



(11)

EP 3 085 452 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2017 Patentblatt 2017/23

(51) Int Cl.:
B04B 9/10 (2006.01) **B04B 11/04** (2006.01)
B04B 13/00 (2006.01) **B04B 15/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15164466.3**

(22) Anmeldetag: **21.04.2015**

(54) **DISKONTINUIERLICHE ZENTRIFUGE MIT EINER STEUERUNGSEINRICHTUNG ZUM STEUERN
DES BETRIEBS DER ZENTRIFUGE UND EIN VERFAHREN ZUM BETREIBEN DER ZENTRIFUGE**

DISCONTINUOUS CENTRIFUGE WITH A CONTROL DEVICE FOR CONTROLLING THE
OPERATION OF THE CENTRIFUGE AND A METHOD FOR OPERATING THE CENTRIFUGE

CENTRIFUGEUSE DISCONTINUE DOTÉ D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE DESTINÉ À
COMMANDER LE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRIFUGEUSE ET PROCÉDÉ DE
FONCTIONNEMENT DE LA CENTRIFUGEUSE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2016 Patentblatt 2016/43

(73) Patentinhaber: **BWS Technologie GmbH
41515 Grevenbroich (DE)**

(72) Erfinder:
• **Thelen, Michael
41812 Erkelenz (DE)**

• **Janssen, Viktor
47546 Kalkar (DE)**

(74) Vertreter: **PATERIS Patentanwälte PartmbB
Alzheimer Eck 13
80331 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 2 275 207 EP-A2- 0 891 814
DE-A1- 4 431 846**

EP 3 085 452 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine diskontinuierliche Zentrifuge mit einer Steuerungseinrichtung zum Steuern des Betriebs der Zentrifuge und ein Verfahren zum Betreiben der Zentrifuge.

[0002] Eine diskontinuierliche Zentrifuge ist bekannt zum Fest-Flüssig-Trennen von Kristallsuspensionen bei der Herstellung von Nahrungsmitteln. Beispielsweise entstehen bei der Verarbeitung von Zuckerrohr und Zuckerrüben Zwischenprodukte, deren Festanteile und Flüssiganteile von der diskontinuierlichen Zentrifuge chargenweise in aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten getrennt werden. Die diskontinuierliche Zentrifuge weist eine Zentrifugentrommel auf, die zu Beginn eines jeden Arbeitsschritts mit der Kristallsuspension als ein Füllgut gefüllt wird, wobei die Zentrifuge mit einer Drehzahl von 100 bis 250 Umdrehungen pro Minute rotiert. Nach Beenden des Füllens der Zentrifugentrommel, die dann eine vorherbestimmte Menge des Füllguts enthält, wird die Zentrifugentrommel auf eine Drehzahl im Bereich von 980 bis 1500 Umdrehungen pro Minute beschleunigt. Diese Drehzahl wird so lange aufrechterhalten, bis in dem Füllgut ein gewünschter Trennungs- und Trocknungsfortschritt erzielt ist. Danach wird die Zentrifugentrommel wieder abgebremst und mit einer Ausräumeinrichtung wird das Füllgut aus der Zentrifugentrommel ausgeräumt. Nach dem Ausräumen der Zentrifugentrommel ist der Arbeitsschritt beendet und eine neue Charge der Kristallsuspension wird in die Zentrifugentrommel in einem darauffolgenden Arbeitsschritt eingefüllt, geschleudert und ausgeräumt.

[0003] Die Kristallsuspension ist ein Gemisch aus Kristallen und Sirup. Der Sirup umgibt die Kristalle und wird durch Zentrifugieren aus dem Füllgut abgeschleudert, wobei der abgeschleuderte Sirup als Grünablauf anfällt. In einem darauffolgenden Waschschrift werden die Kristalle des Füllguts durch Aufbringen und Abzentrifugieren eines geeigneten Waschfluids, beispielsweise Sirup, Wasser oder Dampf, gewaschen. Herkömmlich wird das Waschen mit Hilfe eines konstanten Waschflüssigkeitsstroms durchgeführt, der während einer vorherbestimmten Zeitspanne auf die freie Oberfläche des Füllguts aufgesprüht wird. Die dadurch der Zentrifugentrommel zugeführte Menge an Waschfluid ist für jede Charge konstant und löst bei gleicher Kristallstruktur pro Arbeitsschritt die gleiche Menge an Kristallen auf. Die aufgelösten Kristalle fallen als Weißablauf an und werden unter Energieeinsatz in einem nachgeschalteten Arbeitsschritt wieder kristallisiert.

[0004] Beim Betrieb der diskontinuierlichen Zentrifuge zum Fest-Flüssig-Trennen der Kristallsuspension ist deren Konsistenz erfahrungsgemäß gewissen Schwankungen unterworfen, wobei eine entsprechend darauf angepasste Einstellung des Waschzeitpunkts und der Waschflüssigkeitsmenge von Charge zu Charge wünschenswert ist. Die Einstellung des Waschzeitpunkts und der Waschfluidmenge für jede Charge erfolgt entweder

herkömmlich manuell durch Bedienpersonal der diskontinuierlichen Zentrifuge anhand von Erfahrungswerten oder eben automatisch bei Vorhandensein einer Waschsteuerungseinrichtung. Jedoch ist es in jedem Fall wünschenswert, dass die Zugabe des Waschfluids in die Zentrifuge behutsam unter Berücksichtigung des in der Zentrifuge sich befindlichen Füllguts erfolgt. Eine nicht optimale Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifuge geht einher mit Abstrichen bei der Produktqualität und der Produktausbeute. Im ungünstigsten Fall können sogar instabile Betriebszustände der Zentrifuge auftreten. Eine Zentrifuge entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist bekannt aus EP 2 275 207 A1. Aufgabe der Erfindung ist es, eine diskontinuierliche Zentrifuge mit einer Steuerungseinrichtung zum Steuern des Betriebs der Zentrifuge und ein Verfahren zum Betreiben der Zentrifuge zu schaffen, wobei die Zentrifuge sicher und effektiv betreibbar ist.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 6. Bevorzugte Ausgestaltungen dazu sind in den weiteren Patentansprüchen angegeben.

[0006] Die erfindungsgemäße diskontinuierliche Zentrifuge zum Fest-Flüssig-Trennen einer Kristallsuspension weist eine Zentrifugentrommel, in die die Kristallsuspension als ein Füllgut in einer vorherbestimmten Menge einfüllbar ist und die mit einer Antriebseinheit zumindest in einer ersten Beschleunigungsphase und in einer zeitlich nach der ersten Beschleunigungsphase gelegenen, zweiten Beschleunigungsphase drehantreibbar ist, eine Waschfluidzugabeeinheit mit einem Steuerungsventil, via das ein Waschfluid in die Zentrifugentrommel zum Waschen des Füllguts zugebar ist, eine Detektionseinheit, mit der zu einem in der ersten Beschleunigungsphase liegenden, zeitlich vorderen Betriebspunkt ein erster Quotient aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel und mit der in einem in der zweiten Beschleunigungsphase liegenden, zeitlich hinteren Betriebspunkt ein zweiter Quotient aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel in Echtzeit detektierbar sind, und eine Steuerungseinrichtung auf, mit der das Steuerungsventil in eine Drosselstellung, bevorzugt der Zustellung, gesetzt ist, sobald zum hinteren Betriebspunkt das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als ein vorherbestimmter Grenzwert ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel reduzierbar, bevorzugt unterbindbar, ist.

[0007] Denkbar ist beispielsweise, dass produktbedingt nur ein einziges Mal beschleunigt wird, wobei die beiden Beschleunigungsphasen nebeneinander und die beiden Betriebspunkte zeitlich nacheinander liegen. Entsprechendes gilt dafür, wenn mehr als zweimal beschleunigt wird. Die beiden Beschleunigungsphasen können, sind aber nicht zwingend, von einer Beschleunigungspause unterbrochen. Zwischen den beiden Beschleunigungsphasen kann beschleunigt werden oder die beiden

Beschleunigungsphasen grenzen zeitlich direkt aneinander an.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern des Betriebs der erfindungsgemäßen Zentrifuge weist die Schritte auf: Bereitstellen der Zentrifuge mit der mit dem Füllgut gefüllten Zentrifugentrommel; Betreiben der Zentrifugentrommel im Schleuderbetrieb, der die erste Beschleunigungsphase und die zweite Beschleunigungsphase aufweist; Detektieren zu dem in der ersten Beschleunigungsphase liegenden, zeitlich vorderen Betriebspunkt den Quotienten aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel und zu dem in der zweiten Beschleunigungsphase liegenden, zeitlich hinteren Betriebspunkt den zweiten Quotienten aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel in Echtzeit; Ansteuern des Steuerungsventils, dass das Steuerungsventil in die Drosselstellung, bevorzugt die Zustellung, gesetzt wird, sobald im hinteren Betriebspunkt das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als der vorherbestimmte Grenzwert ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel reduzierbar, bevorzugt unterbindbar, wird.

