

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 475 234 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91114748.6**

(51) Int. Cl.⁵: **B03B 5/00, G01N 15/02**

(22) Anmeldetag: **02.09.91**

(30) Priorität: **11.09.90 DE 4028811**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.03.92 Patentblatt 92/12

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: **DU PONT DE NEMOURS
(DEUTSCHLAND) GMBH**

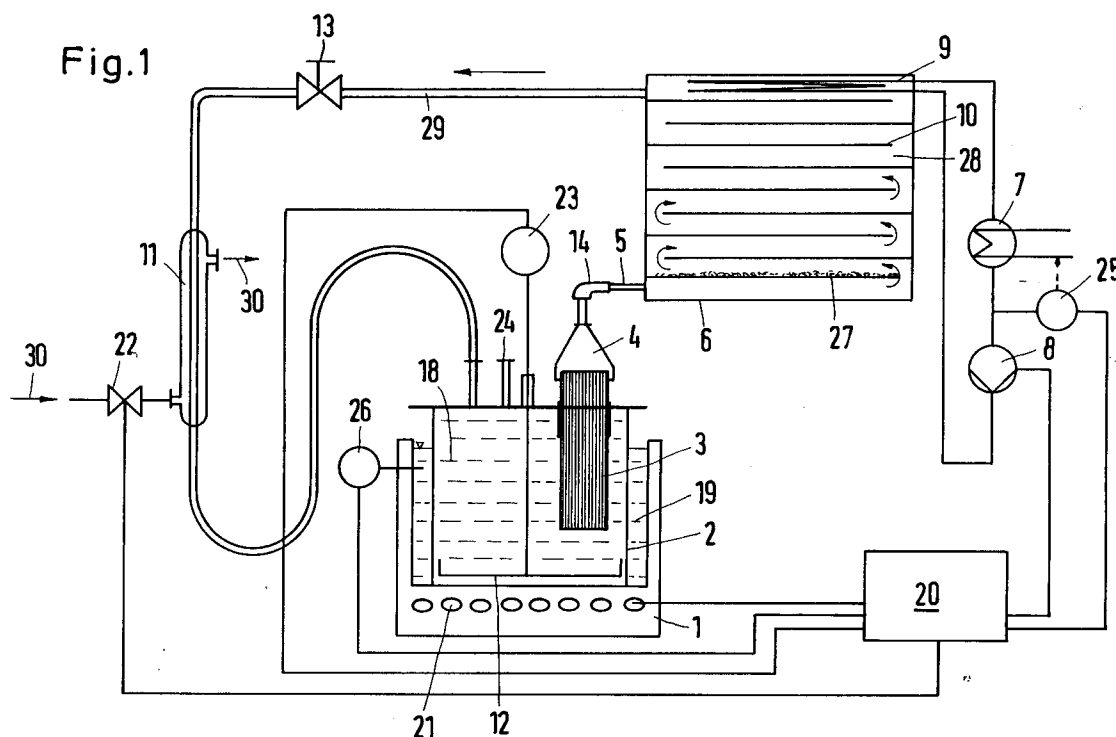
**Du Pont Strasse 1
W-6380 Bad Homburg(DE)**

(72) Erfinder: **Bassa, Altan
Sudetenring 41
W-6072 Dreieich(DE)
Erfinder: Peschel, Harald
Cleeberger Strasse 15
W-6331 Waldsolms(DE)**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Klassierung von Partikeln.

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Klassierung von Partikeln angegeben. Dazu wird in einem Vorratsbehälter (2) eine Dispersion aus einer Flüssigkeit und den zu klassierenden Partikeln hergestellt. Die Dispersion wird durch eine Rohranordnung (3) geleitet, in der die Strömungsgeschwindigkeit

keit kleiner als die Sinkgeschwindigkeit der auszusortierenden Partikel ist. Die strömende Dispersion wird dann durch einen Absetzbehälter (6) geführt, aus dem die Partikel (27) entnommen werden können.



EP 0 475 234 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Klassierung von Partikeln.

Für bestimmte Anwendungen, beispielsweise für eine Oberflächenbeschichtung, ist es erforderlich, daß der für die Oberflächenbeschichtung verwendete Stoff in Form von sehr kleinen Partikeln einer bestimmten Größenordnung zur Verfügung steht. Die Größenordnung der Partikel liegt dabei im Bereich von 1 bis ca. 50 Mikrometer. Vom Hersteller wird das aus den Partikeln bestehende Pulver aber nicht immer in der erforderlichen Monodispersität geliefert, d.h. es enthält Partikel, die zu groß sind, und andere Partikel, die zu klein sind. Weiterhin kann es vorkommen, daß sich Partikel zu Agglomeraten zusammenballen, was sie ebenfalls für die Weiterverarbeitung unbrauchbar macht. Während die zu kleinen Partikel in der Regel nicht weiter stören, muß man Sorge dafür tragen, daß die Partikel, die zu groß sind, zuverlässig aussortiert werden können. Erforderlich ist also eine scharfe Trenngrenze nach oben. Der Stoff kann ein Edelmetall, beispielsweise Gold sein. Dabei liegt jedes einzelne Partikel in einer bestimmten Form, beispielsweise Kugelform, vor. Insbesondere Goldpartikel reagieren sehr empfindlich auf mechanische Belastungen, so daß die Verwendung eines mechanischen Siebes, durch das die Partikel hindurch gedrückt oder geschüttelt werden, ausscheidet.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen es mit geringem Aufwand und mit schonender Behandlung möglich ist, Partikel oberhalb einer vorbestimmten Größe auszusortieren bzw. die Partikel nach der Größe zu klassieren.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Klassieren von Partikeln gelöst, bei dem eine Dispersion aus einer Flüssigkeit und den zu klassierenden Partikeln hergestellt wird und die Dispersion in einem Strom zum Strömen gebracht wird, der einen ersten Abschnitt mit einer ausgeprägten Komponente entgegen der Richtung der Schwerkraft aufweist, in dem die Strömung laminar ist und die maximale Strömungsgeschwindigkeit geringer als die Sinkgeschwindigkeit unerwünschter Partikel ist, und einen zweiten Abschnitt, in dem die Partikel der gewünschten Größe aus der Dispersion entfernt werden.

