite Fraktion, wobei die erste Fraktion eine höhere Konzen-

tration an leitfähigem Material als das Gemisch hat und die zweite Fraktion eine geringere Konzentration an leitfähigem Material als das Gemisch hat, umfassend: a) Bereitstellen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; b) Erzeugen eines ersten Stroms in dem Rohr durch Einleiten einer Flüssigkeit durch den inneren Einlass; c) Erzeugen eines zweiten Stroms in dem Rohr durch Einleiten des Gemischs durch den äußeren Einlass, wobei der erste Strom und der zweite Strom miteinander in Kontakt sind; d) Erzeugen eines inhomogenen elektrischen Felds in dem Rohr mittels des Interdigitalelektrodensystems; und e) Auffangen der ersten Fraktion mit der äußeren Auffangvorrichtung und Auffangen der zweiten Fraktion mit der inneren Auffangvorrichtung.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf einer durch dielektrische Effekte hervorgerufenen Wechselwirkung zwischen der Interdigitalelektrode und den in dem zu trennenden Gemisch enthaltenen leitfähigen Materialien. Durch die Wechselwirkung werden die leitfähigen Materialien an der Elektrode festgehalten. Aufgrund der Kraft, die das vorbeifließende Medium, insbesondere also das Gemisch und die Flüssigkeit, auf die an den Elektroden haftenden leitenden Materialien ausübt, werden diese Materialien langsam zum unteren Ende des Rohrs hin bewegt, wo sie in dem Sammlersystem, insbesondere in der äußeren Auffangvorrichtung, aufgefangen und gesammelt werden.

[0033] Dabei ist bevorzugt, dass die Flüssigkeit, die erfindungsgemäß ein Dispersionsmittel darstellt und die durch den inneren Einlass in die erfindungsgemäße Vorrichtung eingeleitet wird, um einen ersten Strom zu erzeugen, ausgewählt ist aus Wasser, Alkoholen, Ölen, wie Silikonöl, oder Mischungen derselben, vorzugsweise Wasser ist.

[0034] Insbesondere in der besonders bevorzugten Ausführungsform, in der die Flüssigkeit Wasser ist, ist es notwendig, dass die Finger der ersten kammartigen Elektrode und/oder die Finger der zweiten kammartigen Elektrode, die von dem Interdigitalelektrodensystem umfasst werden, isoliert sind. Ferner sollte die Isolierung in dieser bevorzugten Ausführungsform mit einer möglichst geringen Schichtdicke auf der Elektrode vorliegen.

[0035] Vorteile ergeben sich in dieser bevorzugten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass in dieser Ausführungsform das erfindungsgemäße Verfahren unter Verwendung von Feldstärkefrequenzen von weniger als 500 kHz, bevorzugt etwa 50 Hz–500 kHz, besonders bevorzugt 50–500 Hz, insbesondere bevorzugt 50–200 Hz und unter Verwendung von Netzspannungen von etwa 100–500 V, vorzugsweise 200–300 V, insbesondere bevorzugt 200–250 V, am meisten bevorzugt 250 V (um ein inhomogenes

elektrisches Feld zu erzeugen) durchgeführt werden kann.

[0036] Der Zusammenhang zwischen Frequenz, Spannung, Schichtdicke der Isolierung sowie Material der Isolierung ergibt sich aus dem in **Fig. 1** schematisch dargestellten High-Pass-Filter-Effekt.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können ferner mehrere erfindungsgemäße Vorrichtungen in serieller und/oder paralleler Anordnung verwendet werden.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren beruht insbesondere auf der Trennung von leitfähigen Materialien und nicht-leitfähigen Materialien auf Grundlage von dielektrophoretischen Effekten. Dadurch ist die Trennung eines oder mehrerer leitfähiger Materialien von einem oder mehreren nicht leitfähigen Materialien möglich.

[0039] Besonders bevorzugt ist ein Verfahren, in dem das leitfähige Material ein oder mehrerer leitfähige Metalle, insbesondere Gold umfasst.

[0040] Ferner besonders bevorzugt ist, dass das oder die leitfähigen Metalle, vorzugsweise Gold, von einer nicht leitfähigen Mischung, die im wesentlichen aus Minenabfällen, insbesondere Sand, besteht, abgetrennt wird.

