



(11) **EP 4 161 730 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.05.2024 Patentblatt 2024/22

(21) Anmeldenummer: **21716963.0**

(22) Anmeldetag: **22.03.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B24B 11/06^(2006.01) B24B 49/00^(2012.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B24D 13/045; B24B 11/06; B24B 49/003

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2021/100283

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/244693 (09.12.2021 Gazette 2021/49)

(54) **SCHLEIFVORRICHTUNG FÜR WÄLZKÖRPER UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DES FÜLLGRADS EINER SCHLEIFVORRICHTUNG**

GRINDING DEVICE FOR ROLLING BODIES AND METHOD FOR DETERMINING THE DEGREE OF FILLING OF A GRINDING DEVICE

DISPOSITIF DE MEULAGE POUR CORPS ROULANTS ET PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE REMPLISSAGE D'UN DISPOSITIF DE MEULAGE

(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: **05.06.2020 DE 102020115019**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.04.2023 Patentblatt 2023/15

(73) Patentinhaber: **Schaeffler Technologies AG & Co. KG**
91074 Herzogenaurach (DE)

(72) Erfinder:
• **PSCHYKLENK, Michael**
91740 Röckingen (DE)
• **CHEN, Jiancheng**
90765 Fürth (DE)
• **MUELLER, Matthias**
91353 Hausen (DE)
• **RICHTER, Marcel**
66117 Saarbrücken (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 269 506 EP-B1- 1 893 384
DE-A1- 4 219 988 DE-A1-102012 211 634

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).

EP 4 161 730 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine zum Schleifen von Wälzkörpern, insbesondere Kugeln, ausgebildete Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ermittlung des Füllgrads einer Schleifvorrichtung.

[0002] Eine gattungsgemäße, zum Schleifen von Kugeln vorgesehene Schleifvorrichtung ist beispielsweise aus der DE 7 410 301 U bekannt. Die bekannte Schleifvorrichtung weist zwei horizontal angeordnete drehbare Scheiben auf, zwischen welchen ein Schleifmittel sowie die zu schleifenden Körper, das heißt Wälzkörper, zugegeben sind. Eine der beiden Scheiben der bekannten Schleifvorrichtung besteht aus einem Hartstoff, wogegen die andere Scheibe mit einer Schicht aus einem gummielastischen Werkstoff versehen ist. Die erste, aus einem Hartstoff, beispielsweise Oxidkeramik, gefertigte Scheibe weist zur Führung der zu schleifenden Körper Führungsrrillen auf, welche eine Spiralform beschreiben können. Die Drehachsen der beiden Scheiben können entweder zusammenfallen oder gegeneinander versetzt sein. Mit der Vorrichtung nach der DE 7 410 301 U soll insbesondere das Schleifen von Kugeln aus Hartmetall oder Oxidkeramik möglich sein.

[0003] Eine weitere Vorrichtung, welche für das Schleifen von keramischen Kugeln konzipiert ist, ist in der EP 1 893 384 B1 beschrieben. In diesem Fall wird die Verwendung einer Schleifscheibe mit Schleifkorn in Kunstharzbindung vorgeschlagen, wobei das Schleifkorn zu mehr als 50 % aus Diamant besteht. Im Sinne einer rationellen Bearbeitung soll die Kugelführung mit Hilfe von Magazinen erfolgen. Zum Laden und Entladen der Kugeln ist ein einziger Kugelein- und austritt vorgesehen. Ebenso wie bei der Vorrichtung nach der DE 7 410 301 U sind auch bei der Vorrichtung nach der EP 1 893 384 B1 die Schleifscheiben horizontal angeordnet.

[0004] Auch Kugelschleifmaschinen mit vertikal angeordneten Schleifscheiben, das heißt horizontaler Rotationsachse, sind aus dem Stand der Technik, beispielsweise dem Dokument DE 193953 A, bekannt. Ebenso sind im Stand der Technik zur Bearbeitung von Wälzkörpern vorgesehene Schleifmaschinen mit schräg gestellten Schleifscheiben beschrieben. Beispielhaft wird in diesem Zusammenhang auf die Dokumente US 5,301,470 A und WO 96 / 33047 A1 hingewiesen. Schleifvorrichtungen, die Sensoren umfassen, sind aus dem Stand der Technik bekannt. DE 42 19 988 A1 offenbart eine Schleifvorrichtung für Wälzkörper, die dem Anspruch 1 zugrunde liegt, wobei die Vorrichtung einen Sensor aufweisen kann, womit die Menge der sich ansammelnden Stahlkugeln steuerbar ist. DE 10 2012 211634 A1, die sich mit einer Breitbandschleifmaschine befasst, offenbart die Verwendung eines akustischen Sensors bzw. Schallsensors zur Werkstückerkennung. EP 3 269 506 A1 offenbart eine Schleifvorrichtung für Wälzkörper mit einem System zur Messung der Größe der bearbeiteten Kugeln, das einen Kontaktsensor umfasst.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Schleifen von Wälzkörpern gegenüber dem genannten Stand der Technik weiterzuentwickeln, wobei eine besonders hohe Prozesssicherheit mit lediglich äußerst geringen Schwankungen von Produktparametern unter Bedingungen der Serienfertigung angestrebt wird.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Schleifvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Ebenso wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Ermittlung des Füllgrads einer Schleifvorrichtung gemäß Anspruch 7. Im Folgenden im Zusammenhang mit dem Verfahren zur Füllgradermittlung erläuterte Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung gelten sinngemäß auch für die zum Schleifen von Wälzkörpern ausgebildete Vorrichtung und umgekehrt.