[0009] Die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel beim Betrieb der Zentrifuge hat einen maßgeblichen Einfluss auf deren Betrieb hinsichtlich der Produktausbeute, der Produktqualität und der Betriebssicherheit. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der Betrieb der Zentrifuge nur dann hinsichtlich Produktqualität, Produktausbeute und Betriebssicherheit verbessert ist, wenn die Zugabe von dem Waschfluid dann erfolgt, wenn die Durchlässigkeit des Füllguts für das Waschfluid einen entsprechend hohen Grad erreicht hat. Erst nachdem das Füllgut für das Waschfluid ausreichend durchlässig ist, ist ein für den Betrieb der Zentrifuge zuträglicher Massenstrom von dem Waschfluid durch das Füllgut erzielbar. Damit wird vorteilhaft erreicht, dass nicht unzulässig hohe Mengen an dem Waschfluid in der Zentrifuge sich ansammeln und zu etwaigen Instabilitäten beim Betrieb der Zentrifuge führen. Des Weiteren wird das Füllgut beim Zentrifugieren mit dem Waschfluid ausreichend durchströmt, wodurch Sirupreste an den Kristalloberflächen gut abtransportierbar sind.

[0010] Beim Betrieb der Zentrifuge wird beim Zentrifugieren durch das Füllgut Fluid getrieben, das entweder der Sirup der Kristallsuspension oder das Waschfluid oder beides sein kann. Der Flüssigkeitsabfluss aus dem Füllgut geht mit einer Massenänderung des Füllguts einher, womit die Zentrifugentrommel mit ihrem Füllgut eine entsprechende Änderung ihres Massenträgheitsmoments erfährt. Erfindungsgemäß wird die Änderung des Massenträgheitsmoments der Zentrifugentrommel mit dem Füllgut herangezogen, um auf die Durchdringbarkeit des Füllguts zu schließen. Erst bei ausreichend hoher Durchdringbarkeit des Füllguts, nämlich wenn zum hinteren Betriebspunkt das Verhältnis der beiden Quoti-

enten größer als der vorherbestimmte Grenzwert ist, kann das Waschfluid in die Zentrifugentrommel idealerweise zugegeben werden. Ist das Verhältnis der beiden Quotienten kleiner als der vorherbestimmte Grenzwert, wird mittels der Steuerungseinheit das Steuerungsventil in die Drosselstellung gesetzt, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel zumindest reduziert oder gar unterbunden ist. Hierbei kann vor dem hinteren Betriebspunkt bereits Waschfluid in die Zentrifugentrommel zugeführt worden sein oder nicht.

[0011] Durch Ermitteln des Quotienten der Massenträgheit zu Beginn der Aufgabe des Waschfluids und der Massenträgheit zum Ende der Aufgabe des Waschfluids lässt sich eine Aussage treffen, wie das Waschfluid die Kristallschicht durchdringt.

[0012] Bevorzugtermaßen liegt der Grenzwert bei 1,2. Ferner ist bevorzugt, dass mit der Steuerungseinheit die Antriebseinheit ansteuerbar ist, dass, sobald zum hinteren Betriebspunkt das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als der vorgegebene Grenzwert ist, die Drehzahl auf eine vorherbestimmte Grenzdrehzahl, die niedriger als die Drehzahl zum hinteren Betriebspunkt ist, reduziert ist. Besonders bevorzugt ist die Grenzdrehzahl Null, das heißt, dass die Zentrifuge angehalten wird, wenn keine Trennung oder eine unzureichende Trennung erfolgt ist. Für den Fall, dass beim Betrieb der Zentrifuge zum hinteren Betriebspunkt die Durchlässigkeit des Füllguts nicht in ausreichendem Maße vorliegt, wird die Drehzahl der Zentrifugentrommel reduziert bzw. die Zentrifugentrommel gestoppt, so dass etwaige Instabilitäten durch eine zu große Flüssigkeitsmenge in der Zentrifugentrommel unterbunden sind. Dadurch ist der Betrieb der erfindungsgemäßen Zentrifuge sicher.

[0013] Die Waschfluidzugabeeinheit ist bevorzugt eine Waschwasserzugabeeinheit, mit der als das Waschfluid ein Waschwasser in die Zentrifugentrommel zuführbar ist. Bevorzugt ist es, dass während den Beschleunigungsphasen die Drehzahl jeweils linear über die Zeit erhöht wird. Ferner liegt bevorzugtermaßen zwischen der ersten Beschleunigungsphase und der zweiten Beschleunigungsphase eine Zwischenschleuderphase, während der die Drehzahl über die Zeit konstant gehalten wird. Bevorzugt fällt der vordere Betriebspunkt kurz vor das Ende der ersten Beschleunigungsphase und der hintere Betriebspunkt kurz nach Beginn der zweiten Beschleunigungsphase.

[0014] Bevorzugtermaßen fallen der vordere Betriebspunkt mit dem Beginn der Zwischenschleuderphase und der hintere Betriebspunkt mit dem Ende der Zwischenschleuderphase zusammen. Außerdem ist es bevorzugt, dass zum oder nach dem hinteren Betriebspunkt das Waschfluid in die Zentrifugentrommel zugeführt wird, wenn das Ansteuern des Steuerungsventils unterbleibt, dass das Steuerungsventil in die Drosselstellung gesetzt wird.

[0015] Bevorzugt ist als Waschfluid das Waschwasser. Bevorzugtermaßen wird Waschfluid zum oder vor

dem vorderen Betriebspunkt in die Zentrifugentrommel zugeführt. Durch Ermitteln des Quotienten der Massenträgheit zu Beginn der Aufgabe des Waschfluids und der Massenträgheit zum Ende der Aufgabe des Waschfluids lässt sich eine Aussage treffen, wie das Waschfluid die Kristallschicht durchdringt.

[0016] Das Drehmoment wird bevorzugt mit Hilfe des Wirkmoments des Frequenzumrichters oder DC-Stromrichters bestimmt.

[0017] Erfindungsgemäß wird das Verhältnis der beiden Quotienten zur Quantifizierung des Trennverhaltens des Füllguts während der Beschleunigungsphasen der Zentrifuge herangezogen. Bevorzugt werden alle hierzu notwendigen Daten im Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter gemessen, wodurch etwa keine zusätzlichen Messeinrichtungen zum Ermitteln des Drehmoments und der Drehbeschleunigung bei der erfindungsgemäßen Zentrifuge vorzusehen sind. Anhand der Größe des Verhältnisses der beiden Quotienten kann abgeleitet werden, ob zum hinteren Betriebspunkt eine Trennung im Füllgut stattfindet oder bereits stattgefunden hat. Außerdem ist es ermöglicht anhand der Größe des Verhältnisses der beiden Quotienten die Menge des zuzuführenden Waschfluids entsprechend so zu dosieren, dass ein möglichst hoher Waschfortschritt bei möglichst hoher Betriebssicherheit der Zentrifuge erzielt ist. Wird das Waschfluid etwa bei nicht oder zu schwach eintretendem Trennverhalten des Füllguts oder zu früh in die Zentrifugentrommel gegeben, können unkontrollierte Wellen in der Trommel sich ausbilden. Die Wellen führen zur Unwucht der Zentrifugentrommel, wodurch diese beschädigt werden kann. Vorteilhaft besteht die Möglichkeit unter Heranziehen des Verhältnisses der Quotienten die Zugabe von dem Waschfluid auszusetzen bzw. entsprechend der verzögert einsetzenden Trennung zu verzögern oder ganz zu stoppen.

[0018] Im Folgenden werden eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Zentrifuge und drei beispielhafte Verfahren zum Betreiben der Zentrifuge anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Längsschnitts der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Zentrifuge,
Figuren 2 bis 4 Diagramme zu drei beispielhaften Verfahren zum Betreiben der Zentrifuge aus Figur 1.

[0019] Wie es aus Figur 1 ersichtlich ist, weist eine Zentrifuge 1 eine Zentrifugentrommel 2 auf. Die Zentrifugentrommel 2 weist eine Drehachse 3 auf, die mit der Symmetrieachse der Zentrifugentrommel 2 zusammenfällt und in Figur 1 vertikal verlaufend angeordnet ist. Die Zentrifugentrommel 2 weist ferner eine Spindel 4 auf, die zum Drehantreiben der Zentrifugentrommel 2 dient und mit einer Nabe 5 fest verbunden ist. An der Spindel 4 ist ein Verteiler 6 in Form einer von der Spindel 4 radial nach außen abstehenden Kegelfläche angeordnet. Die Zen-

trifugentrommel 2 ist ferner gebildet von einer zylindrischen Wand 7 und einem Deckel 8, mit dem die zylindrische Wand 7 abgedeckt ist. In das Innere der Zentrifugentrommel 2 ist ein Füllgut 9 eingebracht, das im Schleuderbetrieb der Zentrifuge 1 bei Schleuderdrehzahl der Zentrifugentrommel 2 gleich dick an der zylindrischen Wand 7 aufgrund von Fliehkräften anliegt. Dabei bildet sich radial innen gesehen an dem Füllgut 9 eine freie Oberfläche 10 aus, die mit einem gedachten, um die Drehachse 3 symmetrischen Zylinder zusammenfällt.

