

9) DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

# PATENTSCHRIFT



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

201 490

Int.Cl.<sup>3</sup> 3(51) F 26 B 3/08

MT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

1) WP F 26 B/ 2335 521  
140 635

(22) 24.09.81

(44) 20.07.83

- 1) VVB ZUCKER- UND STAERKEINDUSTRIE;DD;
- 2) SCHIRNER, ROLF,DIPL.-ING. OEC.;FISCHER, HORST,DIPL.-ING.;FREYER, GUENTER;SCHULZ, PETER;DD;  
LEISSNER, MARTIN;DD;
- 3) siehe (72)
- 4) KUEGLER, OTFRIED VVB ZUCKER- UND STAERKEINDUSTRIE 4010 HALLE JOLIOT-CURIE-PLATZ  
31

## 4) VERBESSERTER ROTIERENDER LUFTVERTEILER

i7) Die Erfindung betrifft eine Verbesserung des rotierenden Luftverteilers nach dem Hauptpatent D-WP 140635 für die Wirbelschichtbehandlung von fließunwilligen und temperaturlabilen aufwerken, bestehend aus einer Bodenplatte 2, einem Luftkasten 7, einem Verteilerkopf 4 mit Welle 3 sowie am Verteilerkopf horizontal angeordneten radialen Luftverteilerrohren 5 mit Luftaustrittsöffnungen 6, worin im Luftkasten 7 und im Verteilerkopf 4 eine mit der Welle 3 fest verbundene annähernd randgängige Luftleiteinrichtung 8 angeordnet ist. Die Luftleiteinrichtung 8 ist zusätzlich mit Luftdurchgangsöffnungen 9 versehen. Die Luftleiteinrichtung 8 bezweckt eine zwangsweise Vorverteilung der in den Luftkasten 7 eintretenden Wirbelluft, so daß jeweils ein Teil der Wirbelschicht mit einer hohen Leerraumgeschwindigkeit fluidisiert wird und die Wirbelschicht zonenweise intermittierend stark expandiert. Das Rückströmen des fluidisierten Materials aus der abgesperrten Richtung in die Verteilerrohre 5 bzw. den Luftkasten 7 wird durch einen Durchlaß einer Minimalluftmenge durch die Durchgangsöffnungen 9 ausgeschlossen.

233552 1

## Verbesserter rotierender Luftverteiler

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbesserung des rotierenden Luftverteilers nach dem DD-WP 140 635, ausgeführt als rotierender Bodenluftverteiler für Wirbelschichtapparate zur Fluidisierung von extrem fließunwilligen Haufwerken.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Der Erfindung des Hauptpatents DD-WP 140 635 lag die Aufgabe zugrunde, einen rotierenden Luftverteiler zur Wirbelschichtbehandlung von fließunwilligen Haufwerken zu gestalten.

Diese Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß die radial angeordneten Luftverteilerrohre je eine Luftaustrittsöffnung am Ende des Verteilerrohrs aufweisen, die jeweils durch die gewählte unterschiedliche Länge des Verteilerrohrs unterschiedliche Teilkreise mit einem äquivalenten Radius von 0,5...1,0 r, vorzugsweise 0,6...0,9 r überstreichen.

Dabei ist der Mittenabstand (a) zweier benachbarter Teilaustrittsöffnungen zueinander nach der Beziehung

233552 1

2

$$k \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi \cdot n}} \leq a \leq 0,5 d$$

ausgebildet, wobei der Faktor für die Luftstrahlverbreiterung ( $k$ ) der Beziehung  $5 \leq k \leq 16$  entspricht. Weiterhin bedeuten  $A$  Grundfläche der Bodenplatte,  $n$  Anzahl der Verteilerrohre,  $d$  Durchmesser der Bodenplatte.

Die unter Verwendung des rotierenden Luftverteilers ausgestattete Wirbelschichtapparatur besteht aus einer Bodenplatte, einem Luftkasten, einem gegen den Luftkasten abgedichten rotierenden Luftverteiler vorbeschriebener Konfiguration und einer in den Luftkasten einmündenden Luftzuführung.

