



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.03.2021 Patentblatt 2021/10

(51) Int Cl.:
B07B 1/28 (2006.01) **B07B 1/44 (2006.01)**
B06B 1/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19000398.8**

(22) Anmeldetag: **06.09.2019**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Coppers, Matthias**
45136 Essen (DE)
• **Weiers, Jochen**
41812 Erkelenz (DE)
• **Pollmanns, Jürg**
41372 Niederkrüchten (DE)

(71) Anmelder: **Siebtechnik GmbH**
45478 Mülheim an der Ruhr (DE)

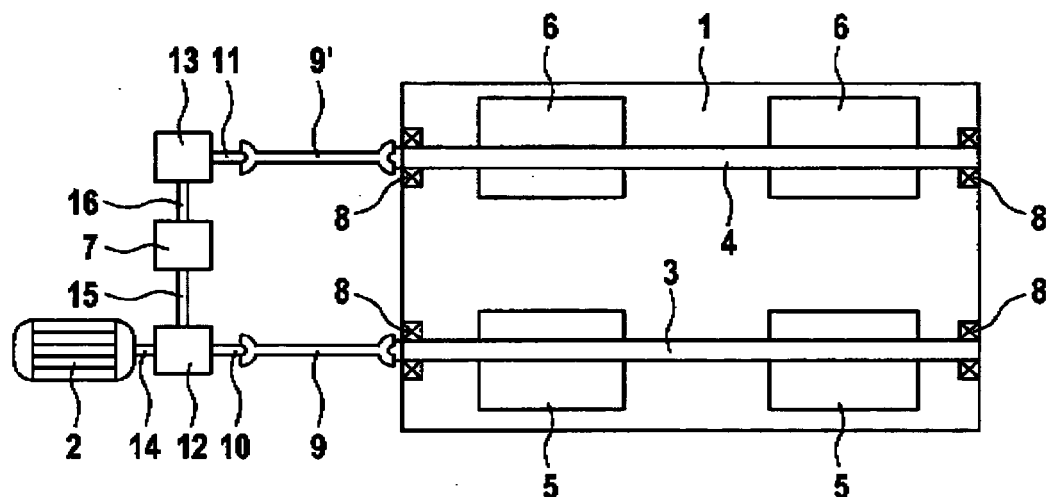
(74) Vertreter: **Patentanwaltskanzlei Methling**
Kaninenberghöhe 50
45136 Essen (DE)

(54) **REGELBARE SIEBMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine regelbare Siebmachine umfassend zumindest einen Siebkasten (1) und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten (1) in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen (3, 4) mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse (5, 6) an-

treibt, wobei die Antriebseinheit eine Verstelleinrichtung aufweist, mittels derer die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen (3, 4) insbesondere während des Betriebs der Siebmachine zueinander veränderbar und festlegbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer regelbaren Siebmachine.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine regelbare Siebmaschine umfassend zumindest einen Siebkasten und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse antreibt.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer solchen regelbaren Siebmaschine.

[0003] Aus DE 23 565 42 C2 ist ein schwingungserzeugender Antrieb für Siebmaschinen mit ellipsenförmigen Schwingungen bekannt. Ein Siebkasten mit Siebboden ist hierbei über Federn mit einem Fundament verbunden. Die Siebmaschine verfügt hierbei über drei Kreisschwingungserzeuger, auch Wuchtantriebe genannt, bei denen jeweils eine Unwucht mit einem rotierenden Antrieb verbunden ist, so dass beim Betrieb Fliehkräfte als Resultierende wirken. Zwei identische Kreisschwingungserzeuger sind so gegenläufig montiert, so dass die Unwucht in eine Richtung stets parallel und in einer hierzu senkrechten Richtung gegenläufig bewegt wird. Hierdurch eliminieren sich die resultierenden Kräfte in eine Richtung und verstärken sich die Kräfte in die dazu senkrechte Richtung. Daraus resultiert eine Linearschwingung. Ein dritter Kreisschwingungserzeuger erzeugt mit seiner Unwucht eine Kreisschwingung.

[0004] Durch die Überlagerung der Linearschwingung mit der Kreisschwingung entsteht eine ellipsenförmige Schwingung, wobei sowohl die Masse der Unwuchten, als auch die Frequenz der beiden unterschiedlichen Schwingungen die resultierende ellipsenförmige Schwingung beeinflussen, so dass sich die Ellipse durch entsprechende Veränderungen individuell anpassen lässt. Damit der gesamte Siebkasten in gleicher Form und gleicher Richtung schwingt, sollten die Resultierenden aller Kräfte durch den Schwerpunkt des Siebkastens verlaufen.

[0005] DE 7811967 U1 zeigt einen Antrieb für eine Schwingmaschine, bei welcher zwei Kreisschwingungserreger mit gleicher Drehzahl synchron und gegenläufig mit unterschiedlichen Unwuchtgewichten laufen. Die Unwuchtgewichte laufen auf zwei Wellen, welche über Gelenkwellen und ein Getriebe miteinander verbunden sind. Der Antriebsmotor und das Getriebe schwingen bei diesem Aufbau nicht mit dem Siebkasten.

[0006] Die Montage der beiden Kreisschwingungserzeuger führen zur Richtung der Linearbewegung und somit auch zur Ellipsenneigung. Eine Veränderung der Ellipsenneigung bedingt eine mechanische Veränderung der Wellenpositionen, was gemäß dem Stand der Technik nur im Stillstand möglich ist.

[0007] Die Anordnung zweier gleichsinnig drehender Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse führt resultierend zu einer kreisförmigen Schwingung. Eine identische Phasenlage der beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse führt dabei zu einer maximalen Amplitude der Kreisschwingung. Umgekehrt führt eine Phasenverschiebung von 180° zu einer minimalen Amplitude der Kreisschwingung, im Fall identischer Unwuchtmassen zu einer Aufhebung.

