



(11) **EP 2 148 157 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2013 Patentblatt 2013/09

(51) Int Cl.:
F26B 5/04^(2006.01) **F26B 21/02^(2006.01)**
F26B 21/14^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08075659.6**

(22) Anmeldetag: **25.07.2008**

(54) **Vorrichtung zur Aufheizung und Trocknung eines Guts nach dem Vapour-Phase-Verfahren**

Device for heating and drying a good according to the vapour-phase method

Dispositif de chauffage et de séchage d'une marchandise selon le procédé de phase vapeur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.01.2010 Patentblatt 2010/04

(73) Patentinhaber: **Gmeiner, Paul**
8966 Oberwil-Lieli (CH)

(72) Erfinder: **Gmeiner, Paul**
8966 Oberwil-Lieli (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B- 1 528 342 **WO-A-98/35195**
AU-B2- 485 795 **FR-A- 544 959**
US-A- 1 520 512 **US-A1- 2002 184 784**
US-B1- 7 264 467

EP 2 148 157 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] Bei der Erfindung wird ausgegangen von einer Vorrichtung zur Trocknung eines Guts, wie insbesondere von Feststoffisolationen eines elektrischen Geräts, nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] In dieser Vorrichtung wird die Kondensationswärme eines in einem Dampferzeuger erzeugten Solventdampfs zum raschen und schonenden Aufheizen des Guts ausgenutzt. Das Trocknungsgut umfasst im allgemeinen die Feststoffisolationen eines elektrischen Gerätes, etwa eines Leistungstransformators speziell auch sogenannte "shell type" Transformatoren, die Scheibenwicklungen aufweisen, welche durch Isolationsplatten voneinander getrennt sind. Das Gerät oder zumindest dessen die Feststoffisolationen enthaltendes Aktivteil sind in einem auf Unterdruck gehaltenen Vakuumbehälter, beispielsweise einem Autoklaven, angeordnet. Beim Aufheizen aus den Feststoffisolationen austretendes Wasser wird in Form eines Solvent- und Wasserdampf enthaltenden Mischdampfs zusammen mit nicht zu vermeidender Leckluft einer Kondensations- und Trennvorrichtung zugeführt, in der das kondensierte Wasser vom Solvent getrennt und die Leckluft mit einer Vakuumpumpe abgesaugt wird. Gegebenfalls vorhandenes Isolieröl und/oder Verunreinigungen werden durch Destillation aus dem Solvent entfernt.

[0003] Die Vorrichtung gelangt bei folgenden Phasen des Vapour Phase Verfahrens zum Einsatz.

- Aufheizen des beladenen Autoklaven mit kondensierendem Solventdampf und gegebenenfalls zusätzlich mit der Autoklavheizung, um den überwiegenden Teil des Wasser sowie des gegebenenfalls vorhandenen Isolieröls und der Verunreinigungen aus dem Gut zu entfernen,
- Durchführen von Zwischendrucksenkungen im Autoklaven, um während des Aufheizens ausgewaschenes Isolieröl abzudestillieren und um in besonders schneller und schonender Weise die vorgenannten Substanzen zu entfernen,

Stand der Technik

[0004] Eine Vorrichtung der eingangs genannten Art ist DE 30 14 831 A oder EP1528342B1 entnehmbar. Eine in diesem Stand der Technik beschriebene, nach dem Vapour-Phase-Verfahren arbeitende Trocknungsvorrichtung für isolierölgetränkte Isolierungen weist einen die zu trocknenden Isolierungen aufnehmenden evakuierbaren Autoklaven auf, in dem ein Kaskadenverdampfer oder ein Vapour Jet Verdampfer angeordnet ist. Der Kaskadenverdampfer ist im wesentlichen vertikal ausgerichtet und enthält einen von einer Platte und einer Trennwand begrenzten Strömungskanal. An der Platte sind Heizschlangen und Leitbleche angeordnet. Dem Kaskadenverdampfer wird mittels einer Pumpe Solvent zugeführt, welches in einem ausserhalb des Autoklaven an-

geordneten Vorwärmer erwärmt wurde. Das vorgewärmte Solvent rieselt unter Mitwirkung der Leitbleche längs der Platte von oben nach unten. Hierbei verdampft das Solvent an den Heizschlangen. Der sich bildende Solventdampf strömt aufgrund von Kaminwirkung im Strömungskanal vertikal nach oben und wird über einen Dampfeintritt in den die Isolierungen enthaltenden Nutzraum des Autoklaven geführt.

Beim Vapour Jet Verdampfer wird heisses Solvent mit hoher Geschwindigkeit an der engsten Stelle in einen Venturikanal eingespritzt, dabei weitgehend verdampft und infolge der Jet Wirkung grosse Mengen des im Autoklaven vorhandenen Solventdampfes mitreisst.

[0005] Ein weitere nach der Vapour-Phase-Methode betriebene Trocknungsvorrichtung wurde in den USA durch die Firmen "General Electric" und "Westinghouse" ab ca. 1960 appliziert. Dabei wurde das Solvent in einem ausserhalb eines Autoklaven liegenden Solventerhitzers aufgeheizt und in den unter Vakuum stehenden Autoklaven eingeführt und dabei verdampft, wie im Buch "A Guide to Transformer Maintenance" von S.D.Meyers, J.J.Kelly, P.H.Parish, S.496 (Transformer Maintenance Institute, Division, S.D.Myers, Inc. Akron Ohio, 1981) erwähnt. Hierbei wird das Solvent wesentlich über die Trocknungstemperatur aufgeheizt, da dem Solvent Verdampfungswärme entzogen wird kühlt es sich dabei ab. Eine genaue Temperaturkontrolle des Solventdampfs ist schwierig, da diverse Faktoren wie Druck und Temperatur im Autoklaven die Verdampfungsrate und somit auch die Solventdampftemperatur beeinflussen.

[0006] Die vorgenannte Vorrichtung der eingangs genannten Art ist auch beschrieben in US 2002/0184784 A1. Bei diesem Stand der Technik wird Heizflüssigkeit in der flüssigen Phase belassend ausserhalb eines Trockengut enthaltenden Vakuumgefässes erhitzt. Das erhitzte Solvent fliesst via ein Druckhalteventil und ein Einlassrohr ein Vakuumgefäss, dabei wird das erhitzte Solvent am oder im Vakuumgefäss verdampft.

[0007] In der Firmenschrift P.K.Gmeiner "Modern vapour drying processes and plants", Februar 1992, Micafil Vakuumtechnik AG, Zürich MTV/E 0293000/22 sind nach der Vapour-Phase-Methode arbeitende Solventdampftrocknungsanlagen mit separaten, ausserhalb oder innerhalb eines Autoklaven liegenden Solventverdampfern beschrieben. Alle die zur Ausführung der beschriebenen Verfahren eingesetzten Vorrichtungen, bedingen eine Autoklavheizung und zusätzlich einen Verdampfer mit einer komplexen Temperatursteuerung zur Regelung des Solventdampfs mit hoher Genauigkeit .

