



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 2 888 052 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.10.2016 Patentblatt 2016/42**

(21) Anmeldenummer: **13752626.5**

(22) Anmeldetag: **21.08.2013**

(51) Int Cl.:  
**B02C 15/00** (2006.01)      **B02C 15/02** (2006.01)  
**B02C 15/04** (2006.01)      **B02C 25/00** (2006.01)  
**B02C 4/02** (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2013/067393**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2014/029809 (27.02.2014 Gazette 2014/09)**

## (54) VERFAHREN ZUM MAHLEN

GRINDING METHOD

PROCÉDÉ DE BROYAGE

(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**

(30) Priorität: **22.08.2012 DE 102012107740**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**01.07.2015 Patentblatt 2015/27**

(73) Patentinhaber: **GBF Gesellschaft für  
Bemessungsforschung MbH  
52070 Aachen (DE)**

(72) Erfinder: **HAASE, Ralf  
52070 Aachen (DE)**

(74) Vertreter: **Bauer, Dirk  
Bauer Wagner Priesmeyer  
Patent- und Rechtsanwälte  
Grüner Weg 1  
52070 Aachen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2010/113119 DE-A1-102007 062 820  
DE-A1-102009 031 429**

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 eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Mahlen eines Mahlguts in einer Mühle mit einem Mahlkörper, und mit mindestens einer Rolle, die unter einem Mahldruck auf dem Mahlkörper abrollt, wobei das Mahlgut in einem Mahlgutstrom als Mahlbett zwischen den Mahlkörper und die Rolle gebracht und im Mahlbett von der Rolle zermahlen wird, beim Mahlen kontinuierlich eine Mahlbetthöhe des Mahlbetts zwischen dem Mahlkörper und der Rolle gemessen wird, und die Mühle anhand von Stellgrößen auf einen vorgegebenen Sollzustand geregelt wird, wobei die Stellgrößen mindestens den Mahldruck und den Mahlgutstrom umfassen und der Sollzustand mindestens einen Sollwert für die Mahlbetthöhe umfasst.

**[0002]** Ein solches Verfahren ist bekannt aus DE 10 2007 062 820 A1. Ein weiteres Verfahren der vorgenannten Art wird beispielsweise realisiert durch die Steuerungssoftware LMMaster der Loesche GmbH, Düsseldorf.

**[0003]** Eine in einem solchen Verfahren steuerbare Vertikalmühle offenbart beispielsweise DE 1 507 579 B. Solche Vertikalmühlen dienen insbesondere in der Zementindustrie und in Kohlekraftwerken zum Mahlen von sprödem Mahlgut, beispielsweise Rohmehl (als Vormaterial der Zementherstellung), Zementklinker, Kalkstein allgemein, Kohle, Ton, Gips oder Hüttensand (Schlacke).

**[0004]** Eine Vertikalmühle besteht im Wesentlichen aus einer oder mehreren Mühlen mit einem rotierenden Mahlteller als gemeinsamen Mahlkörper und je einer auf diesem Mahlkörper abrollenden Rolle. Die Rollen können geometrisch Kugeln oder zylindrische, kegelige oder ballige Walzen sein. Die verschleißenden Oberflächen des Mahlkörpers und der Rollen können mit hoch verschleißfesten Auflagen beispielsweise aus Hartguss versehen sein.

**[0005]** Im Betrieb solcher Vertikalmühlen wird das Mahlgut in der Regel von oben auf die Mitte des Mahlkörpers aufgegeben, bewegt sich von dort unter seinem Eigengewicht und durch Fliehkräfte radial nach Außen und wird von den Rollen vermahlen. Hierbei bildet sich auf dem Mahlkörper ein Schicht aus teilweise vermahlemem Mahlgut in verschiedenen Körnungen, das sog. "Mahlbett", das sich kontinuierlich zum Rand des Mahlkörpers und darüber hinaus bewegt. Je nach Mahlgut und Anwendungszweck wird zusätzlich Wasser auf den Mahlkörper aufgegeben.

