



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **211 332 B1**

4(51) C 01 B 33/158

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP C 01 B / 244 632 7

(22) 08.11.82

(45) 20.05.87

(44) 11.07.84

(71) siehe (72)

(72) Mörl, Lothar, Prof. Dr. sc. techn., 3080 Magdeburg, Schillerstraße 46; Blaudszun, Jürgen, Dr.-Ing.; Renneberg, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Neidel, Werner, Prof. Dr. sc. techn.; Künne, Hans-Joachim, Dr.-Ing.; Krell, Lothar, Dr.-Ing.; Kliefoth, Jörg, Dipl.-Ing.; Mörl, Christel; Kreisel, Reiner, DD

(54) Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen für stückförmiges Hydrogel, das nach bekannten Herstellungsverfahren erzeugt wurde und einen Wassergehalt von mehr als 60 % besitzt, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Verfahren aus drei Stufen besteht, in denen unterschiedliche Trocknungsbedingungen herrschen, wobei in der ersten Stufe eine Trocknung der Hydrogelteilchen auf eine Wasserbeladung zwischen 1 und 2 kg Wasser pro kg Trockensubstanz in einer fluidisierten Teilchenschicht von 50 bis 500 mm Schichthöhe, in die Luft mit einer Temperatur von 333–473 K und einer Geschwindigkeit w_L in m/s, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen mittleren Teilchendurchmesser (d_K) in m in den Grenzen bewegt

$$60 \cdot d_K^{0,56} < w_L < 192 \cdot d_K^{0,55}$$

eingeblassen wird, deren Taupunkttemperatur kleiner als 293 K ist und deren Trocknungspotential mindestens 0,013 kg Wasser pro kg Luft beträgt, erfolgt, wobei in der zweiten Stufe eine weitere Trocknung der Hydrogelteilchen, die die Austrittsbeladung der ersten Stufe von 1 bis 2 kg Wasser pro kg Trockensubstanz besitzen, auf eine Wasserbeladung zwischen 0,05 und 01 kg Wasser pro kg Trockensubstanz in einer weiteren fluidisierten Teilchenschicht mit einer Schichthöhe von mindestens 200 mm, in die Luft mit einer Temperatur von weniger als 373 K und einer Geschwindigkeit w_L in m/s, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen mittleren Teilchendurchmesser (d_K) in m in folgenden Grenzen bewegt

$$23 \cdot d_K^{0,56} < w_L < 80 \cdot d_K^{0,55}$$

eingeblassen wird, deren Taupunkttemperatur größer als 283 K und deren Trocknungspotential maximal 0,015 kg Wasser pro kg Luft beträgt, wobei in der dritten Stufe eine weitere Trocknung der Hydrogelteilchen auf nahezu 0 kg Wasser pro kg Trockensubstanz in einer ruhenden oder durch Schwerkraft geschlossen bewegten Teilchenschicht mit einer Schichthöhe von mindestens 800 mm, in die Luft mit einer Geschwindigkeit w_L in m/s, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen mittleren Teilchendurchmesser (d_K) in m in folgenden Grenzen

$$0,08 \cdot d_K^{0,56} < w_L < 15 \cdot d_K^{0,56}$$

bewegt, eingeblassen wird, deren Taupunkttemperatur kleiner als 288 K ist und deren Trocknungspotential mindestens 0,02 kg Wasser pro kg Luft beträgt.

2. Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil der Abluft der ersten Trocknungsstufe der Eintrittsluft der zweiten Trocknungsstufe zugemischt wird.
3. Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil der Abluft der 3. Stufe der Eintrittsluft der ersten Stufe zugemischt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen, das vorzugsweise in der chemischen und Lebensmittelindustrie angewendet werden kann und zwar dort, wo Gele mit einem Wassergehalt von mehr als 60 % getrocknet werden müssen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Trocknung von Hydrogelteilchen mit hoher Anfangsfeuchte > 60 % wird bekannterweise die Vakuumtrocknung bzw. Bandtrocknung verwendet — DE-OS 2855 251.

Im Falle der Vakuumtrocknung sind für die Erzeugung des Vakuums hohe Kosten erforderlich. Außerdem ist durch die Druckempfindlichkeit des feuchten Gels ein chargenweiser Betrieb erforderlich, der hohe Verweilzeiten und damit geringe Durchsätze bzw. entsprechend große Anlagen und damit hohe Investkosten verursacht.

