

(19)



(11)

EP 3 553 437 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(51) Int Cl.:

F26B 1/00 (2006.01)

F26B 3/08 (2006.01)

F26B 3/34 (2006.01)

F26B 5/08 (2006.01)

F26B 17/10 (2006.01)

F26B 23/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19167853.1**

(22) Anmeldetag: **08.04.2019**

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM TROCKNEN, ZERKLEINERN UND ABSCHIEDEN VON TROCKNUNGSGUT**

DEVICE AND METHOD FOR DRYING, CRUSHING AND SEPARATING MATERIAL TO BE DRIED

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE SÉCHAGE, DE BROyage ET DE SÉPARATION DE PRODUITS À SÉCHER

(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: **13.04.2018 DE 102018205677**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.2019 Patentblatt 2019/42

(73) Patentinhaber: **Balabekov, Shukhrat Tashkent (UZ)**

(72) Erfinder: **Balabekov, Shukhrat Tashkent (UZ)**

(74) Vertreter: **Weickmann & Weickmann PartmbB Postfach 860 820 81635 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A1-95/18946

JP-A- 2000 213 863

KR-A- 20120 122 989

US-A- 6 135 370

US-A1- 2016 023 126

EP 3 553 437 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 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Trocknung von organischen und anorganischen Stoffen. Genauer betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 7.

[0002] Das Abscheiden von Wasser ist oft die letzte Stufe bei der Herstellung einer großen Anzahl von Produkten.

[0003] Dies ist meist die energieintensivste Stufe, die wesentlich die Herstellungskosten des Endprodukts bestimmt.

[0004] Um die Effizienz der technologischen Prozesse zu steigern, wird oft die Flüssigkeit so fein wie möglich versprüht und zwar in mechanischen, thermischen und kombinierten Verfahren der Zerkleinerung der Flüssigkeitstropfen bzw. Partikel.

[0005] Bei jedem dieser Verfahren werden jeweilige Energieformen in die Oberflächenenergie der Flüssigkeitstropfen/Partikel transferiert.

[0006] Es ist bekannt, dass beim Versprühen einer Leitflüssigkeit, das Aerosol immer kurzzeitig unipolar elektrisiert wird, was als Balloelektrizität und auch als Lenard-Effekt bezeichnet wird.

[0007] Bei spontaner kurzzeitiger Aufladung sind die entstandenen Ladungen einzelner Tröpfchen relativ gering, weshalb eine vollständige unipolare Aufladung des gesamten Aerosolvolumens nicht möglich ist.

[0008] Durch elektrostatische Induktion ermöglicht die erfinderische Vorrichtung schon während des Sprühvorgangs die stabile unipolare Aufladung der dispergierten Aerosolphase, also der kleinsten Flüssigkeitstropfen, über das gesamte Volumen.

[0009] Bei erfindungsgemäßen Verfahren entsteht diese Eigenschaft direkt während des mechanischen Ausschlagens von Flüssigkeitstropfen aus dem nassen Material.

[0010] Die Erfindung bezieht sich zunächst auf ein Verfahren zur Entfernung von einer oder mehreren Flüssigkeiten (Trocknung) aus verschiedenen organischen und anorganischen Stoffen während der Zerkleinerung der jeweiligen Partikel durch Umwandlung des größten Teils einer oder mehreren Flüssigkeiten in Aerosol, Dampf oder Nebel (weiter als Aerosol benannt).

[0011] Dabei wird der Energieverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Methoden, insbesondere gegenüber der herkömmlichen thermischen Verdampfung derselben Flüssigkeiten, erheblich reduziert.

[0012] Nach bisherigem Stand der Technik liegen allen bisher üblichen technischen Verfahren oder Prozessen zur Entfernung von Flüssigkeiten aus vorzerkleinerten Stoffen

- die mechanische Entfernung durch Zentrifugieren, Fällung, Abpressen oder/und
- Formen der thermischen Flüssigkeitsverdampfung aus diesem Stoff zugrunde.

[0013] Die Erfindung hat zum Ziel, ein neues Verfahren der Entfernung von Flüssigkeiten aus den in den zitierten Fachquellen beschriebenen Stoffen aufzuzeigen und zugleich eine technische Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzubieten.

[0014] Es handelt sich hierbei um Stoffe, die spezifisch auf die beschriebene Weise getrocknet werden, nachdem ein Teil der Flüssigkeit auf vorn beschriebene, herkömmliche Weise bereits teilweise entfernt worden ist.

[0015] In der Fachliteratur wird eine Anzahl verschiedener traditioneller Trocknungssysteme beschrieben, die in erster Linie verschiedene Arten der Zufuhr von Energie zum Stoff, aus dem die Flüssigkeit verdampft werden soll, enthalten.

[0016] Die Vielzahl der anzuwendenden Methoden wird durch Stoff- und Flüssigkeitsarten, Partikelgrößen sowie durch die thermodynamischen Bewertungen des Stoffverhaltens während des Prozesses begründet.

[0017] Der bisherige Stand der Technik beschreibt unter anderem folgende Verfahren, Prozesse und Anlagen:

- Infrarottrockner, wo die Energie in Form von Infrarotstrahlung hinzugefügt wird;
- verschiedene Arten von Tunnelöfen;
- Trockner, wo das Material in einem vertikalen Zylinder durch rotierende Gebläse und den Gegenstrom aus heißer Luft oder aus einem anderen erhitzten Gas getrocknet wird;
- Rotationstrocknung, wo die Energie mittels Flamme in den Trockner eingeblasen wird oder Heißblasverfahren, bei dem die Energie mittels verschiedener wärmeleitender Elemente (Rohre, Platten, etc.), in die sogenannten Öl- oder Dampftrockner eingebracht wird;
- Wirbelschichttrockner, die üblicherweise aus einem vertikalen Zylinder mit einem Gitter oder mit einer Lochplatte am Boden bestehen, durch die das erhitzte Gas eingeblasen wird, um das Material zu erhitzen und die Flüssigkeiten zu verdampfen.

[0018] Die Verfahren nach dem bisherigen Stand der Technik sind in einer Reihe von Handbüchern, wie z.B. Perry's

Chemical Engineering Handbook, ausführlich beschrieben.

[0019] Weitere Informationen zum technischen Hintergrund sind beispielsweise zu finden in US 6 135 370 A, KR 2012 0122989 A, US 2016/023126 A1, WO 95/18946 A1 und JP 2000 213863 A.

[0020] Aus dem bisherigen Stand der Technik ist eine Vorrichtung gemäß dem Patent «A kinetic energy drying device and drying method for sludge», (Patent number: US 20,150,308,742 A1. Date of patent: Okt. 29, 2015) bekannt.

[0021] Sie besteht aus einem Gehäuse, einer rotierenden Welle, auf der die Messer und eine perforierte beheizte Prallplatte befestigt sind.

[0022] Die Nachteile dieser technischen Lösung sind: erhöhter Energieverbrauch aufgrund der Verwendung von Heizelementen und das Fehlen der Möglichkeit, während der Verarbeitung dichtere und/oder schwerere Partikel nach ihrem spezifischen Gewicht abzutrennen.

[0023] Der hier vorgeschlagenen, erfinderischen Lösung kommt die Vorrichtung gemäß Patent "Device and method for comminution" (Patent number: US 6,024,307. Date of patent: Feb. 15, 2000) am nächsten, wo die vorzerkleinerten Stoffe mittels eines Bogenabweisers in die Mahlkammer zurückgeführt und die Feinpartikel durch den Luftstrom fortgetragen werden. US 6,024,307 A beschreibt eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 7.

[0024] Die Nachteile dieser technischen Lösung bestehen in einer geringeren Trocknungsleistung und im Fehlen der Möglichkeit, die im Ergebnis erhaltenen Stoffe nach deren spezifischem Gewicht zu trennen.

[0025] Das grundsätzliche Problem der benannten, traditionellen Methoden ist jedoch, dass durch den enormen Energieverbrauch beim Verdampfen von Flüssigkeiten das Endprodukt in der Regel preislich sehr hoch angesetzt werden muss, damit sich die Kosten der Trocknung amortisieren können.

[0026] So existiert eine Reihe von verschiedenen Feststoff-Flüssigkeits-Gemischen, für die das Trocknen bislang völlig unwirtschaftlich ist. Aber auch für diese Gemische wäre die Trocknung schon allein aus Gründen des Umweltschutzes von Nutzen.