[0008] WO 98/35195 beschreibt eine Vorrichtung zum Trocknen eines frisch lackierten H Kraffahrzeugs. Diese Vorrichtung enthält einen das Kraffahrzeug aufnehmenden kastenförmigen Behälter, auf dessen Decke ein Plenum zur Aufnahme von heisser Luft, an dessen Boden eine Absaugkammer und an dessen vier Ecken vertikal erstreckte Einblasvorrichtungen angebracht sind. Aus dem Plenum wird zum einen durch die Decke des Be-

hälters hindurch eine Heissluftströmung in den Behälter geführt, die im Innern des Behälters nach unten gerichtet ist. Zum anderen wird Luft aus dem Plenum über Gebläse und Rohrleitungen an die Einblasvorrichtungen geführt und ins Innere des Behälters geblasen. Hierbei sind die Einblasvorrichtungen jeweils so angeordnet, dass die austretende heisse Luft vorwiegend horizontal auf eine der vier Ecken der Kraftfahrzeugs aufrifft. Durch Zusammenwirken der nach unten gerichteten, langsamen und der aus den Einblasvorrichtungen tretenden, schnellen Heissgasströmung werden im Inneren des Behälters Turbulenzen erzeugt, die den Trocknungsprozess beschleunigen.

Darstellung der Erfindung

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zur Trocknung eines Guts nach der Vapour-Phase-Methode zu schaffen, die eine kurze Aufheizzeit des Gutes und dementsprechend auch eine kurze Durchlaufzeit des Trocknungsguts ermöglicht und die sich zugleich durch einen geringen Energieverbrauch auszeichnet.

[0010] Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung nimmt der Vakuumbehälter mindestens zwei örtlich voneinander getrennt angeordnete Solventdampferzeuger auf, die entlang dem Trocknungsgut jeweils vorwiegend vertikal erstreckt sind und jeweils der Erzeugung einer vorwiegend horizontal geführten Solventdampfströmung dienen, weisen die beiden Solventdampferzeuger jeweils einen nach Art einer Venturidüse ausgebildeten Strömungskanal zum Einspritzen des erwärmten Solvents und zum Mitreißen von im Vakuumbehälter zirkulierenden Solventdampf auf, und sind die beiden Solventverdampfer so miteinander in Serie geschaltet, dass sie bei Betrieb der Vorrichtung eine vorwiegend horizontal um das Trocknungsgut zirkulierende Solventdampfströmung speisen.

[0011] Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung adiiert sich daher die Wirkung der beiden Solventdampferzeuger durch Serienschaltung. Es werden so durch gleichsinniges Speisen der vorwiegend horizontal zirkulierenden Solventdampfströmung eine hohe mittlere Geschwindigkeit und ein grosser Solventdampfdurchsatz der Strömung erreicht. Wegen der vertikalen Erstreckung der Solventdampferzeuger bildet sich praktisch auf dem gesamten Umfang des Trocknungsguts eine tangentiale Solventdampfströmung aus. Die so angeregte Strömung ermöglicht eine optimale Umwälzung und Turbulenz des Solventdampfes. Dadurch ist eine schnelle und homogene Aufheizung des Trocknungsgutes auf eine im gesamten Trocknungsgut weitgehend gleiche Temperatur sichergestellt. Ebenso werden die zum Aufheizen des Trocknungsguts benötigte Energiemenge und die Aufheizzeit stark reduziert.

[0012] Trotz der kurzen Durchlaufzeit und des geringen Energieverbrauchs benötigt die Vorrichtung über die bei herkömmlichen Verfahren notwendigen Komponen-

ten hinaus keine aufwendigen Zusatzkomponenten. Die Reduktion der Aufheizzeit ist vor allem auch dadurch bedingt, dass durch starkes, während der gesamten Aufheizphase praktisch konstantes Einspritzen von aufgeheiztem Solvent eine grosse Umwälzmenge an Solventdampf und somit eine hohe Solventdampfgeschwindigkeit auch gegen Ende der Aufheizphase im Vakuumbehälter erhalten bleibt. Um einen guten Wirkungsgrad zu erreichen, erstrecken sich die beiden Solventdampferzeuger im allgemeinen über die gesamte Höhe des Trocknungsguts resp. des Vakuumbehälters, können sich gegebenenfalls aber auch nur über einen Abschnitt der Höhe des Trocknungsguts, resp. der Höhe des Vakuumbehälters erstrecken. Es wird so bei der erfindungsgemässen Vorrichtung mit einer tieferen Solventdampf-temperatur die gleiche Aufheizgeschwindigkeit des Trocknungsgutes erreicht wie bei einer Trocknungsvorrichtung nach dem Stand der Technik. Eine tiefere Solventdampf-temperatur speziell in der ersten Phase der Aufheizung, wirkt sich sehr positiv auf die Depolymerisation eines Feststoffisolationen enthaltenden Trocknungsguts aus. Die Lebensdauer des Trocknungsgutes wird so bei hoher Effizienz des Trocknungsverfahrens erheblich verlängert.

[0013] Da die beiden Solventdampferzeuger jeweils nach Art einer Venturidüse ausgebildet sind und einen Strömungskanal zum Einspritzen des erwärmten Solvents und zum Mitreißen einer im Vakuumbehälter zirkulierenden Solventdampfströmung aufweisen, wird mit einer geringen Menge an eingespritztem, erwärmtem Solvent eine wesentlich erhöhte Solventdampfgeschwindigkeit erreicht. Zugleich reisst die aus dem Strömungskanal der Venturidüse austretende Solventdampfströmung im und ausserhalb des Strömungskanals der Venturidüse eine erhöhte Menge an Solventdampf mit, welcher bereits im Vakuumbehälter zirkuliert. Es werden so starke Turbulenzen erreicht und damit der Wärmeübergang auf das Trocknungsgut erhöht. Eine mit geringen Aufwand horizontal besonders wirkungsvoll um das Trocknungsgut zirkulierende Solventdampfströmung wird erreicht, wenn die mindestens zwei Solventdampferzeuger durch das Trocknungsgut voneinander getrennt sind.

