

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 232 794 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.06.2004 Patentblatt 2004/24

(51) Int Cl.7: **B04B 1/20**

(21) Anmeldenummer: **01102962.6**

(22) Anmeldetag: **08.02.2001**

(54) **Verfahren zum Trennen eines Mehrphasengemisches und Dekantierzentrifugensystem zur Durchführung des Verfahrens**

Method for separating of a multi-phase mixture and decanter centrifuge system for carrying out this method

Procédé pour la séparation d'un mélange à phases multiples et système de centrifugeuse décanteuse pour la mise en oeuvre dudit procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.08.2002 Patentblatt 2002/34

(73) Patentinhaber: **Westfalia Separator AG
59302 Oelde (DE)**

(72) Erfinder:
• **Fleuter, Markus
59320 Ennigerloh (DE)**

• **Brinkmann, Andreas
33378 Rheda-Wiedenbrück (DE)**

(74) Vertreter: **Hoffmeister, Helmut, Dr. Dipl.-Phys.
Patentanwalt
Goldstrasse 36
48147 Münster (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-97/20634 DE-A- 1 951 574
DE-A- 4 320 265 DE-C- 19 500 600
US-A- 4 303 192**

EP 1 232 794 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 ein Verfahren zum Trennen eines Mehrphasengemisches in wenigstens eine Flüssigkeitsphase und eine Trockenphase mit einer vor-

- eine ringförmige Tauchscheibe, die an ihrem inneren Umfang mit einer Welle verbunden ist und deren Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser einer Zentrifugentrommel; und
- wenigstens ein endseitig an der Zentrifugentrommel angeordnetes Flüssigkeitswehr mit einem Wehrspalt, durch den die Flüssigkeitsphase aus der Zentrifugentrommel ableitbar ist, und mit einer Teichtiefeneinstellvorrichtung, mit der die Teichtiefe x_T der in der Zentrifugentrommel rotierenden Flüssigkeitsphase einstellbar ist,

mit folgenden Schritten:

- a) Anlaufen der Zentrifugentrommel auf eine Starttrommeldrehzahl $n_{Z,1}$ und Einstellen der Teichtiefe x_T auf eine Startteichtiefe $x_{T,1}$;
- b) Einleiten des Mehrphasengemisches in die rotierende Zentrifugentrommel;
- c) Abzug der Trockenphase durch die wenigstens eine Trockensubstanzaustragsausnehmung und Abzug der Flüssigkeitsphase durch den Wehrspalt;
- d) Regeln der Teichtiefe x_T mittels der Teichtiefeneinstellvorrichtung in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase bis zum Erreichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,1}$.

[0002] Die Teichtiefe ist definiert als die Differenz zwischen Außen- und Innendurchmesser des in der Zentrifugentrommel rotierenden Flüssigkeitsrings.

[0003] Eine Dekantierzentrifuge mit wenigstens teilweiser hydraulischer Förderung, wie Sie für die Durchführung des Verfahrens vorausgesetzt wird, ist aus der DE 43 20 265 C2 bekannt. Hierbei wird in der rotierenden Zentrifugentrommel ein Flüssigkeitsring zwischen Tauchscheibe und Flüssigkeitswehr mit bestimmter Füllstandshöhe, der sogenannten Teichtiefe, eingestellt und somit durch die Flüssigkeitsphase ein hydrostatischer Druck erzeugt, der zum Austrag der Trockenphase beiträgt. Die hydraulische Förderung kann zusätzlich oder anstelle des Austrags mit einer mit Differenzdrehzahl rotierbaren Schnecke erfolgen.

[0004] Das Wehr ist im wesentlichen zweiteilig ausgebildet. Eine Wehrplatte schließt den zylinderförmigen Mantel der Zentrifugentrommel ab und rotiert mit dieser. Sie ist mit wenigstens einem Durchlass zum Ablassen einer Flüssigkeit aus der Zentrifugentrommel versehen. Der Wehrplatte ist eine parallele Drosselscheibe zugeordnet, die axial verschiebbar an der ortsfesten Lage-

rung der rotierbaren Zentrifugentrommel angeordnet ist. Zwischen der rotierenden Wehrplatte und der ortsfesten Drosselscheibe bildet sich ein Spalt aus, der sich in radialer Richtung erstreckt und durch den die Flüssigkeitsphase aus der Zentrifugentrommel heraus geschleudert wird. Durch axiale Verschiebung der Drosselscheibe kann die Wehrspaltweite variiert werden. Durch eine Verringerung der Weite des Wehrspaltes wird eine Druckerhöhung in der Flüssigkeitsphase bewirkt, so dass diese vermehrt die Trockenphase aus der Zentrifugentrommel herausdrückt. Die Flüssigkeitsphase dringt teilweise auch in die Trockenphase ein und verringert dessen Konzentration an Trockensubstanz. Umgekehrt bewirkt eine Erweiterung des Wehrspaltes eine Druckminderung, eine reduzierte hydraulische Förderung und schließlich eine Erhöhung der Trockensubstanzkonzentration in der Trockenphase.

[0005] Dieses Flüssigkeitswehr für eine Dekantierzentrifuge hat sich bewährt, da es bei rotierender Zentrifugentrommel nachstellbar ist und so eine Regelung der Trockensubstanzkonzentration über die Wehrspaltweite erlaubt. Mittels der Regelung der Wehrspaltweite kann auf Konzentrations- und Mengenänderungen bei dem zugeführten Mehrphasengemisch im laufenden Prozess reagiert werden.

[0006] Es hat sich jedoch erwiesen, dass die Regelung der Trockensubstanzkonzentration über das verstellbare Flüssigkeitswehr einen unverändert hohen Energieeinsatz der mit hoher Drehzahl rotierenden Dekantierzentrifuge erfordert. Der hohe Energieverbrauch beruht insbesondere darauf, dass die der Trommel zugeführte Menge des Mehrphasengemisches kontinuierlich aus einer Ruhelage beschleunigt werden muss, bis sie die mittels der Zentrifugentrommel aufgeprägte hohe Winkelgeschwindigkeit erreicht.

[0007] Im Laufe des Verfahrens kann sich die Wehrstellung in eine Randlage verschieben, in der die Drosselplatte des Wehrs nicht weiter verstellbar ist. Bei starken Änderungen von Konzentration und/oder Menge des aufgegebenen Mehrphasengemisches kann dann keine Regelung der Trockensubstanzkonzentration mehr erfolgen. Der Prozess muss abgebrochen und mit einer empirisch zu bestimmenden Trommeldrehzahl neu angefahren werden.

[0008] Bekannt ist aus der DE 195 00 600 C1 ein pneumatisches Flüssigkeitswehr, bei dem durch Einblasen von Druckgas in den Wehrspalt der Strömungswiderstand der Flüssigkeitsphase im Wehr erhöht wird, wodurch die Teichtiefe erhöht wird. Auch mit dieser Ausbildung des Flüssigkeitswehrs ist eine Regelung der Trockensubstanzkonzentration durch eine Wehrverstellung während des Betriebes möglich.

[0009] In der EP 1 044 723 A1 werden verschiedene Verfahren vorgeschlagen, um mit Maschinenparametern wie der Trommeldrehzahl oder der Differenzdrehzahl die Eigenschaften der separierten Phasen zu beeinflussen. Hierbei steht jedoch stets die Zusammensetzung der Flüssigkeits- bzw. Trockenphase im Mittel-

punkt der Überlegungen. Die offenbarte Regelung der Trockensubstanzkonzentration über eine Variation der Trommeldrehzahl erfordert jedoch einen erhöhten Energieeinsatz. Neben dem ohnehin hohen Energieverbrauch bei einer hohen Grunddrehzahl ist das häufige Abbremsen und Beschleunigen der Trommel wegen der hohen Massenträgheitsmomente einer beladenen Dekantierzentrifuge und den hohen Winkelgeschwindigkeiten zusätzlich sehr energieintensiv.

Ein Verfahren, das zum Betreiben einer Dekantierzentrifuge mit einem verstellbaren Flüssigkeitswehr geeignet wäre, ist nicht offenbart.

[0010] Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiter zu entwickeln, dass zum einen eine Optimierung des Energieverbrauchs im Grundlastbetrieb einer Dekantierzentrifuge erfolgt und dass zum anderen die Dekantierzentrifuge so betrieben wird, dass auch bei plötzlichen Änderungen in Art und Menge des zulaufenden Produktes eine Regelung des Prozesses im Hinblick auf eine vorbestimmte Trockensubstanzkonzentration der abgetrennten Trockenphase gewährleistet ist.

[0011] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, das durch folgende weitere Schritte gekennzeichnet ist:

- e) Festlegen eines Teichtiefentoleranzbereichs mit einer unteren Teichtiefe $x_{T,U}$ und einer oberen Teichtiefe $x_{T,O}$;
- f) Vergleichen der eingeregelter Teichtiefe x_W mit dem Teichtiefentoleranzbereich und fortwährende Durchführung der Schritte b) bis f) bei einer innerhalb des Teichtiefentoleranzbereiches liegenden Teichtiefe x_T ;
- g) Erhöhen der Zentrifugentrommeldrehzahl n_z um einen Drehzahlstufenwert Δn_z bei einer Teichtiefe x_T , die kleiner ist als die untere Teichtiefe $x_{T,U}$, oder Absenken der Zentrifugentrommeldrehzahl n_z um einen Drehzahlstufenwert Δn_z bei einer Teichtiefe x_T , die größer ist als die obere Teichtiefe $x_{T,O}$;
- h) Nachregeln der Teichtiefe x_T in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} in der abgezogenen Trockenphase bis zum Erreichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $c_{TS,0}$;
- i) Vergleich der nachgeregelten Teichtiefe x_T mit einem vorgegebenen Teichtiefentoleranzbereich und Wiederholung der Schritte f) bis i) bei einer außerhalb des Teichtiefentoleranzbereiches liegenden Teichtiefe x_T unter fortwährender Einleitung des Mehrphasengemisches in die rotierende Zentrifugentrommel und Abzug der Flüssigkeits- und Trockenphase.

[0012] Die mit dem Verfahren der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass eine Dekantierzentrifuge mit einer Tauchscheibe und einem Flüssigkeitswehr so zu betreiben ist, dass bei einem

Grundlastbetrieb mit weitgehend konstanter Menge und Konzentration des Zulaufs eine Optimierung hinsichtlich des Energieverbrauchs vorgenommen werden kann und dass zugleich eine Reaktionsbereitschaft auf plötzliche Änderungen im Zulauf dadurch gegeben ist, dass das Wehr in eine durch den Toleranzbereich definierte Mittellage zurückgeführt wird, aus der heraus es sowohl die Trockenphase stärker eindicken als auch weiter verdünnen kann.

[0013] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird eine Dekantierzentrifuge verwendet, deren Flüssigkeitswehr aus einer Wehrplatte mit wenigstens einer Flüssigkeitsausnehmung und aus einer Drosselplatte besteht, die ortsfest unter Ausbildung eines Wehrspaltes gegenüber der Wehrplatte gelagert und axial verschiebbar ist. Die Teichtiefe x_T ist über eine Vergrößerung der Wehrspaltweite x_W abzusinken und über eine Verringerung der Wehrspaltweite x_W zu erhöhen. Dem Teichtiefentoleranzbereich ist ein entsprechender Wehrspaltweitentoleranzbereich mit einer unteren Wehrspaltweite $x_{W,U}$ und einer oberen Wehrspaltweite $x_{W,O}$ zugeordnet. Da eine Erhöhung der Wehrspaltweite den Staudruck am Wehr senkt, sinkt folglich die Teichtiefe. Somit ist bei der unteren Wehrspaltweite $x_{W,U}$ des Wehrspaltweitentoleranzbereichs die obere Teichtiefe $x_{T,U}$ erreicht und umgekehrt.

[0014] Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass eine Dekantierzentrifuge verwendet wird, deren Flüssigkeitswehr wenigstens aufweist einen sich axial erstreckenden, U-förmigen Flüssigkeitskanal, deren Eintritts- und Austrittsöffnungen zum Außenumfang des Flüssigkeitswehrs hin angeordnet sind und bei dem im Bereich einer U-förmigen Biegung des Flüssigkeitskanals ein Druckgas unter Ausbildung einer hydrohermetischen Druckkammer einleitbar ist. Damit ist die Teichtiefe x_T durch Erhöhung des Gasdrucks zu erhöhen und durch Erniedrigen des Gasdrucks abzusinken. Dem Teichtiefentoleranzbereich ist ein entsprechender Gasdrucktoleranzbereich mit einem unteren Gasdruck p_U und einem oberen Gasdruck p_O zugeordnet.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die Zeichnung zu entnehmen.

