

(19)



(11)

EP 4 088 818 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.11.2022 Patentblatt 2022/46

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B02C 19/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21173898.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B02C 19/061

(22) Anmeldetag: **14.05.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **LUCZAK, Bartholomäus**
47802 Krefeld (DE)
• **MÜLLER, Rolf**
47829 Krefeld (DE)
• **PESCH, Tim**
47807 Krefeld (DE)

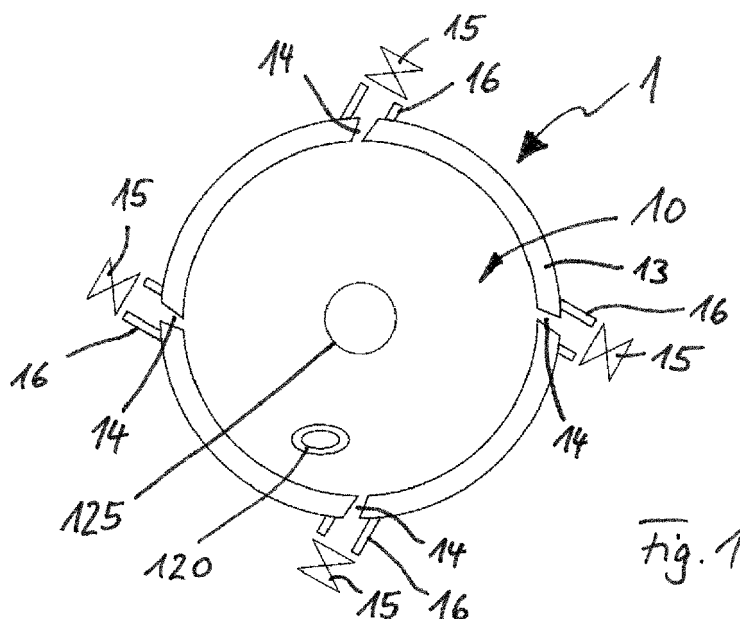
(71) Anmelder: **LANXESS Deutschland GmbH**
50569 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Wagner Albiger & Partner**
Patentanwälte mbB
Siegfried-Leopold-Straße 27
53225 Bonn (DE)

(54) **SPIRALSTRAHLMÜHLE UND VERFAHREN ZUM VERMAHLEN VON MAHLGÜTERN IN EINER SPIRALSTRAHLMÜHLE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Spiralstrahlmühle (1) mit einer Mahlkammer (10), die von einem Boden (11), einem Deckel (12) und einer den Boden (11) und den Deckel (12) verbindenden Wandung (13) begrenzt ist und mit einer Vielzahl von Mahlgasdüsen (14), die die Wandung (13) durchsetzen und mit einer Mahlgasquelle

verbunden sind, wobei zumindest einem Teil der Mahlgasdüsen (14) zugeordnet ein schaltbares Absperrorgan (15) vorgesehen ist, mittels dessen die Verbindung zur Mahlgasquelle unabhängig offen- und schließbar ist. Es wird ferner auch ein Verfahren zum Vermahlen von Mahlgütern in einer Spiralstrahlmühle angegeben.



EP 4 088 818 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spiralstrahlmühle mit einer Mahlkammer, die von einem Boden, einem Deckel und einer den Boden und den Deckel verbindenden Wandung begrenzt ist und mit einer Vielzahl von Mahlgasdüsen, die die Wandung durchsetzen und mit einer Mahlgasquelle verbunden sind. Die Erfindung betrifft ferner auch ein Verfahren zum Vermahlen von Mahlgütern in einer derartigen Spiralstrahlmühle, in die die Mahlgüter eingebracht werden und mit einem Mahlgasstrom aus einer Vielzahl von die Wandung durchsetzenden Mahlgasdüsen beaufschlagt werden.

[0002] Spiralstrahlmühlen der eingangs genannten Art sind seit langer Zeit bekannt und werden bis heute sehr häufig in der Industrie, insbesondere in der Pharmasowie der Spezial- und Feinchemie-Industrie eingesetzt, wenn Partikel mit Durchmessern unter ca. 10 µm erzielt werden sollen. Das Wirkprinzip der Spiralstrahlmühle beruht darauf, dass das in die Mahlkammer eingebrachte Mahlgut der Einwirkung eines durch die die Wandung durchsetzenden Mahlgasdüsen in die Mahlkammer eintretenden scharfen und auf Geschwindigkeiten von mehreren hundert Metern pro Sekunde beschleunigten Mahlgasstromes ausgesetzt wird. Da die Mahlgasdüsen üblicherweise unter einem Winkel annähernd tangential in die Mahlkammer gerichtet sind, bildet sich die Strömung des eintretenden Mahlgases spiralförmig in der Mahlkammer aus. Das zugeführte Mahlgut wird von den Gasstrahlen erfasst, beschleunigt und durch gegenseitige Teilchenstöße zerkleinert. Das in der gewünschten Korngröße vorliegende Mahlgut wird zusammen mit dem entspannten Mahlgas im Rotationsmittelpunkt der Spiralströmung aus der Mahlkammer ausgetragen, während zu grobe Partikel einer weiteren Mahlbeanspruchung unterzogen werden. Eine Spiralstrahlmühle kommt insoweit ohne bewegte Einbauelemente im Innern der Mahlkammer aus und ermöglicht die Produktion eines besonders feinen Mahlguts mit relativ enger Teilchengrößenverteilung und kaum nennenswertem mechanischem Abrieb. Den genannten Vorteilen der Spiralstrahlmühle stehen allerdings Nachteile in Form eines relativ hohen Energieeinsatzes sowie einer komplexen Regelung im Hinblick auf einen optimalen Betriebspunkt gegenüber, da viele Einflussparameter, wie die Abmessungen der Mahlkammer, der Eintrittswinkel der Mahlgasdüsen oder auch der Massenstrom des Mahlgases oder das Produktverhältnis in weiten Grenzen und insbesondere abhängig vom Mahlgut variiert werden können. Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Spiralstrahlmühle ist beispielsweise aus der EP 3 613 508 A1 ersichtlich.

