

(19)



(11)

**EP 3 738 673 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.07.2024 Patentblatt 2024/31**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B02C 19/06** <sup>(2006.01)</sup> **B24C 1/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**B22F 1/00** <sup>(2022.01)</sup> **B22F 9/04** <sup>(2006.01)</sup>  
**B24C 3/32** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **20167872.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B02C 19/06; B02C 19/061; B02C 19/068;**  
**B24C 1/00; B24C 3/32; B22F 1/065;**  
**B22F 2009/044**

(22) Anmeldetag: **03.04.2020**

(54) **SCHLEIFVORRICHTUNG ZUM VERRUNDEN VON PARTIKELN**

GRINDING DEVICE FOR ROUNDING PARTICLES

DISPOSITIF DE RECTIFICATION DESTINÉ À L'ARRONDISSEMENT DES PARTICULES

(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**

(72) Erfinder: **Winter, Frank**  
**63165 Mühlheim (DE)**

(30) Priorität: **15.05.2019 DE 102019112791**

(74) Vertreter: **Misselhorn, Hein-Martin**  
**Patent- und Rechtsanwalt**  
**Am Stein 10**  
**85049 Ingolstadt (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**18.11.2020 Patentblatt 2020/47**

(73) Patentinhaber: **NETZSCH Trockenmahltechnik GmbH**  
**95100 Selb (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 0 082 816 WO-A1-2018/121803**  
**CN-Y- 2 239 294 JP-B2- 3 786 190**  
**JP-B2- H0 657 310 US-A- 2 191 095**  
**US-A- 3 436 868**

**EP 3 738 673 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Schleifvorrichtung zum Verrunden von Partikeln. Die Schleifvorrichtung umfasst eine Wirbelkammer zur Behandlung der in einem Fluidstrom suspendierten Partikel und ist darüber hinaus nach Maßgabe des Anspruchs 1 beschaffen. Die Erfindung betrifft darüber hinaus auch ein entsprechendes Verfahren und die zugehörige Verwendung.

## TECHNISCHER HINTERGRUND

**[0002]** Partikel, deren mittlere Korngröße sich in einem bestimmten Bereich bewegt und die dabei möglichst keine scharfen Kanten aufweisen, werden für unterschiedlichste technische Anwendungen benötigt.

**[0003]** Ein prominenter Anwendungsfall ist die Herstellung von sogenannten Dauer- oder Permanentmagneten.

**[0004]** Ein Dauermagnet bzw. Permanentmagnet besteht aus einem magnetisierbaren Material, zum Beispiel Eisen, Kobalt oder Nickel. In vielen Fällen werden Seltenerdmetalle zulegiert, insbesondere Neodym, Samarium, Praseodym, Dysprosium, Terbium oder Gadolinium. Seltenerd-Magnete zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine hohe magnetische Remanenzflussdichte und damit eine hohe magnetische Energiedichte aufweisen.

**[0005]** Solche Permanentmagnete werden aus kristallinem Pulver hergestellt. Das Magnetpulver wird dabei in Gegenwart eines starken Magnetfelds in eine Form gepresst. Unter dem Einfluss des Magnetfelds richten sich die Kristalle mit ihrer bevorzugten Magnetisierungsachse in Richtung entlang des Magnetfelds aus.

**[0006]** Die Presslinge werden anschließend gesintert. Beim Sintern werden die pulverisierten Bestandteile des Pulvers durch Erwärmung miteinander verbunden oder verdichtet, wobei jedoch keine oder zumindest nicht alle Ausgangsstoffe aufgeschmolzen werden. Dabei werden die Presslinge - oft unter erhöhtem Druck - derart erhitzt, dass die Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur der Hauptkomponenten bleiben, so dass die Gestalt (Form) des Werkstückes erhalten bleibt.

**[0007]** Es ist bekannt zur Herstellung eines Ausgangsmaterials, wie es zur Fertigung von Permanentmagneten und insbesondere zur Fertigung von Nd-Fe-B (Neodym-Eisen-Bor) Magneten benötigt wird, Seltenerdmetall umfassende Legierungen zu einem Zwischenprodukt zu vermahlen. Bei dem Mahlgut kann es sich ganz oder teilweise auch um ein Rezyklat aus Altmagneten handeln.

**[0008]** Zur Herstellung von pulverförmigen Zwischenprodukten eignen sich in der Regel die herkömmlichen Zerkleinerungstechniken.

**[0009]** Problematisch ist jedoch, dass bei der Feinmahlung von solchen Seltenerd-Magnetpulvern mit herkömmlichen Verfahren, beispielsweise in Fließbettstrahlmühlen oder ähnlichen Mahlanlagen, Pulverteilchen entstehen, die scharfe Ecken und Kanten aufweisen. Diese scharfen Ecken und Kanten sind aus ver-

schiedensten Gründen in höchstem Maße unerwünscht.

**[0010]** So zeigen Magnete, die unter Verwendung eines solchen scharfkantigen Pulvers hergestellt wurden, schlechtere Magnetwerte bzw. geringere magnetische Energiedichten, als das Berechnungen erwarten lassen, bei denen man weitgehend rund geschliffene Pulverpartikel voraussetzt, also Partikel, die im Wesentlichen keine scharfen Ecken und Kanten aufweisen. EP 0082816 A2 offenbart ein Verfahren zum Abrunden von körnigen Feststoffpartikeln. WO 2018/121803 A1 offenbart eine Strahlmühle, die dafür ausgelegt ist, zwei in entgegengesetzte Richtungen kreisenden Fluidströmungen zu erzeugen.

## 15 DIE DER ERFINDUNG ZUGRUNDE LIEGENDE AUFGABE

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Herstellung von geglätteten Partikeln einer bestimmten Größe zur Verfügung zu stellen, d. h. zur Herstellung von Partikeln mit einer zumindest verringerten Anzahl von Ecken und Kanten.

**[0012]** Vorrichtungsmäßig wird die erfindungsgemäße Lösung durch eine Schleifvorrichtung zum Verrunden von Partikeln nach Maßgabe des Anspruchs 1 erreicht.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Schleifvorrichtung besitzt mindestens eine Wirbelkammer zur Behandlung von Partikeln, die in einem Fluidstrom suspendiert sind. Unter einem "Suspendiert-Sein" versteht man, dass die Partikel für den Zeitraum ihrer Bearbeitung zumindest überwiegend von dem Fluidstrom getragen werden.

**[0014]** Der besagte Fluidstrom, der sich in der Wirbelkammer bewegt, wird durch Fluidstrahlen erzeugt, die an unterschiedlichen Stellen mittels einer Blaskammer in die Wirbelkammer eingeblasen werden. Unter einem Fluidstrahl versteht man ein lokal einströmendes, gebündeltes Fluid. Gebündelt in diesem Sinne ist ein Fluidstrahl nicht nur, aber jedenfalls dann, wenn er direkt an seiner Austrittsmündung einen absoluten oder mittleren Durchmesser von kleiner oder gleich 10 mm aufweist. Der Durchmesser des Fluidstrahles ist abhängig von dem Düsendurchmesser und der Düsenform (zylindrisch oder konisch), kann im Einzelfall aber auch deutlich größer sein.

**[0015]** Dabei besitzt die Blaskammer eine Anzahl erster Blaskammern zum Einblasen von Fluidstrahlen in die Wirbelkammer hinein, von außen her kommend. Diese Blaskammern treiben eine tendenziell in eine erste Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse der Wirbelkammer kreisende Fluidströmung.

**[0016]** Die Blaskammer umfasst zusätzlich eine Anzahl zweiter Blaskammern. Auch diese dienen zum Einblasen von Fluidstrahlen in die Wirbelkammer hinein, von außen her kommend. Diese zweiten Blaskammern treiben eine tendenziell in eine zweite Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse der Wirbelkammer kreisende Fluidströmung, die der ersten Hauptströmungsrichtung entgegengesetzt ist.

**[0017]** Klarstellend sei gesagt, dass in der Wirbelkammer durch das besagte Einblasen der Fluidstrahlen bevorzugt eine turbulente, kreisende Strömung entsteht, nicht nur, aber insbesondere dann, wenn auch noch ein schnell rotierendes Sicherterrad an der Entstehung der Strömung in der Wirbelkammer beteiligt ist. Der Begriff "Hauptströmungsrichtung" bezeichnet daher (grob) die resultierende Richtung, in die sich der örtliche Fluidstrom bzw. die ihn ausmachende, vertikal orientierte Schicht mit im Regelfall endlicher Dicke insgesamt gesehen bewegt, unbeschadet eventuell überlagerter örtlicher Turbulenzen. Verfahrensmäßig wird die erfindungsgemäße Lösung mit den Merkmalen des Anspruchs 9, bzw. 10 erreicht.

#### OPTIONALE MÖGLICHKEITEN ZUR WEITERENTWICKLUNG DER ERFINDUNG

**[0018]** Bevorzugt wird die Blasvorrichtung als - vorzugsweise gesondert austauschbaren - Leitring mit eingebauten Blasöffnungen ausgebildet. Dieser Leitring bildet dann eine Leitwand der Wirbelkammer aus, d. h. eine Strömungsleitvorrichtung. Diese beeinflusst die Bewegung des Fluidstroms in Umfangsrichtung. Das erfolgt im Regelfall dadurch, dass der Leitring dem Fluidstrom seine kreisende Bewegung in der Wirbelkammer aufzwingt.

**[0019]** Wenn der Leitring gesondert austauschbar ist, lässt sich eventueller, meist abrasiver Verschleiß an dem Leitring leicht durch den Einbau eines neuen Leittrings kompensieren. Besonders interessant kann die gesonderte Austauschbarkeit indes dort sein, wo eine multifunktionale Vorrichtung realisiert werden soll: Solange ein Leitring mit einer der aus dem Stand der Technik bekannten, unidirektionalen Blasöffnungsanordnungen eingebaut ist, kann die Vorrichtung unter aggressiver Einblasung als Strahlmühle betrieben werden.

