

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 913 652 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.05.1999 Patentblatt 1999/18**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F25C 1/16**, F25B 17/08

(21) Anmeldenummer: **98120341.7**

(22) Anmeldetag: **28.10.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **03.11.1997 DE 19748362**

(71) Anmelder:  
**ZEO-TECH**  
**Zeolith Technologie GmbH**  
**D-85716 Unterschleissheim (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hiebinger, Alfons**  
**85391 Allershausen (DE)**  
• **Maier-Laxhuber, Dr. Peter**  
**85386 Dietersheim (DE)**

### (54) **Verfahren zum Kühlen und/oder Gefrieren wasserhaltiger Produkte**

(57) Verfahren zum Kühlen und/oder Gefrieren wasserhaltiger Produkte durch Direktverdampfung unter Vakuum, wobei das wasserhaltige Produkt in eine Vakuumkammer eingebracht wird und durch eine Vakuumpumpe der Kammerdruck soweit abgesenkt wird, daß Wasserdampf aus dem Produkt entweicht und durch die direkte Verdampfungskälte abkühlt und der vom Produkt abströmende Wasserdampf in einem der Vakuumpumpe vorgelagerten Zeolithbett adsorbiert wird, wobei die Evakuierung der Vakuumkammer durch die Vakuumpumpe so auf die Adsorptionscharakteristik des Zeolithbettes abgestimmt wird, daß das Produkt den gewünschten Zustand (Temperatur, Wassergehalt ect.) erhält, aber kein Wasserdampf durch das Zeolithbett hindurch zur Vakuumpumpe strömt.

**EP 0 913 652 A2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Kühlen und/oder Gefrieren von wasserhaltigen Produkten durch Direktverdampfung unter Vakuum.

[0002] Aus der DE 40 031 07 ist ein Verfahren bekannt, Wasser durch Direktverdampfung in Eis umzuwandeln. Der von einer Wasseroberfläche abströmende Wasserdampf wird dabei in einem Zeolithbett adsorbiert. Eine Vakuumpumpe saugt dabei Luft und nicht-kondensierbare Gase aus dem Zeolithbett ab.

[0003] Zeolithe sind kristalline Alumosilikate, mit einer verzweigten Hohlraumstruktur, die Wassermoleküle reversibel einlagert (adsorbiert). Die Adsorption von Wasserdampf ist ein stark exothermer Vorgang. Das eingelagerte Wasser kann durch Erhitzen (Regeneration) der Zeolithkristalle auf über ca. 200 °C wieder aus dem Kristallgefüge ausgedampft werden.

[0004] In der Praxis zeigt sich bei o.g. Vorrichtungen, daß Wasserdampf vom Zeolithbett nicht oder nicht schnell genug adsorbiert wird und deshalb bis zur Vakuumpumpe strömt. Vakuumpumpen können jedoch Wasserdampf nur in sehr begrenzten Mengen abpumpen. Zu große Wasserdampfmengen begrenzen das Endvakuum der Pumpen oder führen alsbald zu Pumpendefekten.

[0005] Um die Vakuumpumpe vor schädlichen Wasserdampfmengen zu schützen, kann man die Zeolithmenge vergrößern. In aller Regel führt dies jedoch dazu, daß nur Teile der Zeolithmenge adsorbieren. Beim anschließenden Regenerationsprozeß muß jedoch die gesamte Füllung erhitzt werden. Wegen der größeren Zeolithmenge muß mehr Wärme eingetragen werden und im folgenden Abkühlprozeß auch mehr Wärme abgeführt werden. Der Wirkungsgrad wird deutlich schlechter.

[0006] Eine weitere Möglichkeit, die Pumpen zu schützen besteht darin, die Zeolithfüllung in ihrer geometrischen Ausdehnung dem Strömungsweg des Wasserdampfes anzupassen. Der Strömungsweg des Dampfes innerhalb der Schüttung wird dadurch länger und der Druckabfall entsprechend höher. Um den gleichen Verdampfungsdruck zu erreichen, muß der Saugdruck der Pumpe abgesenkt werden. Gleichzeitig sinkt aber bei niedrigerem Adsorptionsdruck die Adsorptionsbeladung. Auch dies führt zu einem Mehraufwand an Desorptionswärme.

[0007] Bei langen Strömungswegen des Wasserdampfes durch das Zeolithbett bilden sich sogenannte Adsorptionszonen, in denen die Adsorptionsreaktion abläuft. Vor dieser Zone hat die Zeolithfüllung bereits die Sättigungsbeladung erreicht, hinter der Zone ist keine Wasserdampfströmung meßbar. Der Druck ist hier gleich dem Enddruck der Pumpe. Obwohl die Vakuumpumpe kontinuierlich in Betrieb ist, hat deren Enddruck keinerlei Einfluß auf die Verdampfungstemperatur im Produkt. Die Vakuumpumpe läuft lange und mit hohen Betriebskosten.