[0016] Die Erfindung betrifft auch ein Dekantierzentrifugensystem zur Durchführung des Verfahrens, mit wenigstens folgenden Einzelteilen:

- einer Dekantierzentrifuge umfassend:
 - eine Hohlwelle, die wenigstens ein innenliegendes Einlaufrohr aufweist;
 - eine um die Hohlwelle rotierbare Zentrifugentrommel, welche mit wenigstens einer in ihren Trommelmantel eingebrachten Trockensubstanzaustragsausnehmung versehen ist;
 - eine ringförmigen Tauchscheibe, die an ihrem inneren Umfang mit der Hohlwelle verbunden

- ist und deren Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des Trommelmantels;
- wenigstens ein endseitig an der Zentrifugentrommel angeordnetes Flüssigkeitswehr mit einem Wehrspalt, durch den die Flüssigkeitsphase aus der Zentrifugentrommel ableitbar ist, und mit einer Teichtiefeneinstellvorrichtung, mit der die Teichtiefe x_T der in der Zentrifugentrommel rotierenden Flüssigkeitsphase einstellbar ist,
 - einer Sensoreinrichtung zur Messung der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} in der abgezogenen Trockenphase;
 - eine Wehrregleinrichtung zur Regelung der Teichtiefe x_T in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} .
 - und einer Drehzahlregleinrichtung zur Regelung der Trommeldrehzahl n_z in Abhängigkeit von der Teichtiefe x_T und von der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} , mit einem Konzentrationssignaleingang, einem Teichtiefensignaleingang und einem Drehzahlsteuersignalausgang.

[0017] Eine solches Dekantierzentrifugensystem ist aus der PCT/WO 97/20634 bekannt. Es sind dort Einrichtungen vorgesehen, um unter anderem durch die Parameter Drehzahl und Stellung des Wehrs den Prozess der Phasentrennung in der Dekantierzentrifuge zu beeinflussen. Da alle Parameter aber zugleich auf den Prozess einwirken, müssen die Einstellungskombinationen, an denen das gewünschte Ergebnis erzielbar ist, empirisch ermittelt werden, so dass die Qualität des Prozesses von der Erfahrung des Bedieners abhängig ist

[0018] Eine gattungsgemäßes Dekantierzentrifugensystem ist auch aus der Veröffentlichung "Intelligente Meß- und Regelungstechnik zur optimierten Prozessführung bei der Abwasserbehandlung" (DR. H.-J. BEYER / M. FLEUTER, Westfalia Separator Industry GmbH in: 4. Merseburger Fachtagung Automatisierung, Meßmethoden und Experimente in der mechanischen Verfahrenstechnik, November 1999) bekannt. Mit Hilfe einer Wehrregleinrichtung wird erreicht, dass die Teichtiefe x_T in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} verstellt wird. Hierdurch ist eine weitgehende Automatisierung des Phasentrennprozesses möglich. Ein Eingriff des Bedieners ist aber nach wie vor erforderlich, wenn starke Änderungen in Art, Menge und/oder Konzentration des zulaufenden Produktes auftreten und das Wehr eine Grenzlage erreicht hat, aus der heraus es nicht mehr auf die aufgetretenen Änderungen reagieren kann. Zudem ist im laufenden Prozess wegen der hohen Trommeldrehzahlen ein hoher Energieverbrauch festzustellen.

[0019] Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Dekantierzentrifugensystem so weiter zu entwickeln, dass Änderungen bei Menge und Zusammensetzung des zulauf-

fenden Produktes durch Reserven bei der Wehrstellung kompensierbar sind, und dass der Energieverbrauch der Dekantierzentrifuge reduziert wird.

[0020] Diese Aufgabe wird gelöst bei einem Dekantierzentrifugensystem der zuvor genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Wehrregleinrichtung gegenüber der Drehzahlregleinrichtung vorrangig geschaltet ist und die Drehzahlregleinrichtung während der Regelung der Teichtiefe x_T durch die Wehrregleinrichtung bis zum Erreichen einer vorgegebenen Trockensubstanzkonzentration c_{TS} , mittels einer Deaktivierungseinrichtung deaktivierbar ist.

[0021] Mit diesem Dekantierzentrifugensystem ist es möglich, zwei Stellgrößen, nämlich Teichtiefe und Drehzahl, automatisch zu beeinflussen. Die Drehzahlregleinrichtung ist dabei nachgeordnet. Priorität in dem System behält die Wehrregleinrichtung für die Regelung der Teichtiefe in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration. Damit kommt der Drehzahlregleinrichtung eine Rolle als Ergänzungssystem zu, das in Zeiten eines Grundlastbetriebs eine Optimierung des Energieverbrauchs bewirken kann oder auch die Stellung des Wehrs im Hinblick auf Reaktionen des Systems auf Änderungen beim Zulauf optimieren kann.

[0022] Im Falle eines Ausfalls der Wehrregleinrichtung kann zudem über eine Änderung der Trommeldrehzahl die Trockensubstanzkonzentration geregelt oder zumindest soweit gesenkt werden, dass die Trockensubstanz fließfähig bleibt und ein Verstopfen der Austragsleitungen verhindert wird.

[0023] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Dekantierzentrifugensystems sind den Unteransprüchen 18 bis 23 zu entnehmen.

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Figuren zeigen im Einzelnen:

- | | |
|----------------|---|
| Fig. 1 | eine erste Ausführungsform eines Dekantierzentrifugensystems in schematischer Übersicht; |
| Fig. 2 | eine zweite Ausführungsform eines Dekantierzentrifugensystems in schematischer Übersicht, |
| Fig. 3 | den inneren Aufbau einer Dekantierzentrifuge mit mechanischem Flüssigkeitswehr in Schnittansicht; |
| Fig. 4a bis 4c | den Verlauf verschiedener Parameter während des Verfahrens, jeweils aufgetragen in einem Diagramm über der Zeitachse; |
| Fig. 5a,b | die ausströmende Flüssigkeit bei verschiedenen Stellungen eines mechanischen Flüssigkeitswehrs in Schnittansicht; |

Fig. 6 eine Dekantierzentrifuge mit pneumatischein Flüssigkeitswehr in Schnittansicht; und

Fig. 7 den Ablauf des Verfahrens in einem Flussdiagramm.

[0025] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines Dekantierzentrifugensystems gemäß der Erfindung. Eine Dekantierzentrifuge 100 ist mit einem Einlaufrohr 11, einer Flüssigkeitsleitung 36 und einer Trockensubstanzaustragsleitung 27 verbunden. Die Dekantierzentrifuge 100 weist eine Trommelantriebsvorrichtung 25 für den Antrieb einer Zentrifugentrommel 20 und eine Schneckenantriebsvorrichtung 45 zum Antrieb einer Förderschnecke 40 auf. Außerdem ist die Dekantierzentrifuge 100 mit einem Flüssigkeitswehr versehen, das über eine Wehrstellvorrichtung 35 verstellbar ist.

[0026] An der Trockensubstanzaustragsleitung 27 ist eine Sensoreinrichtung 60 angeordnet, mit der eine Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der dort abgezogenen Trockenphase messbar ist. Das Messsignal der Sensoreinrichtung 60 ist auf den Konzentrationssignaleingang 211 einer Wehrregelvorrichtung 210 aufgeschaltet. An deren Steuerausgang 214 wird in der hier dargestellten ersten Ausführungsform ein Wehrspaltweitensteuersignal ausgegeben, mit dem die Wehrstellvorrichtung 35 beaufschlagt ist. Als besonders geeignet hat sich die Auslegung der Wehrregelvorrichtung 210 als PI-Regler erwiesen. Durch einen hohen integrierenden Anteil können Regelabweichungen zunächst über eine Zeitdauer gemittelt werden, so dass ein Aufschwingen des Dekantierzentrifugensystems verhindert wird.

[0027] Das Messsignal der Sensoreinrichtung 60 ist außerdem auf den Konzentrationssignaleingang 221 einer Drehzahlregelvorrichtung 220 aufgeschaltet. An einem Wehrspaltweitensignaleingang 222 ist ein Signal aufgeschaltet, das die aktuelle Wehrspaltweite übermittelt. Dieses Wehrspaltweitensignal kann direkt vom Steuerausgang 214 der Wehrregelvorrichtung 210 abgenommen werden, so dass es einen Soll-Wert der Wehrspaltweite repräsentiert.

[0028] Vorzugsweise wird jedoch die tatsächliche Wehrspaltweite durch Wegstreckenmessung direkt am Wehr ermittelt und dem Wehrspaltweitensignaleingang 222 der Drehzahlregelvorrichtung 220 aufgeschaltet. Die Drehzahlregelvorrichtung 220 ist als Schrittreger ausgeführt.

[0029] Die in Fig. 2 dargestellte bei der Anwendung des Verfahrens bevorzugte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten aus Fig. 1 dadurch, dass sie eine Deaktivierungseinrichtung 215 aufweist, die die Drehzahlregelvorrichtung 220 erst freischaltet, wenn die Anlaufphase des Prozesses beendet ist und die Wehrspaltweite x_w vorläufig durch die Wehrregelvorrichtung 210 eingeregelt worden ist. Weiterhin deaktiviert die De-

aktivierungseinrichtung 215 die Drehzahlregelvorrichtung 220 im Anschluss an eine Änderung der Trommeldrehzahl solange, bis die damit einhergehende Beeinflussung der an der Sensoreinrichtung 60 zu messenden Trockensubstanzkonzentration C_{TS} von der Wehrregelvorrichtung 210 wieder kompensiert worden ist. Anschließend wird die Drehzahlregelvorrichtung 220 wieder freigeschaltet, so dass diese gegebenenfalls eine weitere Änderung der Trommeldrehzahl ausführen kann.

[0030] In Fig. 3 ist der innere Aufbau einer Dekantierzentrifuge 1 dargestellt, die im wesentlichen aus einer Zentrifugentrommel 20, einer Hohlwelle 20, einem Flüssigkeitswehr 30 und einer Förderschnecke 40 besteht.

[0031] Die Zentrifugentrommel 20 ist an Lagerstellen 23, 24 drehbar gelagert und kann über eine Trommelantriebsvorrichtung 25 (vgl. Fig. 1) rotiert werden. Innerhalb der Zentrifugentrommel 20 ist eine Hohlwelle 10 angeordnet, die über Lager 15, 16 drehbar am Trommelmantel 21 gelagert ist. In eine axiale Bohrung der Hohlwelle 10 ragt ein ortsfestes Einlaufrohr 11 hinein, das an wenigstens einer Einlaufaufnahme 12 mündet. Durch diese ist eine Verbindung von der inneren Bohrung zum Außenumfang der Hohlwelle 10 geschaffen.

[0032] Am Außenumfang der Hohlwelle 10 ist eine Förderschnecke 40 befestigt, die über eine Schneckenantriebsvorrichtung 45 rotierbar ist. Die Schneckenantriebsvorrichtung 45 kann auch Teil der Trommelantriebsvorrichtung 25 sein, beispielsweise durch eine separate Getriebestufe gebildet sein. Hohlwelle 10 und Trommelmantel 21 sind konzentrisch angeordnet, so dass sich zwischen der Hohlwelle 10 und dem Trommelmantel 21 ein Kreisringraum 26 ausgebildet. Die Hohlwelle 10 weist eine Tauchscheibe 14 auf, die an dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel in der Nähe einer Querschnittsverjüngung von Hohlwelle 10 und Trommelmantel 21 angeordnet ist. Die Tauchscheibe 14 ist auf der Hohlwelle 10 befestigt und schließt den Kreisringraum 26 zur Hohlwelle hin ab. Der äußere Umfang der Tauchscheibe 14 ist beabstandet von dem Innenumfang des Zentrifugenmantels 21, so dass dort ein Durchtritt von Flüssigkeit oder Trockensubstanz möglich ist. Am Ende des konischen Bereiches ist der Trommelmantel 21 mit wenigstens einer Trockensubstanzaustragsausnehmung 22 versehen.

[0033] Am gegenüberliegenden axialen Ende der Zentrifugentrommel 20 ist ein Flüssigkeitswehr 30 angeordnet. Die Zentrifugentrommel 20 ist mit einer Wehrplatte 32 abgeschlossen, welche einzelne Ausnehmungen aufweist, die einen Austritt von Flüssigkeit erlauben. Der Wehrplatte 32 gegenüberliegend ist eine Drosselplatte 34 angeordnet, die an einem ortsfesten Teil des Gehäuses der Dekantierzentrifuge 1 befestigt ist und nicht mit der Zylindertrommel 20 rotiert. Die Drosselplatte 34 ist parallel zur Drehachse der Zylindertrommel 20 verschiebbar. Die Breite eines sich zwischen Wehrplatte 32 und Drosselplatte 34 ausbildenden Wehrspalts 33

ist damit auch bei rotierender Zylindertrommel 20 variierbar.

[0034] Die Verstellung der Drosselplatte 34 kann über elektrische oder pneumatische Verstelleinrichtungen erfolgen, die über ein Spaltweitensignal steuerbar sind, welches vom Steuerausgang 214 einer Wehrregelrichtung 210 ausgegeben wird.