[0041] Unter einer Trennung im Sinne der vorliegenden Erfindung soll nicht nur eine im wesentlichen vollständige Trennung sondern auch ein Aufkonzentrieren des leitfähigen Materials in einem Gemisch verstanden werden. Eine erfindungsgemäße Trennung liegt demnach vor, wenn mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ein aufkonzentriertes Gemisch erhalten werden kann, das eine höhere Konzentration an leitfähigem Material aufweist als das Gemisch, umfassend ein leitfähiges Material und ein nicht-leitfähiges Material, das mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung getrennt werden soll.

[0042] Schließlich wird die Aufgabe gelöst durch eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, um von einem ein leitfähiges Material und ein nicht leitfähiges Material umfassenden Gemisch ein aufkonzentriertes Gemisch abzutrennen, das eine höhere Konzentration an leitfähigem Material als das Gemisch hat.

[0043] Dabei ist bevorzugt, dass das leitfähige Material Gold umfasst.

[0044] Bevorzugte Verwendungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens bieten sich insbesondere in der Goldindustrie, um beispielsweise eine Anreicherung von

Gold vor der Behandlung mit Cyaniden im Rahmen der Cyanidlaugerei zur Aufreinigung des Golds zu erreichen. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, ein Gemisch von mehreren Gramm Gold in etwa einer Tonne nicht leitfähigem Mienenabfall aufzukonzentrieren zu einem Gemisch von mehreren Gramm Gold in etwa 1 kg Mienenabfällen. Auf diese Art kann die mit der Zyanidlaugerei verbundene Umweltbelastung erheblich reduziert und die, insbesondere durch Sicherheitsauflagen verursachten, Kosten der Goldgewinnung signifikant verringert werden.

[0045] Ferner ist eine Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Zwecke des Recyclens von leitfähigen Metallen, etwa Seltenen Erden, aus Elektroschrott vorgesehen. Hierbei können die unter hohem Kostenaufwand aufgereinigten Seltenerdmetallen, etwa aus gebrauchten Mobilfunkgeräten, von den nicht leitfähigen Bestandteilen, wie etwa Plastik, in einfacher Weise und im industriellen Maßstab abgetrennt werden.

[0046] Es wurde überraschenderweise von den Erfindern gefunden, dass durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und deren Einsatz in dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Trennung von leitfähigen Materialien und nicht leitfähigen Materialien ermöglicht wird, die einen Einsatz im industriellen Maßstab, etwa in der Goldindustrie, unter signifikanter Reduzierung der Umweltbelastung und erheblicher Kostensenkung, ermöglicht. Eine Trennung konnte überraschenderweise für eine Menge von mehreren Tonnen Mienenmaterial pro Tag festgestellt werden.

[0047] Ferner wurde überraschenderweise gefunden, dass die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in dem erfindungsgemäßen Verfahren, insbesondere durch das Einleiten eines Flüssigkeitsstroms in der Mitte der Vorrichtung, eine Kühlung der Vorrichtung bewirkt, die ein aus dem Stand der Technik bekanntes nachteilhaftes Erhitzen von Vorrichtungen, in auf dielektrophoretischen Effekten beruhenden Verfahren, signifikant verringert.

[0048] Weitere Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, insbesondere vor dem Hintergrund der Ausführungsbeispiele und Figuren, wobei

[0049] **Fig. 1** die schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

[0050] **Fig. 2** die schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Einlasssystems zeigt;

[0051] **Fig. 3** eine schematische Darstellung der Trennung von leitfähigen und nicht leitfähigen Ma-

terialien mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt; und

[0052] Fig. 4 eine schematische Darstellung der während des erfindungsgemäßen Verfahren in der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugten Ströme zeigt; und

[0053] Fig. 5 die Abhängigkeit der in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Spannungen und Frequenzen zur Erzeugung des inhomogenen elektrischen Felds von den Materialien einer Isolierung der Finger der Elektrode (a) und deren Schichtdicke (b) zeigt.

[0054] Bezugnehmend auf Fig. 1, soll im folgenden die erfindungsgemäße Vorrichtung am Beispiel einer bevorzugten Ausführungsform erläutert werden. Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1, die in einem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden kann. Sie umfasst insbesondere ein Rohr 2, ein Einlasssystem 3 und ein Sammlersystem 4. Von der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 ferner umfasst ist ein Interdigitalelektrodensystem, deren Finger 5 möglichst nah oder in direktem Kontakt zur Innenwand des Rohrs 2 angebracht sind.