Der für das Ausscheiden der zu großen Partikel wichtigste Abschnitt ist der erste Abschnitt, in dem die maximale Strömungsgeschwindigkeit der Dispersion geringer ist als die Sinkgeschwindigkeit unerwünschter Partikel. Die Partikel wandern unter dem Einfluß der Schwerkraft nach unten. Die Sinkgeschwindigkeit relativ zur ruhenden Flüssigkeit der Dispersion ist dabei im wesentlich proportional zum Quadrat der Partikelgröße, was aus dem Stokes'schen Gesetz folgt. Die Effektivgeschwindigkeit

der Partikel ergibt sich aus der Überlagerung der Sinkgeschwindigkeit mit der Strömungsgeschwindigkeit der Dispersion. Da größere Partikel schneller sinken als kleinere, werden, wenn die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend eingestellt ist, nur solche Partikel am Ende des ersten Abschnitts ankommen können, deren Sinkgeschwindigkeit kleiner als die Strömungsgeschwindigkeit ist. Durch Verändern der Strömungsgeschwindigkeit läßt sich also auf einfache Art und Weise die Klassierungsgröße verändern, d.h. die Grenze, bis zu welcher Größe Partikel ausgesondert werden oder in der Flüssigkeit belassen werden. Bevorzugterweise steht der erste Abschnitt senkrecht. Am Ende des ersten Abschnitts steht also eine Dispersion zur Verfügung, in der lediglich Partikel vorhanden sind, die die vorbestimmte Größe nicht überschreiten. Hier beginnt der zweite Abschnitt des Stroms, in dem die verbliebenen Partikel, also die Partikel unterhalb der gewünschten Maximalgröße, aus der Dispersion entfernt werden.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß man damit auch kleine Mengen des zu klassierenden Materials ohne größere Ausbeuteverluste verarbeiten kann. Dies ist nicht nur deshalb von Bedeutung, weil es sich um recht wertvolle Stoffe, wie Gold, handeln kann, sondern auch, weil man das Verfahren beim Experimentieren einsetzen kann, wo für jedes Experiment nur eine beschränkte Menge des Stoffs verwendet wird. Als Beispiel sei die Entwicklung eines neuen Toners für die Erzeugung von Bildern auf klebrig gemusterten Oberflächen genannt. Das Verfahren ermöglicht eine außerordentlich schonende Behandlung der Partikel. Es hat eine scharfe Trenngrenze nach oben, die ohne großen apparativen Aufwand schnell verändert werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform zum Entfernen der Partikel aus der Dispersion wird dadurch realisiert, daß der zweite Abschnitt eine ausgeprägte Komponente quer zur Schwerkraft aufweist und über eine Absetzfläche geleitet wird, wobei die Strömung laminar ist. Die Partikel in der Dispersion unterliegen nach wie vor der Schwerkraft. Wenn der Strom im zweiten Abschnitt also mit einer laminaren Strömung quer zur Schwerkraft fließt, werden die Partikel nicht nur mit der Strömung, sondern auch in Richtung der Schwerkraft wandern. Da der Strom über eine Absetzfläche geleitet wird, schlagen sich die Partikel auf der Absetzfläche nieder. Von dort können sie von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Bevorzugterweise wird die Strömung in einem geschlossenen Kreislauf geführt und durch einen Thermosiphon erzeugt. Der Thermosiphon ist eine natürliche Konvektion, die in einem geschlossenen Flüssigkeitskreis entsteht, wenn Temperaturunterschiede in den vertikalen Abschnitten der Verbindungskanäle bestehen. Die durch die Konvektion

erzeugte Flüssigkeitsströmung wird erzeugt, ohne daß mechanische Kräfte auf die Flüssigkeit oder die Partikel wirken, wie dies beispielsweise bei einer mechanischen Pumpe der Fall ist. Die Partikel werden also nach wie vor sehr schonend behandelt.

Bevorzugterweise wird der Strom aus einem Vorrat gespeist und wieder dorthin zurückgeleitet, der in Intervallen mechanisch gerührt und/oder mit Ultraschall beaufschlagt wird. Der Rührer sollte sich dicht über dem Boden des Vorratsgefäßes bewegen, jedoch soviel Abstand davon haben, daß keine Partikel eingeklemmt und verformt werden können. Mit diesen Maßnahmen sorgt man dafür, daß in dem Vorrat immer eine Dispersion vorhanden ist, d.h. keine Trennung von Flüssigkeit und Partikeln stattfindet, in dem sich die Partikel absetzen. Die Intervallsteuerung sorgt dafür, daß unnötige Turbulenzen im Vorrat vermieden werden. Dies erleichtert die Herstellung der laminaren Strömung im ersten Abschnitt. In den Vorrat können von Zeit zu Zeit neue Partikel eingeführt werden, wenn eine vorbestimmte Ausbeute einer vorhergehenden Füllung ausgesiebt worden ist.

Vorteilhafterweise sind die Intervalle um einen Faktor im Bereich zwischen 5 und 100, insbesondere im Bereich von 15 bis 25, größer als die Zeitabschnitte, in denen gerührt bzw. Ultraschall erzeugt wird. Die Zeitabschnitte, in denen die Gefahr besteht, daß die laminare Strömung im ersten Abschnitt gestört wird, sind also relativ kurz.