[0035] Figur 6 zeigt ausschnittsweise eine Dekantierzentrifuge mit einem pneumatischen Flüssigkeitswehr 330. Dieses weist einen U-förmigen Flüssigkeitskanal auf mit einer zur Zentrifugentrommel 20 hin gerichteten Eintrittsöffnung 331, einer U-förmigen Biegung 333 und einer Austrittsöffnung 332. Es schließt sich in der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform eine weitere U-förmige Kanalumlenkung an, so dass insgesamt eine Labyrinthdichtung mit 4 Umlenkungen ausgebildet ist. Durch eine Druckgasleitung 334 kann Druckgas in den Flüssigkeitskanal im Bereich der U-förmigen Biegung 333 eingeblasen werden, wo sich eine hydrohermetische Druckkammer ausbildet. Das in der Biegung 333 eingeleitete Druckgas erhöht den Strömungswiderstand für die Flüssigkeitsphase 54 und erhöht damit den Staudruck am Flüssigkeitswehr 330, so dass sich die Teichtiefe x_T vergrößert und die Trockensubstanzkonzentration der ausgetragenen Schlammphase 52 verringert. Wird der Gasdruck zu hoch gewählt, bricht die Gasphase aus der Biegung 333 des Kanals aus und sammelt sich entweder in der Zentrifugentrommel 20 oder strömt nach außen. Bei einem Gasdruck, der etwa dem Druck der rotierenden Flüssigkeitsphase in der Biegung 333 entspricht, tritt kein Gas mehr in die Flüssigkeitsphase 54 über, so dass diese ungehindert austreten kann. Beim Über- oder Unterschreiten dieser Druckwerte wird die Teichtiefe x_T nicht mehr beeinflusst. Liegt der Gasdruck zwischen den genannten Grenzdrücken, kann das Verfahren der Erfindung in gleicher Weise angewandt werden wie zuvor für eine Dekantierzentrifuge mit mechanisch verstellbarem Flüssigkeitswehr 30 angegeben wurde. Auch das zuvor beschriebene Dekantierzentrifugensystem kann mit seinen Sensoren 60 und Regeleinrichtungen 210, 220 ebenso zusammen mit einer Dekantierzentrifuge mit pneumatisch verstellbarem Flüssigkeitswehr 330 betrieben werden.

[0036] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnung erläutert.

[0037] Bei dem zu verarbeitenden Produkt handelt es sich um ein Mehrphasengemisch, das mindestens eine Flüssigkeitsphase und eine darin unlösliche Feststoffphase aufweist. In der hier vorgestellten Ausbildung des Verfahrens ist es Ziel des Trennprozesses, die Feststoffphase mit einem möglichst geringem Restgehalt an Flüssigkeit abzutrennen, gleichwohl soll die aus Feststoff und Restflüssigkeit bestehende Trockenphase noch durch Rohrleitungen förderbar sein, so dass sie fließfähig bleiben muss. Diese Zielsetzung ergibt sich beispielsweise bei der Verarbeitung von Klärschlamm in kommunalen Kläranlagen.

[0038] Die Zylindertrommel 20 wird auf eine hohe

Nennndrehzahl n_{Z0} beschleunigt, und das Produkt wird eingeleitet. Die Nennndrehzahl n_{Z0} ist durch die Bauart der Dekantierzentrifuge 100 begrenzt. Bei hoher Nennndrehzahl n_{Z0} zu Beginn des Verfahrens weist die sich absondernde Trockenphase 52 in der Zentrifugentrommel 20 eine hohe Trockensubstanzkonzentration C_{TS} auf.

[0039] Bei einem großen Dichtenunterschied zwischen fester und flüssiger Phase sind Feststoffe leichter sedimentierbar. In diesen Fällen kann die Nennndrehzahl n_{Z0} niedriger sein als die bauartbedingte Höchstdrehzahl $n_{Z,max}$. Das Verfahren kann dann mit einer Startdrehzahl begonnen werden, die dem 0,5 bis 0,7 fachen der maximalen Drehzahl entspricht. Dadurch weist die Trockenphase zunächst eine erhöhte Menge an Restwasser auf. Um dies auszugleichen, wird das Verfahren mit einem weit geöffneten Wehr begonnen, so dass möglichst viel Flüssigkeit abfließen kann.

[0040] In jedem Fall wird aber die Nennndrehzahl n_{Z0} zu Anfang des Prozesses so hoch gewählt, dass damit eine starke Phasentrennung erzielt wird und vermieden wird, dass Feinstäube mit der abgetrennten Flüssigkeitsphase ausgeschwemmt werden.

[0041] Um die Förderbarkeit der Trockenphase 52 zu gewährleisten und um bereits in der Anlaufphase des Prozesses ein so hohes Volumen auszutragen, dass die Rohrleitungen auf der Austragsseite gefüllt werden und eine Messung der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} mit Hilfe der Sensoreinrichtung 60 ermöglicht ist, wird die bei hoher Nennndrehzahl abgetrennte Trockensubstanz mit Flüssigkeit versetzt. Dazu wird beim Anlaufen des Prozesses die Wehrspaltweite x_W des Wehrspalts 33 zunächst auf einen Startwert eingestellt, der etwa 0,5% bis 5% der maximal einstellbare Wehrspaltweite $x_{W,max}$ beträgt. Durch den schmalen Wehrspalt 33 steigt der Druck im Kreisringraum 26, so dass Flüssigkeit 54 in die abgeschleuderte Trockenphase 52 hineindrückt. Die so wieder verdünnte Trockenphase 52 wird an der Tauchscheibe 14 vorbei bis zu der Trockensubstanzaustragsausnehmung 22 gefördert.

[0042] Die Weitenverhältnisse am Wehr sind in den Fig. 5a und 5b schematisch dargestellt. Die Flüssigkeitsphase 54 wird nach dem Austritt aus der Wehrplatte 32 auf Grund der hohen Zentrifugalkräfte radial nach außen geschleudert. Bei einer in Fig. 5b dargestellten sehr weiten Öffnung des Wehrspalts 33 schleudert die Flüssigkeitsphase weg und benetzt die Drosselplatte 34 nicht mehr. Die Spaltweite x_W ist dann ohne Einfluss auf die hydraulische Förderung der Trockenphase 52 in der Zentrifugentrommel 20. Die maximal einstellbare Wehrspaltweite $x_{W,max}$ ist damit diejenige Weite des Wehrspalts 33, bei der gerade noch eine Benetzung der Drosselplatte 34 durch die austretende Flüssigkeitsphase 54 stattfindet und somit eine Regelung des Staudrucks der Flüssigkeitsphase erfolgen kann.

[0043] Anschließend wird die Wehrspaltweite x_W in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase 52 bis zum Er-

reichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,0}$ geregelt.

[0044] Als anzustrebender Arbeitspunkt wird eine Wehrspaltweite definiert, die unter Berücksichtigung von maschinentechnischen und produktspezifischen Daten festgelegt wird und gegebenenfalls durch Vorversuche ermittelt wird. Weiterhin wird ein in Fig. 4b mit 37 bezeichneter Wehrspaltweitentoleranzbereich um den Arbeitspunkt herum und eine Startwehrspaltweite $x_{W,1}$ festgelegt. Die Breite des Wehrspaltweitentoleranzbereichs 37 beträgt vorzugsweise 0,5% bis 5% der maximalen Wehrspaltweite $x_{W,max}$.

[0045] Der Arbeitspunkt kann auch in der Mitte des verfahrenstechnisch wirksamen Verfahrensbereichs der Drosselplatte 34 festgelegt werden, so dass sich gleich große Reserven für den Verfahrensweg der Drosselplatte in beiden Richtungen ergeben.

[0046] Nach dem so gestalteten Anlaufen des Prozesses setzt die erfindungsgemäße Optimierung des Verfahrens im Hinblick auf eine Energieeinsparung ein, sofern die eingeregelter Wehrspaltweite x_W nicht in dem Wehrspaltweitentoleranzbereich 37 liegt.

[0047] Liegt die Wehrspaltweite in dem Wehrspaltweitentoleranzbereich 37, so wird der Prozess ohne Energieverbrauchsoptimierung weitergeführt, indem laufend das Produkt aufgegeben wird und Flüssigkeits- und Trockenphase abgezogen werden. Über eine Regelung der Wehrspaltweite wird auf Konzentrations- oder Mengenänderungen im Zulauf reagiert, so dass die Trockensubstanzkonzentration C_{TS} nach kurzer Zeitdauer wieder einem vorgegebenen Sollwert entspricht.

[0048] Kann die Wehrspaltweite nicht weiter erhöht werden, da diese nahe an der maximalen Wehrspaltweite $x_{W,max}$ liegt, wird eine Erhöhung der Trommeldrehzahl n_Z vorgenommen, so dass die Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der Trockenphase tendenziell erhöht wird. Dem wird durch eine Druckerhöhung in der Flüssigkeitsphase entgegengewirkt, die mittels einer Reduzierung der Wehrspaltweite x_W bewirkt wird. Durch die Schritte Drehzahlerhöhung und Nachregelung der Wehrspaltweite wird, gegebenenfalls nach einer Wiederholung, zugleich die Drosselplatte des Wehrs wieder im Wehrspaltweitentoleranzbereich 37 positioniert.

[0049] Liegt die eingeregelter Wehrspaltweite x_W jedoch unterhalb des vorgegebenen Wehrspaltweitentoleranzbereichs 37, so wird die Zentrifugentrommeldrehzahl n_Z um einen Drehzahlstufenwert Δn_Z , welcher vorzugsweise bei 2% der maximalen Nenndrehzahl liegt, abgesenkt. Eine Durchführung des Verfahrens mit Drehzahlstufenwerten Δn_Z von 30 bis 70 U/min ist auch möglich. Es hat sich gezeigt, dass diese bevorzugte Werte für die Drehzahlstufenwerte einerseits groß genug ist, um in möglichst kurzer Zeit und möglichst wenigen Schritten eine Energieeinsparung zu bewirken. Andererseits führt die Höhe der dem Prozess aufgewungenen Änderung noch nicht zu einem Aufschwingen des Systems oder anderen negativen Auswirkun-

gen.

[0050] Nach der Drehzahländerung wird die Wehrspaltweite x_W in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration c_{TS} in der abgezogenen Trockenphase 52 bis zum Erreichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,0}$ nachgeregelt.

[0051] Die eingeregelter Wehrspaltweite x_W wird wiederum mit dem vorgegebenen Wehrspaltweitentoleranzbereich 37 verglichen. Solange die Wehrspaltweite x_W außerhalb des Wehrspaltweitentoleranzbereiches 37 liegt, werden die Schritte:

- Drehzahlabsenkung,
- Nachregelung des Wehrspaltes 33 und
- Überprüfung der Wehrspaltweite

wiederholt.

[0052] Andernfalls wird die Energieoptimierung abgebrochen. Das Wehr 30 steht dann in einer Stellung, bei der noch genügend Reserven gegeben sind, um die Drosselklappe 34 im verfahrenstechnisch wirksamen Bereich zu verfahren und damit die Wehrspaltweite x_W zu verändern, wenn eine Änderung in Menge und/oder Zusammensetzung des aufgegebenen Produktes dies erfordert.

[0053] Das erfindungsgemäße Verfahren wird abschließend an einem Beispiel und mit Bezug auf die Fig. 7 und die Fig. 4a bis Fig. 4c nochmals erläutert.

[0054] In einer kommunalen Kläranlage wird das Dekantiersystem der Erfindung zur Trocknung, Eindickung oder Volumenstromreduzierung von Klärschlamm, welcher ein Gemisch aus Flüssigkeit und Feststoffen mit einem Gehalt an Trockensubstanz von 0.1 - 50 g/l darstellt. Angestrebt wird eine Entwässerung bis auf eine Trockensubstanzkonzentration C_{TS} von 60 g/l.

[0055] In Fig. 4 ist der zeitliche Verlauf der Trommeldrehzahl n_Z (Fig. 4a), der Wehrspaltweite x_W (Fig. 4b) und des Volumenstroms des zugeführten Produktes (Fig. 4c) bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt.

[0056] In der mit "I" bezeichneten Phase wird die Zentrifugentrommel 20 auf eine hohe Trommeldrehzahl beschleunigt, die im Bereich der bauartbedingten, im Betrieb maximal zulässigen Drehzahl liegt.

[0057] Wie in Fig. 4b dargestellt, wird die Wehrspaltweite x_W , ausgehend von einem nahezu geschlossenen Wehrspalt 33 in einer Rampenfunktion vergrößert, bis die Trommel mit dem im Betrieb vorgesehenen Volumen des Mehrphasengemisches vollständig befüllt ist, die vorgegebene Trommeldrehzahl erreicht wird und ein konstanter Volumendurchsatz in der Dekantierzentrifuge vorliegt.

[0058] Als Abschluss der Phase "I", die die Schritte a) bis d) des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst, erfolgt eine Nachregelung der Wehrspaltweite x_W bis eine vorgegebene Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase 52 erreicht ist.