[0014] Nimmt der Vakuumbehälter neben den mindestens zwei vertikal erstreckten Solventdampferzeugern mindestens einen oberhalb des Trocknungsguts angeordneten dritten Solventdampferzeuger auf zur Erzeugung einer vertikal nach unten an das Trocknungsgut geführten Solventdampfströmung, so wird eine zusätzliche Erhöhung der Turbulenz des Mischdampfes im Vakuumbehälter erreicht. Es vermischt dann nämlich die horizontal um das Trocknungsgut zirkulierende Solventdampfströmung mit der vertikal nach unten gerichteten Solventdampfströmung und bildet so eine tangential besonders intensiv um das gesamte Trocknungsgut zirkulierende Solventdampfströmung, was die Aufheizzeiten zusätzlich optimiert und die Temperaturdifferenzen am Trocknungsgut minimiert. Gegebenenfalls kann die Effi-

zienz der erfindungsgemässen Vorrichtung noch dadurch erhöht werden, dass der dritte Solventdampferzeuger vorwiegend horizontal entlang dem Trocknungsgut erstreckt ist, und/oder dass während der gesamten Aufheizzeit die von oben vertikal nach unten gerichtete Solventdampfströmung periodisch zugeführt wird. Um eine das gesamte Trocknungsgut tangential umströmende Solventdampfströmung zu erreichen, reicht es im allgemeinen aus, dass sich der dritte Solventdampferzeuger lediglich über einen relativ kleinen Abschnitt der Länge oder Breite des Trocknungsguts erstreckt und dementsprechend die nach unten gerichtete Solventdampfströmung verglichen mit den Abmessungen des Trocknungsguts nur eine geringe Breite aufweist.

[0015] Mit Vorteil ist durch die mindestens eine zweite Öffnung eine am oder im Trocknungsgut ansetzende Absaugleitung zur Rückführung von Mischdampf zur Kondensationsvorrichtung geführt. Es wird dann nämlich ein besonders hoher Wirkungsgrad der erfindungsgemässen Vorrichtung erreicht, da dann ja ein Teil des im Inneren des Vakuumbehälters vorhandenen Mischdampfs, welcher zu der ausserhalb des Vakuumbehälters liegenden Kondensationsvorrichtung geführt wird, aus den inneren Bereichen des Trocknungsgutes oder zwischen zwei verschiedenen Exemplaren des Trocknungsguts, beispielsweise zwei Wicklungsblöcken, abgezogen wird. Dadurch entsteht in den inneren Bereichen des Trocknungsgutes ein Unterdruck und in vorteilhafter Weise eine Solventdampfströmung von aussen nach innen. Selbst innenliegende Teile des Trocknungsguts werden nun rasch aufgeheizt, so dass sich in verfahrenstechnisch vorteilhafter Weise lediglich kleine Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen liegenden Teilen des Trocknungsguts ausbilden können und dementsprechend die Trocknungszeit wesentlich reduziert wird.

[0016] Besonders effizient wirkt die erfindungsgemässe Vorrichtung, falls das Trocknungsgut und mindestens ein vertikal erstreckter Solventdampferzeuger in einem vom Vakuumbehälter umschlossenen Einsatzgefäss angeordnet sind, da die horizontal um das Trocknungsgut zirkulierende Strömung sich dann nur in einem gegenüber dem Vakuumbehälter kleinen Volumen ausbilden muss. Da der Strömungsquerschnitt der Solventdampfströmung zwischen Trocknungsgut und Wand des Einsatzgefässes gegenüber dem entsprechenden Strömungsquerschnitt im Vakuumbehälter, jedoch ohne Einsatzgefäss, kleiner ist, kann im allgemeinen mit nur einem vertikal erstreckten Solventdampferzeuger eine grosse mittlere Geschwindigkeit der horizontal zirkulierenden Solventdampfströmung erreicht und in entsprechender Weise das Trocknungsgut gleichmässig und schnell aufgeheizt werden. Eine solche Ausführungsform der Erfindung ist besonders geeignet, falls nach dem Trocknen das getrocknete Gut mit einer Flüssigkeit, beispielsweise Isolieröl oder Giessharz, imprägniert werden soll.

Beschreibung der Zeichnung

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig.1 eine erste Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, enthaltend einen geschnitten dargestellten und Feststoffisolationen eines Transformators als Trocknungsgut aufnehmenden Vakuumbehälter, vier vertikal erstreckte und am Umfang des Vakuumbehälters platzierte Solventdampferzeuger, eine Vorrichtung zum Kondensieren von Mischdampf sowie zwei Absaugrohre für die Rückführung von Mischdampf zum Kondensator,

Fig.2 eine Ansicht von oben auf die Trocknungsvorrichtung nach Fig.1,

Fig.3 eine zweite Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, enthaltend neben den vier vertikal erstreckten Solventdampferzeugern zusätzlich noch zwei oben liegende, horizontal erstreckte Solventdampferzeuger,

Fig.4 eine Ansicht von oben auf die Trocknungsvorrichtung nach Fig.3,

Fig.5 eine dritte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, bei der innerhalb des Vakuumbehälters das Trocknungsgut in einem Einsatzgefäss platziert ist und innerhalb des Einsatzgefäss vier vertikal erstreckte Solventdampferzeuger angeordnet sind, und

Fig.6 eine Ansicht von oben auf die Trocknungsvorrichtung nach Fig.5.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] In allen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen auch gleichwirkende Teile. Die in den Figuren dargestellten Trocknungsvorrichtungen dienen dem Trocknen von Gut, insbesondere der Feststoffisolationen eines oder mehrerer elektrischer Geräte sowie dem Entfernen von möglicherweise in den Isolationen vorhandenem Isolieröl. Die Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthält einen vakuumdicht ausgeführten Behälter 1, welcher mit einem Feststoffisolationen enthaltenden elektrischen Gerät, beispielsweise einem Transformator, oder - wie dargestellt - auch nur mit dessen die Feststoffisolationen enthaltendem Aktivteil 1.1 beladen ist.. Die Heizenergie wird in einem Solventerhitzer 3 auf das Solvent übertragen. Das Solvent ist im allgemeinen ein Leichtöl mit einem wesentlich höheren Siedepunkt als Wasser und einem wesentlich niedrigeren Siedepunkt als ein gegebenfalls in den Feststoffisolationen vorhandenes Isolier-

öl. Das für die Aufheizung des Trockengutes notwendige Solvent wird aus einem nicht aufgeführten Solventlager-tank via das Solventabsperrrventil 12.2 mit der Förderpumpe 2 dem Solventerhitzer 3 zugeführt. Das erhitzte Solvent wird über eine Solventzuführleitung 3.2 und den Ventilen 11 an 4 Solventdampferzeuger 4 geführt. Die 4 Solventdampferzeuger 4 erstrecken sich jeweils vertikal, weitgehend über die Höhe des Vakuumbehälters 1 und sind am Umfang des Vakuumbehälters 1 annähernd gleichmässig verteilt. Jeder der vier Solventdampferzeuger 4 enthält ein vertikal erstrecktes Solventverteihr 4.0 mit 5 vertikal voneinander mit Abstand angeordneten Einspritzöffnungen oder Einspritzdüsen 4.1

