



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.11.2015 Patentblatt 2015/46

(51) Int Cl.:
B02C 4/42 (2006.01) B02C 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14167575.1**

(22) Anmeldetag: **08.05.2014**

(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

(71) Anmelder: **ABB Technology AG**
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• **Pischtschan, Martin**
5413 Birmenstorf (CH)
• **Hirt, Hans-Ulrich**
5732 Zetzwil (CH)

(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys**
C/o ABB Schweiz AG
Intellectual Property (CH-LC/IP)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden (CH)

(54) **Walzenmühle und Verfahren zur Steuerung einer Walzenmühle**

(57) Gegenstand der Erfindung ist eine Walzenmühle umfassend zwei parallel angeordnete, gegeneinandergepresste und gegenläufig rotierende Walzen (1,1'), wobei eine der Walzen (1') orthogonal zur axialen Richtung dieser Walze (1') verschiebbar ist, zwei Antriebe, welche Antriebe je einer der beiden Walzen (1,1') zugeordnet sind und je einen Elektromotor (2,2') aufweisen, und eine Steuereinheit, wobei die Steuereinheit einem Master-Elektromotor (2) der Elektromotoren einen Sollwert (61) für die Drehzahl vorgibt, wobei die Steuereinheit einem Follower-Elektromotor (2') der Elektromotoren den Drehmomentistwert (62) oder den Drehzahlwert (62) des Master-Elektromotors multipliziert mit einem Lastteilkfaktor (64) als Sollwert (63) vorgibt.

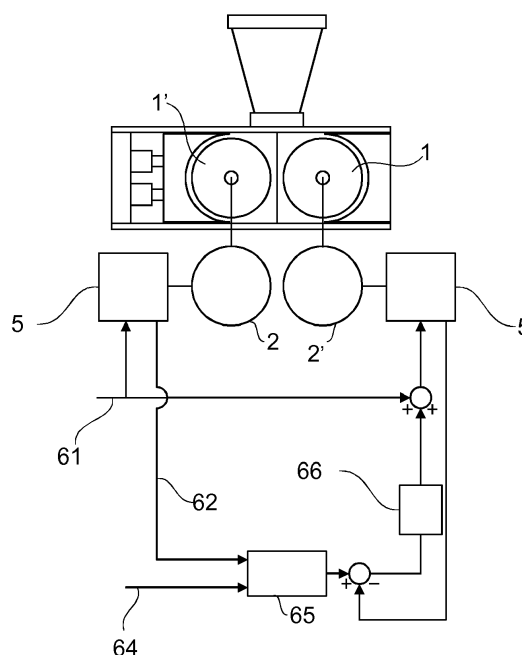


Fig. 4

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet von Walzenmühlen. Sie betrifft eine Walzenmühle mit zwei gegenläufig rotierenden Walzen, welche in einem Rahmen drehbar gelagert sind, und Verfahren zur Steuerung einer solchen Walzenmühle.

STAND DER TECHNIK

[0002] Walzenmühlen werden zum Mahlen von Materialien, insbesondere von Erzen und Zement verwendet. Walzenmühlen haben typischerweise einen Walzendurchmesser von 0.8 bis 3 Metern und eine Antriebsleistung von 0.2 bis 5 Megawatt. Sie sind besonders energieeffizient im Vergleich zu anderen Mühlenarten. Eine solche Walzenmühle wird beispielsweise in DE 4028015 A1 beschrieben.

[0003] Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, umfasst eine Walzenmühle zwei gegenläufig rotierende Walzen 1,1', welche Walzen 1,1' horizontal und parallel zu einander in einem Rahmen drehbar gelagert sind. Eine der beiden Walzen 1' ist dabei orthogonal zur axialen Richtung dieser Walze 1' verschiebbar. In der Regel ist die andere der beiden Walzen 1 orthogonal nicht verschiebbar. Die verschiebbare Walze 1' wird durch ein Federsystem auf die fixierte Walze 1 gedrückt. Jede Walze 1,1' weist eine Mahlfläche auf. Die gegenüberliegenden Mahlflächen der Walzen 1,1' bilden einen Keil. Material wird von oben zwischen die Walzen 1,1' in den Keil geführt und durch die Rotation der Walzen 1,1' nach unten geführt und durch den Keil zerkleinert. Die Rotation der Walzen 1,1' erfolgt über einen Antrieb. Bekannte Antriebe für Walzenmühlen weisen meist zwei Elektromotoren auf, wobei je ein Elektromotor einer der Walzen verbunden ist.