[0003] Bislang wird im Stand der Technik die Zerkleinerungsintensität und -wirkung über eine Regelung des Mahlgasmassenstroms oder den Mahlgasdruck bewirkt, indem in eine zentrale Zuführleitung für das Mahlgas zwischen der Mahlgasquelle und der Spiralstrahlmühle ein Drosselventil eingesetzt wird oder die Mahlgasquelle selbst, beispielsweise ein Kompressor, geregelt wird. Es

wird hierzu beispielhaft auf die WO 2019/155038 A1, WO 2017/042341 A1 und die WO 2013/156465 A1 verwiesen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei fortschreitender Druckreduzierung des Mahlgasstromes die Geschwindigkeit desselben am Auslass der Mahlgasdüsen in die Mahlkammer ebenfalls reduziert wird, was einen sehr stark negativen Einfluss auf die Mahlwirkung und -effizienz hat, was verbesserungswürdig erscheint.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Spiralstrahlmühle sowie ein Verfahren zum Vermahlen von Schüttgütern in einer Spiralstrahlmühle vorzuschlagen, welches trotz einer verbesserten Regelbarkeit des Mahlvorganges eine deutlich effizientere Vermahlung bei höherer Leistung mit sich bringt.

[0005] Zur Lösung der gestellten Aufgabe wird erfindungsgemäß die Ausgestaltung einer Spiralstrahlmühle mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen.

[0006] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Lösung der gestellten Aufgabe ist Gegenstand des Patentanspruchs 8.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Ansprüche.

[0008] Der erfindungsgemäße Vorschlag sieht eine Ausgestaltung einer Spiralstrahlmühle vor, bei der zumindest einem Teil der vorhandenen Mahlgasdüsen zugeordnet jeweils ein schaltbares Absperrorgan vorgesehen ist, mittels dessen die Verbindung zur Mahlgasquelle unabhängig von den weiteren Absperrorganen öffnen und schließbar ist.

[0009] Erfindungsgemäß wird somit eine Spiralstrahlmühle vorgesehen, bei der die verbauten Mahlgasdüsen einzeln zu- und abschaltbar sind, in dem die jeweils zugeordneten Absperrorgane entsprechend geöffnet oder geschlossen werden und die Verbindung der zugeordneten Mahlgasdüse zur Mahlgasquelle öffnen oder schließen. Somit ist es bei der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle möglich, den Durchfluss des Mahlgases in die Mahlkammer ausschließlich über die Anzahl der zugeschalteten Düsen und des insoweit für den Mahlgaseintritt zur Verfügung stehenden Düsenquerschnittes zu regeln. Dabei liegt unabhängig von der Anzahl der aktuell geöffneten Absperrorgane und zugeordneten Mahlgasdüsen stets der optimale maximale Betriebsdruck der Mahlgasquelle an und das Mahlgas wird entsprechend mit optimal hoher Geschwindigkeit über die geöffneten Mahlgasdüsen in die Mahlkammer eingeleitet. Auch bei einer Verringerung oder Erhöhung der Anzahl der geöffneten Absperrorgane und zugeordneten Mahlgasdüsen ändert sich der anliegende Druck des Mahlgases an den Mahlgasdüsen und die Austrittsgeschwindigkeit in die Mahlkammer nicht. Die Mahlwirkung und -effizienz wird somit im Vergleich zu den bislang druckgeregelten Spiralstrahlmühlen bedeutend verbessert.

[0010] Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, zumindest einen Teil der Mahlgasdüsen in der erfindungs-

gemäßen Weise mit zugeordneten schaltbaren Absperrorganen auszurüsten.

[0011] Nach einem Vorschlag der Erfindung können insbesondere auch alle Mahlgasdüsen der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle mit je einem zugeordneten schaltbaren Absperrorgan ausgerüstet werden, um diese bedarfsweise zu- oder abzuschalten.

[0012] Als Absperrorgan im Sinne der Erfindung kommen insbesondere Absperrventile, Kugelhähne, Absperrschieber und ähnliche Absperrrichtungen in Betracht, die eine schnelle Umschaltung zwischen einem geöffneten und geschlossenen Zustand erlauben.

[0013] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung kommuniziert die Mahlgasquelle über jeweils zu einer Mahlgasdüse führende gesonderte Zuleitungen mit diesen Mahlgasdüsen, wobei in den Zuleitungen das schaltbare Absperrorgan vorgesehen ist. Dies ermöglicht eine platzsparende Anordnung der Absperrorgane und ermöglicht es, jeder einzelnen Mahlgasdüse eine einzeln steuerbare Versorgung mit Mahlgas der Mahlgasquelle zuzuordnen.