[0027] Solche Stoff-Flüssigkeits-Gemische sind beispielsweise:

- bewässerte und herkömmliche Torfe und Kohlen, einschließlich Braunkohle, im Prozess ihrer Vorbereitung zur Verbrennung einschließlich der Staubverbrennung,
- alle Flüssigkeit enthaltenden Filtrate aus Zentrifugen,
- verschiedene industrielle, biologische und chemische Abfälle und Schlämme, die bei der Ölraffination, Holzverarbeitung, in der Papier-, Lebensmittel- und Lederindustrie entstehen,
- erz- und nicht erzhaltige Mineralien, einschließlich solche Gemische mit hohem Feuchtigkeitsgehalt,
- Schlamm aus kommunalen oder industriellen Abwassersystemen und Kläranlagen,
- Abfälle aus Biogasanlagen,
- Gülle und Mist von Nutztieren und Vögeln.

[0028] Die meisten dieser Stoffe sind dadurch gekennzeichnet, dass sie als Abfall gelten und deshalb für traditionelle, teure Trocknungsverfahren mittels Verdampfung oft ökonomisch noch ungeeignet sind.

[0029] Den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet demnach ein Verfahren zum Trocknen, Mahlen und Abscheiden solcher und ähnlicher Stoffe mittels Trocknungsvorgängen, die weit weniger energieintensiv als herkömmliche Verfahren sind und bei denen die Flüssigkeit nicht verdampft, sondern durch Umwandlung in Aerosol entfernt wird.

[0030] Genauer besteht vor dem Hintergrund der US 6,024,307 A als nächstliegendem Stand der Technik die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Trocknen und Zerkleinern von Trocknungsgut bereitzustellen, welche eine energiesparendere Trocknung sowie eine kontrollierte konduktive und konvektive Erwärmung des dispergierten Mediums und der Dispersionphase bei gleichzeitiger Wichescheidung und Abtrennung erlauben.

[0031] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 7.

[0032] So beträgt z.B. der theoretische Energieverbrauch (bei Effizienzkoeffizient 100%) für das Aufheizen von 1 Liter Wasser von 20°C bis 100°C konkret 335 kJ = 0,093 kWh.

(1) Der theoretische Energiebedarf bei Flüssigkeitsverdampfung wird durch folgende Gleichung beschreiben:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t[J],$$

wobei

Q - durch Flüssigkeit aufgenommene Wärme, J;

m - Masse der Flüssigkeit, kg;
C - spezifische Wärme der Flüssigkeit, J/cal°;
At - Differenz zwischen der Verdampfungstemperatur und der Anfangstemperatur der Flüssigkeit.

Bei der Flüssigkeitsverdampfung wird die Gleichung wie folgt dargestellt:

$$Q = m \cdot \Delta t = m (h_2 - h_1) + k[J],$$

wobei:

h_2 - Dampfenthalpie bei der Verdampfungstemperatur;
 h_1 - Wasserenthalpie bei der Vorlauftemperatur, d.h. die Temperatur des Wassers bei der das Wasser und die Feststoffe in den Prozess eingeleitet werden,
k - Prozessverluste.

(2) Der theoretische Energieverbrauch (bei einem Effizienzgrad von 100%) für die Verdampfung von 1 Liter Wasser mit Temperatur 100°C beträgt 2300 kJ = 0,639 kWh.

Der gesamte Energieverbrauch für thermische Trocknung und Verdampfung ergibt sich aus der Addition beider Verbräuche.

Der praktische Prozessverlustkoeffizient bei der Verdampfung von Wasser in Industrieanlagen, unter Berücksichtigung der unvermeidlichen Verluste, beträgt meist 1,5; sodass für die Verdampfung von 1 Liter Wasser mit einer Bezugstemperatur von 20 °C - demnach 1,1 kWh/1 Elektrizität benötigt werden.

[0033] Bei der Verdampfung des Wassers z.B. aus Schlämmen mit in Wasser gelösten Feststoffen wird die Gleichung so dargestellt:

$$Q = m \cdot x_s \cdot c_s \cdot \Delta t + m \cdot x_v (h_2 - h_1) + k = m [x_s \cdot c_s \cdot \Delta t + x_v (h_2 - h_1)] + k[J],$$

wobei gilt:

x_s - Gewichtsverhältnis von Feststoffen;
 c_s - spezifische Wärme von Feststoffen;
 x_v - Gewichtsverhältnis von Wasser.

[0034] Wenn im Material mehrere unterschiedliche Feststoffe vorhanden sind, wird die Gleichung für jeden festen Bestandteil mit seinem geeigneten Gewichtsverhältnis und spezifischer Wärme angewendet.

[0035] Als Beispiel kann man Berechnungen bezüglich des Kommunalschlammes nehmen, der im Standardverfahren mittels Zentrifugieren im Dekanter oder/und mittels Abpressen auf einer Bandpresse zum Teil entwässert wurde.

[0036] Der Kommunalschlamm hat z.B. eine Temperatur von 20°C und enthält in der Regel bis zu 25% Trockensubstanz und 75% Wasser.

[0037] Vorausgesetzt, dass bei thermischer Trocknung gilt:

$\Delta t = 100 - 20 = 80^\circ\text{C}$,
 $c_s = 1500 \text{ J / kg } ^\circ\text{C} = 1,5 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$,
 $h_2 = 2676000 \text{ J / kg } ^\circ\text{C} = 2676 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$ und
 $h_1 = 83900 \text{ J / kg } ^\circ\text{C} = 83,9 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$,

wird der theoretische Energieverbrauch pro kg Kommunalschlamm $Q = [0,25 \cdot 1,5 \cdot 80 + 0,75(2635 - 83,9)]1,5 = 2915 \text{ kJ/kg} = 0,81 \text{ kWh/kg}$ Nettogewicht sein.

[0038] Hinzu kommen Prozessverluste, die in der Größenordnung von mehreren Zehner-Prozenten oder mehreren Hunderten-Prozenten liegen können.

[0039] Dabei kann der tatsächliche Energieverbrauch den Rechenwert um das Dreifache und mehr übersteigen.

[0040] Wenn der Bedarf an Energie zur Umwandlung von Wasser in Aerosol-Partikel in Betracht gezogen werden soll, so ist die entstehende Tropfengröße, die im Bereich zwischen 0,01 µm und 10 µm liegt, entscheidend.

[0041] Bei einer Durchschnittsgröße von $(0,01 + 10) / 2 = 5 \mu\text{m}$, kann ein Liter Wasser eine Tropfenmenge bilden, die die Gleichung $N = V / dV$ beschreibt, wobei V das Volumen von einem Liter Wasser $= 100.000^3 \mu\text{m}^3$ und dV das Volumen von jedem Tropfen $= d^3\pi / 6$ sind.

[0042] Dabei gilt: $N = 100.000^3 \cdot 6/5^3 \mu\text{m} = 1,53 \cdot 10^{13}$.

[0043] Die zur Tropfenbildung erforderliche Energie, kann gleich der Energie der Oberflächenspannung der gesamten Oberfläche zwischen Wasser und Luft angenommen werden.

[0044] Die Oberflächenspannung des reinen Wassers beträgt:

$Q_v = 71,4 \text{ Dyn/cm} = 7140 \text{ Dyn/m} = 7140 \text{ Dyn} \cdot \text{m/m}^2 = 7140 \cdot 10^{-5} \text{ Nm/m}^2 = 7145 \cdot 10^{-5} \text{ J/m}^2$.

[0045] Die Gesamtoberfläche der Tropfen ist:

$$A_{\text{gesamt}} = N \cdot d^2\pi = 1,53 \cdot 10^{13} \cdot (5 \cdot 10^{-6})^2 \pi = 1200 \text{ m}^2.$$

[0046] Die Gesamtenergie beträgt:

$$Q_{\text{gesamt}} = A_{\text{gesamt}} \cdot Q_v = 1200 \cdot 7145 \cdot 10^{-5} = 85,74 \text{ J/kg}.$$

[0047] Dies ist bezüglich der Größenordnung etwa 34.000 Mal weniger als der Energieverbrauch bei einer einfachen Wasserverdampfung.

[0048] Die oben genannten trocknenden Stoffe sind fast immer eine heterogene Masse, die aus einer Anzahl verschiedener Stoffe sowie aus einer Art oder mehreren verschiedenen Arten von Flüssigkeiten bestehen kann, obwohl üblicherweise diese Masse überwiegend aus Wasser besteht.

[0049] Es ist allgemein bekannt, dass die Flüssigkeiten in solchen Gemischen sowohl aus freibeweglicher Flüssigkeit als auch aus der durch physikalische Verbindungen in Substanzen gebundenen Flüssigkeit bestehen können, wobei sich diese Verbindungen hauptsächlich durch die Kapillarkräfte äußern.