[0008] Eine Verstellung der relativen Phasenlage ist bei den bekannten Siebmaschinen aus verfahrenstechnischen Gründen nur im Stillstand der Maschine auf mechanischem Wege beispielsweise durch Versetzen der Wellenpositionen zueinander möglich. Das Versetzen der Wellenposition (Drehwinkel) nennt man auch Phasenverschiebung. Dabei ist eine Verstellung nur schrittweise aufgrund der durch die Zähne der Zahnräder vorgegebenen Teilung und/oder abhängig von der Teilung der Passstücke möglich. Nachteilig ist dabei, dass diese Maßnahmen nur im Stillstand der Maschine durchgeführt werden können.

[0009] Hiervon ausgehend, ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Siebmaschine und ein Verfahren zum Betrieb einer Siebmaschine bereitzustellen, wobei eine insbesondere stufenlose Verstellung der Amplitude der Schwingung insbesondere auch während des Betriebs ermöglicht ist.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine Siebmaschine gemäß Anspruch 1 sowie das Verfahren gemäß Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Besonders vorteilhaft bei der regelbaren Siebmaschine umfassend zumindest einen Siebkasten und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse antreibt, ist es, dass die Antriebseinheit eine Verstelleinrichtung aufweist, mittels derer die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen insbesondere während des Betriebs der Siebmaschine zueinander veränderbar und festlegbar ist.

[0012] Durch die Anordnung einer Verstelleinrichtung kann somit die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen zueinander sowohl bei Stillstand der Siebmaschine als auch während des Betriebes der Siebmaschine verändert und festgelegt werden, ist also variabel. Durch die Veränderung der relativen Phasenlage der beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse wird die Amplitude der resultierenden Kreisschwingung beeinflusst. Eine identische Phasenlage der beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse führt dabei zu einer maximalen Amplitude der resultierenden Kreisschwingung. Umgekehrt führt eine Phasenverschiebung von 180° der beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse zu einer minimalen Amplitude der Kreisschwingung, im Fall identischer Unwuchtmassen zu einer Aufhebung. In der nachfolgenden Tabelle sind beispielhaft verschiedene Kombinationen der beiden Unwuchtmassen und der hieraus resultierende Verstellbereich der resultierenden Schwingung angegeben;

Tabelle 1: Kombinationen von Unwuchtmassen und Verstellbereich der resultierenden Schwingung

Kombinationen von Unwuchtmassen	Verstellbereich der resultierenden Schwingung
6 - 6	0 bis 12
4 - 6	2 bis 10
3 - 6	3 bis 9
2 - 6	4 bis 8

[0013] Vorzugsweise sind die beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse in der Nähe des Maschinenschwerpunktes angeordnet. Mit dem Begriff der Nähe zum Maschinenschwerpunkt der Siebmaschine ist dabei vorzugsweise der Bereich bezeichnet, der einem Viertel der Längserstreckung der Siebmaschine ausgehend vom Maschinenschwerpunkt in Richtung des jeweiligen Endes der Siebmaschine in deren Längserstreckung entspricht.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Antriebseinheit zumindest zwei regelbare Antriebsmotoren auf, die jeweils eine der beiden gleichsinnig drehenden Antriebswellen antreiben, wobei die Antriebseinheit eine Steuereinheit zur Regelung und/oder Steuerung der Antriebsmotoren aufweist, sodass die Verstelleinrichtung durch die Steuereinheit gebildet wird.

[0015] In diesem Fall sind zumindest zwei regelbare Antriebsmotoren angeordnet. Jeder der Antriebsmotoren triebt jeweils eine der beiden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse an. Durch die Anordnung einer Steuereinheit zur Regelung und/oder Steuerung der Antriebsmotoren können beide Antriebsmotoren geregelt und/oder gesteuert und hierdurch die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen insbesondere während des Betriebs der Siebmaschine zueinander verändert und festgelegt werden. Bei einer Regelung erfolgt dabei die Betätigung der Antriebsmotoren innerhalb eines geschlossenen Regelkreises in Abhängigkeit ermittelter Messwerte. Bei einer Steuerung erfolgt dabei die Betätigung der Antriebsmotoren innerhalb eines offenen Regelkreises.

[0016] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Antriebseinheit einen Antriebsmotor auf, welcher zumindest die beiden gleichsinnig drehenden Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse antreibt, indem der Antriebsmotor die erste Antriebswelle als Hauptwelle antreibt und die zweite Antriebswelle als Nebenwelle über eine kinematische Kette mit der Hauptwelle gekoppelt ist, wobei die kinematische Kette ein Verstellelement aufweist, mittels dessen die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle veränderbar und festlegbar ist.

[0017] In diesem Fall bildet das Verstellelement in der kinematischen Kette die Verstelleinrichtung der Antriebseinheit.

[0018] Mit dem Begriff der kinematischen Kette ist dabei gemeint, dass die Hauptwelle und die Nebenwelle insofern miteinander gekoppelt sind, dass ein Verdrehen der Hauptwelle gleichzeitig ein gleichsinniges und insbesondere synchrones Verdrehen der Nebenwelle bewirkt, die Hauptwelle und die Nebenwelle somit kinematisch gekoppelt sind. Erfindungsgemäß kann in diese kinematische Kette ein Verstellelement integriert sein, mittels dessen die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle veränderbar und festlegbar ist.

[0019] Durch die Veränderung der relativen Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle wird gleichzeitig die relative Phasenlage der beiden Unwuchtmassen zueinander verändert und hierdurch die Amplitude der resultierenden Kreisschwingung der Schwingungserregung des Siebkastens verändert. Durch das in die kinematische Kette integrierte Verstellelement kann somit die Schwingungsweite der Schwingungserregung verändert und den Anforderungen angepasst werden.