[0014] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Spiralstrahlmühle ist es, dass mit Ausnahme der Modifikation der Mahlgaszuführung zu den einzelnen Mahlgasdüsen und Integration von zugeordneten Absperrorganen die übrigen Komponenten der Spiralstrahlmühle, insbesondere die von einem Boden, einem Deckel und einer den Boden und den Deckel verbindenden Wandung begrenzte Mahlkammer sowie die entsprechenden Zuführ- und Abführöffnungen für das Mahlgut keine Veränderung erfahren, sodass sich die erfindungsgemäße Ausgestaltung auch im Rahmen einer Modifikation bzw. Nachrüstung an bereits vorhandenen Spiralstrahlmühlen realisieren lässt.

[0015] Die erfindungsgemäße Spiralstrahlmühle umfasst eine, vorzugsweise aber mehrere um den Umfang der Wandung verteilt angeordnete Mahlgasdüsen, wobei nach einem Vorschlag der Erfindung insbesondere 3 bis 40 derartige Mahlgasdüsen vorgesehen sind, die regelmäßig oder zu Gruppen zusammengefasst um den Umfang der Wandung verteilt angeordnet sind.

[0016] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, die Mahlgasdüsen als Lavaldüsen auszubilden, die eine besonders hohe Austrittsgeschwindigkeit des Mahl-gases in die Mahlkammer hervorrufen, was für das Mahlergebnis vorteilhaft ist. Eine solche Ausbildung der Mahl-gasdüsen als Lavaldüsen war bislang nur sehr schwierig zu realisieren, da bei der üblichen Regelung der Spiralstrahlmühle über den anliegenden Mahl-gasdruck der optimale Betriebspunkt der Lavaldüsen nur sehr eingeschränkt nutzbar war. Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung hingegen kann aufgrund der nicht erforderlichen Regelung des anliegenden Mahl-gasdrucks nahezu immer der optimale Betriebspunkt der Lavaldüsen genutzt werden und das Mahl-gas auf ein Mehrfaches der Schallgeschwindigkeit beschleunigt werden, was zu einer optimierten Mahlwirkung führt.

[0017] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung

ist eine Steuerungseinrichtung zum unabhängigen Ansteuern der Absperrorgane vorgesehen, um die einzelnen Absperrorgane und zugeordneten Mahl-gasdüsen in einer der jeweiligen Regelungsaufgabe angepassten Weise zwecks Öffnen oder Schließen anzusteuern.

[0018] Die Absperrorgane sind erfindungsgemäß bevorzugt so ausgebildet, dass sie lediglich zwischen einer vollständigen Öffnung und einem vollständigen Verschluss umschaltbar sind (auf/zu). Die Umschaltung der Absperrorgane kann im Rahmen einer Voreinstellung der Spiralstrahlmühle an eine anstehende Mahlaufgabe vor Inbetriebnahme derselben, gleichermaßen jedoch auch im laufenden Betrieb der Spiralstrahlmühle zur Regelung einzelner Prozessparameter vorgenommen werden. Die Zu- und Abschaltung einzelner Mahl-gasdüsen der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle kann beispielsweise aufgrund des anzustrebenden Zerkleinerungsgrades in Abhängigkeit von der Art und Härte des Mahlguts und/oder des Mahlkammerinnendrucks erfolgen.

[0019] Nach einem weiteren Vorschlag kann darüber hinaus die erfindungsgemäße Spiralstrahlmühle insbesondere mit einer zylindrischen Wandung ausgebildet sein, sodass zwischen Boden und Deckel eine entsprechend kreiszylinderförmige Mahlkammer begrenzt wird, in die die einzelnen mit den zugeordneten Absperrorganen schaltbaren Mahl-gasdüsen unter einem vorgegebenen Eintrittswinkel einmünden. Der Boden und Deckel können in diesem Fall sowohl eben als auch gewölbt ausgeführt sein, um der Mahlkammer entsprechend eine zylindrische oder linsenförmige Gestalt zu verleihen.

[0020] Es kann darüber hinaus vorgesehen sein, dass im Deckel der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle eine Zuführöffnung für die Zuführung des Mahlguts in die Mahlkammer und auch eine Abführöffnung für die Abführung des in der Mahlkammer vermahlenden Mahlguts ausgebildet sind.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Vermahlen von Mahlgütern in einer Spiralstrahlmühle beruht darauf, dass die Spiralstrahlmühle eine von einem Boden, Deckel und einer Wandung begrenzte Mahlkammer aufweist, in die das Mahlgut eingebracht wird und mit einem Mahl-gasstrom aus einer Vielzahl von die Wandung durchsetzenden Mahl-gasdüsen beaufschlagt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Regelung des Mahl-gasstromes die Anzahl der mit dem Mahl-gasstrom beaufschlagten Mahl-gasdüsen variiert wird.

[0022] Während man bei Spiralstrahlmühlen nach dem Stand der Technik eine Regelung des Mahlvorganges üblicherweise dadurch bewirkt, dass der Durchfluss des Mahl-gases über eine zentrale Zuführung geregelt und insbesondere gedrosselt wird und insoweit unvermeidbar ein Druck- und Geschwindigkeitsverlust an allen Mahl-gasdüsen erzeugt wird, ist es beim erfindungsgemäßen Verfahren möglich, den Durchfluss des Mahl-gases in die Mahlkammer über die Anzahl der mit dem Mahl-gasstrom beaufschlagten Mahl-gasdüsen anzupassen, wobei das Mahl-gas aus den jeweils mit dem Mahl-

gasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen stets mit maximalem Druck und maximaler Geschwindigkeit in die Mahlkammer einströmt.