**[0006]** Am Rand des Mahlkörpers fallen Partikel des Mahlguts in die darunter befindliche Mahlschüssel der Vertikalmühle. Je nach Anwendungszweck werden die Partikel aus der Mahlschüssel nach Korngrößen gesiebt, wobei besonders grobe Partikel erneut auf den Mahlkörper geführt werden. Häufig werden zudem mittels eines vertikal aufsteigenden Luftstroms staubförmige Partikel aus dem Mahlbett nach oben in einen oberhalb des Mahlkörpers angeordneten Sichter ausgetragen.

**[0007]** Der mechanische Zustand des Mahlbetts beim

Überrollen - seine Festigkeit und seine Mahlbetthöhe auf dem Mahlkörper - bestimmt wesentlich die Effektivität des Mahlvorgangs. Das bekannte Verfahren überwacht die Mahlbetthöhe sowie Feinheit und Menge der ausgebrachten Partikel und passt bei Abweichung von einem für die gemessenen Parameter definierten Sollzustand der Vertikalmühle automatisch deren Stellgrößen an.

**[0008]** Die typischen Stellgrößen einer Vertikalmühle - der Mahlgutstrom und je nach Anwendung ein einstellbarer Mahldruck auf die Rollen, ein Maß des auf den Mahlkörper aufgebrachten Wassers oder des Luftstroms und eine Sichterdrehzahl - sind nur sehr mittelbar und in hohem Maße nichtlinear mit den gemessenen Regelgrößen der Feinheit und der Menge der ausgetragenen Partikel verknüpft. Die richtige Anpassung der Stellgrößen ist daher sehr komplex und auch fehlerträchtig.

**[0009]** Die eingangs genannte DE 10 2007 062 820 A1 schlägt vor, beim Mahlen von Kohle mithilfe nicht näher genannter Fuzzy-Regeln die Mahlbetthöhe derart zu regeln, dass ein "Rumpeln" der Mühle vermieden wird. Als Mess- und Stellgrößen werden Sichterluftstrom, -temperatur, -trennkorngröße und -drehzahl, Mahlgutmassenstrom (die sogenannte "Mühlenlast"), Mahldruck, Mahlbetthöhe, Mahlgut-Mahleigenschaften (z. B. Hardgrovezahl) und Speichervolumen sowie NO<sub>x</sub>-Emission oder das Flammenbild eines der Mühle nachgeschalteten Brenners und die Druckdifferenz zwischen Mühlenein- und austritt der durch die Mühle strömenden heißen Trocknungsluft einschließlich der mitgerissenen feinen getrockneten Kohlenstaubteilchen und dem aus der Kohle ausgedampften Wasser vorgeschlagen.

## Aufgabe

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein anderes Verfahren zur Anpassung der Stellgrößen vorzuschlagen.

## Lösung

**[0011]** Ausgehend von dem bekannten Verfahren wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass beim Mahlen kontinuierlich ein mechanischer Zustand der Rolle und daraus eine Festigkeit des Mahlbetts bestimmt wird, und der Sollzustand mindestens einen Sollwert für die Festigkeit des Mahlbetts umfasst.

**[0012]** Die bekannten Verfahren beschränken sich auf die Messung der Mahlbetthöhe, weil die darüber hinaus die Effektivität des Mahlvorgangs wesentlich bestimmende Festigkeit des Mahlbetts nicht unmittelbar messbar ist. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Festigkeit des Mahlbetts unter einer Rolle über die Bewegungsgleichungen mit deren mechanischem Zustand korreliert und sich aus diesem berechnen lässt. Der mechanische Zustand der Rolle - Bewegungszustand, angreifende Kräfte und auftretende Verformungen - ist über allgemein bekannte Verfahren messbar.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren stellt für die

Regelung des Mahlvorgangs mit dem vollständigen mechanischen Zustand des Mahlbetts eine Regelgröße zur Verfügung, die mit den Stellgrößen der Vertikalmühle in einem wesentlich direkteren Zusammenhang steht. Die automatische Anpassung der Stellgrößen wird damit erst möglich.