[0019] Die Solventverteihrre 4.0 können mit Vorteil als freiliegende Rohre mit Einspritzöffnungen 4.1 und oder Einspritzdüsen ausgebildet werden. Dadurch wird eine kostengünstige Vorrichtung erreicht. Im Bereich der Einspritzöffnungen 4.1 liegt bei jedem der 4 Solventdampferzeuger 4 der engste Querschnitt bei dem nach Art einer Venturidüse ausgeführten Strömungskanal 4.3, welcher durch ein geeignetes gebogenes Venturileitblech 4.2, und der Wand des Vakuumbehälters 1 so gebildet ist, dass die aus dem Strömungskanal 4.3 austretende und gegebenenfalls noch Solvent enthaltene Solventdampfströmung 4.4 mit den aus anderen Solventdampferzeugern 4 austretenden Solventdampfströmungen 4.4 gleichgerichtet ist. Der Vakuumbehälter 1 weist unten in seinem Boden eine Ablauföffnung 1.2 für kondensiertes Solvent auf, sowie für gegebenenfalls vom Solvent aus den Feststoffisolationen ausgewaschenes Isolieröl. Die Ablauföffnung 1.2 ist via Solventverbindungsleitung 3.1 mit einer Förderpumpe 2 verbunden. Der Austritt der Förderpumpe 2 ist mit dem Solventerhitzer 3 verbunden oder alternativ via Absperrventil 12.3 mit einem nicht dargestellten Solventvorrattstank oder alternativ via 13.1 mit einem nicht dargestellten Öltank zur Aufnahme des gegebenenfalls vorhandenen Isolieröls, welches beim Trocknen des Trocknungsgutes 1.1 durch das Solvent aus den Feststoffisolationen herausgelöst und nachfolgend durch Destillation vom Solvent abgetrennt wurde. Bei den inneren Teilen des Trocknungsgutes 1.1 sind zwei Absaugrohre 7 mit jeweils einer Absaugöffnung 7.1 angebracht, welches zum Vakuuman-schluss 1.3 der Mischdampfleitung 8 sowie zu einem Mischdampfkondensator 9 führt. Der Mischdampfkondensator 9 ist mit einer Vakuumpumpe 10 verbunden. Der Mischdampfkondensator 9 weist 2 nicht eingetragene Ventile für Entleerung von Solvent und Wasser auf.

[0020] Der Aufbau zweier zusätzlicher Ausführungsformen des in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 und 2 vorgesehenen Solventdampferzeugers ist aus den Figuren 3 und 4 sowie den Figuren 5 und 6 ersichtlich. Bei der Ausführungsform nach Fig.3 und 4, wird ein Teil des im Solventerhitzer 3 erhitzten Solventes via Solventzuführleitung 3.2 einerseits gleichzeitig den Ventilen 11.1 und zu den innerhalb des Vakuumbehälters 1 vorhandenen, zwei horizontalen, oben liegenden Solventdampfer-

zeuger 5 geführt. Die Solventdampferzeuger 5 erstrecken sich jeweils horizontal zum Teil über die gesamte Länge des Vakuumbehälters 1. Der Solventdampferzeuger 5 enthält ein horizontal liegendes Solventverteihr 5.0, zwei vertikal voneinander im Abstand angeordneten Einspritzöffnungen oder Einspritzdüsen 5.1. Die horizontalen Solventverteihrre 5.0 können mit Vorteil als freiliegende Rohre mit Einspritzöffnungen und oder Einspritzdüsen 5.1 ausgebildet werden. Dadurch wird eine kostengünstige Vorrichtung erreicht. Im Bereich der Einspritzöffnungen 5.1 liegt der engste Querschnitt bei den nach Art einer Venturidüse ausgeführten horizontalen Strömungskanäle 5.3, welche durch 2 geeignete, gebogene Venturileitbleche 5.2, so gebildet sind, dass die aus den horizontalen Strömungskanälen 5.3 austretenden Solventdampfströmungen 4.4 vertikal nach unten gerichtet sind.

[0021] Bei der Ausführungsform nach Fig.5 und 6 ist das Trocknungsgut 1.1 innerhalb eines Einsatzgefässes 6 platziert, welches seinerseits innerhalb des Vakuumbehälters 1 liegt. Dabei sind die zwei Solventdampferzeuger 4 bestehend aus den Komponenten 4.0; 4.1; 4.2; 4.3 ebenfalls vertikal innerhalb des Einsatzgefässes 6 angeordnet. Das für die Aufheizung des Trocknungsgutes 1.1 notwendige Solvent wird aus einem in den Figuren nicht dargestellten Solventlager-tank via das Solventabsperrrventil 12.2 mit der Förderpumpe 2 dem Solventerhitzer-3 zugeführt. Das erhitzte Solvent wird über eine Solventzuführleitung 3.2, das Ventil 11, eine Solventzufuhr-Verbindungsleitung 6.3 und eine Solventverbindungsleitung 6.4 zu den innerhalb des Einsatzgefässes 6 liegenden, vertikalen Solventdampferzeugern 4 geführt.

[0022] Die Solventverteihrre 4.0 können mit Vorteil als freiliegende Rohre mit Einspritzöffnungen und oder Einspritzdüsen 4.1 ausgebildet werden. Dadurch wird eine kostengünstige Vorrichtung erreicht. Im Bereich der Einspritzöffnung 4.1 liegt der engste Querschnitt bei den nach Art einer Venturidüse ausgeführten Strömungskanal 4.3, welche durch ein geeignetes gebogenes Venturileitblech 4.2, und der Wand des Einsatzgefässes 6 so gebildet ist, dass die aus dem Strömungskanal 4.3 austretende Solventdampfströmung und gegebenenfalls noch Solvent enthaltene Solventdampfströmung 4.4 mit den aus anderen Solventdampferzeugern 4 austretenden Solventdampfströmungen 4.4 gleichgerichtet ist. Das Einsatzgefäss 6 weist unten in seinem Boden eine Ablauföffnung 6.1 für kondensiertes Solvent auf, sowie für gegebenenfalls vom Solvent aus den Feststoffisolationen ausgewaschenes Isolieröl oder für das in das Einsatzgefäss 6 eingebrachte Isolieröl. Die Ablauföffnung 6.1 ist via Kondensatverbindungsleitung 6.2 und Solventabsperrrventil 12.1 mit einer Förderpumpe 2 verbunden. Der Boden des Vakuumbehälters 1 ist via Kondensatablauf 1.2 und Solventabsperrrventil 12 der Solventverbindungsleitung 3.1 ebenfalls mit der Förderpumpe 2 verbunden. Der Boden des Einsatzgefässes 6 ist via Kondensatablauf 6.1 und Kondensatablauf-Verbin-

dungsleitung 6.2 mit einem Oelabsperrventil 13 verbunden. Oelbefüllung oder Oelentleerung des Einsatzgefäßes 6 werden so ermöglicht.