[0020] Zum Drehantreiben der Zentrifugentrommel 2 ist an der Spindel 4 oben ein Drehstrommotor 11 angekuppelt, der via einen Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 und einen Netzanschluss 13 zur Energieversorgung an ein Stromnetz anschließbar ist, wobei der Drehstrommotor oder Gleichstrommotor 11, der Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 und der Netzanschluss 13 eine Antriebseinheit bilden. Der Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 weist eine Detektionseinheit 14 auf, mit der zu vorherbestimmten zeitlichen Betriebspunkten beim Betrieb der Zentrifuge 1 momentane Drehmomente und momentane Drehbeschleunigungen bestimmbar sind. Hierzu wird von der Detektionseinheit 14 das Wirkmoment des Frequenzumrichters oder des DC-Stromrichters 12 herangezogen. Mit der Detektionseinheit 14 ist ferner zu den entsprechenden Betriebspunkten der Quotient aus den Werten der jeweiligen Drehmomente und den Werten der jeweiligen Drehbeschleunigungen bestimmbar und in einem Speicherelement speicherbar. Die Zentrifuge 1 weist eine erste Signalleitung 15 und eine Steuerungseinheit 17 auf, wobei via die erste Signalleitung 15 die Detektionseinheit 14 und die Steuerungseinheit 17 gekoppelt sind.

[0021] Für den Betrieb der Zentrifuge 1 ist ein vorderer Betriebspunkt und ein hinterer Betriebspunkt vorherbestimmt festgelegt. Die Detektionseinheit 14 ist derart eingerichtet, dass zum vorderen Betriebspunkt der Quotient aus dem zum vorderen Betriebspunkt vorliegenden Drehmoment und der zum vorderen Betriebspunkt vorliegenden Drehbeschleunigung detektiert, ermittelt und im Speicherelement abgespeichert wird. Ferner ist die Detektionseinheit 14 derart eingerichtet, dass analog zum vorderen Betriebspunkt ebenfalls zum hinteren Betriebspunkt der Quotient aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung detektiert, ermittelt und abgespeichert wird. Außerdem vermag die Detektionseinheit 14 den ersten Quotienten aus dem Speicherelement abzurufen und das Verhältnis aus dem ersten und dem zweiten Quotienten zu bilden. Ist das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als ein vorbestimmter Grenzwert, insbesondere 1,2, so vermag die Detektionseinheit 14 ein entsprechendes Signal zu erzeugen, das via die erste Signalleitung 15 zur Steuerungseinheit 17 gelangt.

[0022] Die Zentrifugentrommel 2 weist an ihrer radial außenseitig liegenden Seite ein Sieb 18 auf, das derart perforiert ausgestaltet ist, dass beim Betrieb der Zentrifuge 1 Flüssigkeit aus dem Füllgut 9 durch das Sieb 18

aus der Zentrifugentrommel 2 abführbar ist. Ferner weist die Zentrifuge 1 eine Waschwasserzugabeeinheit 20 zum Zugeben von Waschwasser und/oder eine Decksirupzugabeeinheit 19 zum Zugeben von Decksirup in die Zentrifugentrommel 2 während des Betriebs der Zentrifuge 1 auf. Die Decksirupzugabeeinheit 19 weist ein Decksirupreservoir 21 auf, in dem Decksirup bereitgestellt ist. Analog weist die Waschwasserzugabeeinheit 20 ein Waschwasserreservoir 22 auf, in dem Waschwasser bereitgestellt ist. Die Decksirupzugabeeinheit 19 weist eine Decksirupdüse 27 auf, durch die Decksirup aus dem Decksirupreservoir 21 via ein Decksirupsteuerungsventil 23, das mit einer Decksirupventilansteuerungseinheit 25 ansteuerbar ist, in die Zentrifugentrommel 2 zuführbar ist. Die Waschwasserzugabeeinheit 20 weist eine Waschwasserdüse 28 auf, durch die Waschwasser via ein Waschwassersteuerungsventil 24, das mit einer Waschwasserventilansteuerungseinheit 26 ansteuerbar ist, in die Zentrifugentrommel 2 zu führbar ist. Sowohl die Decksirupventilansteuerungseinheit 25 als auch die Waschwasserventilansteuerungseinheit 26 sind mit der Steuerungseinheit 17 gekoppelt, so dass in Abhängigkeit von Signalen der ersten Signalleitung 15 die Decksirupventilansteuerungseinheit 25 und die Waschwasserventilansteuerungseinheit 26 ansteuerbar sind.

[0023] Die Steuerungseinheit 17 ist derart eingerichtet, dass in Abhängigkeit von Signalen der ersten Signalleitung 15 die Steuerungseinheit 17 Signale an eine zweite Signalleitung 16 abgibt, via die die Steuerungseinheit 17 mit dem Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 gekuppelt ist. Der Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 mag Signale der zweiten Signalleitung 16 derart zu verarbeiten, dass die Drehzahl der Zentrifugentrommel 2 vermindert oder auf Null setzbar ist.

[0024] Der vordere Betriebspunkt liegt in einer ersten Beschleunigungsphase und der zweite Betriebspunkt liegt in einer hinteren Beschleunigungsphase. Dadurch, dass in den Betriebspunkten die Zentrifugentrommel 2 beschleunigt wird, ist die Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel 2 als ein Wert größer Null bestimmbar. Der Quotient aus dem Drehmoment und der Drehbeschleunigung nimmt in den Betriebspunkten einen endlichen Wert an und ist ein Maß für das Massenträgheitsmoment der Zentrifugentrommel 2 und des in der Zentrifugentrommel 2 sich befindliche Füllguts 9. Zur Bestimmung des Drehmoments wird das Wirkmoment des Frequenzumrichters oder DC-Stromrichters 12 herangezogen.

[0025] Während den Beschleunigungsphasen nimmt die Drehzahl der Zentrifugentrommel 2 linear zu, so dass die Drehbeschleunigung in den Beschleunigungsphasen konstant ist. Ist die Drehbeschleunigung in beiden Beschleunigungsphasen gleich groß und liegen die Beschleunigungsphasen zeitlich unmittelbar aneinander, nimmt die Drehzahl der Zentrifugentrommel 2 über beide Beschleunigungsphasen hinweg linear zu. Denkbar ist, dass die Beschleunigungsphasen von einer Phase mit

konstanter Drehzahl unterbrochen sind, bei der beispielsweise ein Zwischenschleudern bewerkstelligt werden soll. Bei einem Betrieb der Zentrifuge 1 wird zum vorderen Betriebspunkt während der ersten Beschleunigungsphase das Drehmoment und die Drehbeschleunigung detektiert, der Quotient daraus gebildet und in dem Speicherelement abgelegt. Darauf folgend wird zum hinteren Betriebspunkt während der zweiten Beschleunigungsphase das Drehmoment und die Drehbeschleunigung bestimmt und der Quotient daraus ermittelt. Denkbar ist beispielsweise, dass produktbedingt nur ein einziges Mal beschleunigt wird, wobei die beiden Beschleunigungsphasen nebeneinander und die beiden Betriebspunkte zeitlich nacheinander liegen. Entsprechendes gilt dafür, wenn mehr als zweimal beschleunigt wird. Die beiden Beschleunigungsphasen können, sind aber nicht zwingend, von einer Beschleunigungspause unterbrochen. Zwischen den beiden Beschleunigungsphasen kann beschleunigt werden oder die beiden Beschleunigungsphasen grenzen zeitlich direkt aneinander an.

[0026] Sodann wird der erste Quotient aus dem Speicherelement abgerufen und das Verhältnis aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten gebildet. Der sich daraus ergebende Wert wird mit einem Grenzwert verglichen und, sollte das Verhältnis kleiner als der Grenzwert, insbesondere 1,2, sein, wird von der Detektionseinheit 14 ein Signal an die erste Signalleitung 15 emittiert und an die Steuerungseinheit 17 abgegeben. In der Steuerungseinheit 17 wird das Signal aus der ersten Signalleitung 15 derart verarbeitet, dass von der Steuerungseinheit 17 die Ventilansteuerungseinheiten 25, 26 derart angesteuert werden, dass zumindest eine der Steuerungsventile 23, 24 in eine Drosselstellung gebracht oder geschlossen werden. Ferner wird von der Steuerungseinheit 17 in die zweite Signalleitung 16 ein Signal emittiert, das an den Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter 12 eingegeben und derart verarbeitet wird, dass die Drehzahl des Drehstrommotors oder Gleichstrommotors 11 reduziert oder auf Null gesetzt wird.