[0050] Um diese Kräfte in einem gewöhnlichen Trocknungsprozess zu überwinden, muss der Dampfdruck den Kapillardruck überwinden, der gegenüber der Reduzierung der porösen Struktur proportional ansteigt.

[0051] Bei einem herkömmlichen Trocknungsverfahren wird dies erreicht, indem die Stoffe bei einer bestimmten Temperatur getrocknet werden, die die Überwindung des Kapillardrucks durch den Dampfdruck ermöglicht.

[0052] Dabei werden in der Regel solche Temperaturen benötigt, welche die zur Verdampfung erforderliche Temperatur deutlich übersteigen.

[0053] Ein weiterer Aspekt, der die rein thermische Trocknung beeinflusst, besteht darin, dass sich die thermodynamischen Werte der Stoffe während des Prozesses verschlechtern.

[0054] Dies sollte wiederum durch die höheren Temperaturen und durch eine größere Heizfläche ausgeglichen werden, was zum thermischen Abbau und gegebenenfalls zu einer entsprechenden Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften sowie zu höheren Anlagen- und Betriebskosten führt.

[0055] Um das technische Ergebnis der Erfindung: Trocknen, Mahlen und Abscheiden in einem geschlossenen Prozess erreichen zu können, erfolgt erfindungsgemäß anfänglich eine kinetische und elektromagnetische Beeinflussung des z. T. porösen Input-Materials durch eine intensive Wirbelbildung, die lokal im erforderlichen Umfang schnell erreicht wird.

[0056] Dadurch wird sofort ein großes Spannungsgefälle der kinetischen Potentiale der daran beteiligten Teilchen erzeugt, die signifikante Wechselbeanspruchungen bis zu Hunderten von g erreichen.

[0057] Die Besonderheit der vorliegenden Erfindung ist es, in einer einzigen Vorrichtung das Trocknen, Mahlen, und die wichteabhängige Trennung und Klassifizierung gleichzeitig zu ermöglichen.

[0058] Dies wird dadurch gelöst, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung, bestehend unter anderem aus einem Gehäuse 3, 19 und einer rotierenden Welle 14 mit einer darauf befestigten Scheibe aus para- oder diamagnetischem Material 11 und kinetische Energie zur Dispersion des Materials in einem elektrischen oder elektromagnetischen Feld mit einer regulierbaren Stärke im Bereich von 10^3 V/m bis 10^6 V/m , bei gleichzeitiger Induktionserwärmung des Dispersionsmediums und die Dispersionsphase in einem magnetischen Wechselfeld mit einer Frequenz von 500 bis 12000 Hz bei gleichzeitiger Abtrennung von Partikeln mit höherem spezifischen Gewicht verwendet.

[0059] Eine Induktionsheizung durch Wirbelströme wird durch die Verwendung von Permanentmagneten 16 wechselnder Polarität sichergestellt, die an dem unteren Gehäuseteil 19 unter der rotierenden Scheibe aus diamagnetischem Stoff befestigt sind und unterschiedliche geometrische Formen, zum Beispiel ein Prisma, haben können.

[0060] Das technische Resultat, das durch die obige Gesamtheit der Merkmale gewährleistet wird, besteht in der Möglichkeit einer kontrollierten konduktiven und konvektiven Erwärmung des dispergierten Mediums und der Dispersionsphase bei gleichzeitiger Wichtescheidung und Abtrennung.

[0061] Das nasse Input-Material mit einzelnen Elementen in einer Größe bis zu 100 mm wird mittels einer Vorschubvorrichtung und Schleusenverschluss 25 in die Mahlkammer 24 befördert, wo es durch die kinetische Stoßenergie der rotierenden und unbeweglichen Mahlbauteile 7, 9, 20, 21 zermahlen und durch die konvektive und konduktive elektrostatische Trocknung entwässert wird.

[0062] Eine unipolare Induktionsladung des Aerosols erfolgt durch ein elektrisches oder elektromagnetisches Wechselfeld.

[0063] Ein unipolar geladenes Aerosol mit einem einstellbaren Grad elektrostatischer Aufladung wird durch induktives Elektrysieren erzeugt.

[0064] Bei einem starken unipolaren Grad elektrischer Ladung des Aerosols ist eine drastische Abnahme der mittleren Tropfengröße zu beobachten, was zu einer Zunahme der gesamten Verdampfungsoberfläche führt.

[0065] Für einen Wasser-Aerosol-Phasenübergang beträgt daher die erforderliche Energiemenge 300 bis 400 kJ/Liter.

[0066] Das technische Ergebnis besteht in der Vergrößerung der gesamten Verdampfungsoberfläche und dem entsprechenden Abtrennen und Abscheiden von Flüssigkeit oder Flüssigkeitsgemisch, die dann in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum kombinierten Trocknen, Mahlen und Abscheiden von organischen und/oder anorganischen Stoffen und deren Gemische durchgeführt wird, wobei die genannten Vorgänge infolge eines Zermahlens unter gleichzeitiger Abtrennung einer oder mehrerer Flüssigkeiten aus festen Stoffen in Form von Aerosol zustande kommen.

[0067] Die Erfindung wird näher anhand der beigefügten Figuren beschreiben, wobei

Figur 1. in zeichnerischer Abfolge die Zerkleinerung eines Tropfens in einem Strom beim Elektrysieren verdeutlicht, die sich das erfinderische Verfahren zu eigen macht;

Figur 2. das Grundprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung offenbart; und

Figur 3. eine Hohlplatte zeigt.

[0068] Figur 1. verdeutlicht in zeichnerischer Abfolge die Zerkleinerung eines Tropfens in einem Strom beim Elektrysieren, die sich das erfinderische Verfahren zu eigen macht.

[0069] Der Prozess der Wasser-Aerosol-Phasenübergang erfolgt innerhalb von ca. 10 Millisekunden.

[0070] Die Fragmentierung eines Wassertropfens in einem elektromagnetischen Feld erfolgt aufgrund der Tatsache, dass die Abweichung der Tropfenform von der Kugelform ihren instabilen Zustand und die Abnahme der Oberflächenspannungskraft verursacht, was zu einer Zunahme der Verformung beiträgt und den Tropfen zum Zerfall bringt.

Nach 1 ms. der anfängliche Tropfen hat eine sphärische Form.

Nach 2 ms. unter dem Einfluss eines elektromagnetischen Feldes nimmt die Oberflächenspannungskraft stark ab, der Tropfen beginnt sich zu verformen und nimmt eine halbkugelförmige Gestalt an.

Nach 3 ms. ein Ring mit einem Film in der Mitte wird gebildet.

Nach 4 ms. der Film wird zu einer Blase verformt.

Nach 5 ms. die Blase platzt nahe der Spitze.

Nach 6 und 7 ms. gerissene Kanten des Films unter dem Einfluss von Restoberflächenspannungskräften werden an den Ring angezogen.

Nach 8 und 9 ms. die Kanten des Films treffen den Ring.

Nach 10 ms. der Ring zerfällt in eine Reihe von extrem kleinen Tröpfchen.

[0071] Figur 2. offenbart das Grundprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0072] Die Materialeingabe erfolgt durch das Anschlussstück für Materialaufgabe 26 und weiter durch den Schleusenverschluss 25 in die Trocknungs- und Mahlkammer 24.

[0073] Das Material wird dann mittels Hammerplatten 21 zermahlen und die Partikel des heterogenen Gemisches werden von dem Rotor 23 unipolar geladen.

[0074] Während des Zermahlens wird das Material gegen die Hohlplatte 8 durch die Hammerplatten 21 wiederholt geschlagen, danach fließt es durch das auf der Hohlplatte 8 stationär befestigte Prallgitter 20 hindurch, und prallt hinter dem Prallgitter gegen die an der rotierenden Scheibe 11 befestigten Einschlagstifte 9 erneut auf.

[0075] Durch die Drehzahl der Scheibe 11 und durch die Anzahl der Luftblasplatten 10 sowie derer Neigungswinkel können die durch Wirbelströme erzeugte Induktionsheizung und mit ihr entsprechend auch die benötigte Temperatur sowie die durch die Luftöffnung 17 einströmenden Luftmengen gesteuert werden.

[0076] Die einströmende Luft bläst auf die aufgeheizte Scheibe 11, erwärmt sich und fördert über den Luftkanal 18 das durch die Hammerplatten 21 zerkleinerte Material.

[0077] Das zerkleinerte Material wird durch den steuerbaren Luftstrom zuerst gegen den Hohlkegel 8 und dann über den Bogenabweiser 22 geschleudert und in die Mahlkammer zurückgeführt.

[0078] Das zerkleinerte Material wird teilweise mittels Luftstroms separiert und die leichteren Teilchen werden davon durch das Tangentialgebläse 2, und schwere Teilchen werden durch die Austragsöffnung 5 nach außen befördert.