**[0020]** Sobald ein erfindungsgemäßer Leitring mit gegenläufig orientierten Gruppen von Blasöffnungen eingebaut ist, kann die Vorrichtung unter Einblasung mit geringerer Geschwindigkeit als Schleifvorrichtung betrieben werden. Die Partikel werden dann - jedenfalls im Wesentlichen - nicht weiter zertrümmert. Stattdessen werden nur ihre Kanten gebrochen bzw. abgerieben.

**[0021]** Idealerweise liegen die in Einströmrichtung verlaufenden Mittellängsachsen der ersten Blasöffnungen in einer ersten gemeinsamen Ebene, die normal zu der gedachten Achse angeordnet ist, um die die Fluidströmung kreist. Sodann liegen die in Einströmrichtung verlaufenden Mittellängsachsen der zweiten Blasöffnungen in einer gegenüber der besagten ersten gemeinsamen Ebene mit Versatz angeordneten zweiten gemeinsamen Ebene, die normal zu der gedachten Achse angeordnet ist, um die die Fluidströmung kreist. Der Versatz beträgt vorzugsweise 3 mm bis 40 mm, besser 5 mm bis 25 mm.

**[0022]** Idealerweise streifen sich die Fluidstrahlen aus zwei unmittelbar benachbarten, gegensinnig einblasenden Blasöffnungen im Wesentlichen tangential. Dement-

sprechend sind die Blasöffnungen positioniert und/oder mit strahlformenden Düsen bestückt.

**[0023]** Auf diese Art und Weise entsteht zwischen zwei benachbarten Fluidstrahlen eine Zone starker Scherung, die den betreffenden Partikeln tendenziell eine Eigenrotation aufzwingt. Eine solche Eigenrotation ist für das sich aneinander Abschleifen von miteinander in Kontakt kommenden Partikeln besonders vorteilhaft.

**[0024]** Nicht zwingend aber idealerweise werden die Blasöffnungen jeweils durch strahlformende Düsen gebildet. Dadurch können die eingeblasenen Fluidstrahlen jeweils so geformt werden, dass sie erst später auffächern, als ohne Düsenformung. Infolgedessen behalten sie länger die Fähigkeit, in der Wirbelkammer die gewünschte Kreisströmung zu treiben, jedenfalls innerhalb der Schicht, für deren Beeinflussung sie zuständig sind.

**[0025]** In manchen Sonderfällen können die strahlformenden Düsen einen Düsenkörper aufweisen, der gegenüber der Innenmantelfläche des Leittrings erhaben ist. Auf diese Art und Weise ragt der Düsenkörper in die Kreisströmung der Suspension hinein - meist mehr als nur unerheblich, nämlich im Regelfall um mindestens 5 mm in radial einwärtiger Richtung.

**[0026]** Hierdurch wird eine besonders charakteristische Verwirbelung geschaffen. Die so geschaffene, zusätzliche Verwirbelung ist zu mild, um eine nochmalige Zertrümmerung der Partikel zu bewirken. Sie ist aber energiereich genug, um die Bewegung der Partikel, die zu dem gewünschten aneinander Abschleifen führt, nochmals signifikant zu intensivieren.

**[0027]** Bevorzugt besitzen die Düsen einen Düsenkörper, der im Auslaufbereich zylindrisch oder bevorzugt konisch ausgeführt ist. Wie eben beschrieben, entlassen entsprechend gestaltete Düsen einen sich konisch aufweitenden Fluidstrahl in das Innere der Wirbelkammer und rufen so eine besonders effektive Schleifwirkung hervor.

**[0028]** Idealerweise sind die Düsenkörper in Bohrungen des Leittrings eingebaut.

**[0029]** Schutz wird auch für die an die Erfindung angepasste Verwendung (besondere Betriebsart und Ausrüstung) einer an sich bekannten Strahlmühle als Schleifvorrichtung für Partikel beansprucht.

**[0030]** Schließlich ist auch die im Wege einer Teilmeldung angedachte Beanspruchung von Schutz für einen mit einer erfindungsgemäßen Anordnung von Blasöffnungen bzw. Düsen ausgerüsteten Leitring bzw. "Düsenring" als Ersatzteil oder Umrüstteil vorbehalten.

**[0031]** Weitere Funktionen, Vorteile und Weiterentwicklungsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren.

#### FIGURENLISTE

**[0032]**

Die Figur 1 zeigt die gesamte Schleifvorrichtung in

einem Schnitt senkrecht zur Mittellängsachse L.

Die Figur 2 zeigt die Schleifvorrichtung gemäß Figur 1 in einem zur Mittellängsachse L parallelen Schnitt.

Die Figur 3 zeigt einen Ausschnitt aus der Figur 1, aber von hinten her gesehen.

Die Figur 4 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 3.

Die Figur 4a zeigt einen anderen Ausschnitt aus dem von Figur 3 dargestellten Bereich, allerdings unter Auswahl einer etwas abweichenden Schnittebene.

Die Figur 4b zeigt einen Detail-Ausschnitt, der darstellt, wie unmittelbar benachbarte Düsen, wie sie von Figur 4 dargestellt werden, relativ zueinander liegen.

Die Figur 4c zeigt schematisch die Wirbelkammer der Schleifvorrichtung und ihren zusätzlichen Auslass.

Die Figur 5 zeigt das Gleiche wie die Figur 4, perspektivisch schräg von hinten, geschnitten.

Die Figur 6 zeigt das Gleiche wie die Figur 4, perspektivisch gesehen von hinten, ungeschnitten.

Die Figur 7 zeigt eine R E M-Aufnahme von Partikeln vor dem Schleifen.

Die Figur 8 zeigt eine R E M-Aufnahme von Partikeln nach dem erfindungsgemäßen Schleifen.

**[0033]** Sinngemäß Gleiches zeigen die Figuren 9 und 10 in Bezug auf die satellitenartige Befrachtung von Abriebpartikeln.

## BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

**[0034]** Den besten Gesamtüberblick über das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel geben die Figuren 1 und 2.

**[0035]** Diese beiden Figuren zeigen jeweils einen aussagekräftigen Achsschnitt bzw. Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Schleifvorrichtung 1.

**[0036]** Die Schleifvorrichtung 1 umfasst ein Gehäuseteil bzw. ein Gehäuse 2. Das Gehäuse 2 bildet in seinem Inneren eine Kavität aus. Die Kavität nimmt einen Leitring 3 auf, der bei Gelegenheit auch "Düsenring" genannt wird, jedenfalls dann, wenn er optional mit Düsen 12 bestückt ist. Die Kavität wird ausweislich der Fig. 2 bevorzugt durch einen Stirndeckel 2a verschlossen. Dieser Stirndeckel 2a ist idealerweise so ausgeführt, dass er bei Bedarf einfachen und schnellen Zugang zu der Kavität gewährt.

**[0037]** Der Leitring 3 unterteilt die Kavität in eine Wirbelkammer 4 und einen die Wirbelkammer 4 umgebenden Ringkanal 5.

**[0038]** Der Ringkanal 5 wird über den Fluideinlass 5a von einer hier nicht dargestellten Pumpe oder Druckquelle extern mit Fluid gespeist. Der Ringkanal 5 dient dazu, um während des Schleifprozesses kontinuierlich Fluid heranzuführen.

**[0039]** Dieses Fluid wird der Wirbelkammer 4 an unterschiedlichen Stellen in Form von Fluidstrahlen zugeführt. Der besseren Erkennbarkeit halber ist die Schnittfläche an dem Leitring 3 in Figur 1 und den anderen Figuren nicht schraffiert dargestellt, sondern ausnahmsweise fein punktiert gezeichnet. Bei Figur 4 ist die Schnittfläche im Bereich des örtlichen Ausbruchs, der den eigentlich hinter der Zeichenebene liegenden Bereich sichtbar macht, statt mit einer Schraffur mit einer größeren Punktierung gezeichnet.

**[0040]** Die Wirbelkammer 4 ist mit einem Partikeleinlass 6 versehen. Letzterer ist hier bevorzugt als vertikaler Fallschacht ausgebildet. Eine derartige optionale Ausbildung erlaubt es, die Wirbelkammer 4 bei Chargenbetrieb schwerkraftunterstützt mit den zu schleifenden Partikeln zu beladen. Die Beladung erfolgt dann vorzugsweise so, dass zu Beginn eines neuen Schleifzyklus etwa 25 % bis 50 %, besser etwa 30 % bis 40 % des Volumens der Wirbelkammer 4 mit den zu schleifenden Partikeln aufgefüllt ist.

**[0041]** Im Falle eines Chargenbetriebs, wie er von diesem Ausführungsbeispiel optional praktiziert wird, können die fertig gerundeten Partikel optional über das Sicherterrad ausgetragen werden, vorzugsweise durch Absenken der Sicherterraddrehzahl, womit eine Verringerung oder Aufhebung der Sperrwirkung des Sicherterrads einhergeht. In diesem Fall besitzt die Schleifvorrichtung 1 eine Drehzahlregelung oder Drehzahlsteuerung für das Sicherterrad, die so gestaltet ist, dass sie eine Drehzahlverringerung beim Austragsvorgang bzw. Entladevorgang vornimmt.

**[0042]** Alternativ kann die Schleifvorrichtung einen oder mehrere zusätzliche Produktaustritte 5b aufweisen, über den oder die die fertig gerundeten Partikel abgezogen werden können, im Regelfall unabhängig von bzw. ohne Reduktion der Sicherterraddrehzahl. Die Fig. 4c verdeutlicht schematisch, wie ein solcher zusätzlicher Produktauslass gestaltet und angeordnet ist.