[0055] Das Einlasssystem 3, das in Fig. 2 in schematischer Vergrößerung dargestellt ist, umfasst einen äußeren Einlass 6 und einen inneren Einlass 7. Der äußere Einlass 6 ist etwa konzentrisch um den inneren Einlass 7 herum angeordnet. Vorzugsweise kann das Einlasssystem darüber hinaus eine Endstruktur 8 umfassen, die vorzugsweise eine etwa umgekehrt trichterförmige Gestalt hat und durch die eine Trennung von Strömen, die durch den äußeren Einlass 6 und den inneren Einlass 7 in das Rohr 2 eingebracht werden, ermöglicht wird.

[0056] Das Sammlersystem 4 umfasst eine inneren Auffangvorrichtung 9 und eine äußere Auffangvorrichtung 10. Analog zur Anordnung des Einlasssystems ist die äußere Auffangvorrichtung 10 konzentrisch um die innere Auffangvorrichtung 9 angeordnet.

[0057] Das Einlasssystem 3 ist am oberen Ende des Rohres 2 angeordnet, während das Sammlersystem 4 am unteren Ende des Rohres 2 angeordnet ist.

[0058] Es ist bevorzugt, dass das Einlasssystem 3 aus einem ersten Rohrstück 11 und einem zweiten Rohrstück 12 besteht, wobei das erste Rohrstück 11 einen kleineren Durchmesser hat als das zweite Rohrstück 12 und das zweite Rohrstück 12 etwa konzentrisch um das erste Rohrstück 11 herum angeordnet ist. Es kann ferner vorzugsweise vorgesehen sein, dass das innere erste Rohrstück 11, oder allgemeiner die Grenze zwischen dem äußeren Einlass 6 und dem inneren Einlass 7, die gleiche Querschnitts-

form aufweist wie das Rohr 2 und/oder die äußere Begrenzung 12 des äußeren Einlasses 6, etwa das äußere Rohrstück 12.

[0059] In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Grenze zwischen dem inneren Einlass 7 und dem äußeren Einlass 6 eine Querschnittsform aufweist, die von der Form der äußeren Begrenzung 12 und/oder des Rohrs 2 abweicht.

[0060] Es kann vorgesehen sein, dass die äußere Begrenzung 12 des äußeren Einlasses 6 einen kleineren Durchmesser als das Rohr 2 hat und der äußere Einlass 6 konzentrisch in dem Rohr 2 angeordnet ist.

[0061] Ebenso kann vorgesehen sein, dass die äußere Begrenzung 12 des äußeren Einlasses 6, also in der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsform das zweite Rohrstück 12, die gleiche Form und Abmessung wie das Rohr 2 hat und mit dem oberen Ende des Rohres 2 direkt und fest verbunden ist. Die Verbindung zwischen der äußeren Grenze 12 des äußeren Einlasses 6 und dem Rohr 2 kann hierbei durch Verkleben, Verschmelzen, Anklebmen, Verschweißen, etc. hergestellt werden.

[0062] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform besteht das Sammlersystem 4, umfassend eine innere Auffangvorrichtung 9 und eine äußere Auffangvorrichtung 10, aus einem ersten Trichter 13 und einem zweiten Trichter 14, wobei der erste Trichter 13 einen größeren Querschnittsdurchmesser als der zweite Trichter 14 hat und der zweite Trichter 14 vorzugsweise konzentrisch im ersten Trichter 13 angeordnet ist. Sowohl der erste Trichter 13 als auch der zweite Trichter 14 sind jeweils mit einem Rohrsystem 15 verbunden, das den Abtransport von aufgefangenen Materialien ermöglicht.

[0063] Bezugnehmend auf die Fig. 3 und Fig. 4, soll im folgenden das erfindungsgemäße Verfahren am Beispiel einer bevorzugten Ausführungsform erläutert werden. Das Verfahren dient dem Auftrennen eines leitfähigen Material 16 und ein nicht leitfähiges Material 17 enthaltenden Gemischs in zwei Fraktionen, wobei eine der Fraktionen hinsichtlich des leitfähigen Materials 16 angereichert ist. Hierzu werden in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zwei Ströme erzeugt; zum einen ein erster Strom 18 durch Einleiten einer Flüssigkeit in das Rohr 2 durch den inneren Einlass 7 und zum anderen ein zweiter Strom 19 durch Einleiten des leitfähigen Material 16 und das nicht leitfähige Material 17 umfassenden Gemischs durch den äußeren Einlass 6. Der erste Strom 18 und der zweite Strom 19 stehen hierbei miteinander derart in Kontakt, dass Materie von dem ersten Strom 18 in den zweiten Strom 19 transportiert werden kann und umgekehrt.