Ein nicht in der DD-PS 140 635 beschriebener Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht trotz relativ kleiner "freier Siebflächen" von 0,5...4 % darin, daß aufgrund der Luftaustrittsoffnungen des rotierenden Bodenluftverteilers ein niedriger Bodendruckverlust ausgewiesen wird. Trotz des geringen Bodendruckverlustes bilden sich die der Anzahl der Luftaustrittsoffnungen entsprechenden diskreten Umlaufschichten wie beschrieben aus. Mit wachsendem Verhältnis Höhe der Wirbelschicht  $H$  zum Durchmesser  $D$  der Wirbelschicht, etwa oberhalb  $H:D$  gleich 1, verschlechtert sich die Luftverteilung. Es ist ein negativer Einfluß der mit hoher Geschwindigkeit in den Luftkasten eintretenden Wirbelluft bemerkbar. Dadurch werden die in Strömungsrichtung befindlichen, am Verteilerkopf radial angeordneten Verteilerrohre bevorzugt mit Luft beaufschlagt. In den bevorzugt mit Luft beauflagten Teil der Wirbelschichtapparatur werden die diskreten Umlaufschichten in beschriebener Weise ausgebildet und das Haufwerk intensiv fluidisiert.

Die gegen die Strömungsrichtung wirksamen, am Verteilerkopf radial angeordneten Luftverteilerrohre werden schlechter beaufschlagt. In dem schlechter versorgten Teil der Wirbelschicht leidet die Qualität der Wirbelschicht, da die Luftmenge in Verbindung mit der Einwirkungszeit nicht ausreicht, um die Ausbildung der diskreten Umlaufschicht bis zur Oberfläche der Wirbelschicht auszubilden. Trotz des geringen Bo-

dendruckverlustes bildet sich die der Anzahl der Luftaustrittsöffnungen wie bereits beschrieben aus. Mit wachsendem Verhältnis Höhe der Wirbelschicht H zum Durchmesser D der Wirbelschicht, etwa oberhalb  $H:D$  gleich 1, verschlechtert sich die Luftverteilung. Es ist ein negativer Einfluß der mit hoher Geschwindigkeit in den Luftkasten eintretenden Wirbelluft bemerkbar.

Besonders bei der Trocknung von thermolabilen, fließunwilligen Haufwerken, wie zum Beispiel Stärke, Dextrin und Kunststoffpulver können durch Ansinterungen und Glimmnester bedrohliche Betriebszustände entstehen. Außerdem verschlechtert sich für die im "Windschaften" angeordneten peripheren und internen wärmeübertragenden Flächen der Wärmedurchgang.

#### Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, temperaturlabile fließunwillige Haufwerke in den Anwendungsbereich der Wirbelschichtbehandlung einzubeziehen, wobei bedrohliche Betriebszustände mit Sicherheit ausgeschlossen werden sollen und gleichzeitig durch höhere Wirksamkeit interner und peripherer Heizflächen die technisch-ökonomische Effektivität der zu lösenden Verfahrensaufgabe zu verbessern ist.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die ungleichmäßige Lufteintragung und -verteilung durch den rotierenden Luftverteiler gemäß Hauptpatent DD-WP 140 635 so zu verbessern, daß alle Bereiche der Wirbelschicht gleichmäßig mit Wirbelmedium beaufschlagt und intensiv fluidisiert werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß im Luftverteilerkasten und im Verteilerkopf eine annähernd rand-gängige, mit der Antriebswelle des rotierenden Luftverteilers fest verbundene Luftleiteinrichtung angeordnet wird. Die Luftleiteinrichtung ist erfindungsgemäß so ausgebildet, daß damit

der Querschnitt des Luftkastens und des Verteilerkopfes mittig abgesperrt werden kann. Man erreicht dadurch eine erzwungene Umkehr oder Umlenkung der in den Luftkasten bzw. in den Verteilerkopf einströmenden Wirbelluft.