Außerdem ist durch die geringe Intensität des Stoff- und Wärmeübergangs in der ruhenden Schüttung die Zuführung der Verdampfungswärme mit Wasserverlusten verbunden — DD-WP 19383.

Es sind des weiteren Bandtrocknungen von Gelen mit hoher Anfangsfeuchte bekannt — DE-OS 2220577. Bei dieser Bandtrocknung bewegt sich das zu trocknende Gel auf einem endlosen Band und wird dabei im Querstrom von Heißluft über- bzw. zum Teil durchströmt. Da sich die Gelteilchen auf dem Band in ruhender Schüttung befinden, deren Porosität vom Kornspektrum und vom Trocknungsgrad der Teilchen sowie deren Zufallsschüttung abhängig ist, ist eine gleichmäßige Umströmung aller Teilchen und damit eine definierte Einstellung der Triebkraft als Funktion der Gutsfeuchte nicht möglich.

Da bei der Trocknung von Gelteilchen in technologisch bestimmten Trocknungsphasen starke temperatur- und triebkraftbedingte Spannungen in Feststoffteilchen auftreten, die zu einer Zerstörung der Teilchen führen können, werden sowohl bei der Vakuum- als auch bei der Bandtrocknung unter konstanten Luftbedingungen große Verweilzeiten und damit geringe Trocknungsgeschwindigkeiten notwendig, um Teilchen bestimmter Größe zu erzielen. Dadurch kommt es zu großen Apparateabmessungen und Energieverlusten durch nicht genügende Ausnutzung des Trocknungspotentials der Luft. Trotz hoher Verweilzeiten kann bei diesen bekannten Verfahren die Zerstörung eines erheblichen Teils der zu trocknenden Gelteilchen nicht vermieden werden.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht in der Entwicklung eines Verfahrens, das in verschiedenen, dem Trocknungsverlauf der Gelteilchen angepaßten Trocknungsstufen

- die Trocknungszeit erheblich verkürzt,
- gegenüber den herkömmlichen Verfahren Energieeinsparungen durch bessere Nutzung des Triebkraftpotentials der Luft ermöglicht,
- die Apparateabmessungen und damit die Invest- und Materialkosten erheblich reduziert,
- die Qualität des erhaltenen Endprodukts insbesondere hinsichtlich Kornbandspektrum merklich verbessert.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Trocknung von Hydrogelteilchen zu schaffen, das eine hohe Trocknungsgeschwindigkeit bei möglichst vollständiger Ausnutzung des Trocknungspotentials der Trockenluft durch Intensivierung des Stoff- und Wärmeübergangs zuläßt, ohne daß die Hydrogelteilchen beim Prozeß der Trocknung durch innere Spannungen oder äußere Krafteinwirkung zerstört werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Trocknung der Hydrogelteilchen in mehreren Stufen erfolgt, die sich durch unterschiedliche Triebkraftpotentiale zwischen Wasser im Gutteilchen und Wasserdampf in der Luftkernströmung, durch unterschiedliche Verweilzeiten und durch unterschiedliche strömungstechnische Bedingungen auszeichnen.

Die Hydrogelteilchen werden dabei zunächst einer Trocknungsstufe zugeführt und in einen fluidisierten Zustand versetzt, in die Trockenluft mit einer Temperatur von 333 K bis 473 K, vorzugsweise 353 K–393 K, unter einer Geschwindigkeit, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen mittleren Teilchendurchmesser in den Grenzen bewegt; $60 \cdot d_k^{0,56} < W_L < 192 \cdot d_k^{0,56}$ vorzugsweise $(80 \div 100) \cdot d_k^{0,56}$, strömt.

Das Trocknungspotential zwischen Kühlgrenztemperatur und Temperatur der Eintrittsluft soll dabei mindestens 0,013 kg Wasser pro kg Luft betragen. Die Taupunkttemperatur der Eintrittsluft muß kleiner als 293 K sein. Dabei ist die Verfahrensstufe so zu gestalten, daß sich eine Schichthöhe von 50–500, vorzugsweise 200–300 mm, einstellt.

Unter diesen Bedingungen ist eine hohe Trocknungsgeschwindigkeit der Gelteilchen bei nahezu vollständiger Ausnutzung des Triebkraftpotentials der Trockenluft möglich, ohne daß es zu einer Zerstörung der Gelteilchen kommt.