**[0043]** Zweckmäßigerweise ist der zusätzliche Produktaustritt 5b mit einer Klappe oder bzw. einem Ventil 5c verschlossen. Das Produkt kann dann abgesaugt werden. Der Ringkanal 5 wird über ein von der Wirbelkammer her kommendes, ihn durchdringendes Rohr passiert, das ganz nach außen führt, so dass die Wirbelkammer 4 und der Ringkanal 5 durch den zusätzlichen Produktaustritt nicht in unmittelbare Verbindung miteinander gelangen.

**[0044]** Verfahrenstechnisch besteht auch die Möglichkeit, mit einem zumindest zeitweiligen Überdruck in der Schleifvorrichtung 1 zu arbeiten.

**[0045]** Dadurch wird dann das Produkt aus den fertig verrundeten Partikeln nach Öffnen der Klappe oder des Ventils aus der Wirbelkammer herausgedrückt.

**[0046]** Die erfindungsgemäße Schleifvorrichtung 1 ist für einen Durchlaufbetrieb gerüstet. Dabei verlässt das Produkt die Maschine kontinuierlich durch das Sichterrad, das mit geeigneter Drehzahl betrieben wird.

**[0047]** Dieser Ansatz kann beispielsweise beim sogenannten "Abtrennen von Satelliten", etwa im Zusammenhang der Additiven Fertigung, zum Einsatz kommen. Unter Satelliten versteht man den eigentlichen Nutzpunkten anhaftende kleine Partikel oder Abrieb, die bzw. der abzutrennen ist. Hier reicht es aus, das Produkt beispielsweise nur kurz (meist schleifend im Sinne der Erfindung) zu beanspruchen. Sobald die Satelliten abgetrennt sind, verändert sich die Partikelgröße des jeweiligen Nutzpunktens. Dann kann das Produkt aus den Nutzpunkten den Siebter bei konstanter Siebterdrehzahl passieren.

**[0048]** Zu erkennen am hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Nebenauslass über das Sichterrad 7.

**[0049]** Das Sichterrad ist in bekannter Art und Weise gestaltet. Es besteht aus einer rotierenden Trommel. Typischerweise besteht diese ihrerseits aus zwei flankenbildenden Reifen, die über voneinander beabstandete, im Regelfall zur Rotationsachse parallele Stäbe bzw. Schaufeln miteinander verbunden sind.

**[0050]** Über dieses Sichterrad 7 wird der beim Schleifen unvermeidlich anfallende, sehr feine und im zu erschleifenden Endprodukt im Regelfall störende Abrieb abgesondert und abgeführt.

**[0051]** Gleichzeitig wird ein dem momentan neu eingeblasenen Fluidstrom - zumindest im Wesentlichen - entsprechender Fluidstrom als Sichterradfluidstrom über das Innere des Sichterrades 7 und von dort aus über dessen der Wirbelkammer abgewandte Stirnseite abgezogen. Der so abfließende Sichterradfluidstrom reißt den Abrieb mit, der zu klein und massearm ist, um durch die Zentrifugalkräfte von dem im Zentrum befindlichen Sichterrad ferngehalten zu werden. Die eigentlichen Partikel, die ja eine vorbestimmte Dauer geschliffen werden sollen, sind zu groß. Sie kreisen so stark in der Wirbelkammer, dass sie durch die an ihnen angreifenden Zentrifugalkräfte vom im Zentrum befindlichen Sichterrad ferngehalten werden. Im Übrigen werden sie vom Sichterrad abgewiesen - zurück in die Wirbelkammer. Somit können die eigentlichen Partikel nicht über das Sichterrad aus der Wirbelkammer ausgetragen werden. Die Betriebsdrehzahl des Sichterrades ist entsprechend eingestellt, in Abhängigkeit von der Größe der zu bearbeitenden Partikel bzw. der gewünschten Klassierungsgüte.

**[0052]** Die Bearbeitung, d. h. das Schleifen, der Partikel zum Zwecke der Verrundung ihrer Außenkontur bzw. Außenoberfläche erfolgt dadurch, dass über die Blasöffnungen 9 und 10 Fluidstrahlen in die Wirbelkammer 4 eingeblasen werden. Diese reißen die in der Wirbelkammer 4 befindlichen Partikel mit und treiben in der Wirbel-

kammer 4 eine in der Hauptsache um die Längsachse L kreisende Fluidströmung an.

**[0053]** Dabei umfasst die Schleifvorrichtung typischerweise eine Steuerung. Diese begrenzt die Strahlgeschwindigkeit der über die Blasöffnungen eingeblasenen Fluidstrahlen.

**[0054]** Die Begrenzung ist derart, dass die Partikel nicht so heftig zum Aneinanderprallen und/oder zum Anprall an das Gehäuse 2 gebracht werden, dass sie in vergleichbar große Stücke auseinanderbrechen und somit wieder und wieder zertrümmert, also gemahlen, werden. Bevorzugt wird die Strahlgeschwindigkeit auf Werte im Bereich zwischen 150 m/sec und 300 m/sec begrenzt, je nach aktuell zu schleifendem Material.

**[0055]** Ein wesentlicher Bestandteil der erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung ist ihre speziell gestaltete Blasvorrichtung.

**[0056]** Wie man am genauesten an Hand der Figuren 3 sowie 4 und 4a bis c sieht (aber teilweise auch an Hand der anderen Figuren nachvollziehen kann) umfasst die Blasvorrichtung eine Anzahl erster Blasöffnungen 9. Der aus jeder ersten Blasöffnung 9 in die Wirbelkammer 4 austretende Fluidstrom und seine Strahlaufweitung werden schematisch durch einen Fluidstromkegel 8 veranschaulicht. Diese Fluidströme treiben eine in eine erste Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse der Wirbelkammer kreisende Fluidströmung. Darüber hinaus besitzt die Blasvorrichtung eine Anzahl zweiter Blasöffnungen 10. Eine solche Blasöffnung 10 veranschaulicht der Ausbruch 11, der nur in der Fig. 4 dargestellt ist. Der Ausbruch zeigt einen Ausschnitt derjenigen, eigentlich hinter der Zeichenebene liegenden Ebene, in der die Mittellinien der gegenläufig ausgerichteten Blasöffnungen 10 liegen bzw. die sie bildenden, gegenläufig wirkenden Düsen 12. Der aus jeder zweiten Blasöffnung 10 in die Wirbelkammer 4 austretende Fluidstrom und seine Strahlaufweitung werden ebenfalls durch einen - allerdings erkennbar in entgegengesetzter Richtung austretenden - Fluidstromkegel 8 veranschaulicht. Diese Fluidströme treiben eine in eine zweite Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse der Wirbelkammer kreisende Fluidströmung, die der ersten Hauptströmungsrichtung entgegengesetzt ist. Recht anschaulich nachvollziehen lässt sich das auch an Hand der Fig. 4a und 4b.

**[0057]** Auf diese Art und Weise werden zwei tendenziell in entgegengesetzte Hauptströmungsrichtungen kreisende Fluidströmungen erzeugt. Zwischen diesen beiden Fluidströmungen stellt sich ein Strömungsbereich mit einer ausgeprägten Scherung ein, vgl. auch nochmals Fig. 4b. Den in diesem Bereich mitgerissenen Partikeln wird durch die Scherung dem Anschein nach ein ausgeprägtes Rollen aufgezwungen, das ihre turbulenztranslatorische Bewegung überlagert. Zugleich führt dieses tangential aneinander vorbei Strömen zu Mikrowirbeln und entsprechenden Turbulenzen, was die Kontaktintensität und Durchmischung erhöht.

**[0058]** Obwohl im vorliegenden Fall von der erfindungsgemäßen Schleifmaschine mit einer kinetischen

Energie gearbeitet wird, die signifikant unter der kinetischen Energie liegt, wie sie bei einer Strahlmühle zum Einsatz kommt, entsteht eine unerwartet starke Schleifwirkung, wenn sich die Partikel in der besagten Art und Weise aneinander reiben.

**[0059]** Dennoch findet ein Zertrümmern der Partikel nicht statt.

**[0060]** Soweit es zum Bruch kommt, werden überwiegend nur Fragmente abgebrochen, deren mittlerer Durchmesser in vielen Fällen mindestens eine Zehnerpotenz kleiner ist als der mittlere Durchmesser des verbleibenden Partikels. Sobald ein Partikel keine scharfen Kanten mehr aufweist, findet im Wesentlichen kein weiteres Abbrechen mehr statt.

**[0061]** Günstig sind die Verhältnisse dann, wenn die ersten Blasöffnungen 9 alle gleichsinnig einblasen und die zweiten Blasöffnungen 10 alle gleichsinnig-gegen-sinnig einblasen. Idealerweise sind die betreffenden ersten Blasöffnungen 9 in einem Winkel A von ca. 15° bis 45° und idealerweise von 25° bis 35° relativ zu der Tangente angeordnet, die an die Innenmantelfläche des Leittrings im Bereich der Ausmündung der betreffenden Blasöffnung 9 im Leitring 3 angelegt ist, vgl. Fig. 4.

**[0062]** Sinngemäß Gleiches gilt für die zweiten Blasöffnungen 10. Diese sind in einem gegensinnigen Winkel B von ca. 15° bis 45° und idealerweise von 25° bis 35° relativ zu der Tangente angeordnet, die an die Innenmantelfläche des Leittrings 3 im Bereich der Ausmündung der betreffenden Blasöffnung 10 im Leitring 3 angelegt ist, vgl. ebenfalls Fig. 4.