**[0014]** Bevorzugt umfasst in einem erfindungsgemäßen Verfahren der mechanische Zustand der Rolle eine aus dem Mahlbett auf die Rolle wirkende Kraft und einen Ort und/oder einen Drehwinkel der Rolle um eine Drehachse der Rolle. Vorzugsweise wird in einem erfindungsgemäßen Verfahren die Kraft und ggf. der Ort mindestens in radialer Richtung der Rolle bestimmt. Über die Radialkomponenten der Kraft und des Orts der Rolle lässt sich die Steifigkeit des Mahlbetts senkrecht zum Mahlkörper, über die Tangentialkomponente der Kraft und den Drehwinkel in Bewegungsrichtung des Mahlbetts ermitteln.

**[0015]** Besonders bevorzugt wird in einem erfindungsgemäßen Verfahren mindestens eines aus Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung der Rolle bestimmt.

**[0016]** In einer vorteilhaften Ausprägung eines erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Festigkeit des Mahlbetts mindestens eine Dämpfung des Mahlbetts und/oder eine Steifigkeit des Mahlbetts. Durch die Bestimmung der Bewegungskomponenten und der Kraft in den drei Raumrichtungen und um die drei Raumachsen sind alle möglicher Weise linear unabhängigen Komponenten zur Bestimmung der Festigkeit erfasst.

**[0017]** Je nach Anwendungsfall können in einem Mahlprozess verschiedene Komponenten dieser Parameter des mechanischen Zustands der Rolle weniger relevant sein. In einem erfindungsgemäßen Verfahren kann entsprechend die Bestimmung der weniger relevanten Komponenten entfallen.

**[0018]** Bevorzugt werden in einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Kalibrierung zunächst anhand von Messwerten durch multidimensionale nichtlineare Regression Proportionalitätskonstanten zur Bestimmung der Stellgrößen aus der Festigkeit des Mahlbetts ermittelt. Die Kalibrierung der Proportionalitätskonstanten anhand von Messwerten erlaubt insbesondere die Anpassung des erfindungsgemäßen Verfahrens an verschiedene Vertikalmühlen.

**[0019]** Besonders bevorzugt werden in einem solchen erfindungsgemäßen Verfahren beim Mahlen die Proportionalitätskonstanten kontinuierlich ermittelt. Da sich die Proportionalitätskonstanten im Regelbetrieb einer Mühle nicht - oder nur sehr langsam - ändern sollten, gewährt ihre fortlaufende Überwachung einen guten Einblick in den Verschleißzustand insbesondere der Rolle. Eine sprunghafte Änderung der Proportionalitätskonstanten kann auf eine Störung im Betrieb hinweisen und als Kriterium für eine automatische Notabschaltung dienen.

**[0020]** Im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann mit dem Mahlgut Wasser zwischen den Mahlkörpern und die Rolle gebracht werden, wobei die Stell-

größen eine Menge des aufgebrachten Wassers umfassen. Weiterhin kann das gemahlene Mahlgut von im Wesentlichen vertikal strömender Luft in einen Sichter gefördert und dort nach Kriterien mindestens aus Partikelgröße, Dichte, Trägheit und Schweben- oder Schichtungsverhalten klassifiziert werden, wobei die Stellgrößen eine Menge der strömenden Luft und eine Sichterdrehzahl des Sichters umfassen.

10 Ausführungsbeispiel

**[0021]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

15 Fig. 1 eine Vertikalmühle,  
Fig. 2 ein Detail der Vertikalmühle und  
Fig. 3 eine Prinzipskizze zu den Bewegungsgleichungen.

20 **[0022]** Die in Figur 1 gezeigte Vertikalmühle 1 weist vier Mühlen 2 mit einem Mahlteller als gemeinsamen Mahlkörper 3 auf. Die vier Mühlen 2 und der Mahlkörper 3 sind auf einem gemeinsamen Fundament 4 verankert. Eine Grundplatte 5 des Mahlkörpers 3 ist fest mit dem  
25 Fundament 4 verbunden. Der Mahlkörper 3 ist um eine vertikale Achse 6 rotierbar gelagert und wird im Betrieb der Vertikalmühle 1 angetrieben. Figur 2 zeigt im Detail eine einzelne Mühle 2 der Vertikalmühle 1. Jede Mühle 2 weist eine Rolle 7 auf, die um eine horizontale Achse 8 rotiert und auf dem Mahlkörper 3 abrollt.