Die Luftleiteinrichtung ist weiterhin so gestellt, daß eine minimale Luftmenge in der abgesperrten Richtung abfließen kann. Dazu sind in der Luftleiteinrichtung Öffnungen eingeschlossen. Die Größe der Öffnungen ist so bemessen, daß die in der abgesperrten Richtung abfließende Minimalluftmenge eine Rückströmung von fluidisiertem Material in die Verteilerrohre bzw. den Luftkasten ausschließt.

Mit der erfindungsgemäß ausgebildeten Luftleiteinrichtung wird in Verbindung mit dem rotierenden Luftverteiler gemäß Hauptpatent DD-WP 140 635 die Wirbelschichtapparatur intermittierend zonenweise mit einer Minimalluftmenge oder mit einem Mehrfachen der Minimalluftmenge beaufschlagt. Der zwangswise mit einer hohen Leerraumgeschwindigkeit fluidisierte Teil der Wirbelschicht expandiert dabei sehr stark, wodurch die gesamte Wirbelschicht intensiv durchmischt wird.

Durch die erfindungsgemäß bevorzugte zonenweise Luftzuführung wird vor allem die mangelhafte Luftzuführung und Fluidisierung der "Windschattenseite" der Wirbelschichtapparatur verbessert, während sich die Luftzuführung und Fluidisierung der in Strömungsrichtung der durch den Luftstutzen eintretenden Wirbelluft nicht verschlechtert. Über diesen dargelegten Vorteil hinaus werden die Seitenteile und der rückwärtige Teil der Wirbelschichtapparatur - gesehen vom Lufteintrittsstutzen - mit dem Hauptanteil der gesamten Wirbelluft überfülltet, so daß für diese Teilbereiche durch eine impulsartige Luftzuführung eine starke Bettexpansion einsetzt, die zu einem intensiven Bettumlauf beiträgt. Unter diesen Bedingungen können auch extrem fließunwillige Haufwerke fluidisiert werden. Darüber hinaus verbessert sich der Wärmedurchgang von peripher und intern angeordneten Heizflächen entscheidend.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß eingespeistes Material nicht durch "Diffusion'", sondern spontan ablaufende Mischvorgänge im gesamten Bett verteilt werden. Das ist besonders bei der Trocknung von thermolabilen Gütern der Vorteil.

#### Ausführungsbeispiel

Nachfolgend soll an einem Ausführungsbeispiel die Erfindung näher erläutert werden.

In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen Figur 1 eine komplettete Wirbelschichtapparatur mit dem erfindungsgemäß verbesserten Luftverteiler, Figur 2 ein Schema der Luftverteilung in der Wirbelapparatur, Figur 3 die zonenweise Aufteilung der Grundfläche der Wirbelapparatur.

In Figur 1 ist eine komplette Wirbelschichtapparatur gezeigt. Sie besteht aus einem zylindrischen Gehäuse mit Mantel 1 und Bodenplatte 2 sowie diversen Ein- und Auslaßstutzen. Unterhalb der Bodenplatte 2 ist ein Luftkasten 7 angeordnet. Im Inneren des Gehäuses ist auf der Bodenplatte 2 ein Verteilerkopf 4 mittels einer Welle 3 drehbar vorgesehen. Der Verteilerkopf 4 trägt die horizontal angeordneten radialen Luftverteilerrohre 5 mit den Luftaustrittsöffnungen 6. Im Inneren des Luftkastens und des Verteilerkopfes ist eine mit der Welle 3 fest verbundene drehbare annähernd randgängige Luftleiteinrichtung 8 angeordnet. Die Luftleiteinrichtung ist außerdem mit Durchgangsöffnungen 9 versehen.

Figur 2 zeigt schematisch die Luftverteilung nach DD-WP 140 635 sowie die Luftverteilung nach der erfindungsgemäßen Lösung.