[0027] Sollte im hinteren Betriebspunkt eines der Steuerungsventile 23, 24 oder beide Steuerungsventile 23, 24 bereits geöffnet sein, damit Decksirup und/oder Waschwasser von den Reservoiren 21, 22 über die Düsen 27, 28 in die Zentrifugentrommel 2 gelangen kann, wird diese Zufuhr von Decksirup und/oder Waschwasser in die Zentrifugentrommel 2 mittels der Steuerungsventile 23, 24 entweder reduziert oder gestoppt. Ist zu einem späteren Zeitpunkt als dem hinteren Betriebspunkt eine Zufuhr von Decksirup oder Waschwasser in die Zentrifugentrommel 2 geplant, so ist diese Zufuhr durch die Ansteuerung der Steuerungsventile 23, 24 durch deren Ventilansteuerungseinheiten 25, 26 entsprechend begrenzt oder unterbunden.

[0028] Der Quotient aus dem Drehmoment und der Drehbeschleunigung ist ein Maß für das Massenträgheitsmoment der Zentrifugentrommel 2 samt dem Füllgut 9. Das Füllgut 9 ist eine Kristallsuspension, die ein Gemisch aus Kristallen und Sirup aufweist. Beim Zentrifu-

gieren des Füllguts 9 tritt aus der Zentrifugentrommel 2 via das Sieb 18 Sirup aus, der als Grünablauf bezeichnet ist. Zum weiteren Reinigen der Kristalle werden nacheinander Decksirup und Waschwasser während des Zentrifugierens an der freien Oberfläche 10 des Füllguts 9 aufgesprüht. Beim Zentrifugieren werden der Decksirup und das Waschwasser aus der Zentrifugentrommel 2 via das Sieb 18 als Deckablauf abgeführt.

[0029] Die Geschwindigkeit, mit der der Sirup, der Decksirup und das Wasser von dem Füllgut 9 beim Zentrifugieren abführbar sind, hängt insbesondere von der Durchlässigkeit des Füllguts 9 ab.

[0030] Die Durchlässigkeit des Füllguts 9 ergibt sich beispielsweise aus der radialen Schichtdicke des Füllguts und/oder aus der Korngröße der Kristalle. Ist beispielsweise die Korngröße der Kristalle vergleichsweise klein, so legen sich die Kristalle beim Zentrifugieren derart dicht aneinander, dass der Sirup kaum durch das Füllgut 9 sickern und von der Zentrifugentrommel 2 abgeführt werden kann. Als Folge davon bleibt beim Zentrifugieren der Sirup so gut wie vollständig in der Zentrifugentrommel 2, so dass beim Zentrifugieren das Massenträgheitsmoment der Zentrifugentrommel 2 zusammen mit dem Füllgut 9 sich kaum verändert. Auf eine beobachtete Konstanz des Massenträgheitsmoments beim Zentrifugieren kann somit darauf geschlossen werden, dass das Waschfluid in unzureichender Weise beim Zentrifugieren abgeführt wird und deshalb eine weitere Zugabe von beispielsweise Decksirup oder Waschwasser in die Zentrifugentrommel 2 zu unterbleiben hat.

[0031] Würde bei einer derart schlechten Trennung von dem Sirup aus dem Füllgut 9 dennoch beispielsweise Waschwasser in die Zentrifugentrommel 2 gegeben werden, würde das Waschwasser auch nicht in ausreichendem Maße abzentrifugiert werden können. Dadurch würde sich das Waschwasser an der freien Oberfläche 10 des Füllguts 9 ansammeln und in unkontrollierte Strömungsverhältnisse versetzt werden. Diese unkontrollierten Strömungsverhältnisse können zu hohen mechanischen Beanspruchungen der Zentrifuge führen, wodurch die Betriebssicherheit der Zentrifuge 1 gefährdet ist.

[0032] In Figuren 2 bis 4 sind Betriebskonfigurationen der Zentrifuge 1 anhand von Diagrammen aufgezeigt, deren Abszissen jeweils eine Zeitachse 29 ist. Über die Ordinaten der Diagramme sind die Drehzahl in Form einer Kurve 30, die in der Zentrifugentrommel 2 vorherrschende Fülldicke in Form einer Kurve 31 und das Massenträgheitsmoment in Form einer Kurve 32 aufgetragen. Die Drehzahlkurven 30 weisen Abschnitte mit konstanter Drehzahl und Abschnitt mit konstanter Drehzahlbeschleunigung auf. Die Werte für die Kurve 32 des Massenträgheitsmoments ergeben sich aus den Quotienten Drehmoment / Drehbeschleunigung, so dass in den Bereichen mit konstanter Drehzahl die Kurven für das Massenträgheitsmoment 32 Lücken (Produkt schleudern) 33 aufweisen. Zeitabschnitte, in denen Decksirup in die Zentrifugentrommel 2 zugegeben wird, sind mit dem Bezugszeichen 34 bezeichnet. Ferner sind die Zeitabschnitte,

während denen Waschwasser in die Zentrifugentrommel 2 gegeben wird, mit dem Bezugszeichen 35 bezeichnet.

[0033] In Figur 2 ist ein erster Betrieb der Zentrifuge 1 gezeigt. Die Drehzahl steigt von einem ersten Betriebspunkt 41 zu einem zweiten Betriebspunkt 42 linear an und bleibt bis zu einem dritten Betriebspunkt 43 konstant. Vom dritten Betriebspunkt 43 erhöht sich die Drehzahl 30 wieder linear bis zu einem vierten Betriebspunkt 44 und bleibt sodann wieder bis zu einem fünften Betriebspunkt 45 konstant. Die Drehzahl zwischen dem zweiten Betriebspunkt 42 und dem dritten Betriebspunkt 43 ist eine Zwischenschleuderdrehzahl. Im ersten Bereich der Kurve 32 ist das Massenträgheitsmoment zwischen dem ersten Betriebspunkt 41 und dem zweiten Betriebspunkt 42 vergleichsweise konstant über die Zeit, woraus sich ableiten lässt, dass bei einem Zentrifugieren so gut wie keine Trennung des Füllguts 9 in der Zentrifugentrommel 2 stattfindet. Vielmehr steigt nach Aufgabe von Decksirup 34 die Kurve 32 des Massenträgheitsmoments bis zum zweiten Betriebspunkt 42 leicht an. Dieser Anstieg ist ein Indiz dafür, dass sich der während der Zeitspanne 34 zugegebene Decksirup in der Zentrifugentrommel 2 angesammelt hat und nicht ausreichend schnell abzentrifugiert werden kann.

[0034] Während des Zwischenschleuderns zwischen dem zweiten Betriebspunkt 42 und dem dritten Betriebspunkt 43 findet eine Trennung des Füllguts 9 statt, da der Wert des Massenträgheitsmoments zum zweiten Betriebspunkt 42 um etwa ein Drittel höher ist als zum dritten Betriebspunkt 43. Der zweite Betriebspunkt 42 ist der vordere Betriebspunkt und der dritte Betriebspunkt 43 ist der hintere Betriebspunkt. Aus der Kurve 32 für das Massenträgheitsmoment ergibt sich, dass das Verhältnis der Werte des Massenträgheitsmoments vom vorderen Betriebspunkt 42 zum hinteren Betriebspunkt 43 etwa bei 1,78 liegt. Dadurch, dass der Grenzwert bei 1,2 angesiedelt ist, wird von der Detektionseinheit 14 ein derartiges Signal ausgegeben, womit via die Waschwasserventilansteuerungseinheit 26 das Waschwassersteuerventil 24 freigeschaltet ist. Dadurch kann zu einem späteren Zeitpunkt als dem hinteren Betriebspunkt 43 die Aufgabe 35 von Waschwasser folgen, die zu einem Anstieg der Kurve 32 des Massenträgheitsmoments kurz hinter dem hinteren Betriebspunkt 43 bis zum vierten Betriebspunkt 44 führt. Aus diesem vergleichsweise starken Anstieg der Kurve 32 des Massenträgheitsmoments lässt sich ableiten, dass das Waschwasser zu langsam die Füllgutschicht 9 durchdringen und aus der Zentrifugentrommel 2 ablaufen kann. Zwischen dem vierten Betriebspunkt 44 und dem fünften Betriebspunkt 45 wird bei einer konstanten Drehzahl zentrifugiert, wobei die Kurve 31 die Fülldicke in der Zentrifugentrommel 2 über den gesamten Zeitraum anzeigt. Der Verlauf nach Zugabe Waschwasser zwischen den Punkten 43 und 44 ist ein Indiz für eine schlechte Durchdringbarkeit des Füllgutes, hervorgerufen zumeist durch a) zu späte Wasseraufgabe, b) zu kleine Kristallgrößen oder Variationskoeffizienten oder c) Vorhandensein von Feinkorn, und

kann in der Steuerung 17 ausgewertet werden.