**[0063]** Eine weitere bevorzugt anzuwendende Dimensionierungsregel ergibt sich aus Fig. 4a, die im Wesentlichen der Fig. 4 entspricht. Unmittelbar auf kürzestem Weg benachbarte Blasöffnungen 9, 10 bilden mit den Senkrechten auf ihre Mittellängsachsen LL einen Blasöffnungspaarwinkel C zwischen 45° und 90°, besser zwischen 45° und 60° aus.

**[0064]** Bei ersten Arbeiten mit der erfindungsgemäßen Lösung hat sich herausgestellt, dass die Anzahl der Paare aus gegenläufigen Blasöffnungen 9 und 10 idealerweise bei 4 bis 12 und besser nur 4 bis 8 liegen sollte.

**[0065]** Besonders wirksam ist das Ganze, wenn die gleichsinnigen Blasöffnungen 9 und die gegensinnigen Blasöffnungen 10 mit ihren Mittellinien LL (letztere gesehen in der jeweiligen Durchströmungsrichtung) nicht in der gleichen Ebene liegen, sondern in unterschiedlichen Ebenen, die um einen Versatz V genannten Betrag gegeneinander versetzt sind - gesehen in Richtung entlang der gedachten Achse L, um die die Fluidströmung in der Wirbelkammer 4 kreist. Entsprechendes ist beispielsweise in Figur 4b sehr deutlich dargestellt.

**[0066]** Gut zu erkennen anhand der Figuren und insbesondere der Fig. 4 ist, dass die Blasöffnungen 9 und 10 bevorzugt durch Düsen 12 gebildet werden, deren Düsenkörper jeweils ein gesondertes Bauteil ist, das in dem Leitring 3 festgesetzt, bevorzugt eingeschraubt, ist. Zu diesem Zweck trägt der Leitring 3 eine Anzahl von ihm schräg in radial einwärtiger Richtung durchdringenden

Bohrungen. In jeder dieser Bohrungen ist ein Düsenkörper festgesetzt bzw. eingeschraubt.

**[0067]** Erwähnenswert ist noch, dass die erfindungsgemäße Schleifvorrichtung kein Stand-Alone-Gerät sein muss. Vielmehr besteht die Möglichkeit, eine der bekannten Strahlmühlen, etwa des Typs Conjet aus dem Hause der Anmelderin, so zuzurüsten, dass sie zweckentfremdet als erfindungsgemäße Schleifmaschine eingesetzt werden kann.

**[0068]** Zu diesem Zweck wird ein mit der entsprechenden Bedüsung ausgerüsteter Leitring 3 in die bestehende Maschine eingesetzt und dann dafür Sorge getragen, dass die bestehende Maschine nur mit einer signifikant verringerten Strahlgeschwindigkeit arbeitet, wie sie für die Erfindung zwingend benötigt wird.

**[0069]** Die hohe Wirksamkeit der erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung zeigen die Figuren 7 und 8.

**[0070]** Die Figur 7 zeigt mittels einer herkömmlichen Strahlmühle ermahlene Partikel aus einem permanentmagnetischen Material (seltene Erden) in 5.000-facher REM-Vergrößerung. Die bis hin zur Scharfkantigkeit reichende, unzulängliche Verrundung der Partikel ist gut zu erkennen.

**[0071]** Demgegenüber zeigt die Figur 8 das gleiche Material nach dem bevorzugt mehrminütigen Schleifen in einer erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung. Die Verrundungsgüte ist signifikant besser.

**[0072]** Die Figur 9 zeigt Partikel, die mithilfe eines anderen, nicht erfindungsgemäßen Verfahrens rund geschliffen wurden. Gerade an dem zentral im Bild befindlichen großen Partikel fällt auf, wie stark dieser satellitenartig mit feinen, staubartigen Abrieb-Partikeln kontaminiert ist, die in vielen Anwendungsfällen stören. Die Figur 10 zeigt Partikel, die auf der erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung rund geschliffen wurden. Ihre Kontamination mit satellitenartigen Abriebpartikeln geht praktisch gegen Null.

## BEZUGZEICHENLISTE

**[0073]**

- |    |   |
|----|---|
| 1  | Schleifvorrichtung  |
| 2  | Gehäuse   |
| 2a | Deckel  |
| 3  | Leitring bzw. Düsenring, sofern mit Düsen ausgestattet                                    |
| 4  | Wirbelkammer  |
| 5  | Ringkanal   |
| 5a | Fluideinlass  |
| 5b | Fluidauslass oder zusätzlicher Fluidauslass   |
| 5c | Ventil  |
| 6  | Partikeleinlass   |
| 7  | Sichterrad  |
| 8  | schematisch angedeuteter Fluidstromkegel des eingeblassenen Fluids mit "Strahlaufweitung" |
| 9  | erste Blasöffnung   |
| 10 | zweite Blasöffnung  |

11	Ausbruch zur näheren Veranschaulichung einer gegenläufig orientierten Düse 12 mit einer zweiten Blasöffnung 10	
12	Düse	
L	Mittellängsachse bzw. Längsachse oder Achse	5
A	Winkel	
B	Winkel	
C	Blasöffnungspaarwinkel	
V	Versatz	
LL	Mittellinie einer Blasöffnung	10

### Patentansprüche

1. Schleifvorrichtung (1) zum Verrunden von Partikeln, mit einer Wirbelkammer (4) zur Behandlung von Partikeln unter ihrer Suspension in einem Fluidstrom, der durch Fluidstrahlen erzeugt wird, die an unterschiedlichen Stellen mittels einer Blasvorrichtung in die Wirbelkammer (4) eingeblasen werden,
 

wobei im Zentrum der Wirbelkammer (4) ein rotierbares Sichterrad (7) angeordnet ist, über das der im Zuge des Beschleifens der Partikel in der Wirbelkammer (4) anfallende Abrieb abgezogen werden kann oder das gerundete Material über Absenkung der Drehzahl ausgeschleust werden kann,

wobei die Blasvorrichtung eine Anzahl erster Blasöffnungen (9) umfasst, die eine in eine erste Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) der Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben,

wobei die Blasvorrichtung eine Anzahl zweiter Blasöffnungen (10) umfasst, die eine in eine zweite Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) der Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben, die der ersten Hauptströmungsrichtung entgegengesetzt ist.
2. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Blasvorrichtung als, vorzugsweise gesondert austauschbarer, Leitring (3) mit eingebauten Blasöffnungen (9, 10) ausgebildet ist, der eine Leitwand der Wirbelkammer (4) ausbildet, die die Bewegung des Fluidstroms in Umfangsrichtung beeinflusst.
3. Schleifvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten Blasöffnungen (9) in einer ersten gemeinsamen Ebene liegen, die normal zu der gedachten Achse (L) angeordnet ist, um die die Fluidströmung kreist, und die zweiten Blasöffnungen (10) in einer gegenüber der ersten gemeinsamen Ebene mit Versatz (V) angeordneten zweiten gemeinsamen Ebene liegen, die normal zu der gedachten Achse (L) angeordnet ist, um die die Fluidströmung kreist.
4. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 3, wobei sich die Fluidstrahlen zweier unmittelbar benachbarter, gegensinnig einblasender Blasöffnungen (9, 10) im Wesentlichen tangential streifen.
5. Schleifvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Blasöffnungen (9, 10) jeweils durch strahlformende Düsen (12) gebildet werden.
6. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 5, wobei die strahlformenden Düsen (12) einen Düsenkörper aufweisen, der erhaben ist und in die Kreisströmung der Suspension hineinragt.
7. Schleifvorrichtung (1) nach Anspruch 6, wobei die Düsen (12) einen Düsenkörper aufweisen, der im Auslaufbereich zylindrisch oder bevorzugt konisch ausgeführt ist.
8. Schleifvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche in Verbindung mit Anspruch 2, wobei die Düsen bzw. Düsenkörper in Bohrungen des Leitrings (3) eingebaut sind.
9. Verfahren zum Schleifen von in einem Fluidstrom suspendierten Partikeln in einer Wirbelkammer (4), wobei an unterschiedlichen Stellen mittels einer Blasvorrichtung Fluidstrahlen in die Wirbelkammer (4) eingeblasen werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fluidstrahlen gruppenweise so gerichtet eingeblasen werden, dass sie eine in eine erste Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) der Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben und dass sie eine in eine zweite Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) der Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben, die der ersten Hauptströmungsrichtung entgegengesetzt ist.
10. Verwendung einer Strahlmühle zum Schleifen von Partikeln, ohne diese weiter zu zertrümmern, unter Einsatz einer gegenüber dem Mahlbetrieb verringerten Strahlgeschwindigkeit und einer Blasvorrichtung,
 

wobei die Blasvorrichtung eine Anzahl erster Blasöffnungen (9) umfasst, die eine in eine erste Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) einer Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben, und wobei die Blasvorrichtung eine Anzahl zweiter Blasöffnungen (10) umfasst, die eine in eine zweite Hauptströmungsrichtung um die Mittelachse (L) der Wirbelkammer (4) kreisende Fluidströmung treiben, die der ersten Hauptströmungsrichtung entgegengesetzt ist.
11. Verwendung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blasvorrichtung insoweit die von einem der Ansprüche 2 bis 8 vorgegebenen Merk-

male umfasst.

### Claims

1. Grinding device (1) for rounding particles, comprising a swirl chamber (4) for treating particles under their suspension in a fluid stream, generated by fluid jets introduced into the swirl chamber (4) at different locations via a blowing device,

wherein a rotatable separator wheel (7) is arranged at the center of the swirl chamber (4), through which the abrasion produced during the grinding of the particles in the swirl chamber (4) can be extracted, or the rounded material can be discharged by lowering the rotational speed, wherein the blowing device comprises a number of first blowing openings (9) that drive a fluid stream circulating in a first main flow direction around the central axis (L) of the swirl chamber (4), wherein the blowing device comprises a number of second blowing openings (10) that drive a fluid stream circulating in a second main flow direction around the central axis (L) of the swirl chamber (4), which is opposite to the first main flow direction.