Der Linienverlauf C verdeutlicht die Luftverteilung in der Wirbelschicht nach der im DD-WP 140 635 dargelegten Lösung.

Es bildet sich ein deutliches Maximum der Luftzuführung für den in Strömungsrichtung des Einlaßstutzens stehenden Teil der Wirbelschichtapparatur aus. Die Kurve flacht seitlich deutlich ab. Die Linie D entspricht annähernd einer gleich-

mäßigen Verteilung der eingetragenen Wirbelluft auf alle Bereiche der Wirbelschicht (nominelle Leerraumgeschwindigkeit).

Nach der erfindungsgemäßen Lösung repräsentiert die Linie A die Lufteinführung für die Teile der Wirbelschichtapparatur, wo mittels der Luftleiteinrichtung die Hauptströmungsrichtung zwangsweise verändert wird und der durch den Einlaßstutzen in der bevorzugten beaufschlagten Wirbelschicht eine mehrfache Erhöhung der durchschnittlichen Leerraumgeschwindigkeit eintritt. Diese Vervielfachung ist besonders im bisherigen "Windschatten" außerordentlich hoch. Die Linie B repräsentiert die Mindestluftzuführung für den abgesperrten Teil des Luftkastens.

In Figur 3 ist die zonenweise Aufteilung der Wirbelschicht dargestellt, wobei der Pfeil auf der Linie  $0\dots 180^\circ$  die Einströmungsrichtung der Wirbelluft in den Luftkasten symbolisiert. Weiterhin bedeuten die Ziffern I, II, III und IV rechtwinklige Kreisausschnitte des Anströmbodens. Der Anströmboden läßt sich durch Polarkoordinaten noch detaillierter beschreiben. Weiterhin bedeutet die Linie F eine augenblickliche Stellung der Luftleiteinrichtung. Bei dieser Stellung der Luftleiteinrichtung wird der Bereich  $150^\circ\dots 0^\circ / 360^\circ\dots 330^\circ$  mit dem Hauptanteil der einströmenden Wirbelluft beaufschlagt. Dieser Bereich ist durch die Linien E-E in der Figur 2 gekennzeichnet. Die Luftmenge entspricht der Linie A, ebenfalls in Figur 2 dargestellt.

In der durch die Luftleiteinrichtung gesperrten Richtung wird die Wirbelschicht im Bereich  $150^\circ\dots 180^\circ\dots 360^\circ$  mit der Grundluftmenge B entsprechend Figur 2 versorgt. Die Grundluftmenge B ist mindestens so groß, daß ein Rückströmen des fluidisierten Materials in das Verteilerrohr bzw. in den Luftkasten verhindert wird.

Bei einer Stellung von  $0^\circ\dots 180^\circ$  der Luftleiteinrichtung beeinflußt diese die durch den dynamischen Druck der in den Luftkasten einströmenden Wirbelluft derart, daß der Bereich der Segmente I und III, das heißt ca.  $150^\circ\dots 210^\circ$ , intensiv fluidisiert wird. In Abhängigkeit von der Wirbelschichthöhe kann man Einströmgeschwindigkeiten für die Wirbelluft in den

Luftkasten in einem Bereich von 2...100 m/s zur Anwendung bringen. Die Luftverteilung in der Wirbelschicht bei der Stellung der Luftpfeileinrichtung koaxial zur Linie 0°...180° entspricht im wesentlichen der Kurve C in Figur 2. Hohe Eintrittsgeschwindigkeiten der eintretenden Wirbelluft in den Luftkästen haben steile Flanken der Kurve C und ein Maximum, das oberhalb der Linie A liegt, zur Folge, niedrige Eintrittsgeschwindigkeiten dagegen flache, stark abgeflachte Flanken und ein unter der Linie A liegendes Maximum.