[0023] Es hat sich im Rahmen der Erfindung gezeigt, dass auf diese Weise eine Regelung/Steuerung der Spiralstrahlmühle in einem weiteren Bereich ermöglicht wird, als es der bisherige Stand der Technik zulässt.

[0024] Erfindungsgemäß ist insbesondere vorgesehen, die Mahlgasdüsen gesondert und unabhängig von den übrigen Mahlgasdüsen zu öffnen und mit dem Mahlgasstrom zu beaufschlagen oder zu schließen und vom Mahlgasstrom zu trennen. Dieses Öffnen oder Schließen kann insbesondere durch entsprechend den Mahlgasdüsen zugeordnete schaltbare Absperrorgane bewirkt werden, die in die gesondert zu jeder einzelnen Mahlgasdüse führenden Zuleitungen für das Mahlgas angeordnet sind.

[0025] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung wird durch eine Veränderung der Anzahl der mit dem Mahlgasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen der Durchfluss des Mahlgases pro Zeiteinheit in die Mahlkammer geregelt, sodass das erfindungsgemäße Verfahren eine besonders effiziente und variable Anpassung des Mahlvorganges in der Spiralstrahlmühle an die spezifischen Eigenheiten des Mahlguts und die jeweilige Mahlaufgabe gestattet.

[0026] Die in Abhängigkeit von der gewünschten Regelung erfolgende Beaufschlagung einzelner Mahlgasdüsen mit dem Mahlgasstrom oder deren Abschaltung kann in nahezu beliebiger Konfiguration vorgenommen werden.

[0027] Nach einem Vorschlag der Erfindung wird umlaufend um den Umfang der Wandung betrachtet eine regelmäßige Abfolge von Mahlgasdüsen wechselweise geöffnet oder geschlossen, beispielsweise abwechselnd auf-zu-auf-zu usw. Auch ist es möglich, jeweils benachbarte Mahlgasdüsen übereinstimmend mit dem Mahlgasstrom zu beaufschlagen oder von diesem zu trennen, beispielsweise zwei oder mehr benachbarte Mahlgasdüsen zu öffnen und die nachfolgende Anzahl benachbarter Mahlgasdüsen entsprechend zu schließen.

[0028] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung ist es auch denkbar, umlaufend über den Umfang der Wandung betrachtet eine Anzahl benachbarter aufeinanderfolgender Mahlgasdüsen nach Art eines Sektors zu schließen und die verbleibenden Mahlgasdüsen zu öffnen, wobei die Anzahl der im geschlossenen Sektor enthaltenen Mahlgasdüsen und entsprechend die Anzahl der verbleibenden geöffneten Mahlgasdüsen beliebig ausgewählt werden können.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich somit durch eine äußerst große Regelungsbandbreite aus. Es ist jedoch wesentlich, dass die Zuführung des Mahlgases keiner energieineffizienten Drosselung unterliegt, sondern an jeder einzelnen Mahlgasdüse liegt der höchstmögliche Betriebsdruck der Mahlgasquelle an, unabhängig davon, ob die jeweilige Mahlgasdüse geöffnet und auch mit dem Mahlgasstrom beaufschlagt

oder geschlossen und vom Mahlgasstrom getrennt ist.

[0030] Die in der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle erzielbare Zerkleinerungswirkung und Zerkleinerungsintensität wird von daher nicht über eine Regelung der Mahlgasquelle, sondern über die Zu- und Abschaltung einzelner Mahlgasdüsen und deren Beaufschlagung mit dem Mahlgas angepasst. Über die Variation der Anzahl der mit dem Mahlgasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen wird der Gesamt-Mahlgasstrom eingestellt, der in die Mahlkammer eingebracht wird, wobei jedoch der Druck des Mahlgases vor jeder einzelnen Mahlgasdüse möglichst hoch bleibt, sodass auch die erzielbaren Austrittsgeschwindigkeiten des Mahlgases über die mit dem Mahlgasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen in die Mahlkammer dementsprechend hoch bleiben, was zu einer effizienten Ausnutzung der kinetischen Energie des Mahlgases führt.

[0031] Die verwendeten Mahlgasdüsen können im einfachsten Fall zylindrische oder konische Düsenquerschnitte aufweisen. Sie können in einer Weiterbildung der Erfindung aber auch als Lavaldüsen ausgebildet sein und das austretende Mahlgas auf eine im ein- bis mehrfachen Überschallbereich liegende Geschwindigkeit beschleunigen.

[0032] Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung ist insbesondere vorgesehen, dass die Mahlgasdüsen auch während der Beaufschlagung der Mahlkammer mit dem Mahlgasstrom geöffnet oder geschlossen werden, sodass eine Regelung der Spiralstrahlmühle auch im laufenden Betrieb problemlos ermöglicht ist, um zum Beispiel während des Betriebs auf Veränderungen in anderen Einflussparametern oder Störgrößen zu reagieren.

[0033] Das Öffnen oder Schließen der Mahlgasdüsen erfolgt vorzugsweise in Abhängigkeit von der angestrebten Korngröße, der Härte des Mahlguts und/oder des Drucks der Mahlkammer und sind vom Fachmann entsprechend den Anforderungen auszuwählen.