[0059] Anschließend an die Nachregelung erfolgt mit

Beginn der Phase "II" eine Überprüfung, ob die Wehrspaltweite x_W schon innerhalb des Wehrspaltweitentoleranzbereiches 37 liegt, welcher in Fig. 4b zwischen den gestrichelten Linien dargestellt ist.

[0060] Da die Wehrspaltweite x_W noch außerhalb des Toleranzbandes liegt, kann eine Absenkung der Trommeldrehzahl n_Z um einen Drehzahlstufenwert Δn_Z vorgenommen werden, wodurch eine Energieeinsparung erzielt wird. Die durch die Reduktion der Trommeldrehzahl niedrigere Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der ausgetragenen Trockenphase wird durch eine Vergrößerung der Wehrspaltweite x_W kompensiert.

[0061] Die vorgenannten Schritte werden in den Phasen "III" und "IV" wiederholt. Am Ende der Phase "IV" befindet sich die Wehrspaltweite x_W nach Durchführung der Nachregelung innerhalb des Wehrspaltweitentoleranzbereiches 37.

[0062] Daher wird die Drehzahlregelvorrichtung 220 deaktiviert, und es wird keine weitere Absenkung der Trommeldrehzahl vorgenommen. Das Wehr 30 befindet sich nun in einer Stellung, aus der heraus das Dekantierzentrifugensystem der Erfindung auf Änderungen beim Produktzulauf in beide Richtungen reagieren kann. Der Wehrspalt 33 kann weiter geöffnet werden, um den Flüssigkeitsentzug bei einem Produkt mit geringerer Trockensubstanzkonzentration zu erhöhen. Er kann aber auch weiter geschlossen werden, wodurch bei einem stärker konzentrierten Produkt eine bestimmte Restfeuchte in der ausgetragenen Trockenphase erhalten bleibt, was ein Zusetzen der austragsseitigen Leitungssysteme verhindert.

[0063] In Phase "V" der Fig. 4c ist eine Erhöhung der Zuflussmenge, beispielsweise auf Grund eines Regenschauers, aufgezeichnet. Gleichzeitig ist der Feststoffgehalt aber geringer. Um die Trockensubstanzkonzentration C_{TS} des Austrags konstant zu halten, wird die Wehrspaltweite x_W aus dem Toleranzbereich 37 heraus stark erhöht, um vermehrt Flüssigkeit abziehen zu können.

[0064] Der Verfahrensablauf ist auch in dem Flussdiagramm der Fig. 7 graphisch dargestellt: Zunächst muss die Zentrifugentrommel anlaufen und das Wehr auf eine Startwehrspaltweite eingestellt werden. Es wird dann die Zuleitung des Mehrphasengemisches in die rotierende Dekantierzentrifuge geöffnet, die damit, allmählich gefüllt wird. Die Flüssigkeitsphase und die Trockenphase werden kontinuierlich abgezogen.

[0065] Mit der Wehrregelvorrichtung 210 (vgl. Fig. 1, 2) wird über die Wehrstellung die Austragskonzentration auf den gewünschten Sollwert eingeregelt. Während dieser Zeit ist die Funktion der Drehzahlregelvorrichtung 220 noch überbrückt. Nachdem diese Überbrückungszeit beendet ist, wird die Regelung freigegeben. Für den spezifischen Einsatzfall wird unter Berücksichtigung von maschinentechnischen und anlagenspezifischen Daten der optimale Arbeitspunkt der Wehrregelvorrichtung 210 festgelegt. Aus diesem Arbeitspunkt ergibt sich der Bereich, in dem die Dekantierzentrifuge verfahrenstechnisch und hinsichtlich des Energieverbrauchs optimal arbeitet. Mittellage und Breite dieses Bereiches werden zur Definition eines Wehrspaltweitentoleranzbereiches herangezogen.

renstechnisch und hinsichtlich des Energieverbrauchs optimal arbeitet. Mittellage und Breite dieses Bereiches werden zur Definition eines Wehrspaltweitentoleranzbereiches herangezogen.

[0066] Die momentane Stellung des Wehrs wird dann ermittelt und mit dem Wehrspaltweitentoleranzbereich verglichen.

[0067] Befindet sich der Stellwert der Wehrregelvorrichtung unterhalb dieses Bereiches, ist der Dekanter nicht ausgelastet und die Trommeldrehzahl, die mit dem Energieverbrauch des Trennverfahrens direkt im Zusammenhang steht, kann um einen Drehzahlstufenwert reduziert werden.

[0068] Verlässt der Stellwert der Regelung den Bereich in positiver Richtung, ist die Trommeldrehzahl zu niedrig und muss angehoben werden, um die Wehrposition in den Wehrspaltweitentoleranzbereich zurückzuführen.

[0069] Ist eine der Bedingungen für die Verstellung der Trommeldrehzahl gegeben, wird geprüft, ob die Wehrregelvorrichtung ausgeregt ist, d.h. ob die Austragskonzentration dem Sollwert entspricht. Ist das der Fall, so wird die Trommeldrehzahl angepasst. Ist die Regeldifferenz zu groß, muss zunächst die Trockensubstanzkonzentration C_{TS} nachgeregt werden und die Trommeldrehzahl wird erst in einem späteren Schritt verändert.

[0070] Wurde die Trommeldrehzahl verändert, so ergibt sich für die ständig aktive Wehrregelvorrichtung möglicherweise ein neuer Arbeitspunkt. Dieser Arbeitspunkt muss von der Regelung ermittelt und angefahren werden. Dazu wird eine Erholungszeit für die Regelung gestartet. Nach Ablauf dieser Zeit beginnt wieder der Zyklus, der zur Festlegung des Wehrspaltweitentoleranzbereiches und eines erneuten Vergleichs der Wehrstellung mit dem Toleranzbereich führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trennen eines Mehrphasengemisches (50) in wenigstens eine Flüssigkeitsphase (54) und eine Trockenphase (52) mit einer vorbestimmten Trockensubstanzkonzentration C_{TS} , mittels einer Dekantierzentrifuge (100), die aufweist:

- eine ringförmige Tauchscheibe (14), die an ihrem inneren Umfang mit einer Welle (10) verbunden ist und deren Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser einer Zentrifugentrommel (20); und
- wenigstens ein endseitig an der Zentrifugentrommel (20) angeordnetes Flüssigkeitswehr mit einem Wehrspalt, durch den die Flüssigkeitsphase (54) aus der Zentrifugentrommel (20) ableitbar ist, und mit einer Teichtiefeinstellvorrichtung, mit der die Teichtiefe x_T der in

der Zentrifugentrommel (20) rotierenden Flüssigkeitsphase einstellbar ist,

mit folgenden Schritten:

- a) Anlaufen der Zentrifugentrommel (20) auf eine Starttrommeldrehzahl $n_{z,1}$ und Einstellen der Teichtiefe x_T auf eine Startteichtiefe $x_{T,1}$;
- b) Einleiten des Mehrphasengemisches (50) in die rotierende Zentrifugentrommel (20);
- c) Abzug der Trockenphase (52) durch die wenigstens eine Trockensubstanzaustragsausnehmung (22) und Abzug der Flüssigkeitsphase (54) durch den Wehrspalt (33);
- d) Regeln der Teichtiefe x_T mittels der Teichtiefeneinstellvorrichtung in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase (52) bis zum Erreichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,1}$;
gekennzeichnet durch folgende Schritte
- e) Festlegen eines Teichtiefentoleranzbereichs mit einer unteren Teichtiefe $x_{T,U}$ und einer oberen Teichtiefe $x_{T,O}$;
- f) Vergleichen der eingeregelter Teichtiefe x_W mit dem Teichtiefentoleranzbereich und fortwährende Durchführung der Schritte b) bis f) bei einer innerhalb des Teichtiefentoleranzbereiches liegenden Teichtiefe x_T ;
- g) Erhöhen der Zentrifugentrommeldrehzahl n_z um einen Drehzahlstufenwert Δn_z bei einer Teichtiefe x_T , die kleiner ist als die untere Teichtiefe $x_{T,U}$, oder Absenken der Zentrifugentrommeldrehzahl n_z um einen Drehzahlstufenwert Δn_z bei einer Teichtiefe x_T , die größer ist als die obere Teichtiefe $x_{T,O}$;
- h) Nachregeln der Teichtiefe x_T in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase (52) bis zum Erreichen einer vorgegebenen Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,0}$;
- i) Vergleich der nachgeregelten Teichtiefe x_T mit einem vorgegebenen Teichtiefentoleranzbereich und Wiederholung der Schritte f) bis i) bei einer außerhalb des Teichtiefentoleranzbereiches liegenden Teichtiefe x_T unter fortwährender Einleitung des Mehrphasengemisches (50) in die rotierende Zentrifugentrommel (20) und Abzug der Flüssigkeits- und Trockenphase (54, 52).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Dekantierzentrifuge (100) verwendet wird, deren Flüssigkeitswehr (30) aus einer Wehrplatte (32) mit wenigstens einer Flüssigkeitsausnehmung und aus einer Drosselplatte (34) besteht, die ortsfest unter Ausbildung eines Wehrspaltes (33) gegenüber der Wehrplatte (32) gelagert

und axial verschiebbar ist und dass die Teichtiefe x_T über eine Vergrößerung der Wehrspaltweite x_W abzusenken und über eine Verringerung der Wehrspaltweite x_W zu erhöhen ist, wobei dem Teichtiefentoleranzbereich ein entsprechender Wehrspaltweitentoleranzbereich mit einer unteren Wehrspaltweite $x_{W,U}$ und einer oberen Wehrspaltweite $x_{W,O}$ zugeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Mittelpunkt des Wehrspaltweitentoleranzbereiches (37) die Hälfte der maximalen Wehrspaltweite $x_{W,max}$ gewählt wird, bei welcher gerade keine Benetzung der Drosselplatte (34) durch die aus dem Wehrspalt (33) austretende Flüssigkeitsphase (54) mehr stattfindet.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Mittelpunkt des Wehrspaltweitentoleranzbereiches (37) die in Schritt d) eingeregelter Wehrspaltweite x_W gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt a) zur Einstellung der Startteichtiefe $x_{T,1}$ eine Startwehrspaltweite $x_{W,1}$ entsprechend 0,5% bis 5% der maximalen Wehrspaltweite $x_{W,max}$ gewählt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite des Wehrspaltweitentoleranzbereiches (37) zwischen einer unteren Wehrspaltweite $x_{W,U}$ und einer oberen Wehrspaltweite $x_{W,O}$ 0,5% bis 5% der maximalen Wehrspaltweite $x_{W,max}$ beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt d) die Wehrspaltweite x_W als lineare Funktion der Zeit erhöht wird, solange eine Regelabweichung der gemessenen Trockensubstanzkonzentration C_{TS} von der Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,1}$ mehr als 10% beträgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Dekantierzentrifuge verwendet wird, deren Flüssigkeitswehr wenigstens einen sich axial erstreckenden, U-förmigen Flüssigkeitskanal aufweist, deren Eintritts- und Austrittsöffnungen zum Außenumfang des Flüssigkeitswehrs hin angeordnet sind und bei dem im Bereich der U-förmigen Biegung ein Druckgas unter Ausbildung einer hydrohermetischen Druckkammer einleitbar ist und dass die Teichtiefe x_T durch Erhöhung des Gasdrucks zu erhöhen ist und durch Erniedrigen des Gasdrucks abzusenken ist, wobei dem Teichtiefentoleranzbereich ein entsprechender Gasdrucktoleranzbereich mit einem unteren Gasdruck p_U und einem oberen Gasdruck p_O zugeordnet ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Mittelpunkt des Teichtiefentoleranzbereiches die in Schritt d) eingeregelter Teichtiefe x_W gewählt wird. 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt a) zur Einstellung der Startteichtiefe $x_{T,1}$ ein Startgasdruck p_1 entsprechend 95% bis 99,5% eines maximalen Gasdrucks p_{max} gewählt wird. 10
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite des Gasdrucktoleranzbereiches zwischen einem unteren Gasdruck P_U und einem oberen Gasdruck P_O 0,5% bis 5% des maximalen Gasdrucks p_{max} beträgt. 15
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt d) der Gasdruck als lineare Funktion der Zeit gesenkt wird, solange eine Regelabweichung der gemessenen Trockensubstanzkonzentration C_{TS} von der Soll-Trockensubstanzkonzentration $C_{TS,1}$ mehr als 10% beträgt. 20
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Starttrommeldrehzahl $n_{Z,1}$ die maximal zulässige, bauartbedingte Nenndrehzahl $n_{Z,max}$ der Dekantierzentrifuge (100) gewählt wird. 25
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Starttrommeldrehzahl $n_{Z,1}$ dem 0,5 fachen bis 0,7fachen der maximal zulässigen, bauartbedingten Nenndrehzahl $n_{Z,max}$ der Dekantierzentrifuge (100) gewählt wird. 30
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehzahlstufenwert Δn_z 1% bis 3% der maximal zulässigen, bauartbedingten Nenndrehzahl $n_{Z,max}$ entspricht. 35
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehzahlstufenwert Δn_z 30...70 Umdrehungen pro Minute beträgt. 40
17. Dekantierzentrifugensystem zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 16, mit wenigstens folgenden Einzelteilen: 45
- einer Dekantierzentrifuge (100) umfassend:
 - eine Hohlwelle (10), die wenigstens ein innenliegendes Einlaufrohr (11) aufweist; 50
 - eine um die Hohlwelle (10) rotierbare Zentrifugentrommel (20), welche mit wenigstens einer in ihren Trommelmantel (21)

eingebrachten Trockensubstanzaustragsausnehmung (22) versehen ist;