[0007] Die Schleifvorrichtung umfasst mindestens eine Schleifscheibe, welche zum Schleifen von in mindestens einer Bahn der Schleifscheibe geleiteten Wälzkörpern, insbesondere Kugeln, ausgebildet ist. Darüber hinaus ist der Schleifvorrichtung ein Auswertesystem zuzurechnen, welches zur einzelnen akustischen Erfassung durch die Bahn geleiteter, das heißt aus der Schleifvorrichtung ausgeleiteter, Wälzkörper und damit zur Bestimmung des Füllgrades der Bahn ausgebildet ist. Der Füllgrad der Bahn, welche die Wälzkörper bei Schleifen durchlaufen, wird auch als Füllgrad der Schleifvorrichtung bezeichnet.

[0008] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass Parameter der Werkstücke, das heißt Wälzkörper, signifikant vom Füllgrad der Schleifvorrichtung abhängen. Die theoretische Obergrenze des Füllgrads liegt bei 100 %, was bedeuten würde, dass der Schleifspalt vollständig mit Wälzkörpern ausgefüllt ist. Um einen gleichmäßigen und gezielten Materialabtrag an den Werkstücken zu erreichen, sollte der Füllgrad auf einen definierten Wert unter 100 % eingestellt sein. Prinzipiell ist es möglich, den Füllgrad allein durch theoretische Überlegungen herzuleiten. Eingangsgrößen solcher Überlegungen sind geometrische Merkmale der Schleifvorrichtung und der zu schleifenden Werkstücke, womit Bewegungszustände der Werkstücke in der Schleifvorrichtung simulierbar sind. Der Füllgrad beeinflusst wesentlich die auf die Werkstücke wirkenden Kräfte.

[0009] Ausgehend von diesen Überlegungen wird ein Verfahren zur Ermittlung des Füllgrades einer Schleifvorrichtung vorgeschlagen, welches folgende Merkmale aufweist:

- Bereitstellung einer Schleifscheibenanordnung, welche einen Wälzkörperzulauf, einen Wälzkörperablauf, sowie mindestens eine durch mindestens eine Schleifscheibe begrenzte Bahn für zu schleifende Wälzkörper aufweist,
- Einfüllen von Wälzkörpern in den Wälzkörperzulauf und Schleifen der Wälzkörper,
- Ausleiten der geschliffenen Wälzkörper aus dem

Wälzkörperablauf,

- Akustische Erfassung der einzelnen aus dem Wälzkörperablauf ausgeleiteten Wälzkörper beim Herabfallen der Wälzkörper auf einen Auffangkörper,
- Bestimmung des Füllgrades der Schleifscheibenanordnung aus den zeitlichen Abständen zwischen den erfassten akustischen, jeweils einem einzelnen Wälzkörper zugeordneten Signalen, ausgehend von einer bekannten durchschnittlichen Verweildauer der Wälzkörper beim Schleifen in der Schleifscheibenanordnung und von der bekannten Gesamtlänge der mindestens einen von den Wälzkörpern beim Schleifen zu durchlaufenden Bahn sowie von der Dimensionierung der Wälzkörper.

[0010] Insbesondere wird der Füllgrad mit folgender Formel bestimmt:

$$FG = (VwD / dt) \times (DW / LR),$$

wobei

FG = Füllgrad der Schleifvorrichtung,

VwD = durchschnittliche Verweildauer der Wälzkörper in der Schleifscheibenanordnung,

dt = gemessener durchschnittlicher Zeitabstand zwischen zwei Signalen, die jeweils das Herabfallen eines Wälzkörpers anzeigen,

DW = Wälzkörperdurchmesser,

LR = Gesamtlänge der für den Durchlauf der Wälzkörper in der Schleifscheibenanordnung zur Verfügung stehenden Bahn.

[0011] Was den durchschnittlichen Zeitabstand zwischen zwei akustischen Signalen betrifft, kann beispielsweise die Anzahl der Ereignisse, welche jeweils den Austritt eines bearbeiteten Wälzkörpers aus der Schleifvorrichtung repräsentieren, über einen festgelegten, gleitenden Zeitraum erfasst werden. Alternativ kann die Anzahl der Ereignisse, beispielsweise zehn oder 20 Ereignisse, vorgegeben sein, wobei der während dieser Ereignisse verstrichene Zeitraum gemessen wird.