[0034] Weitere Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in schematischer Darstellung die Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Spiralstrahlmühle;

Figur 2 den Schnitt durch den Spiralstrahlmühle gemäß Figur 1 in vergrößerter Darstellung;

Figur 3 in nochmals vergrößerter Darstellung die Mahlgut Zuführung der erfindungsgemäßen Spiralstrahlmühle gemäß Figur 1.

[0035] Aus den Figuren ist in einer stark vereinfachten schematischen Darstellung eine Spiralstrahlmühle 1 zum Vermahlen von Mahlgütern ersichtlich, wie sie beispielsweise in der Pharma- sowie der Spezial- und Feinchemie-Industrie Verwendung findet, etwa zum Vermahlen von partikulären Feststoffen.

[0036] Unter partikulären Feststoffen werden in diesem Zusammenhang beispielsweise verstanden Eisenoxide, insbesondere α -, β -, γ - und/oder δ -FeOOH-Phasen und/oder Fe(OH)₂-Phasen, Ferrihydrit- sowie Misch- und Zwischenphasen derselben, besonders bevorzugt Hämatit der Modifikation α -Fe₂O₃, γ -Fe₂O₃-Magnetit, Magnetit, Mangan- oder Zink-Ferrite, Titandioxide beispielsweise in Rutil-, Anatas-Modifikation oder als Rutilmischphasenpigmente, Chromoxide, Zinkoxide, Zinksulfide, Ultramarin, Nickel- oder Chromantimontitdioxide, Cobaltblau, Cobaltgrün, Chromoxide, oder Kohlenstoffformen, wie Ruß, Graphit oder Graphen. Besonders bevorzugt sind anorganische Pigmente aus der vorgenannten Gruppe zu nennen.

[0037] Die Spiralstrahlmühle 1 umfasst eine kreiszylindrische Mahlkammer 10, die von einem Boden 11, einem Deckel 12 und einer den Boden 11 und den Deckel 12 beabstandet verbindenden Wandung 13 begrenzt ist. Die Wandung 13 ist demgemäß ebenfalls kreiszylindrisch ausgebildet. Durch eine entsprechende Wölbung von Boden 11 und/oder Deckel 12 kann auch eine linsenförmige Gestaltung der Mahlkammer 10 vorliegen.

[0038] Die Wandung 13 wird von mehreren, im hier dargestellten Beispiel insgesamt vier Mahlgasdüsen 14 durchsetzt, die unter einem vorbestimmten Eintrittswinkel annähernd tangential in die Mahlkammer 10 einmünden.

[0039] Über lediglich angedeutete Zuführungen 16 kommunizieren die Mahlgasdüsen 14 mit einer nicht dargestellten Mahlgasquelle, beispielsweise einem Kompressor und werden von diesem mit einem entsprechenden Mahlgasstrom, beispielsweise Druckluft, beaufschlagt. Das Mahlgas tritt über die Mahlgasdüsen annähernd tangential in die Mahlkammer 10 ein und erzeugt im dargestellten Ausführungsbeispiel einen gegen den Uhrzeigersinn gerichteten spiralförmigen Mahlgasstrom im Innern der Mahlkammer 10.

[0040] Über eine außermittig im Bereich des Deckels 12 angeordnete und in näheren Einzelheiten aus der Figur 3 ersichtliche Zuführöffnung 120 wird das Mahlgut über einen Trichter 121 aus einem entsprechenden Vorratsbehälter zugeführt und über einen aus einer Injektordüse 122 austretenden Gasstrom in einem Injektorrohr 123 beschleunigt und in die Mahlkammer 10 eingebracht. Dort wird das Mahlgut von dem spiralförmig umlaufenden Mahlgasstrom erfasst und mitgerissen, wobei durch die auftretenden Beschleunigungskräfte sowie Kollisionen der einzelnen Teile des Mahlgutes die gewünschte Zerkleinerung und Vermahlung des Mahlgutes bewirkt wird. Sobald das Mahlgut eine gewünschte Korngröße unterschreitet, sammelt es sich aufgrund der abnehmenden Fliehkräfte in der Spiralströmung im zentralen Bereich der Mahlkammer 10 und wird von dort über eine zentrale, ebenfalls im Deckel 12 angeordnete Abführöffnung 125 zusammen mit dem entspannten Mahlgas aus der Spiralstrahlmühle 1 ausgetragen, gegebenenfalls unter Einsatz von hier nicht dargestellten Filtern oder Zyklonen.

[0041] Wesentlich für die dargestellte Spiralstrahlmüh-

le ist es, dass zur Regelung des Mahlvorganges im Innern der Mahlkammer 10 jede einzelne Mahlgasdüse 14 im Bereich ihrer Zuführung 16 für das Mahlgas mit einem gesondert und unabhängig ansteuerbaren Absperrorgan 15 versehen ist, welche es ermöglichen, beliebig die einzelnen Mahlgasdüsen 14 mit dem Mahlgasstrom zu beaufschlagten und dementsprechend zu aktivieren oder vom Mahlgasstrom abzutrennen und entsprechend zu deaktivieren. Sobald ein Absperrorgan 15 geöffnet wird, wird die entsprechende Mahlgasdüse 14 mit dem Mahlgas der Mahlgasquelle beaufschlagt und umgekehrt vom Mahlgas getrennt, sobald das zugeordnete Absperrorgan 15 geschlossen wird. Die Absperrorgane 15 können beispielsweise von zwischen Öffnungs- und Schließstellung umschaltbaren Absperrentilen gebildet sein.