[0023] Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Mit der Vakuumpumpe 10 werden der Vakuumbehälter 1 und der Mischdampfkondensator 9 evakuiert. Zugleich wird vom nicht dargestellten Solventvorratstank eine genügende Menge Solvent über das Absperrventil 12.2, die Förderpumpe 2 und den Solventerhitzer 3 in den Vakuumbehälter 1 eingezogen. In der nun folgenden Aufheizphase wird das im Vakuumbehälter 1 vorhandene Solvent mit der Förderpumpe 2 umgewälzt und im Solventerhitzer 3 auf eine etwas oberhalb einer vorgegebenen Trocknungstemperatur liegende Temperatur erhitzt. Das erhitzte Solvent befindet sich beim Erhitzen auf einem höheren Druck. Beim Austritt des Solventes aus den Einspritzöffnungen 4.1 der Solventverteilkänäle 4 sinkt der Druck im Solvent stark ab dabei verdampft ein Teil des erhitzten Solventes unter gleichzeitiger Abkühlung um den Betrag seiner Verdampfungswärme. Der so entstehende Solventdampf 4.4 kondensiert am Aktivteil und erwärmt diesen unter gleichzeitiger Verdampfung des in den Feststoffisolationen enthaltenen Wassers, was zur Bildung eines Solvent- und Wasserdampf enthaltenden Mischdampfes im Vakuumbehälter 1 führt. Im Vakuumbehälter 1 anfallendes und gegebenenfalls Isolieröl enthaltendes Solventkondensat fließt der Kondensatablauföffnung 1.2 und der Solventverbindungsleitung 3.1 zu und wird mit der Förderpumpe 2 via Solventerhitzer 3 zur Verdampfung wieder den Solventdampferzeugern 4 respektive den Solventverteilkänälen 4.0 zugeführt. Das Solvent wird mit Vorteil an der engsten Stelle über die Solventeinspritzöffnungen 4.1 in die Strömungskänäle 4.3 eingespritzt. Es entstehen so eine besonders hohe Strömungsgeschwindigkeit und ein dementsprechend grosser Unterdruck. Dies führt zu einer Jet-Wirkung, durch die der im Vakuumbehälter 1 vorhandene Mischdampf 4.5 in den Strömungskänälen 4.3 eingesaugt wird. Der eingesaugte Mischdampf 4.5 mischt sich mit dem eingespritzten Solvent und dem beim Einspritzen gebildeten Solventdampf 4.4. Dies erzeugt den vorteilhaften Effekt, dass einerseits eine schnelle und genaue Temperaturkontrolle des in den Vakuumbehälter 1 eintretenden Solventdampfes 4.4 erreicht wird, und dass andererseits durch Einsaugen des Mischdampfes in die Strömungskänäle 4.3 der Mischdampf mit erhöhter Geschwindigkeit turbulent im Vakuumbehälter 1 umgewälzt wird.

[0024] Durch die vertikale Anordnung von mindestens zwei Solventdampferzeugern 4 in der Art, dass der austretende Solventdampf immer die gleiche Richtung aufweist, entsteht eine tangentielle Solventdampfströmung hoher Geschwindigkeit innerhalb des Vakuumbehälters, welche das Trocknungsobjekt überfall mit turbulenter, fast gleichmässiger Solventdampfströmung umfließt, wodurch eine gleichmässige Aufheizung des elektrischen Trocknungsgutes 1.1 wesentlich beschleunigt wird.

[0025] Falls die Isolationen des elektrischen Trock-

nungsgutes 1.1 Isolieröl enthalten, wird dieses vom kondensierenden Solvent ausgewaschen und vermischt sich mit dem Solvent zu einem Solvent/Ölgemisch. Der Ölanteil wird im Solventdampferzeuger nicht verdampft. Daher steigt bei kontinuierlicher Entnahme von Mischdampf aus dem Vakuumbehälter 1 und Kondensation des entnommenen Mischdampfes im Mischdampfkondensator 9 der Ölanteil im Vakuumbehälter 1 stetig solange an bis praktisch nur noch reines Öl vorliegt. Dieses Öl wird mit der Förderpumpe 2 via Absperrventil 13.1 entleert. Danach wird über Solventeinlassventil 12.2 der Förderpumpe 2, den Solventerhitzer 3 wieder Solvent in den Vakuumbehälter 1 eingezogen und in vorgängig erwähnter Weise verdampft.

[0026] Sobald das Trocknungsgut 1.1 auf eine Temperatur aufgeheizt ist, die ausreicht zur Trocknung der Feststoffisolation resp. zum Auswaschen von gegebenenfalls vorhandenem Isolieröl, wird die Förderpumpe 2 abgeschaltet und der im Vakuumbehälter 1 vorhandene Mischdampf 4.5 dem Mischdampfkondensator 9 zugeführt. Mittels Kondensation von Solvent und Wasserdampf im Mischdampfkondensator 9 wird der Druck im Vakuumbehälter 1 abgesenkt.

Der Druck im Vakuumbehälter 1 wird auf so tiefe Werte abgesenkt, bis das Trocknungsgut den gewünschten Trocknungsgrad erreicht hat.

[0027] Bei der Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 3 und 4 wird zusätzlich zu dem unter Fig. 1 und 2 beschriebenen Vorgehen gleichzeitig oder intermittierend ein Teil des im Solventerhitzer 3 erwärmten Solvents über die Absperrventile 11.1 den horizontalen Solventdampferzeugern 5, enthaltend das Solventverteiltrohr 5.0, die Solventeinspritzöffnungen 5.1, die Venturleitbleche 5.2 und den Strömungskanal 5.3, zugeführt. Der dabei entstehende Solventdampf strömt infolge der horizontalen Lage der Solventdampferzeuger und der grossen Einspritzgeschwindigkeit des Solventes mit hoher Geschwindigkeit vertikal nach unten und bildet mit der horizontalen Solventdampfströmung der Trocknungsvorrichtung nach den Fig. 1 und 2 eine rotierende Solventdampfströmung 4.7 hoher Turbulenz, welche das Trocknungsgut 1.1 tangential umströmt, was eine schnelle und gleichmässige Aufheizung des Trocknungsgutes 1.1 in optimaler Weise sicherstellt.