[0020] Vorzugsweise ist das Verstellelement durch eine Kupplung, insbesondere eine Reibkupplung oder eine Klauenkupplung, und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe gebildet. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Verstellelement durch ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe gebildet ist.

[0021] Es lässt sich somit mittels des Drehzahlüberlagerungsgetriebes die Phasenlage der Rotation der beiden Antriebswellen zueinander verändern. Je nach Ausgestaltung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes besteht ferner die Möglichkeit, mittels des Drehzahlüberlagerungsgetriebes das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit der beiden Antriebswellen zu verändern, so dass sich beide Wellen sowohl mit gleicher Drehzahl, als auch mit unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit drehen können.

[0022] Durch die Verstellung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes lässt sich erfindungsgemäß die resultierende Kreisschwingung der Siebmaschine hinsichtlich der Amplitude der Schwingung verändern.

[0023] Die Verstellung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes kann sowohl mechanisch, als auch elektronisch erfolgen. Bei einer mechanischen Verstellung wird beispielsweise bei einem Planetengetriebe das Außensonnenrad angehalten, frei laufen gelassen oder durch einen Bremsengriff gebremst bewegt. Bei einem Reibradgetriebe mit Kegelrad wird die Position der beiden Räder zueinander verändert, wodurch das Übersetzungsverhältnis verändert wird. Bei einer elektronischen Verstellung erfolgt diese mit Hilfe von Sensoren und Aktoren.

[0024] Die Verstellung kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowohl während des Betriebs, als auch im Still-

stand erfolgen.

[0025] Bevorzugt ist das Verstellelement durch ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe gebildet, welches zu einem veränderbaren Getriebeteil ein zusätzliches, festes Übersetzungsverhältnis enthält. So kann das Drehzahlüberlagerungsgetriebe zusätzlich zum veränderbaren Getriebeteil ein zusätzliches, festes Übersetzungsverhältnis enthalten. Kann der veränderbare Getriebeteil die Ausgangsdrehzahl lediglich drosseln, so ermöglicht die feste Übersetzung, dass in der Summe die Ausgangsdrehzahl auch größer als die Eingangs-drehzahl sein kann.

[0026] In dem Fall, dass das das Verstellelement durch ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe gebildet ist, kann das Drehzahlüberlagerungsgetriebe insbesondere ein Planetengetriebe und/oder ein Schneckenradgetriebe und/oder ein Reibradgetriebe mit Kegelrad sein.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die kinematische Kette zwischen der Hauptwelle und der Nebenwelle zumindest ein Wendegetriebe und/oder zumindest ein Vorgelegegetriebe auf. Durch die Anordnung eines oder mehrerer Wendegetriebe und/oder eines Vorgelegegetriebes wird die gleichsinnige und synchrone Drehung der Nebenwelle mit der Hauptwelle gewährleistet.

[0028] Vorzugsweise sind die Antriebseinheit mit Antriebsmotor/en und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe und/oder optionale weitere Getriebe mit den dazugehörigen Wellen zum Antrieb der zwei gegenläufig drehenden Antriebswellen ganz oder teilweise mit dem Siebkasten starr gekoppelt oder von dem Siebkasten entkoppelt.

[0029] Die Antriebseinheit aus Antriebsmotor/en, Drehzahlüberlagerungsgetriebe, optionalen weiteren Getrieben und den dazugehörigen Wellen zum Antrieb der zwei gleichsinnig drehenden Antriebswellen kann vollständig oder teilweise von dem Siebkasten entkoppelt sein. Kardanwellen ermöglichen dann beispielsweise die Krafteinleitung von den feststehenden Bauteilen auf die schwingenden Teile. Alternativ kann die Antriebseinheit ganz oder partiell mit dem Siebkasten verbunden sein und somit mit der Kreisschwingung mitschwingen.

[0030] Bevorzugt verfügen die beiden Antriebswellen und/oder eine Verstellwelle eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes jeweils über einen Inkrementalgeber zur Erfassung der Winkeländerungen der beiden Antriebswellen oder einer Verstellwelle, wobei der oder die Antriebsmotor/en und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe in der kinematischen Kette zwischen den beiden Antriebswellen in Abhängigkeit der Signale des/der Inkrementalgeber/s gesteuert oder geregelt wird. Mittels derartiger Inkrementalgeber kann somit die relative Winkellage der beiden Antriebswellen zueinander detektiert werden. Die Antriebsmotoren und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe und damit die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle kann/können somit in Abhängigkeit der mittels des/der Inkrementalgeber erfassten

~~Winkellagen der Antriebswellen und/oder der Verstellwelle des~~

Drehzahlüberlagerungsgetriebes in einem offenen Regelkreis gesteuert oder alternativ in einem geschlossenen Regelkreis geregelt werden.

[0031] Die Unwuchtmassen der beiden gleichsinnig drehenden Antriebswellen können identisch oder unterschiedlich sein. Hieraus resultierende Verstellbereiche sind in obiger Tabelle 1 beispielhaft angegeben.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform weist/weisen der/die Antriebsmotor/en eine Steuerung, insbesondere jeweils mit einem Frequenzumrichter, auf, mittels derer die Drehzahl der beiden Antriebswellen gesteuert oder geregelt wird. Die Drehzahl der beiden Antriebswellen kann somit in einem offenen Regelkreis gesteuert oder alternativ in einem geschlossenen Regelkreis geregelt werden.

[0033] Vorzugsweise weist die Siebmaschine einen Servomotor auf, mittels dessen ein Verstellelement zur Veränderung und Einstellung der relativen Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle betätigt wird. Die Veränderung und Einstellung der relativen Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle kann dabei bei laufender Siebmaschine und/oder bei Stillstand der Siebmaschine erfolgen.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Siebmaschine zumindest eine oder zwei weitere gegensinnig zu den beiden Antriebswellen drehende Unwuchtwelle/n mit zumindest jeweils einer Unwuchtmasse auf, wobei die Unwuchtwelle/n über Getriebe kinematisch mit einer oder beiden Antriebswellen gekoppelt sind oder mittels eines oder mehrerer weiterer Antriebsmotoren angetrieben ist/sind.