[0079] Das Tangentialgebläse 2 dreht sich in die gleiche Richtung wie der Rotor 23 und erzeugt einen steuerbaren Luftdruck.

5 **[0080]** Der Hohlplatte 8 ist gegenüber der Prallplatte 7 an unterem Gehäuseteil 19 befestigt und weist Öffnungen zur Wärmeträgerzufuhr auf.

[0081] Die Einstellschrauben 4 ermöglichen die Regulierung des Volumens des Verfahrensraumes 24 zum Trocknen und Zermahlen, und zwar durch das Anheben und Absenken des oberen Gehäuseteils 3.

10 **[0082]** Ein Verfahren zur kombinierten Entfernung einer oder mehrerer Flüssigkeiten (Trocknung), zum Mahlen und Abscheiden von organischen und anorganischen Stoffen basiert insbesondere auf der Verwendung kinetischer Energie zum Mahlen von Stoffen bei gleichzeitiger konduktiver und konvektiver Erwärmung des im Ergebnis erhaltenen Dispersionsmediums und der anschließenden Abscheidung dehydrierter Produkte, die dann je nach spezifischem Gewicht verarbeitet werden.

15 **[0083]** Dabei erfolgt eine solche Weiterverarbeitung nicht durch Wärmezufuhr aus externer Quelle, sondern mittels kinetischer und elektromagnetischer Energie, die gleichzeitig das Trocknen, Mahlen und Abscheiden von verschiedenen organischen und anorganischen Stoffen, einschließlich Abfällen, bewirkt.

[0084] Dies geschieht durch Verwandlung von einer oder mehreren Flüssigkeiten in Aerosol.

20 **[0085]** Dieses Verfahren ermöglicht als Spezifik eine gleichzeitige Trennung und Trocknung von Stoffen mit einem stark reduzierten Energieverbrauch, verglichen mit den bisher bekannten herkömmlichen Verfahren zum Zerkleinern, Abpressen oder/und Verdampfen von Flüssigkeiten und anschließendem Abscheiden dieser Stoffe in unterschiedlichen Aggregatzuständen.

25 **[0086]** Eine Vorrichtung zum kombinierten Trocknen, Mahlen und Abscheiden von Stoffen bestehend aus einem Gehäuse und einer rotierenden Welle mit darauf befestigter rotierender Scheibe, die aus einem para- oder diamagnetischem Material besteht. Durch die kinetische und elektromagnetische Energie werden in dieser Vorrichtung verschiedene organische und anorganische Stoffe in einem elektromagnetischen Feld dispergiert, wobei die Dispersion durch die Wirbelströme in einem magnetischen Wechselfeld gleichzeitig induktiv erhitzt wird.

[0087] Dadurch werden eine oder mehrere sich abscheidende Flüssigkeiten in Aerosol verwandelt, wobei jeweils dichtere und/oder schwerere Partikel nach ihrem spezifischen Gewicht daraus abgetrennt und entfernt werden.

30 **[0088]** Das erfindungsgemäße Verfahren basiert insbesondere auf der Verwendung kinetischer Energie zum Mahlen von Stoffen bei gleichzeitiger konduktiver und konvektiver Erwärmung des im Ergebnis erhaltenen Dispersionsmediums und der anschließenden Abscheidung dehydrierter Produkte.

[0089] Dabei erfolgt eine Weiterverarbeitung insbesondere nicht durch Wärmezufuhr aus externer Quelle, sondern mittels kinetischer und elektromagnetischer Energie, die gleichzeitig das Trocknen, Mahlen und Abscheiden von verschiedenen organischen und anorganischen Stoffen bewirkt.

35 **[0090]** Verfahrenstechnisch werden dabei eine oder mehrere Flüssigkeiten im zu trocknenden Medium in Aerosol verwandelt.

[0091] Verglichen mit bekannten Verfahren zum Zerkleinern, Abpressen oder/und Verdampfen von Flüssigkeiten und anschließendem Abscheiden dieser Stoffe in unterschiedlichen Aggregatzuständen ermöglicht das erfinderische Verfahren eine gleichzeitige Trennung und Trocknung bei stark reduziertem Energieverbrauch.

40 **[0092]** Die erfinderische Vorrichtung zum kombinierten Trocknen, Mahlen und Abscheiden ist eine Ausführungsform einer Vorrichtung, mit welcher das vorbenannte Verfahren durchgeführt werden kann.

[0093] Sie kann aus einem Gehäuse und einer rotierenden Welle mit darauf befestigter, rotierender Scheibe, die aus einem para- oder diamagnetischem Material gefertigt ist, bestehen, das Vorsehen weiterer Teile ist jedoch auch alternativ möglich.

45 **[0094]** Durch kinetische und elektromagnetische Energie werden in der Vorrichtung verschiedene organische und anorganische Stoffe in einem elektromagnetischen Feld dispergiert, wobei die Dispersion durch die Wirbelströme in einem magnetischen Wechselfeld gleichzeitig induktiv erhitzt wird.

[0095] Dadurch werden sich abscheidende Flüssigkeiten in Aerosol verwandelt, wobei jeweils dichtere und/oder schwerere Partikel nach ihrem spezifischen Gewicht daraus abgetrennt und entfernt werden.

50 **[0096]** Die Vorrichtung besteht aus unbeweglichen und beweglichen Teilen. Der unbewegliche Teil besteht, unter anderem, aus einem Gehäuse mit daran befestigten Elementen 3, 4, 5, 6, 8, 16, 17, 19, 22, 26, 27, 28.

[0097] Der bewegliche Teil besteht, unter anderem, aus einer Welle mit allen darauf befestigten Elementen 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 23.

Der bewegliche Teil ist vom unbeweglichen Teil durch die dielektrische Scheibe 13 isoliert.

55 Die Ladung wird über den Kontaktstecker 15 an dem gesamten rotierenden Teil zugeführt.

Die Ladung fließt schließlich in den Körper.

Abstand für den Durchgang einer Ladung ist überall von 2 bis 4 mm.

[0098] Die elektromagnetische Feldstärke wird durch Anlegen einer Spannung in der Größenordnung von 1 bis 50

kV und ausgehend von elektromagnetischen Eigenschaften von verarbeiteten Medien, automatisch oder im manuellen Modus reguliert.

[0099] Der Erfinder hat herausgefunden, dass die beschriebenen Effekte auftreten können, und die gewünschten Feldstärken eingestellt werden können, wenn zwischen den beweglichen Teilen, welche während des Betriebs der Vorrichtung rotieren, und an welchen eine Hochspannung im Bereich von 1 bis 50 kV angelegt wird, und dem Gehäuse der Vorrichtung, welches geerdet sein kann, ein Minimalabstand im Bereich von 1 bis 50 mm vorliegt, vorzugsweise ein Minimalabstand von 2 - 4 mm vorliegt.

Für die Verarbeitung von feuchter Braunkohle als Trocknungsgut in der Vorrichtung zum Trocknen und Zerkleinern von Trocknungsgut hat der Erfinder bei Vorliegen des oben beschriebenen Minimalabstandes von 2 - 4 mm einen optimalen Arbeitspunkt der Spannung, welche wie oben beschrieben an rotierenden Teilen der Vorrichtung angelegt wird, in einem Bereich von ca. 24 kV bis ca. 26 kV gefunden.

[0100] Für die Verarbeitung von feuchtem Klärschlamm als Trocknungsgut in der Vorrichtung zum Trocknen und Zerkleinern von Trocknungsgut hat der Erfinder bei Vorliegen des oben beschriebenen Minimalabstandes von 2 - 4 mm einen optimalen Arbeitspunkt der Spannung, welche wie oben beschrieben an rotierenden Teilen der Vorrichtung angelegt wird, in einem Bereich von ca. 11 kV bis ca. 15 kV gefunden.

[0101] Diese Beispiele für die Bestimmung des Arbeitspunkts der Spannung bei gegebenem Trocknungsgut und bei gegebenem Minimalabstand sollen nicht den Gegenstand der Erfindung beschränken sondern zeigen, wie die Erfindung ausgeführt werden kann.

[0102] Wenn in der Anmeldung von einem elektromagnetischen Feld gesprochen wird, jedoch nur die elektrische Feldstärke angegeben wird, so ergibt sich die weitere Charakterisierung des elektromagnetischen Feldes bei bekanntem elektrischen Feld aus den Maxwellgleichungen, wobei die angegebene elektrische Feldstärke eine maximale elektrische Feldstärke des elektrischen Feldes angeben kann.

