

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 423 185 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
19.01.2005 Patentblatt 2005/03

(51) Int Cl.7: **B01F 13/10**, B01F 5/00,
B01F 5/04, B01F 3/12

(21) Anmeldenummer: **02764856.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/009265

(22) Anmeldetag: **19.08.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/022416 (20.03.2003 Gazette 2003/12)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM VERMISCHEN EINES FESTSTOFFS MIT EINER
FLÜSSIGKEIT**

DEVICE AND METHOD FOR MIXING A SOLID AND A FLUID

DISPOSITIF ET PROCEDE POUR MELANGER UN SOLIDE ET UN LIQUIDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES GB IT LI

(72) Erfinder: **SCHERTENLEIB, Peter**
95100 Selb (DE)

(30) Priorität: **17.08.2001 DE 10139413**
21.12.2001 DE 10163397

(74) Vertreter: **Beyer, Andreas, Dr.**
Wuesthoff & Wuesthoff,
Patent- und Rechtsanwälte,
Schweigerstrasse 2
81541 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.06.2004 Patentblatt 2004/23

(73) Patentinhaber: **Netzsch-Feinmahltechnik GmbH**
95100 Selb (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 688 598 DE-A- 19 629 945
DE-B- 1 272 894 US-A- 3 995 838
US-A- 4 106 117

EP 1 423 185 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs mit einer Flüssigkeit. Eine solche Mischvorrichtung ist aus der DE 196 29 945 C2 bekannt. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vermischen eines Feststoffs mit einer Flüssigkeit.

[0002] Bei der Vermischung einer Trockensubstanz mit einer Flüssigkeit ist es zur Erzeugung einer homogenen Suspension wesentlich, dass die Oberflächen der Feststoffpartikel vollständig mit der Flüssigkeit benetzt werden. Die vollständige Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit wird jedoch erschwert, wenn die in die Flüssigkeit einzubringende Trockensubstanz in Form einer Pulverschüttung vorliegt oder aus den Primärteilchen des Pulvers geformte Agglomerate enthält. In einem derartigen Fall wird die freie Oberfläche der Pulverschüttung oder der Agglomerate rasch mit der Flüssigkeit benetzt, anschließend verlangsamt sich der Benetzungsvorgang jedoch erheblich, da in den Kapillaren der Pulverschüttung oder der Pulveragglomerate eingeschlossene Luft ein Eindringen der Flüssigkeit in die Kapillaren behindert. Zur Lösung dieses Problems weisen bekannte Mischvorrichtungen, bei denen der Feststoff in Form einer Pulverschüttung zugeführt wird oder aus den Primärteilchen des Pulvers geformte Agglomerate enthält, üblicherweise Einrichtungen zum Einbringen von Scherkräften in die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension auf. Durch diese Scherkräfte werden miteinander verbundene Partikel der Pulverschüttung voneinander getrennt bzw. Pulveragglomerate zerkleinert, so dass die Benetzung der neu entstandenen freien Oberflächen möglich wird.

[0003] Bei der aus der DE 196 29 945 C2 bekannten Mischvorrichtung ist in einer Mischkammer, in der die Vermischung des Feststoffs mit der Flüssigkeit erfolgt ein Rotor angeordnet, an dem entlang einer Rotorachse A eine Mehrzahl von propellerartig ausgebildeten Mischflügeln befestigt sind. Durch die über die Mischflügel in die Suspension eingebrachten und von der Rotordrehzahl abhängigen Scherkräfte werden in dem Feststoff erhaltene Agglomerate zerkleinert, so dass eine intensive Vermischung der Flüssigkeit mit der Trockensubstanz möglich wird. Diese bekannte Mischvorrichtung hat den Nachteil, dass zum Aufbringen der erforderlichen Scherkräfte insbesondere bei der Verwendung hochviskoser Flüssigkeiten oder bei Suspensionen mit einem hohen Feststoffanteil ein hoher Energieaufwand erforderlich ist.

[0004] Aus der DE 12 72 894 ist eine Vorrichtung zum Mischen eines pulverförmigen Stoffes mit einer Flüssigkeit bekannt. Das Gehäuse dieser Mischvorrichtung weist hierzu einen zylindrischen Einlasskanal für das Pulver auf. In diesem Einlasskanal sorgt ein Arbeitskegel, der mit Mischflügeln besetzt ist und der Flüssigkeitszuleitungen aufweist, für den Einzug der beiden Komponenten in die Dispergierkammer. Die Dispergier-

kammer wird durch ein Gehäuse und einen in diesem Gehäuse rotierenden Kegelstumpf gebildet. Sowohl der Kegelstumpf als auch der Ableitkegel mit seinen Mischflügeln werden jeweils über getrennt angeordnete Antriebe im Ständerteil der Mischvorrichtung angetrieben. Die kegelförmige Innenfläche des Gehäuses bildet mit dem kegelförmigen Rotor eine kegelstumpfförmige Kammer. Am Ende dieser Kammer sitzen Schaufeln, die für die Abförderung des Gemisches in Richtung einer Auslassleitung sorgen.

[0005] Aus der DE 10 67 720 geht eine Vorrichtung zum Durchmischen von keramischen Massen hervor. Die dazu eingesetzte Vorrichtung besitzt einen Fülltrichter, dem sich eine Schnecke anschließt, die das gegebenenfalls vorzerkleinerte keramische Gut in einen Gutdurchtrittskanal fördert. Dieser Gutdurchtrittskanal verjüngt sich zum Auslass aufgrund der unterschiedlichen Kegelgestaltungen zwischen dem Gehäuse und der rotierenden Kegelfläche des Rotors.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs mit einer Flüssigkeit bereitzustellen, durch die die Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit gefördert wird.

[0007] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß dem Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß dem Anspruch 17 gelöst. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein mit einer Flüssigkeit zu vermischender Feststoff durch mindestens eine Feststoff-Zufuhreinrichtung in einen Feststoff-Zufuhrraum eingetragen, wo die Feststoffpartikel in eine Drehbewegung versetzt werden. Die Flüssigkeit wird von mindestens einer Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung in einen Beschleunigungsraum geleitet. Dabei kann die von der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung zugeführte Flüssigkeit aus einer oder mehreren Komponente(n) bestehen und die Flüssigkeit kann auch bereits einen gewissen Feststoffanteil enthalten. Im Beschleunigungsraum wird die Flüssigkeit in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt.

[0008] Anschließend strömt die Flüssigkeit in einen Mischraum, wo sie mit den Feststoffteilchen unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung vermischt wird. Vom Mischraum wird die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension in einen Verdichterraum geleitet, in dem die sich drehende Suspension beschleunigt wird.

[0009] Durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum und den dadurch verminderten statischen Druck entsteht in einem Eintrittsbereich des Verdichterraums eine Saugwirkung, so dass die in den Kapillaren der Feststoffschüttung oder der Pulveragglomerate befindliche Luft angesaugt wird. Dadurch wird die zugeführte Feststoffschüttung vor dem Eintritt in den Verdichterraum zumindest im wesentlichen entlüftet und die Benetzung der Pulverteilchen mit der Flüssigkeit im Mischraum gefördert.

[0010] Ferner liegt im Verdichterraum aufgrund der

erhöhten Strömungsgeschwindigkeit der Suspension ein erhöhter dynamischer Druck vor. Infolge dessen dringt die Flüssigkeit nicht mehr nur aufgrund der Kapillarkräfte in die entlüfteten Kapillaren der Feststoffschüttung oder der Pulveragglomerate ein, sondern wird unter Druck in die Kapillaren gepresst. Somit kann auch ohne das Einbringen von Scherkräften in die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension eine rasche und vollständige Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit erreicht werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann bei der Herstellung von Suspensionen aus Feststoffen und Flüssigkeiten für den niedrigbis hochviskosen Bereich eingesetzt werden.

[0011] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Feststoff-Zufuhreinrichtung eine Impulsförderungseinrichtung zum Zuführen des Feststoffs und Abdichten des Feststoff-Zufuhrraums von der Umgebungsatmosphäre. Wenn der Feststoff-Zufuhrraum durch eine Impulsförderungseinrichtung von der Umgebungsatmosphäre abgedichtet ist, wird durch die Saugwirkung im Eintrittsbereich des Verdichterraums im Feststoff-Zufuhrraum ein Unterdruck erzeugt. Dadurch werden die zugeführten Feststoffpartikel bereits im Feststoff-Zufuhrraum weitestgehend entlüftet, wodurch die Benetzung mit der Flüssigkeit im Mischraum gefördert wird. Darüber hinaus expandiert die in den Kapillaren der zugeführten Pulveragglomerate befindliche Luft, so dass die Agglomerate zumindest teilweise zerstört werden und somit die einer raschen Benetzung zugängliche freie Pulveroberfläche vergrößert wird. Ferner transportiert die zum Eintrittsbereich des Verdichterraums strömende Luft die Pulverpartikel in den Mischraum, wo sie zur Vermischung mit der Flüssigkeit bereitstehen. Geeignete Impulsförderungseinrichtungen sind beispielsweise ein Doppelkammerförderer, eine Zellenradschleuse oder ein System mit zwei drehbaren Kugelventilen und einer Zwischenkammer.

[0012] Um die Flüssigkeit im Beschleunigungsraum in eine Drehbewegung zu versetzen und zu beschleunigen, umfasst die Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung vorzugsweise mindestens eine Einlassdüse, die tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt ist. Durch die mindestens eine Einlassdüse kann eine aus einer oder mehreren Komponente(n) bestehende reine Flüssigkeit oder eine Flüssigkeit zugeführt werden, die bereits einen bestimmten Feststoffanteil enthält. Vorzugsweise sind vier bis sechs Einlassdüsen vorgesehen. Ferner kann zur Verstärkung der Beschleunigungswirkung eine Vorrichtung zum unter Druck setzen der zuzuführenden Flüssigkeit vorhanden sein. Geeignete Vorrichtungen sind z.B. eine Pumpe oder ein Winddruckkessel.

[0013] Vorzugsweise hat der Beschleunigungsraum einen im wesentlichen kreisringförmigen Querschnitt und ist durch eine Trennwand von dem Feststoff-Zufuhrraum getrennt. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung können

der Beschleunigungsraum und der Feststoff-Zufuhrraum im Inneren eines zylindrischen Gehäuses angeordnet sein, wobei der Beschleunigungsraum den Feststoff-Zufuhrraum umgibt. Diese Anordnung ermöglicht einen kompakten Aufbau der Mischvorrichtung.