[0004] Fig. 2 zeigt eine Walzenmühle mit zwei Antrieben. Je ein Antrieb ist einer der Walzen 1,1' zugeordnet und umfasst einen Elektromotor 2, eine Gelenkwelle 3 und ein Planetengetriebe 4. Die Verbindung der radial verschiebbaren Walze 1' mit dem ortsfesten Elektromotor 2 erfolgt über die Gelenkwelle 3. Optional ist es ebenfalls möglich, dass direkt an die Welle der verschiebbaren Walze die Gelenkwelle anschließt und das Planetengetriebe zwischen der Gelenkwelle und dem Elektromotor angeordnet ist. In einer solchen Anordnung, wie beispielsweise in DE 10211000749 A1 beschrieben, sind der Elektromotor und das Planetengetriebe ortsfest. Optional ist es auch möglich, dass der Elektromotor ohne eine Drehzahlanpassung eines Getriebes die gewünschte Drehzahl für die Walzen liefert. In diesem Fall umfasst Antrieb kein Getriebe und der Elektromotor ist über die Gelenkwelle direkt mit der Walze verbunden. Optional ist es auch möglich, dass eine direkter Antrieb auf der Walze selbst angeordnet ist. In diesem Fall umfasst der Antrieb keine Gelenkwelle.

[0005] Die Elektromotoren der beiden Antriebe werden meist über zwei getrennte Frequenzumrichter gesteuert. Die Steuerungsstrategie für die Elektromotoren haben einen Einfluss auf die Abnutzung der Rollen. Im Allgemeinen wird die Abnutzung der Rollen unter anderem von dem Anpressdruck der Walzen, der Umfangsgeschwindigkeit der Mahlflächen der einzelnen Walzen und dem Unterschied zwischen den Umfangsgeschwindigkeiten der Mahlflächen der Walzen beeinflusst. Ausserdem ist die Abnutzung der beiden Walzen meist unterschiedlich stark. Es kann sowohl die verschiebbare Walze als auch die feststehende Walze 1 eine grössere Abnutzung aufweisen. Für die Steuerung einer Walzenmühle sind folgende Steuerungsstrategien aus dem Artikel "VFD control methodologies in High Pressure Grinding drive systems", Brent Jones, Cement Industry Technical Conference, 2012 IEEE-IAS/PCA 53 bekannt.

[0006] Bei der ersten Strategie wird für beide Motoren eine identische Drehzahlreferenz vorgegeben. So versuchen beide Frequenzumrichter die gleiche Drehzahl für die von ihnen gesteuerten Motoren einzustellen, aber handeln dabei unabhängig voneinander, um dieses Ziel zu erreichen. Problematisch ist dabei, dass auch bei baugleichen Frequenzumrichtern die Drehzahlsteuerungen einen Fehler aufweisen so, dass eine identische Drehzahl der beiden Walzen auf diese Weise nicht erreicht werden kann und sich so ein Unterschied in den Umfangsgeschwindigkeiten der Mahlflächen der beiden Walzen ergeben. Zusätzlich ist es problematisch, dass der Durchmesser der Walze nicht berücksichtigt wird. Bei unterschiedlichen Walzendurchmessern, wie beispielsweise durch eine erhöhte Abnutzung bei einer der beiden Walzen, führt selbst bei einer identischen Drehzahl der beiden Walzen zu unterschiedlichen Umfangsgeschwindigkeiten der Mahlflächen der Walzen. Eine weitere Folge daraus ist, dass die Last zwischen den beiden Walzen nicht gleich verteilt ist und es so zu einem relativen Verdrehung der beiden Walzen zueinander kommt, was wiederum zu einer verstärkten Abnutzung führt.