[0008] Auch bei sehr langen Strömungswegen durch das Zeolithbett wird die Adsorptionszone nach einer gewissen Zeit das Ende der Schüttung erreichen und der Wasserdampf von der Vakuumpumpe angesaugt werden.

[0009] Im Handel sind heute zahlreiche Zeolithtypen mit unterschiedlichen Adsorptionscharakteristika. Granulate vom gleichen Zeolith-Typ und identischem Granulatdurchmesser, die nach unterschiedlichen Granulativverfahren hergestellt sind, verhalten sich bei der Wasserdampfadsorption unter Vakuum höchst unterschiedlich. Eine optimale geometrische Auslegung eines Zeolithbettes für variierende Produkte ist deshalb nahezu unmöglich.

[0010] Die Wasserdampfaufnahmefähigkeit einer Zeolithschüttung hängt in hohem Maße vom treibenden Dampfdruck ab. Dieser ist, insbesondere im zeitlichen Verlauf, abhängig von der Temperatur, der Menge und der Struktur des zu kühlenden Produktes.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, Verfahren anzugeben, mit denen eine optimale Beladung des Zeolithbettes und zugleich ein Schutz der Vakuumpumpe vor den schädigenden Wirkungen zu hoher Wasserdampfdrücke möglich ist.

[0012] Gelöst wird die Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1. In den Unteransprüchen sind weitere erfindungsgemäße Verfahrensvarianten aufgezeigt.

[0013] Bei der Kühlung von Produkten durch direkte Verdampfung von Wasser im Vakuum können sehr hohe Kühlleistungen erzielt werden. Ein Gefrieren von Lebensmitteln kann innerhalb weniger Minuten erfolgen. Der Gefriervorgang erfolgt dabei nicht wie bei konventionellen Verfahren von der Produktoberfläche aus langsam fortschreitend nach innen, sondern gleichzeitig und homogen im ganzen Produkt. Die Endtemperatur des Produktes kann durch den einstellbaren Kammerdruck genau geregelt werden. Der Gesamtdruck in der Vakuumkammer wird dabei durch die Adsorptionscharakteristik des Zeolithbettes, die Betriebszeiten und den erreichbaren Enddruck der Vakuumpumpe bestimmt.

[0014] Die Bezeichnung Produkt steht für alle wasserhaltigen Substanzen, gleichgültig ob es sich um organische oder anorganische Stoffe handelt. Der Wassergehalt kann sehr stark variieren. Der Mindestanteil muß jedoch so groß sein, daß die gewünschte Kühltemperatur durch direkte Verdampfung erreicht werden kann. Vorteilhaft ist auch die Trocknung von nur oberflächlich feuchten Gütern, wie z. B. Kunststoffgranulaten. Hierbei kann es sinnvoll sein, während des Verdampfungsvorgangs das Produkt zu beheizen oder vor dem Trocknen auf höhere Temperatur zu bringen.

[0015] Gemeinsames Ziel aller Verfahren ist es, neben einer optimalen Beladung des Zeolithbettes und dem Schutz der Vakuumpumpe, deren Laufzeit auf ein Minimum zu begrenzen. Insbesondere bei mobilen und/oder solar betriebenen Vorrichtungen ist ein gerin-

ger Energieaufwand für den Betrieb der Vakuumpumpe erwünscht. Hier ist es von entscheidendem Vorteil, wenn die Vakuumpumpe nur so lange in Betrieb ist, bis die Wasserdampfströmung vom Produkt zum Zeolithbett einen gegebenen Wert überschreitet. Bei entsprechenden Vorrichtungen werden hierfür Strömungswächter eingesetzt, die den Druckabfall des strömenden Wasserdampfes erkennen.

**[0016]** Zum Einsatz kommen auch wasserdampfsensitive Sensoren, die vor oder auch nach der Pumpe angeordnet sind. Sie können dazu genutzt werden die Pumpe abzustellen sobald sie in der Stömung Wasserdampf registrieren. Sensoren am Ausgang der Pumpen haben den Vorteil, daß sie nicht vakuumtauglich sein müssen. Sie können auch unempfindlicher sein, da der Wasserdampf durch die Pumpe stark aufkonzentriert wird. Ein Durchschlagen von Wasserdampf durch das Zeolithbett ist immer auch ein Signal dafür, die Zeolithfüllung zu erneuern oder zu regenerieren.