Bevorzugterweise weisen die Intervalle eine Länge im Bereich von 3 bis 15 Min. auf. Die genaue Länge der Intervalle ist von der verwendeten Partikelgröße abhängig. Ein Durchmischen der Dispersion sollte auf jeden Fall stattfinden, bevor sich alle Partikel am Boden des Vorrats niedergeschlagen haben. Vorteilhafterweise sollte die Rührzeit mindestens 5 bis 10 Sekunden betragen. Sie sollte in jedem Fall kürzer sein als die Aufenthaltszeit eines Volumenelements im ersten Abschnitt.

Mit Vorteil ist die Strömungsgeschwindigkeit im zweiten Abschnitt größer als im ersten Abschnitt. Dies hat den Vorteil, daß einerseits durch eine relativ langsame Strömung im ersten Abschnitt auch noch sehr kleine Partikelgrößen ausgesondert werden können. Andererseits läßt sich im zweiten Abschnitt, in dem die Partikel entnommen werden, eine genauere Auflösung nach Partikelgröße erreichen. Auch im zweiten Abschnitt ist ja die Sinkgeschwindigkeit der Partikel abhängig von der Partikelgröße. Die größeren Partikel werden sich also in einem in Strömungsrichtung gesehen vorderen Bereich der Absetzfläche absetzen, während die kleineren Partikel sich in Strömungsrichtung weiter hinten absetzen werden. Wenn also eine zusätzliche Sortierung nach Partikelgröße erwünscht ist, läßt sich dies durch die gezielte Aus-

wahl bestimmter Bereiche der niedergeschlagenen Partikel auf der Absetzfläche erreichen. Je größer die Strömungsgeschwindigkeit im zweiten Abschnitt und je länger dieser Abschnitt ist, desto größer wird die Auflösung.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die in den Vorrat zurückströmende Dispersion auf etwa die gleiche Temperatur wie der Vorrat gebracht. Dadurch vermeidet man unnötige Turbulenzen im Vorrat, die durch eine Konvektionsströmung hervorgerufen werden könnten. Auch diese Maßnahme dient dazu, die Strömung im ersten Abschnitt laminar zu halten. Der Vorrat hat bevorzugt die Temperatur der Umgebung.

Mit Vorteil wird als Flüssigkeit ein Alkohol, insbesondere ein niedriger aliphatischer Alkohol, z.B. Methanol, Ethanol, Propanol oder Butanol, verwendet. Die Flüssigkeit muß die Partikel gut benetzen, damit keine Luft an ihnen hängenbleibt. Sie muß auch die Dispersion der Partikel stabil halten, so daß es nicht zu Agglomerationen kommt. Schließlich ist die Flüssigkeit so zu wählen, daß ihre Strömung weit vom Turbulenzbereich entfernt bleibt. Die dazu nötigen Werte für Dichte und Viskosität ergeben sich aus den Gesetzen der Strömungslehre bei Berücksichtigung der Dichte der Partikel und der gewünschten Trennschwelle.

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zur Klassierung von Partikeln gelöst mit einem Vorratsbehälter, in dem sich eine Dispersion befindet, einer im wesentlichen vertikal angeordneten Rohranordnung, deren unteres Ende sich im Vorratsbehälter befindet, einem Absetzbehälter mit mindestens einer im wesentlichen horizontal angeordneten Absetzfläche, der mit dem anderen Ende der Rohranordnung verbunden ist, einer Leitung, die vom Ausgang des Absetzbehälters zum Vorratsbehälter führt, und Pumpmitteln zum Erzeugen eines Dispersions-Stromes durch einen durch die Rohranordnung, den Absetzbehälter und die Leitung gebildeten Kreislauf. Die Rohranordnung bildet den ersten Abschnitt, in dem die Sinkgeschwindigkeit der auszusortierenden Partikel größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit der Dispersion. Am Anfang des Siebvorganges werden sich daher in dem Vorratsbehälter Partikel aller Größen befinden. Da die unerwünscht großen Partikel aber aus dem Vorratsbehälter nicht heraus wandern können, werden sie sich im Vorratsbehälter anreichern. Dafür schlagen sich die Partikel mit der gewünschten Größe im Absetzbehälter auf der Absetzfläche nieder. Von Zeit zu Zeit müssen die Partikel von der Absetzfläche entfernt werden. Zur gleichen Zeit kann man dann auch die Beladung des Vorratsbehälters erneuern oder ergänzen. Dabei kann es unter Umständen ausreichen, neues Pulver, d.h. neue Partikel, in den Vorratsbehälter einzugeben, da keine Flüssigkeit verloren geht.

Mit Vorteil weisen die Pumpmittel eine Heizeinrichtung in einem ersten Abschnitt des Kreislaufs und eine Kühleinrichtung in einem zweiten Abschnitt des Kreislaufes auf, wobei mindestens einer der Abschnitte nicht horizontal angeordnet ist. Durch die Heizeinrichtung und die Kühleinrichtung wird ein Thermosiphon-Umlauf gebildet. Da sich die Dispersion in einem geschlossenen Kreislauf bewegt, reicht es aus, eine Veränderung des spezifischen Gewichts in einem Abschnitt zu bewirken, in dem die Flüssigkeit eine vertikale Bewegung, d.h. eine Bewegung in Richtung oder entgegen der Richtung der Schwerkraft durchführen kann. Im gesamten übrigen Kreislauf wird die Flüssigkeit nach Art von kommunizierenden Röhren nachgesaugt bzw. weggedrückt. Für einen besonders guten Wirkungsgrad des Thermosiphons sind die entsprechenden Abschnitte vertikal angeordnet. Dies ist jedoch nicht notwendig. Die Abschnitte können auch gegenüber der Vertikalen geneigt sein.