2. Grinding device (1) according to claim 1 wherein the blowing device is designed as a preferably separately replaceable guide ring (3) with built-in blowing openings (9, 10), which forms a guide wall of the swirl chamber (4) that influences the movement of the fluid stream in the circumferential direction.
3. Grinding device (1) according to any of the preceding claims wherein the first blowing openings (9) lie in a first common plane, which is arranged perpendicular to the imaginary axis (L) around which the fluid stream circulates, and the second blowing openings (10) lie in a second common plane offset (V) from the first common plane, which is arranged perpendicular to the imaginary axis (L) around which the fluid stream circulates.
4. Grinding device (1) according to claim 3 wherein the fluid jets of two immediately adjacent, oppositely blowing openings (9, 10) essentially graze tangentially.
5. Grinding device (1) according to any of the preceding claims wherein the blowing openings (9, 10) are each formed by jet-forming nozzles (12).
6. Grinding device (1) according to claim 5 wherein the jet-forming nozzles (12) have a nozzle body that is raised and projects into the circular flow of the suspension.

7. Grinding device (1) according to claim 6 wherein the nozzles (12) have a nozzle body that is cylindrical or preferably conical in the outlet area.

- 5 8. Grinding device (1) according to any of the preceding claims in conjunction with claim 2 wherein the nozzles or nozzle bodies are installed in bores of the guide ring (3).

- 10 9. Method for grinding particles suspended in a fluid stream in a swirl chamber (4) wherein at different locations, fluid jets are blown into the swirl chamber (4) via a blowing device, **characterized in that** the fluid jets are blown in groups in such a way that they drive a fluid stream circulating in a first main flow direction around the central axis (L) of the swirl chamber (4) and drive a fluid stream circulating in a second main flow direction around the central axis (L) of the swirl chamber (4), which is opposite to the first main flow direction.

- 15 20 25 30 10. Use of a jet mill for grinding particles without further crushing them using a reduced jet speed compared to the milling operation and a blowing device, wherein the blowing device comprises a number of first blowing openings (9) that drive a fluid stream circulating in a first main flow direction around the central axis (L) of a swirl chamber (4), and the blowing device comprises a number of second blowing openings (10) that drive a fluid stream circulating in a second main flow direction around the central axis (L) of the swirl chamber (4), which is opposite to the first main flow direction.

- 35 11. Use according to claim 10 **characterized in that** the blowing device includes the features specified in any of claims 2 to 8.

### 40 Revendications

- 45 1. Dispositif de broyage (1) pour arrondir des particules, avec une chambre turbulence (4) pour traiter des particules en suspension dans un flux de fluide généré par des jets de fluide introduits à différents endroits par un dispositif de soufflage dans la chambre turbulence (4),

50 dans laquelle une roue de séparation rotative (7) est placée au centre de la chambre turbulence (4), permettant de retirer les particules abrasées générées dans la chambre turbulence (4) pendant le broyage, ou de décharger le matériau arrondi en réduisant la vitesse de rotation, le dispositif de soufflage comprenant un certain nombre de premières ouvertures de soufflage (9) produisant un flux de fluide circulant dans une première direction principale autour de l'axe

- central (L) de la chambre turbulence (4), le dispositif de soufflage comprenant un certain nombre de deuxième ouvertures de soufflage (10) produisant un flux de fluide circulant dans une deuxième direction principale autour de l'axe central (L) de la chambre turbulence (4), opposée à la première direction principale.
2. Dispositif de broyage (1) selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de soufflage est formé comme un anneau de guidage (3), de préférence interchangeable séparément, avec des ouvertures de soufflage (9, 10) intégrées, formant une paroi de guidage de la chambre turbulence (4) qui influence le mouvement du flux de fluide dans la direction périphérique.
  3. Dispositif de broyage (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les premières ouvertures de soufflage (9) se trouvent dans un premier plan commun, perpendiculaire à l'axe imaginaire (L) autour duquel circule le flux de fluide, et les deuxième ouvertures de soufflage (10) se trouvent dans un deuxième plan commun, décalé (V) par rapport au premier plan commun, perpendiculaire à l'axe imaginaire (L) autour duquel circule le flux de fluide.
  4. Dispositif de broyage (1) selon la revendication 3, dans lequel les jets de fluide de deux ouvertures de soufflage (9, 10) adjacentes et soufflant en sens opposés se frôlent essentiellement de manière tangentielle.
  5. Dispositif de broyage (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les ouvertures de soufflage (9, 10) sont chacune formées par des buses (12) de formation de jets.
  6. Dispositif de broyage (1) selon la revendication 5, dans lequel les buses de formation de jets (12) ont un corps de buse en saillie, s'étendant dans le flux circulaire de la suspension.
  7. Dispositif de broyage (1) selon la revendication 6, dans lequel les buses (12) ont un corps de buse cylindrique ou de préférence conique dans la zone de sortie.
  8. Dispositif de broyage (1) selon l'une des revendications précédentes en combinaison avec la revendication 2, dans lequel les buses ou les corps de buses sont installés dans des trous de l'anneau de guidage (3).
  9. Procédé de broyage de particules en suspension dans un flux de fluide dans une chambre turbulence (4), où des jets de fluide sont introduits à différents endroits par un dispositif de soufflage dans la cham-
- bre turbulence (4), **caractérisé en ce que** les jets de fluide sont dirigés en groupes de manière à produire un flux de fluide circulant dans une première direction principale autour de l'axe central (L) de la chambre turbulence (4) et un flux de fluide circulant dans une deuxième direction principale autour de l'axe central (L) de la chambre turbulence (4), opposée à la première direction principale.
10. Utilisation d'un broyeur à jets pour le broyage de particules sans les fragmenter davantage, en utilisant une vitesse de jet réduite par rapport à l'opération de broyage et un dispositif de soufflage, le dispositif de soufflage comprenant un certain nombre de premières ouvertures de soufflage (9) produisant un flux de fluide circulant dans une première direction principale autour de l'axe central (L) d'une chambre turbulence (4), et comprenant un certain nombre de deuxième ouvertures de soufflage (10) produisant un flux de fluide circulant dans une deuxième direction principale autour de l'axe central (L) de la chambre turbulence (4), opposée à la première direction principale.
  11. Utilisation selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le dispositif de soufflage comprend les caractéristiques définies dans l'une des revendications 2 à 8.