[0007] Bei der zweiten Strategie wird für beide Motoren eine identische Drehmomentreferenz vorgegeben. Problematisch ist dabei, dass im Falle, dass das Antriebsdrehmoment größer ist als das Lastdrehmoment, die Walzenmühle beschleunigen oder im umgekehrten Fall verzögert wird. Daraus resultiert eine wechselnde Drehgeschwindigkeit der Walzenmühle proportional zu Variationen des Mahlgutes, was für den Betrieb der Walzenmühle ebenfalls nachteilig ist. Bei der dritten Strategie wird einer der Elektromotoren als Master und der andere Elektromotor als Follower definiert. Fig. 3a zeigt eine schematische Darstellung des Signalflusses einer Walzenmühle mit dieser Steuerungsstrategie in einer Anfangsphase. Es werden beiden Frequenzumrichtern eine identische Drehzahlreferenz 61 vorgegeben wie in der ersten Steuerungsstrategie. Fig. 3b zeigt eine schematische Darstellung des Signalflusses einer Walzenmühle mit dieser Steuerungsstrategie in einer Produkti-

onsphase. Nach dem Erreichen einer definierten Lastschwelle wird dem Frequenzumrichter 5 des Followers nicht mehr die identische Drehzahlreferenz 61 sondern Drehmomentistwert 62 der Masters vorgegeben. Dies ermöglicht eine bessere Gleichverteilung der Lasten auf die beiden Walzen und eine Verringerung der Umfangsgeschwindigkeitendifferenz der Mahlf lächen der Walzen und führt so zu einer Verminderung der individuellen Abnutzung der Walzen. Optional kann bei die Master-Follower-Strategie anstatt des Istwerts des Drehmoments (Torque-Follower) auch den Istwert Drehzahl (Speed-Follower) des Masters als Referenz für die Follower in der Produktionsphase verwendet werden. In diesem Fall werden beiden Frequenzumrichtern 94 eine identische Drehzahlreferenz vorgegeben und nach dem Umschalten in die Produktionsphase dem Follower der Istwert der Drehzahl der Masters vorgegeben. Problematisch bei der Master-Follower-Strategie ist, dass die Abnutzung nur für die jede Walze einzeln bezüglich der Lebensdauer optimiert werden kann. Es ist nicht möglich die Abnutzung beider Walzen im Gesamtsystem der Walzenmühle zu optimieren, um so die Lebensdauer der Walzenmühle zu maximieren.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Walzenmühle anzugeben, welche eine erhöhte Lebensdauer aufweist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Walzenmühle mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0010] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines radialen Schnitt einer Walzenmühle aus dem Stand der Technik;
- Figur 2 eine Walzenmühle mit zwei Antrieben aus dem Stand der Technik;
- Figur 3a eine schematische Darstellung des Signalflusses bei einer Walzenmühle mit Master-Follower Steuerung aus dem Stand der Technik in einer Anfangsphase;
- Figur 3b eine schematische Darstellung des Signalflusses bei einer Walzenmühle mit Master-Follower Steuerung aus dem Stand der Technik in einer Produktionsphase; und
- Figur 4 eine schematische Darstellung des Signal-

flusses bei einer erfindungsgemässen Walzenmühle;

Figur 5 einen beispielhafter Zusammenhang zwischen der Abnutzung der Walzen und der Wahl des Lastverteilungsfaktors;

[0011] Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst. Grundsätzlich sind gleiche Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0012] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung des Signalflusses bei einer erfindungsgemässen Walzenmühle. Die Steuerung gibt einem Drehzahlregler des Frequenzumrichters 5 des Master-Elektromotor 2 einen Sollwert 61 für die Drehzahl vor. Der sich durch die Regelung der Drehzahl für den Master-Elektromotor 2 ergebende Istwert 62 der Drehzahl wird in einem Multiplikator 65 mit einem Lastverteilungsfaktor 64 multipliziert. Der sich daraus ergebende Wert wird als Sollwert für den Drehzahlregler Frequenzumrichters 5 für den Follower-Elektromotor 2' übergeben. Zusätzlich ist in Fig. 4 eine optionale Rückführung der Drehmomentistwerte des Master-Elektromotor 2 und des Follower-Elektromotors 2' zu einem Regler 66 dargestellt, welcher Regler beispielsweise eine PID-Regler sein kann, um einen geschlossenen Reglerkreis sicherzustellen. Der Ausgang des PID-Reglers wird mit dem ursprünglichen Sollwert 61 für die Drehzahl addiert oder subtrahiert und danach dem Frequenzumrichter des Follower-Elektromotors 2' als Sollwert über geben. Durch den Lastverteilungsfaktor kann die Abnutzung der einzelnen Walzen relative zueinander beeinflusst werden.