[0103] Eine Feldapplizierungs Vorrichtung kann mindestens ein, eine Mehrzahl oder alle auf der Welle befestigten Elemente 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 23 (siehe Bezugszeichenliste und Figuren) und gegebenen falls zusätzlich oder alternativ die Welle 14 umfassen.

[0104] Ein Fluidtropfen, welcher in dem Trocknungsgut vorliegt kann ein Fluid umfassen, welches eine Suspension aus Flüssigkeiten und Feststoffen umfasst. Bei Klärschlamm kann ein Fluidtropfen z.B. in Abwasser schwebende nicht lösliche oder noch nicht gelöste Teilchen, beispielsweise typische Schwebestoffe, welche in Abwasser vorkommen (z.B. Kot, Essensreste, Papier und ähnliche Stoffe) umfassen.

[0105] Ebenso kann ein Fluidtropfen, welcher in dem Trocknungsgut vorliegt, eine Suspension von durch die Zerkleinerungsvorrichtung 21 zerkleinerten Festkörperanteilen des Trocknungsguts (oder von Teilen des Trocknungsguts, welche bereits eine geeignete Größe aufweisen, um eine Suspension in einer Flüssigkeit auszubilden) in einem Flüssigkeitsanteil des Trocknungsguts umfassen.

[0106] Ein Fluidtropfen, welcher in dem Trocknungsgut vorliegt, kann jedoch auch nur Flüssigkeitsanteile des Trocknungsguts umfassen.

[0107] Ein Bereich des Trocknungsguts kann ein Fluidtropfen, ein Partikel oder ähnliches umfassen (oder sein), es kann sich aber auch bei dem Bereich des Trocknungsguts um ein Volumenabschnitt handeln, in dem sich Trocknungsgut befindet, wobei vorzugsweise der Volumenabschnitt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit des darin befindenden Trocknungsguts mitbewegt. Ein Volumenabschnitt als ein Bereich des Trocknungsguts wird vorzugsweise dadurch in Bewegung gesetzt, dass das darin befindliche Trocknungsgut in Bewegung gesetzt wird.

[0108] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum kombinierten Trocknen oder/und Mahlen oder/und Trennen von organischen oder/und anorganischen Materialien und deren Mischungen kann sich durch eines, mehrere oder alle der folgenden Merkmale, Parameter und Eigenschaften auszeichnen:

- eine hohe Dispersion,
- eine Intensivierung der Trocknung,
- Änderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften,
- innere - und Oberflächenenergie von Materialien.

[0109] So kann eine Trennung der organischen oder/und anorganischen Materialien und deren Mischungen nach mechanischen, elektrophysikalischen und magnetischen Eigenschaften erhalten werden.

[0110] Die Behandlung der Materialien kann gemäß diesem Verfahren mit der kombinierten und vorzugsweise gleichzeitigen Wirkung von kinetischer Energie und thermischer Energie erfolgen und kann im elektrischen oder magnetischen oder elektromagnetischen Feld unter der kinetischen Energieumwandlung des Rotors durchgeführt werden.

[0111] Vorteilhaft kann eine Umwandlung der Energie elektrischer und magnetischer Felder in thermische Energie zur Kontaktierung und konvektiven Erwärmung des zu bearbeitenden Materials erfolgen, vorzugsweise mit dem Einsatz und der Wirkung statischer Felder von Permanentmagneten mit einer magnetischen Flussdichte von bis zu 1,4 T. Je nach Verfahrensführung können Hochfrequenzströme bis in den Bereich von 1 KA bis 100 KA auftreten und es werden

magnetische Wechselfelder mit einer Frequenz von 500 bis 12000 Hz, vorzugsweise mit einer Frequenz von 500 bis 2000 Hz, eingesetzt. Hierzu werden magnetische Flussdichten im Bereich von 1 bis 10 T vorgeschlagen.

Bezugszeichenliste

5

[0112]

10

15

20

25

30

35

- 1 Antriebswelle für Tangentialgebläse
- 2 Tangentialgebläse
- 3 Oberer Gehäuseteil
- 4 Einstellschrauben
- 5 Abtrennungsmechanismus für schwerere Partikel
- 6 Austragsöffnung für schwerere Partikel
- 7 Prallplatten
- 8 Hohlplatte mit einem Einlass für Materialaufgabe
- 9 Einschlagstifte
- 10 Luftblasplatten
- 11 Scheibe aus Para- oder Diamagnetikum
- 12 Luftöffnungen
- 13 Dielektrische Scheibe
- 14 Rotierende Welle
- 15 Kontaktstecker
- 16 Permanentmagnet
- 17 Luftöffnung
- 18 Luftkanal
- 19 Unterer Gehäuseteil
- 20 Prallgitter
- 21 Hammerplatten
- 22 Bogenabweiser
- 23 Rotor
- 24 Verfahrensraum
- 25 Schleusenverschluss
- 26 Materialaufgabe
- 27 Dampf Luftgemisch-Auslassöffnung
- 28 Gehäuse der Lagerungseinheit des Tangentialgebläses
- 29 Befestigungsloch

Patentansprüche

40

1. Vorrichtung zum Trocknen und Zerkleinern von Trocknungsgut, vorzugsweise von organischen oder/und anorganischen Stoffen oder/und deren Gemischen, umfassend:

45

50

55

ein Gehäuse (19),
 einen Verfahrensraum (24), welcher durch das Gehäuse (19) definiert sein kann;
 und eine in dem Verfahrensraum (24) angeordnete Zerkleinerungsvorrichtung (21), welche dafür eingerichtet ist, in den Verfahrensraum (24) eingebrachtes Trocknungsgut unter Anwendung von kinetischer Energie zu zerkleinern;
 wobei die Vorrichtung eine in Rotation versetzbare Welle (14) umfasst, die dazu eingerichtet ist, die Zerkleinerungsvorrichtung (21) anzutreiben;
 eine Feldapplizierungsvorrichtung für ein elektrisches oder elektromagnetisches Feld, welche dafür eingerichtet ist, ein elektrisches oder elektromagnetisches Feld zumindest lokal innerhalb des Verfahrensraums (24) mit einer regulierbaren elektrischen Feldstärke im Bereich von 10^3 V/m bis 10^6 V/m zu erzeugen, welche geeignet ist, um eine Abweichung einer Tropfenform von einer Kugelform eines in dem Trocknungsgut vorliegenden Fluidtropfens zu induzieren, wobei die Abweichung einer Tropfenform von einer Kugelform geeignet ist, eine Fragmentierung des Fluidtropfens auszulösen, um eine oder mehrere Flüssigkeiten in der Form von Aerosol abzutrennen,
 wobei die Vorrichtung dafür eingerichtet ist, dass zumindest jeweilige Abschnitte des Trocknungsguts gleich-

zeitig eine Wechselwirkung mit der Zerkleinerungsvorrichtung (21) und dem elektrischen oder elektromagnetischen Feld erfahren,

wobei die Vorrichtung dafür eingerichtet ist, das Trocknungsgut in dem Verfahrensraum (24) zu dispergieren, wobei die Vorrichtung ferner eine Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld umfasst, welche dafür eingerichtet ist, dass ein Bereich des Trocknungsguts einem Magnetfeld ausgesetzt wird, welches von dem Bereich des Trocknungsguts aus betrachtet ein lokales magnetisches Wechselfeld mit einer Frequenz im Bereich von 500 Hz bis 12.000 Hz ist, und durch welches sich der Bereich des Trocknungsguts bewegt,

wobei der Bereich des Trocknungsguts dem magnetischen Feld ausgesetzt wird, um in dem Abschnitt des Trocknungsguts durch Erzeugung von Wirbelströmen eine Induktionserwärmung zu erzeugen,

wobei die Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld ortsfest bezüglich des Gehäuses (19) angeordnet ist, und dafür eingerichtet ist, ein statisches Magnetfeld in dem Verfahrensraum (24) zu erzeugen, wobei das Magnetfeld vorzugsweise inhomogen ist;

wobei die Zerkleinerungsvorrichtung (21) dafür eingerichtet ist, den Bereich des Trocknungsguts in eine Relativbewegung in Form einer Rotation relativ zu der Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld zu versetzen, sodass die Induktionserwärmung durch die Relativbewegung des Bereichs des Trocknungsguts durch das Magnetfeld erzeugt wird;

wobei die Welle (14) weiter dazu eingerichtet ist, die Feldapplizierungsvorrichtung für ein elektrisches oder elektromagnetisches Feld zu tragen, welche drehfest mit der Welle (14) verbunden ist,