[0014] An einer dem Beschleunigungsraum zugewandten Fläche der Trennwand und/oder einer dem Beschleunigungsraum zugewandten Fläche einer den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzenden äußeren Wandung können spiralförmig verlaufende und in Strömungsrichtung geneigte Strömungskanäle ausgebildet sein. Diese Strömungskanäle stabilisieren die Drehbewegung der Flüssigkeit und können entweder durch in der Trennwand und/oder der äußeren Wandung ausgebildete Ausnehmungen oder durch an der Trennwand und/oder der äußeren Wandung angebrachte Stege gebildet werden.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung sind die Trennwand und/oder die den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung und/oder eine den Mischraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung drehbar. Die drehbare Anordnung der oben genannten Wandungen ermöglicht die Aufrechterhaltung der Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder der Suspension im Mischraum, da ein Abbremsen der Drehbewegung durch den Oberflächenwiderstand der Wandungen vermieden wird. Derartige drehbare Wandungen sind insbesondere bei der Verarbeitung hochviskoser oder strukturviskoser Flüssigkeiten vorteilhaft.

[0016] Vorzugsweise ist die Trennwand zwischen dem Beschleunigungsraum und dem Feststoff-Zufuhrraum axial verschiebbar. Durch eine axiale Verschiebung der Trennwand (sogenannte Auto-Schottverstellung) können die Fließstrecken der Flüssigkeit bzw. der Suspension im Beschleunigungsraum bzw. im Mischraum in Abhängigkeit der Viskosität und des Fließverhaltens der Flüssigkeit bzw. der Suspension variiert werden, um beispielsweise einem Strömungsabriss vorzubeugen. Bei einer Verschiebung der Trennwand in Richtung des Verdichterraums wird die Fließstrecke der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum vergrößert, während die Fließstrecke der Suspension im Mischraum verkleinert wird. Bei einer Verschiebung der Trennwand in entgegengesetzter Richtung wird die Fließstrecke der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum verkleinert, während die Fließstrecke der Suspension im Mischraum vergrößert wird.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung ist ein Rotor vorhanden, der vorzugsweise einen ersten, einen zweiten und einen dritten Rotorabschnitt aufweist, wobei der erste Rotorabschnitt ein der Feststoff-Zufuhreinrichtung zugewandter, im Feststoff-Zufuhrraum angeordneter Abschnitt des Rotors ist. Ferner kann der erste Rotorabschnitt mit einem Vorbehandlungskopf versehen sein, der die zugeführten Feststoffagglomerate grob

zerkleinert und zu einer Drehbewegung beschleunigt. Dieser Vorbehandlungskopf kann in Form einer Zerkleinerungsschnecke ausgebildet sein. Der erste Rotorabschnitt mit der Zerkleinerungsschnecke kann über Schraub- oder Steckverbindungen mit dem zweiten Rotorabschnitt verbunden sein, so dass er mit dem gleichen Antrieb wie die übrigen Rotorabschnitte in Rotation versetzt werden kann. Alternativ dazu kann auch ein getrennter Antrieb für den ersten und den zweiten Rotorabschnitt vorgesehen werden. Der Rotor kann mit einer Drehgeschwindigkeit von 1500 - 2500 UpM und vorzugsweise mit einer Drehgeschwindigkeit von ca. 1500 UpM betrieben werden und sich von einem Einlassbereich der Mischvorrichtung bis in deren Auslassbereich erstrecken.

[0018] Vorzugsweise ist/sind die drehbare Trennwand und/oder die den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung und/oder die den Mischraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung mit dem Rotor verbunden.

[0019] Durch eine derartige Anordnung können die Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum und die Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder die Suspension im Mischraum in zueinander synchronen Drehbewegungen gehalten werden.

[0020] Der zweite Rotorabschnitt kann sich zumindest teilweise in den Feststoff-Zufuhrraum erstrecken und mit Zerstäubungsmesser versehen sein. Mittels der Zerstäubungsmesser werden die eingebrachten Pulverteilchen fein zerstäubt, so dass die einer raschen Benetzung zugängliche freie Pulveroberfläche vergrößert wird. Darüber hinaus werden die Feststoffpartikel durch die Rotation der Zerstäubungsmesser zu einer Drehbewegung beschleunigt.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung weist der Verdichterraum einen ringspaltförmigen Querschnitt auf und wird von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt einer äußeren Wandung und dem zumindest im Bereich des Verdichterraums kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt begrenzt. Durch diese Ausgestaltung des Verdichterraums und des Rotors wird auf einfache Art und Weise die Beschleunigung der durch den Verdichterraum strömenden Feststoff/Flüssigkeits-Suspension erreicht. Darüber hinaus können über den kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt Scherkräfte in die Suspension eingetragen werden, wodurch die Homogenität der Suspension verbessert wird. Der Rotor kann auch mehrere kegelstumpfförmige Abschnitte umfassen, die jeweils unterschiedliche Kegelwinkel aufweisen können. Alternativ dazu kann der Rotor auch eine bimenähnliche Form mit gewölbten Flächen haben. Wenn sich der Rotor vom Einlassbereich der Mischvorrichtung bis in deren Auslassbereich erstreckt, kann ein sich zwischen dem Einlassbereich und dem Auslassbereich der Mischvorrichtung verjüngender Ringspalt zwischen dem Rotor und einem Gehäuse der Mischvorrichtung

gebildet werden, wobei eine innere Gehäusewand und die entsprechende Kegelstumpffläche des Rotors vorzugsweise in einem spitzen Winkel von 3° bis 8° zueinander verlaufen.

[0022] Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Mischvorrichtung eine erste Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder eine zweite Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum sowie eine erste Regeleinrichtung zum Regeln der Drehgeschwindigkeit des Rotors in Abhängigkeit der erfassten Strömungsgeschwindigkeit(en). Die Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und die entsprechende Regelung der Rotorgeschwindigkeit ermöglicht es, die Drehbewegung der Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum auf die Drehbewegung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum abzustimmen. Durch die Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum und die entsprechende Regelung der Rotorgeschwindigkeit kann die Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum überwacht und geregelt werden, so dass sichergestellt werden kann, dass die Suspension im Verdichterraum auf eine ausreichend hohe Geschwindigkeit beschleunigt wird, um eine ordnungsgemäße Funktion der Mischvorrichtung zu gewährleisten.

[0023] Die Regeleinrichtung regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors vorzugsweise so, dass sie der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum entspricht. Auf diese Weise können die Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum in eine zur Drehbewegung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum synchrone Drehbewegung versetzt werden, so dass im Mischraum eine laminare Strömung entsteht. Darüber hinaus kann ein "Verspritzen" der Flüssigkeit beim Übergang vom Beschleunigungsraum in den Mischraum vermieden werden, so dass die Bildung von Ablagerungen oder Verkrustungen an den Wandungen der Mischvorrichtung durch schnell trocknende Flüssigkeiten verhindert wird. Das Aufbringen einer Trennbeschichtung, wie z.B. einer Teflonbeschichtung auf die Wandungen ist daher nicht mehr zwingend erforderlich.

[0024] An dem dritten Rotorabschnitt sind vorzugsweise stegförmige Fördereinrichtungen angeordnet. Der Einsatz derartiger Fördereinrichtungen ist insbesondere bei der Verarbeitung niedrigviskoser Suspensionen vorteilhaft, da sie zu einer Erhöhung des Anfahrwiderstands und damit zu einer erhöhten Beschleunigung und einer verbesserten Homogenität der Suspension im Verdichterraum führen. Vorzugsweise verlaufen die Fördereinrichtungen im Bereich des Verdichterraums in einem Winkel von 15° bis 45° zur Rotorachse. Zur Anpassung des Energieeintrags an die Viskosität der zu verarbeitenden Suspension sowie zur weiteren Verbesserung der Homogenität der Suspension im Verdichterraum können die Fördereinrichtungen jeweils mit

Bohrungen versehen sein. Die Fördereinrichtungen können sich auch über die gesamte axiale Länge des Rotors erstrecken. Zur Verbesserung des Einzugsverhaltens der Feststoffe sind die Förderelemente dann im Bereich des Feststoff-Zufuhrtraums vorzugsweise um einen Winkel von 15° bis 45° zur Rotorachse in Drehrichtung geneigt und weisen dort eine größere Höhe auf als im Verdichterraum. Dadurch kann, unabhängig davon, ob sich der zwischen dem Rotor und dem Gehäuse gebildete Ringspalt in Richtung des Auslassbereichs der Mischvorrichtung verjüngt, der Abstand zwischen den Fördereinrichtungen und einer inneren Gehäusewand konstant gehalten werden.

[0025] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung ist der Rotor axial verschiebbar. Durch eine axiale Verschiebung des Rotors können der Querschnitt des Verdichtungsraums und somit die in die Suspension im Verdichterraum eingebrachten Scherkräfte in Abhängigkeit der Viskosität der zu verarbeitenden Suspension variiert werden. Ferner kann durch die axiale Verschiebbarkeit des Rotors einer Beschädigung der Mischvorrichtung durch in den Feststoffen enthaltene Fremdkörper entgegengewirkt werden.

[0026] Die erfindungsgemäße Mischvorrichtung kann ferner eine dritte Erfassungseinrichtung zur Erfassung des im Feststoff-Zufuhrtraum vorherrschenden Drucks und eine zweite Regeleinrichtung zum Regeln der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-Zufuhreinrichtung und/oder der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung umfassen. Eine derartige Anordnung dient der Überflutungssicherheit der Mischvorrichtung, da sie beispielsweise bei einem Druckanstieg im Feststoff-Zufuhrtraum infolge einer Sättigung der Flüssigkeit mit dem zugeführten Feststoff eine entsprechende Anpassung der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-Zufuhreinrichtung und/oder der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung ermöglicht. Hieraus ergibt sich auch eine Unterbrechung der Feststoffzufuhr als Trockenlaufschutz.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Mischraum die Flüssigkeitsoberflächenströmung im wesentlichen gleich der spezifischen Teilchenoberfläche der in den Mischraum eingebrachten Feststoffteilchen.

[0028] Vorzugsweise beträgt eine vertikale Fließgeschwindigkeit der Suspension im Mischraum mindestens 1-2 m/s, so dass ein Oberflächenaustausch von mindestens 1-2 m²/s erhalten wird.

[0029] Verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung werden im folgenden anhand der beigegeführten schematischen Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 2 einen Ausschnitt des in Fig. 1 gezeigten ersten

Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 3 einen Ausschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 4 einen Ausschnitt eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 5 einen Ausschnitt eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 6 einen Ausschnitt eines fünften Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 7 eine Querschnittsansicht des Rotors der in der Fig. 6 gezeigten Mischvorrichtung; und

Fig. 8 eine Draufsicht auf den in der Fig. 7 dargestellten Rotor.

[0030] Die Fig. 1 zeigt eine allgemein mit 10 bezeichnete Vorrichtung zum Vermischen eines Feststoffs mit einer Flüssigkeit. Die Vorrichtung umfasst einen Vorlagebehälter 12 mit einer Feststoffschüttung 13, die über eine Impulsförderungseinrichtung 14 in einen Feststoff-Zufuhrtraum 16 eingebracht wird.