[0028] Bei der Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach den Figuren 5 und 6 wird - wie bei den Figuren 1 und 2 beschrieben - das im Solventerhitzer 3 erwärmte Solvent den vertikalen Solventdampferzeugern 4, welche die Komponenten 4.0; 4.1; 4.2; 4.3 enthalten, zugeführt und ein Teil des Solventes verdampft. Der Solventdampf kondensiert nun einerseits an dem im Einsatzgefäß 6 platzierten Trocknungsgut 1.1 und andererseits gleichzeitig an den Wänden des Vakuumbehälters 1. Das im Einsatzgefäß 6 anfallende und gegebenenfalls Isolieröl enthaltende Solventkondensat fließt über die Kondensatablauföffnung 6.1, die Kondensatablauf-Verbindungsleitung 6.2 und das Solventabsperrventil 12.1 der Solventverbindungsleitung 3.1 zu und wird

mit der Förderpumpe 2 via Solventerhitzer 3 zur Verdampfung wieder den vertikalen Solventdampferzeugern 4 zugeführt. Das im Vakuumbehälter 1 anfallende Solventkondensat fließt über den Kondensatablauf 1.2 und das Solventabsperrentil 12 der Solventverbindungsleitung 3.1 zu und wird ebenfalls mit der Förderpumpe 2, via Solventerhitzer 3 zur Verdampfung wieder den Solventdampferzeugern 4 zugeführt.

[0029] Durch Anordnung der Solventdampferzeuger 4 innerhalb des Einsatzgefäßes 6 unter Bildung der aus den Solventdampferzeugern 4 austretenden, gleichgerichteten horizontalen Solventdampfströmungen 4.4 entsteht innerhalb des Einsatzgefäßes 6 eine tangentielle Mischdampfströmung 4.5 hoher Geschwindigkeit resp. Turbulenz. Dies gewährleistet bei Platzierung des Trocknungsgutes 1.1 im Einsatzgefäß 6, welches innerhalb eines Vakuumbehälters 1 liegt, eine besonders schnelle und gleichmäßige Aufheizung des Trocknungsgutes 1.1 respektive eine optimal kurze Trocknungszeit. Nach der Trocknung kann das Einsatzgefäß 6 via Oelabsperrentil 13 mit Oel gefüllt werden, bis das Trocknungsgut 1.1 mit Oel überflutet ist.

Bezugszeichenliste

[0030]

1	Vakuumbehälter
1.1	Trocknungsgut (elektrisches Gerät, Aktivteil des Geräts)
1.1.1	Spule Trocknungsgut
1.2	Kondensatablauf
1.3	Vakuumanschluss
2	Förderpumpe
3	Solventerhitzer
3.1	Solventverbindungsleitung
3.2	Solventzuführleitung
4	Solventdampferzeuger (vertikal)
4.0	Solventverteiltröhr (vertikal)
4.1	Solventeinspritzöffnung
4.2	Venturi-Leitblech (vertikal)
4.3	Strömungskanal (vertikal)
4.4	Solvent/Solventdampfströmung
4.5	Mischdampfströmung
4.6	Mischdampfströmung zur Absaugöffnung
4.7	rotierende Solventdampfströmung
5	Solventdampferzeuger (horizontal)
5.0	Solventverteiltröhr (horizontal)
5.1	Solventeinspritzöffnung
5.2	Venturileitblech (horizontal)
5.3	Strömungskanal (horizontal)
6	Einsatzgefäß
6.1, 6.2	Kondensatablauf
6.3.	Solventzufuhr-Verbindungsleitung
6.4	Solventverbindungsleitung
7	Absaugröhr
7.1	Absaugöffnung
8	Mischdampfleitung

9	Mischdampfkondensator
10	Vakuumpumpe
11	Solventabsperrentil zu Solventverteiltröhr (vertikal)
5 11.1	Solventabsperrentil zu Solventverteiltröhr (horizontal)
12	Solventabsperrentil zu Vakuumbehälter
12.1	Solventabsperrentil zu Einsatzgefäß
12.2	Solventeinlassventil
10 12.3	Solvententleerungsventil
13	Oelabsperrentil
13.1	Oelentleerungsventil

15 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Trocknung eines Gutes (1.1), vorzugsweise von Feststoffisolationen eines elektrischen Geräts, nach der Vapour - Phase - Methode mit einem Vakuumbehälter (1) zur Aufnahme des zumindest Wasser, gegebenenfalls zusätzlich Isolieröl sowie Verunreinigungen, enthaltenden Trocknungsguts (1.1) und mit mindestens einem im Inneren des Vakuumbehälters (1) angeordneten Solventdampferzeuger (4), wobei der Vakuumbehälter mindestens eine erste Öffnung zum Einlassen von erwärmtem Solvent an den mindestens einen Solventdampferzeuger (4) und mindestens eine zweite Öffnung zum Auslassen eines zumindest Wasser- und Solventdampf enthaltenden Mischdampfs (4.5) an eine Kondensationsvorrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vakuumbehälter (1) mindestens zwei örtlich voneinander getrennt angeordnete Solventdampferzeuger (4) aufnimmt, die entlang dem Trocknungsgut (1.1) jeweils vorwiegend vertikal erstreckt sind und jeweils der Erzeugung einer vorwiegend horizontal geführten Solventdampfströmung (4.4) dienen, dass die beiden Solventdampferzeuger (4) jeweils einen nach Art einer Venturidüse ausgebildeten Strömungskanal (4.3) zum Einspritzen des erwärmten Solvents und zum Mitreißen von im Vakuumbehälter (1) zirkulierenden Solventdampf aufweisen, und dass die beiden Solventverdampfer so miteinander in Serie geschaltet sind, dass sie bei Betrieb der Vorrichtung eine vorwiegend horizontal um das Trocknungsgut (1.1) zirkulierende Solventdampfströmung speisen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens zwei Solventdampferzeuger (4) durch das Trocknungsgut (1.1) voneinander getrennt sind.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vakuumbehälter (1) mindestens einen oberhalb des Trocknungsguts (1.1) angeordneten dritten Solventdampferzeuger (5) aufnimmt zur Erzeugung einer vertikal nach un-

ten an das Trocknungsgut (1.1) geführten Solventdampfströmung (4.4).

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine dritte Solventdampferzeuger (5) vorwiegend horizontal entlang dem Trocknungsgut (1.1) erstreckt ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die mindestens eine zweite Öffnung eine am oder im Trocknungsgut (1.1) ansetzende Absaugleitung zur Rückführung des Mischdampfes (4.5) zur Kondensationsvorrichtung geführt ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trocknungsgut (1.1) und die mindestens zwei Solventdampferzeuger (4) in einem vom Vakuumbehälter (1) umschlossenen und das Trocknungsgut (1.1) aufnehmenden Einsatzgefäß (6) angeordnet sind.