**[0017]** Eine weitere, sehr kostengünstige Möglichkeit, die Pumpe zu schützen, besteht darin, den Temperaturanstieg der Zeolithschüttung während der Adsorption als Ausgangssignal für die Abschaltung der Pumpe zu verwenden. Diese Regelung ist dann besonders geeignet, wenn sich innerhalb des Zeolithbettes eine Adsorptionszone ausbilden kann. Der Temperaturfühler ist dann am Ende des Zeolithbettes anzuordnen.

**[0018]** Anstelle des Temperaturanstiegs kann auch ein Anstieg der Wasserkonzentration innerhalb der Hohlraumstruktur am Ende des Zeolithbettes detektiert werden.

**[0019]** Bei flüssigen Produkten mit hohem Füllstand oder hohen Ausgangstemperaturen kann es vorkommen, daß es innerhalb der Flüssigkeit zu Dampferuptionen kommt in deren Folge Flüssigkeitspartikel mit dem abströmenden Wasserdampf mitgerissen werden. In diesen Fällen kann die Evakuierung durch die Vakuumpumpe unterbrochen werden und nach einer kurzen Beruhigungsphase weiter-evakuiert werden. Die Flüssigkeitspartikel können durch bekannte Techniken detektiert werden.

**[0020]** Vorteilhaft ist es aber auch, in die Strömungsleitung zwischen Produkt und Zeolithbett geeignete Tropfenabscheider einzubauen, die ein Mitreißen von nicht gasförmigen Teilchen verhindern.

**[0021]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Tropfenabscheider gekühlt werden. Sofern die Produkttemperatur über der Verflüssigungstemperatur dieser gekühlten Flächen liegt, kann der abströmende Dampf an den kalten Flächen kondensieren und falls dies gewünscht ist, als Kondensat in das zu kühlende Produkt zurücktropfen.

Die Evakuierung des Systems wird dabei so gesteuert, daß während dieser Phase kein Wasserdampf zum Zeolithbett strömt. Erfindungsgemäß wird die Weiterströmung des Wasserdampfes durch ein Luftpolster im Zeolithbett verhindert. Die Evakuierung wird dabei erfindungsgemäß so gesteuert, daß der Druck in der Vaku-

umkammer zwar kontinuierlich abnimmt, die Ausdehnung des Gaspolsters im Zeolithbett jedoch erhalten bleibt. Zwischen strömendem Wasserdampf und blockierendem Gaspolster bildet sich eine wenige Zentimeter breite Grenzschicht aus. Auf der einen Seite befindet sich reiner, mit hoher Geschwindigkeit strömender Wasserdampf und auf der anderen Seite ein relativ ruhendes, wasserdampffreies Gaspolster.

Erst wenn die Produkttemperatur nahezu die Verflüssigungstempertatur erreicht hat und demzufolge die Kühlleistung abnimmt, kann durch gesteuertes Abpumpen des Gaspolsters aus dem Zeolithbett Wasserdampf in dieses einströmen und adsorbiert werden. Durch das erfindungsgemäße Evakuieren können die sonst notwendigen Stömungsklappen und Saugventile zwischen Produkt und Zeolithfüllung vermieden werden.

**[0022]** Zahlreiche Produkte, insbesondere Lebensmittel neigen beim Evakuieren aufzuschäumen oder sich aufzublähen. In vielen Fällen ist dies ein gewünschter Vorgang, der das Endprodukt z. B. großvolumiger oder schmackhafter erscheinen läßt. Softeis wird konventionell beispielsweise durch Einleiten komprimierter Luft während des Kühlvorganges aufgeschäumt. Erfindungsgemäß kann das Aufschäumen nunmehr beim Kühl- bzw. Gefriervorgang unter Vakuum lediglich durch die Steuerung des Evakuervorganges erfolgen.

**[0023]** Teige werden heute vielfach mit Kälte behandelt. Einerseits erfolgt dies um den Gärprozeß zu stoppen oder zu verzögern, andererseits um den Teig im gekühlten/gefrorenen Zustand für längere Zeit zu lagern und zu transportieren. Beim Gärprozeß wird die Teigmasse durch Kohlendioxid gelockert, das durch die Zugabe von Treibmitteln (Hefe, Backpulver, ect.) entsteht. Mit den erfindungsgemäßen Verfahren kann der Gärprozeß verzögert und gestoppt werden oder aber ganz ohne den Zusatz von Treibmitteln erfolgen, da die Lockerung (Porung) bei der direkten Verdampfung durch den expandierenden Wasserdampf erfolgt. Führt man die Verdampfung bis zum vollständigen Gefrieren des Teiges fort, bleibt die aufgeblähte Struktur des Teiges auch nach dem Fluten der Vakuunkammer erhalten.