[0035] In Figur 3 ist ein zweiter Betrieb der Zentrifugentrommel 2 gezeigt. Von einem ersten Betriebspunkt 51 bis zu einem zweiten Betriebspunkt 52 wird die Zentrifuge 1 mit einer konstanten, vergleichsweise niedrigen Drehzahl betrieben. Während dieses Zeitraums wird die Zentrifugentrommel 2 mit dem Füllgut 9 befüllt. Ab dem zweiten Betriebspunkt 52 wird bis zu einem dritten Betriebspunkt 53 die Zentrifugentrommel 2 mit konstanter Drehzahlbeschleunigung gefahren, wobei in diesem Bereich die Kurve 32 des Massenträgheitsmoments einen im Wesentlichen konstanten Verlauf hat, woraus sich ableiten lässt, dass zwischen dem zweiten Betriebspunkt 52 und dem dritten Betriebspunkt 53 so gut wie keine Trennung stattfindet. Zwischen dem dritten Betriebspunkt 53 und einem vierten Betriebspunkt 54 wird die Zentrifuge 1 in einem Zwischenschleuderbetrieb bei konstanter Drehzahl gefahren, wobei der dritte Betriebspunkt 53 der vordere Betriebspunkt und der vierte Betriebspunkt 54 der hintere Betriebspunkt sind. Das Verhältnis des Massenträgheitsmoments vom vordern Betriebspunkt 53 zum hinteren Betriebspunkt 54 beträgt etwa 1,18 und ist somit geringer als der Grenzwert von 1,2. Dadurch wird unter Zusammenwirken der Detektionseinheit 14 und der Steuerungseinheit 17 eine mögliche Zugabe von Decksirup und/oder Waschwasser reduziert bzw. unterbunden. Das heißt, dass die zwischen dem vorderen Betriebspunkt 53 und dem hinteren Betriebspunkt 54 initiierte Aufgabe von Waschwasser 35 zum hinteren Betriebspunkt 54 reduziert bzw. unterbunden wird. Bei einem fünften Betriebspunkt 55 hinter dem vierten Betriebspunkt 54 wird die Zentrifuge 1 bei konstanter Drehzahl zum Schleudern betrieben.

[0036] In Figur 4 ist ein dritter Betrieb der Zentrifuge 1 gezeigt. Zwischen einem ersten Betriebspunkt 61 und einem zweiten Betriebspunkt 62 wird die Zentrifugentrommel 2 mit dem Füllgut 9 befüllt. Zwischen dem zweiten Betriebspunkt 62 und einem fünften Betriebspunkt 65 wird die Zentrifugentrommel 2 konstant beschleunigt, wobei zwischen dem zweiten Betriebspunkt 62 und dem fünften Betriebspunkt 65 ein dritter Betriebspunkt 63 als der vordere Betriebspunkt und ein vierter Betriebspunkt 64 als der hintere Betriebspunkt liegen. Vor dem vorderen Betriebspunkt 63 findet eine Aufgabe 34 von Decksirup statt, was durch einen entsprechenden Anstieg der Kurve 32 des Massenträgheitsmoments sich anzeigt. Der Decksirup kann die Zentrifugentrommel 2 wieder schnell verlassen, wodurch die Kurve 32 des Massenträgheitsmoments zwischen dem vorderen Betriebspunkt 63 und dem hinteren Betriebspunkt 64 vergleichsweise stark abfällt. Um den hinteren Betriebspunkt 64 ist eine Aufgabe 35 von Waschwasser vorgesehen. Das Verhältnis der Werte der Kurve 32 des Massenträgheitsmoments zum vorderen Betriebspunkt 63 und zum hinteren Betriebspunkt 64 beträgt 1,31 und liegt somit über dem Grenzwert von 1,2. Somit ist von der Detektionseinheit 14 und der Steuerungseinheit 17 das Waschwassersteuerungsventil 24 freigeschaltet, so dass die Aufgabe 35 von Wasch-

wasser erfolgen kann. Bei der Aufgabe 35 von Waschwasser ergibt sich ein vergleichsweise konstanter Verlauf der Kurve 32 des Massenträgheitsmoments, wobei zum fünften Betriebspunkt 65 hin die Kurve 32 des Massenträgheitsmoments hervorgerufen durch das Abzentrifugieren des Waschwassers abfällt.

Bezugszeichenliste

10 [0037]

- | | |
|----|--|
| 1 | Zentrifuge |
| 2 | Zentrifugentrommel |
| 3 | Drehachse |
| 4 | Spindel |
| 5 | Nabe |
| 6 | Verteiler |
| 7 | zylindrische Wand |
| 8 | Deckel |
| 9 | Füllgut |
| 10 | freie Oberfläche des Füllguts |
| 11 | Drehstrommotor oder Gleichstrommotor |
| 12 | Frequenzumrichter oder DC-Stromrichter |
| 13 | Netzanschluss |
| 14 | Detektionseinheit |
| 15 | erste Signalleitung |
| 16 | zweite Signalleitung |
| 17 | Steuerungseinheit |
| 18 | Sieb |
| 19 | Decksirupzugabeeinheit |
| 20 | Waschwasserzugabeeinheit |
| 21 | Decksirupreservoir |
| 22 | Waschwasserreservoir |
| 23 | Decksirupsteuerungsventil |
| 24 | Waschwassersteuerungsventil |
| 25 | Decksirupventilansteuerungseinheit |
| 26 | Waschwasserventilansteuerungseinheit |
| 27 | Decksirupdüse |
| 28 | Waschwasserdüse |
| 29 | Zeitachse |
| 30 | Drehzahl |
| 31 | Fülldicke |
| 32 | Massenträgheitsmoment |
| 33 | Lücke (Produkt schleudern) |
| 34 | Aufgabe von Decksirup |
| 35 | Aufgabe von Waschwasser |
| 41 | erster Betriebspunkt im ersten Betrieb |
| 42 | zweiter Betriebspunkt im ersten Betrieb |
| 43 | dritter Betriebspunkt im ersten Betrieb |
| 44 | vierter Betriebspunkt im ersten Betrieb |
| 45 | fünfter Betriebspunkt im ersten Betrieb |
| 51 | erster Betriebspunkt im zweiten Betrieb |
| 52 | zweiter Betriebspunkt im zweiten Betrieb |
| 53 | dritter Betriebspunkt im zweiten Betrieb |
| 54 | vierter Betriebspunkt im zweiten Betrieb |
| 55 | fünfter Betriebspunkt im zweiten Betrieb |
| 61 | erster Betriebspunkt im dritten Betrieb |
| 62 | zweiter Betriebspunkt im dritten Betrieb |

- 63 dritter Betriebspunkt im dritten Betrieb
 64 vierter Betriebspunkt im dritten Betrieb
 65 fünfter Betriebspunkt im dritten Betrieb

Patentansprüche

1. Diskontinuierliche Zentrifuge zum Fest-Flüssig-Trennen einer Kristallsuspension, mit einer Zentrifugentrommel (2), in die die Kristallsuspension als ein Füllgut (9) in einer vorherbestimmten Menge einfüllbar ist und die mit einer Antriebseinheit (11, 12) zumindest in einer ersten Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) und in einer zeitlich nach der ersten Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) gelegenen, zweiten Beschleunigungsphase (43, 44; 54, 55; 64, 65) drehantreibbar ist, einer Waschfluidzugabeeinheit (19, 20) mit einem Steuerungsventil (23, 24), via das ein Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) zum Waschen des Füllguts (9) zugebar ist, gekennzeichnet mit einer Detektionseinheit (14), mit der zu einem in der ersten Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) liegenden, zeitlich vorderen Betriebspunkt (42, 53, 63) ein erster Quotient aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel (2) und mit der zu einem in der zweiten Beschleunigungsphase (43, 44; 54, 55; 64, 65) liegenden, zeitlich hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) ein zweiter Quotient aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel (2) in Echtzeit detektierbar sind, und einer Steuerungseinheit (17), mit der das Steuerungsventil (23, 24) ansteuerbar ist, dass das Steuerungsventil (23, 24) in eine Drosselstellung gesetzt ist, sobald zum hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als ein vorherbestimmter Grenzwert ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) reduzierbar ist.
2. Zentrifuge gemäß Anspruch 1, wobei eine Drosselstellung die Zustellung des Steuerventils (23, 24) ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) unterbindbar ist.
3. Zentrifuge gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Grenzwert bei 1,2 liegt.
4. Zentrifuge gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei mit der Steuerungseinheit (17) die Antriebseinheit (11, 12) ansteuerbar ist, dass, sobald zum hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als der vorgegebene Grenzwert ist, die Drehzahl auf eine vorherbestimmte Grenzdrehzahl, die niedriger als die Drehzahl zum hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) ist, reduziert, insbesondere Null, ist.