30 **[0023]** Der mechanische Zustand der Rolle 7 lässt sich durch die Bewegungsgleichung der Strukturdynamik  $F = c f(x) + k f(v) + m f(a)$  mathematisch beschreiben, die in Figur 3 veranschaulicht ist: An der Rolle 7 greift die Kraft F an, die Rolle 7 weist einen Radius R, eine Masse m und zu jedem Zeitpunkt einen Abstand x zu einem (nicht dargestellten) Nullpunkt, eine Geschwindigkeit v und eine Beschleunigung a auf. Die Konstanten k und c der Bewegungsgleichung entsprechen der Steifigkeit und  
35 der Dämpfung des Mahlbetts 9. Alle Größen sind Vektorgrößen. In der Geschwindigkeit v und der Beschleunigung a im (idealisierten) Kontaktspunkt mit dem Mahlbett 9 sind in tangentialer Richtung Anteile aus den Ableitungen des Winkels φ enthalten.

40 **[0024]** In der Vertikalmühle wird ein Grundstoff für die Zementherstellung gemahlen, der zu etwa 90 vH aus Kalkstein besteht. Weitere Zuschlagstoffe sind insbesondere Mergel, Kohlenstaub und Aluminium, wobei die letzteren bereits in feinkörniger Form in die Vertikalmühle  
45 gegeben werden. Das Mahlgut wird vor dem Aufgeben auf etwa 200 °C geheizt, um ein frühzeitiges Zusammenbacken zu vermeiden.

50 **[0025]** An den Mühlen 2 werden zunächst Messwertaufnehmer zum fortlaufenden Bestimmen des mechanischen Zustands der Rollen 7 angebracht und die Bewegung und die Kräfte sowie die Regelgrößen Mahlbehethöhe, Antriebsleistung, Differenzdruck, Sichtertemperatur und Heizleistung und die dazu gehörenden Werte von

Mahldruck, Mahlgutstrom, Sichterdrehzahl und Wasser- und Luftmenge als Stellgrößen über mehrere Wochen aufgenommen. Aus dem mechanischen Zustand wird über die Bewegungsgleichung fortlaufend die Festigkeit des Mahlbetts 9 berechnet.

[0026] Zum Kalibrieren der Regelung werden durch multidimensionale nichtlineare Regression die Proportionalitätskonstanten bestimmt, die den Zusammenhang zwischen der Festigkeit des Mahlbetts 9 und den Stellgrößen der Mühlen 2 beschreiben.

[0027] Für den Betrieb der Vertikalmühle 1 ist ein Sollzustand des Mahlbetts 9 vorgegeben, bei dem das Mahlverfahren nach den Erfahrungen der vorherigen Messung mit optimaler Effektivität aufbereitet. Weicht im Betrieb der aus den Messwerten bestimmte mechanische Zustand des Mahlbetts 9 von dem Sollzustand ab, wird mit dem nun bekannten mathematischen Zusammenhang eine entsprechende Anpassung der Stellgrößen ermittelt und in einer Leitwarte der Vertikalmühle 1 als Sollwert vorgegeben, die den Sollzustand wiederherstellt.

[0028] Im Betrieb der Vertikalmühle 1 ist der Winkel  $\alpha$  der Kraft F ein wichtiges Maß für die Energieeffizienz des Verfahrens.

[0029] Ein weiterer Mühlentyp, zu dessen Regelung sich das erfundungsgemäße Verfahren gleichfalls eignet, ist die Gutbett-Walzenmühle (auch: "Rollenpresse"), bei der die Rolle auf einer zweiten, gleich großen oder mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit rotierenden Rolle als Mahlkörper 3 abrollt. Das Mahlgut wird im Wesentlichen von oben in den Zwickel zwischen den beiden Rollen aufgegeben, zermahlen und fällt nach unten in die Mahlschüssel.