[0012] Um eventuelle störende Untergrundsignale zu eliminieren, kann die Verarbeitung der akustischen Signale mit Filterung, insbesondere Hochpassfilterung, erfolgen. Auch eine Tiefpassfilterung oder Bandfilterung kommt in Betracht. Zur Detektion der akustischen Signale, welche durch die herabfallenden Wälzkörper erzeugt werden, ist insbesondere ein Körperschallsensor geeignet. Was Körperschallsensoren betrifft, wird beispielhaft auf die Dokumente DE 10 2007 057 136 A1,

DE 42 07 910 C2 und WO 2014 / 095763 A1 hingewiesen.

[0013] Die Schleifvorrichtung kann entweder mit einer einzigen drehenden Scheibe oder mit einer Mehrzahl rotierender Scheiben betrieben werden. Sämtliche Drehzahlen können in die Füllgradermittlung eingehen.

[0014] In vorteilhafter Ausgestaltung ist ein Auffangkörper, welcher insbesondere als Messplatte gestaltet ist, an schwingungsdämpfenden Elementen, beispielsweise Stützen, gelagert. Die schwingungsdämpfenden Elemente sind derart gestaltet, dass sie bei Frequenzen, die durch die auftreffenden Wälzkörper generiert werden, eine besonders hohe Dämpfung aufweisen. Ein Körperschallsensor kann direkt am Auffangkörper, insbesondere unter der Messplatte, montiert sein.

[0015] Die mindestens eine Schleifscheibe der Schleifvorrichtung ist in typischer Ausgestaltung horizontal angeordnet. Ebenso kommt, wie prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt, eine vertikale Anordnung der Schleifscheibe oder eine Schrägstellung deren Rotationsachse in Betracht.

[0016] Unabhängig von der Anordnung der Schleifscheibe oder Schleifscheiben im Raum existieren verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten, was die Geometrie der mindestens einen, von den Wälzkörpern zu durchlaufenden Bahn oder Bahnen betrifft. Beispielsweise sind mehrere Bahnen konzentrisch ineinander geschachtelt. Alternativ kann eine einzelne Bahn, in welcher die Wälzkörpern geschliffen werden, spiralförmig gestaltet sein.

[0017] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

Fig. 1 eine Schleifvorrichtung in schematischer Seitenansicht,

Fig. 2 in einem Flussdiagramm ein mit der Schleifvorrichtung durchführbares Verfahren,

Fig. 3 eine weitere schematisierte Ansicht der Schleifvorrichtung.

[0018] Eine insgesamt mit dem Bezugszeichen 1 gekennzeichnete Schleifvorrichtung ist als Horizontalschleifmaschine ausgebildet und zur Bearbeitung von Wälzkörpern 2, nämlich Kugeln für Kugellager, vorgesehen. Die Schleifvorrichtung 1 umfasst eine aus zwei Schleifscheiben 3, 4 aufgebaute Schleifscheibenanordnung 5, welche auch als Schleifmaschine im engeren Sinne bezeichnet wird. Die Schleifscheiben 3, 4 weisen Rillen 6, 7 auf, in denen die Kugeln 2 geschliffen werden. Ein Wälzkörperzulauf der Schleifscheibenanordnung 5 ist mit 8, ein Wälzkörperablauf mit 9 bezeichnet. Die gemeinsame Mittelachse der Schleifscheiben 3, 4 ist mit MA bezeichnet.

[0019] In Figur 3 ist ein zwischen dem Wälzkörperzulauf 8, der Mittelachse MA und dem Wälzkörperablauf 9 gebildeter Winkel α eingezeichnet. Beim Schleifen legen

die durch den Wälzkörperzulauf 8 zugeführten Wälzkörper 2 typischerweise eine Vielzahl an Umdrehungen zurück, bevor sie die Schleifscheibenanordnung 5 am Wälzkörperablauf 9 verlassen. Insgesamt ist durch die Rillen 6, 7 eine Bahn 10 gebildet, welche für den Durchlauf der Wälzkörper 2 in der Schleifscheibenanordnung 5 zur Verfügung steht und eine Gesamtlänge LR aufweist. Die Anzahl der gleichzeitig in der Schleifscheibenanordnung 5 befindlichen Wälzkörper 2, multipliziert mit dem Wälzkörperdurchmesser DW, ergibt die Länge einer gedachten Kette an Wälzkörpern 2, welche berührend aneinandergereiht sind. Das Verhältnis der Länge dieser Kette zur Gesamtlänge LR stellt den mit FG bezeichneten Füllgrad der Schleifscheibenanordnung 5 dar, welcher kurz auch als Füllgrad FG der Schleifvorrichtung 1 bezeichnet wird.