Dieser ersten Verfahrensstufe schließt sich eine zweite Stufe an. Die Verweilzeit der Hydrogelkugeln in der ersten Stufe ist dabei so einzustellen, daß sie bei einer Wasserbeladung von 1–2 kg Wasser pro kg trockenes Gel die erste Trocknungsstufe verlassen und in die zweite Stufe gelangen und dort von einem weiteren Luftstrom mit anderen Parametern fluidisiert werden. Die zweite Temperaturstufe ist durch folgende Parameter gekennzeichnet:

- Eintrittstemperatur der Trockenluft kleiner als 373 K, vorzugsweise 333 K.
- Geschwindigkeit der Trockenluft auf den freien Querschnitt bezogen in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser $23 \cdot d_k^{0,56} < W < 80 \cdot d_k^{0,56}$, vorzugsweise $(30 \div 40) \cdot d_k^{0,56}$
- Das Trocknungspotential der Eintrittsluft soll dabei maximal 0,015 kg Wasser pro kg Luft betragen.
- Die Taupunkttemperatur der Eintrittsluft soll größer als 283 K sein.
- Die Schichthöhe der fluidisierten Schicht soll mindestens 200 mm betragen.

Unter diesen Bedingungen ist die weitere Trocknung der Kieselgelteilchen ohne Zerstörung durch innere Spannungen bei nahezu vollständiger Sättigung der Abluft möglich.

Die Trocknung in dieser zweiten Trocknungsstufe wird so lange fortgeführt, bis die Gelteilchen einen Wassergehalt von 0,05 bis 0,1 kg Wasser pro kg trockenes Gel erreicht haben. Zu diesem Zeitpunkt werden die Gelteilchen in eine dritte Trocknungsstufe überführt, in der folgende Parameter eingehalten werden müssen, wobei die Trocknung im Unterschied zu den beiden vorangegangenen Verfahrensstufen nicht im fluidisierten Zustand erfolgt.

- Eintrittstemperatur der Trockenluft größer als 353 K, vorzugsweise 373 K.
- Geschwindigkeit der Trockenluft auf den freien Querschnitt bezogen in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser $W < 15 \cdot d_k^{0,56}$

- Das Trocknungspotential der Eintrittsluft soll dabei mindestens 0,02 kg Wasser pro kg Luft betragen.
- Die Taupunkttemperatur der Eintrittsluft soll kleiner als 288 K sein.
- Die Schichthöhe der durchströmten nicht fluidisierten Schicht soll mindestens 800 mm betragen.

In dieser letzten Verfahrensstufe verbleiben die Gelteilchen so lange, bis die gewünschte Endfeuchte mit einem Wert unter 0,03 kg Wasser pro kg trockenes Gel erreicht ist. Danach werden sie der Verpackung und dem Versand zugeführt.

In der verfahrenstechnischen Schaltung kann zur Verringerung des Wärmebedarfs des Gesamtverfahrens ein Teil der Abluft der ersten Verfahrensstufe der Zuluft der zweiten Stufe zugemischt werden, was einer Absenkung des Trocknungspotentials dieser Luft bei gleichzeitiger erhöhter Temperatur gleichkommt.

Des weiteren kann die Abluft der 3. Stufe der Zuluft der ersten Stufe zugeführt werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der zugehörigen Zeichnung wird das prinzipielle Verfahrensschema dazu dargestellt.

Kugelförmige Hydrogelteilchen mit einer Anfangsfeuchte von 5 kg Wasser/kg Trockensubstanz und einem mittleren Teilchendurchmesser d_k von 7 mm werden in einem Massenstrom von 600 kg/h kontinuierlich einer ersten Verfahrensstufe an der Stelle 1 zugeführt. In dieser Verfahrensstufe werden sie durch eintretende Trockenluft in fluidisiertem Zustand gehalten und bewegen sich entlang einer Rinne vom Eingang zum Ausgang der Wirbelschicht.

Die Luftgeschwindigkeit W auf den freien Rinnenquerschnitt bezogen beträgt 7 m/s, die Lufteintrittstemperatur 363 K. Das Trocknungspotential der an der Stelle 5 eintretenden Luft beträgt 0,023 kg Wasser pro kg Luft, ihre Taupunkttemperatur 285 K. Die Schichthöhe der fluidisierten Schicht auf der Rinne ist auf 200 mm begrenzt eingestellt.