Bevorzugterweise weist die Rohranordnung eine Vielzahl von parallel angeordneten Röhrrchen auf, in denen die Pumpmittel eine laminare Strömung der Dispersion erzeugen. Die Röhrrchen haben den Vorteil, daß sie auch dann eine laminare Strömung erlauben, wenn in dem Vorratsbehälter kleinere Turbulenzen herrschen. Solche Turbulenzen sind unvermeidbar, wenn die Dispersion aus dem Kreislauf wieder in den Vorratsbehälter zurückgeleitet wird. Weiterhin reduzieren sie Ungleichmäßigkeiten der Verteilung der freien Strömungsfläche und stellen eine weitgehend homogene Flüssigkeitsbewegung sicher. Durch die Vielzahl der parallel angeordneten Röhrrchen läßt sich ein relativ großer Strömungsdurchsatz bei langsamer Strömungsgeschwindigkeit erreichen. Die Strömungsgeschwindigkeit ist, wie erwähnt, durch die Sinkgeschwindigkeit der abzutrennenden Partikel begrenzt.

Bevorzugterweise weisen die Röhrrchen innen eine Zylinderform auf. Die Zylinderform schließt die Bildung von Wirbeln, die eine laminare Strömung stören würden, weitgehend aus.

Auch ist von Vorteil, daß die Länge der Röhrrchen das 40- bis 200-fache des Innendurchmessers beträgt. Es läßt sich hier zumindest über einen Teil der Länge der Röhrrchen mit hoher Zuverlässigkeit eine laminare Strömung einrichten.

Vorteilhafterweise ist am oberen Ende der Rohranordnung ein Kegel angeordnet, der den für die Dispersion zur Verfügung stehenden Strömungsquerschnitt vermindert. Der Kegel beschleunigt die Dispersion. Die Dispersion kann also relativ langsam in den Röhrrchen aufsteigen. Die Geschwindigkeit kann dabei so langsam sein, daß sie mit dem Auge fast nicht mehr wahrnehmbar ist, z.B. 5 mm/min oder weniger. Der Kegel weist an seinem unteren Ende eine größere Öffnung auf, in die die

Röhrrchen einmünden. An seinem oberen Ende weist er hingegen eine kleinere Öffnung auf, durch die die Dispersion wieder austritt. Bei konstantem Volumenstrom durch den Kegel muß der Dispersionsstrom mit einer weitaus größeren Geschwindigkeit aus dem Kegel austreten, als er eingetreten ist. Dies erleichtert die weitere Handhabung der Dispersion, insbesondere die Umlenkung in die horizontale Richtung, die für die Leitung der Strömung über die Absetzfläche erforderlich ist.

Mit Vorteil sind die Röhrrchen in Bündeln zusammengefaßt. Bis zu einer gewissen Zahl lassen sich die Röhrrchen in einem einzigen Bündel zusammenfassen, ohne daß man Einbußen hinsichtlich der Qualität der laminaren Strömung insbesondere im Kegel hinnehmen muß. Ab einer gewissen Anzahl kann es jedoch vorkommen, daß sich aufgrund der unterschiedlichen Entfernungen der einzelnen Röhrrchen von der Mitte des Kegels und damit von dem Ausgang des Kegels Störungen in der Strömung ausbilden, die zu einer Wirbelbildung führen. Durch die Zusammenfassung einer vorbestimmten Anzahl von Röhrrchen zu jeweils einem Bündel lassen sich die einzelnen Strömungen besser kontrollieren.

Dabei ist bevorzugt, daß die Mittelpunkte der Bündel mit gleichem Abstand verteilt auf einer Kreislinie angeordnet sind. Dies ist eine zweckmäßige Anordnung, um eine möglichst störungsfreie Strömung im Kegel zu erzielen.

Dabei ist bevorzugt, daß jedes Bündel eine Anzahl von Röhrrchen im Bereich von 10 bis 500, insbesondere 80 bis 150, aufweist. Der Innendurchmesser der Röhrrchen beträgt bevorzugt etwa 4 mm, wenn als Flüssigkeit Ethanol verwendet wird. Bei höherviskosen Flüssigkeiten kann er auch größer sein.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen der Rohranordnung und dem Absetzbehälter ein Leitungskrümmer angeordnet, der die Strömung von der Vertikalen in die Horizontale umleitet, wobei der Biegeradius bezogen auf die Mitte des Leitungskrümmers kleiner als der Durchmesser des Strömungsquerschnitts des Leitungskrümmers ist. In Verbindung mit der durch den Kegel erzeugten hohen Strömungsgeschwindigkeit kann die Strömung hier von der Vertikalen in die Horizontale umgelenkt werden, ohne daß sich eine Rückströmung nach unten ergibt. Der Leitungskrümmer ist dabei im Prinzip ein gebogenes Rohr mit einem bestimmten Durchmesser, der den Durchmesser des Strömungsquerschnitts des Leitungskrümmers definiert. Der Biegeradius beschreibt die Krümmung der gedachten Rohrachse.

Mit Vorteil ist im Kreislauf eine verstellbare Drosseleinrichtung vorgesehen. Durch die Pumpmittel läßt sich zwar die Geschwindigkeit in weiten Bereichen einstellen. Für bestimmte Anwendungs-

fälle ist die Regelung über die Pumpmittel jedoch zu langsam. In diesem Fall läßt sich durch eine Drosseleinrichtung, beispielsweise ein Ventil, eine Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit des Dispersionsstromes erzielen.

Bevorzugterweise ist die Drosseleinrichtung in der Leitung zwischen Absetzbehälter und Vorratsbehälter angeordnet. In diesem Bereich spielen Turbulenzen, die durch die Drosseleinrichtung erzeugt werden können, keine Rolle mehr.