[0020] Eine direkte Messung der Füllgrades FG wäre prinzipiell möglich, indem die durch den Wälzkörperzulauf 8 zugeführten Wälzkörper 2 und die aus dem Wälzkörperablauf 9 austretenden Wälzkörper 2 jeweils einzeln gezählt werden, wobei auch die Zeitpunkte des Wälzkörpereintritts und -austritts erfasst werden.

[0021] Im vorliegenden Fall ist jedoch auf der Einlassseite der Schleifscheibenanordnung 5 keine Zählung der Wälzkörper 2 vorgesehen. Stattdessen wird eine auslassseitige Zählung der Wälzkörper 2, auf welche im Folgenden noch näher eingegangen wird, mit Daten kombiniert, die den Wälzkörperdurchlauf durch die Schleifscheibenanordnung 5 betreffen. Was diese Daten betrifft, werden theoretische Überlegungen zum Aufbau und zur Dimensionierung der Schleifvorrichtung 1 sowie der Wälzkörper 2 mit experimentellen Beobachtungen kombiniert. Von ihrem geometrischen Grundaufbau her weist die Schleifscheibenanordnung 5 Gemeinsamkeiten mit einem Axialkugellager auf. Geht man von einer feststehenden Schleifscheibe 3, 4 und von der Rotation der anderen Schleifscheibe 4, 3 aus, so rotiert jeder Wälzkörper 2 näherungsweise mit der halben Winkelgeschwindigkeit derjenigen Geschwindigkeit, welche die rotierende Schleifscheibe 3, 4 aufweist, um die Mittelachse MA. Abweichungen hiervon sind insbesondere dadurch begründet, dass die Wälzkörper 2 die Schleifscheiben 3, 4 nicht nur punktuell berühren, und können durch Versuche erfasst und/oder weitere theoretische Überlegungen simuliert werden. Letztlich wird damit eine durchschnittliche Verweildauer VwD bestimmt, die angibt, wie lange sich jeder Wälzkörper 2 durchschnittlich in der Schleifscheibenanordnung 5 befindet.

[0022] Am Wälzkörperablauf 9 werden Wälzkörper 2 von einem Auslaufband 11 aufgenommen. Vom Auslaufband 11 aus fallen die Wälzkörper 2 einzeln auf eine Messplatte 12, welche einen Auffangkörper darstellt. Am Auffangkörper 12 befindet sich ein Körperschallsensor 13, welcher einem Auswertesystem 14 zuzurechnen ist. Der Auffangkörper 12 ist, wie aus Figur 1 hervorgeht, mit Hilfe von schwingungsdämpfenden Elementen 15 gelagert.

[0023] Was den Betrieb des Auswertesystems 14 be-

trifft, wird auf Figur 2 verwiesen. In das Auswertesystem 14 gehen danach verschiedene Daten D1, D2, D3 ein. Hierbei handelt es sich um statistische Daten D1, dynamische Daten D2 und Sensordaten D3. Zu den statistischen Daten D1 zählen insbesondere der Kugeldurchmesser DW sowie die Gesamtlänge LR der Bahn 10. Die dynamischen Daten D2 umfassen die Drehzahl der Schleifscheibe 3, 4. Dies gilt entsprechend auch bei einer Rotation beider Schleifscheiben 3, 4. Als mit Hilfe des Körperschallsensors 13 gewonnene Sensordaten D3 sind die einzelnen Impulse zu nennen, welche durch das Auftreffen der Wälzkörper 2 auf die Messplatte 12 generiert werden.

[0024] Das Auswertesystem 14 stellt einen durchschnittlichen Zeitabstand dt zwischen zwei Signalen fest, die jeweils durch das Herabfallen eines Wälzkörpers 2 auf die Messplatte 12 erzeugt werden. Der Zeitraum, über welchen die Mittelung des durchschnittlichen Zeitabstands dt erfolgt, kann einstellbar sein. Alternativ kann die Anzahl der Einzelereignisse, das heißt akustischen Impulse, welche detektiert werden, bevor ein Mittelwert des Zeitabstandes dt gebildet wird, einstellbar sein.