5. Zentrifuge gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Waschfluidzugabeeinheit eine Waschwasserzugabeeinheit (20) ist, mit der als das Waschfluid ein Waschwasser in die Zentrifugentrommel (2) zuführbar ist.
6. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer diskontinuierlichen Zentrifuge (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, mit den Schritten:
 - a) Bereitstellen der Zentrifuge (1) mit der mit dem Füllgut (9) gefüllten Zentrifugentrommel (2);
 - b) Betreiben der Zentrifugentrommel (2) im Schleuderbetrieb, der die erste Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) und die zweite Beschleunigungsphase (43, 44; 54, 55; 64, 65) aufweist;
 - c) Detektieren zu dem in der ersten Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) liegenden, zeitlich vorderen Betriebspunkt (42, 53, 63) den ersten Quotienten aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel (2) und zu dem in der zweiten Beschleunigungsphase (43, 44; 54, 55; 64, 65) liegenden, zeitlich hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) den zweiten Quotienten aus dem momentanen Drehmoment und der momentanen Drehbeschleunigung der Zentrifugentrommel (2) in Echtzeit;
 - d) Ansteuern des Steuerungsventils (23, 24), dass das Steuerungsventil (23, 24) in die Drosselstellung gesetzt wird, sobald zum hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als der vorherbestimmte Grenzwert ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) reduzierbar wird.
7. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei die Drosselstellung die Zustellung des Steuerventils (23, 24) ist, so dass die Zugabe von dem Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) unterbunden wird.
8. Verfahren gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei der Grenzwert bei 1,2 liegt.
9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die Antriebseinheit (11, 12) angesteuert wird, dass, sobald zum hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) das Verhältnis des ersten Quotienten zum zweiten Quotienten kleiner als der vorgegebene Grenzwert ist, die Drehzahl auf die vorherbestimmte Grenzdrehzahl reduziert, insbesondere Null, wird.
10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei während den Beschleunigungsphasen (41, 42; 52, 53; 62, 63; 43, 44; 54, 55; 64, 65) die Drehzahl

jeweils linear über die Zeit erhöht wird.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei zwischen der ersten Beschleunigungsphase (41, 42; 52, 53; 62, 63) und der zweiten Beschleunigungsphase (43, 44; 54, 55; 64, 65) eine Zwischenschleuderphase liegt, während der die Drehzahl über die Zeit konstant gehalten wird. 5
12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei zum oder nach dem hinteren Betriebspunkt (43, 54, 64) das Waschfluid in die Zentrifugentrommel (2) zugeführt wird, wenn das Ansteuern des Steuerungsventils (23, 24) unterbleibt, dass das Steuerungsventil (23, 24) in die Drosselstellung gesetzt wird. 10
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das Waschfluid das Waschwasser ist. 15
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei zum oder vor dem vorderen Betriebspunkt (42, 53, 63) Decksirup in die Zentrifugentrommel (2) zugeführt wird. 20
15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 14, wobei das Drehmoment mit Hilfe des Wirkmoments des Frequenzumrichters oder DC-Stromrichters (12) bestimmt wird. 25

Claims

1. Discontinuous centrifuge for solid-liquid separation of a crystal suspension, with a centrifuge drum (2), into which the crystal suspension is fillable as a filling material (9) in a predetermined amount and which is rotary driveable with a drive unit (11, 12), at least in a first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63) and, chronological situated after the first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63), a second acceleration phase (43, 44; 54, 55; 64, 65), a washing fluid addition unit (19, 20) with a control valve (23, 24), via which a washing fluid is addable into the centrifuge drum (2) for washing of the filling material (9), a detection unit (14), with which a first quotient is detectable in real time of the instantaneous torque and the instantaneous rotary acceleration of the centrifuge drum (2) at the chronological early operating point (42, 53, 63) lying in the first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63), and a second quotient is detectable in real time of the instantaneous torque and the instantaneous rotary acceleration of the centrifuge drum (2) at the chronological late operating point (43, 54, 64) lying in the second acceleration phase (43, 44; 54, 55; 64, 65), and a control unit (17) with which the control valve (23, 24) is controllable that the control valve (23, 24) is set to a throttled 35 40 45 50 55

position as soon as the ratio of the first quotient to the second quotient is smaller than a predetermined threshold value at the late operating point (43, 54, 64) so that the addition of the washing fluid into the centrifuge drum (2) is reducible.

2. Centrifuge according to claim 1, wherein the throttled position is the closed position of the control valve (23, 24) so that the addition of the wash fluid into the centrifuge drum (2) is stoppable.
3. Centrifuge according to claim 1 or 2, wherein the threshold value lies by 1.2.
4. Centrifuge according to one of the claims 1 to 3, wherein the drive unit (11, 12) is controllable with the control unit (17) that the rotational speed is reduced to a predetermined threshold rotational speed, in particular to zero, which is lower than the rotational speed to the late operating point (43, 54, 64), once the ratio of the first quotient to the second quotient is smaller than the predetermined threshold value at the late operating point (43, 54, 64).
5. Centrifuge according to one of the claims 1 to 4, wherein the washing fluid addition unit is a wash water addition unit (20), with which washing fluid a washing water is supplyable into the centrifugal drum (2).
6. A method for controlling the operation of a discontinuous centrifuge (1) according to one of the claims 1 to 5, with the steps:
 - a) providing the centrifuge (1) with the centrifuge drum (2) filled with the filling material (9);
 - b) operating the centrifuge drum (2) in the spinning mode, which has the first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63) and the second acceleration phase (43, 44; 54, 55; 64, 65);
 - c) detect in real time the first quotient of the instantaneous torque and the instantaneous rotary acceleration of the centrifuge drum (2) at the chronologically early operating point (42, 53, 63) lying in the first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63), and detect in real time the second quotient of the instantaneous torque and the instantaneous rotary acceleration of the centrifuge drum (2) at the chronologically late operating point (43, 54, 64) lying in the second acceleration phase (43, 44; 54, 55; 64, 65);
 - d) driving the control valve (23, 24) that the control valve (23, 24) is set into the throttled position as soon as the ratio of the first quotient to the second quotient is smaller as the predetermined threshold value at the late operating point (43, 54, 64) so that the addition of the washing fluid is reducible into the centrifuge drum (2).

7. A method according to claim 5, wherein the throttled position is the closed position of the control valve (23, 24) so that the addition of the washing fluid will be stopped in the centrifuge drum (2). 5
8. A method according to claim 6 or 7, wherein the threshold value lies by 1.2. 10
9. A method according to one of the claims 6 to 8, wherein the drive unit (11, 12) will be driven, such that the rotational speed will be reduced to the predetermined limit speed, especially to zero, when the ratio of the first quotient to the second quotient is smaller than the predetermined threshold value, at the late operating point (43, 54, 64). 15
10. A method according to one of the claims 6 to 9, wherein the revolution speed will be increased respectively linear over the time during the acceleration phases (41, 42; 52, 53; 62, 63; 43, 44; 54, 55; 64, 65). 20
11. A method according to one of the claims 6 to 10, wherein an intermediate spinning mode lies between the first acceleration phase (41, 42; 52, 53; 62, 63) and the second acceleration phase (43, 44; 54, 55; 64, 65), during which the rotational speed will be kept constant over time. 25
12. A method according to one of the claims 6 to 11, wherein the washing fluid will be added to the centrifugal drum (2) at the or after the late operating point (43, 54, 64), when the actuation of the control valve (23, 24) is omitted that the control valve (23, 24) will be set in the throttled position. 30
13. A method according to claim 12, wherein the washing water is the washing fluid. 35
14. A method according to one of the claims 6 to 13, wherein cover syrup will be supplied to the centrifuge drum (2) at or before the early operating point (42, 53, 63). 40
15. A method according to one of the claims 6 to 14, wherein the torque will be determined with the help of the effective moment of the frequency converter or DC-converter. 45

Revendications

1. Centrifugeuse discontinue pour la séparation solide-liquide d'une suspension de cristaux, comprenant un tambour de centrifugation (2), dans lequel la suspension de cristaux peut être remplie en une quantité prédéterminée, en tant que matériau de remplissage (9), et comprenant une unité d'entraînement (11, 12) 55

qui est apte à être entraînée en rotation selon au moins une première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63), et, un certain temps après la première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63), dans une deuxième phase d'accélération (43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65), une unité de dosage de fluide de lavage (19, 20), comprenant une vanne de commande (23, 24), par l'intermédiaire de laquelle un fluide de lavage est apte à être alimenté dans le tambour de centrifugation (2) pour le lavage de la matière de remplissage (9), **caractérisé par** une unité de détection (14) au moyen de laquelle peut être détecté en temps réel, au cours de la première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63) située temporellement en avant du point de fonctionnement (42, 53, 63), un premier quotient du couple instantané et de l'accélération instantanée de rotation du tambour de centrifugation (2), et, au cours de la deuxième phase d'accélération (43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65) se trouvant temporellement de façon postérieure au point de fonctionnement (43, 54, 64), un deuxième quotient du couple instantané et de l'accélération instantanée de rotation du tambour de centrifugation (2), et une unité de commande (17), au moyen de laquelle la vanne de commande (23, 24) est apte à être commandée de telle sorte que la vanne de commande (23, 24) soit placée dans une position d'étranglement dès que le point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64) est inférieur à une valeur de seuil prédéterminée correspondant au rapport du premier quotient et du deuxième quotient, de sorte que l'addition du fluide de lavage dans le tambour de centrifugation (2) est apte à être réduite.