[0035] Die Anordnung einer dritten Unwuchtwelle, die gegenläufig zu den beiden Antriebswellen dreht, führt resultierend zu einer elliptischen Schwingung der Siebmaschine. Durch die erfindungsgemäße Verstellbarkeit kann dabei die Breite und die Länge der resultierenden Ellipse sowie der Anstellwinkel der Ellipse eingestellt werden. Mit dem Anstellwinkel der Ellipse ist der Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen den beiden Ellipsenbrennpunkten gegenüber dem Siebkasten gemeint. In dem Fall, dass die Breite der Ellipse gleich der Länge der Ellipse ist, handelt es sich wiederum um eine Kreisschwingung.

[0036] Ferner kann zusätzlich zu einer dritten Unwuchtwelle, die gegenläufig zu den beiden Antriebswellen dreht, eine weitere, eine vierte Unwuchtwelle, die ebenfalls gegenläufig zu den beiden Antriebswellen dreht, angeordnet werden. Durch die Anordnung einer vierten Unwuchtwelle kann als resultierende Schwingung ein idealer Kreis realisiert werden.

[0037] Besonders vorteilhaft bei dem Verfahren zum Betrieb einer regelbaren Siebmaschine umfassend zumindest einen Siebkasten und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse antreibt, ist es, dass mittels einer Verstelleinrichtung insbesondere während des Betriebes der Siebmaschine die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen zueinander veränderbar und festlegbar ist.

[0038] Vorzugsweise weist die Antriebseinheit einen Antriebsmotor auf, wobei der Antriebsmotor die erste Antriebswelle als Hauptwelle antreibt und die zweite Antriebswelle als Nebenwelle über eine kinematische Kette mit der Hauptwelle gekoppelt ist, wobei mittels eines Verstellelementes in der kinematischen Kette die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle veränderbar und festlegbar ist.

[0039] Mit dem Begriff der kinematischen Kette ist dabei gemeint, dass die Hauptwelle und die Nebenwelle insofern miteinander gekoppelt sind, dass ein Verdrehen der Hauptwelle gleichzeitig ein gleichsinniges und insbesondere synchrones Verdrehen der Nebenwelle bewirkt, die Hauptwelle und die Nebenwelle somit kinematisch gekoppelt sind. Erfindungsgemäß ist in diese kinematische Kette ein Verstellelement integriert, mittels dessen die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle veränderbar und festlegbar ist.

[0040] Durch die Veränderung der relativen Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle wird gleichzeitig die relative Phasenlage der beiden Unwuchtmassen zueinander verändert und hierdurch die Amplitude der resultierenden Kreisschwingung der Schwingungserregung des Siebkastens verändert. Durch das in die kinematische Kette integrierte Verstellelement kann somit die Amplitude der Schwingungserregung, also die Schwingungsweite verändert und den Anforderungen angepasst werden.

[0041] Eine Verkleinerung der Schwingungsweite entsprechend einer Verkleinerung der Amplitude der resultierenden Kreisschwingung führt dabei zu einer Energieeinsparung durch eine geringere Leistungsaufnahme der Antriebseinheit der Siebmaschine. Hierdurch kann der Betrieb der Siebmaschine in vorteilhafter Weise den jeweiligen Anforderungen bei der Aufbereitung des Siebgutes angepasst werden.

[0042] Vorzugsweise ist die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle mittels einer Kupplung, insbesondere einer Reibkupplung oder einer Klauenkupplung, und/oder mittels eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes veränderbar und festlegbar.

[0043] Besonders bevorzugt ist die relative Phasenlage der Rotation der beiden Antriebswellen mittels eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes in der kinematischen Kette veränderbar.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Verhältnis der Drehgeschwindigkeiten der beiden Antriebswellen mittels eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes in der kinematischen Kette veränderbar und festlegbar.

[0045] Es lässt sich somit mittels des Drehzahlüberlagerungsgetriebes die Phasenlage der Rotation der beiden Antriebswellen zueinander verändern. Je nach Ausgestaltung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes besteht ferner die Möglichkeit, mittels des Drehzahlüberlagerungsgetriebes das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit der beiden Antriebswellen zu verändern, so dass sich beide Wellen sowohl mit gleicher Drehzahl, als auch mit unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit drehen können.

[0046] Durch die Verstellung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes lässt sich erfindungsgemäß die Kreisschwingung der Siebmaschine hinsichtlich der Amplitude der Schwingung, also der Schwingungsweite verändern.

[0047] Die Verstellung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes kann sowohl mechanisch, als auch elektronisch erfolgen. Bei einer mechanischen Verstellung wird beispielsweise bei einem Planetengetriebe das Außensonnenrad angehalten, frei laufen gelassen oder durch einen Bremseneingriff gebremst bewegt. Bei einem Reibradgetriebe mit Kegelrad wird die Position der beiden Räder zueinander verändert, wodurch das Übersetzungsverhältnis verändert wird. Bei einer elektronischen Verstellung erfolgt diese mit Hilfe von Sensoren und Aktoren.

[0048] Die Verstellung kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowohl während des Betriebs, als auch im Stillstand erfolgen.

[0049] Ferner können die beiden Antriebswellen und/oder eine Verstellwelle eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes jeweils über zumindest einen Inkrementalgeber zur Erfassung der Winkeländerungen der beiden Antriebswellen und/oder der Verstellwelle verfügen, wobei Antriebsmotoren und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe in der kinematischen Kette in Abhängigkeit der Signale des/der Inkrementalgeber/s gesteuert oder geregelt wird/werden.