Beispiel 1: Trocknung handelsüblicher Kartoffelstärke im hygroskopischen Bereich

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung lässt sich besonders gut am Beispiel der Trocknung von handelsüblicher Stärke verdeutlichen. Dazu werden kontinuierlich 305 kg/h handelsübliche Kartoffelstärke mit einem Anfangswassergehalt von  $x_{a_0} = 0,25 \text{ kg H}_2\text{O/kg TM Stärke}$  mit einer Anfangstemperatur von 20 °C eingespeist. Der Wirbelluftstrom wird durch den mit 11 U/min rotierenden Luftverteiler grob in 6 Einzelluftströme aufgeteilt. Der Luftverteiler ist mit einer erfindungsgemäßen Luftpfeileinrichtung versehen. Die nominelle Leerraumgeschwindigkeit beträgt 0,73 m/s, der freie Raum oberhalb der Wirbelschicht (Separationsraum) 1,7fache Wirbelschichthöhe. Als Heizmedium dient Dampf mit einer Temperatur von 195 °C. Die Summe aller von der Wirbelschicht direkt berührten peripheren und internen Heizflächen beträgt 32 m<sup>2</sup>.

Das eingespeiste Haufwerk verlässt die Apparatur mit 158 °C praktisch wasserfrei. Der verwirklichte Wärmestrom wird durch die Wärmeübergangszahl  $k = 870 \text{ kcal (}^{\circ}\text{C . m}^2 . \text{ h})^{-1}$  charakterisiert. Das ist gegenüber dem Hauptpatent DD-WP 140 635 eine Steigerung auf 130 %; pro kg Wasser werden aufgrund der höheren Produkttemperatur 995 kcal/kg H<sub>2</sub>O Wärme verbraucht.

## Erfindungsanspruch

1. Verbesserter rotierender Luftverteiler zur Wirbelschichtbehandlung von fließunwilligen Haufwerken durch kontinuierliche und momentan örtlich konzentrierte Eintragung der Wirbelluft zur Fluidisierung des Haufwerkes mittels einer begrenzten Anzahl von Teilluftaustrittsöffnungen, die auf unterschiedlichen Teilkreisen mit einem äquivalenten Radius  $r_{äqu}$  von  $0,5 \dots 1$  r, vorzugsweise  $0,6 \dots 0,9$  r, angeordnet sind, wobei sie geometrisch regelmäßige oder unregelmäßige Figuren beschreiben, deren Mittenabstand a der Beziehung

$$k \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi \cdot n}} \leq a \leq 0,5 d$$

sowie der Faktor k der Beziehung  $5 \leq k \leq 16$  entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß der Bodenteil der Wirbelschichtapparatur, bestehend aus einer Bodenplatte (2), einem Luftkasten (7), einem Verteilerkopf (4) mit Welle (3) sowie am Verteilerkopf horizontal angeordneten radialen Luftverteilerrohren (5) mit Luftpaustrittsöffnungen (6) zum Zwecke der zonenweise intermittierenden Überflutung der Wirbelschicht im Luftkasten (7) und im Verteilerkopf (4) eine mit der Welle (3) festverbundene drehbare, annähernd randgängige Luftleiteinrichtung (8) angeordnet ist.

2. Verbesserter rotierender Luftverteiler nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Luftleiteinrichtung (8) zum Zwecke des Durchlasses einer minimalen Wirbelluftmenge mit Bohrungen (9) versehen ist.
3. Verbesserter rotierender Luftverteiler nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Bohrungen (9) so gestaltet sind, daß mindestens 20 % des Luftvolumens zur Verhinderung von Rückströmungsscheinungen in den durch die Luftleiteinrichtung abgesperrten Teil geleitet wird.

233552 1

9

1

4. Verbesserter rotierender Luftverteiler nach Punkt 1 bis 3,  
gekennzeichnet dadurch, daß die Eintrittsgeschwindigkeit  
der Wirbelluft in den Luftkasten 7 5...100 m/s beträgt.