Vorteilhafterweise ist der Vorratsbehälter in einer temperierbaren Ultraschall-Wanne angeordnet. Die temperierbare Wanne stellt einerseits sicher, daß im Vorratsbehälter keine thermisch bedingten Konvektionsströmungen entstehen, die zu Turbulenzen in den Röhrchen führen könnten. Andererseits ermöglicht sie die Ankoppelung von Ultraschall-Energie zum Durchmischen der Dispersion.

Vorteilhafterweise weist der Vorratsbehälter einen angetriebenen Rührer auf. Auch der Rührer kann zum Durchmischen der Dispersion verwendet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Absetzbehälter mehrere parallel zueinander, übereinander angeordnete Platten auf, wobei jeweils zwei Platten einen Strömungskanal bilden und alle Strömungskanäle in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. Der Dispersionsstrom wird also der Reihe nach über alle Platten geleitet. Die Partikel können sich an den einzelnen Platten niederschlagen. Hierbei läßt sich durch die einzelnen Platten auch eine gewisse Sortierung der Partikelgröße vornehmen. Größere Partikel werden sich auf den unteren Platten niederschlagen, d.h. am Anfang des Absetzbehälters. Kleinere Partikel werden sich dagegen auf den in Strömungsrichtung gesehen hinteren Platten niederschlagen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht der Klassierungsvorrichtung,
- Fig. 2 einen Querschnitt durch eine Rohranordnung,
- Fig. 3 einen Querschnitt durch ein Bündel und
- Fig. 4 eine Überleitung zwischen erstem und zweiten Abschnitt des Kreislaufs.

In einer Ultraschall-Wanne 1 ist ein Vorratsbehälter 2 angeordnet. Der Vorratsbehälter 2 ist etwa zylindrisch und hat ein Volumen von ca. 20 l. Der Vorratsbehälter 2 ist in der Ultraschall-Wanne 1 von einem Wasserbad 19 umgeben. Das Wasserbad 19 dient einerseits zum Ankoppeln des von Ultraschallerzeugern 21 erzeugten Ultraschalls an den Vorratsbehälter 2, andererseits dazu, den Vorratsbehälter 2 zu temperieren. Die Temperatur des

Wasserbades 19 wird über einen Temperaturfühler 26 erfaßt und an eine Steuereinrichtung 20 weitergemeldet.

Im Vorratsbehälter 2 befindet sich eine Dispersion, d.h. eine Flüssigkeit mit darin schwebenden Partikeln. Die Partikel sind aus Gold und haben eine Größe von ca. 10 µm. In die Dispersion eingetaucht ist das untere Ende einer Rohranordnung 3. Am anderen Ende der Rohranordnung 3 befindet sich ein Kegel 4. Am Ausgang des Kegels 4 ist ein Krümmer 14 angeordnet, der die durch die Rohranordnung 3 strömende Dispersion von der vertikalen in die horizontale Richtung umlenkt. Der Krümmer 14 ist mit einem Eingang 5 eines Absetzbehälters 6 verbunden, in den die Dispersion eingespeist wird. Der Absetzbehälter 9 weist mehrere übereinander und parallel zueinander angeordnete Absetzplatten 10 auf. Jeweils zwei übereinander angeordnete Absetzplatten 10 bilden einen Strömungskanal 28. Alle Strömungskanäle 28 sind hintereinander angeordnet. Der Ausgang des Absetzbehälters 6 ist mit Hilfe einer Leitung 29 über ein Ventil 13 und eine Kühleinrichtung 11 wieder mit dem Vorratsbehälter 2 verbunden.

Vorratsbehälter 2, Rohranordnung 3, Absetzbehälter 6 und Leitung 29 bilden einen geschlossenen Kreislauf. Die in einem vertikalen Abschnitt des Kreislaufs, nämlich zwischen Ventil 13 und Vorratsbehälter 2, angeordnete Kühleinrichtung 11 wird über ein Ventil 22, das von der Steuereinrichtung 20 gesteuert werden kann, mit Kühlwasser in Richtung der Pfeile 30 beschickt. Flüssigkeit, die sich in dem Leitungsabschnitt innerhalb der Kühleinrichtung 11 befindet, wird daher abgekühlt. Die Flüssigkeit der Dispersion 18 ist Ethanol, dessen spezifisches Gewicht, d.h. das Gewicht pro Volumeneinheit, sich mit abnehmender Temperatur vergrößert. Mit anderen Worten, die Flüssigkeit in der Kühleinrichtung 11 wird schwerer und sinkt nach unten. Da der gesamte Kreislauf nach Art einer kommunizierenden Röhre zusammenhängt, wird dadurch durch die Rohranordnung 3, den Absetzbehälter 6 und die Leitung 29 Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 2 nachgesaugt. Am Ende des Absetzbehälters 6 ist eine Heizeinrichtung 9 vorgesehen, die die Dispersion an dieser Stelle aufheizt. Die Heizeinrichtung 9 ist als Heizschlange ausgebildet, die mit warmem Wasser durchströmt ist, das, gesteuert durch einen Thermostaten 7, durch eine Pumpe 8 durch die Heizschlange 9 getrieben wird. Die Temperatur der Heizeinrichtung 9 wird über eine Temperatursteuerung 25 gesteuert, die ihrerseits wiederum von der Steuereinrichtung 20 gesteuert wird. Die Steuereinrichtung 20 steuert auch die Betätigung der Pumpe 8. Die Heizeinrichtung 9 heizt die durch den Absetzbehälter 6 strömende Dispersion um genau das gleiche Maß auf, um das die Kühleinrichtung 11 die Dispersion wieder abkühlt. Auf diese Art und

Weise ist es möglich, in dem Vorratsbehälter 2 eine konstante Temperatur aufrechtzuerhalten. Damit wird eine durch Konvektion bedingte Strömung im Vorratsbehälter 2 vermieden.