[0025] In jedem Fall wird eine Hochpassfilterung angewandt, um eine Verfälschung der von dem Auswertesystem 14 aufgenommenen Signale zu vermeiden. Der durchschnittliche Zeitabstand dt wird in Relation zur durchschnittlichen Verweildauer VwD der Wälzkörper 2 in der Schleifscheibenanordnung 5 gesetzt. Beträgt der durchschnittliche Zeitabstand dt beispielsweise ein Zehntel der durchschnittlichen Verweildauer VwD, so bedeutet dies, dass sich durchschnittlich zehn Wälzkörper 2 gleichzeitig im Schleifspalt zwischen den Schleifscheiben 3, 4 befinden. Ferner sei eine Gesamtlänge LR gegeben, welche in diesem Beispiel dem 50-fachen des Wälzkörperdurchmessers DW entspricht. Der Füllgrad FG der Schleifvorrichtung 1 - genauer gesagt: der Schleifscheibenanordnung 5 - beträgt nach der Formel

$$FG = (VwD / dt) \times (DW / LR)$$

in diesem Fall $10 \times 1/50 = 20\%$. Um einen geänderten Füllgrad FG einzustellen, ist beispielsweise die Drehzahl der Schleifscheiben 3, 4 oder eines Kugelmagazins variierbar.

Bezugszeichenliste

[0026]

- | | |
|---|--|
| 1 | Schleifvorrichtung |
| 2 | Wälzkörper |
| 3 | Schleifscheibe |
| 4 | Schleifscheibe |
| 5 | Schleifscheibenanordnung, Schleifmaschine im engeren Sinne |
| 6 | Rille |
| 7 | Rille |

8 Wälzkörperzulauf
 9 Wälzkörperablauf
 10 Bahn
 11 Auslaufband
 12 Messplatte, Auffangkörper
 13 Körperschallsensor
 14 Auswertesystem
 15 schwingungsdämpfendes Element

α Winkel
 D1 statistische Daten
 D2 dynamische Daten
 D3 Sensordaten
 dt durchschnittlicher Zeitabstand
 DW Wälzkörperdurchmesser
 FG Füllgrad
 LR Gesamtlänge der Bahn
 MA Mittelachse
 VwD durchschnittliche Verweildauer

Patentansprüche

1. Schleifvorrichtung (1) für Wälzkörper (2), umfassend mindestens eine Schleifscheibe (3, 4), welche zum Schleifen von in mindestens einer Bahn (10) der Schleifscheibe (3, 4) geleiteten Wälzkörpern (2) ausgebildet ist, **gekennzeichnet durch** ein Auswertesystem (14), welches zur einzelnen akustischen Erfassung durch die Bahn (10) geleiteter Wälzkörper (2) und damit zur Bestimmung des Füllgrades (FG) der Bahn (10) ausgebildet ist.
2. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Schleifscheibe (3, 4) eine Mehrzahl ineinander geschachtelter Bahnen (10) für Wälzkörper (2) gebildet sind.
3. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Schleifscheibe (3, 4) eine spiralförmige Bahn (10) für Wälzkörper (2) gebildet ist.
4. Schleifvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** einen dem Auswertesystem (14) zuzurechnenden Körperschallsensor (13), welcher zur akustischen Detektion des Fallens einzelner Wälzkörper (2) auf eine Messplatte (12) ausgebildet ist.
5. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messplatte (12) an schwingungsdämpfenden Elementen (15) gelagert ist.
6. Schleifvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (3, 4) horizontal angeordnet ist.

7. Verfahren zur Ermittlung des Füllgrads (FG) einer Schleifvorrichtung (1), mit folgenden Schritten:

- Bereitstellung einer Schleifscheibenanordnung (5), welche einen Wälzkörperzulauf (8), einen Wälzkörperablauf (9), sowie mindestens eine durch mindestens eine Schleifscheibe (3, 4) begrenzte Bahn (10) für zu schleifende Wälzkörper (2) aufweist,
 - Einfüllen von Wälzkörpern (2) in den Wälzkörperzulauf (8) und Schleifen der Wälzkörper (2),
 - Ausleiten der geschliffenen Wälzkörper (2) aus dem Wälzkörperablauf (9),
 - Akustische Erfassung der einzelnen aus dem Wälzkörperablauf (9) ausgeleiteten Wälzkörper (2) beim Herabfallen der Wälzkörper (2) auf einen Auffangkörper (12),
 - Bestimmung des Füllgrades (FG) der Schleifscheibenanordnung (5) aus den zeitlichen Abständen (dt) zwischen den erfassten akustischen, jeweils einem einzelnen Wälzkörper (2) zugeordneten Signalen, ausgehend von einer bekannten durchschnittlichen Verweildauer (VwD) der Wälzkörper (2) beim Schleifen in der Schleifscheibenanordnung (5) und von der bekannten Gesamtlänge (LR) der mindestens einen von den Wälzkörpern (2) beim Schleifen zu durchlaufenden Bahn (10) sowie von der Dimensionierung der Wälzkörper (2).

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllgrad (FG) mit folgender Formel bestimmt wird:

$$FG = (VwD / dt) \times (DW / LR),$$

wobei

VwD = durchschnittliche Verweildauer der Wälzkörper (2) in der Schleifscheibenanordnung,
 dt = gemessener durchschnittlicher Zeitabstand zwischen zwei Signalen, die jeweils das Herabfallen eines Wälzkörpers (2) anzeigen,
 DW = Wälzkörperdurchmesser,
 LR = Gesamtlänge der mindestens einen für den Durchlauf der Wälzkörper (2) in der Schleifscheibenanordnung (5) zur Verfügung stehenden Bahn (10).