**[0024]** Eine Reihe weiterer Lebensmittel muß vor dem Kühlen/Gefrieren bei höheren Temperaturen behandelt werden (Kochen, Backen, Dünsten, Dämpfen, Pasteurisieren, Blanchieren, Brühen ect.). Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese Wärmebehandlung bereits innerhalb der noch offenen Vakuunkammer möglich ist. Für den anschließenden Kühlprozeß muß dann nur noch die Vakuunkammer geschlossen werden und mit dem Evakuervorgang begonnen werden. Vorteilhaft hat die Vakuunkammer beispielsweise die Gestalt eines Kochkessels, Steamers oder Autoklaven, die mit luftdichten Verschlüssen zur Vakuunkammer erweiterbar sind. Die Saugleitung zum Zeolithbett besteht dann beispielsweise aus einer flexiblen Verbindung, die an den Deckel angeflanscht wird.

**[0025]** Erfindungsgemäß läßt sich z. B. auch ein

Backofen zur Vakuumkammer aufrüsten. Halbgebackenes kann somit gleich im Ofen durch Direktverdampfung tiefgefroren werden. Die Wände des Ofens bleiben dabei heiß, da von ihnen kein Wasser abdampfen kann.

[0026] Besonders vorteilhaft ist es auch, sogenannte Vakuumverpackungsmaschinen mit einem Zeolithbett zu erweitern und vor dem Verpacken die Lebensmittel zu kühlen oder zu gefrieren. Die luftdichte Verpackung der Produkte erfolgt hierbei gleich im Anschluß an die Direktverdampfung nach den bekannten Verfahren in derselben Vakuumkammer.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen und/oder Gefrieren wasserhaltiger Produkte durch Direktverdampfung unter Vakuum, wobei das wasserhaltige Produkt in eine Vakuumkammer eingebracht wird und durch eine Vakuumpumpe der Kammerdruck soweit abgesenkt wird, daß Wasserdampf aus dem Produkt entweicht und durch die direkte Verdampfungskälte abkühlt und der vom Produkt abströmende Wasserdampf in einem der Vakuumpumpe vorgelagerten Zeolithbett adsorbiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung der Vakuumkammer durch die Vakuumpumpe so auf die Adsorptionscharakteristik des Zeolithbettes abgestimmt wird, daß das Produkt den gewünschten Zustand (Temperatur, Wassergehalt ect.) erhält, aber kein Wasserdampf durch das Zeolithbett hindurch zur Vakuumpumpe strömt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beginn der direkten Verdampfung die Evakuierung unterbrochen wird und erst dann wieder fortgesetzt wird, wenn die Wasserdampfströmung zum Zeolithbett nachläßt.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung beendet wird, sobald Wasserdampf die Vakuumpumpe erreicht.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung beendet wird, sobald die Temperatur des Zeolithbettes im Bereich vor der Vakuumpumpe durch die freiwerdende Adsorptionswärme ansteigt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung durch die Vakuumpumpe beendet wird, sobald die Wasserbeladung im Zeolithbett im Bereich der Schüttung unmittelbar vor der Vakuumpumpe einen gegebenen Wert übersteigt.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung unterbrochen wird, sobald durch die Wasserdampfströmung flüssige Bestandteile vom Produkt abgetrennt und in das Zeolithbett eingetragen werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Evakuierung des Produktes erst dann unterbrochen wird, wenn das Produkt aufgeschäumt, aufgebläht oder aufgelockert ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vakuumkammer erst dann wieder geflutet wird, wenn das aufgeschäumte oder aufgelockerte Produkt gefroren ist.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das gekühlte oder gefrorene Produkt noch unter Vakuum in luftdichte Behältnisse eingeschlossen wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Produkt abströmende Wasserdampf bevor er das Zeolithbett erreichen kann, an einer kalten Fläche rückverflüssigt wird und erst wenn die Verdampfungstemperatur im Produkt die Verflüssigungstemperatur nahezu erreicht hat, durch weitere Evakuierung in das Zeolithbett einströmen kann.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt vor dem Kühlprozeß auf höhere Temperaturen erhitzt wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt in die bereits vorevakuierte Vakuumkammer eingeleitet wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

dem Produkt vor dem Kühlprozeß das während der Direktverdampfung entzogene Wasser zugesetzt wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, 5  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Produkt in der Vakuumkammer nach der Direktverdampfung für einen längeren Zeitraum 10  
kalt gelagert wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55