- einer ringförmigen Tauchscheibe (14), die an ihrem inneren Umfang mit der Hohlwelle (10) verbunden ist und deren Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des Trommelmantels (21);
- wenigstens ein endseitig an der Zentrifugentrommel (20) angeordnetes Flüssigkeitswehr mit einem Wehrspalt, durch den die Flüssigkeitsphase (54) aus der Zentrifugentrommel (20) ableitbar ist, und mit einer Teichtiefeneinstellvorrichtung, mit der die Teichtiefe x_T der in der Zentrifugentrommel (20) rotierenden Flüssigkeitsphase einstellbar ist,

- einer Sensoreinrichtung (200) zur Messung der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} in der abgezogenen Trockenphase (52);
- einer Wehrregleinrichtung (210) zur Regelung der Teichtiefe x_T in Abhängigkeit von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} ;
- einer Drehzahlregleinrichtung (220) zur Regelung der Trommeldrehzahl n_Z in Abhängigkeit von der Teichtiefe x_T und von der Trockensubstanzkonzentration C_{TS} , mit einem Konzentrationssignaleingang (221), einem Teichtiefensignaleingang (222) und einem Drehzahlsteuersignalausgang (224),

dadurch gekennzeichnet, dass die Wehrregleinrichtung (210) gegenüber der Drehzahlregleinrichtung (220) vorrangig geschaltet ist und die Drehzahlregleinrichtung (220) während der Regelung der Teichtiefe x_T durch die Wehrregleinrichtung (210) bis zum Erreichen einer vorgegebenen Trockensubstanzkonzentration C_{TS} mittels einer Deaktivierungseinrichtung (215) deaktivierbar ist.

18. Dekantierzentrifugensystem nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dekantierzentrifuge (100) eine in dem zwischen der Hohlwelle (10) und der Zentrifugentrommel (20) ausgebildeten Kreisringraum (26) angeordnete Förderschnecke (40) aufweist, die mit der Hohlwelle (10) mit einer Schneckendrehzahl n_S rotierbar ist, welche gegenüber der Trommeldrehzahl n_Z um eine Differenzdrehzahl Δn_S erhöhbar ist.

19. Dekantierzentrifugensystem nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flüssigkeitswehr (30) aus einer Wehrplatte (32) mit wenigstens einer Flüssigkeitsausnehmung und aus einer Drosselplatte (34) besteht, die ortsfest unter Ausbildung eines Wehrspaltes (33) gegenüber der Wehrplatte (32) gelagert und axial verschiebbar ist.

20. Dekantierzentrifugensystem nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flüssigkeitswehr (330) wenigstens einen sich axial erstreckenden, U-förmigen Flüssigkeitskanal aufweist, deren Eintritts- und Austrittsöffnungen (331, 332) zum Außenumfang des Flüssigkeitswehrs (330) hin angeordnet sind und bei dem im Bereich einer U-förmigen Biegung (333) Druckgas unter Ausbildung einer hydrohermetischen Druckkammer über eine Druckgasleitung (334) einleitbar ist. 5 10
21. Dekantierzentrifugensystem (100) nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wehrregleinrichtung (210) ein PI-Regler oder ein PID-Regler ist. 15
22. Dekantierzentrifugensystem (100) nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehzahlregleinrichtung (220) ein Schritttregler ist, der einen Teichtiefensignaleingang (222), einen Konzentrationssignaleingang (221) und einen Drehzahlsteuersignalausgang (224) aufweist. 20
23. Dekantierzentrifugensystem nach einem der Ansprüche 17 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teichtiefensignaleingang (221) der Drehzahlregleinrichtung (220) und der Wehrsteuersignalausgang (214) der Wehrregleinrichtung (210) direkt miteinander verbunden sind. 25 30

Claims

1. A method of separating a multi-phase mixture (50) into at least one liquid phase (54) and one dry phase (52) having a set concentration C_{TS} of dry substance, using a decanting centrifuge (100) comprising: 35 40
- an annular immersion plate (14) connected at its inner periphery to a shaft (10) and having an outer diameter less than the inner diameter of a centrifuge drum (20); and 45
 - at least one liquid barrier disposed at the end of the centrifuge drum (20) and with a gap through which the liquid phase (54) can be withdrawn from the centrifuge drum (20), and also comprising a device for adjusting the depth x_T of immersion of the liquid phase rotating in the centrifuge drum (20), 50

in the following steps: 55

- a) starting the centrifuge drum (20) at a starting speed $n_{Z,1}$ and adjusting the depth x_T of immersion to a starting depth $x_{T,1}$;

b) introducing the multi-phase mixture (50) into the rotating centrifuge drum (20);

c) withdrawing the dry phase (52) through the at least one dry-substance discharge recess (22) and withdrawing the liquid phase (54) through the gap (33) in the barrier, and

d) adjusting the depth of immersion x_T by means of the immersion-depth adjustment device in dependence on the concentration c_{TS} of dry substance in the withdrawn dry phase (52) until a set concentration $C_{TS,1}$ concentration of dry substance is reached:

characterised by the following steps:

e) fixing an immersion-depth tolerance range with a lower depth $x_{T,U}$ and an upper depth $x_{T,O}$;

f) comparing the adjusted immersion depth x_W with the immersion-depth tolerance range and continuously performing the steps b) to f) until the immersion depth x_T is within the tolerance range;

g) increasing the speed n_Z of the centrifuge drum by a step Δn_Z at an immersion depth x_T smaller than the lower immersion depth $x_{T,U}$ or reducing the drum speed n_Z by a step Δn_Z at an immersion depth x_T above the upper immersion depth $x_{T,O}$;

h) re-adjusting the immersion depth x_T in dependence on the concentration c_{TS} of dry substance in the withdrawn dry phase (52) until a set concentration $C_{TS,0}$ of dry substance is reached, and

i) comparing the readjusted step x_T of immersion with a preset tolerance range and repeating the steps f) to i) at a depth x_T of immersion outside the tolerance range with continuous introduction of the multi-phase mixture (50) into the rotating centrifuge drum (20) and withdrawal of the liquid and the dry phase (54, 52).

2. A method according to claim 1, **characterised by** use of a decanting centrifuge (100) with a liquid barrier (30) comprising a barrier plate (32) with at least one recess for liquid and a throttle plate (34) mounted in a stationary position so as to form a gap (33) in co-operation with the barrier plate (32) and axially movable, and in that the immersion depth x_T is lowered by increasing the gap width x_W and increased by reducing the gap with x_W , wherein the immersion depth tolerance range is associated with a corresponding barrier gap-width tolerance range with a lower width $x_{W,U}$ and an upper width $x_{W,O}$.

3. A method according to claim 2, **characterised in that** the centre point of the barrier gap-width tolerance range (37) is chosen at half the maximum gap width $x_{W,max}$ at which the throttle plate (34) is no longer wetted by the liquid phase (54) leaving the gap (33). 5
4. A method according to claim 2, **characterised in that** the chosen centre point of the barrier gap-width tolerance range (37) is the gap width x_W set in step d). 10
5. A method according to any of claims 2 to 4, **characterised in that** in step a) for adjusting the starting depth $x_{T,1}$ of immersion, a starting gap width $x_{W,1}$ is chosen equal to 0.5% to 5% of the maximum gap width $X_{W,max}$. 15
6. A method according to any of claims 2 to 5, **characterised in that** the width of the barrier gap-width tolerance range (37) between a lower width $x_{W,U}$ and an upper width $x_{W,0}$ is 0.5% to 5% of the maximum gap width $X_{W,max}$. 20
7. A method according to any of claims 2 to 6, **characterised in that** in step d) the gap width x_W is increased at a linear function of time as long as a deviation between the measured concentration c_{TS} of dry substance and the set concentration $c_{TS,1}$ of dry substance is more than 10%. 25 30
8. A method according to claim 1, **characterised by** use of a decanting centrifuge with a liquid barrier comprising at least one axially extending U-shaped liquid duct having inlet and outlet openings disposed at the outer periphery of the liquid barrier and wherein, at the U-shaped bend, a compressed gas can be introduced so as to form a hydrohermetic pressure chamber and the depth x_T of immersion can be increased by increasing the gap pressure and reduced by decreasing the gas pressure, wherein the immersion-depth tolerance range is associated with a corresponding gas-pressure tolerance range with a lower gas pressure p_U and an upper gas pressure p_0 . 35 40 45
9. A method according to claim 8, **characterised in that** the chosen centre point of the immersion depth tolerance range is the immersion depth x_W set in step d). 50
10. A method according to claim 8 or 9, **characterised in that** in step a) for adjusting the starting depth of immersion $x_{T,1}$, a starting gas pressure p_1 is chosen equal to 95% to 99.5% of a maximum gas pressure p_{max} . 55
11. A method according to any of claims 8 to 10, **characterised in that** the width of the gas-pressure tolerance range between a lower gas pressure p_U and an upper gas pressure p_0 is 0.5% to 5% of the maximum gas pressure p_{max} .
12. A method according to any of claims 8 to 11, **characterised in that** in step d) the gas pressure is reduced in linear dependence on time as long as the deviation between the measured concentration C_{TS} of dry substance from the set concentration $C_{TS,1}$ of dry substance is more than 10%.
13. A method according to any of claims 1 to 12, **characterised in that** the chosen starting drum speed $n_{Z,1}$ is the maximum permissible rated speed $n_{Z,max}$, determined by the construction, of the decanting centrifuge (100).
14. A method according to any of claims 1 to 12, **characterised in that** the chosen starting drum speed $n_{Z,1}$ is 0.5 to 0.7 times the maximum permissible rated speed $n_{Z,max}$, determined by the construction, of the decanting centrifuge (100).
15. A method according to any of claims 1 to 14, **characterised in that** the speed step Δn_Z is 1% to 3% of the maximum permissible rated speed $n_{Z,max}$ determined by the construction.
16. A method according to any of claims 1 to 15, **characterised in that** the speed step Δn_Z is 30 = 70 rpm.
17. A decanting centrifuge system for working the method according to any of claims 1 to 16, with at least the following individual parts:
 - a decanting centrifuge (100) comprising:
 - a hollow shaft (10) containing at least one internal inlet pipe (11);
 - a centrifuge drum (20) rotatable around the hollow shaft (10) and comprising at least one outlet recess (22) for dry substance in the drum jacket (21);
 - an annular immersion plate (14) connected at its inner periphery to the hollow shaft (10) and having an outer diameter smaller than the inner diameter of the drum jacket (21), and
 - at least one liquid barrier disposed at the end of the centrifuge drum (20) and with a gap through which the liquid phase (54) can be withdrawn from the centrifuge drum (20), and also comprising a device for adjusting the depth x_T of immersion of the liquid phase rotating in the centrifuge drum (20);

- a sensor device (200) for measuring the concentration c_{TS} of dry substance in the withdrawn dry phase (52);
- a barrier adjusting device (210) for adjusting the immersion depth x_T in dependence on the concentration c_{TS} of dry substance and
- a speed-adjusting device (220) for adjusting the drum speed n_Z in dependence on the depth of immersion x_T and the concentration c_{TS} of dry substance, with a concentration signal input (221), an immersion-depth signal input (222) and a speed-control signal output (224),

characterised in that the barrier-adjusting device (210) is given preference over the speed-adjusting device (220) and during adjustment of the immersion depth x_T the speed-adjusting device (220) can be inactivated by the barrier-adjusting device (210) via an inactivation device (215) until a set concentration c_{TS} of dry substance is reached.

18. A decanting centrifuge system according to claim 17, **characterised in that** the decanting centrifuge (100) comprises a conveyor screw (40) disposed in the circular space (26) between the hollow shaft (10) and the centrifuge drum (20), the screw being rotatable by the shaft (10) at a speed n_S which can be increased by a differential speed Δn_S relative to the drum speed n_Z .

19. A decanting centrifuge system according to claim 17 or 18, **characterised in that** the liquid barrier (30) comprises a barrier plate (32) with at least one recess for liquid and a throttle plate (34) which is axially movable and mounted in a stationary position, forming a gap (33) between it and the barrier plate (32).