Claims

1. A device for drying a product (1.1), preferably solid insulations of an electrical device, by the vapour-phase method with a vacuum tank (1) for accommodating the product to be dried (1.1) containing at least water, if necessary also insulating oil and contaminants, and with at least one solvent vapour generator (4) disposed in the interior of the vacuum tank (1), wherein the vacuum tank comprises at least one first opening for admitting heated solvent to the at least one solvent vapour generator (4) and at least one second opening for admitting a mixed vapour (4.5) containing at least water vapour and solvent vapour to a condensation device, **characterised in that** the vacuum tank (1) accommodates at least two solvent vapour generators (4), which are disposed spatially separated from one another and which extend largely vertically in each case along the product to be dried (1.1) and in each case serve to generate a solvent vapour flow (4.4) conveyed largely horizontally, that the two solvent vapour generators (4) each comprise a flow channel (4.3) constituted in the manner of a Venturi nozzle for injecting the heated solvent and for entraining solvent vapour circulating in the vacuum tank (1), and that the two solvent evaporators are connected to one another in series such that, when the device is in operation, they feed a solvent vapour flow circulating largely horizontally about the product to be dried (1.1).
2. The device according to claim 1, **characterised in that** the at least two solvent vapour generators (4) are separated from one another by the product to be dried (1.1).

3. The device according to any one of claims 1 or 2, **characterised in that** the vacuum tank (1) accommodates at least a third solvent vapour generator (5) disposed above the product to be dried (1.1) for the purpose of generating a solvent vapour flow (4.4) conveyed downwards to the product to be dried (1.1).
4. The device according to claim 3, **characterised in that** the at least one third solvent vapour generator (5) extends largely horizontally along the product to be dried (1.1).
5. The device according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** a suction line positioned on or in the product to be dried (1.1) for the purpose of feeding back the mixed vapour (4.5) to the condensation device is passed through the at least one second opening.
6. The device according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the product to be dried (1.1) and the at least two solvent vapour generators (4) are disposed in an insert vessel (6) surrounded by the vacuum tank (1) and accommodating the product to be dried (1.1).

Revendications

1. Dispositif pour le séchage d'une marchandise (1.1), de préférence d'isolations solides d'un appareil électrique, selon le procédé de phase vapeur, comprenant un récipient sous pression (1) pour recevoir la marchandise à sécher (1.1) contenant au moins de l'eau, le cas échéant de l'huile isolante en plus ainsi que des impuretés et comprenant au moins un générateur de vapeur de solvant (4) disposé à l'intérieur du récipient sous pression (1), sachant que le récipient sous pression présente au moins une première ouverture pour l'admission de solvant réchauffé sur l'au moins un générateur de vapeur de solvant (4) et au moins une deuxième ouverture pour la sortie d'un mélange de vapeur (4.5) contenant au moins de la vapeur d'eau et de solvant sur un dispositif de condensation, **caractérisé en ce que** le récipient sous pression (1) reçoit au moins deux générateurs de vapeur de solvant (4) disposés séparément l'un de l'autre localement, lesquels sont étendus chacun le long de la marchandise à sécher (1.1) verticalement principalement et servent chacun à générer un écoulement de vapeur de solvant (4.4) dirigé principalement horizontalement, que les deux générateurs de vapeur de solvant (4) présentent chacun un canal d'écoulement (4.3) formé à la manière d'une buse venturi pour injecter le solvant réchauffé et pour entraîner de la vapeur de solvant circulant dans le récipient sous pression (1), et que les deux générateurs de vapeur de solvant sont ainsi montés en série

ensemble qu'ils alimentent un écoulement de vapeur de solvant circulant principalement horizontalement autour de la marchandise à sécher (1.1) lorsque le dispositif fonctionne.

5

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les au moins deux générateurs de vapeur de solvant (4) sont séparés l'un de l'autre par la marchandise à sécher (1.1).

10

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le récipient sous pression (1) reçoit au moins un troisième générateur de vapeur de solvant (5) disposé au-dessus de la marchandise à sécher (1.1) pour produire un écoulement de vapeur de solvant (4.4) dirigé verticalement vers le bas sur la marchandise à sécher (1.1).

15

4. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'au moins un troisième générateur de vapeur de solvant (5) est étendu principalement horizontalement le long de la marchandise à sécher (1.1).

20

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**une conduite d'aspiration se posant sur ou dans la marchandise à sécher (1.1) pour le retour du mélange de vapeur (4.5) vers le dispositif de condensation, est dirigée à travers l'au moins une deuxième ouverture.

25

30

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la marchandise à sécher (1.1) et les au moins deux générateurs de vapeur de solvant (4) sont disposés dans une cuve (6) entourée par le récipient sous pression (1) et recevant la marchandise à sécher (1.1).