[0031] Die Impulsförderungseinrichtung 14 weist ein erstes Kugelventil 18 auf, das über einen Kettentrieb 20 mit einem zweiten Kugelventil 22 synchronisiert ist und von einem Antriebsmotor 24 angetrieben wird. Zwischen dem ersten und dem zweiten Kugelventil 18, 22 befindet sich eine Zwischenkammer 26. Wenn sich das erste Kugelventil 18 in seiner geöffneten Stellung befindet, wird die Zwischenkammer 26 mit der in dem Vorlagebehälter 12 enthaltenen Feststoffschüttung 13 beschickt, während das zweite Kugelventil 22 den Feststoff-Zufuhrtraum 16 gegen die Umgebungsatmosphäre abdichtet. Anschließend wird, wie es in der Zeichnung dargestellt ist, das zweite Kugelventil 22 geöffnet, so dass die in der Zwischenkammer 26 befindliche Feststoffschüttung 13 in den Feststoff-Zufuhrtraum 16 entleert wird. Das erste Kugelventil 18 befindet sich dann in seiner Schließstellung.

[0032] Zur Regelung der Dosiergeschwindigkeit der Impulsförderungseinrichtung 14 ist eine Druckmессeinrichtung 28 zur Erfassung des Drucks im Feststoff-Zufuhrtraum 16 sowie eine Regeleinrichtung 30 vorhanden, die die Leistung des Antriebsmotors 24 in Abhängigkeit des von der Druckmессeinrichtung 28 erfassten Drucks regelt. Bei einer Zunahme des Drucks im Feststoff-Zufuhrtraum 16 regelt die Regeleinrichtung 30 die Leistung des Antriebsmotors 24 derart, dass die Dosiergeschwindigkeit der Impulsförderungseinrichtung 14

verringert wird. Darüber hinaus kann die Regeleinrichtung 30 über eine in der Figur nicht dargestellte Verbindungsleitung mit der Pumpe 38 verbunden werden und die Dosiergeschwindigkeit der in den Beschleunigungsraum 42 zugeführten Flüssigkeit 32 in Abhängigkeit des von der Druckmesseinrichtung 28 erfassten Drucks im Feststoff-Zufuhrraum 16 regeln.

[0033] Eine mit der Feststoffschüttung 13 zu vermischende Flüssigkeit 32 befindet sich in einem Behälter 34, in den über eine Dosierleitung 36 eine oder mehrere Flüssigkeitskomponenten eingeleitet werden. Abstromseitig von dem Behälter 34 ist in einer Zufuhrleitung 37 eine Pumpe 38 angeordnet, die die Flüssigkeit 32 von dem Behälter 34 unter Druck zu einer Einlassdüse 40 fördert.

[0034] Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, strömt die Flüssigkeit 32 aus der Einlassdüse 40 in einen Beschleunigungsraum 42. Die Einlassdüse 40 ist tangential zu einer Gehäusewandung 44 und damit tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt. Der Beschleunigungsraum 42 weist einen kreisförmigen Querschnitt auf und wird von der Gehäusewandung 44 sowie von einer axial verschiebbaren Trennwand 46 begrenzt, die den Beschleunigungsraum 42 von dem Feststoff-Zufuhrraum 16 trennt. An einer dem Beschleunigungsraum 42 zugewandten Fläche 48 der Trennwand 46 und einer dem Beschleunigungsraum 42 zugewandten Fläche 50 der Gehäusewandung 44 sind spiralförmig und in Strömungsrichtung geneigt verlaufende Ausnehmungen 52 vorhanden, die jeweils Strömungskanäle für die in eine Drehbewegung versetzte Flüssigkeit 32 bilden.

[0035] Ein entlang einer Rotorachse A verschiebbare Rotor 54 weist einen ersten, einen zweiten und einen dritten Rotorabschnitt 56, 58, 60 auf, wobei der erste Rotorabschnitt 56 der Impulsförderungseinrichtung 14 zugewandt und im Feststoff-Zufuhrraum 16 angeordnet ist. Ferner ist der erste Rotorabschnitt 56 mit einem Vorbehandlungskopf 62 versehen. Der zweite Rotorabschnitt 58 ist ebenfalls im Feststoff-Zufuhrraum 16 angeordnet und weist mehrere sich senkrecht zur Rotorachse A erstreckende Zerstäubungsmesser 64 auf. An dem kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt 60 sind eine Mehrzahl von Förderstegen 66 befestigt, die zum Teil mit Bohrungen 68 versehen sind. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, wird der Rotor 54 von einem Rotorantriebsmotor 70 angetrieben. Die axiale Verschiebung des Rotors 54 wird mittels einer mit einem Kolben 72 verbundenen Hydraulikpumpe 74 realisiert.

[0036] Abstromseitig des Beschleunigungsraums 42 befinden sich ein Mischraum 76 sowie ein Verdichterraum 78. Der Verdichterraum 78 hat einen ringspaltförmigen Querschnitt und wird von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt 80 der Gehäusewandung 44 und dem kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt 60 begrenzt.

[0037] Durch das Einleiten der druckbeaufschlagten

Flüssigkeit 32 durch die tangential zur Gehäusewandung 44 angeordnete und in Strömungsrichtung geneigte Einlassdüse 40 wird die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt. Die von der Impulsförderungseinrichtung 14 zugeführten Feststoffe 13 werden im Feststoff-Zufuhrraum 16 von dem Rotor 54 ebenfalls in eine Drehbewegung versetzt, wobei in den Feststoffen 13 vorhandene Pulveragglomerate zuerst von dem Vorbehandlungskopf 62 grob zerkleinert und anschließend von den Zerstäubungsmessern 64 fein zerstäubt werden. Mittels einer in der Zeichnung nicht dargestellten Strömungsgeschwindigkeits-Messeinrichtung wird die Geschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 erfasst. Eine ebenfalls nicht dargestellte Regeleinrichtung regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors 54 derart, dass sie der Geschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 entspricht. Dadurch werden die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 und die Feststoffe 13 im Feststoff-Zufuhrraum 16 in zueinander synchrone Drehbewegungen versetzt, so dass im Mischraum 76 eine laminare Strömung entsteht.

[0038] Aus dem Beschleunigungsraum 42 strömt die Flüssigkeit 32 mit einer gleichbleibenden Drehgeschwindigkeit in den Mischraum 76, wo sie mit den Feststoffteilchen 13 gemischt wird, wobei die Feststoffpartikel 13 in Form von feinerstäubten Agglomeraten, nicht jedoch als Primärteilchen vorliegen. Die Pulverteilchen 13 werden durch die infolge der Drehbewegung entstandenen Zentrifugalkräfte in Richtung der entlang der Gehäusewandung 44 strömenden Flüssigkeitsschicht transportiert. Durch den Oberflächenwiderstand der Gehäusewandung 44 entstehen Tiefenwirbel in der Flüssigkeitsschicht, durch die auch die direkt entlang der Gehäusewandung 44 strömenden Flüssigkeitsschichten in Richtung der dem Feststoff-Zufuhrraum 16 zugewandten Oberfläche der Flüssigkeitsströmung transportiert werden, wo sie zur Mischung mit den zugeführten Feststoffpartikeln 13 zur Verfügung stehen. Durch eine axiale Verschiebung der Trennwand 46 (sogenannte Auto-Schottverstellung) können die Fließstrecken der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 bzw. der Suspension im Mischraum 76 in Abhängigkeit der Viskosität und des Fließverhaltens der Flüssigkeit 32 bzw. der Suspension variiert werden, um beispielsweise einem Strömungsabriss vorzubeugen.

[0039] Aus dem Mischraum 76 strömt die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension in den Verdichterraum 78, wo sie mittels des kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitts 60 beschleunigt wird. Durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum 78 entsteht in einem Eintrittsbereich 82 des Verdichterraums 78 infolge des durch die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit verminderten statischen Drucks eine Saugwirkung (Strahlpumpeneffekt), so dass die in den Kapillaren der feinen Pulveragglomerate 13 befindliche Luft angesaugt wird. Da die Impulsförde-

rungseinrichtung 14 zudem den Feststoff-Zufuhr-
 raum 16 gegen die Umgebungsatmosphäre abdichtet, ent-
 steht im Feststoff-Zufuhr-raum 16 ein Unterdruck, so
 dass die zugeführten Feststoffteilchen 13 bereits im
 Feststoff-Zufuhr-raum 16 entlüftet werden. Dadurch wird
 die Benetzung der entlüfteten Pulverteilchen 13 mit der
 Flüssigkeit 32 im Mischraum 76 gefördert, so dass die
 Pulverpartikel 13 beim Eintritt in den Verdichterraum 78
 bereits weitestgehend mit der Flüssigkeit benetzt sind.
 Mittels einer in der Zeichnung nicht dargestellten Strö-
 mungsgeschwindigkeits-Messeinrichtung wird die Ge-
 schwindigkeit der Suspension im Verdichterraum 78 er-
 fasst. Eine ebenfalls nicht dargestellte Regeleinrichtung
 regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors 54 so, dass
 sichergestellt wird, dass die Suspension im Verdichter-
 raum 78 auf eine ausreichende hohe Geschwindigkeit
 beschleunigt wird, um eine ordnungsgemäße Funktion
 der Mischvorrichtung 10 zu gewährleisten und um durch
 Einstellen einer Relativgeschwindigkeit gleich Null ein
 Spritzen oder Sprühen zu verhindern.

[0040] Durch den Unterdruck im Feststoff-Zufuhr-
 raum 16 expandiert die in den Kapillaren der zugeführ-
 ten Pulveragglomerate 13 befindliche Luft, so dass die
 Agglomerate 13 zumindest teilweise zerstört werden.
 Darüber hinaus transportiert die zum Eintrittsbereich 82
 des Verdichterraums 78 strömende Luft die Pulverpar-
 tikel 13 in den Mischraum 76, wo sie infolge der Zentri-
 fugalkräfte in die laminare Fließstrecke eintauchen.

[0041] Im Verdichterraum 78 liegt aufgrund der erhöh-
 ten Strömungsgeschwindigkeit der Suspension ein er-
 höhter dynamischer Druck vor. Infolge dessen wird die
 Flüssigkeit im Verdichterraum 78 unter Druck in die ent-
 lüfteten Kapillaren der Pulveragglomerate gepresst. Fer-
 mer werden im Verdichterraum 78 über den kegel-
 stumpfförmigen Rotorabschnitt 60 Scherkräfte in die
 Suspension eingetragen, wodurch die Homogenität der
 Suspension erhöht wird. Durch die axiale Verschiebung
 des Rotors 54 können der Querschnitt des Verdich-
 tungsraums 78 und somit die in die Suspension im Ver-
 dichterraum 78 einbrachten Scherkräfte in Abhängigkeit
 der Viskosität der zu verarbeitenden Suspension variiert
 werden.