[0042] Auf diese Weise ist es möglich, in allen Zuleitungen 16 einen konstant hohen Betriebsdruck des Mahlgases von der Mahlgasquelle anzulegen und durch Öffnung einzelner oder aller Absperrorgane 15 eine entsprechende Anzahl an zugeordneten Mahlgasdüsen 14 zu aktivieren, aus denen sodann der Mahlgasstrom mit konstantem Druck und entsprechend konstanter maximaler Geschwindigkeit in die Mahlkammer 10 eintritt.

[0043] Durch eine solche Zu- und Abschaltung einzelner Mahlgasdüsen 14 kann die Zerkleinerungswirkung und -intensität der Spiralstrahlmühle 1 eingestellt werden, indem der Gesamt-Mahlgasstrom in die Mahlkammer 10 verändert wird, ohne dass die Austrittsgeschwindigkeit des Mahlgases in die Mahlkammer 10 verringert wird. Dies führt zu einer möglichst effizienten Ausnutzung des Mahlgases und einer deutlich energieeffizienteren Arbeitsweise der Spiralstrahlmühle 1.

[0044] Die Anzahl der geöffneten bzw. geschlossenen Absperrorgane 15 und zugeordneten Mahlgasdüsen 14 kann beliebig vor und während des Betriebs der Spiralstrahlmühle verändert werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel kann beispielsweise jede zweite Mahlgasdüse 14 durch Öffnung der zugeordneten Absperrorgane 15 mit dem Mahlgasstrom beaufschlagt werden, es kann aber auch nur eine einzige Mahlgasdüse 14 geöffnet oder es können drei benachbarte Mahlgasdüsen 14 oder auch alle Mahlgasdüsen 14 geöffnet werden. Entsprechendes gilt für Spiralstrahlmühlen 1 mit einer höheren oder auch niedrigeren Anzahl an Mahlgasdüsen, wobei im Rahmen der Erfindung insbesondere Anzahlen von 3 bis 40 derartigen Mahlgasdüsen 10 als geeignet angesehen werden. Die jeweils aktuell gewünschte Ansteuerung der einzelnen Absperrorgane 15 kann zweckmäßigerweise von einer entsprechenden Steuerungseinrichtung zum Beispiel nach Maßgabe einer elektronischen Anlagensteuerung vorgenommen werden.

[0045] Im Vergleich zu bisher verwendeten Ausführungsformen von Spiralstrahlmühlen erfährt die dargestellte Ausgestaltung einer Spiralstrahlmühle 1 lediglich Modifikationen im Bereich der Zuführung des Mahlgases zu den einzelnen Mahlgasdüsen 14, in dem jede einzelne Mahlgasdüse 14 mit einer gesonderten Zuleitung 16 ver-

sehen wird, in der ein unabhängig schaltbares Absperrorgan 15 vorgesehen ist. Bisher übliche Vorverteiler und Druckregelungseinrichtungen für das zugeführte Mahlgas können hingegen entfallen.

[0046] Im Vergleich zu der bisher verwendeten Druckregelung des Mahlgases zur Steuerung des Durchflusses des Mahlgases in die Mahlkammer 10 erreicht die vorangehend erläuterte Ausgestaltung einen idealerweise konstanten hohen Druck am Einlauf der Mahlgasdüsen. Dies ermöglicht es, die Mahlgasdüsen nicht nur zylindrisch oder konisch auszubilden, sondern auch in Form von Lavaldüsen auszubilden. Durch die vorangehend erläuterte Zu- oder Abschaltung einzelner Mahlgasdüsen, ggf. mit Anpassung des Mahlgutabstroms, kann der Druck in der Mahlkammer 10 angepasst werden, wobei jedoch stets konstant hoher Druck an den geöffneten Mahlgasdüsen anliegt. Die einzelnen geöffneten Mahlgasdüsen können von daher stets im Bereich des optimalen Betriebspunktes betrieben werden, was insbesondere bei Ausgestaltung als Lavaldüse eine energieeffiziente Betriebsweise sicherstellt, da höchste Ausströmgeschwindigkeiten des Mahlgases bis zu einem Mehrfachen der Schallgeschwindigkeit bei geringer Strahldivergenz erreicht werden können. Dies schlägt sich in einer deutlich energieeffizienteren Mahlwirkung nieder.

[0047] Nicht zur Zerkleinerung beitragende Energieverluste durch Verdichtungsstöße oder große Strahldivergenzen durch Betrieb von als Lavaldüsen ausgebildeten Mahlgasdüsen 14 ober- oder unterhalb des optimalen Betriebspunktes können durch Konstanthaltung des Mahlgasdrucks und des Drucks im Innern der Mahlkammer 10 sicher vermieden werden.

[0048] Auch bei Verwendung von beispielsweise zylindrischen Mahlgasdüsen 14 kann durch eine Begrenzung der Anzahl der aktiven bzw. geöffneten Mahlgasdüsen 14 bei einem vorbestimmten Mahlgutstrom die Ausströmgeschwindigkeit des Mahlgases in die Mahlkammer 10 bis zur Schallgeschwindigkeit gesteigert werden, was ebenfalls eine energieeffiziente Vermahlung ermöglicht.