[0050] Vorzugsweise verfügen somit die beiden Antriebswellen und/oder eine Verstellwelle eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes jeweils über zumindest einen Inkrementalgeber zur Erfassung der Winkeländerungen der beiden Antriebswellen und/oder der Verstellwelle, wobei ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe in der kinematischen Kette in Abhängigkeit des/der Signale der Inkrementalgeber/s gesteuert oder geregelt wird.

[0051] Mittels derartiger Inkrementalgeber kann somit die relative Winkellage der beiden Antriebswellen zueinander und/oder der Verstellwelle des Drehzahlüberlagerungsgetriebes detektiert werden. Das Drehzahlüberlagerungsgetriebe und damit die relative Phasenlage der Nebenwelle gegenüber der Hauptwelle kann somit in Abhängigkeit der mittels der Inkrementalgeber erfassten Winkellagen der Antriebswellen und/oder der Verstellwelle des Drehzahlüberlagerungsgetriebes in einem offenen Regelkreis gesteuert oder alternativ in einem geschlossenen Regelkreis geregelt werden.

[0052] Die Unwuchtmassen der beiden Antriebswellen können dabei wie erwähnt identisch oder unterschiedlich sein.

[0053] In einer bevorzugten Ausführungsform weist/weisen der/die Antriebsmotor/en eine Steuerung, insbesondere jeweils mit einem Frequenzumrichter, auf, mittels derer die Drehzahl der beiden Antriebswellen gesteuert oder geregelt wird. Die Drehzahl der beiden Antriebswellen kann somit in einem offenen Regelkreis gesteuert oder alternativ in einem geschlossenen Regelkreis geregelt werden.

[0054] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren dargestellt und wird nachfolgend erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Eine perspektivische Ansicht der Hauptwelle und Nebenwelle mit der kinematischen Kette einer Siebmaschine;

Fig. 2 die Siebmaschine von oben sowie

Fig. 3 die Siebmaschine nach Figur 2 in der Seitenansicht.

[0055] Die Darstellung in den Figuren ist rein schematisch und nicht maßstabsgerecht. Gleiche Bauteile sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0056] Die Figuren zeigen eine regelbare Siebmaschine mit einem Siebkasten 1, der über Federn 17 mit einem Fundament verbunden ist und mit dem über Lager 8 zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen 3, 4 verbunden sind. Jede der beiden Antriebswellen 3, 4 weist jeweils zwei Unwuchtmassen 5, 6 auf. Die Unwuchtmassen 5 der ersten Antriebswelle 3 und die Unwuchtmassen 6 der zweiten Antriebswelle 4 sind betragsmäßig identisch. Der Schwerpunkt der Unwuchtmassen 5, 6 befindet sich jeweils abseits der Drehachse der dazugehörigen Antriebswellen 3, 4.

[0057] Die erste Antriebswelle 3 ist über eine Kardanwelle 9 mit der Hauptwelle 10 verbunden, während die zweite Antriebswelle 4 über eine andere Kardanwelle 9' mit der Nebenwelle 11 verbunden ist. Die Hauptwelle 10 führt zu einem Verteilergetriebe 12, welches ferner mit einer Motorwelle 14 sowie einer ersten Verbindungswelle 15 verbunden ist. Die Motorwelle 14 ist auf der dem Verteilergetriebe 12 abgewandten Seite mit einem Antriebsmotor 2 verbunden. Die Nebenwelle 11 führt zu einem Umlenkgetriebe 13, welches die Nebenwelle 11 rechtwinklig mit einer zweiten Verbindungswelle 16 verbindet. Die erste und zweite Verbindungswelle 15, 16 münden beide in ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe 7. Die Getriebearordnung zwischen der Hauptwelle 10 und der Nebenwelle 11 bildet eine kinematische Kette, welche die beiden Wellen miteinander koppelt und ein gleichsinniges und synchrones Drehen der Hauptwelle 10 und der Nebenwelle 11 bewirken.

[0058] Im Betrieb treibt der Antriebsmotor 2 die Motorwelle 14 an, welche im Verteilergetriebe 12 die Rotation auf die Hauptwelle 10 sowie die erste Verbindungswelle 15 weitergibt. Die Hauptwelle 10 treibt über die erste Kardanwelle 9 die erste Antriebswelle 3 an, welche die mit ihr kombinierten Unwuchtmassen 5 in Rotation versetzt und damit über die Lager 8 eine erste Kraft auf den Siebkasten 1 ausübt.

[0059] Die Rotation der ersten Verbindungswelle 15 kann in dem Drehzahlüberlagerungsgetriebe 7 verändert werden, so dass die zweite Verbindungswelle 16 mit gleicher oder veränderter Phasenlage in Bezug auf die erste Verbindungswelle 15 rotiert. Im Umlenkgetriebe 13 wird die Rotation rechtwinklig auf die Nebenwelle 11 umgelenkt, um über die zweite Kardanwelle 9 die zweite Antriebswelle 4 anzutreiben. Hierdurch werden die mit der zweiten Antriebswelle 4 kombinierten Unwuchtmassen 6 in Rotation versetzt und damit über die Lager 8 eine zweite Kraft auf den Siebkasten 1 ausübt.

[0060] Die beiden Antriebswellen 3, 4 laufen synchron in gleichsinniger Drehrichtung. Die beiden Kräfte ergeben durch ihre Überlagerung eine resultierende kreisförmige Schwingung des Siebkastens 1. Der Siebkasten 1 ist gegenüber der Horizontalen geneigt. Die Darstellung in den Figuren ist somit rein schematisch. Durch die Neigung des Siebkastens 1 gegenüber der Horizontalen und die Amplitude der resultierenden Kreisschwingung wird der Vorschub des Siebgutes beeinflusst.