[0042] Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, strömt die
 Suspension aus dem Verdichterraum 78 in eine erste
 Auslassleitung 84. Um auch bei geringen Rohleitungs-
 widerständen und niedrig viskosen Suspensionen den
 für die vollständige Benetzung der Pulverpartikel 13 er-
 forderlichen Druck im Verdichterraum 78 zu erzeugen,
 ist in der ersten Auslassleitung 84 ein Druckregler 86
 vorhanden. Aus der ersten Auslassleitung 84 kann die
 Suspension in eine zweite Auslassleitung 88 entleert
 werden, in der ein weiterer Druckregler 90 zur Aufrecht-
 erhaltung eines konstanten Drucks vorhanden ist. Es
 besteht jedoch auch die Möglichkeit die Suspension in
 den Behälter 34 zu leiten und von dort im Kreislauf in
 den Beschleunigungsraum 42 zurückzuführen.

[0043] In Fig. 3 ist ein Ausschnitt einer alternativen
 Ausführungsform der Mischvorrichtung 10 dargestellt,

bei der Rotor 54 einen vierten Rotorabschnitt 92 auf-
 weist. Der vierte Rotorabschnitt 92 besteht aus einem
 sich parallel zur Rotorachse A erstreckenden ersten
 Teilabschnitt 94 sowie einem sich in einem Winkel von
 ca. 60° zur Rotorachse A erstreckenden zweiten Teilab-
 schnitt 96. In Abhängigkeit von der Stellung der axial
 verschiebbaren Trennwand 46 bildet der erste Teilab-
 schnitt 94 eine den Mischraum 76 vollständig und den
 Beschleunigungsraum 42 zumindest teilweise begren-
 zende, drehbare äußere Wandung, mittels derer die
 Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleuni-
 gungsraum 42 und/oder der Suspension im Mischraum
 76 aufrechterhalten werden kann. Um einen ungehin-
 derten Durchtritt der Suspension aus dem Mischraum
 76 in den Verdichterraum 78 zu ermöglichen, ist der
 zweite Teilabschnitt 96 mit einer Suspensionsdurch-
 trittsöffnung 98 versehen.

[0044] Bei dem in Fig. 4 gezeigten weiteren Ausführ-
 ungsbeispiel der Mischvorrichtung 10 sind die Trenn-
 wand 46 sowie eine parallel zur Gehäusewandung 44
 angeordnete Wandung 100 mit einem sich senkrecht
 zur Rotorachse A erstreckenden fünften Rotorabschnitt
 102 verbunden. Die Wandung 100 erstreckt sich entlang
 des Beschleunigungsraums 42 und sowie entlang eines
 wesentlichen Abschnitts des Mischraums 76. Im Ge-
 gensatz zu den in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Ausführ-
 ungsbeispielen ist bei der in Fig. 4 dargestellten Misch-
 vorrichtung 10 eine axiale Verschiebung der Trennwand
 46 nicht möglich. Für den ungehinderten Durchtritt der
 Feststoffpartikel 13 ist der fünfte Rotorabschnitt 102 mit
 einer Feststoffdurchtrittsöffnung 104 versehen, wäh-
 rend die Wandung 100 eine Flüssigkeitseinlassöffnung
 106 für den ungehinderten Einlass der Flüssigkeit 32 in
 den Beschleunigungsraum 42 aufweist. Durch die dreh-
 bare Anordnung der Wandung 100 und der Trennwand
 46 kann die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42
 besonders effektiv beschleunigt und die Drehgeschwin-
 digkeit der Suspension im Mischraum 76 aufrechterhal-
 ten werden, so dass die Mischvorrichtung 10 insbeson-
 dere für die Verarbeitung hochviskoser oder strukturvis-
 koser Flüssigkeiten und Suspensionen geeignet ist.

[0045] Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel der
 Mischvorrichtung 10 weist einen drehbaren Abschnitt
 108 der Gehäusewandung 44 auf, der sich jeweils über
 Teilbereiche des Beschleunigungsraums 42 sowie des
 Mischraums 46 erstreckt. Auch bei diesem Ausführ-
 ungsbeispiel ist eine axiale Verschiebung der Trenn-
 wand 46 nicht möglich. Der Antrieb des drehbaren Ab-
 schnitt 108 der Gehäusewandung 44 kann mit dem Ro-
 torantrieb 70 gekoppelt sein. Es ist jedoch auch möglich
 einen von dem Rotorantrieb 70 getrennten Antrieb für
 den drehbaren Abschnitt 108 der Gehäusewandung 44
 vorzusehen.

[0046] Das in Fig. 6 gezeigte Ausführungsbeispiel der
 Mischvorrichtung 10 weist einen Feststoff-Zufuhr-
 raum 16 und einen Füllschacht 110 mit einer trichterförmigen
 Einlassöffnung auf. Der Füllschacht 110 sitzt in einem
 Deckel 112 eines Gehäuses 114 der Mischvorrichtung

10 und ist mit diesem verschraubt. In einem Boden 116 des Gehäuses 114 ist ein radial angeordneter Materialauslass 118 vorgesehen, über den das im Verdichterraum 78 erzeugte Mischgut ausfließt.

[0047] Der Rotor 54 der Mischvorrichtung 10 unterscheidet sich von den in Fig. 1 bis 5 gezeigten Rotoren darin, dass er keinen mit einem Vorbehandlungskopf versehenen ersten Rotorabschnitt und keinen mit Zerstäubungsmessern ausgestatteten zweiten Rotorabschnitt umfasst. Statt dessen ist der Rotor 54 kegels stumpfförmig ausgebildet, so dass der ringspaltförmige Verdichterraum 78 von einer Innenwand 120 des Deckels 112 und einer kegels stumpfförmigen Oberfläche eines mittleren Teilbereichs 122 des Rotors 54 begrenzt ist. Die Innenwand 120 des Deckels 112 und die kegels stumpfförmige Oberfläche des Rotors 54 verlaufen in dem Teilbereich 122 unter einem Winkel von 5°, so dass sich der den Verdichterraum 78 bildende Ringspalt vom Eintrittsbereich 82 des Verdichterraums in Richtung des Materialauslasses 118 verjüngt. Dabei bleibt der Abstand der Fördereinrichtungen 66, die im Bereich des Verdichterraums 78 als Stege ausgeführt sind, gegenüber der Innenwand 120 des Deckels 112 konstant. In einem Auslassbereich 128 weist der Rotor 54 den größten Durchmesser auf. Die im Auslassbereich 128 des Rotors 54 angeordneten Abschnitte der Fördereinrichtungen 66 erzeugen somit eine im Verhältnis zum Mischraum 76 höhere Zentrifugalströmung und unterstützen eine rückstandsfreie Austragung.

[0048] Mit seinem oberen Teilbereich 124 ragt der Rotor 54 in den Feststoff-Zufuhrraum 16 bis in das untere Ende des Füllschachts 110. Hier erstrecken sich die Förderstege 66 bis dicht an eine Wandung 136 des Füllschachts 110. Wenn der über eine Welle 126 mit einem Antrieb verbundene Rotor 54 rotiert, verhindern die in Richtung der Rotorachse A zum Materialauslass 118 fördernden Förderstege 66 das Eindringen von Flüssigkeit in den Innenraum des Füllschachts 110. Zur Verbesserung der Einzugswirkung sind die Förderstege 66 an dem dem Feststoff-Zufuhrraum 16 zugewandten Ende des Rotors 54 um etwa 45° in Drehrichtung geneigt.

[0049] Ähnlich wie bei den in den Fig. 1 bis 5 gezeigten Ausführungsformen erfolgt die Flüssigkeitszufuhr durch Einlassdüsen 40, die in einem Aufsatz 134 des Deckels 112 angebracht sind. Die Einlassdüsen 40 liegen einem dem Verdichterraum 78 zugewandten Ende der Wandung 136 des Füllschachts 110 gegenüber. Durch die tangential und in Strömungsrichtung geneigte Anordnung der Einlassdüsen 40 strömt die Flüssigkeit entlang der Wandung 136 des Füllschachts 110 entlang einer Spirallinie in Richtung des Mischraums 76. Die Flüssigkeitszufuhr kann über eine oder mehrere um den Aufsatz 134 verteilte Einlassdüsen 40 erfolgen, wobei, falls erforderlich, auch verschiedene flüssige Zusätze eingebracht werden können.

[0050] Zur Reduzierung der erzeugten Prozesswärme, die sich auf das Mischgut übertragen würde, sind im Deckel 112 und im Boden 116 Kühlkammern 130,

132 angeordnet. Das durch diese Kammern 130, 132 strömende Kühlmittel sorgt während des unter erheblichem Druck stattfindenden Dispergiervorgangs im Verdichterraum 78 und dem Auslassbereich 128 für eine Abkühlung des Mischguts.

[0051] Die in den Fig. 7 und 8 gezeigte Darstellung des in der Mischvorrichtung gemäß der Fig. 6 eingesetzten Rotors 54 verdeutlicht die Anordnung der stegförmigen Fördereinrichtungen 66. Bei der hier gezeigten Ausführungsform des Rotors 54 sind im Abstand von 45° acht Förderstege 66 über die Oberfläche des Rotors 54 verteilt. Die Neigung der Förderstege 66 gegenüber der Rotorachse A ist in einzelnen Wirkungsbereichen des Rotors 54 unterschiedlich. Im Bereich des Rotors 54 mit dem kleinsten Querschnitt sind die Förderstege 66 um 45° in Drehrichtung geneigt und besitzen ihre größte Höhe. Im Mischraum 76, in dem die Flüssigkeit mit dem Trockengut vermischt wird, erstrecken sich die Förderstege 66 entlang der Rotorachse A. Im Verdichterraum 78 selbst sind die Förderstege 66 um 30° zur Rotorachse geneigt. Im Auslassbereich 128 des Rotors 54 verlaufen die Förderstege 66 achsparallel zur Rotorachse A entlang des gesamten äußeren halbkreisförmigen Querschnitts des Rotors 54.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs (13) mit einer Flüssigkeit (32), mit:
 - mindestens einer Feststoff-Zufuhreinrichtung (14),
 - mindestens einer Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40),
 - einem Beschleunigungsraum (42), in dem die zugeführte Flüssigkeit (32) in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt wird,
 - einem Feststoff-Zufuhrraum (16), in dem die zugeführten Feststoffteilchen (13) in eine Drehbewegung versetzt werden,
 - einem Mischraum (76) zum Vermischen der Feststoffteilchen (13) mit der Flüssigkeit (32) zu einer Suspension unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung und
 - einem Verdichterraum (78), in dem die sich drehende Suspension derart beschleunigt wird, dass in einem Eintrittsbereich (82) des Verdichterraums (78) eine Saugwirkung entsteht, die die zugeführte Feststoffschüttung (13) zumindest im wesentlichen entlüftet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feststoff-Zufuhreinrichtung (14) eine Impulsförderungseinrichtung zum Zuführen des Feststoffs (13) und Abdich-

ten des Feststoff-Zufuhr-raums (16) von der Umgebungsatmosphäre umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40) mindestens eine Einlassdüse (40), die tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit (32) im Beschleunigungsraum (42) angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt ist, sowie eine Vorrichtung (38) zum unter Druck setzen der zuzuführenden Flüssigkeit (32) umfasst.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Beschleunigungsraum (42) einen im wesentlichen kreisringförmigen Querschnitt aufweist und durch eine Trennwand (46) von dem Feststoff-Zufuhr-raum (16) getrennt ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass an einer dem Beschleunigungsraum (42) zugewandten Fläche (48) der Trennwand (46) und/oder einer dem Beschleunigungsraum (42) zugewandten Fläche (50) einer den Beschleunigungsraum (42) zumindest teilweise begrenzenden äußeren Wandung (44; 92; 100) spiralförmig verlaufende und in Strömungsrichtung geneigte Strömungskanäle (52) ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (46) und/oder die den Beschleunigungsraum (42) zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92; 100; 108) und/oder eine den Mischraum (76) zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92; 100; 108) drehbar sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (46) axial verschiebbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Rotor (54) mit einem ersten, einem zweiten und einem dritten Rotorabschnitt (56, 58, 60) vorhanden ist, wobei der erste Rotorabschnitt (56) ein der Feststoff-Zufuhreinrichtung (14) zugewandter, im Feststoff-Zufuhr-raum (16) angeordneter und mit einem Vorbehandlungskopf (62) versehener Abschnitt des Rotors (54) ist.
9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die drehbare Trennwand (46) und/oder die den Beschleunigungsraum (42) zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92; 100) und/oder die den Misch-

raum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92; 100) mit dem Rotor (54) verbunden ist/sind.