[0049] Bei einer herkömmlichen Durchflussbegrenzung mittels Druckregelung des Mahlgases wird unvermeidlich auch der anliegende Druck des Mahlgases an den Mahlgasdüsen reduziert, was mit einer entsprechenden Geschwindigkeitsabnahme des Mahlgasstromes aus den Mahlgasdüsen einhergeht und die Energiebilanz verschlechtert. Bei der vorangehend erläuterten Regelung des Durchflusses über eine Reduktion der verfügbaren Mahlgasdüsen 14, die mit dem Mahlgasstrom beaufschlagt werden, wird der Durchfluss des Mahlgases ebenfalls auf das gewünschte Maß reduziert, jedoch liegt an den geöffneten Mahlgasdüsen 14 nach wie vor der maximale Druck an, womit auch die maximale Strömungsgeschwindigkeit des austretenden Mahlgases unverändert erreicht wird. Die bislang unvermeidliche energieineffiziente Arbeitsweise der Spiralstrahlmühle wird somit wirkungsvoll verbessert.

[0050] Die vorangehend erläuterte Spiralstrahlmühle sowie das Verfahren lassen sich nicht nur an neu aufgebauten Spiralstrahlmühlen realisieren, sondern im Rahmen einer vergleichsweise einfachen Umrüstung auch bei bereits vorhandenen Spiralstrahlmühlen nach dem Stand der Technik implementieren.

Bezugszeichenliste:

10 [0051]

- | | |
|------|-------------------|
| 1: | Spiralstrahlmühle |
| 10: | Mahlkammer |
| 11: | Boden |
| 12: | Deckel |
| 13: | Wandung |
| 14: | Mahlgasdüse |
| 15: | Absperrorgan |
| 16: | Zuleitung |
| 120: | Zuführöffnung |
| 121: | Trichter |
| 122: | Injektordüse |
| 123: | Injektorrohr |
| 125: | Abführöffnung |

Patentansprüche

1. Spiralstrahlmühle (1) mit einer Mahlkammer (10), die von einem Boden (11), einem Deckel (12) und einer den Boden (11) und den Deckel (12) verbindenden Wandung (13) begrenzt ist und mit einer Vielzahl von Mahlgasdüsen (14), die die Wandung (13) durchsetzen und mit einer Mahlgasquelle verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einem Teil der Mahlgasdüsen (14) zugeordnet ein schaltbares Absperrorgan (15) vorgesehen ist, mittels dessen die Verbindung zur Mahlgasquelle unabhängig öffnen- und schließbar ist.
2. Spiralstrahlmühle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Mahlgasdüse (14) zugeordnet ein schaltbares Absperrorgan (15) vorgesehen ist.
3. Spiralstrahlmühle (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mahlgasquelle über jeweils zu einer Mahlgasdüse (14) führende Zuleitungen (16) mit den Mahlgasdüsen (14) kommuniziert, wobei in den Zuleitungen (16) das schaltbare Absperrorgan (15) vorgesehen ist.
4. Spiralstrahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Mahlgasdüsen (14) 3 bis 40 beträgt.
5. Spiralstrahlmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mahlgasdü-

sen (14) als Lavaldüsen ausgebildet sind.

6. Spiralstrahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuerungseinrichtung zum unabhängigen Ansteuern der Absperrorgane (15) vorgesehen ist.
7. Spiralstrahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wandung (13) zylindrisch ausgebildet ist.
8. Spiralstrahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Deckel (12) eine Zuführöffnung (120) für die Zuführung des Mahlguts in die Mahlkammer (10) und eine Abführöffnung (125) für die Abführung des in der Mahlkammer (10) vermahlenden Mahlguts ausgebildet sind.
9. Verfahren zum Vermahlen von Mahlgütern in einer Spiralstrahlmühle (1), wobei die Spiralstrahlmühle (1) eine von einem Boden (11), Deckel (12) und einer Wandung (13) begrenzte Mahlkammer (10) aufweist, in die das Mahlgut eingebracht wird und mit einem Mahlgasstrom aus einer Vielzahl von die Wandung (13) durchsetzenden Mahlgasdüsen (14) beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung des Mahlgasstromes die Anzahl der mit dem Mahlgasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen (14) variiert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mahlgasdüsen (14) gesondert und unabhängig von den übrigen Mahlgasdüsen (14) geöffnet und mit dem Mahlgasstrom beaufschlagt oder geschlossen und vom Mahlgasstrom getrennt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung des Mahlgasstromes der Durchfluss des Mahlgases pro Zeiteinheit in die Mahlkammer (10) durch eine Veränderung der Anzahl der mit dem Mahlgasstrom beaufschlagten Mahlgasdüsen (14) variiert wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** umlaufend um den Umfang der Wandung (13) betrachtet eine regelmäßige Abfolge von Mahlgasdüsen (14) wechselweise geöffnet oder geschlossen werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** umlaufend über den Umfang der Wandung (13) betrachtet eine Anzahl benachbart aufeinanderfolgender Mahlgasdüsen (14) geschlossen oder geöffnet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mahlgasdüsen

(14) während der Beaufschlagung der Mahlkammer (10) mit dem Mahlgasstrom geöffnet oder geschlossen werden.