[0030] In den Figuren sind

- 1 Vertikalmühle
- 2 Mühle
- 3 Mahlkörper
- 4 Fundament
- 5 Grundplatte
- 6 Achse
- 7 Rolle
- 8 Achse
- 9 Mahlbett

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Mahlen eines Mahlguts in einer Mühle (2) mit einem Mahlkörper (3), und mit mindestens einer Rolle (7), die unter einem Mahldruck auf dem Mahlkörper (3) abrollt, wobei

- a. das Mahlgut in einem Mahlgutstrom als Mahlbett (9) zwischen den Mahlkörper (3) und die Rolle (7) gebracht und im Mahlbett (9) von der Rolle (7) zermahlen wird,
- b. beim Mahlen kontinuierlich eine Mahlbetthöhe des Mahlbetts (9) zwischen dem Mahlkörper

(3) und der Rolle (7) gemessen wird, und c. die Mühle (2) anhand von Stellgrößen auf einen vorgegebenen Sollzustand geregelt wird, wobei die Stellgrößen mindestens den Mahldruck und den Mahlgutstrom umfassen und der Sollzustand mindestens einen Sollwert für die Mahlbetthöhe umfasst,

### ***dadurch gekennzeichnet, dass***

d. beim Mahlen kontinuierlich ein mechanischer Zustand der Rolle (7) und daraus eine Festigkeit des Mahlbetts (9) bestimmt wird, und e. der Sollzustand mindestens einen Sollwert für die Festigkeit des Mahlbetts (9) umfasst.

2. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** der mechanische Zustand der Rolle (7) eine aus dem Mahlbett (9) auf die Rolle (7) wirkende Kraft (F) und einen Ort (x1, x2) und/oder einen Drehwinkel ( $\varphi$ ) der Rolle (7) um eine Drehachse der Rolle (7) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Kraft (F) und ggf. der Ort (x1) mindestens in radialer Richtung der Rolle (7) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** mindestens eines aus Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung der Rolle (7) bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Festigkeit des Mahlbetts (9) mindestens eine Dämpfung (cr, ct) des Mahlbetts (9) und/oder eine Steifigkeit (kr, kt) des Mahlbetts (9) umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** zur Kalibrierung zunächst anhand von Messwerten durch multidimensionale nichtlineare Regression Proportionalitätskonstanten zur Bestimmung der Stellgrößen aus der Festigkeit des Mahlbetts (9) ermittelt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** beim Mahlen die Proportionalitätskonstanten kontinuierlich ermittelt werden.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** mit dem Mahlgut Wasser zwischen den Mahlkörper (3) und die Rolle (7) gebracht wird, und dass die Stellgrößen eine Menge des aufgebrachten Wassers umfassen.

9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gemahlene Mahlgut von im Wesentlichen vertikal strömender Luft in einen Sichter gefördert und dort klassifiziert wird, und dass die Stellgrößen eine Menge der strömenden Luft und eine Sichterdrehzahl des Sichters umfassen.

### Claims

1. A method for grinding a product to be ground in a mill (2) comprising a grinding body (3) and at least one roller (7) that rolls on the grinding body (3) under a grinding pressure, wherein

- a. the product to be ground is supplied in the form of a product flow such that it forms a grinding bed (9) between the grinding body (3) and the roller (7) and is crushed by the roller (7) in the grinding bed (9),
- b. a grinding bed height of the grinding bed (9) between the grinding body (3) and the roller (7) is continuously measured during the grinding process, and
- c. the mill (2) is controlled by means of manipulated variables such that a predefined nominal state is achieved, wherein the manipulated variables comprise at least the grinding pressure and the product flow and the nominal state at least comprises a nominal value for the grinding bed height,

#### **characterized in that**

- d. a mechanical state of the roller (7) is continuously determined during the grinding process and a stability of the grinding bed (9) is determined thereof, and
- e. the nominal state at least comprises a nominal value for the stability of the grinding bed (9).

2. The method according to the preceding claim, **characterized in that** the mechanical state of the roller (7) comprises a force (F), which acts upon the roller (7) from the grinding bed (9), and a location (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>) and/or an angle of rotation ( $\varphi$ ) of the roller (7) about a rotational axis of the roller (7).