- 5 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass sich der zweite Rotorabschnitt (58) zumindest teilweise in den Feststoff-Zufuhr-raum (16) erstreckt und mit Zerstäubungsmessern (64) versehen ist.
- 10 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichterraum (78) einen ringspaltförmigen Querschnitt aufweist und von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt (80) einer äußeren Wandung (44) und dem zumindest im Bereich des Verdichterraums (78) kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt (60) begrenzt wird.
- 15 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass sie eine erste Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit (32) im Beschleunigungsraum (42) und/oder eine zweite Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum (78) und eine erste Regeleinrichtung zum Regeln der Drehgeschwindigkeit des Rotors (54) in Abhängigkeit der erfassten Strömungsgeschwindigkeiten) umfasst.
- 20 30 13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Regeleinrichtung die Drehgeschwindigkeit des Rotors (54) so regelt, dass sie der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit (32) im Beschleunigungsraum (42) entspricht.
- 35 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass an dem dritten Rotorabschnitt (60) stegförmige, mit Bohrungen (68) versehene Fördereinrichtungen (66) angeordnet sind.
- 40 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (54) axial verschiebbar ist.
- 45 16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sie eine dritte Erfassungseinrichtung (28) zur Erfassung des im Feststoff-Zufuhr-raum (16) vorherrschenden Drucks und eine zweite Regeleinrichtung (30) zum Regeln der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-Zufuhreinrichtung (14) und/oder der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40) umfasst.
- 50 55

17. Verfahren zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs (13) mit einer Flüssigkeit (32) mit den Schritten:

- Zuführen des Feststoffs (13), 5
- Zuführen der Flüssigkeit (32),
- Erzeugen einer Drehbewegung der zugeführten Flüssigkeit (32) und Beschleunigen der Flüssigkeit (32) auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit in einem Beschleunigungsraum (42), 10
- Erzeugen einer Drehbewegung der zugeführten Feststoffteilchen (13) in einem Feststoff-Zufuhrraum (16),
- Vermischen der Feststoffteilchen (13) mit der Flüssigkeit (32) zu einer Suspension unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung in einem Mischraum (76) und 15
- Beschleunigen der sich drehenden Suspension in einem Verdichterraum (78) derart, dass in einem Eintrittsbereich (82) des Verdichterraum (78) eine Saugwirkung entsteht, die die zugeführte Feststoffschüttung (13) zumindest im wesentlichen entlüftet. 20

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Mischraum (76) die Flüssigkeitsoberflächenströmung im wesentlichen gleich der spezifischen Teilchenoberfläche der in den Mischraum (76) eingebrachten Feststoffteilchen (13) ist. 30

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Mischraum (76) eine vertikale Fließgeschwindigkeit der Suspension mindestens 1-2 m/s beträgt. 35

Claims

1. Device (10) for mixing a pulverulent or granular solid (13) with a liquid (32), comprising:

- at least one solid supply device (14);
- at least one liquid supply device (37, 38, 40); 45
- an acceleration chamber (42), in which a rotary movement is imparted to the supplied liquid (32) and the liquid (32) is accelerated to a predetermined speed;
- a solid supply chamber (16), in which a rotary movement is imparted to the supplied solid particles (13); 50
- a mixing chamber (76) for mixing the solid particles (13) with the liquid (32) to form a suspension, while maintaining the rotary movement generated previously, and 55
- a compressor chamber (78), in which the rotating suspension is accelerated so that a suction

effect is generated in an entry region (82) of the compressor chamber (78), which suction effect at least substantially de-aerates the supplied loose solid (13).

2. Device according to claim 1, **characterised in that** the solid supply device (14) comprises a pulsed feeding device for conveying the solid (13) and sealing the solid supply chamber (16) from the surrounding atmosphere.

3. Device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the liquid supply device (37, 38, 40) comprises at least one inlet nozzle (40), which is arranged tangentially relative to the direction of flow of the liquid (32) in the acceleration chamber (42) and is inclined in the direction of flow, and a device (38) for pressurising the liquid (32) to be supplied.

4. Device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the acceleration chamber (42) has a substantially circular cross-section and is separated from the solid supply chamber (16) by a separating wall (46).

5. Device according to claim 4, **characterised in that** flow channels (52) which extend spirally and are inclined in the direction of flow are formed on a surface (48) of the separating wall (46) that faces the acceleration chamber (42) and/or on a surface (50), facing the acceleration chamber (42), of an outer wall (44; 92; 100) that delimits at least part of the acceleration chamber (42).

6. Device according to claim 4 or 5, **characterised in that** the separating wall (46) and/or the outer wall (92; 100; 108) delimiting at least part of the acceleration chamber (42) and/or an outer wall (92; 100; 108) delimiting at least part of the mixing chamber (76) are rotatable. 40

7. Device according to one of claims 4 to 6, **characterised in that** the separating wall (46) is axially displaceable.

8. Device according to one of the preceding claims, **characterised in that** a rotor (54) having a first, a second and a third rotor section (56, 58, 60) is provided, the first rotor section (56) being a section of the rotor (54) that faces the solid supply device (14), is arranged in the solid supply chamber (16) and is provided with a pre-treatment head (62).

9. Device according to claims 6 and 8, **characterised in that** the rotatable separating wall (46) and/or the outer wall (92; 100) delimiting at least part of the acceleration chamber (42) and/or

the outer wall (92; 100) delimiting at least part of the mixing chamber is/are connected to the rotor (54).

10. Device according to claim 8 or 9,
characterised in that at least part of the second rotor section (58) extends into the solid supply chamber (16) and is provided with pulverising blades (64). 5
11. Device according to one of claims 8 to 10,
characterised in that the compressor chamber (78) has a cross-section in the form of an annular gap and is delimited by a section (80) of an outer wall (44), which section (80) has the form of a truncated cone, and by the third rotor section (60) which is in the form of a truncated cone at least in the region of the compressor chamber (78). 10 15
12. Device according to one of claims 8 to 11,
characterised in that it comprises a first detection device for detecting the flow speed of the liquid (32) in the acceleration chamber (42) and/or a second detection device for detecting the flow speed of the suspension in the compressor chamber (78) and a first adjusting device for adjusting the speed of rotation of the rotor (54) in response to the detected flow speed(s). 20 25
13. Device according to claim 12,
characterised in that the first adjusting device adjusts the speed of rotation of the rotor (54) so that it corresponds to the flow speed of the liquid (32) in the acceleration chamber (42). 30
14. Device according to one of claims 8 to 13,
characterised in that feed devices (66) which are in the form of webs and are provided with bores (68) are provided on the third rotor section (60). 35
15. Device according to one of claims 8 to 14,
characterised in that the rotor (54) is axially displaceable. 40
16. Device according to one of the preceding claims,
characterised in that it comprises a third detection device (28) for detecting the pressure prevailing in the solid supply chamber (16) and a second adjusting device (30) for adjusting the metering speed(s) of the solid supply device (14) and/or of the liquid supply device (37, 38, 40). 45 50
17. Method of mixing a pulverulent or granular solid (13) with a liquid (32), comprising the following steps: 55
 - supply of the solid (13);
 - supply of the liquid (32);
 - generation of a rotary movement of the supplied liquid (32) and acceleration of the liquid

(32) to a pre-determined speed in an acceleration chamber (42);

- generation of a rotary movement of the supplied solid particles (13) in a solid supply chamber (16);
- mixing of the solid particles (13) with the liquid (32) to form a suspension while maintaining the rotary movement previously generated, in a mixing chamber (76), and
- acceleration of the rotating suspension in a compressor chamber (78) so that a suction effect is generated in an entry region (82) of the compressor chamber (78) which suction effect at least substantially de-aerates the supplied loose solid (13).

18. Method according to claim 17,
characterised in that the liquid surface flow in the mixing chamber (76) is substantially equal to the specific particle surface of the solid particles (13) introduced into the mixing chamber (76).

19. Method according to claim 17 or 18,
characterised in that a vertical flow speed of the suspension in the mixing chamber (76) is at least from 1 to 2 m/s.