Hierzu 2 Seltene Zeichnungen

233552.1

10

015 AV Field Application Device  
M1124 3219313 03316341 0211

2000 LD 28662

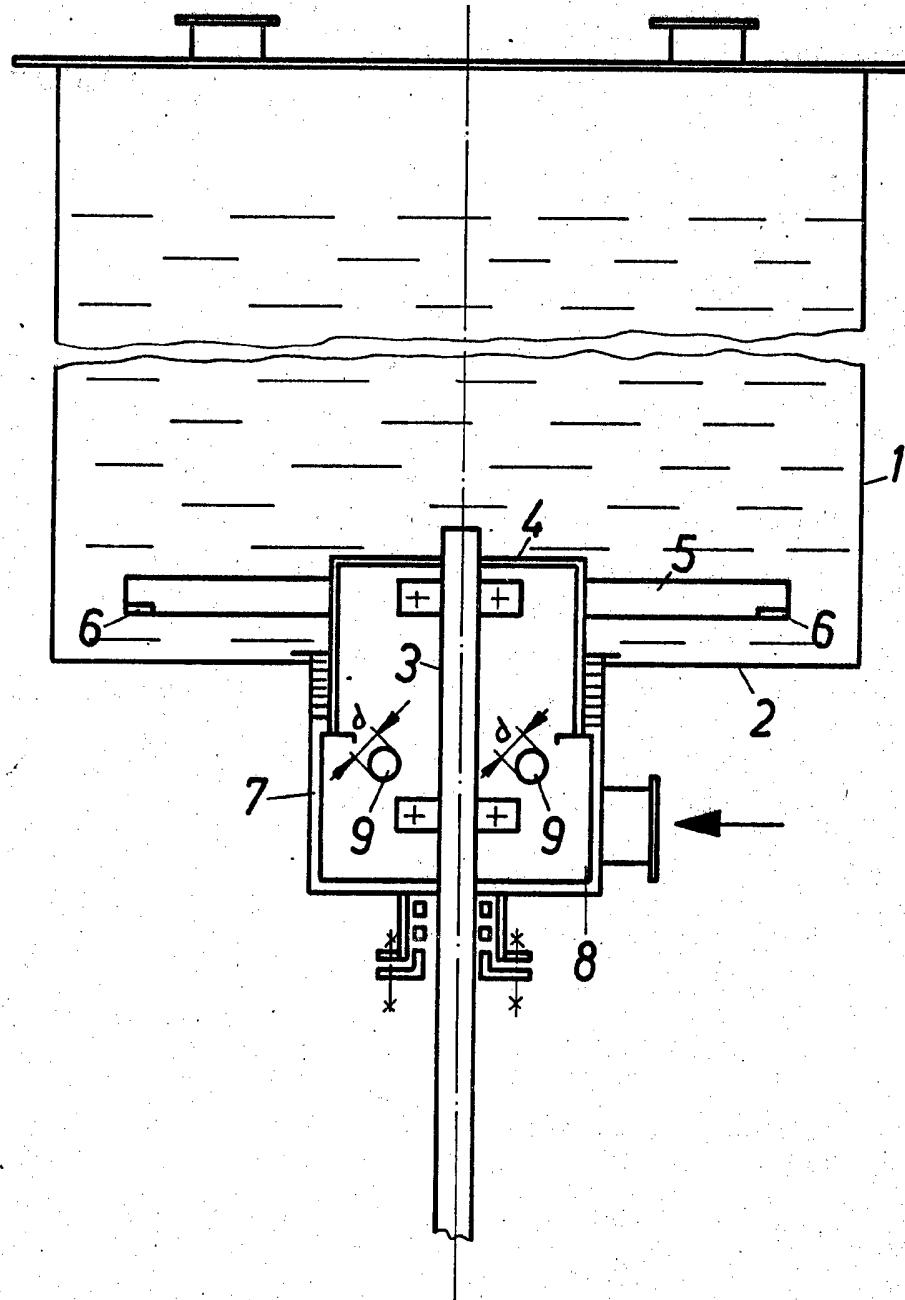


Fig. 1

233552 1 11