3. The method according to claim 2, **characterized in that** the force (F) and, if applicable, the location (x<sub>1</sub>) is determined at least in the radial direction of the roller (7).

4. The method according to one of claims 2 or 3, **characterized in that** at least one of the parameters speed, acceleration, angular velocity and angular acceleration of the roller (7) is determined.

5. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the stability of the grinding bed (9) comprises at least a damping (cr, ct) of the grinding bed (9) and/or a rigidity (kr, kt) of the grinding bed (9).

6. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** proportionality constants for determining the manipulated variables from the stability of the grinding bed (9) are initially determined for calibration purposes based on measured values by means of multidimensional non-linear regression.

- 15 7. The method according to claim 6, **characterized in that** the proportionality constants are continuously determined during the grinding process.

8. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** water is supplied between the grinding body (3) and the roller (7) with the product to be ground, and **in that** the manipulated variables comprise a quantity of the supplied water.

- 25 9. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the ground product is conveyed into an air separator by means of an essentially vertical air flow and classified in said air separator, and **in that** the manipulated variables comprise a quantity of the flowing air and a rotational speed of the air separator.

### Revendications

- 35 1. Procédé destiné au broyage d'un produit à broyer dans un moulin (2), avec un organe de broyage (3) et avec au moins un rouleau (7) qui sous une pression de broyage se déroule sur l'organe de broyage (3),

a. le produit à broyer étant amené dans un flux de produit à broyer, sous la forme d'un lit de broyage (9) entre l'organe de broyage (3) et le rouleau (7) et étant broyé par le rouleau (7) dans le lit de broyage (9),

b. lors du broyage, une hauteur du lit de broyage (9) étant mesurée en continu entre l'organe de broyage (3) et le rouleau (7) et

c. à l'aide de grandeurs de réglage, le moulin (2) étant réglé à un état de consigne prédéfini, les grandeurs de réglage comprenant au moins la pression de broyage et le flux de produit de broyage et l'état de consigne comprenant au moins une valeur de consigne pour la hauteur du lit de broyage,

#### **caractérisé en ce que**

d. lors du broyage, un état mécanique du rouleau (7) et à partir de celui-ci une stabilité du lit de broyage (9) étant déterminés en continu et  
e. l'état de consigne comprenant au moins une valeur de consigne pour la stabilité du lit de broyage (9). 5

2. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'état mécanique du rouleau (7) comprend un force (F) exercée 10 à partir du lit de broyage (9) sur le rouleau (7) et un lieu (x1, x2) et/ou un angle de rotation ( $\varphi$ ) du rouleau (7) autour d'un axe de rotation du rouleau (7).
  3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** 15 la force (F) et le cas échéant, le lieu (x1) sont déterminés au moins dans la direction radiale du rouleau (7).
  4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** est déterminée à partir de la vitesse, de l'accélération, de la vitesse angulaire et de l'accélération angulaire du rouleau (7). 20
  5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la stabilité du lit de broyage (9) comprend au moins un amortissement (cr, ct) du lit de broyage (9) et/ou une rigidité (kr, kt) du lit de broyage (9). 25
- 30
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour le calibrage, d'abord à l'aide de valeurs mesurées, par une régression multidimensionnelle non linéaire, des constantes de proportionnalité pour la détermination 35 des grandeurs de réglage sont déterminées à partir de la stabilité du lit de broyage(9).
  7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les constantes de proportionnalité sont déterminées en continu lors du broyage. 40
  8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**avec le produit à broyer, de l'eau est amenée entre l'organe de broyage (3) et le rouleau (7) et **en ce que** les grandeurs de réglage comprennent une quantité de l'eau appliquée. 45
  9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit à broyer broyé est convoyé par de l'air circulant sensiblement à la verticale dans un séparateur et y est classifié et **en ce que** les grandeurs de réglage comprennent une quantité de l'air circulant et une vitesse 55 de rotation du séparateur ?