Die Rohranordnung 3 weist eine Anzahl von Bündeln 15 auf, die mit ihren Mittelpunkten auf einer gemeinsamen Kreislinie 17 angeordnet sind. Die Bündel münden in den Kegel 4 am oberen Ende der Rohranordnung. Jedes Bündel 15 weist eine Vielzahl von Röhrchen 16 auf. Dargestellt sind 37 Röhrchen (Fig. 3). Die Zahl der Röhrchen richtet sich u.a. nach dem gewünschten Durchsatz und dem gewünschten Siebergebnis. Sie kann zwischen 10 und - 500 liegen, bevorzugterweise zwischen 80 und 150. Der Innendurchmesser der Röhrchen beträgt hier 4 mm. Die Röhrchen 16 sind innen zylinderförmig ausgestaltet. Hierdurch wird eine Bildung von Wirbeln weitgehend vermieden. Die Länge der Röhrchen 16 beträgt ca. 160 bis 800 mm, d.h. die Länge der Röhrchen 16 beträgt das 40- bis 200-fache des Innendurchmessers. Besonders günstige Werte lassen sich erzielen, wenn die Länge der Röhrchen das 80- bis 120-fache des Innendurchmessers beträgt.

Die Ethanol-Gold-Dispersion im Vorratsbehälter 2 wird periodisch, beispielsweise alle 10 Minuten, durch einen Rührer 12, der von einem Motor 23 unter Steuerung der Steuereinrichtung 20 angetrieben wird, durchmischt. Gleichzeitig wird sie mit Ultraschall von den Ultraschallerzeugern 21 beaufschlagt. Der Rührer kann Kunststoffflossen aufweisen, die den Boden des Vorratsbehälters 2 abstreifen und die Partikel vom Boden aufwirbeln. Die Ultraschalleitung und der Rührer können beispielsweise für ca. 10 sek. aktiviert werden. Dies bewirkt zwar eine gewisse Bewegung der Dispersion 18 im Vorratsbehälter 2. Es kommt jedoch nicht zu nennenswerten Turbulenzen. Durch die Aufheizung der Dispersion mit Hilfe der Heizeinrichtung 9 und die Abkühlung der Dispersion mit Hilfe der Kühleinrichtung 11 entsteht eine mit den Augen fast nicht wahrnehmbare Strömung der Dispersion 18 durch die Rohranordnung 3, d.h. durch die einzelnen Röhrchen 16 in den Bündeln 15. In jedem Röhrchen bildet sich ein Strömungsprofil aus, das einer laminaren Strömung entspricht. Die Strömungsgeschwindigkeit durch die Röhrchen 16 wird dabei durch das Zusammenwirken der Heizeinrichtung 9 und der Kühleinrichtung 11 mit dem Ventil 13 so eingestellt, daß die maximale Strömungsgeschwindigkeit, die in der Regel in der Mitte eines jeden Röhrchens 16 auftritt, kleiner ist als die Sinkgeschwindigkeit der auszusortierenden größten Partikel. Je größer die Partikel sind, d.h. je ungünstiger das Verhältnis von Gewicht zu Oberfläche der Partikel ist, desto schneller sinken die Partikel unter dem Einfluß der Schwerkraft nach unten. Durch Verändern der Strömungsgeschwindigkeit in den

Röhrchen 16 läßt sich also die Größe der auszusiebelnden Partikel sehr präzise verändern. Am oberen Ende der Rohranordnung 3 steht nun eine Dispersion zur Verfügung, die frei von unerwünschten Partikeln ist. Diese Dispersion wird in dem Kegel 4 beschleunigt. Die Beschleunigung erfolgt, weil der Volumendurchsatz durch den Kegel gleichbleibt, obwohl sich die zur Verfügung stehende Strömungs-Querschnittsfläche erheblich verringert. An den Kegel 4 ist der Krümmer 14 angeschlossen. Der Krümmer 14 ist ein gebogenes Rohr, d.h. eine Leitungsbiegung, dessen Biegeradius R, d.h. der Radius der Krümmung der gedachten Rohrachse, kleiner ist als der Durchmesser D des Rohres. Durch den relativ scharfen Knick wird erreicht, daß sich zwischen Krümmer 14 und Kegel 4 ebenfalls eine laminare Strömung einstellt, d.h. es kommt durch die Umlenkung des Dispersions-Stromes nicht zu einer Strömungsumkehr in einem Teil des Rohrquerschnitts. Die nun horizontal fließende Strömung wird in den Absetzbehälter 6 geleitet und fließt über die Platten 10. Dort setzen sich die Partikel unter dem Einfluß der Schwerkraft ab, wie das mit dem Bezugszeichen 27 dargestellt ist. Je kleiner die Partikel sind, desto später setzen sie sich auf den Platten 10 ab. Es ist durchaus möglich, daß sich nicht alle Partikel auf den Platten 10 niederschlagen oder absetzen. Versuche haben ergeben, daß ein kleiner Anteil (ca. 2 Gew.%) der Partikel wieder in den Vorratsbehälter 2 zurückbefördert werden. Von Zeit zu Zeit können nun die Platten 10 aus dem Absetzbehälter 6 entfernt werden. Die klassierten Partikel, die nun die geforderte Größe aufweisen, können von den Platten entnommen werden. Da die Platten 10 in Reihe hintereinander angeordnet sind, lassen sich auf verschiedenen Platten auch verschiedene Partikelgrößen nieder. Falls dies gewünscht ist, können die einzelnen Partikel im Absetzbehälter also noch der Größe nach sortiert entnommen werden.