[0013] Analog zu Fig. 3 ist auch in Fig. eine Anwendung des Torque-Follower-Prinzips anstatt die dargestellten Speed-Follower-Prinzips möglich.

[0014] Fig. 5 zeigt einen beispielhafter Zusammenhang zwischen der Abnutzung der Walzen und der Wahl des Lastverteilungsfaktors. In dem Diagramm ist die Abnutzung 112 der jeweiligen Walze in Form der Verringerung des Walzendurchmessers über die durch die jeweilige Walze bereits geleistete Dreharbeit abgebildet. Unter der Dreharbeit ist dabei, das für das Mahlen des bisher gemalten Materials notwendige, kumulierte Drehmoment über die für das Mahlen benötigte Zeit zu verstehen. Die Kurven 113, 114 stellen die Abnutzung zweier Walzen eines Walzenpaares in Abhängigkeit von der Dreharbeit da. Die Kurve 114 zeigt eine stärkere Abnutzung der entsprechenden Walze als die Abnutzung der Walze welche in der Kurve 113 dargestellt ist. In dem dargestellten Fall wird der Lastfaktor nun so gewählt, dass die Walze mit der akkumuliert größeren bisherigen Abnutzung einen kleineren Teil der für das Mahl nötigen Last trägt. Je höher die unterschiedliche akkumulierte Abnutzung zwischen den beiden Walzen ist, desto kleiner ist der ent-

sprechende Lastverteilungsfaktor. Bei einer gleichen akkumulierten Abnutzung beider Walzen beträgt der Lastverteilungsfaktor eins. Bei dieser Wahl des Lastfaktors ist das Ziel, eine möglichst gleiche Abnutzung der Walzen eines Walzenpaares zu erreichen, um beispielsweise beide Walzen in einer Wartung auszutauschen.

[0015] Es sind aber auch andere Zielsetzung bei der Wahl der Lastfaktors möglich, wie beispielsweise die stärkere Abnutzung des bereits stärker abgenutzten Walze und die Schonung der weniger stark abgenutzten Walze. Im Allgemeinen kann der Lastverteilungsfaktor eine positive reelle Zahl einschliesslich Null sein.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0016]

1, 1'	Walze
2, 2'	Elektromotor
3	Kardanwelle
4	Planetengeräte
5	Frequenzumrichter
61	Drehzahl Sollwert
62	Istwert Master
63	Sollwert Follower
64	Lastverteilungsfaktor
65	Multiplikator
66	Regler
111	Drehleistung der Walze
112	Abnutzung der Walze
113	Abnutzung der verschiebbaren Walze
114	Abnutzung der nicht verschiebbaren Walze
115	Lastverteilungsfaktor in in Abhängigkeit de Drehleistung der Walzen

Patentansprüche

- Walzenmühle umfassend zwei parallel angeordnete, gegeneinandergedrückte und gegenläufig rotierende Walzen (1,1'), wobei eine der Walzen (1') orthogonal zur axialen Richtung dieser Walze (1') verschiebbar ist, zwei Antriebe, welche Antriebe je einer der beiden Walzen (1,1') zugeordnet sind und je einen Elektromotor (2,2') aufweisen, und eine Steuereinheit, wobei die Steuereinheit einem Master-Elektromotor (2) der Elektromotoren einen Sollwert (61) für die Drehzahl vorgibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit einem Follower-Elektromotor (2') der Elektromotoren den Drehmomentistwert (62) oder den Drehzahlwert (62) des Master-Elektromotors multipliziert mit einem Lastverteilungsfaktor (64) als Sollwert (63) vorgibt.

- Walzenmühle nach Anspruch 1, wobei der Lastver-

teilungsfaktor (64) unter Berücksichtigung des Anpressdrucks der Walzen (1,1') und/oder der Abnutzung der einzelnen Walzen (1,1') ermittelt wird.