Revendications

1. Dispositif (10) utilisé pour mélanger une matière poudreuse ou granulaire (13) avec un liquide (32), comprenant :
 - au moins un dispositif d'amenée de solide (14),
 - au moins un dispositif d'amenée de liquide (37, 38, 40)
 - une chambre d'accélération (42) dans laquelle le liquide (32) amené est mis en rotation et accéléré jusqu'à ce qu'il atteigne une vitesse prédéterminée,
 - une chambre d'amenée de solide (16) dans laquelle les particules de solide (13) amenées sont mises en rotation,
 - une chambre de mélange (76) servant au mélange des particules de solide (13) avec le liquide (32) pour obtenir une suspension tandis qu'est maintenu le mouvement de rotation généré préalablement et
 - une chambre de compression (78) dans laquelle la suspension en rotation est accélérée de telle sorte qu'un effet d'aspiration est généré dans une zone d'entrée (82) de la chambre de compression (78), lequel effet d'aspiration désaère pour le moins sensiblement la matière solide (13) en vrac amenée.
2. Dispositif selon la revendication 1,

- caractérisé en ce que** le dispositif d'amenée de solide (14) comprend un dispositif d'acheminement par impulsions pour amener la matière solide (13) et étancher la chambre d'amenée de solide (16) contre l'atmosphère environnante. 5
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif d'amenée de liquide (37, 38, 40) comprend au moins une buse d'entrée (40) disposée de manière tangentielle par rapport au sens d'écoulement du liquide (32) dans la chambre d'accélération (42) et inclinée dans le sens d'écoulement, ainsi qu'un dispositif (38) servant à la mise sous pression du liquide (32) à amener. 10
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre d'accélération (42) présente une section pour l'essentiel de forme torique et est séparée de la chambre d'amenée de solide (16) par une cloison de séparation (46). 20
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** des canaux d'écoulement (52) suivant une trajectoire en forme de spirale et inclinés dans le sens d'écoulement sont ménagés le long d'une surface (48) de la cloison de séparation (46) tournée vers la chambre d'accélération (42) et/ou le long d'une surface (50) d'une paroi extérieure (44; 92; 100) tournée vers la chambre d'accélération (42), laquelle paroi limite pour le moins partiellement la chambre d'accélération (42). 25 30
6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la cloison de séparation (46) et/ou la paroi extérieure (92; 100; 108) limitant pour le moins partiellement la chambre d'accélération (42) et/ou une paroi extérieure (92; 100; 108) limitant pour le moins partiellement la chambre de mélange (76) sont orientables. 35 40
7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la cloison de séparation (46) peut se déplacer axialement. 45
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** intègre un rotor (54) comprenant une première, une seconde et une troisième partie de rotor (56, 58, 60), la première partie (56) formant une partie du rotor (54) tournée vers le dispositif d'amenée de solide (14), disposée dans la chambre d'amenée de solide (16) et équipée d'une tête de prétraitement (62). 50 55
9. Dispositif selon les revendications 6 et 8, **caractérisé en ce que** la cloison de séparation (46) orientable et/ou la paroi extérieure (92; 100) limitant pour le moins partiellement la chambre d'accélération (42) et/ou la paroi extérieure (92; 100) limitant pour le moins partiellement la chambre de mélange est/sont liée(s) au rotor (54).
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la seconde partie (58) du rotor s'étend pour le moins partiellement dans la chambre d'amenée de solide (16) et est munie de lames de pulvérisation (64).
11. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** la chambre de compression (78) présente une section creuse annulaire et est limitée par une partie (80) tronconique d'une paroi extérieure (44) ainsi que par la troisième partie (60) du rotor, laquelle partie affiche une forme tronconique pour le moins dans la zone de la chambre de compression (78).
12. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend un premier dispositif d'enregistrement servant à la saisie de la vitesse d'écoulement du liquide (32) dans la chambre d'accélération (42) et/ou un second dispositif d'enregistrement servant à la saisie de la vitesse d'écoulement de la suspension dans la chambre de compression (78) ainsi qu'un premier dispositif de réglage servant au réglage de la vitesse de rotation du rotor (54) en fonction de la/des vitesse(s) d'écoulement saisie(s).
13. Dispositif selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le premier dispositif de réglage règle la vitesse de rotation du rotor (54) de telle sorte que celle-ci correspond à la vitesse d'écoulement du liquide (32) dans la chambre d'accélération (42).
14. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce que** des dispositifs d'acheminement (66) se présentant sous forme de nervures et munis d'alésages (68) sont disposés le long de la troisième partie (60) du rotor.
15. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 14, **caractérisé en ce que** le rotor (54) peut se déplacer axialement.
16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un troisième dispositif d'enregistrement (28) servant à la saisie de la pression régnant à l'intérieur de la chambre d'amenée de liquide (16) et un second dispositif de réglage (30) servant au réglage de la/des vitesse(s) de dosage du dispositif d'amenée de solide (14)

et/ou du dispositif d'amenée de liquide (37, 38, 40).

17. Procédé utilisé pour le mélange d'une matière (13) poudreuse ou granulaire avec un liquide (32), comprenant les étapes suivantes :

5

- amenée de la matière solide (13),
- amenée du liquide (32),
- mise en rotation du liquide (32) amené et accélération du liquide (32) dans une chambre d'accélération (42) jusqu'à ce qu'il atteigne une vitesse prédéterminée, 10
- mise en rotation des particules de solide (13) amenées dans une chambre d'amenée de solide (16), 15
- mélange des particules (13) de solide avec le liquide (32) dans une chambre de mélange (76) pour obtenir une suspension tandis qu'est maintenu le mouvement de rotation généré préalablement et 20
- accélération de la suspension en rotation dans une chambre de compression (78) de telle sorte qu'un effet d'aspiration est généré dans une zone d'entrée (82) de la chambre de compression (78), lequel effet d'aspiration désaère pour le moins sensiblement la matière solide (13) en vrac amenée. 25

18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** l'écoulement de surface du liquide est, dans la chambre de mélange (76) , pour l'essentiel égal à la surface spécifique des particules (13) de solide amenées dans la chambre de mélange (76). 30

35

19. Procédé selon la revendication 17 ou 18, **caractérisé en ce qu'une** vitesse verticale d'écoulement de la suspension est d'au moins 1 à 2 m/s dans la chambre de mélange (76). 40