Fig. 1

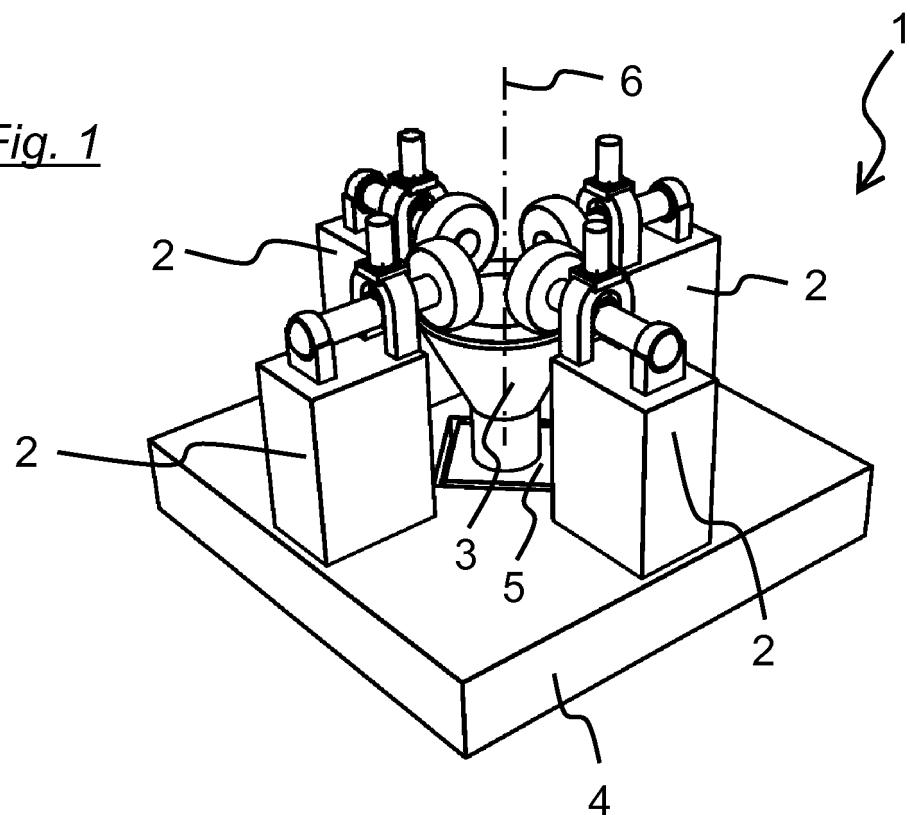


Fig. 2

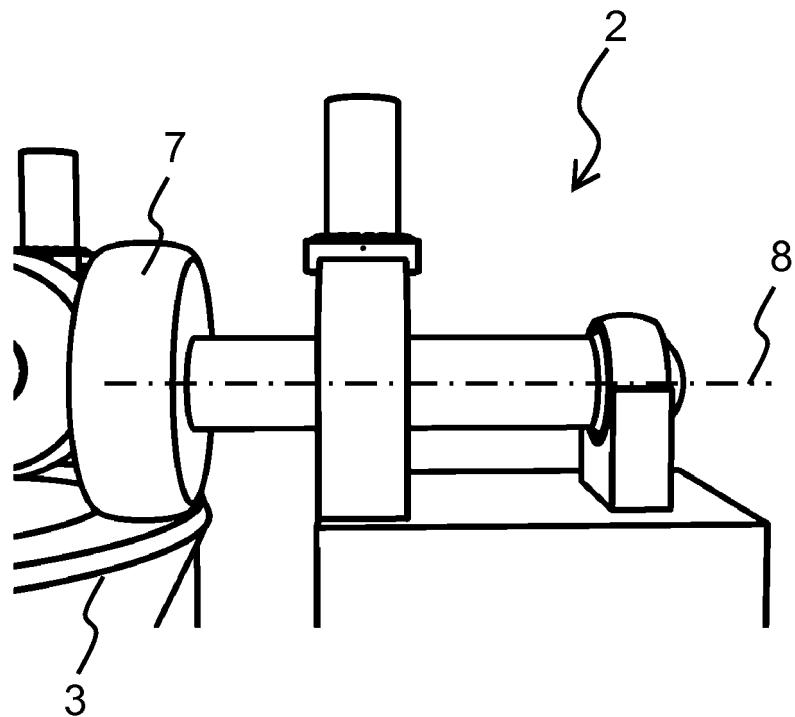
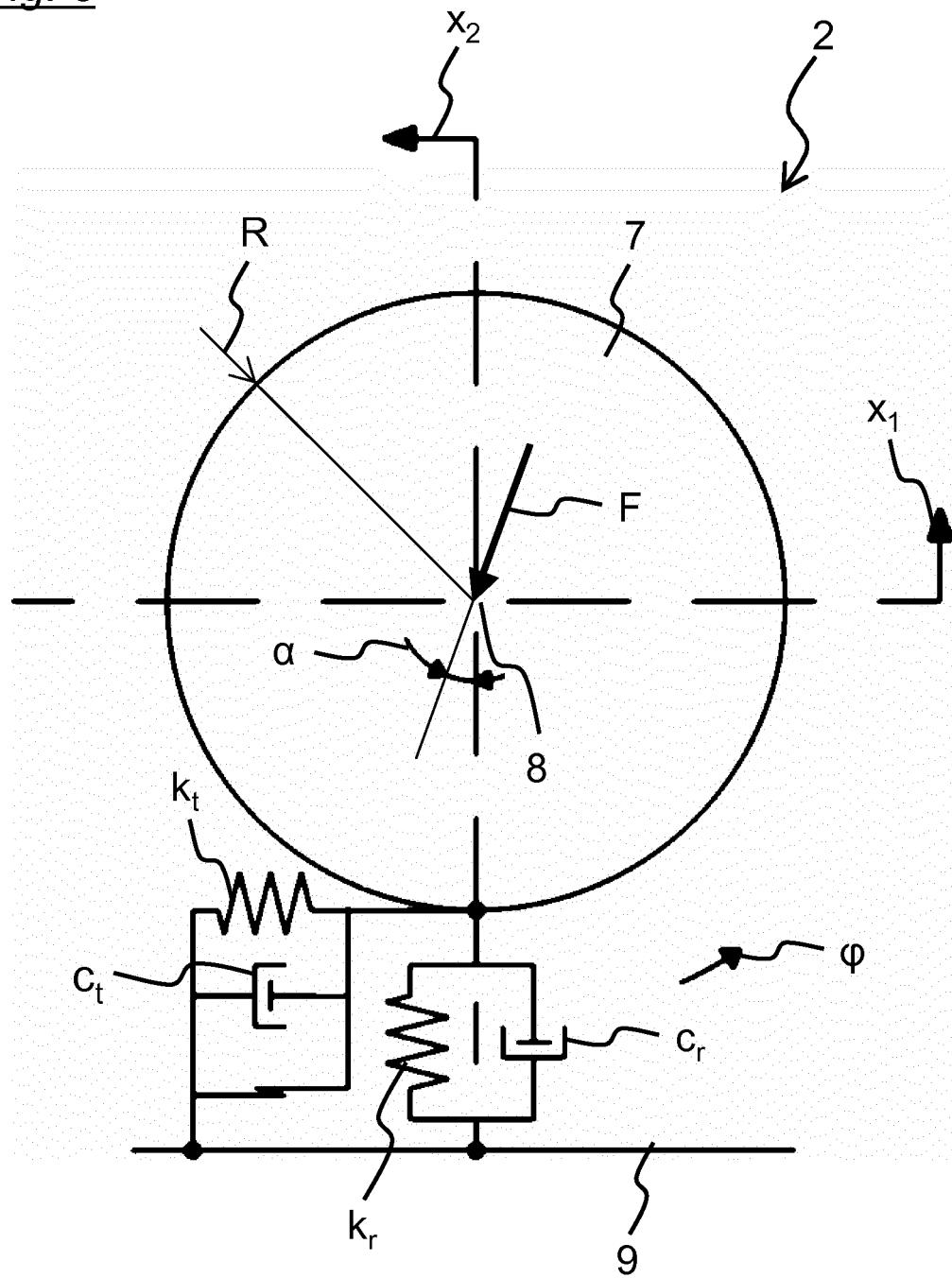


Fig. 3

**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 102007062820 A1 [0002] [0009]
- DE 1507579 B [0003]