Der Vorratsbehälter 2 weist einen Einfüllstutzen 24 auf, durch den chargenweise oder auch kontinuierlich neue Partikel zugeführt werden können. Da sich die Partikel mit der unerwünschten Größe im Vorratsbehälter 2 anreichern, kann es notwendig sein, den Vorratsbehälter 2 von Zeit zu Zeit zu reinigen. Die Entfernung der zu großen Partikel kann aber auch dadurch erfolgen, daß durch die Steuerung der Heizeinrichtung 9, der Kühleinrichtung 11 und des Ventils 13 die Strömungsgeschwindigkeit durch die Rohranordnung 3 so eingestellt wird, daß alle Partikel aus dem Vorratsbehälter 2 in den Absetzbehälter 6 strömen und sich dort niederschlagen können.

Zur Verbesserung der Handhabung sind eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen, die helfen, eine durch Konvektion bedingte Strömung im Vorratsbehälter 2 zu verhindern. Dazu gehört zum

einen, daß der Vorratsbehälter 3 durch das Wasserbad 19 auf Umgebungstemperatur gehalten wird. Weiterhin ist die Kühleinrichtung 11 so eingestellt, daß die Temperatur der in den Vorratsbehälter 2 zurückströmenden Dispersion genau der Temperatur der im Vorratsbehälter 2 befindlichen Dispersion 18 entspricht. Weiterhin werden der Rührer 12 und die Ultraschalleinrichtung 21 nur in Intervallen betätigt. Diese Intervalle sind so gewählt, daß in den Zwischenzeiten eine ausreichend homogene Dispersion 18 im Vorratsbehälter 2 vorhanden ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Klassierung von Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß eine Dispersion aus einer Flüssigkeit und den zu klassierenden Partikeln hergestellt wird und die Dispersion in einem Strom zum Strömen gebracht wird, der einen ersten Abschnitt mit einer ausgeprägten Komponente entgegen der Richtung der Schwerkraft aufweist, in dem die Strömung laminar ist und die maximale Strömungsgeschwindigkeit geringer als die Sinkgeschwindigkeit unerwünschter Partikel ist, und einen zweiten Abschnitt, in dem die Partikel der gewünschten Größe aus der Dispersion entfernt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Abschnitt eine ausgeprägte Komponente quer zur Schwerkraft aufweist und über eine Absetzfläche geleitet wird, wobei die Strömung laminar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömung in einem geschlossenen Kreislauf geführt und durch einen Thermosiphon erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom aus einem Vorrat gespeist und wieder dorthin zurückgeleitet wird, der in Intervallen mechanisch gerührt und/oder mit Ultraschall beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Intervalle um einen Faktor im Bereich von 5 bis 100, insbesondere von 15 bis 25, größer sind als die Zeitabschnitte, in denen gerührt bzw. Ultraschall erzeugt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Intervalle eine Länge im Bereich von 3 bis 15 Min. aufweisen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsgeschwindigkeit im zweiten Abschnitt größer als im ersten Abschnitt ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die in den Vorrat zurückströmende Dispersion auf etwa die gleiche Temperatur wie der Vorrat gebracht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Flüssigkeit eine Alkohol verwendet wird.
10. Vorrichtung zur Klassierung von Partikeln, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch einen Vorratsbehälter (2), in dem sich eine Dispersion (18) befindet, einer im wesentlichen vertikal angeordneten Rohranordnung (3), deren unteres Ende sich im Vorratsbehälter (2) befindet, einen Absetzbehälter (6) mit mindestens einer im wesentlichen horizontal angeordneten Absetzfläche (10), der mit dem anderen Ende der Rohranordnung (3) verbunden ist, einer Leitung (29), die vom Ausgang des Absetzbehälters (6) zum Vorratsbehälter (2) führt, und Pumpmitteln (9, 11) zum Erzeugen eines Dispersions-Stromes durch einen durch die Rohranordnung (3), den Absetzbehälter (6) und die Leitung (29) gebildeten Kreislauf.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpmittel eine Heizeinrichtung (9) in einem ersten Abschnitt des Kreislaufes und eine Kühleinrichtung (11) in einem zweiten Abschnitt des Kreislaufes aufweisen, wobei mindestens einer der Abschnitte nicht horizontal angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohranordnung (3) eine Vielzahl von parallel angeordneten Röhrchen (16) aufweist, in denen die Pumpmittel (9, 11) eine laminare Strömung der Dispersion (18) erzeugen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Röhrchen (16) innen eine Zylinderform aufweisen.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Röhrchen (16) das 40- bis 200-fache des Innendurchmessers beträgt.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis

- 14, dadurch gekennzeichnet, daß am oberen Ende der Rohranordnung (3) ein Kegel (4) angeordnet ist, der den für die Dispersion (18) zur Verfügung stehenden Strömungsquerschnitt vermindert. 5
16. Vorrichtung nach Anspruch 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Röhrchen (16) in Bündeln (15) zusammengefaßt sind. 10
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelpunkte der Bündel (15) mit gleichem Abstand verteilt auf einer Kreislinie (17) angeordnet sind. 15
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bündel (15) eine Anzahl von Röhrchen (16) im Bereich von 10 bis 500, insbesondere 80 bis 150, aufweist. 20
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Rohranordnung (3) und dem Absetzbehälter (6) ein Leitungskrümmer (14) angeordnet ist, der die Strömung von der Vertikalen in die Horizontale umleitet, wobei der Biegeradius bezogen auf die Mitte des Leitungskrümmer (14) kleiner als der Durchmesser des Strömungsquerschnitts des Leitungskrümmer (14) ist. 25 30
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß im Kreislauf eine verstellbare Drosseleinrichtung (13) vorgesehen ist. 35
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosseleinrichtung (13) in der Leitung (29) zwischen Absetzbehälter (6) und Vorratsbehälter (2) angeordnet ist. 40
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorratsbehälter (2) in einer temperierbaren Ultraschall-Wanne (1) angeordnet ist. 45
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorratsbehälter (2) einen angetriebenen Rührer (12) aufweist. 50
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Absetzbehälter (6) mehrere parallel zueinander, übereinander angeordnete Platten (10) aufweist, wobei jeweils zwei Platten (10) einen Strömungskanal (28) bilden und alle Strömungskanäle (28) in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. 55