wobei die Welle (14) dafür eingerichtet ist, an der Feldapplizierungsvorrichtung eine Potentialdifferenz gegenüber dem Gehäuse (19) vorzugsweise im Bereich von 1 bis 50 kV anzulegen, wobei zwischen der Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld und dem Verfahrensraum (24) eine Scheibe (11) aus Para- oder Diamagnetikum drehfest an der Welle (14) angeordnet ist, wobei die Vorrichtung weiter mindestens eine, bevorzugt eine Mehrzahl an Medium-Blasplatten oder an Luftblasplatten (10) umfasst, welche drehfest mit der Welle (14) angeordnet ist oder sind, insbesondere drehfest an der Scheibe (11) befestigt ist oder sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld eine Mehrzahl von Permanentmagneten (16) umfasst, wobei vorzugsweise mindestens zwei, oder alle, benachbarten Permanentmagneten (16) mit jeweils wechselnder Polarität angeordnet sind, wobei vorzugsweise mindestens zwei Permanentmagnete (16) mit unterschiedlicher geometrische Form ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Scheibe gegenüber der Welle (14) isoliert ist, insbesondere durch eine dielektrische Scheibe (13) isoliert ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine räumliche Lage der Feldapplizierungsvorrichtung für ein Magnetfeld, bevorzugt eine räumliche Lage mindestens eines oder einer Mehrzahl oder aller Permanentmagneten (16), insbesondere in Bezug auf einen Abstand zur Scheibe (11), veränderbar oder/und einstellbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung ferner eine Heizmediumzuführungsvorrichtung (17) umfasst, welche dafür eingerichtet ist, dem Verfahrensraum (24) ein Heizmedium, z.B. erhitzte Luft oder ein erhitztes Gas, zuzuführen.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung ferner eine Abgabevorrichtung umfasst, um getrocknetes Trocknungsgut abzugeben, wobei die Abgabevorrichtung vorzugsweise eine Austragsöffnung (6) in einem Bogenabweiser (22) der Vorrichtung umfasst, um schwerere Partikel des Trocknungsguts abzugeben, wobei der Bogenabweiser (22) vorzugsweise dafür eingerichtet ist, Trocknungsgut in Richtung der Zerkleinerungsvorrichtung (21) zu lenken; wobei vorzugsweise an der Austragsöffnung (6) ein Mechanismus (5) der Vorrichtung vorgesehen ist, um die schwereren Partikel des Trocknungsguts aus der Vorrichtung abzugeben.
7. Verfahren zum Trocknen und Zerkleinern von Trocknungsgut, vorzugsweise von organischen oder/und anorganischen Stoffen oder/und deren Gemischen, folgende Schritte umfassend:

- Einbringen des Trocknungsguts in einen Verfahrensraum (24);
- Zerkleinern des Trocknungsguts in dem Verfahrensraum (24) unter Anwendung von kinetischer Energie durch eine Zerkleinerungsvorrichtung (21), die durch eine Welle (14) angetrieben wird;
- Applizieren eines elektrischen oder elektromagnetischen Feldes mit regulierbarer elektrischer Feldstärke an dem Trocknungsgut durch eine Feldapplizierungsvorrichtung während des Schrittes des Zerkleinerns des Trock-

nungsguts, um eine oder mehrere Flüssigkeiten in der Form von Aerosol abzutrennen, wobei die Feldapplizierungs-
 vorrichtung von der Welle (14) getragen wird und drehfest mit der Welle (14) verbunden ist,

- wobei das elektrische oder elektromagnetische Feld zumindest lokal innerhalb des Verfahrensraums (24) eine
 elektrische Feldstärke im Bereich von 10^3 V/m bis 10^6 V/m aufweist, welche geeignet ist, um eine Abweichung
 einer Tropfenform von einer Kugelform eines in dem Trocknungsgut vorliegenden Fluidtropfens zu induzieren,
 - wobei die Abweichung einer Tropfenform von einer Kugelform geeignet ist, eine Fragmentierung des Flu-
 idtropfens auszulösen, um eine oder mehrere Flüssigkeiten in der Form von Aerosol abzutrennen,

wobei zumindest jeweilige Abschnitte des Trocknungsguts gleichzeitig eine Wechselwirkung mit der Zerkleinerungs-
 vorrichtung (21) und dem elektrischen oder elektromagnetischen Feld erfahren,

wobei das Verfahren einen Schritt eines Dispergierens des Trocknungsguts in dem Verfahrensraum (24) umfasst,
 wobei das Verfahren ferner einen Schritt eines Applizierens eines magnetischen Feldes an einem Bereich des
 Trocknungsguts umfasst, um in diesem oder einem Abschnitt des Trocknungsguts durch Erzeugung von Wirbel-
 strömen eine Induktionserwärmung zu erzeugen,

wobei das Magnetfeld von dem Bereich des Trocknungsguts aus betrachtet ein lokales magnetisches Wechselfeld
 ist, welches eine Frequenz im Bereich von 500 Hz bis 12.000 Hz aufweist; und

wobei der Bereich des Trocknungsguts unter Verwendung einer rotierenden Scheibe (11) aus einem diamagneti-
 schen oder paramagnetischen Material und wenigstens einer drehfest mit der rotierenden Scheibe (11) verbundenen
 Medium-Blasplatte oder Luftblasplatte in einer Relativbewegung in Form einer Rotation durch das Magnetfeld bewegt
 wird, sodass die Induktionserwärmung durch die Relativbewegung des Bereichs des Trocknungsguts durch das
 Magnetfeld erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend einen Schritt eines Einbringens eines Heizmediums, z.B. erhitzter
 Luft oder eines erhitzten Gases, in den Verfahrensraum (24).

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, ferner umfassend einen Schritt eines Entferns von Partikeln mit höherem
 spezifischem Gewicht, vorzugsweise während mindestens eines, vorzugsweise aller Schritte des Verfahrens.

Claims

1. Device for drying and comminuting drying material, preferably organic and/or inorganic substances and/or mixtures
 thereof, comprising:

a housing (19), a processing chamber (24) which can be defined by the housing (19); and
 a comminution device (21) which is arranged in the processing chamber (24) and is designed to comminute
 drying material, which is introduced into the processing chamber (24), using kinetic energy;
 wherein the device comprises a shaft (14) which can be set in rotation and is designed to drive the comminution
 device (21);

a field application device for an electric or electromagnetic field, which is designed to generate an electric or
 electromagnetic field at least locally within the processing chamber (24), which field has an adjustable electric
 field strength in the range of from 10^3 V/m to 10^6 V/m, which is suitable for inducing a deviation of a drop shape
 of a fluid drop present in the drying material from a spherical shape, wherein the deviation of a drop shape from
 a spherical shape is suitable for triggering a fragmentation of the fluid drop in order to separate one or more
 liquids in the form of aerosol, wherein the device is designed such that at least respective portions of the drying
 material simultaneously undergo an interaction with the comminution device (21) and the electric or electro-
 magnetic field, wherein the device is designed to disperse the drying material in the processing chamber (24),
 wherein the device further comprises a field application device for a magnetic field, which is designed such that
 a region of the drying material is exposed to a magnetic field which, considered from the region of the drying
 material, is a local alternating magnetic field having a frequency in the range of from 500 Hz to 12,000 Hz,
 through which the region of the drying material moves, wherein the region of the drying material is exposed to
 the magnetic field in order to generate induction heating in the portion of the drying material by generating eddy
 currents, wherein the field application device for a magnetic field is stationary with respect to the housing (19)
 and is designed to generate a static magnetic field in the processing chamber (24), wherein the magnetic field
 is preferably inhomogeneous;

wherein the comminution device (21) is designed to move the region of the drying material in a relative movement
 in the form of a rotation relative to the field application device for a magnetic field, such that the induction heating
 is generated by the relative movement of the region of the drying material through the magnetic field;

wherein the shaft (14) is further designed to carry the field application device for an electric or electromagnetic field, which is connected to the shaft (14) for conjoint rotation, wherein the shaft (14) is designed to apply a potential difference to the field application device with respect to the housing (19), preferably in the range of from 1 to 50 kV, wherein a disc (11) made of paramagnetic or diamagnetic material is arranged on the shaft (14) between the field application device for a magnetic field and the processing chamber (24) for conjoint rotation, wherein the device further comprises at least one, preferably a plurality of medium-blowing plates or air-blowing plates (10) which is or are arranged for conjoint rotation with the shaft (14), in particular is or are fastened to the disc (11) for conjoint rotation.

2. Device according to claim 1, wherein the field application device for a magnetic field comprises a plurality of permanent magnets (16), wherein preferably at least two, or all, of the adjacent permanent magnets (16) are arranged so as to have alternating polarity in each case, wherein preferably at least two permanent magnets (16) having different geometric shapes are formed.