20. A decanting centrifuge system according to claim 17 or 18, **characterised in that** the liquid barrier (330) comprises at least one axially extending U-shaped duct having inlet and outlet openings (331, 332) towards the outer periphery of the barrier (330) and wherein compressed gas can be introduced at a U-shaped bend (333) so as to form a hydrohermetic pressure chamber over a compressed-gas pipe (334).

21. A decanting centrifuge system (100) according to any of claims 17 to 20, **characterised in that** the barrier control device (210) is a PI controller or a PID controller.

22. A decanting centrifuge system (100) according to any of claims 17 to 21, **characterised in that** the speed-regulating device (220) is a step controller

with an immersion-depth input signal (222), a concentration signal input (221) and a speed-control signal output (224).

23. A decanting centrifuge system (100) according to any of claims 17 to 22, **characterised in that** the immersion-depth signal input (221) of the speed-regulating device (220) and the barrier-control signal output (214) of the barrier-regulating device (210) are directly connected to one another.

Revendications

1. Procédé de séparation d'un mélange (50) à phases multiples en au moins une phase liquide (54) et une phase sèche (52) à concentration prédéterminée c_{TS} de substance sèche, au moyen d'une centrifugeuse décanteuse (100), qui inclut:

- un disque d'immersion annulaire (14), qui est connecté à sa périphérie interne à un arbre (10) et dont le diamètre externe est inférieur au diamètre interne d'un tambour (20) de centrifugeuse;
- au moins un barrage à liquide disposé sur le tambour (20) de centrifugeuse sur le côté d'extrémité et comportant une fente de barrage, à travers laquelle la phase liquide (54) peut être évacuée hors du tambour (20) de centrifugeuse, ainsi qu'un appareil régulateur de profondeur de nappe, au moyen duquel la profondeur x_T de nappe de la phase liquide en rotation dans le tambour (20) de centrifugeuse est réglable,

qui comprend les étapes consistant à:

a) lancer le tambour (20) de centrifugeuse à une vitesse de rotation initiale $n_{Z,1}$ de tambour et régler la profondeur x_T de nappe à une profondeur initiale $x_{T,1}$ de nappe;

b) introduire le mélange (50) à phases multiples dans le tambour (20) de centrifugeuse en rotation;

c) extraire la phase sèche (52) à travers l'orifice d'extraction (22) unique au moins de substance sèche et extraire la phase liquide (54) à travers la fente (33) de barrage;

d) régler la profondeur x_T de nappe au moyen de l'appareil régulateur de profondeur de nappe en fonction de la concentration c_{TS} de substance sèche dans la phase sèche extraite (52)

jusqu'à ce que soit atteinte une concentration de consigne prédéfinie $c_{TS,1}$ de substance sèche;

caractérisé par les étapes consistant à:

e) fixer une plage de tolérance de profondeur de nappe limitée par une profondeur inférieure $x_{T,U}$ de nappe et une profondeur supérieure $X_{T,O}$;

f) comparer la profondeur réglée x_W de nappe à la plage de tolérance de profondeur de nappe et mettre en oeuvre en continu les étapes b) à f) lorsque la profondeur X_T de nappe est à l'intérieur de la plage de tolérance de profondeur de nappe;

g) accroître d'un incrément Δn_z de vitesse de rotation la vitesse de rotation n_z du tambour de centrifugeuse lorsque la profondeur x_T de nappe est inférieure à la profondeur inférieure $x_{T,U}$ de nappe ou réduire d'un incrément Δn_z de vitesse de rotation la vitesse de rotation n_z du tambour de centrifugeuse lorsque la profondeur x_T de nappe est supérieure à la profondeur supérieure $x_{T,O}$ de nappe;

h) régler de nouveau la profondeur x_T de nappe en fonction de la concentration C_{TS} de substance sèche dans la phase sèche extraite (52) jusqu'à ce que soit atteinte une concentration de consigne $C_{TS,O}$ de substance sèche;

i) comparer la nouvelle profondeur réglée x_T de nappe à une plage prédéfinie de tolérance de profondeur de nappe et répéter les étapes f) à i) lorsque la profondeur x_T de nappe est à l'extérieur de la plage de tolérance de profondeur de nappe, en introduisant en continu le mélange (50) à phases multiples dans le tambour (20) de centrifugeuse en rotation et en extrayant en continu la phase liquide et la phase sèche (54, 52).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** utilise une centrifugeuse décanteuse (100) dont le barrage (30) à liquide se compose d'une plaque de barrage (32) comportant au moins un orifice à liquide et d'une plaque d'étranglement (34) qui est logée sans possibilité de rotation et est mobile axialement par rapport à la plaque de barrage (32) en ménageant une fente (33) de barrage et **en ce que** la profondeur x_T de nappe est réduite en augmentant la largeur x_W de la fente de barrage et est accrue en réduisant la largeur x_W de la fente de barrage, la plage de tolérance de profondeur de nappe étant associée à une plage correspondante de tolérance de largeur de la fente de barrage limitée par

une largeur inférieure $x_{W,U}$ de fente de barrage et une largeur supérieure $x_{W,O}$ de fente de barrage.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé par** le choix, comme centre de la plage de tolérance (37) de largeurs de fente de barrage, de la moitié de la largeur maximale $x_{W,max}$ de largeur de fente pour laquelle la plaque d'étranglement (34) n'est plus mouillée par la phase liquide (54) qui sort de la fente (33) de barrage.
4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé par** le choix, comme centre de la plage de tolérance (37) de largeurs de fente de barrage, de la largeur x_W de fente de barrage réglée à l'étape d).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce qu'une** largeur initiale $x_{W,1}$ de fente de barrage qui correspond à 0,5% à 5% de la valeur maximale $x_{W,max}$ de fente de barrage est choisie à l'étape a) pour régler la profondeur initiale $x_{T,1}$ de nappe.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** la largeur de la plage de tolérance (37) de largeur de fente de barrage entre une largeur inférieure $x_{W,U}$ de fente de barrage et une largeur supérieure $x_{W,O}$ de fente de barrage est égale à 0,5% à 5% de la largeur maximale $x_{W,max}$ de fente de barrage.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** la largeur x_W de fente de barrage est accrue à l'étape d) selon une fonction linéaire du temps, tant que l'écart de réglage entre la concentration mesurée c_{TS} de substance sèche et la concentration de consigne $C_{TS,1}$ de substance sèche dépasse 10%.
8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** utilise une centrifugeuse décanteuse dont le barrage à liquide comporte au moins un canal de liquide d'extension axiale en U dont les ouvertures d'entrée et de sortie sont disposées à la périphérie externe du barrage à liquide et dans lequel un gaz sous pression peut être introduit dans la zone de la courbure en U en formant une chambre de pression hermétique à l'eau et **en ce que** la profondeur x_T de nappe peut être accrue en élevant la pression de gaz et réduite en réduisant la pression de gaz, la plage de tolérance de profondeur de nappe étant associée à une plage de tolérance correspondante de pression de gaz limitée par une pression inférieure pu de gaz et une pression supérieure p_O de gaz.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé par** le choix, comme centre de la plage de tolérance de

profondeur de nappe, de la profondeur x_W de nappe réglée à l'étape d).

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'une** pression initiale P_1 de gaz qui correspond à 95% à 99,5% d'une pression maximale $p_{\max}$ de gaz est choisie à l'étape a) pour régler la profondeur initiale $x_{T,1}$ de nappe. 5
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** la largeur de la plage de tolérance de pression de gaz entre une pression inférieure p_0 de gaz et une pression supérieure p_0 de gaz est égale à 0,5% à 5% de la pression maximale $P_{\max}$ de gaz. 10 15
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** la pression de gaz est réduite à l'étape d) selon une fonction linéaire du temps, tant que l'écart de réglage entre la concentration mesurée C_{TS} de substance sèche et la concentration de consigne $C_{TS,1}$ de substance sèche dépasse 10%. 20
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse nominale maximale admissible de rotation $n_{Z,\max}$ conditionnée par la structure de la centrifugeuse décanseuse (100) est choisie comme vitesse initiale $n_{Z,1}$ de rotation du tambour. 25 30
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** la vitesse initiale de rotation $n_{Z,1}$ du tambour est choisie égale à 0,5 à 0,7 fois la vitesse nominale maximale admissible de rotation $n_{Z,\max}$ conditionnée par la structure de la centrifugeuse décanseuse (100). 35
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'incrément Δn_Z de vitesse de rotation correspond à 1% à 3% de la vitesse nominale maximale admissible de rotation $n_{Z,\max}$ conditionnée par la structure. 40
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'incrément Δn_Z de vitesse de rotation est de 30 à 70 tours par minute. 45
17. Système de centrifugeuse décanseuse pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui inclut au moins les éléments suivants: 50
 - une centrifugeuse décanseuse (100) qui comprend: 55
 - un arbre creux (10) à l'intérieur duquel au moins

un tube d'introduction (11) est disposé horizontalement;

- un tambour (20) de centrifugeuse qui est mobile à rotation autour de l'arbre creux (10) et comporte au moins un orifice d'extraction (22) de substance sèche ménagé dans son enveloppe (21) de tambour;
- un disque d'immersion annulaire (14) qui est connecté à sa périphérie interne à l'arbre creux (10) et dont le diamètre externe est inférieur au diamètre interne de l'enveloppe (21) de tambour;
- au moins un barrage à liquide disposé sur le tambour (20) de centrifugeuse sur le côté d'extrémité et comportant une fente de barrage, à travers laquelle la phase liquide (54) peut être évacuée hors du tambour (20) de centrifugeuse, ainsi qu'un appareil régulateur de profondeur de nappe, au moyen duquel la profondeur x_T de nappe de la phase liquide en rotation dans le tambour (20) de centrifugeuse est réglable,
- un appareil capteur (200) pour mesurer la concentration c_{TS} de substance sèche dans la phase sèche extraite (52);
- un appareil régulateur (210) de barrage pour régler la profondeur x_T de nappe en fonction de la concentration c_{TS} de substance sèche;
- un appareil régulateur (220) de la vitesse de rotation, destiné à régler la vitesse de rotation n_Z du tambour en fonction de la profondeur x_T de nappe et de la concentration c_{TS} de substance sèche, et comprenant une entrée (221) de signal de concentration, une entrée (222) de signal de profondeur de nappe et une sortie (224) de signal de vitesse de rotation,

caractérisé en ce que l'appareil régulateur (210) de barrage est mis sous tension par priorité avant l'appareil régulateur (220) de vitesse de rotation et **en ce que** l'appareil régulateur (220) de vitesse de rotation peut être désactivé au moyen d'un dispositif de désactivation (215) pendant le réglage de la profondeur x_T de nappe par l'appareil régulateur (210) de barrage jusqu'à ce que soit atteinte une concentration prédéfinie c_{TS} de substance sèche.

18. Système de centrifugeuse décanseuse selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la centrifugeuse décanseuse (100) comporte une transporteur (40) à vis sans fin qui est disposée dans l'espace

annulaire circulaire (26) entre l'arbre creux (10) et le tambour (20) de centrifugeuse et qui peut tourner avec l'arbre creux (10) à une vitesse de rotation n_s de transporteuse qui peut être accrue d'une différence Δn_z de vitesse de rotation par rapport à la vitesse de rotation n_z du tambour. 5

19. Système de centrifugeuse décanteuse selon la revendication 17 ou 18 **caractérisé en ce que** le barrage (30) à liquide se compose d'au moins une plaque de barrage (32) comportant au moins un orifice à liquide et d'une plaque d'étranglement (34) qui est logée qui est logée sans possibilité de rotation et est mobile axialement par rapport à la plaque de barrage (32) en ménageant une fente (33) de barrage. 10 15

20. Procédé selon la revendication 17 ou 18, **caractérisé en ce que** le barrage (330) à liquide comporte au moins un canal de liquide d'extension axiale en U dont les ouvertures d'entrée et de sortie (331, 332) sont disposées à la périphérie externe du barrage (330) à liquide et dans lequel un gaz sous pression peut être introduit par une conduite (334) de gaz dans la zone de la courbure en U (333) en formant une chambre de pression hermétique à l'eau. 20 25

21. Système de centrifugeuse décanteuse (100) selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, **caractérisé en ce que** l'appareil régulateur (210) de barrage est un régulateur proportionnel-intégral ou proportionnel-intégral-différentiel, ou en abrégé PI ou PID respectivement. 30

22. Système de centrifugeuse décanteuse (100) selon l'une des revendications 17 à 21, **caractérisé en ce que** l'appareil régulateur (220) de vitesse de rotation est un régulateur par paliers qui comporte une entrée (222) de signal de profondeur de nappe, une entrée (221) de signal de concentration et une sortie (224) de signal de vitesse de rotation. 35 40

23. Dispositif de centrifugeuse décanteuse (100) selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, **caractérisé en ce que** l'entrée (221) de signal de profondeur de nappe de l'appareil régulateur (220) de la vitesse de rotation et la sortie (214) du signal de commande de barrage de l'appareil régulateur (210) de barrage sont connectées directement l'une avec l'autre. 45 50