45

50

55

55

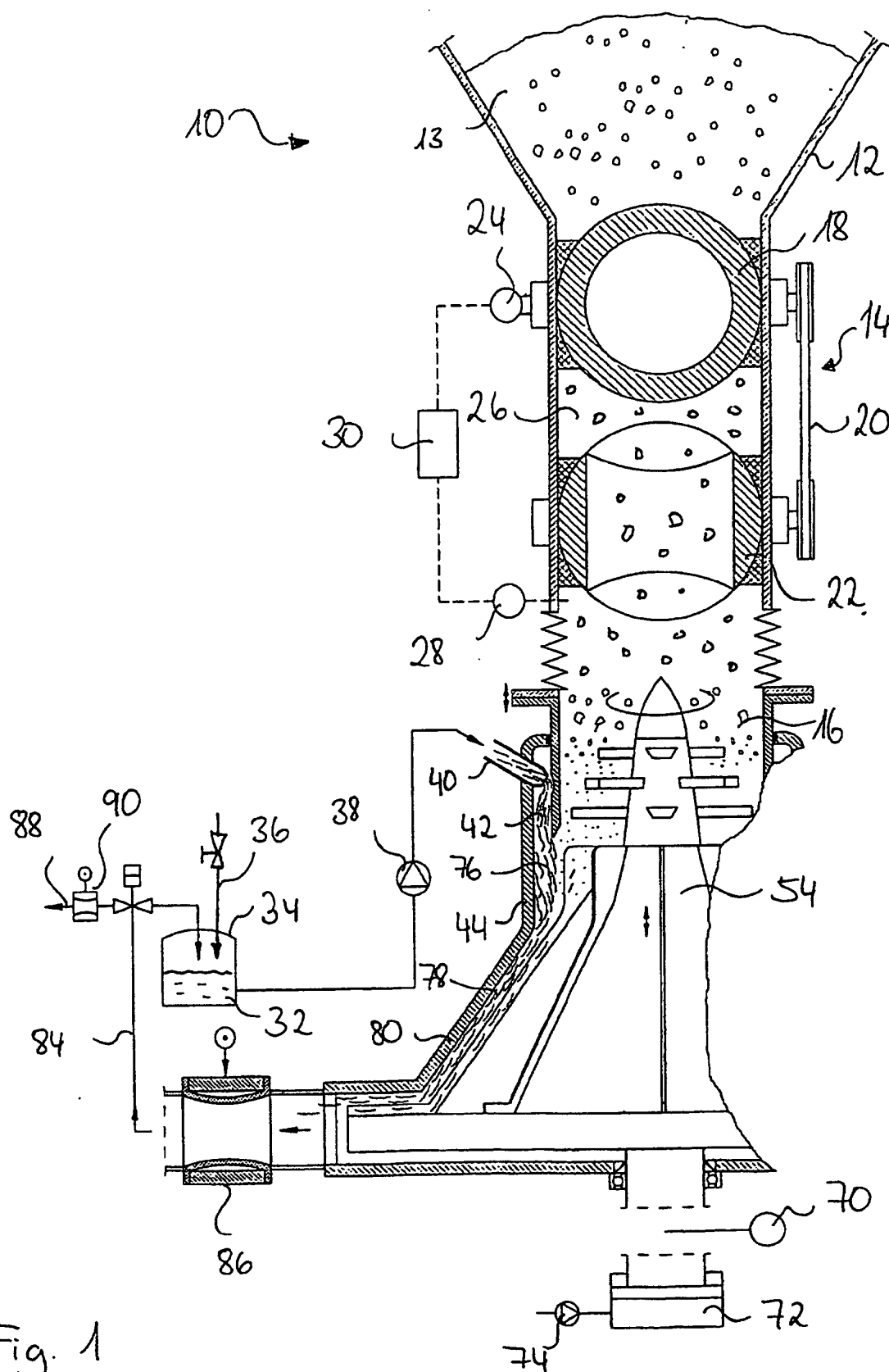


Fig. 1

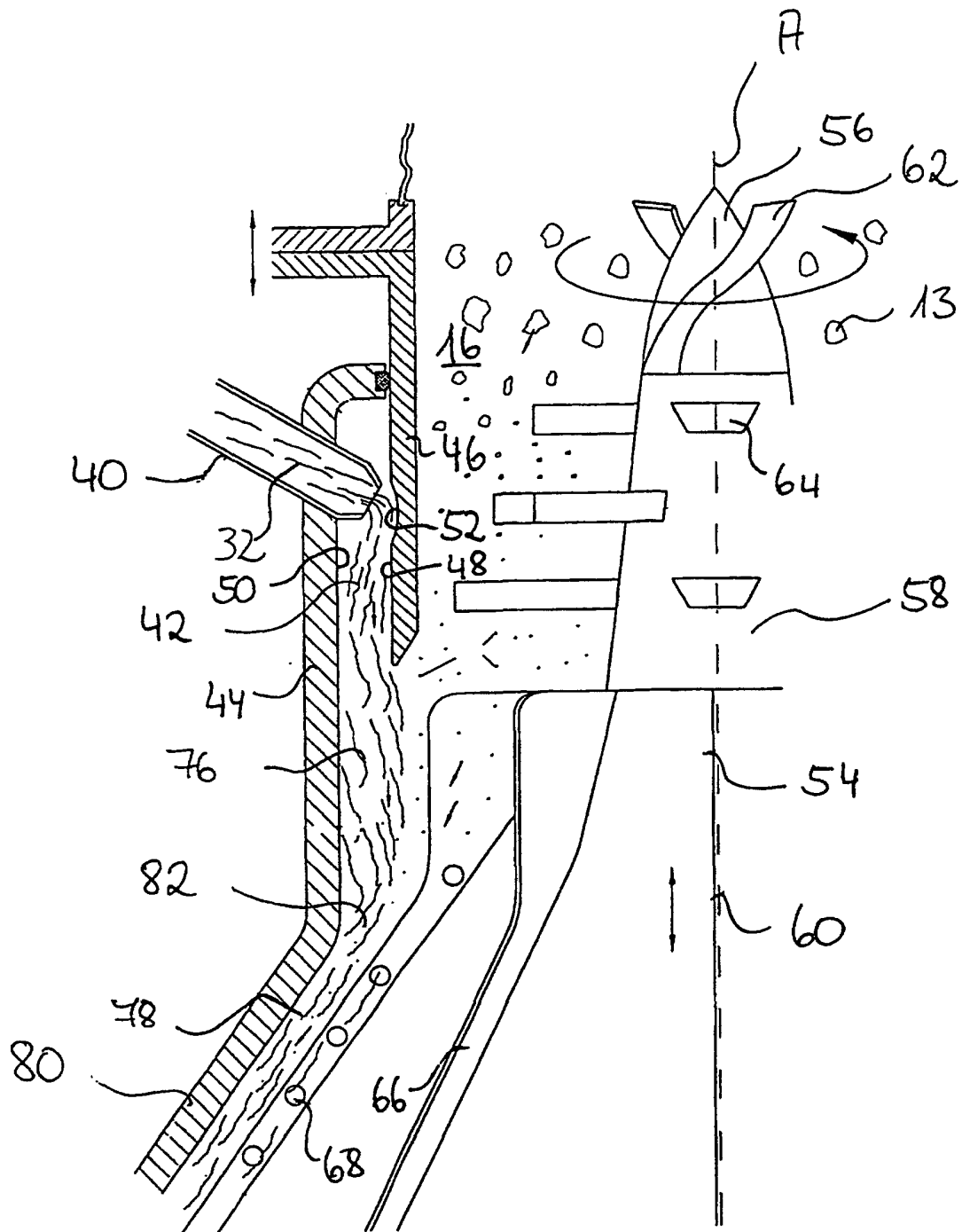


Fig. 2

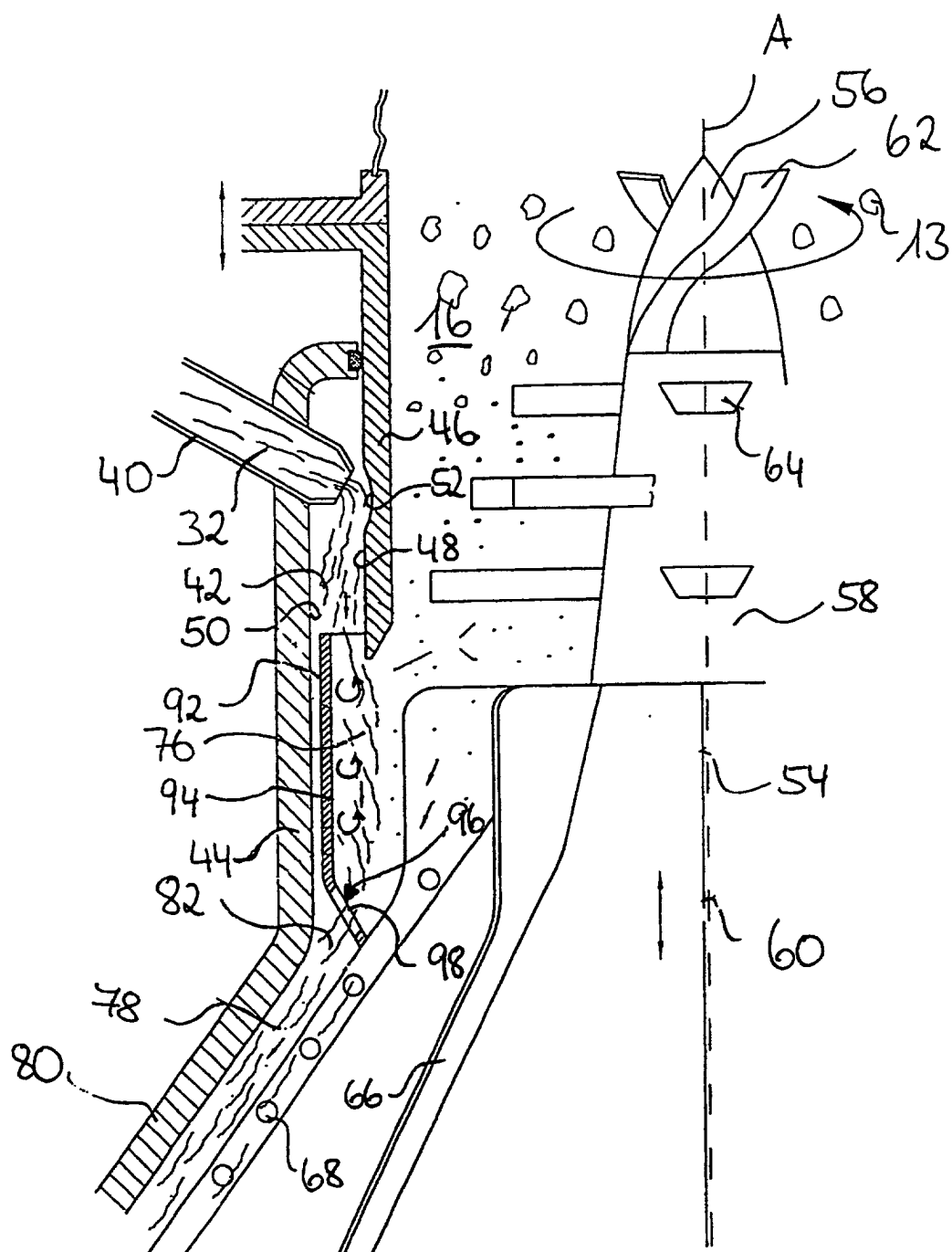


Fig. 3

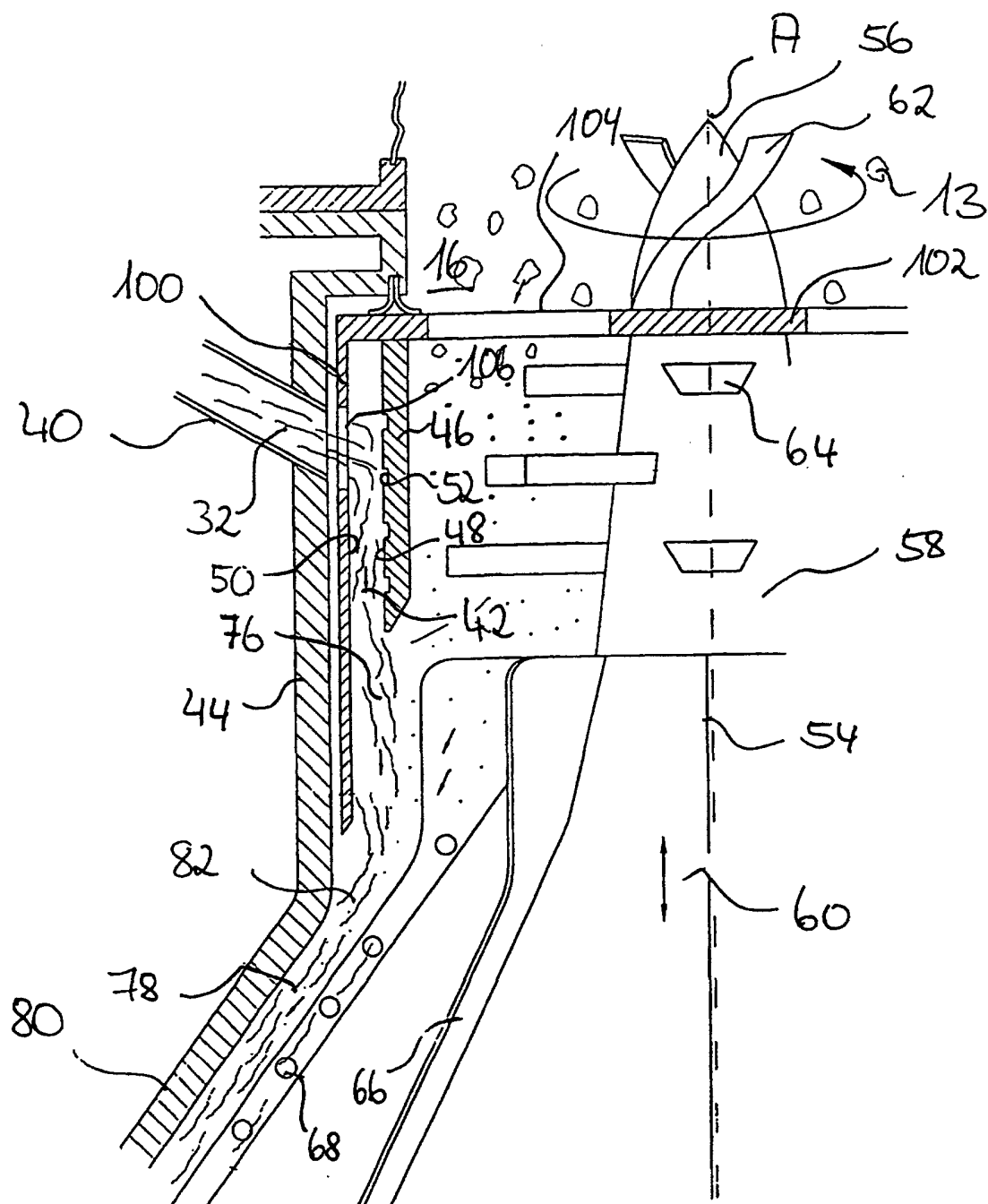