[0064] Durch das Erzeugen eines inhomogenen elektrischen Felds in dem Rohr **2** mittels des Interdigitalelektrodensystems, insbesondere mittels der Finger **5** des Interdigitalelektrodensystems, wird bewirkt, dass das leitfähige Material **16** zu den Fingern **5** der Interdigitalelektrode und damit zu der Innenwand des Rohres **2** hingeleitet wird. Ebenso wird durch die Erzeugung des inhomogenen elektrischen Felds bewirkt, dass nicht leitfähige Materialien **17** von den Fingern der Interdigitalelektrode **5** und damit von der Innenwand des Rohres **2** weg in Richtung der Mitte des Rohres **2** abgelenkt werden.

[0065] Auf diese Weise liegt das Gemisch am Ende des Rohres in zwei Fraktionen vor, von denen eine Fraktion an leitfähigem Material **16** angereichert und die andere Fraktion an nicht leitfähigem Material **17** angereichert ist. Die an leitfähigem Material **16** angereicherte Fraktion wird mittels der äußeren Auffangvorrichtung **10** aufgefangen, während die an nicht leitfähigem Material **17** angereicherte Fraktion mittels der inneren Auffangvorrichtung **9** aufgefangen wird.

Ausführungsbeispiele

[0066] In eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die ein Rohr eines Durchmessers von 10 cm und einer Länge von 120 cm umfasste, wurde mittels eines Einlasssystems, das der schematischen Darstellung der Fig. 3 entsprach, zunächst durch den inneren Einlass Wasser in die Vorrichtung eingeführt und anschließend durch den äußeren Einlass ein goldhaltiges Gesteinsgemisch (mit einem Goldgehalt von etwa 4 g/t) in einer Suspension, die 50 Gew.-% Wasser umfasste, eingelassen.

[0067] Zur Erzeugung des inhomogenen elektrischen Felds in dem Rohr wurden Titanelektroden eines Durchmessers von 2 mm verwendet. Die Elektroden waren beschichtet mit einer isolierenden Schicht von Titandioxid. Die einzelnen Finger der Elektroden waren in Abständen von jeweils 2 mm zueinander angeordnet. Zur Erzeugung des inhomogenen dielektrischen Felds wurde eine Spannung von 200 V_{eff} und eine Frequenz von 200 Hz verwendet.

[0068] In dem angelegten inhomogenen dielektrischen Feld bewegten sich die leitfähigen Goldpartikel zu den Fingern der Interdigitalelektrode hin, glitten an diesen herunter und wurden mittels des erfindungsgemäßen Auffangsystems, nämlich durch die äußere Auffangvorrichtung, gesammelt.

[0069] Mittels des beschriebenen Aufbaus konnte eine Durchsatzrate von einer Tonne pro Tag bei einer Trennrate von 90% erzielt werden. Das heißt, dass 90% der Partikel, die in dem goldhaltigen Gesteinsgemisch, das zur Trennung in die Vorrichtung eingefüllt

wurde, später in dem durch die äußere Auffangvorrichtung aufgefangenem Konzentrat enthalten waren.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Auftrennen eines ein leitfähiges Material (**16**) und ein nicht leitfähiges Material (**17**) umfassenden Gemischs, umfassend:

- a) ein Rohr (**2**);
- b) ein Interdigitalelektrodensystem, umfassend eine Interdigitalelektrode mit einer ersten kammartigen Elektrode und einer zweiten kammartigen Elektrode, wobei die Finger (**5**) der ersten kammartigen Elektrode und die Finger (**5**) der zweiten kammartigen Elektrode ineinanderragen, und wobei die Finger (**5**) an und/oder in der Innenwand des Rohrs (**2**) angebracht sind;
- c) ein Einlasssystem (**3**), angebracht an der oberen Öffnung des Rohrs (**2**), umfassend einen äußeren Einlass (**6**) und einen inneren Einlass (**7**), wobei der äußere Einlass (**6**) etwa konzentrisch um den inneren Einlass (**7**) angeordnet ist; und
- d) ein Sammlersystem (**4**), angebracht an der unteren Öffnung des Rohrs (**2**), umfassend eine innere Auffangvorrichtung (**9**) und eine äußere Auffangvorrichtung (**10**), wobei die äußere Auffangvorrichtung (**10**) etwa konzentrisch um die innere Auffangvorrichtung (**9**) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Rohr (**2**) einen Innendurchmesser in einem Bereich von 1–100 cm hat.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Verhältnis des Umfangs des inneren Einlasses (**7**) zu dem Umfang des äußeren Einlasses (**6**) zumindest 2/3 ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Finger (**5**) der Interdigitalelektrode jeweils einen Durchmesser von 1 bis 10 mm haben und/oder die Finger (**5**) einen Abstand von 0,5 bis 10 mm zum jeweils nächsten Finger (**5**) der Interdigitalelektrode haben.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jeder oder jeder zweite Finger (**5**) der Interdigitalelektrode alternierend eine isolierende Beschichtung umfasst.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Interdigitalelektrode eine Metallelektrode ist und die isolierende Beschichtung ein Metalloxid ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das leitfähige Material (**16**) ein leitfähiges Metall umfasst und/oder das nicht leitfähige Material (**17**) ein Metalloxid umfasst.

8. Verfahren zum Auftrennen eines ein leitfähiges Material **(16)** und ein nicht leitfähiges Material **(17)** umfassenden Gemischs in eine erste Fraktion und eine zweite Fraktion, wobei die erste Fraktion eine höhere Konzentration an leitfähigem Material **(16)** als das Gemisch hat und die zweite Fraktion eine geringere Konzentration an leitfähigem Material **(16)** als das Gemisch hat, umfassend:

- a) Bereitstellen einer Vorrichtung **(1)** nach einem der vorangehenden Ansprüche;
- b) Erzeugen eines ersten Stroms **(18)** in dem Rohr **(2)** durch Einleiten einer Flüssigkeit durch den inneren Einlass **(7)**;
- c) Erzeugen eines zweiten Stroms **(19)** in dem Rohr **(2)** durch Einleiten des Gemischs durch den äußeren Einlass **(6)**, wobei der erste Strom **(18)** und der zweite Strom **(19)** miteinander in Kontakt sind;
- d) Erzeugen eines inhomogenen elektrischen Felds in dem Rohr **(2)** mittels des Interdigitalelektrodensystems; und
- e) Auffangen der ersten Fraktion mit der äußeren Auffangvorrichtung **(10)** und Auffangen der zweiten Fraktion mit der inneren Auffangvorrichtung **(9)**.

9. Verwendung einer Vorrichtung **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 7, um von einem ein leitfähiges Material **(16)** und ein nicht leitfähiges Material **(17)** umfassenden Gemisch ein aufkonzentriertes Gemisch abzutrennen, das eine höhere Konzentration an leitfähigem Material **(16)** als das Gemisch hat.

10. Verwendung nach Anspruch 9, wobei das leitfähige Material **(16)** Gold und/oder Elektroschrott umfasst.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figuren