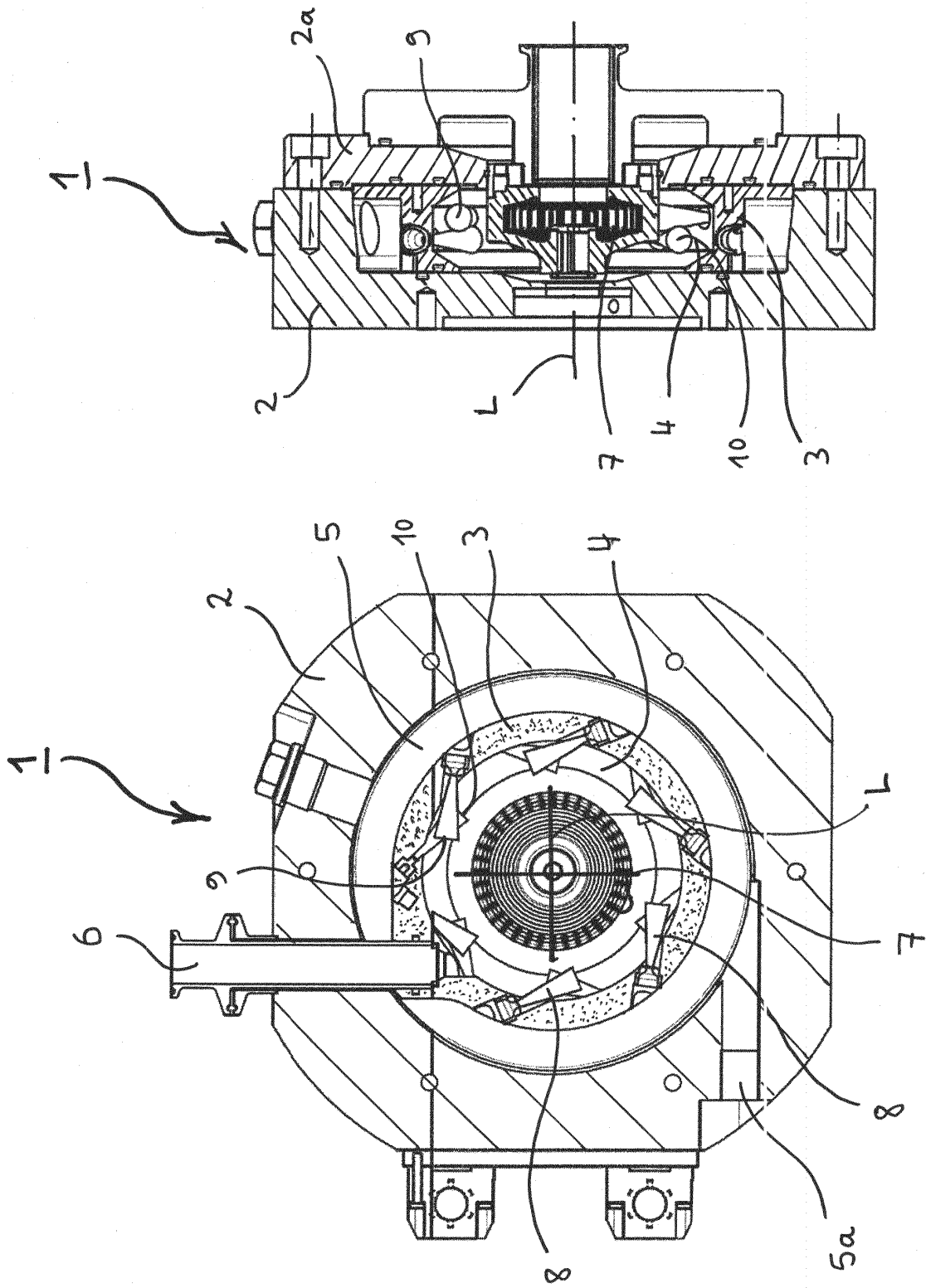


Fig. 2

Fig. 1

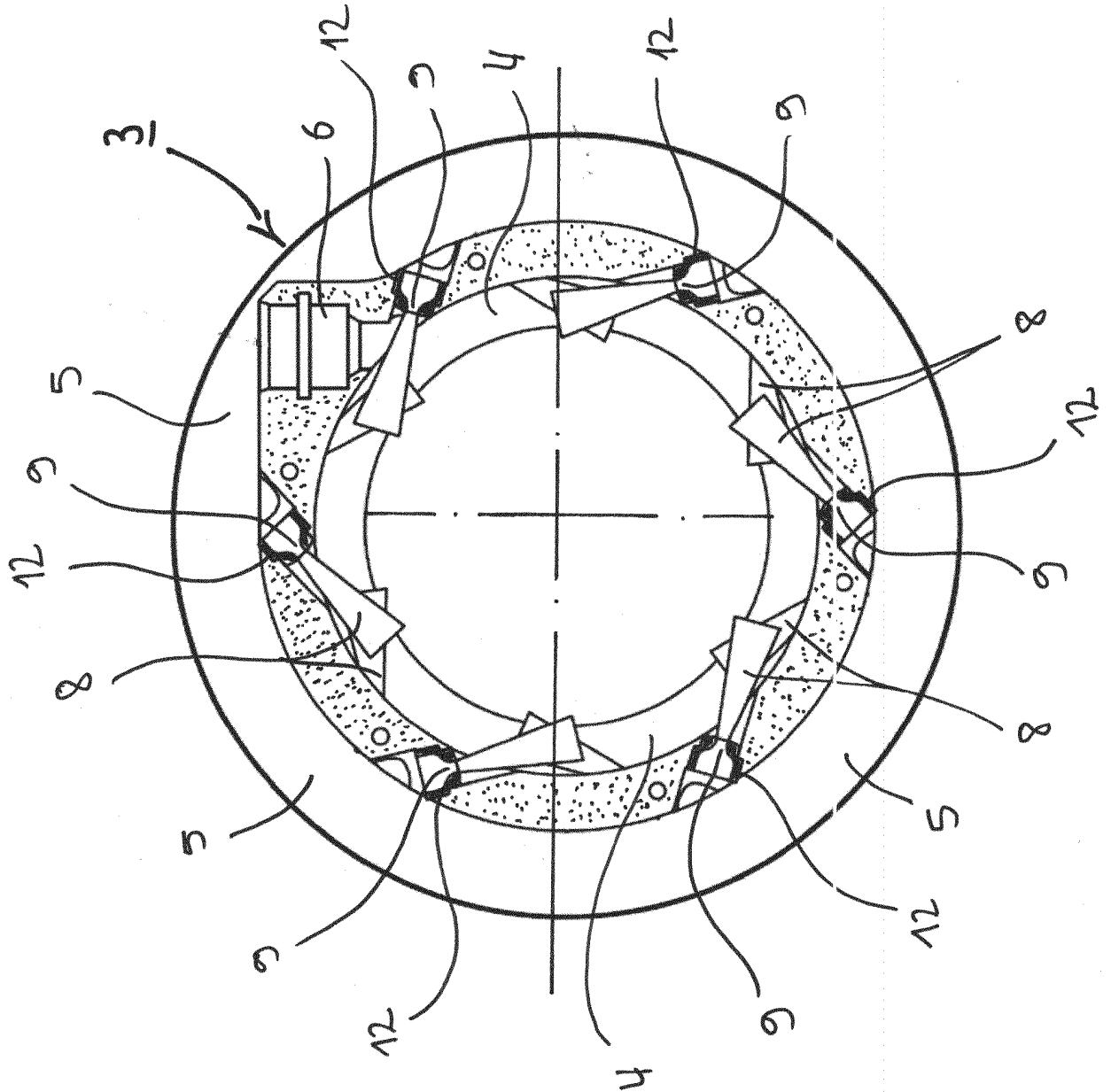


Fig. 3

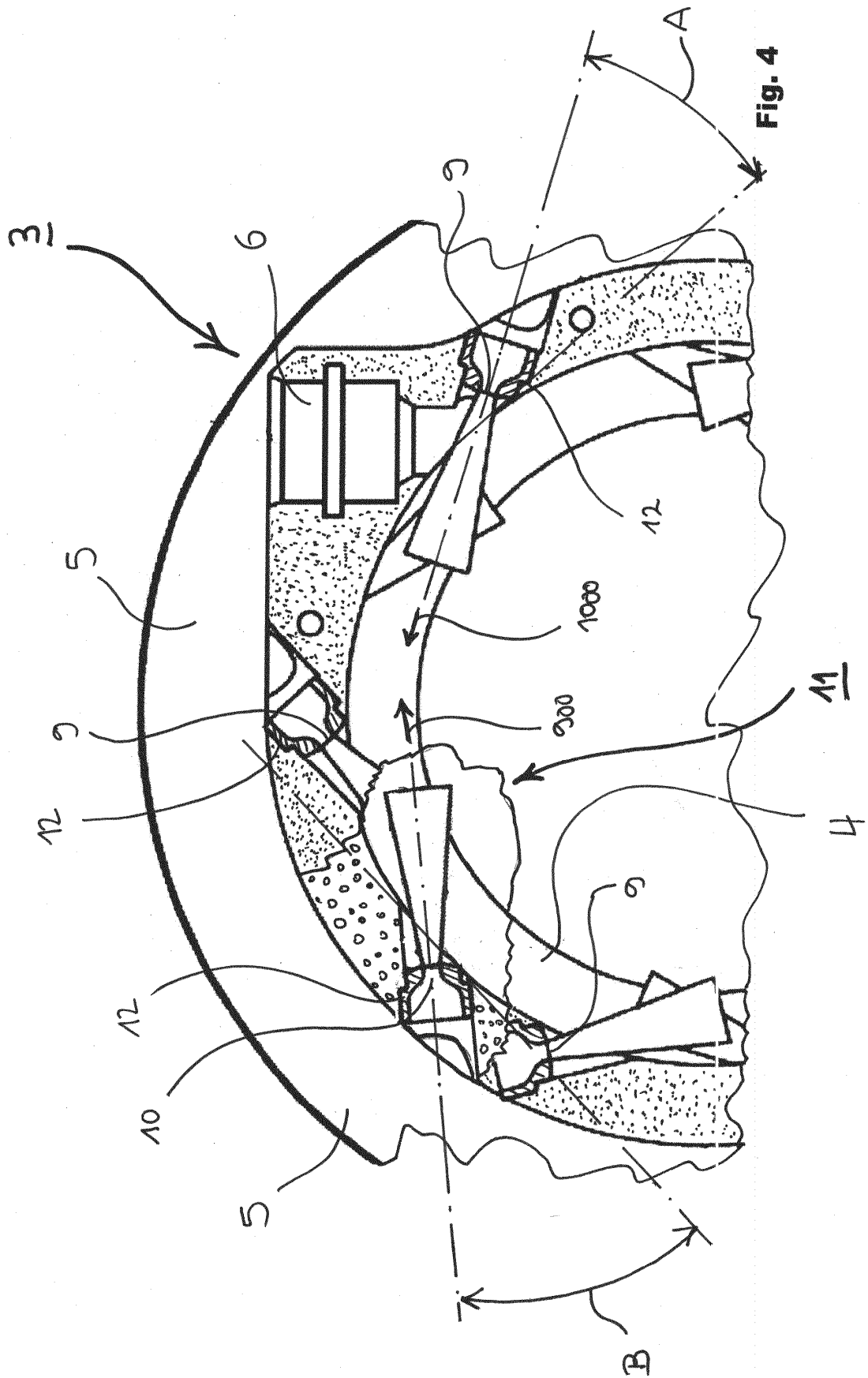


Fig. 4

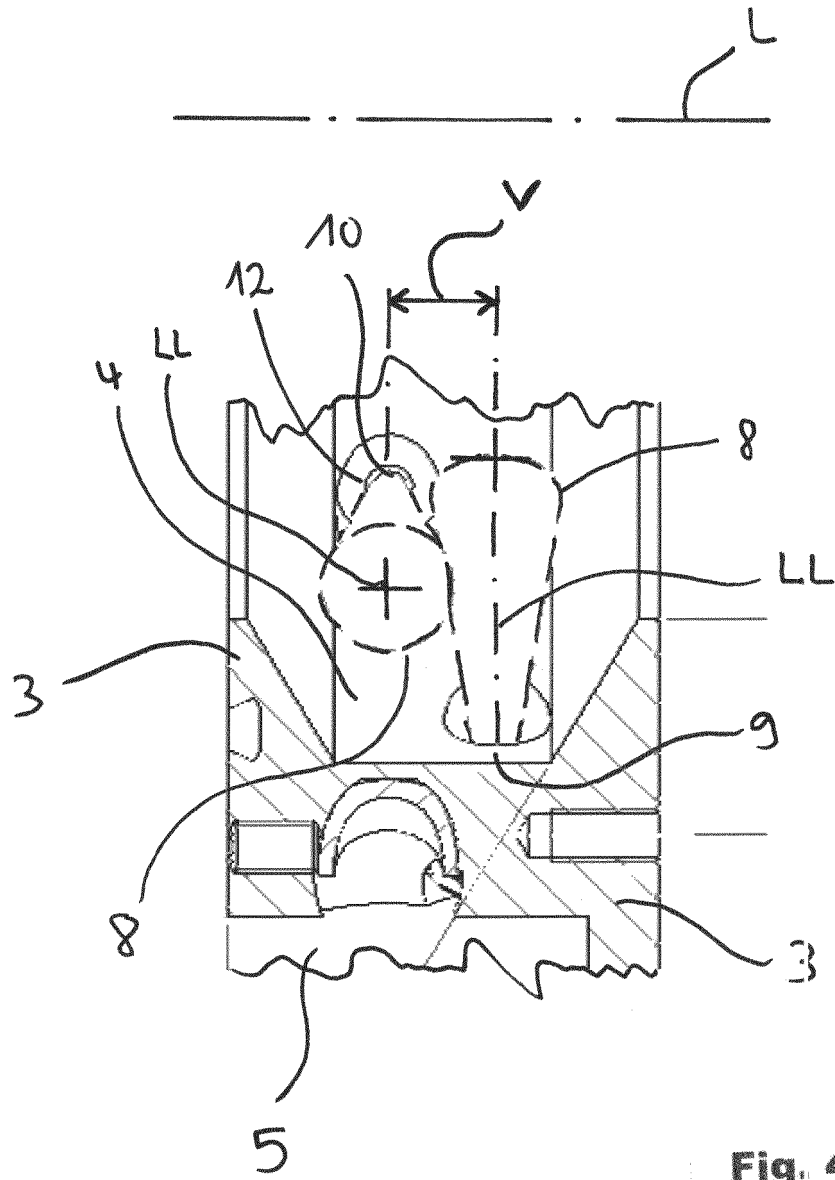


Fig. 4a