Fig. 4

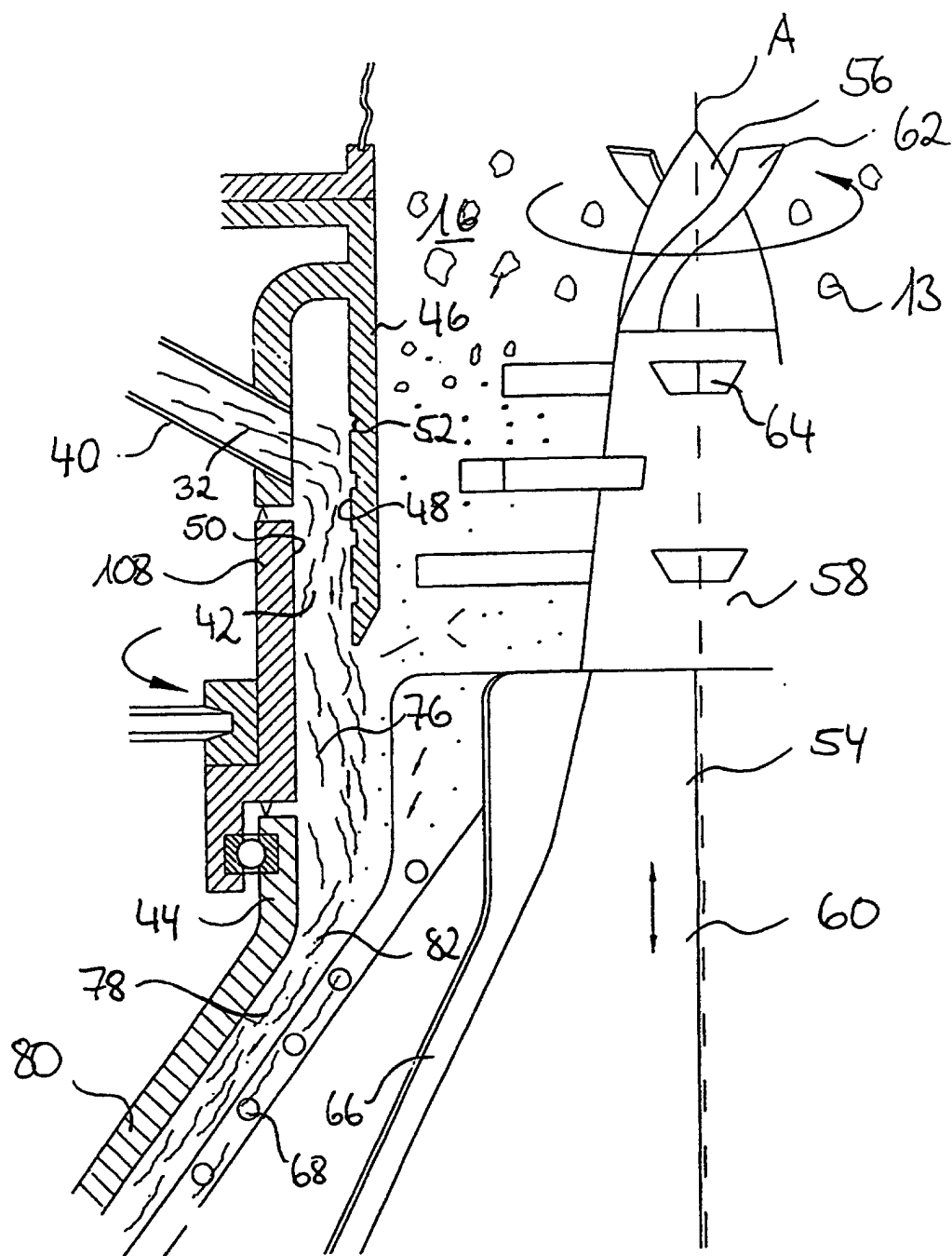


Fig. 5

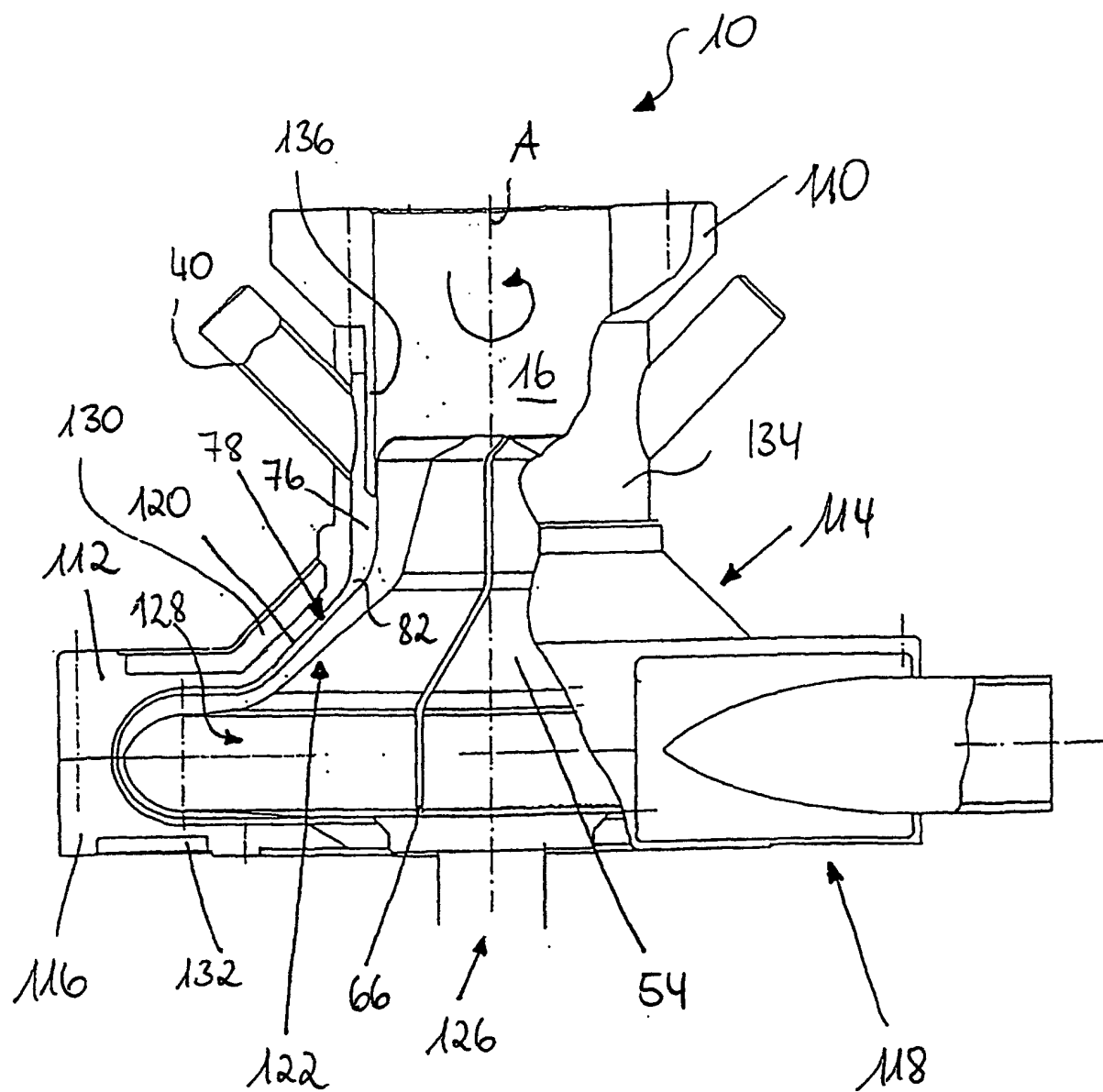


Fig. 6

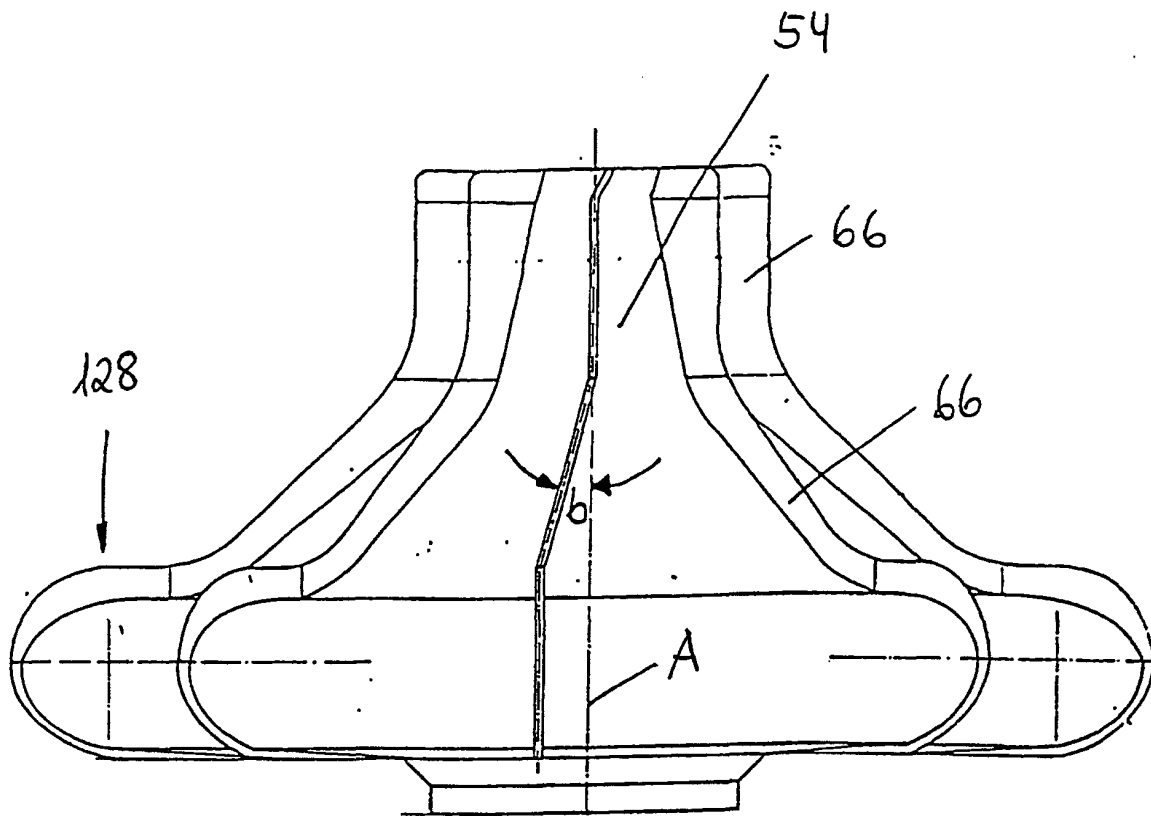


Fig. 7

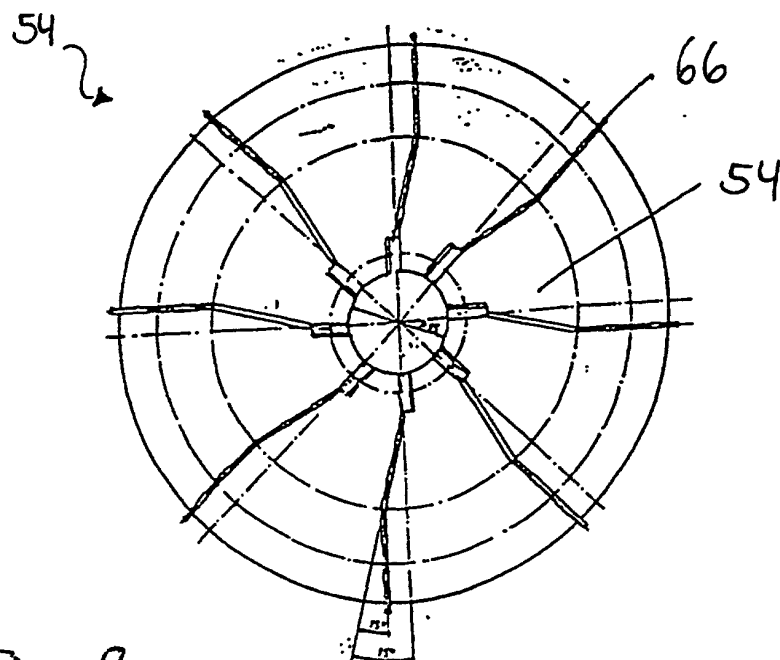


Fig. 8