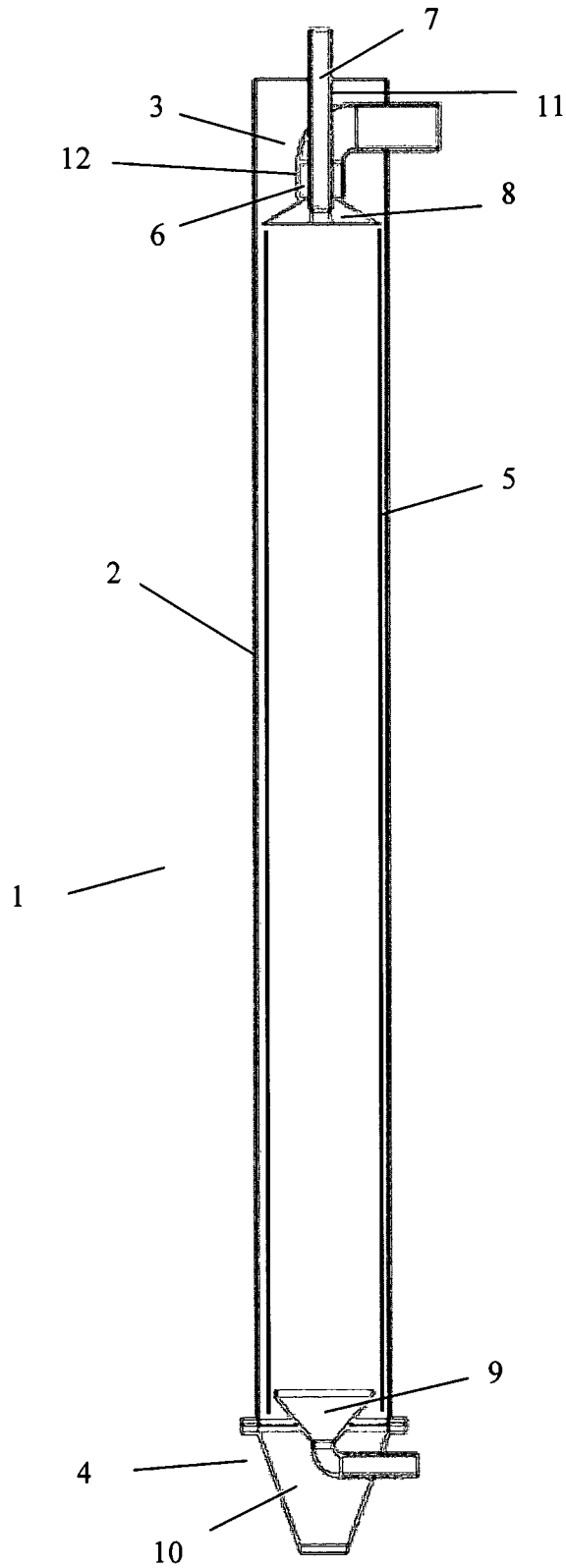


Fig. 1

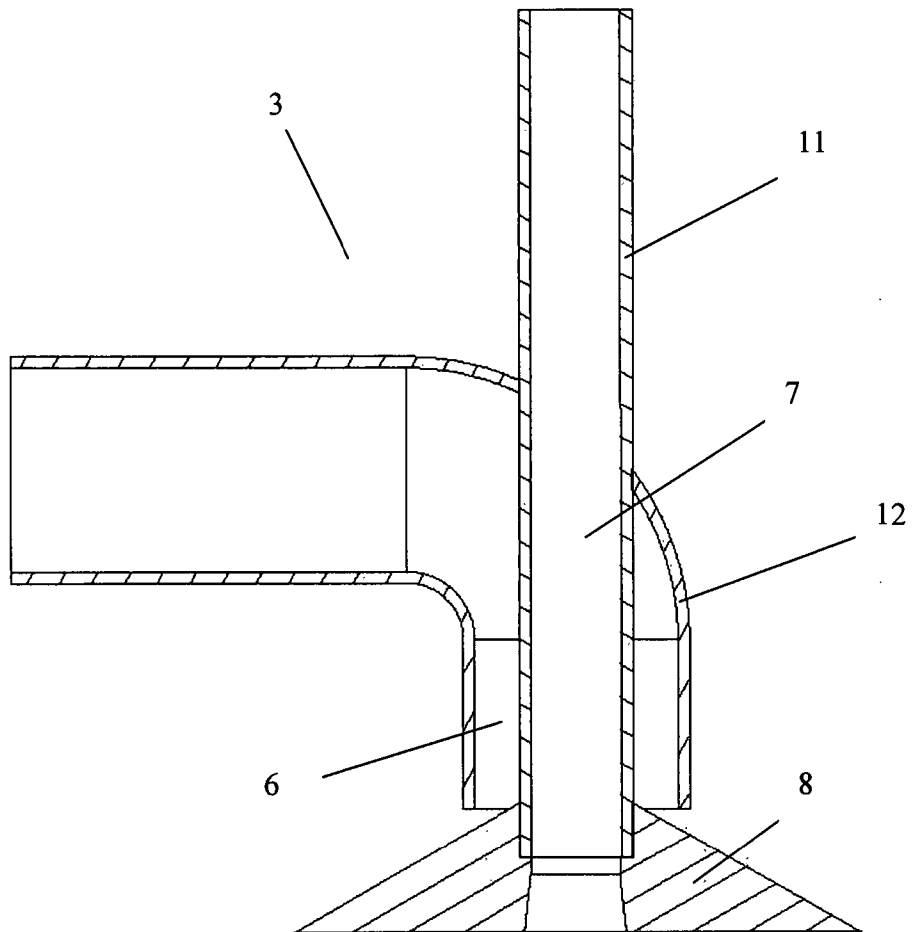