55

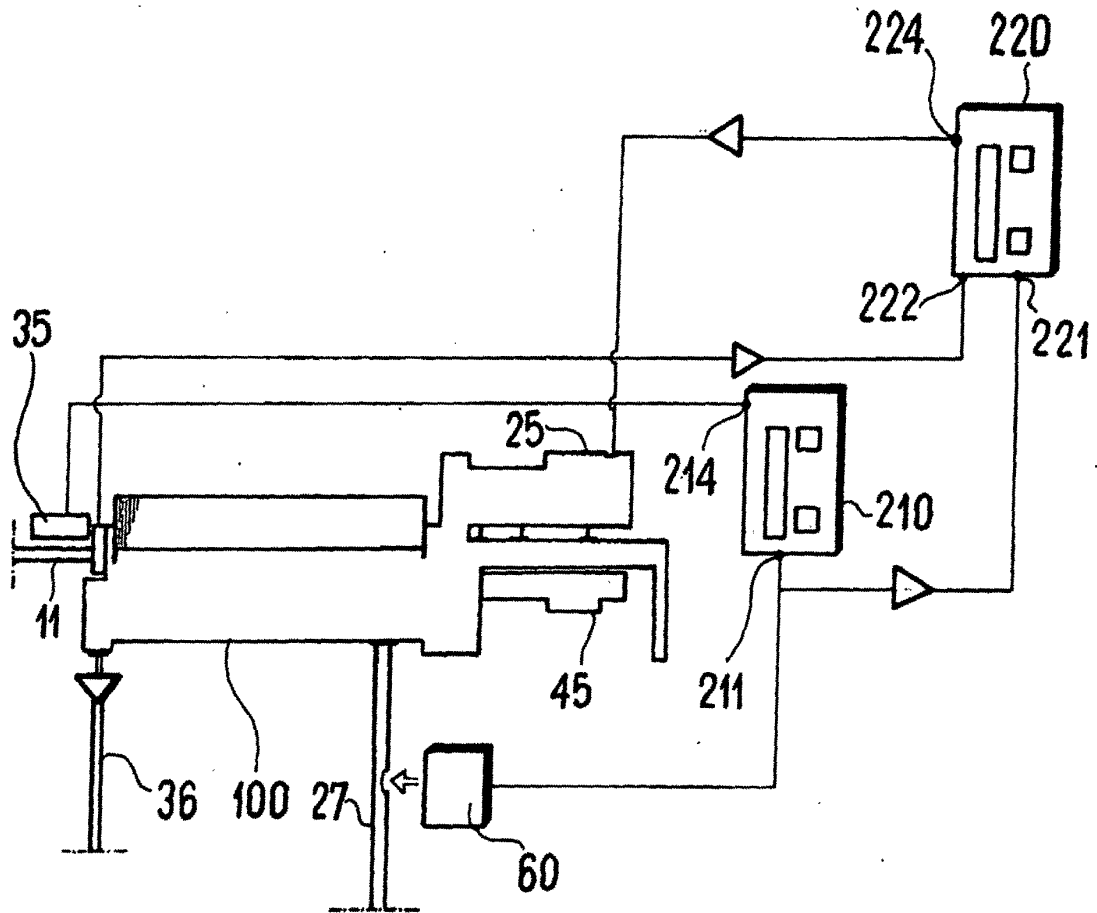


FIG. 1

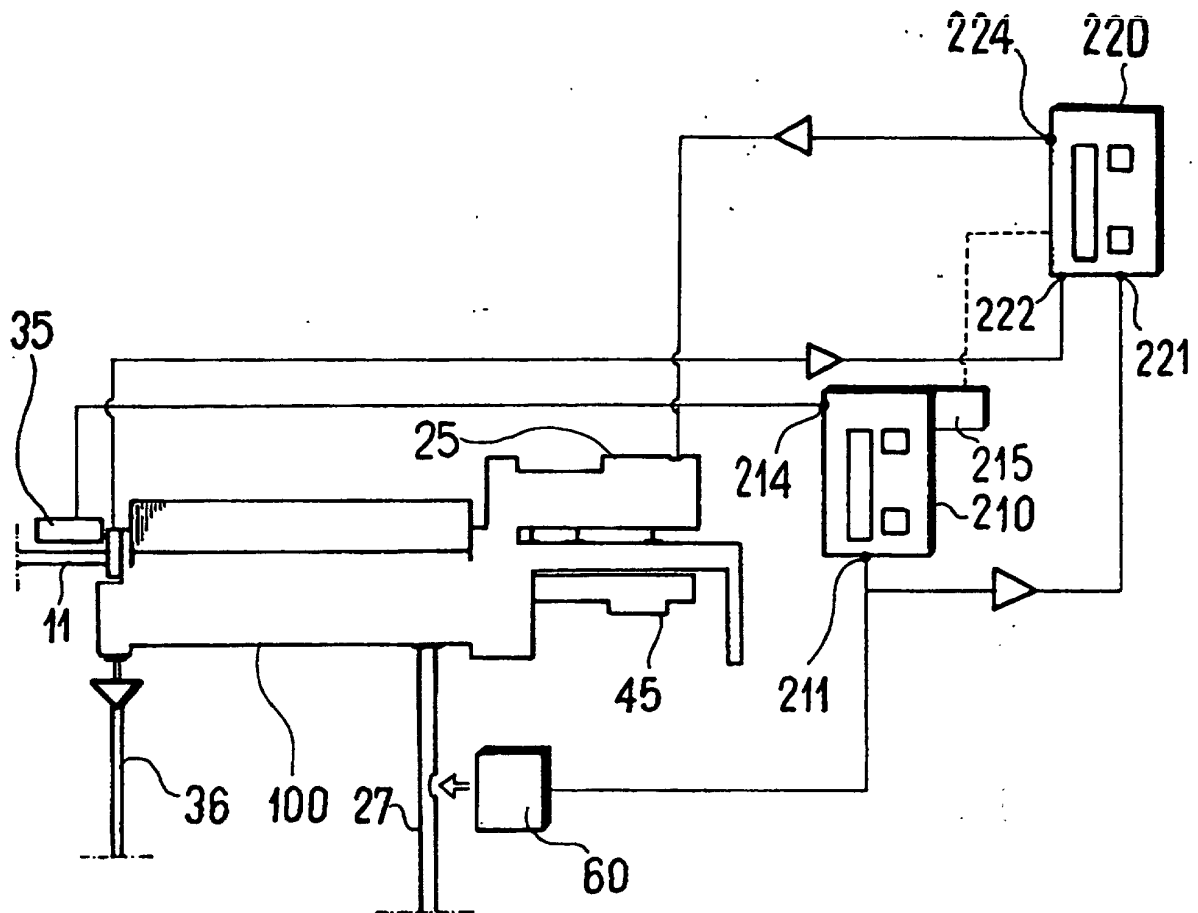


Fig. 2

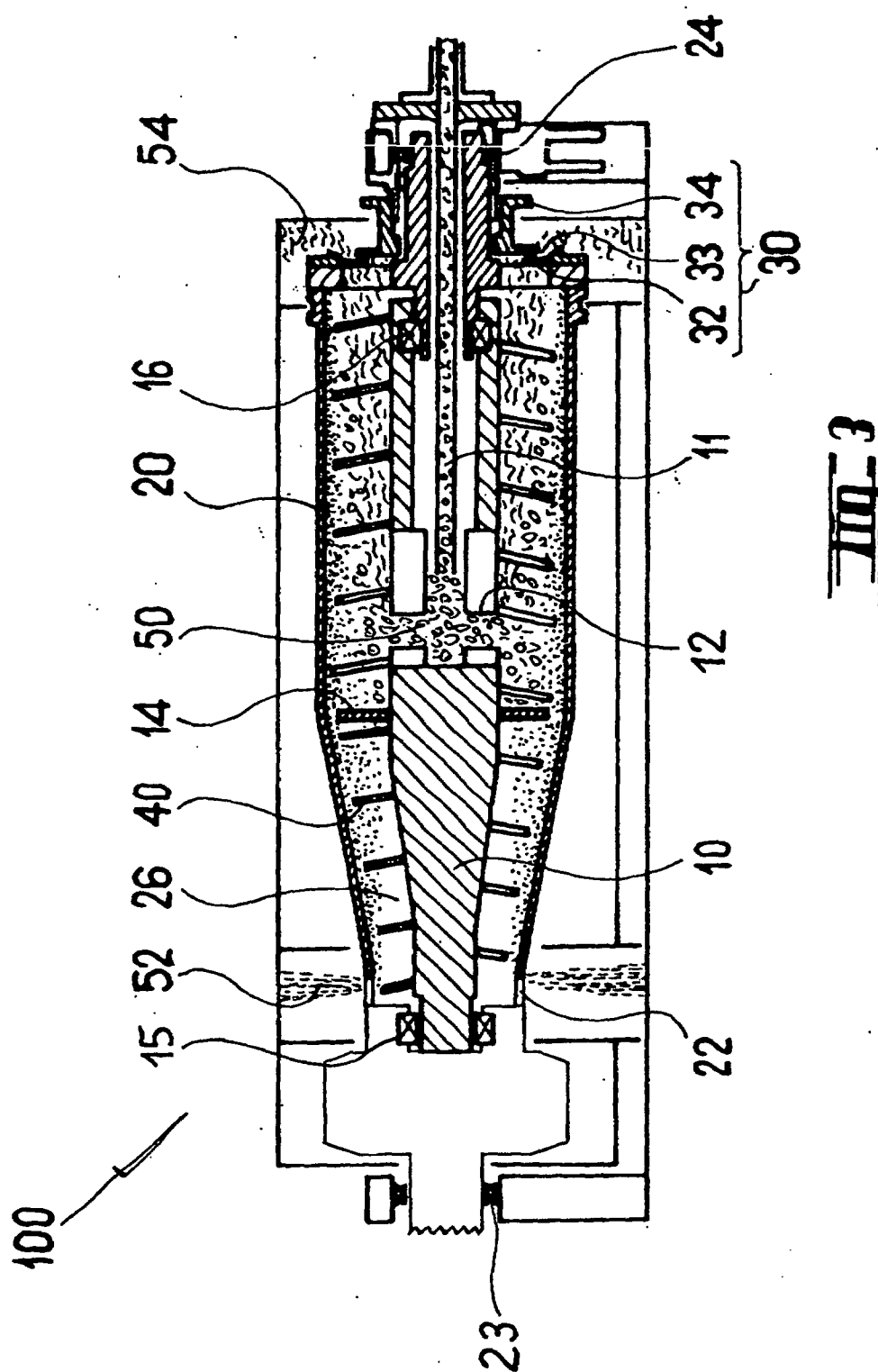


Fig. 3

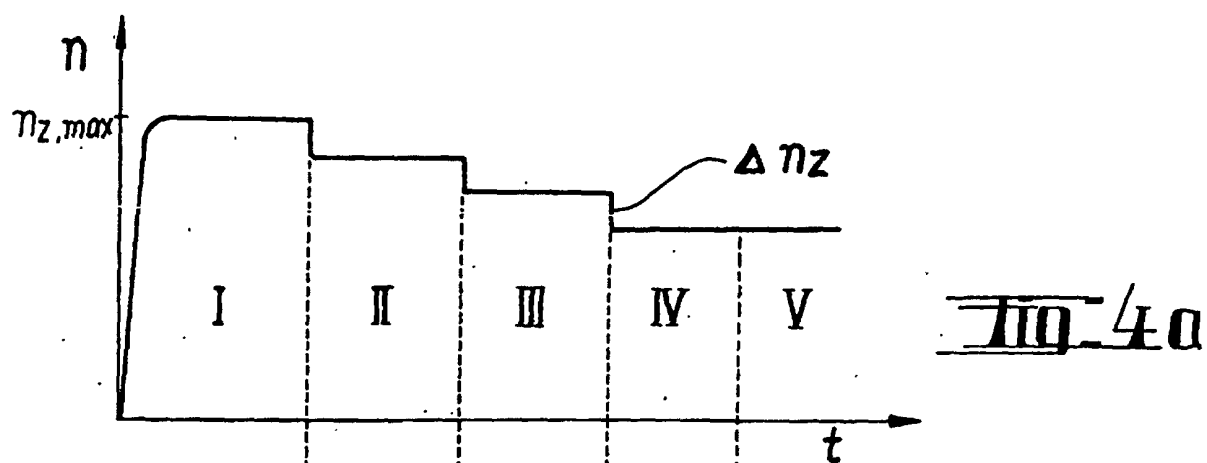


Fig. 4a

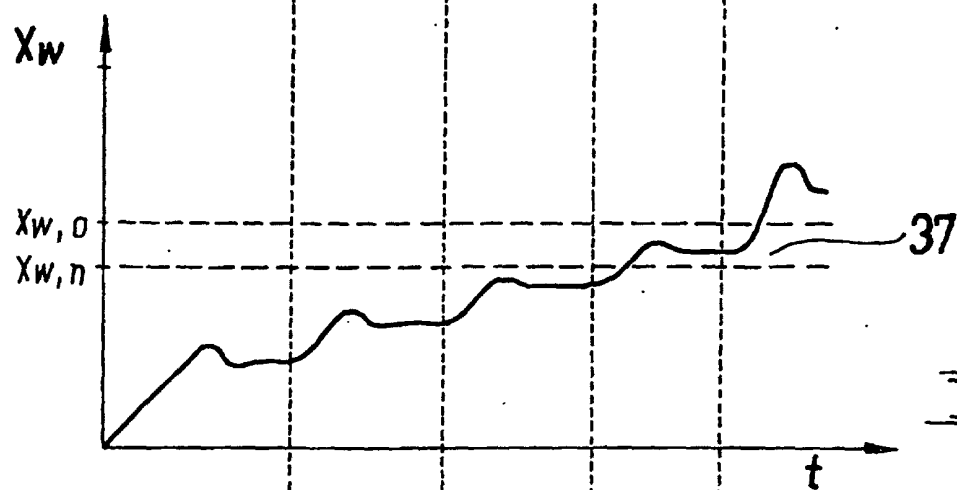