[0061] Die Amplitude der resultierenden Kreisschwingung lässt sich mittels des Drehzahlüberlagerungsgetriebes 7 verändern, indem die Phasenlage der Rotation ersten Verbindungswelle 15 relativ zur zweiten Verbindungswelle 16 und somit der beiden Antriebswellen 3, 4 verändert wird.

[0062] Ferner ist in der Figur 1 die Verstellwelle 7' des Drehzahlüberlagerungsgetriebes 7 erkennbar. Die Verstellwelle 7' bildet den Anschluss für ein Rändelrad und/oder einen Servomotor und/oder einen Getriebemotor mit Inkrementalgeber zur Verstellung des Drehzahlüberlagerungsgetriebes 7.

[0063] Die Verstellung der Phase kann sowohl mechanisch, als auch elektronisch oder in Kombination erfolgen. Hierbei kann die Verstellung während des Betriebs oder im Stillstand erfolgen.

[0064] In einer optionalen Ausgestaltung der Erfindung enthält das Drehzahlüberlagerungsgetriebe 7 zum veränderbaren Getriebeteil ein zusätzliches, festes Übersetzungsverhältnis.

[0065] Die beiden Antriebswellen 3, 4 verfügen jeweils über Inkrementalgeber zur Erfassung der Winkeländerungen der beiden Antriebswellen 3, 4. Hierdurch kann das Drehzahlüberlagerungsgetriebe 7 in Abhängigkeit der Signale der Inkrementalgeber in einem geschlossenen Regelkreis geregelt werden.

[0066] Zusätzlich zur Verstellung der relativen Phasenlage der beiden Antriebswellen 3, 4 zueinander kann durch eine Variation der Drehzahl des Antriebsmotors 2 die Amplitude der Schwingung verändert werden. Mit der Erhöhung der Drehzahl nimmt die Schwingweite zu, während kleinere Drehzahlen kleinere Schwingweiten verursachen.

Bezugszeichenliste**[0067]**

5	1	Siebkasten
	2	Antriebsmotor
	3	erste Antriebswelle
	4	zweite Antriebswelle
	5	Unwuchtmasse
10	6	Unwuchtmasse
	7	Drehzahlüberlagerungsgetriebe
	7'	Verstellwelle
	8	Lager
	9, 9'	Kardanwelle
15	10	Hauptwelle
	11	Nebenwelle
	12	Verteilergetriebe
	13	Umlenkgetriebe
	14	Motorwelle
20	15	erste Verbindungswelle
	16	zweite Verbindungswelle
	17	Feder

25 Patentansprüche

1. Regelbare Siebmaschine umfassend zumindest einen Siebkasten (1) und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten (1) in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen (3, 4) mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse (5, 6) antreibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit eine Verstelleinrichtung aufweist, mittels derer die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen (3, 4) insbesondere während des Betriebs der Siebmaschine zueinander veränderbar und festlegbar ist.
2. Siebmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit zumindest zwei regelbare Antriebsmotoren aufweist, die jeweils eine der beiden gleichsinnig drehenden Antriebswellen (3, 4) antreiben, wobei die Antriebseinheit eine Steuereinheit zur Regelung und/oder Steuerung der Antriebsmotoren aufweist, sodass die Verstelleinrichtung durch die Steuereinheit gebildet wird.
3. Siebmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit einen Antriebsmotor (2) aufweist, welcher zumindest die beiden gleichsinnig drehende Antriebswellen (3, 4) antreibt, indem der Antriebsmotor (2) die erste Antriebswelle (3) als Hauptwelle (10) antreibt und die zweite Antriebswelle (4) als Nebenwelle (11) über eine kinematische Kette mit der Hauptwelle (10) gekoppelt ist, wobei die kinematische Kette ein Verstellelement aufweist, mittels dessen die relative Phasenlage der Nebenwelle (11) gegenüber der Hauptwelle (10) veränderbar und festlegbar ist.
4. Siebmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstellelement durch eine Kupplung, insbesondere eine Reibkupplung oder eine Klauenkupplung, und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) gebildet ist.
5. Siebmaschine nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstellelement durch ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) gebildet ist, welches zu einem veränderbaren Getriebeteil ein zusätzliches, festes Übersetzungsverhältnis enthält.
6. Siebmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstellelement durch ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) gebildet ist, wobei das Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) ein Planetengetriebe und/oder ein Schneckenradgetriebe und/oder ein Reibradgetriebe mit Kegelrad ist.
7. Siebmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kinematische Kette zwischen der Hauptwelle (10) und der Nebenwelle (11) zumindest ein Wendegetriebe und/oder zumindest ein Vorgelegege-

triebe aufweist.

8. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit mit Antriebsmotor/en (2) und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) und/oder optionale weitere Getriebe (12, 13) mit den dazugehörigen Wellen (3, 4, 10, 11, 14, 15, 16) zum Antrieb der zwei Antriebswellen (3, 4) ganz oder teilweise mit dem Siebkasten (1) starr gekoppelt oder von dem Siebkasten (1) entkoppelt sind.
9. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Antriebswellen (3, 4) und/oder eine Verstellwelle (7') eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes (7) jeweils über zumindest einen Inkrementalgeber zur Erfassung der Winkeländerungen der beiden Antriebswellen (3, 4) und/oder einer Verstellwelle (7') verfügen und dass der oder die Antriebsmotor/en (2) und/oder ein Drehzahlüberlagerungsgetriebe (7) in der kinematischen Kette in Abhängigkeit der Signale des/der Inkrementalgeber/s gesteuert oder geregelt wird.
10. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unwuchtmassen (5, 6) der beiden Antriebswellen (3, 4) identisch oder unterschiedlich sind.
11. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Antriebsmotor/en (2) eine Steuerung, insbesondere mit jeweils einem Frequenzumrichter aufweist, mittels derer die Drehzahl der beiden Antriebswellen (3, 4) gesteuert oder geregelt wird.
12. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Siebmaschine einen Servomotor aufweist, mittels dessen ein Verstellelement zur Veränderung und Einstellung der relativen Phasenlage der Nebenwelle (11) gegenüber der Hauptwelle (10) betätigt wird.
13. Siebmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Siebmaschine zumindest eine oder zwei weitere gegensinnig zu den beiden Antriebswellen drehende Unwuchtwelle/n mit zumindest jeweils einer Unwuchtmasse aufweist, wobei die Unwuchtwelle/n über Getriebe kinematisch mit einer oder beiden Antriebswellen gekoppelt sind oder mittels eines oder mehrerer weiterer Antriebsmotoren angetrieben ist/sind.
14. Verfahren zum Betrieb einer regelbaren Siebmaschine umfassend zumindest einen Siebkasten (1) und eine Antriebseinheit, mittels derer der Siebkasten (1) in Schwingungen versetzbar ist, indem die Antriebseinheit zumindest zwei gleichsinnig drehende Antriebswellen (3, 4) mit jeweils mindestens einer Unwuchtmasse (5, 6) antreibt, insbesondere nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Verstelleinrichtung insbesondere während des Betriebes der Siebmaschine die relative Phasenlage der beiden Antriebswellen (3, 4) zueinander veränderbar und festlegbar ist.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit einen Antriebsmotor (2) aufweist, wobei der Antriebsmotor (2) die erste Antriebswelle (3) als Hauptwelle (10) antreibt und die zweite Antriebswelle (4) als Nebenwelle (11) über eine kinematische Kette mit der Hauptwelle (10) gekoppelt ist, wobei die relative Phasenlage der Nebenwelle (11) gegenüber der Hauptwelle (10) mittels einer Kupplung, insbesondere einer Reibkupplung oder einer Klauenkupplung, und/oder mittels eines Drehzahlüberlagerungsgetriebes (7) in der kinematischen Kette veränderbar und festlegbar ist.