- Walzenmühle nach Anspruch 2, wobei die Abnutzung der einzelnen Walzen (1,1') durch den Quotient der Durchmessererminderung einer Walze und der Menge an Material, welches von dieser Walze bisher gemahlen wurde, beschrieben wird.
- Walzenmühle nach eine der vorherigen Ansprüche, wobei der Durchmesser der Walzen (1,1') bestimmt wird und der Lastverteilungsfaktor (64) unter Berücksichtigung dieser Werte ermittelt wird.
- Walzenmühle nach Anspruch 1, wobei der Lastverteilungsfaktor (64) durch den Operator der Walzenmühle festgelegt wird.
- Verfahren zur Steuerung einer Walzenmühle, wobei die Walzenmühle zwei parallel angeordnete, gegeneinandergedrückte und gegenläufig rotierende Walzen (1,1'), wobei eine der Walzen (1') orthogonal zur axialen Richtung dieser Walze (1') verschiebbar ist, und zwei Antriebe umfasst, welche Antriebe je einer der beiden Walzen (1,1') zugeordnet sind und je einen Elektromotor (2,2') aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - Vorgabe eines Sollwerts (61) für die Drehzahl oder das Drehmoment für einen Master-Elektromotor (2) der Elektromotoren;
 - Bestimmen des Drehmomentistwerts (62) oder des Drehzahlwerts (62) des Master-Elektromotors (2);
 - Multiplikation des Istwerts (62) des Master-Elektromotors (2) mit einem Lastverteilungsfaktor (64); und
 - Vorgabe des Ergebnisses aus Schritt (c) als Sollwert für einen Follower-Elektromotor (2') der Elektromotoren.