Fig. 2

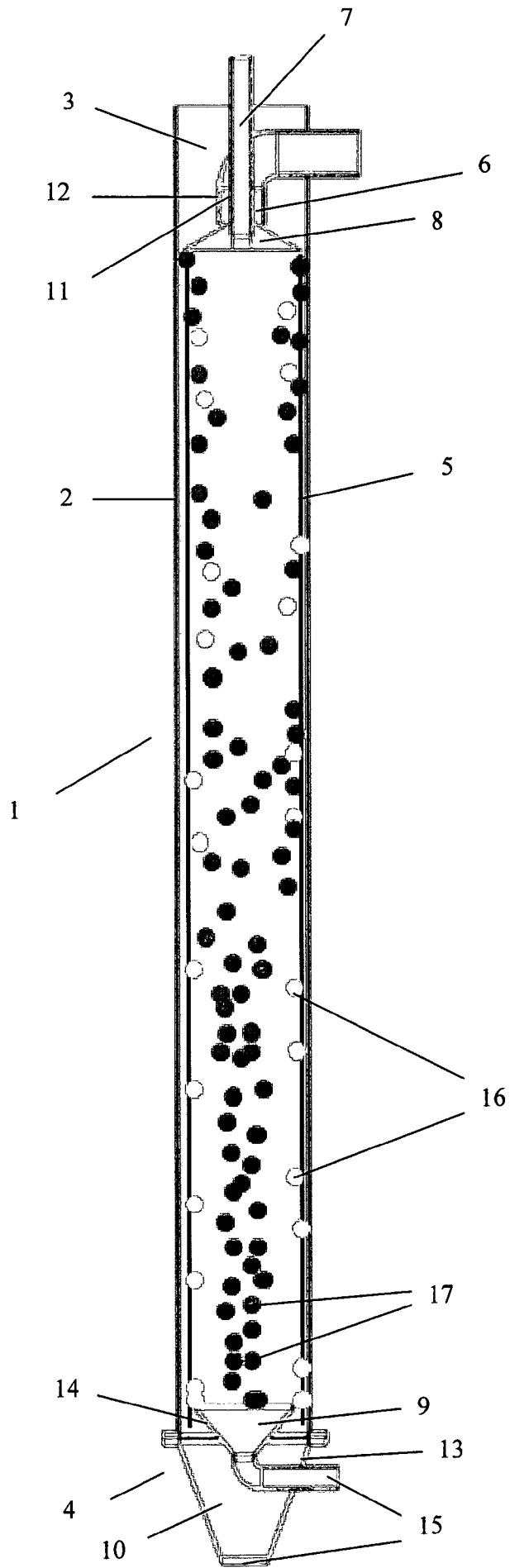


Fig. 3