3. Device according to either of claims 1 to 2, wherein the disc is insulated from the shaft (14), in particular insulated by a dielectric disc (13).

4. Device according to any of claims 1 to 3, wherein a spatial position of the field application device for a magnetic field, preferably a spatial position of at least one or a plurality or all of the permanent magnets (16), is variable and/or is adjustable, in particular with respect to a distance from the disc (11).

5. Device according to any of the preceding claims, wherein the device further comprises a heating medium supply device (17) which is designed to supply a heating medium, for example heated air or a heated gas, to the processing chamber (24).

6. Device according to any of the preceding claims, wherein the device further comprises a dispensing device in order to dispense dried drying material, wherein the dispensing device preferably comprises a discharge opening (6) in a curved deflector (22) of the device in order to dispense heavier particles of the drying material, wherein the curved deflector (22) is preferably designed to deflect drying material in the direction of the comminution device (21); wherein a mechanism (5) of the device is preferably provided at the discharge opening (6) in order to discharge the heavier particles of the drying material out of the device.

7. Method for drying and comminuting drying material, preferably organic and/or inorganic substances and/or mixtures thereof, comprising the following steps:

- introducing the drying material into a processing chamber (24);
- comminuting the drying material in the processing chamber (24) using kinetic energy by means of a comminution device (21) which is driven by a shaft (14);
- applying an electric or electromagnetic field having a controllable electric field strength to the drying material by means of a field application device during the step of comminuting the drying material, in order to separate one or more liquids in the form of aerosol, wherein the field application device is carried by the shaft (14) and is connected to the shaft (14) for conjoint rotation,
- wherein the electric or electromagnetic field, at least locally within the processing chamber (24), has an electric field strength in the range of from 10^3 V/m to 10^6 V/m, which is suitable for inducing a deviation of a drop shape of a fluid drop present in the drying material from a spherical shape,
- wherein the deviation of a drop shape from a spherical shape is suitable for triggering a fragmentation of the fluid drop in order to separate one or more liquids in the form of aerosol, wherein at least respective portions of the drying material simultaneously undergo an interaction with the comminution device (21) and the electric or electromagnetic field, wherein the method comprises a step of dispersing the drying material in the processing chamber (24), wherein the method further comprises a step of applying a magnetic field to a region of the drying material in order to generate induction heating in same or in a portion of the drying material by generating eddy currents, wherein the magnetic field, considered from the region of the drying material, is a local alternating magnetic field having a frequency in the range of from 500 Hz to 12,000 Hz; and wherein the region of the drying material is moved in a relative movement in the

form of a rotation through the magnetic field, using a rotating disc (11) made of a diamagnetic or paramagnetic material and at least one medium-blowing plate or air-blowing plate connected to the rotating disc (11), such that the induction heating is generated by the relative movement of the region of the drying material through the magnetic

field.

8. Method according to claim 7, further comprising a step of introducing a heating medium, for example heated air or a heated gas, into the processing chamber (24).
9. Method according to either claim 7 or claim 8, further comprising a step of removing particles having a higher specific weight, preferably during at least one, preferably all, steps of the method.

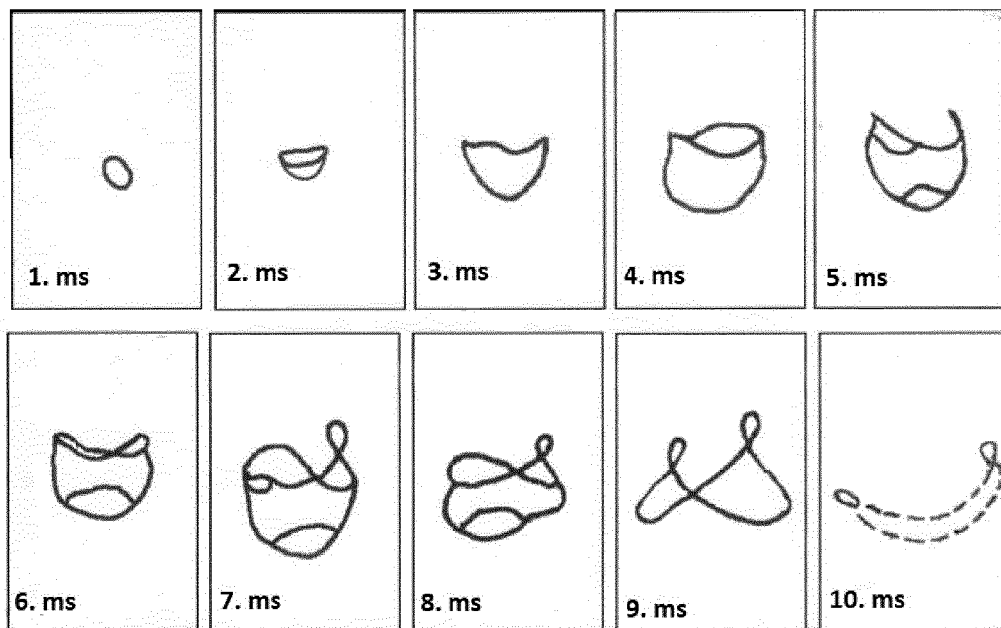
Revendications

1. Dispositif pour le séchage et le broyage de matière à sécher, de préférence de matières organiques ou/et inorganiques ou/et de mélanges de celles-ci, comprenant :