Die Luftmenge der Eintrittsluft beträgt 16000 kg/h. Die tritt mit einer Temperatur von 309 K aus der Wirbelschicht an der Stelle 6 aus. Die Länge der Wirbelschichttrinne beträgt 1,5 m, die mittlere Verweilzeit eines Teilchens in der ersten Stufe ist damit auf 5,5 min festgelegt, was einer Trocknungsgeschwindigkeit von 38 kg Wasser pro kg Trockensubstanz und h entspricht. Nachdem die Kieselgelteilchen die erste Trocknungsstufe durchlaufen haben, treten sie mit einer Wasserbeladung von 1,5 kg Wasser pro kg Trockensubstanz in eine zweite Trocknungsstufe 2 ein, die ebenfalls als Wirbelschichttrinne betrieben wird.

In der zweiten Trocknungsstufe tritt ein Gemisch aus einem Teil der Abluft der ersten Stufe und auf 333 K erhaltene Frischluft ein. Das Mischungsverhältnis zwischen Abluft und Frischluft beträgt dabei 1:3.

Die Parameter der Frischluft vor der Mischung betragen:

Temperatur: 333 K, Trocknungspotential: 0,014 kg Wasser pro kg trockene Luft, Taupunkttemperatur: 283,5 K.

Damit hat die in die zweite Trocknungsstufe an der Stelle 7 eintretende Luft folgende Parameter:

Temperatur: 327 K, Trocknungspotential: 0,01 kg Wasser pro kg Luft, Taupunkttemperatur: 293 K.

Es werden an der Stelle 7 insgesamt 16000 kg/h Luft in eine weitere Wirbelschichttrinne eingebracht. Diese Luft fluidisiert die Feststoffteilchen mit einer Geschwindigkeit von 3,5 m/s. Die Wirbelschichthöhe beträgt 400 mm, ihre Länge 1,5 m.

Die mittlere Verweilzeit eines Teilchens wird auf 37 min eingestellt.

Somit beträgt die Trocknungsgeschwindigkeit in der zweiten Trocknungsstufe 2,3 kg Wasser pro kg Trockensubstanz und h. Die an der Stelle 8 austretende Abluft der 2. Trocknungsstufe hat eine Temperatur von 303 K und ist zu 90% gesättigt.

Nachdem die Kieselgelteilchen die 2. Trocknungsstufe durchlaufen haben, treten sie an der Stelle 3 mit einer Wasserbeladung von 0,07 kg Wasser pro kg Trockensubstanz in eine dritte Trocknungsstufe ein, in der sie unterhalb des Wirbelpunktes im Kreuzstrom bis auf eine Restfeuchte von 0,05 kg Wasser pro kg Trockensubstanz getrocknet werden.

In die dritte Trocknungsstufe tritt an der Stelle 9 Luft mit einer Temperatur von 373 K und einer Geschwindigkeit auf den freien Querschnitt bezogen von 0,2 m/s ein. Das Trocknungspotential der Eintrittsluft beträgt 0,027 kg Wasser pro kg Luft, ihre Taupunkttemperatur 287 K. Die Schichthöhe der nicht fluidisierten Schicht beträgt 1000 mm.

Als Luftmenge werden 500 kg/h benötigt. Damit läßt sich eine Austrittsfeuchte der Kieselgelteilchen von 0,005 kg Wasser pro kg Trockensubstanz erreichen. Das getrocknete Gel verläßt über eine Zellenradschleuse 4 die Endstufe. Die Abluft 10 wird als Zuluft der ersten Stufe zugeführt.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielte Kornverteilung weist dabei aus, daß über 80% der getrockneten Hydrogelteilchen einen Korndurchmesser von größer als 2,5 mm besitzen. Beim herkömmlichen Verfahren dagegen haben nur etwa 10% der Teilchen einen solchen Durchmesser.

Bei der Verwendung des im Ausführungsbeispiel hergestellten Kieselgels für Adsorberfüllungen an Stelle nach dem herkömmlichen Verfahren getrockneten gleichen Gels, sinkt der Druckverlust über den Adsorber und somit den Aufwand an E-Energie um mehr als die Hälfte.