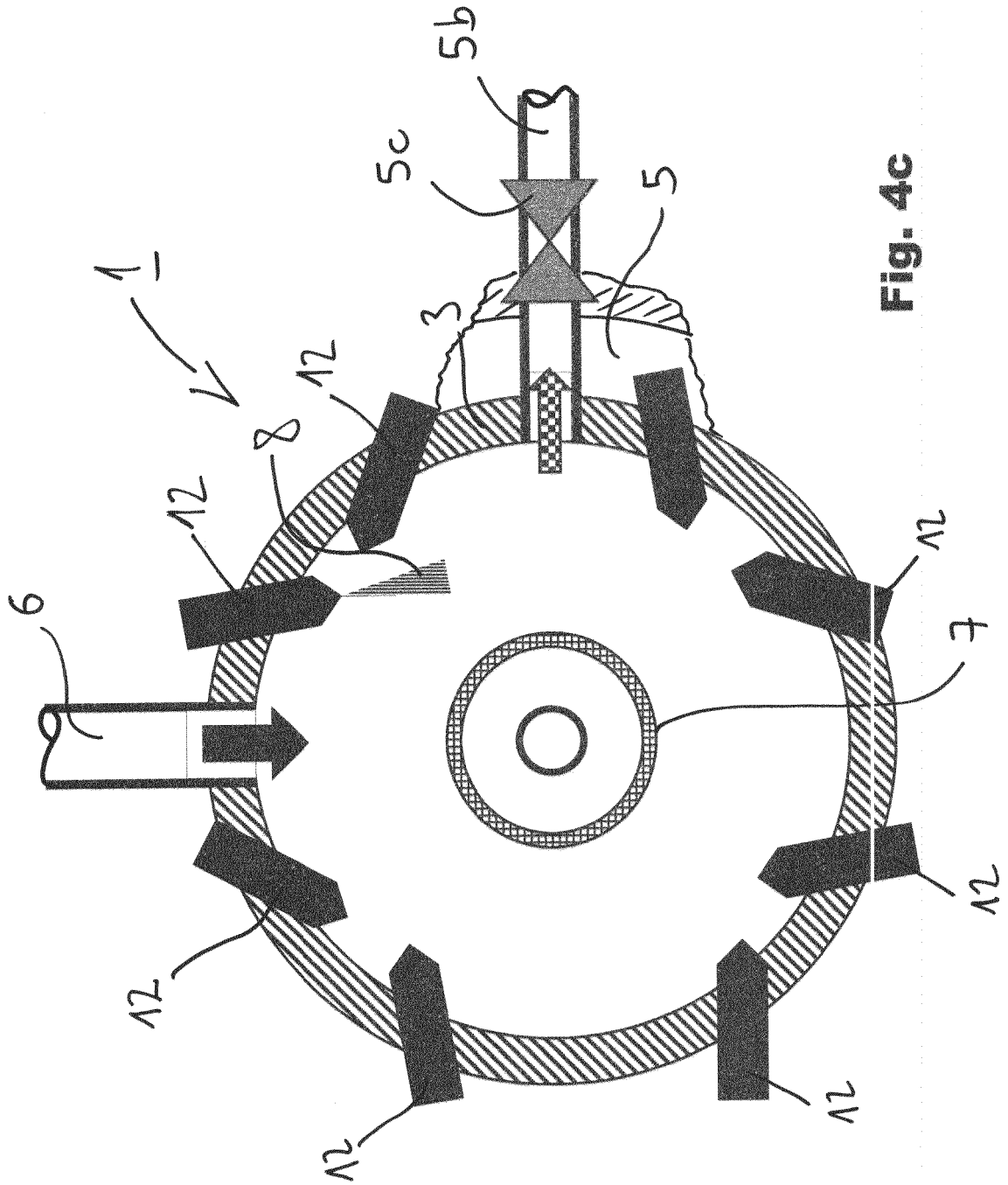


Fig. 4c

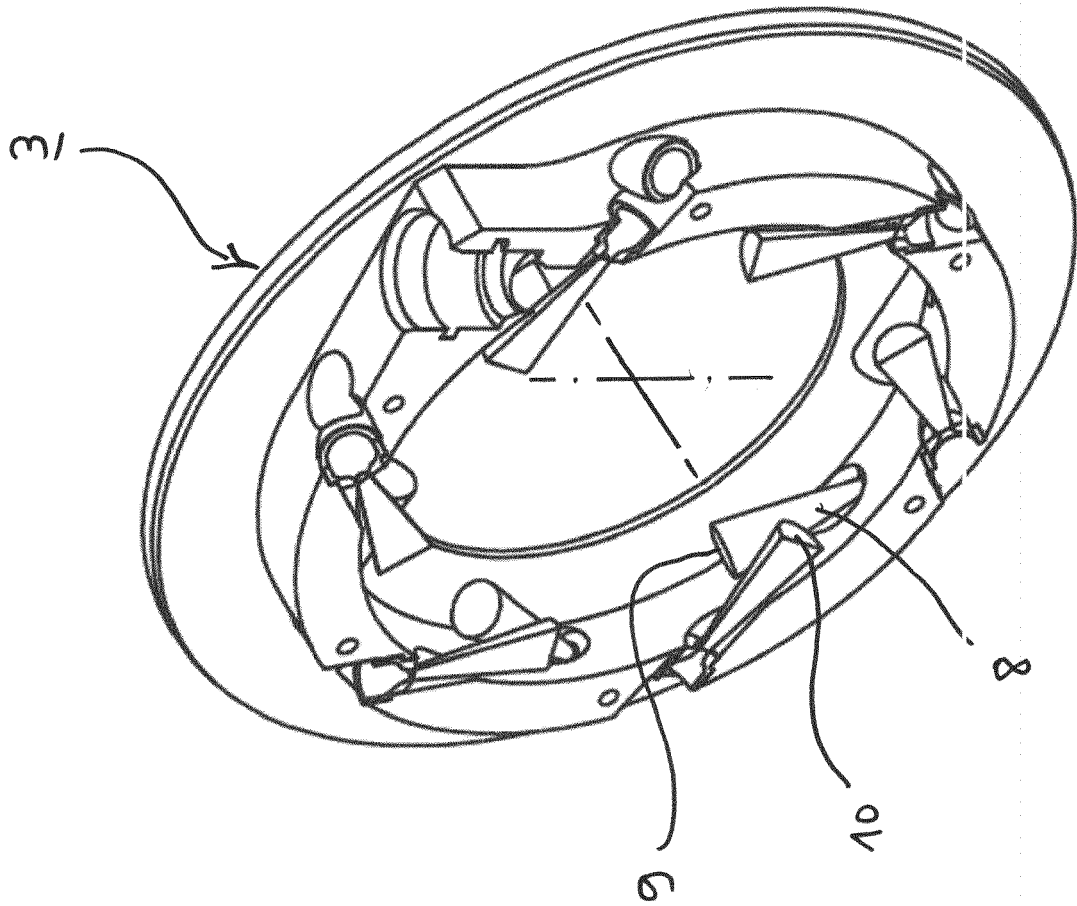


Fig. 5

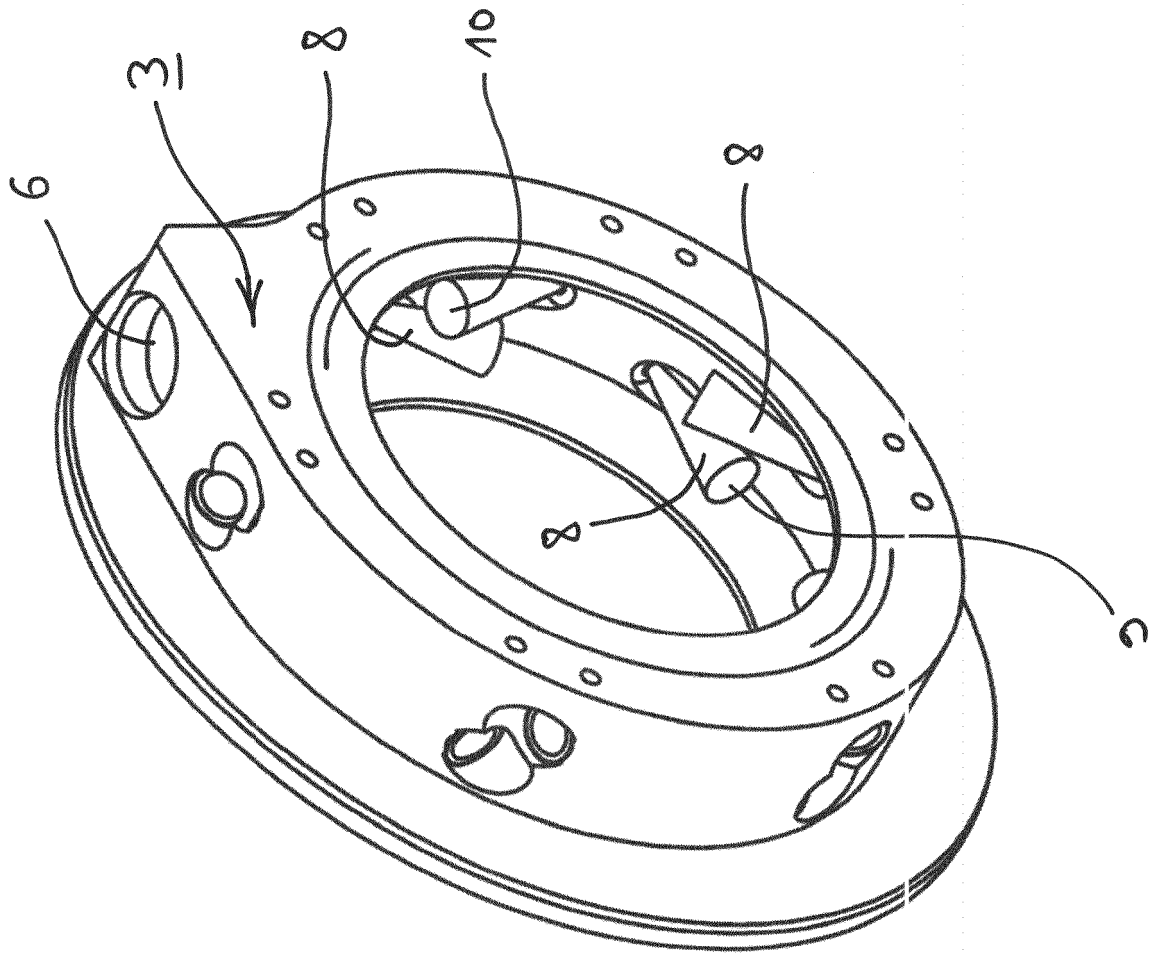


Fig. 6

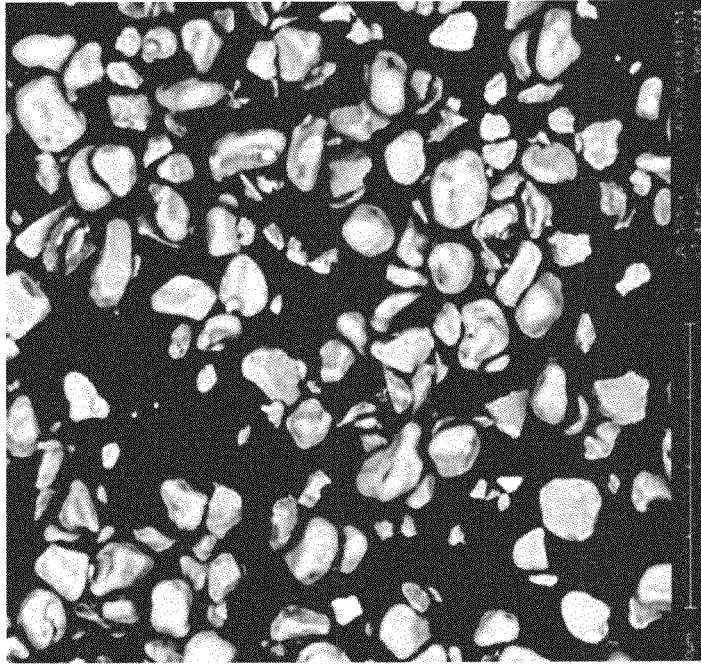


Fig. 8

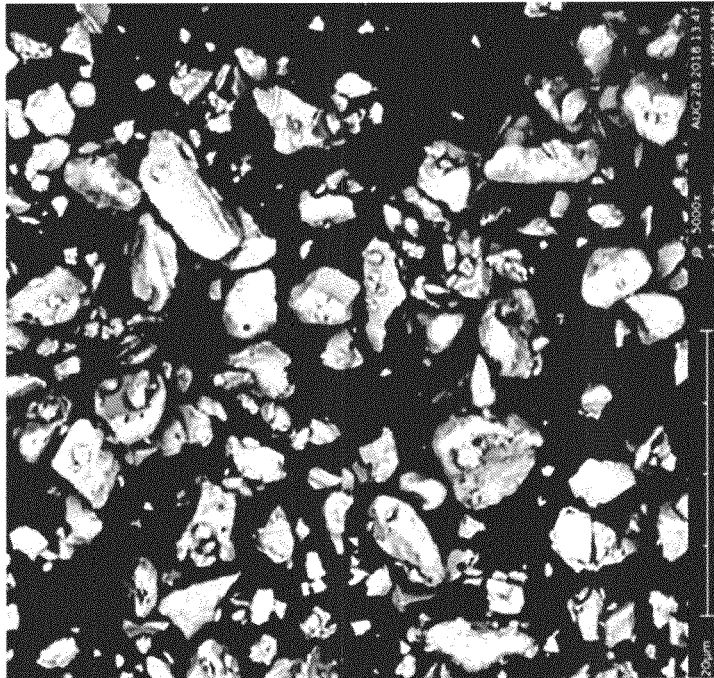