Fig. 4b

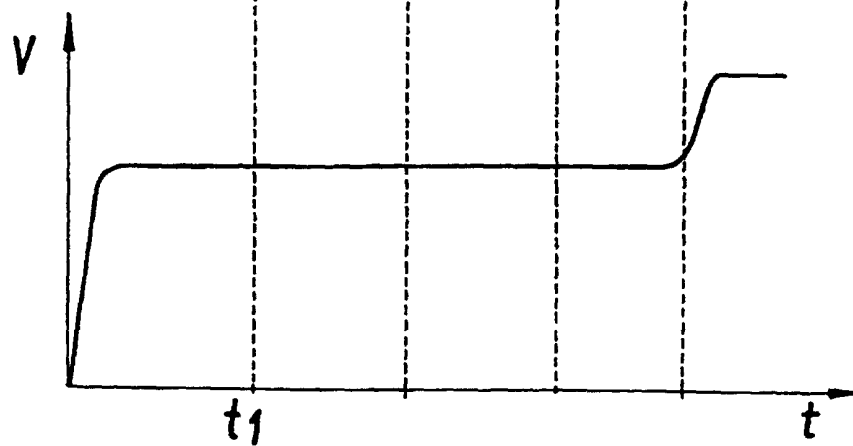
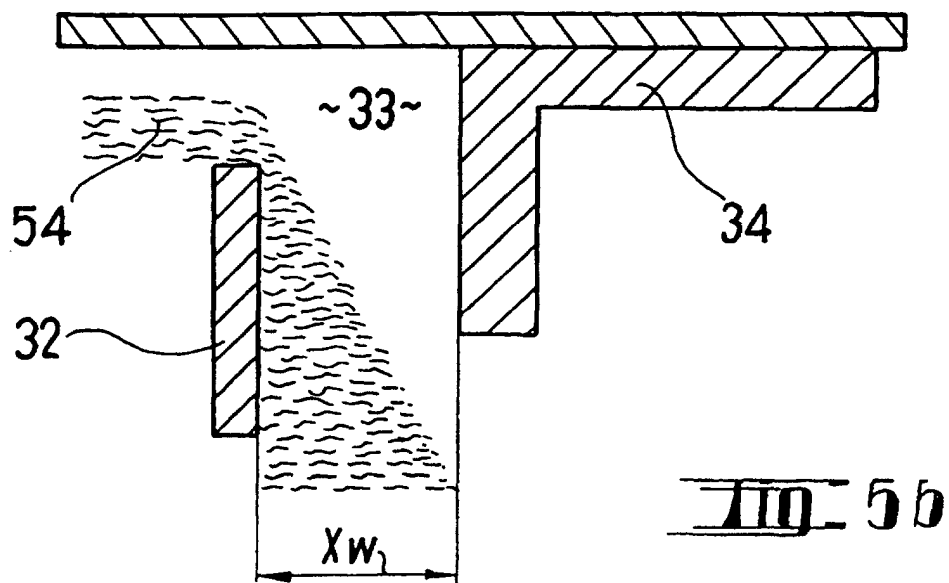
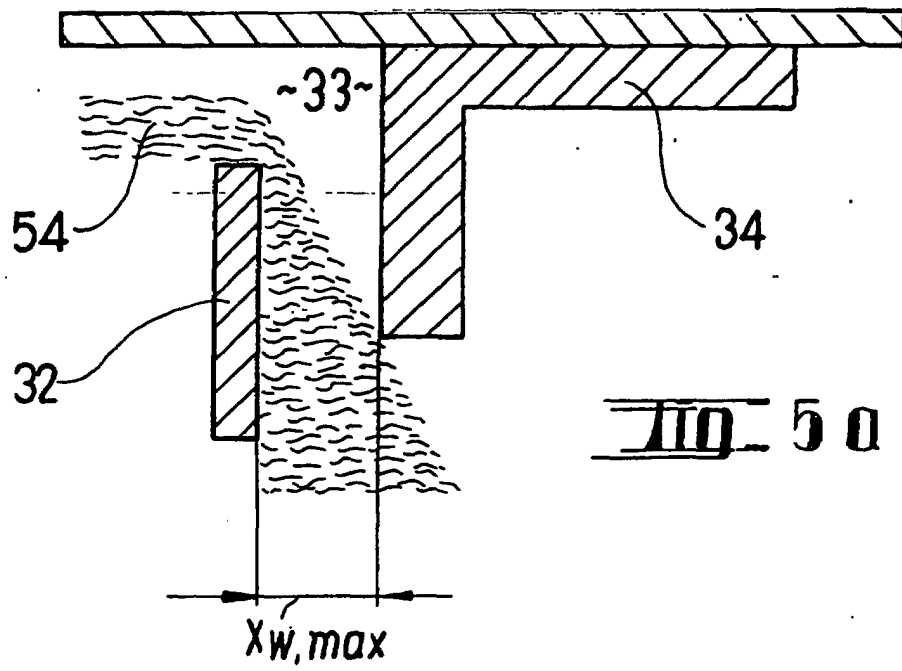


Fig. 4c



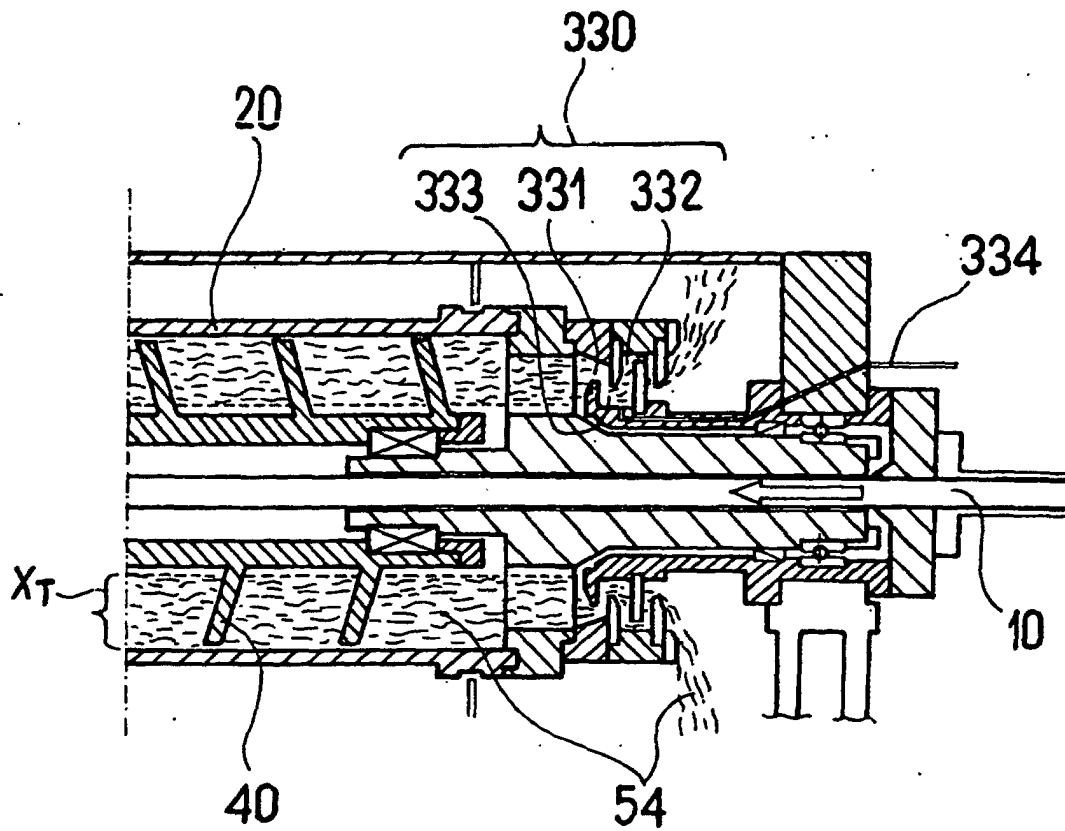
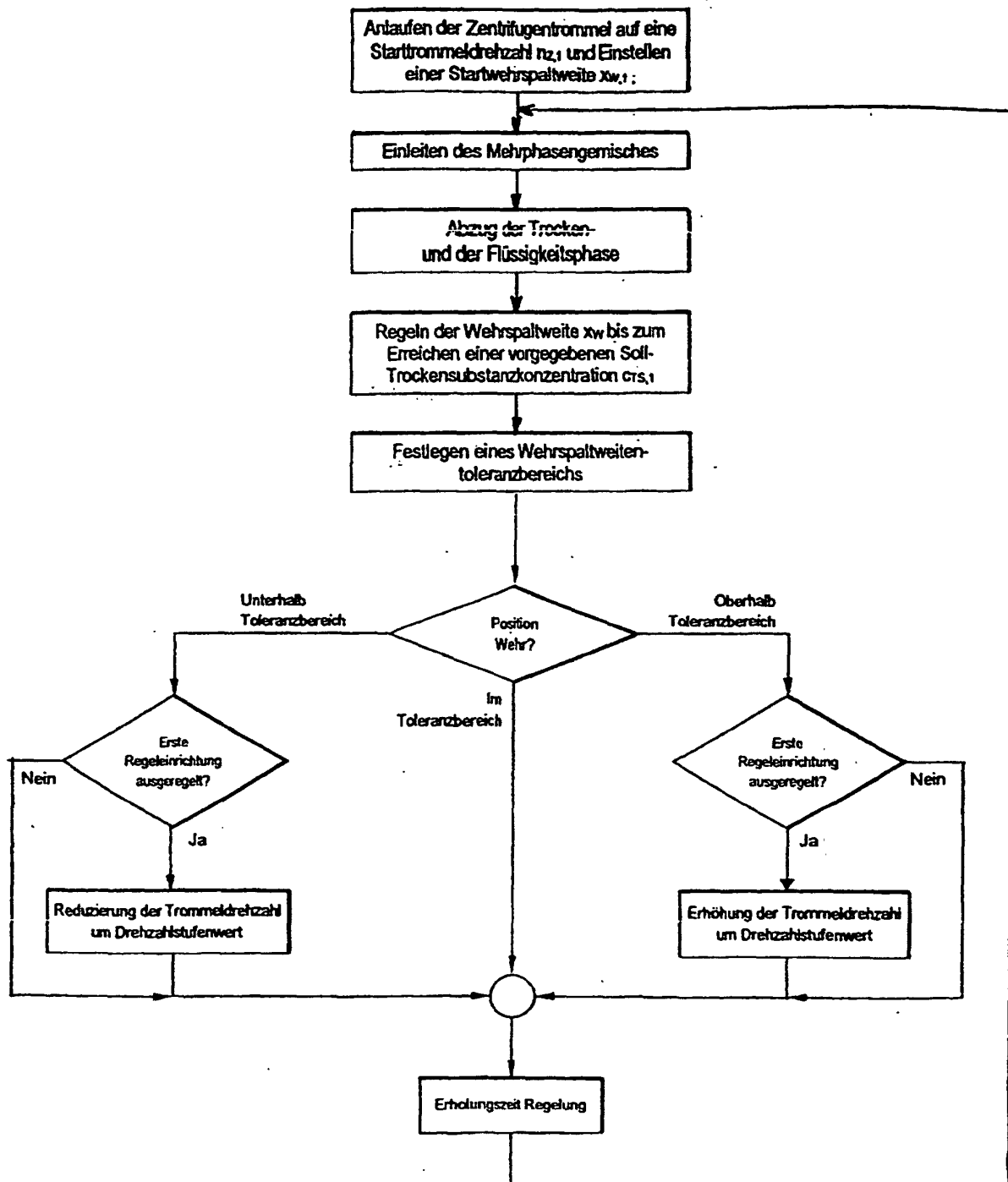


Fig 6

FIG. 7