- 5 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mahlgasstrom mit Überschallgeschwindigkeit aus den Mahlgasdüsen (14) in die Mahlkammer (10) eingeleitet wird.
- 10 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Öffnen oder Schließen der Mahlgasdüsen (14) in Abhängigkeit von der angestrebten Korngröße des Mahlguts, der Härte des Mahlguts und/oder des Drucks in der Mahlkammer (10) variiert wird.
- 15

20

25

30

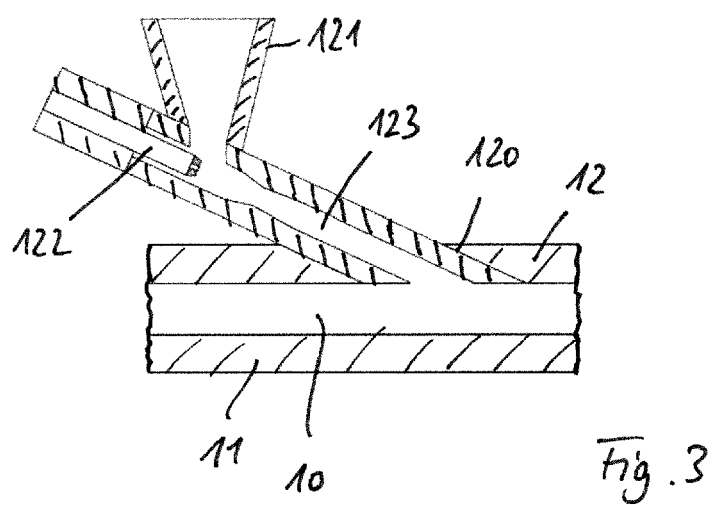
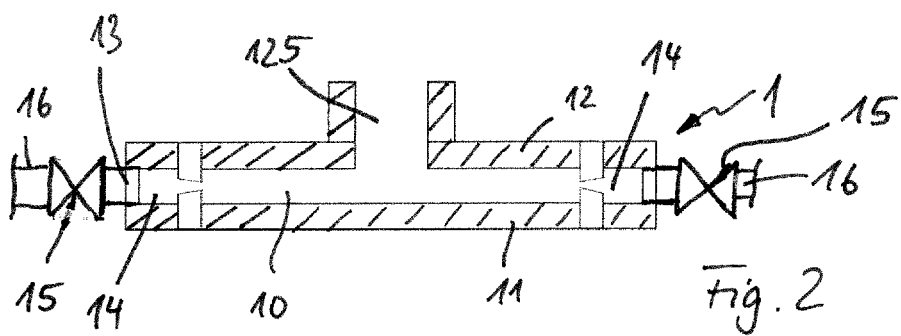
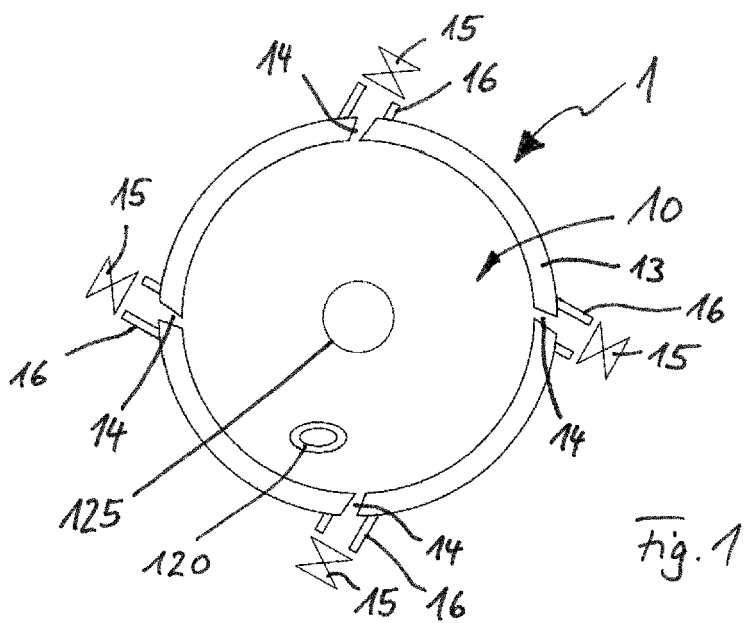
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 17 3898

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CN 203 990 833 U (SICHUAN JISU DYNAMIC SUPERFINE POWDER EQUIPMENT MFG CO LTD) 10. Dezember 2014 (2014-12-10)	1-3,6,7	INV. B02C19/06
Y	* Abbildungen *	1-8	
A		9-16	
Y	----- US 2004/211849 A1 (ITOH HITOSHI [JP] ET AL) 28. Oktober 2004 (2004-10-28)	1-8	
A	* Abbildungen *	9-16	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. November 2021	Prüfer Kopacz, Ireneusz
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 17 3898

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

09-11-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	CN 203990833 U	10-12-2014	KEINE	
15	US 2004211849 A1	28-10-2004	CN 1547510 A	17-11-2004
			HK 1067873 A1	22-04-2005
			JP 3562643 B2	08-09-2004
			JP 2003071318 A	11-03-2003
			US 2004211849 A1	28-10-2004
20			WO 03020428 A1	13-03-2003
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3613508 A1 **[0002]**
- WO 2019155038 A1 **[0003]**
- WO 2017042341 A1 **[0003]**
- WO 2013156465 A1 **[0003]**