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die akustischen Signale der auf den Auffangkörper (12) auftreffenden Wälzkörper (2) mit Hochpassfilterung verarbeitet werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllgrad (FG) un-

ter Berücksichtigung der Drehzahl der mindestens einen Schleifscheibe (3, 4) bestimmt wird.

Claims

1. A grinding device (1) for rolling bodies (2), comprising at least one grinding wheel (3, 4), which is designed for grinding rolling bodies (2) which are guided in at least one track (10) of the grinding wheel (3, 4), **characterised by** an evaluation system (14), which is designed for acoustically detecting individual rolling bodies (2), which are guided by way of the track (10) and, thereby, for determining the degree of filling (FG) of the track (10).
2. The grinding device (1) according to claim 1, **characterised in that** a plurality of nested tracks (10) for rolling bodies (2) are formed by the grinding wheel (3, 4).
3. The grinding device (1) according to claim 1, **characterised in that** a spiral track (10) for rolling bodies (2) is formed by the grinding wheel (3, 4).
4. The grinding device (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterised by** a structure-borne sound sensor (13), which is assigned to the evaluation system (14) and is designed for the acoustic detection of the falling of individual rolling bodies (2) onto a measuring plate (12).
5. The grinding device (1) according to claim 4, **characterised in that** the measuring plate (12) is mounted on vibration-damping elements (15).
6. The grinding device (1) according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the grinding wheel (3, 4) is arranged horizontally.
7. A method for determining the degree of filling (FG) of a grinding device (1), having the following steps:
 - providing a grinding wheel arrangement (5), which has a rolling body inlet (8), a rolling body outlet (9), and at least one track (10) delimited by at least one grinding wheel (3, 4) for rolling bodies (2) to be ground,
 - filling rolling bodies (2) into the rolling body inlet (8) and grinding the rolling bodies (2),
 - removing the ground rolling bodies (2) from the rolling body outlet (9),
 - acoustically detecting individual rolling bodies (2) discharged from the rolling body outlet (9) when the rolling bodies (2) fall onto a collecting body (12),
 - determining the degree of filling (FG) of the grinding wheel arrangement (5) from the time

intervals (dt) between the detected acoustic signals, each assigned to an individual rolling body (2), based on a known average dwell time (VwD) of the rolling bodies (2) during grinding in the grinding wheel arrangement (5) and the known total length (LR) of the at least one track (10) to be traversed by the rolling bodies (2) during grinding, as well as the dimensioning of the rolling bodies (2).

8. The method according to claim 7, **characterised in that** the degree of filling (FG) is determined using the following formula:

$$FG = (VwD/dt) \times (DW/LR),$$

wherein

VwD = average dwell time of the rolling bodies (2) in the grinding wheel arrangement,
 dt = measured average time interval between two signals, each of which indicates the falling of a rolling body (2),
 DW = rolling body diameter,
 LR = total length of the at least one track (10) available for the rolling bodies (2) to pass through the grinding wheel arrangement (5).

9. The method according to claim 7 or 8, **characterised in that** the acoustic signals from the rolling bodies (2) striking the collecting body (12) are processed with high-pass filtering.
10. The method according to any one of claims 7 to 9, **characterised in that** the degree of filling (FG) is determined taking into account the speed of the at least one grinding wheel (3, 4).

Revendications

1. Dispositif de meulage (1) pour corps roulants (2), comprenant au moins une meule (3, 4), qui est conçue pour meuler des corps roulants (2) guidés dans au moins une piste (10) de la meule (3, 4), **caractérisé par** un système d'évaluation (14) conçu pour la détection acoustique individuelle des corps roulants (2) guidés à travers la piste (10) et ainsi pour la détermination du degré de remplissage (FG) de la piste (10).
2. Dispositif de meulage (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'une** pluralité de pistes (10) imbriquées pour des corps roulants (2) sont formées par la meule (3, 4).
3. Dispositif de meulage (1) selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'une piste (10) en spirale pour les corps roulants (2) est formée dans la meule (3, 4).