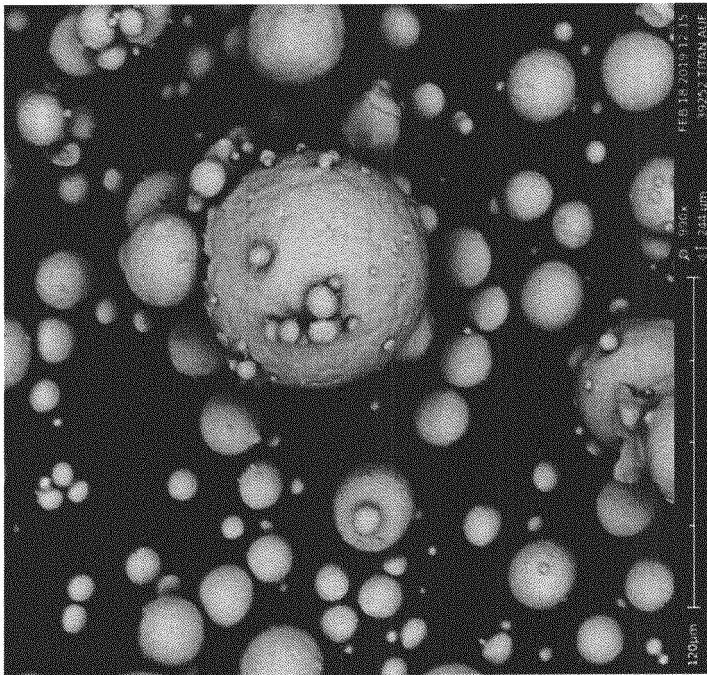
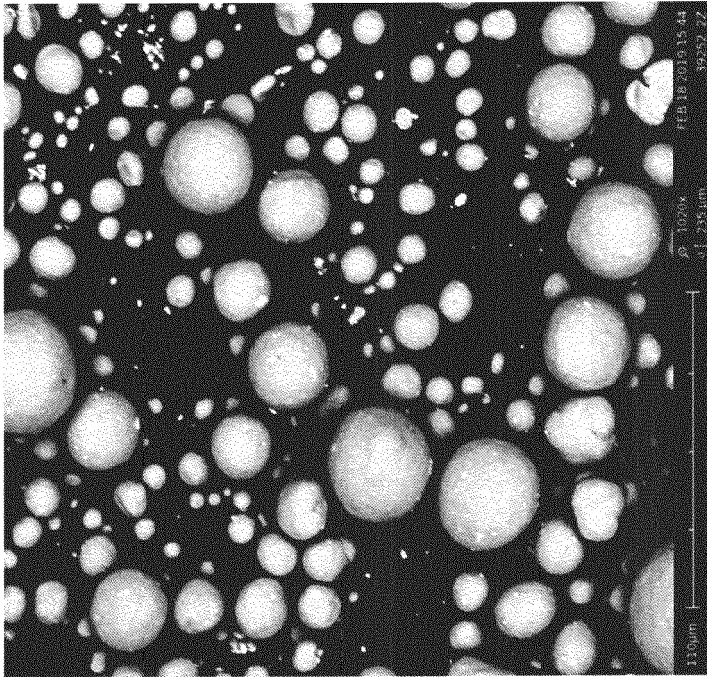


Fig. 7



**Fig. 10**

**Fig. 9**

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0082816 A2 [0010]
- WO 2018121803 A1 [0010]