2. Centrifugeuse selon la revendication 1, dans lequel une position d'étranglement est la position de fermeture de la vanne de commande (23, 24), de sorte que l'addition du fluide de lavage dans le tambour de centrifugation (2) est apte à être empêché. 35
3. Centrifugeuse selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle la valeur de seuil est de 1,2. 40
4. Centrifugeuse selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle l'unité d'entraînement (11, 12) est apte à être actionnée par l'unité de commande (17), de sorte que dès qu'au niveau du point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64), le rapport entre le premier quotient et le deuxième quotient est inférieur à la valeur de seuil prédéterminée, la vitesse de rotation est réduite à une vitesse de rotation limite prédéterminée, qui est inférieure à la vitesse de rotation au point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64), et qui en particulier est nulle. 50
5. Centrifugeuse selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'unité de dosage de fluide de lavage est une unité d'addition d'eau de lavage (20) au 55

moyen de laquelle le liquide de lavage, en tant qu'eau de lavage, est apte à être alimenté dans le tambour de centrifugation (2).

6. Procédé pour commander le fonctionnement d'une centrifugeuse discontinue (1) selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant les étapes consistant à :
 - a) alimenter la centrifugeuse (1) avec le matériau de remplissage (9) de façon à remplir le tambour de centrifugation (2) ;
 - b) faire fonctionner le tambour de centrifugation (2) dans un mode de rotation, de façon qu'il ait une première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63) et une deuxième phase d'accélération (43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65) ;
 - c) détecter en temps réel, au cours de la première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63) située temporellement en avant du point de fonctionnement (42, 53, 63), un premier quotient du couple instantané et de l'accélération instantanée en rotation du tambour de centrifugation (2) et, au cours de la deuxième phase d'accélération (43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65) se trouvant temporellement en un point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64), un deuxième quotient du couple instantané et de l'accélération instantanée en rotation du tambour de centrifugation (2) ;
 - d) actionner la vanne de commande (23, 24) de telle sorte que la vanne de commande (23, 24) soit placée dans la position d'étranglement dès qu'au niveau du point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64), le rapport entre le premier quotient et le deuxième quotient est inférieur à la valeur de seuil prédéterminée, de sorte que l'addition du fluide de lavage dans le tambour de centrifugation (2) est apte à être réduite.
7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel la position d'étranglement est la position de fermeture de la vanne de commande (23, 24), de sorte que l'addition du fluide de lavage dans la centrifugeuse à tambour (2) est empêchée.
8. Procédé selon la revendication 6 ou la revendication 7, dans lequel la valeur limite est de 1,2.
9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel l'unité d'entraînement (11, 12) est commandée de telle sorte que dès qu'au niveau du point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64), le rapport du premier quotient au deuxième quotient est inférieur à la valeur de seuil prédéterminée, la vitesse est réduite à la vitesse de rotation limite prédéterminée, et en particulier est nulle.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications

6 à 9, dans lequel, pendant la phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63 ; 43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65), la vitesse de rotation est à chaque fois augmentée de façon linéaire au cours du temps.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel entre la première phase d'accélération (41, 42 ; 52, 53 ; 62, 63) et ladite deuxième phase d'accélération (43, 44 ; 54, 55 ; 64, 65) se trouve une phase intermédiaire de rotation, au cours de laquelle la vitesse de rotation est maintenue constante au cours du temps.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, dans lequel au point de fonctionnement postérieur (43, 54, 64) ou après ce point, du fluide de lavage est introduit dans le tambour de centrifugation (2) lorsque l'actionnement de la vanne de commande (23, 24) est omis, la vanne de commande (23, 24) étant placée dans la position d'étranglement.
13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel le fluide de lavage est de l'eau de lavage.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, dans lequel au niveau du point de commande avant (42, 53, 63), ou avant ce point, un produit si-rupeux de recouvrement est introduit dans le tambour de centrifugation (2).
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 14, dans lequel le couple est déterminé à l'aide du couple effectif du variateur de fréquence ou convertisseur de courant continu (12).