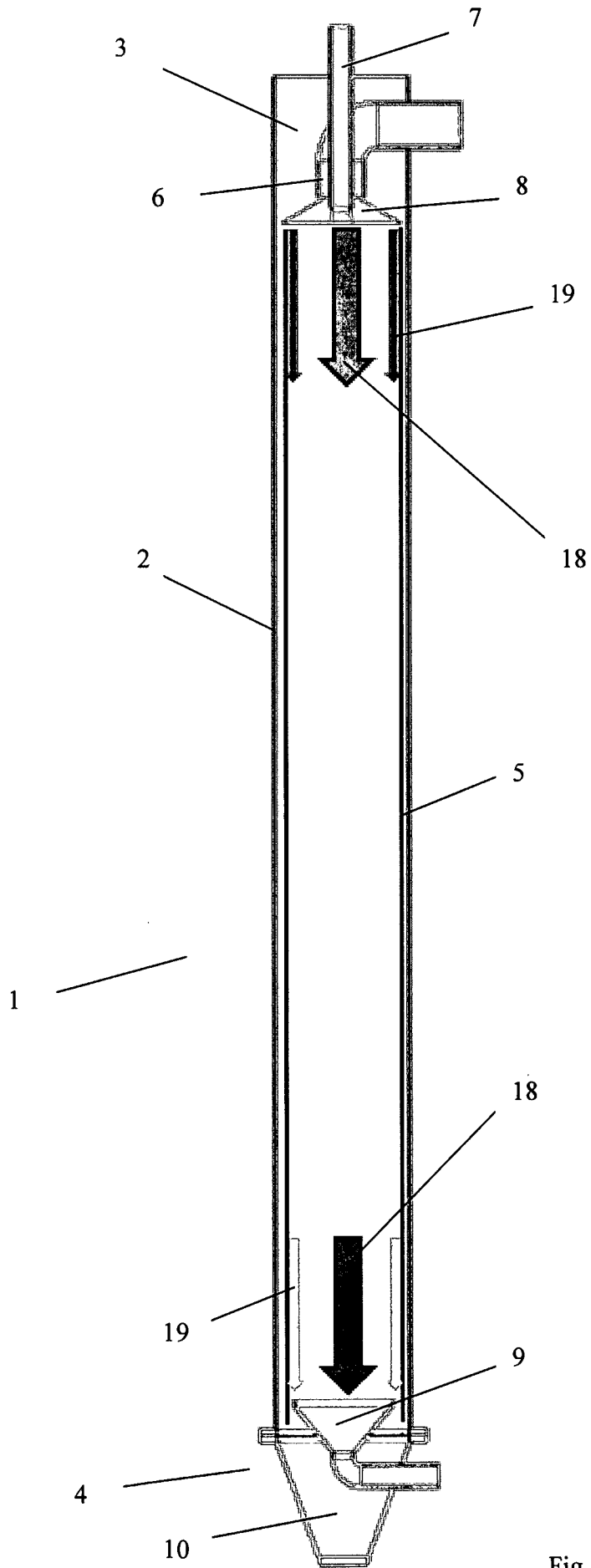


Fig. 4

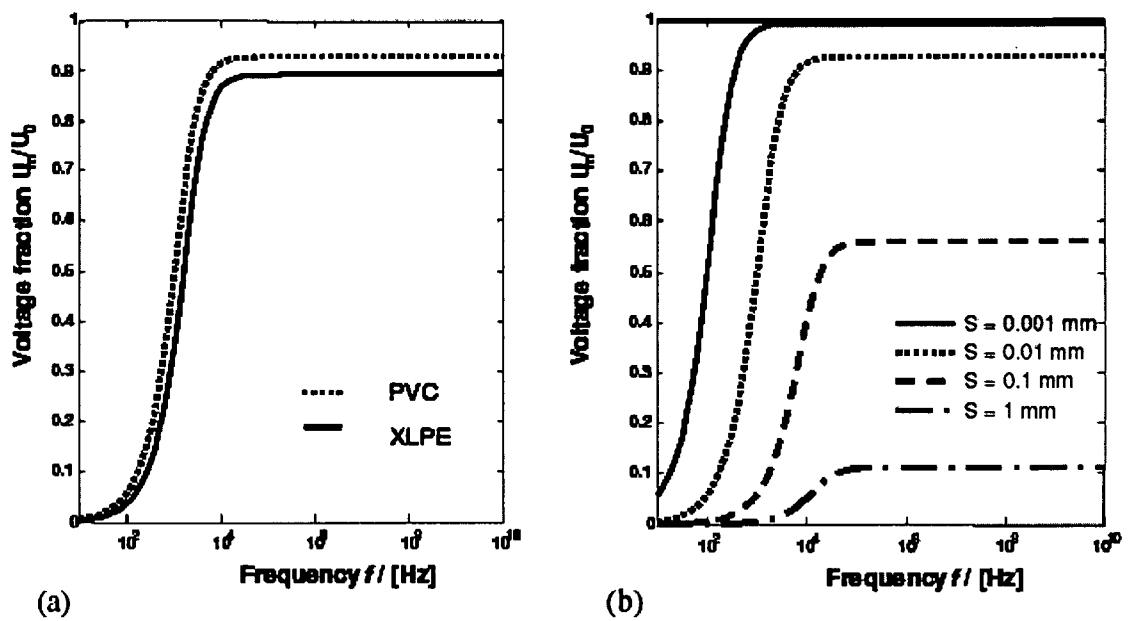


Fig. 5