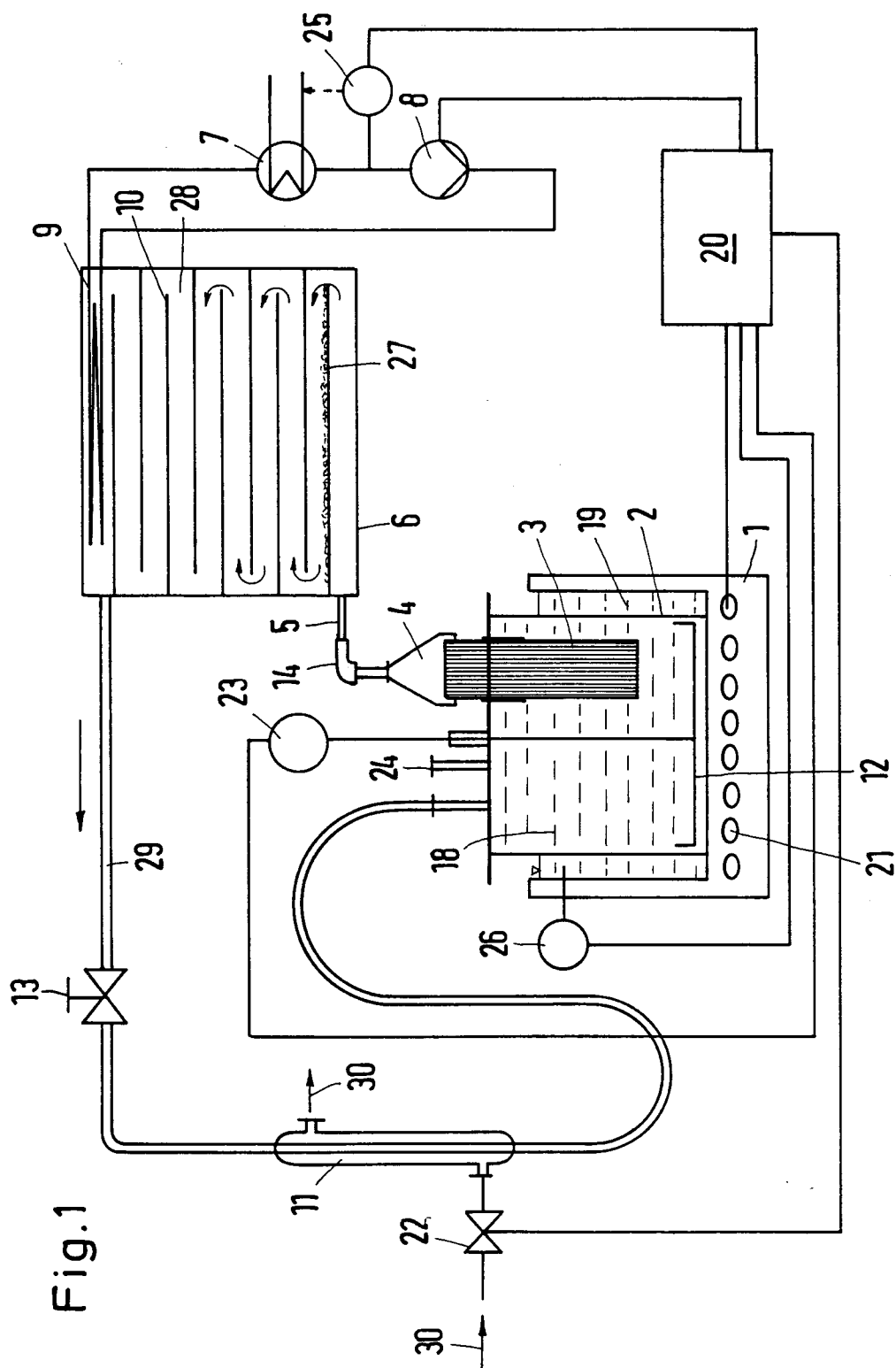


Fig. 2

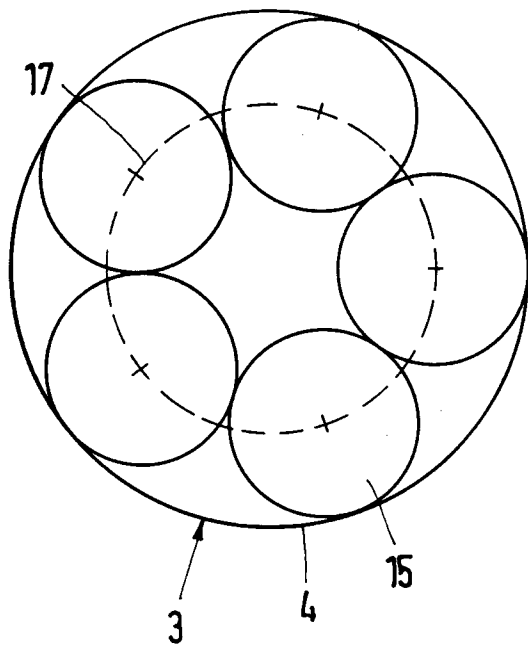


Fig. 3

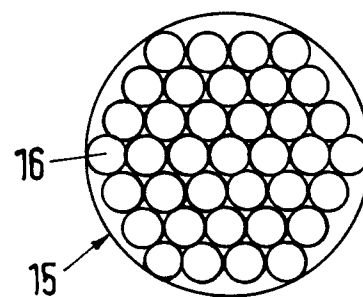


Fig. 4