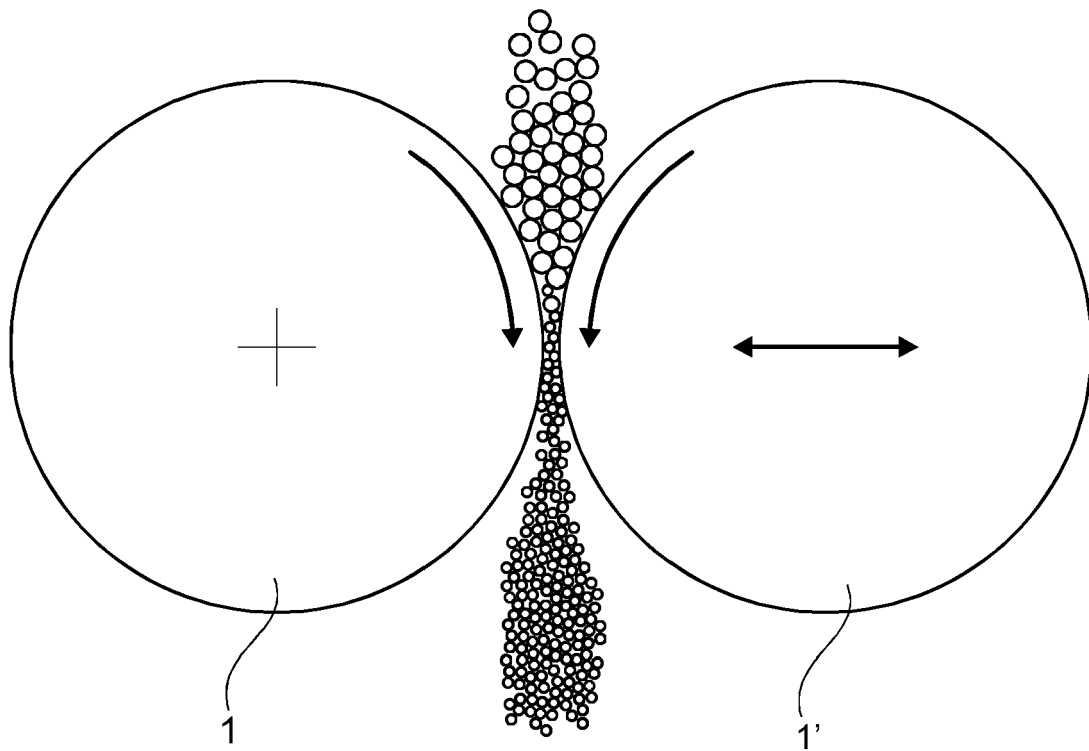


Fig. 1
Prior Art

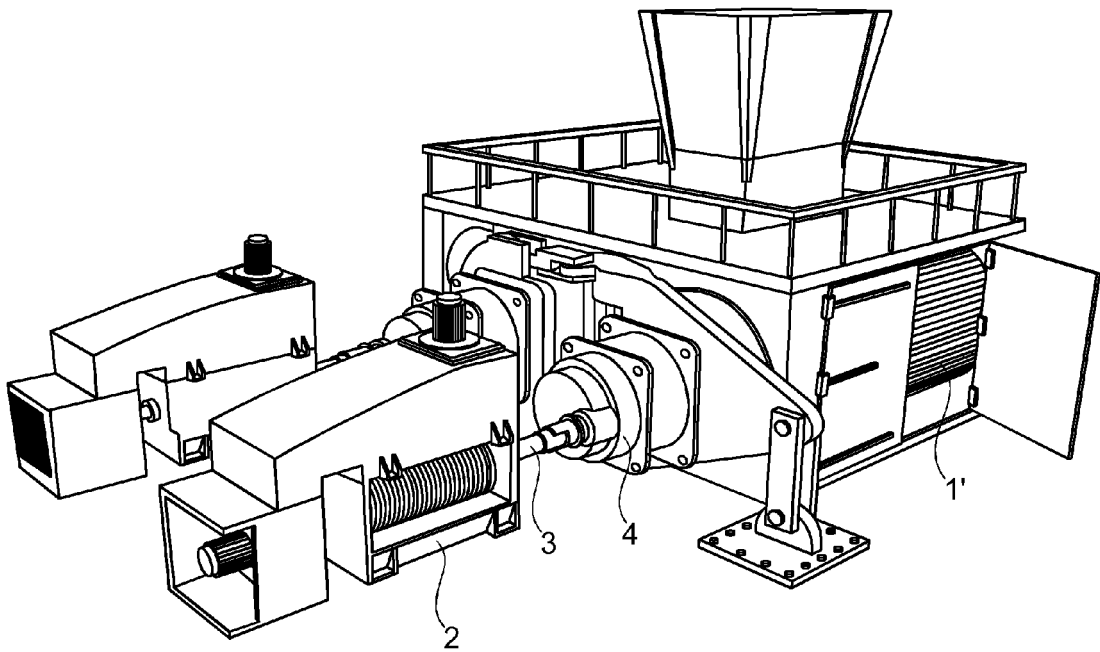


Fig. 2
Prior Art

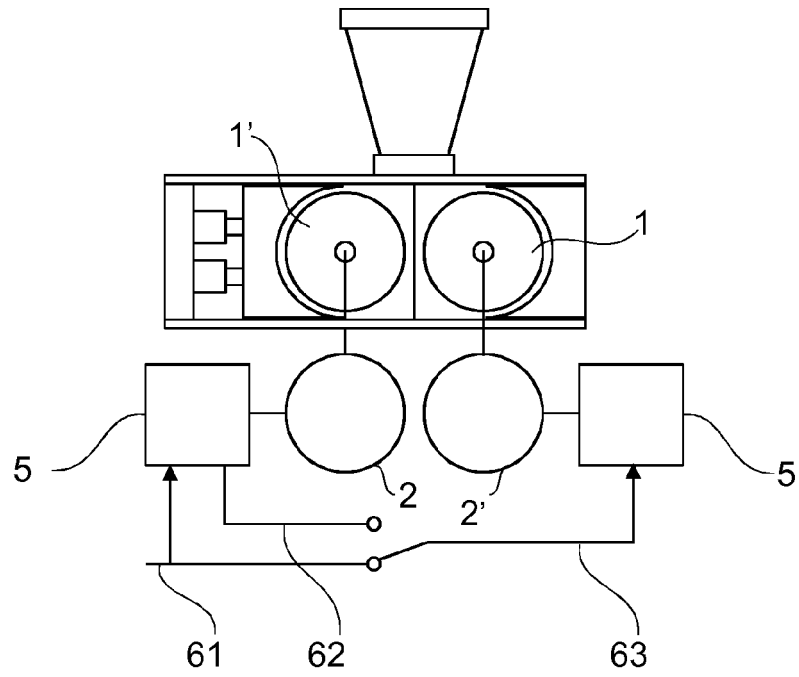


Fig. 3a
Prior Art

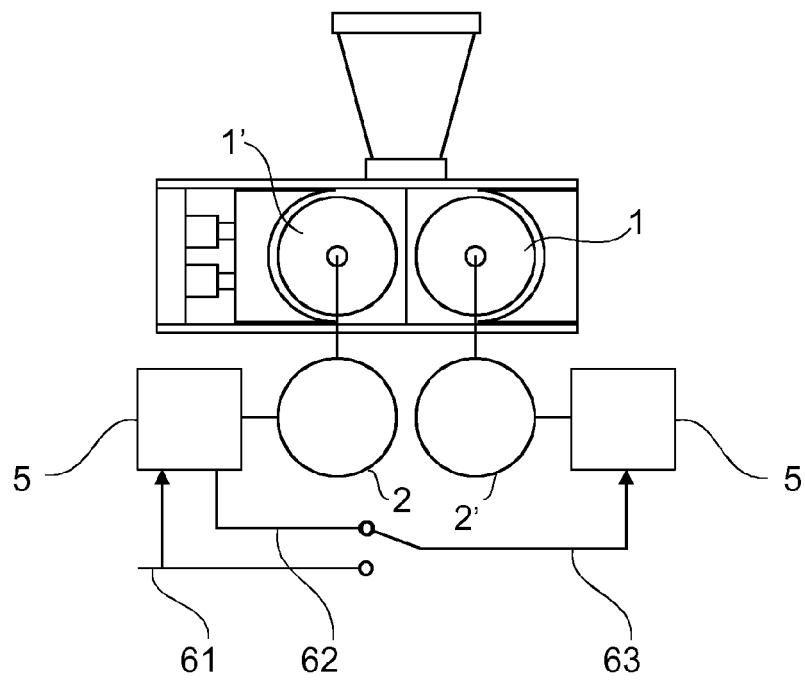


Fig. 3b
Prior Art

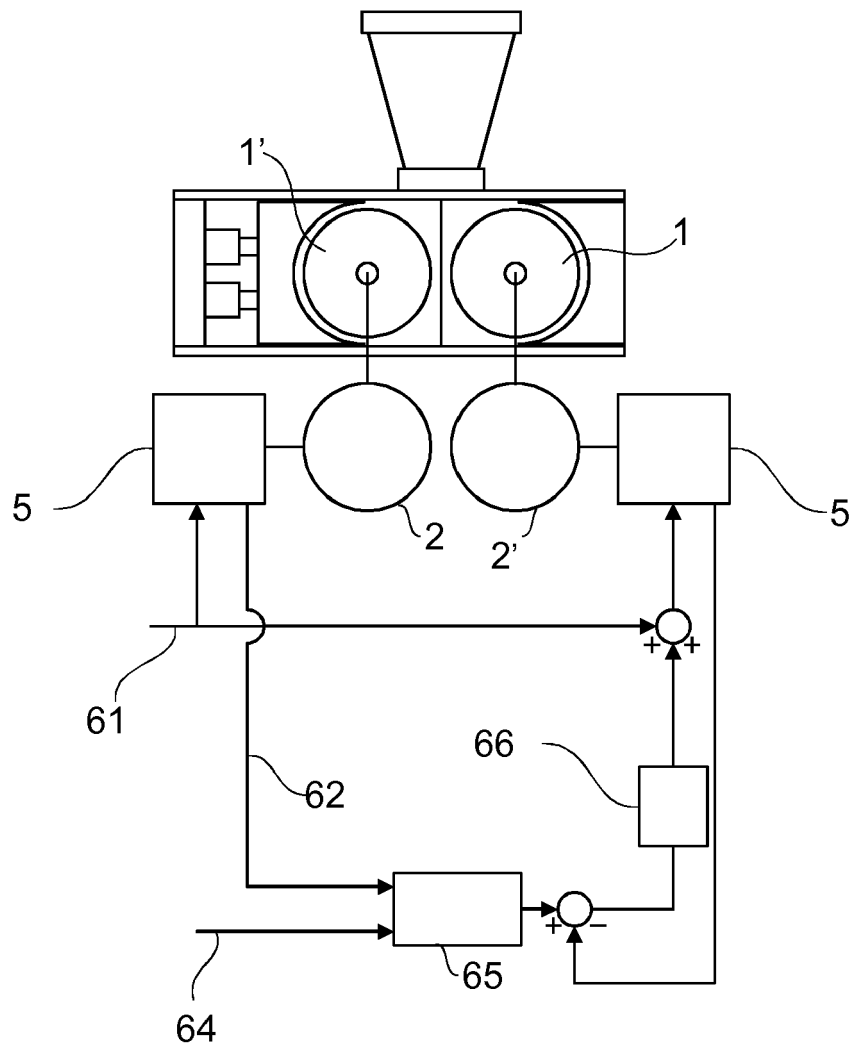


Fig. 4

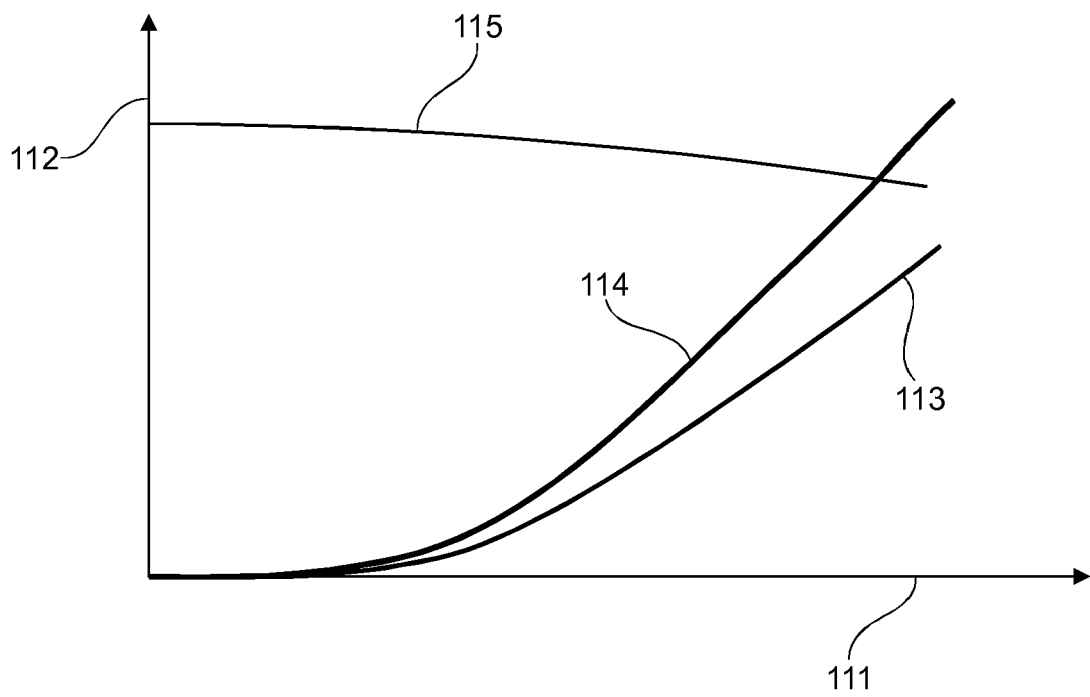


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 16 7575

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	BRENT JONES: "VFD control methodologies in High Pressure Grinding drive systems", CEMENT INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 2012, XP002729796, * das ganze Dokument * -----	1-6	INV. B02C4/42 B02C25/00
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. September 2014	
		Prüfer Swiderski, Piotr	
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	

 1
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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 4028015 A1 [0002]
- DE 10211000749 A1 [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BRENT JONES.** VFD control methodologies in High Pressure Grinding drive systems. *Cement Industry Technical Conference*, 2012 [0005]