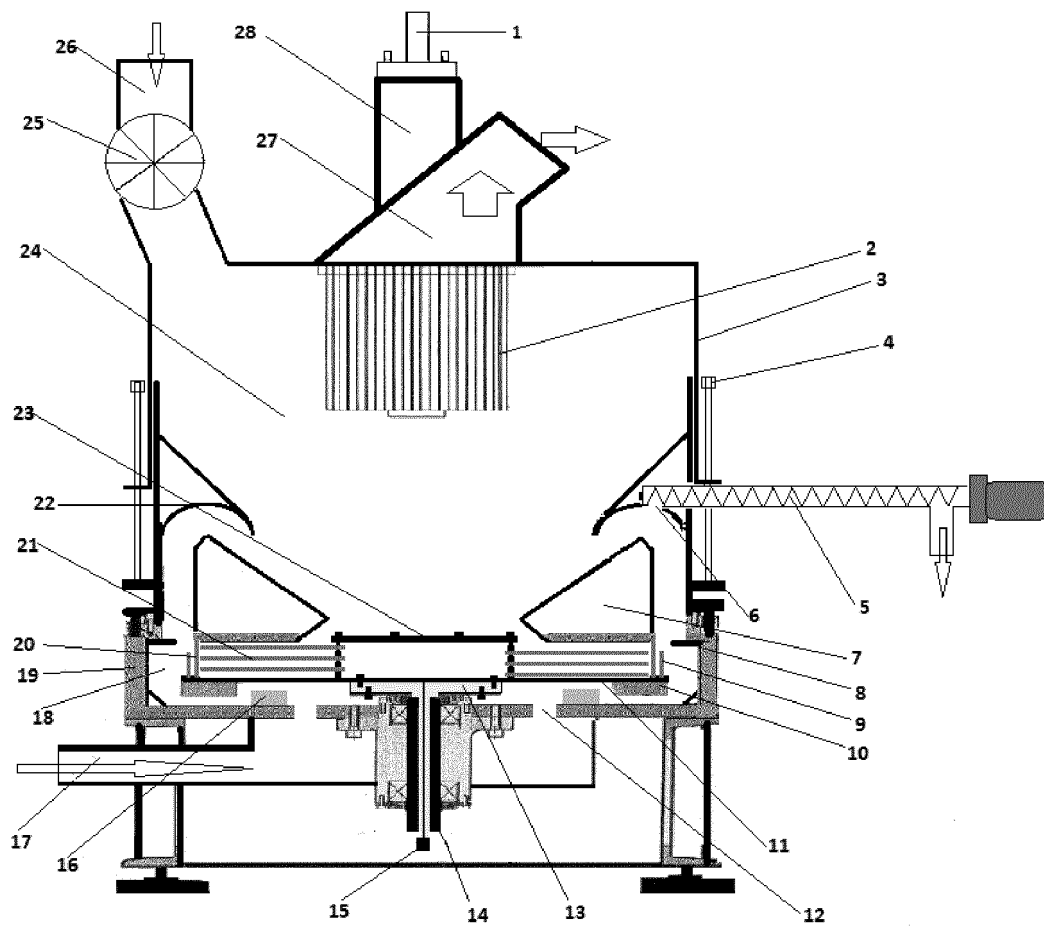
un boîtier (19),
 une chambre de traitement (24) qui peut être définie par le boîtier (19),
 et un dispositif de broyage (21) disposé dans la chambre de traitement (24) qui est adapté pour broyer la matière à sécher introduite dans la chambre de traitement (24) en utilisant de l'énergie cinétique,
 dans lequel le dispositif comprend un arbre (14) qui peut être mis en rotation et qui est adapté pour entraîner le dispositif de broyage (21),
 un dispositif d'application de champ pour un champ électrique ou électromagnétique qui est adapté pour générer un champ électrique ou électromagnétique au moins localement dans la chambre de traitement (24) avec une intensité de champ électrique réglable dans la plage de 10^3 V/m à 10^6 V/m qui est appropriée pour induire une déviation d'une forme de goutte par rapport à une forme sphérique d'une goutte de fluide présente dans la matière à sécher, ladite déviation d'une forme de goutte par rapport à une forme sphérique étant appropriée pour déclencher une fragmentation de ladite goutte de fluide pour séparer un ou plusieurs liquides sous forme d'aérosol,
 dans lequel ledit dispositif est adapté pour qu'au moins des portions respectives de ladite matière à sécher subissent simultanément une interaction avec le dispositif de broyage (21) et le champ électrique ou électromagnétique,
 dans lequel le dispositif est adapté pour disperser la matière à sécher dans la chambre de traitement (24),
 dans lequel le dispositif comprend en outre un dispositif d'application de champ pour un champ magnétique, qui est adapté pour exposer une région de la matière à sécher à un champ magnétique qui, vu depuis la région de la matière à sécher, est un champ magnétique alternatif local ayant une fréquence dans la plage de 500 Hz à 12.000 Hz et à travers lequel la région de la matière à sécher se déplace,
 dans lequel ladite région de ladite matière à sécher est exposée audit champ magnétique pour produire un chauffage par induction dans ladite portion de ladite matière à sécher en générant des courants de Foucault, dans lequel le dispositif d'application de champ pour un champ magnétique est disposé de manière localement fixe par rapport au boîtier (19) et est adapté pour générer un champ magnétique statique dans la chambre de traitement (24), ledit champ magnétique étant de préférence non homogène ;
 dans lequel le dispositif de broyage (21) est adapté pour mettre la région de la matière à sécher en mouvement relatif sous la forme d'une rotation par rapport au dispositif d'application de champ pour un champ magnétique, de sorte que le chauffage par induction est généré par le mouvement relatif de la région de la matière à sécher par le champ magnétique ;
 dans lequel l'arbre (14) est en outre adapté pour porter ledit dispositif d'application de champ pour un champ électrique ou électromagnétique qui est lié de manière solidaire en rotation audit arbre (14), ledit arbre (14) étant adapté pour appliquer audit dispositif d'application de champ une différence de potentiel par rapport audit boîtier (19) de préférence dans la plage de 1 à 50 kV, dans lequel, entre le dispositif d'application de champ pour un champ magnétique et la chambre de traitement (24), un disque (11) en para- ou diamagnétique est disposé de manière solidaire en rotation sur l'arbre (14), dans lequel le dispositif comprend en outre au moins une, de préférence plusieurs plaques de soufflage de médium ou plaques de soufflage d'air (10) qui est ou sont disposées de manière solidaire en rotation avec l'arbre (14), en particulier est ou sont fixées de manière solidaire en rotation au disque (11).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'application de champ pour un champ magnétique comprend une pluralité d'aimants permanents (16), dans lequel de préférence au moins deux, ou tous les aimants permanents (16) adjacents sont disposés avec une polarité alternée respectivement, dans lequel de préférence au moins deux aimants permanents (16) sont formés avec une forme géométrique différente.

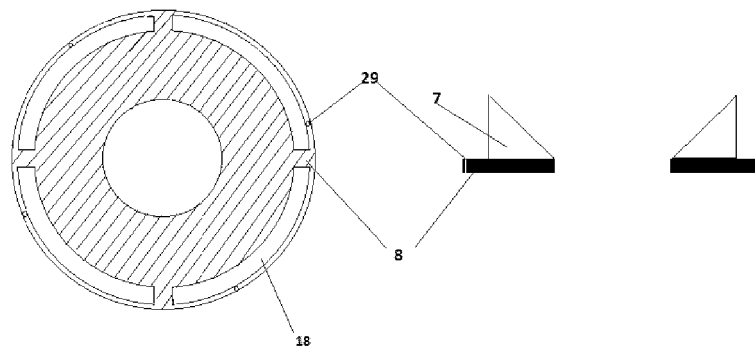
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel le disque est isolé de l'arbre (14), en particulier isolé par un disque diélectrique (13).
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel une position spatiale du dispositif d'application de champ pour un champ magnétique, de préférence une position spatiale d'au moins un ou plusieurs ou tous les aimants permanents (16), en particulier par rapport à une distance du disque (11), est variable ou/et réglable.
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif comprend en outre un dispositif d'alimentation de milieu de chauffage (17) adapté pour fournir un milieu de chauffage, par exemple de l'air chauffé ou un gaz chauffé, à la chambre de traitement (24).
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif comprend en outre un dispositif de distribution pour distribuer de la matière à sécher, dans lequel le dispositif de distribution comprend de préférence une ouverture de décharge (6) dans un déflecteur d'arc (22) du dispositif pour distribuer des particules plus lourdes de la matière à sécher, dans lequel le déflecteur d'arc (22) est de préférence adapté pour diriger la matière à sécher vers le dispositif de broyage (21) ; dans lequel un mécanisme (5) du dispositif est de préférence prévu à l'ouverture de décharge (6) pour décharger les particules plus lourdes de la matière à sécher du dispositif.
7. Procédé de séchage et de broyage de matière à sécher, de préférence de matières organiques ou/et inorganiques ou/et de mélanges de celles-ci, comprenant les étapes suivantes :
 - introduction de la matière à sécher dans une chambre de traitement (24),
 - broyage de la matière à sécher dans la chambre de traitement (24) en utilisant de l'énergie cinétique au moyen d'un dispositif de broyage (21) entraîné par un arbre (14),
 - application d'un champ électrique ou électromagnétique d'intensité réglable sur la matière à sécher par un dispositif d'application de champ pendant l'étape de broyage de la matière à sécher pour séparer un ou plusieurs liquides sous forme d'aérosol, le dispositif d'application de champ étant porté par l'arbre (14) et étant relié de manière solidaire en rotation à l'arbre (14),
 - le champ électrique ou électromagnétique ayant, au moins localement dans la chambre de traitement (24), une intensité de champ électrique dans la plage de 10^3 V/m à 10^6 V/m qui est appropriée pour induire une déviation d'une forme de goutte par rapport à une forme sphérique d'une goutte de fluide présente dans ladite matière à sécher,
 - la déviation d'une forme de goutte par rapport à une forme sphérique étant appropriée pour induire une fragmentation de ladite goutte de fluide pour séparer un ou plusieurs liquides sous forme d'aérosol, dans lequel au moins des portions respectives de ladite matière à sécher subissant simultanément une interaction avec le dispositif de broyage (21) et le champ électrique ou électromagnétique, dans lequel le procédé comprend une étape de dispersion de la matière à sécher dans la chambre de traitement (24),
 - dans lequel le dispositif comprend en outre une étape d'application d'un champ magnétique à une région de la matière à sécher pour produire un chauffage par induction dans cette région ou une portion de la matière à sécher en générant des courants de Foucault, dans lequel le champ magnétique, vu depuis la région de la matière à sécher, est un champ magnétique alternatif local ayant une fréquence dans la plage de 500 Hz à 12.000 Hz ; et
 - dans lequel la région de la matière à sécher est déplacée en mouvement relatif sous la forme d'une rotation à travers le champ magnétique en utilisant un disque rotatif (11) d'un matériau diamagnétique ou paramagnétique et au moins une plaque de soufflage de médium ou une plaque de soufflage d'air reliée de manière solidaire en rotation au disque rotatif (11) de sorte que le chauffage par induction est produit par le mouvement relatif de la région de la matière à sécher à travers le champ magnétique.
8. Dispositif selon la revendication 7, comprenant en outre une étape d'introduction d'un médium de chauffage, tel que de l'air chauffé ou un gaz chauffé, dans la chambre de traitement (24).
9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, comprenant en outre une étape d'élimination des particules de gravité spécifique supérieure, de préférence pendant au moins une étape, de préférence toutes les étapes du procédé.



Figur 1.



Figur 2.



Figur 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

- US 6135370 A [0019]
- KR 20120122989 A [0019]
- US 2016023126 A1 [0019]
- WO 9518946 A1 [0019]
- JP 2000213863 A [0019]
- US 20150308742 A1 [0020]
- US 6024307 A [0023] [0030]