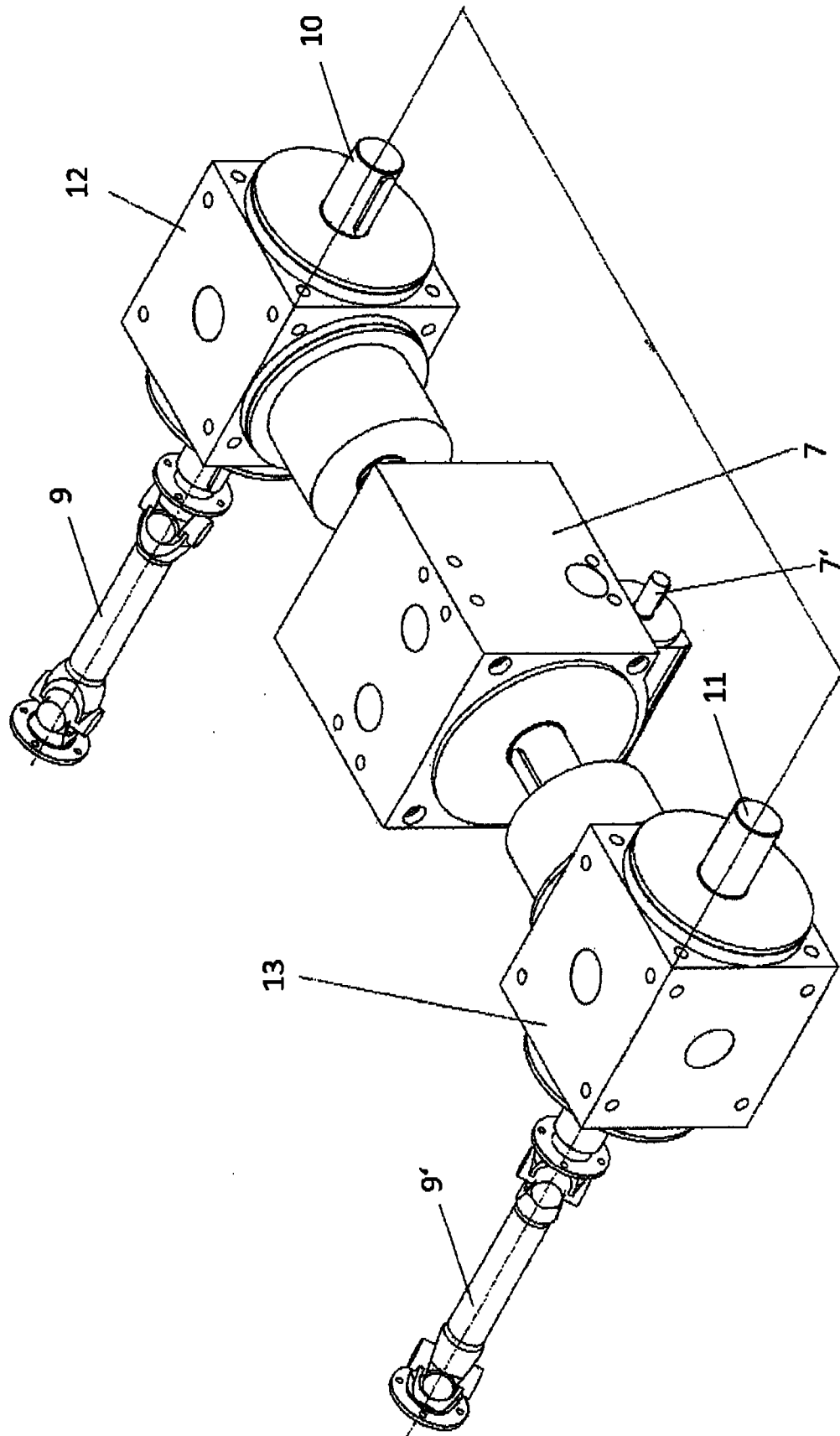


Fig. 1

Fig. 2

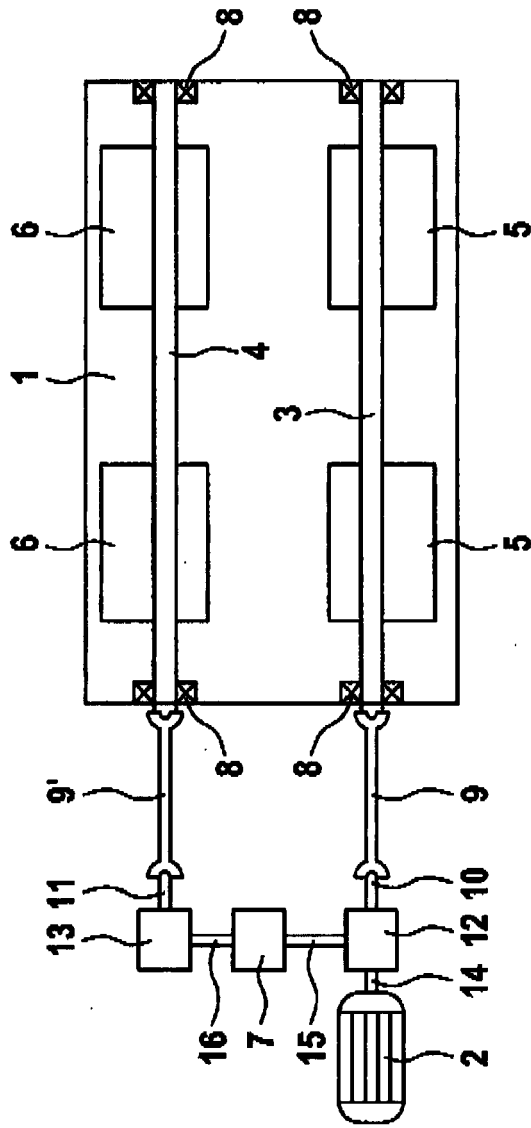
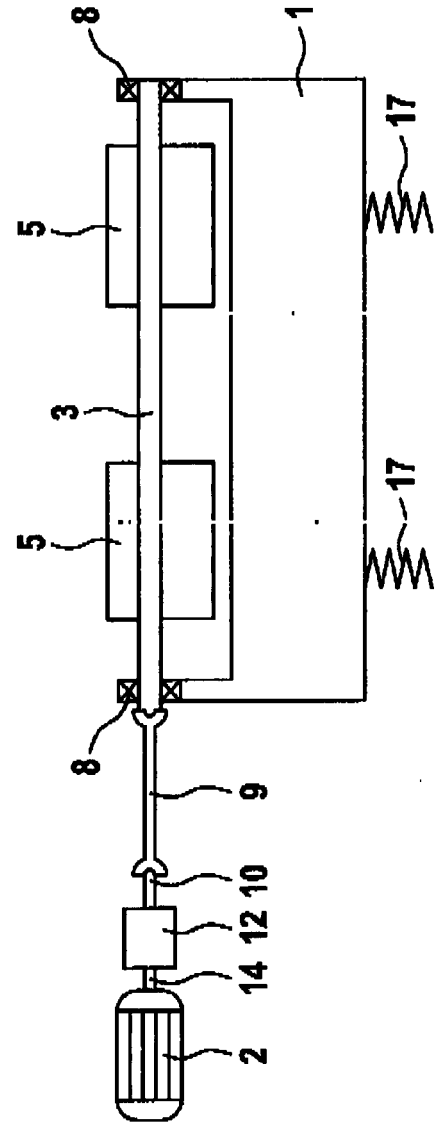


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 00 0398

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2016/139632 A1 (METSO MINERALS SAS [FR]) 9. September 2016 (2016-09-09) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-3, 6, 9; Abbildungen * * Seite 8, Zeile 8 - Seite 12, Zeile 9 *	1,3-6, 8-11, 13-15	INV. B07B1/28 B07B1/44 B06B1/16
X	WO 2014/066893 A1 (MI LLC [US]) 1. Mai 2014 (2014-05-01) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-5, 13-16; Abbildungen *	1,2,8-14	
A	* Absatz [0029] - Absatz [0031] * * Absatz [0065] - Absatz [0067] * * Absatz [0073] - Absatz [0076] *	3-7,15	
X	WO 2019/072741 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 18. April 2019 (2019-04-18) * Zusammenfassung; Ansprüche 1, 9-11; Abbildungen *	1,2,8-14	
A		3-7,15	
X	DE 20 2014 008855 U1 (BINDER CO AG [AT]) 19. November 2014 (2014-11-19) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absatz [0001] * * Absatz [0003] - Absatz [0009] * * Absatz [0030] - Absatz [0031] * * Absatz [0042] - Absatz [0048] *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B07B B06B B65G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 6. März 2020	Prüfer Kosicki, Tobias
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 00 0398

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-03-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2016139632 A1	09-09-2016	AU 2016227370 A1 CA 2977323 A1 EP 3265246 A1 FR 3033270 A1 US 2018043396 A1 WO 2016139632 A1	14-09-2017 09-09-2016 10-01-2018 09-09-2016 15-02-2018 09-09-2016
20	WO 2014066893 A1	01-05-2014	BR 112015009409 A2 CA 2889626 A1 GB 2521795 A MX 357298 B NO 342872 B1 US 2015283581 A1 WO 2014066893 A1	04-07-2017 01-05-2014 01-07-2015 03-07-2018 20-08-2018 08-10-2015 01-05-2014
25	WO 2019072741 A1	18-04-2019	LU 100478 B1 WO 2019072741 A1	22-05-2019 18-04-2019
30	DE 202014008855 U1	19-11-2014	AT 14201 U1 CN 203991284 U DE 202014008855 U1	15-05-2015 10-12-2014 19-11-2014
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 2356542 C2 [0003]
- DE 7811967 U1 [0005]