4. Dispositif de meulage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par** un capteur de bruit de structure (13) associé au système d'évaluation (14) qui est conçu pour la détection acoustique de la chute de corps roulants individuels (2) sur une plaque de mesure (12). 5
5. Dispositif de meulage (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la plaque de mesure (12) est montée sur des éléments amortisseurs de vibrations (15). 10
6. Dispositif de meulage (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la meule (3, 4) est agencée à l'horizontale. 15
7. Procédé de détermination du degré de remplissage (FG) d'un dispositif de meulage (1), comprenant les étapes suivantes : 20

- fourniture d'un ensemble de meules (5) qui présente une entrée (8) de corps roulants, une sortie (9) de corps roulants et au moins une piste (10) délimitée par au moins une meule (3, 4) pour les corps roulants (2) à meuler, 25
- remplissage des corps roulants (2) dans l'entrée (8) de corps roulants et meulage des corps roulants (2), 30
- retrait des corps roulants (2) meulés de la sortie (9) de corps roulants,
- détection acoustique des différents corps roulants (2) évacués de la sortie (9) de corps roulants lorsque les corps roulants (2) tombent sur un corps collecteur (12), 35
- détermination du degré de remplissage (FG) de l'ensemble de meules (5) à partir des intervalles de temps (dt) entre les signaux acoustiques détectés, chacun associé à un corps roulant (2) individuel, sur la base d'un temps de séjour moyen connu (VwD) des corps roulants (2) pendant le meulage dans l'ensemble de meules (5) et de la longueur totale connue (LR) de l'au moins une piste (10) que doivent parcourir les corps roulants (2) pendant le meulage, ainsi que du dimensionnement des corps roulants (2). 40

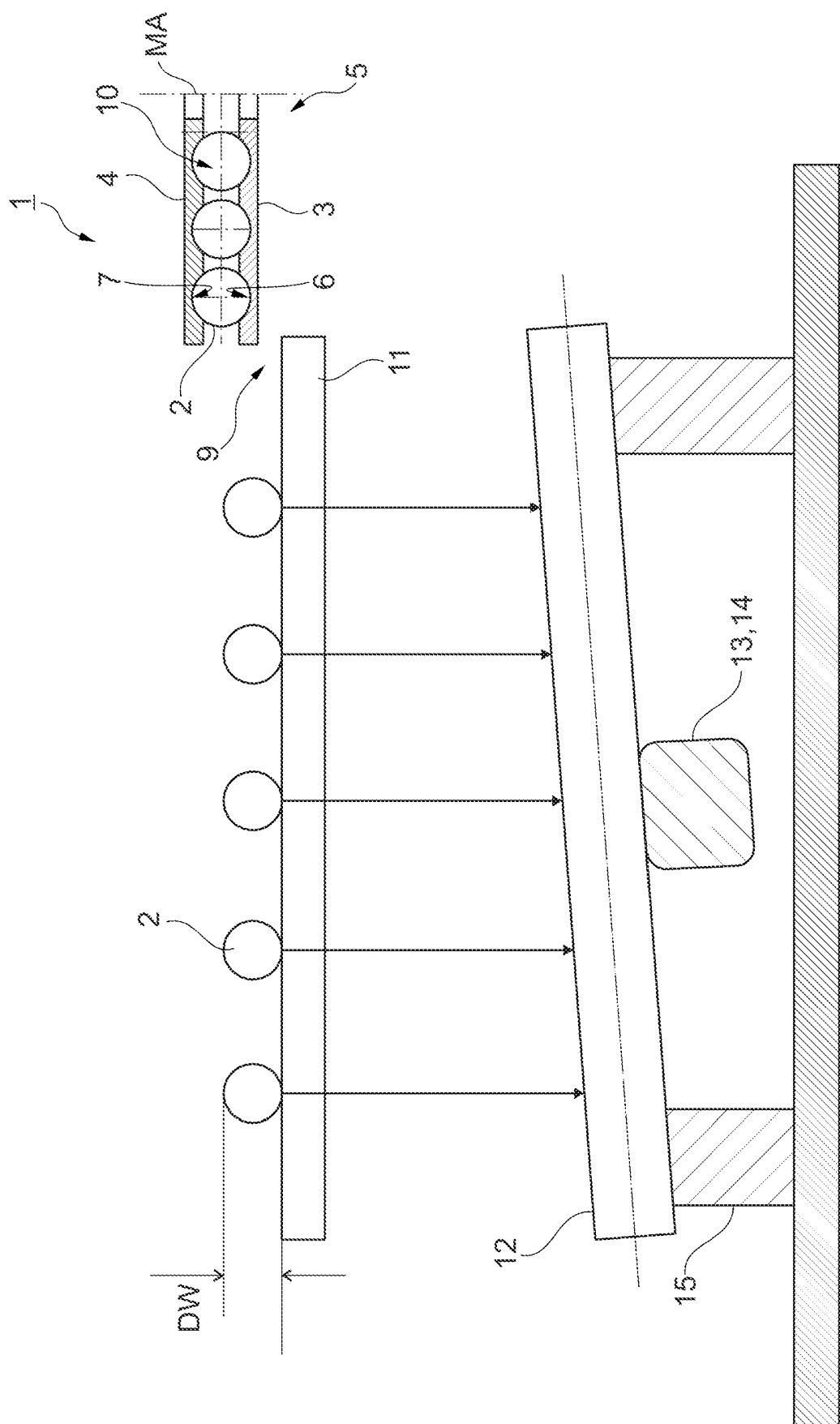
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le degré de remplissage (FG) est déterminé selon la formule suivante : 45

$$FG = (VwD / dt) \times (DW / LR),$$

où

VwD = temps de séjour moyen des corps roulants (2) dans l'ensemble de meules,
 dt = intervalle de temps moyen mesuré entre deux signaux indiquant chacun la chute d'un corps roulant (2),
 DW = diamètre du corps roulant,
 LR = longueur totale de l'au moins une piste (10) disponible pour que les corps roulants (2) traversent l'ensemble de meules (5).