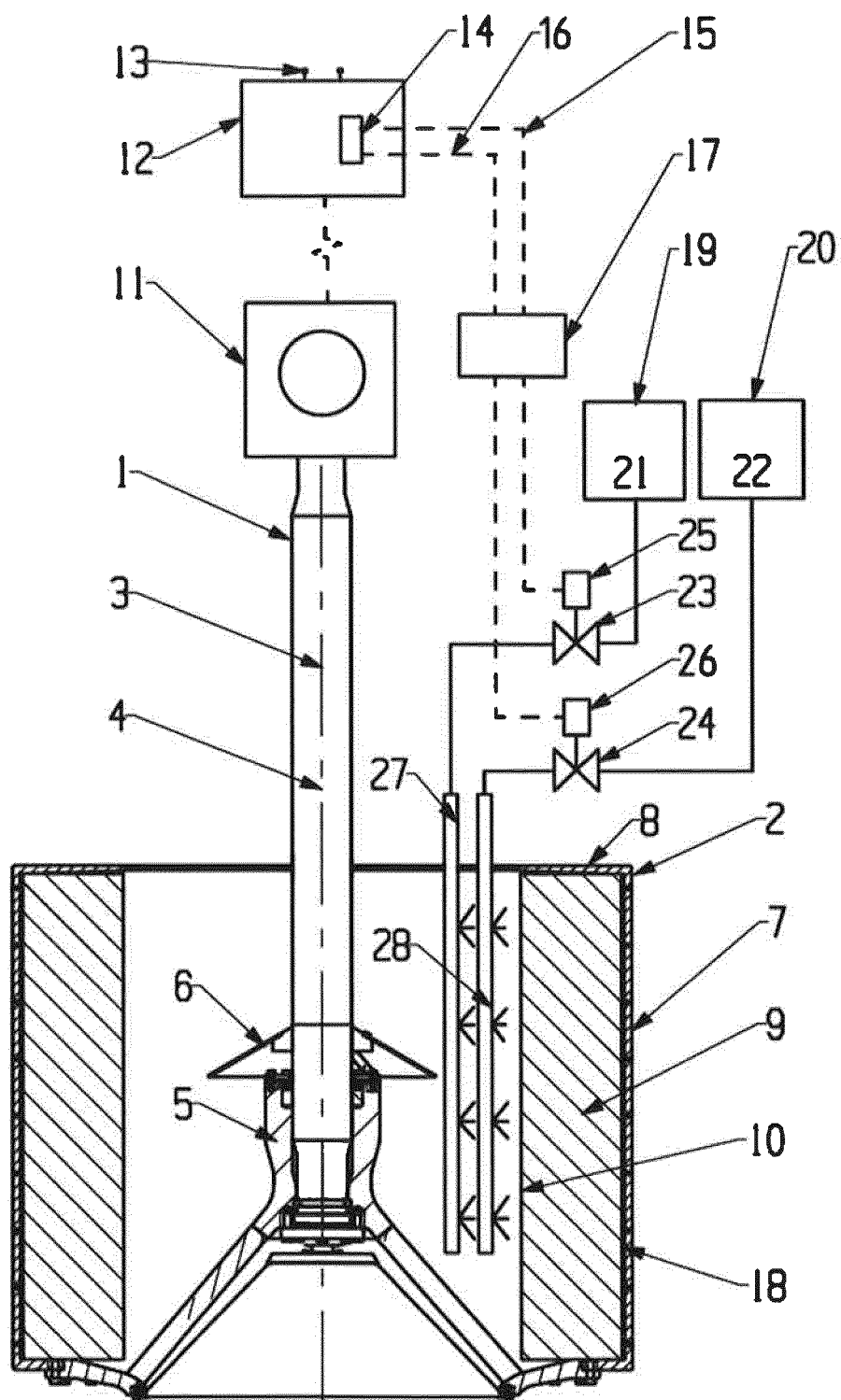


Fig. 1

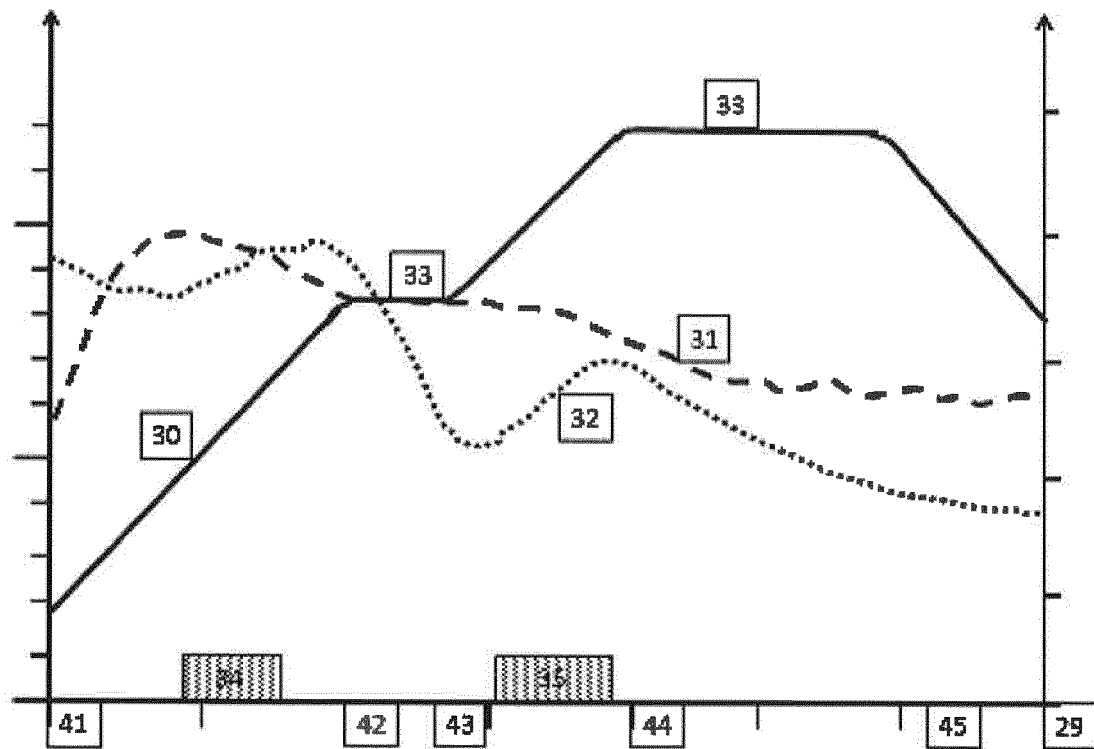


Fig. 2

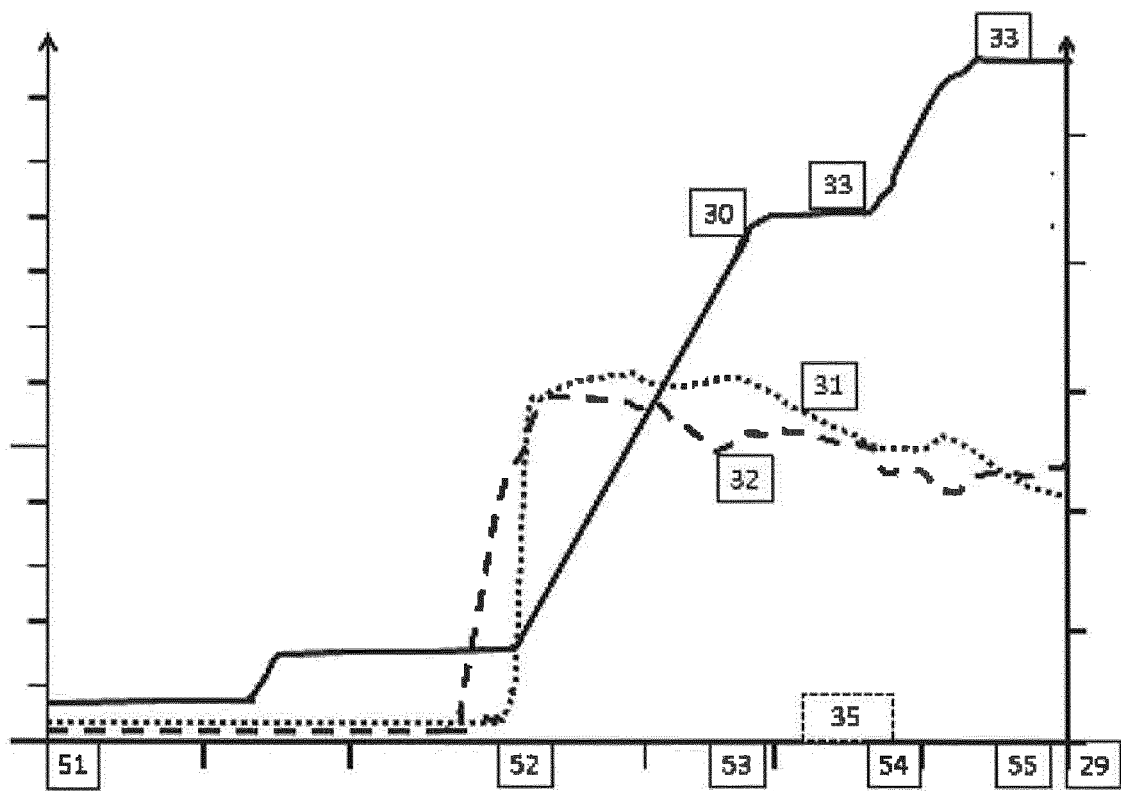


Fig. 3

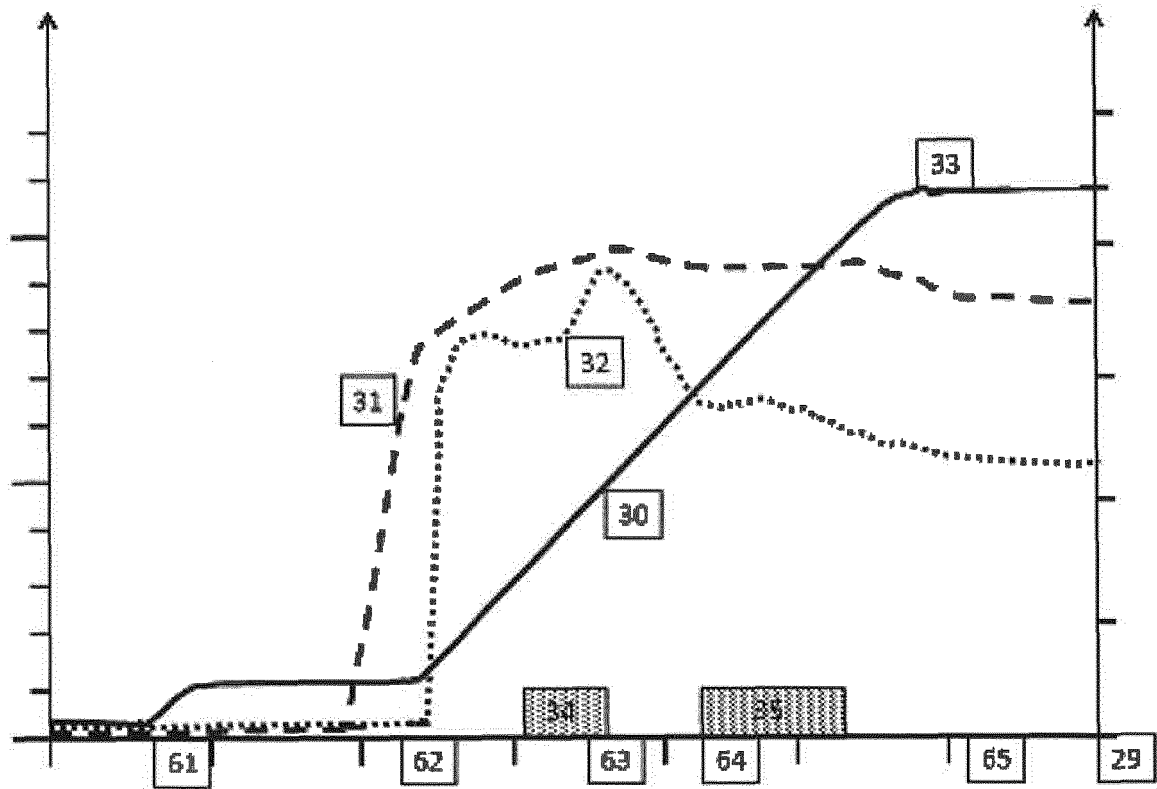


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2275207 A1 [0004]