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les signaux acoustiques provenant des corps roulants (2) frappant le corps collecteur (12) sont traités par filtrage passe-haut. 50
10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** le degré de remplissage (FG) est déterminé en tenant compte de la vitesse de rotation de l'au moins une meule (3, 4). 55



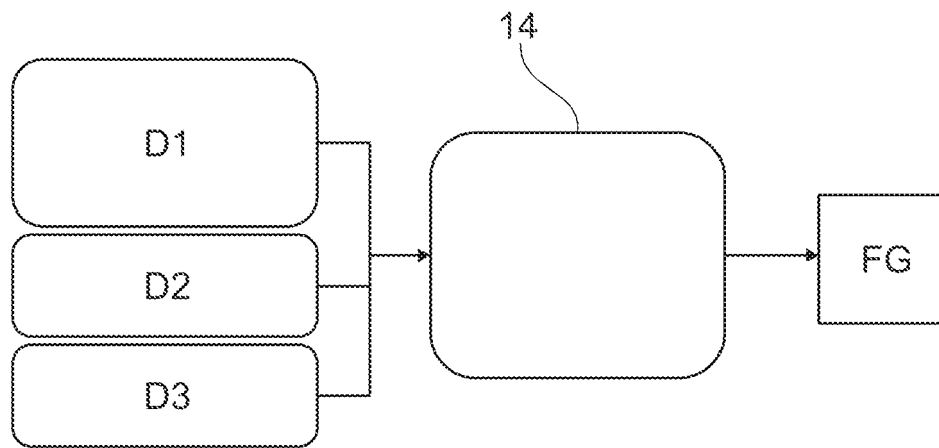


Fig. 2

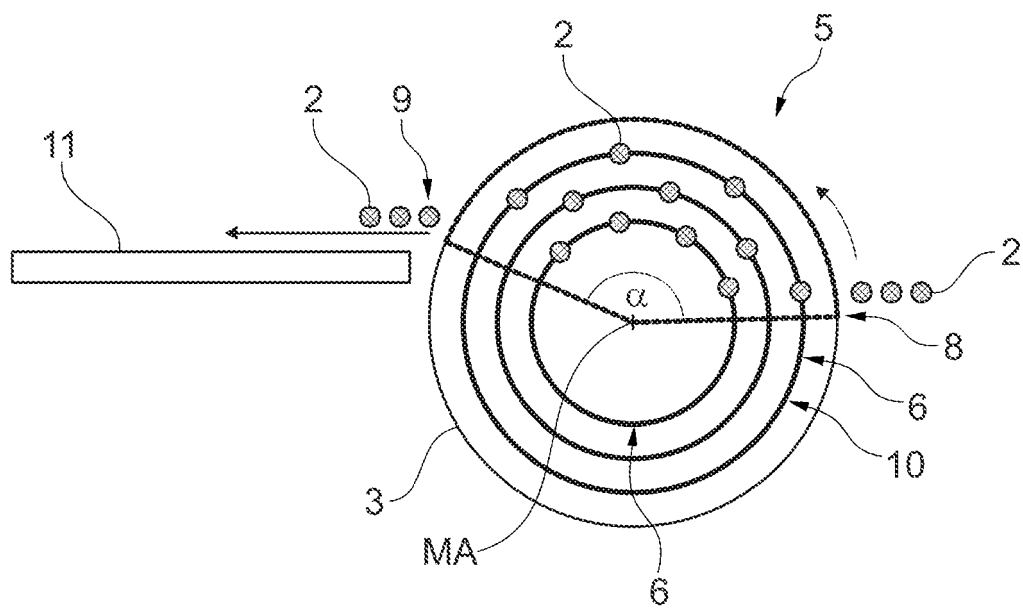


Fig. 3

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 7410301 U **[0002]**
- EP 1893384 B1 **[0003]**
- DE 7410301 **[0003]**
- DE 193953 A **[0004]**
- US 5301470 A **[0004]**
- WO 9633047 A1 **[0004]**
- DE 4219988 A1 **[0004]**
- DE 102012211634 A1 **[0004]**
- EP 3269506 A1 **[0004]**
- DE 102007057136 A1 **[0012]**
- DE 4207910 C2 **[0012]**
- WO 2014095763 A1 **[0012]**