35

40

45

50

55

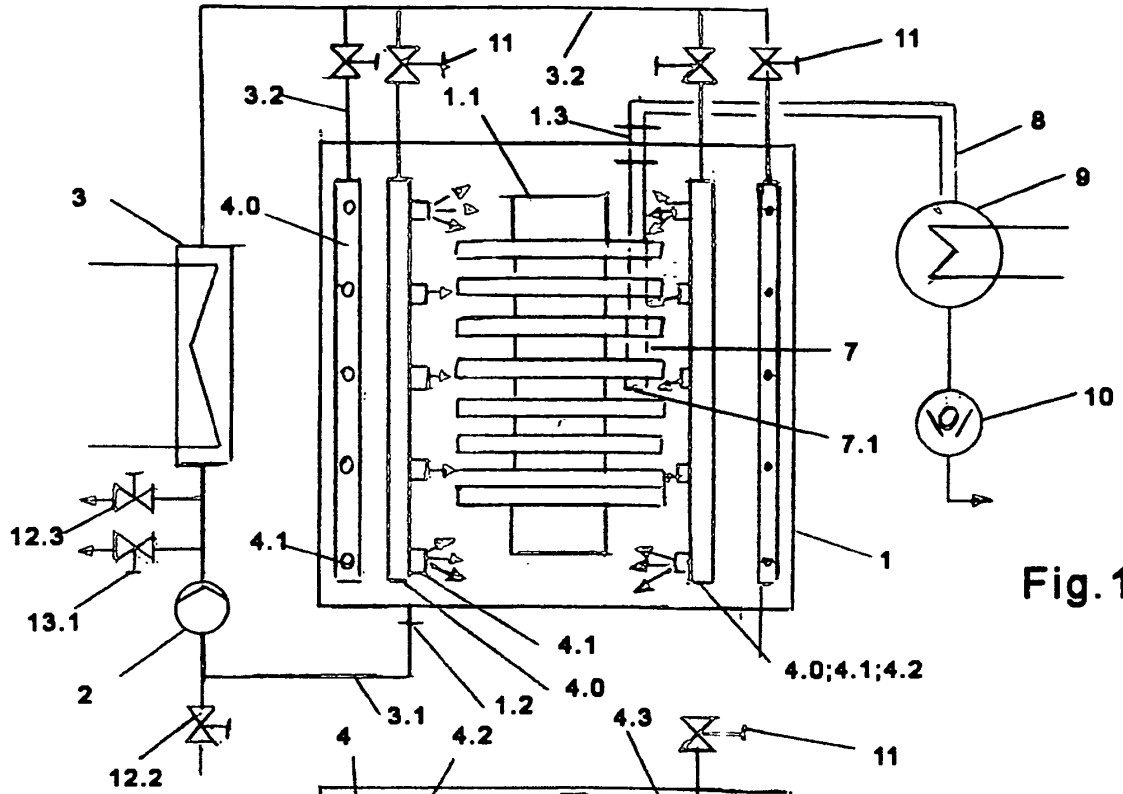


Fig. 1

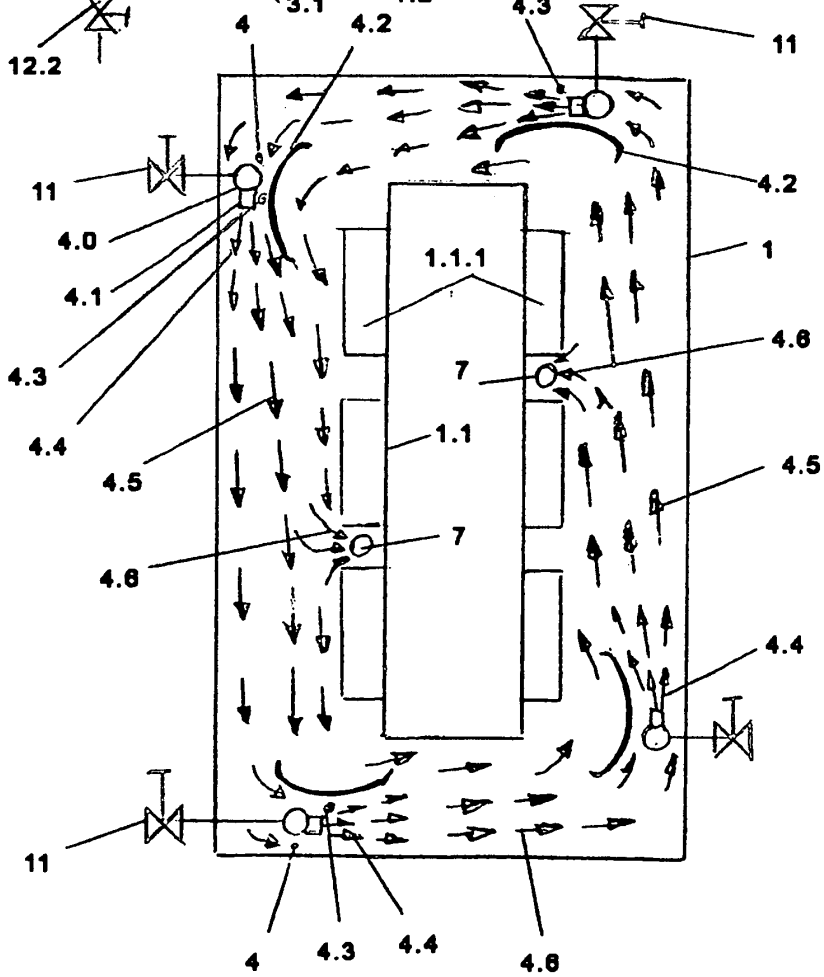


Fig. 2

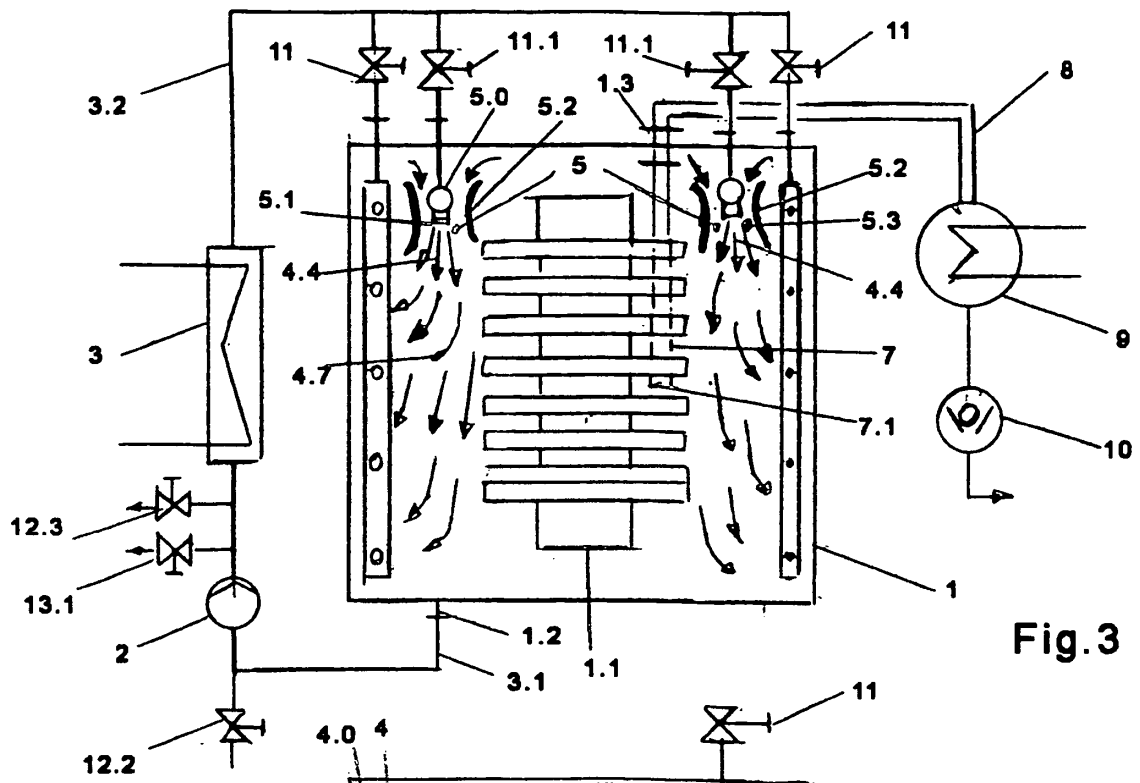


Fig. 3

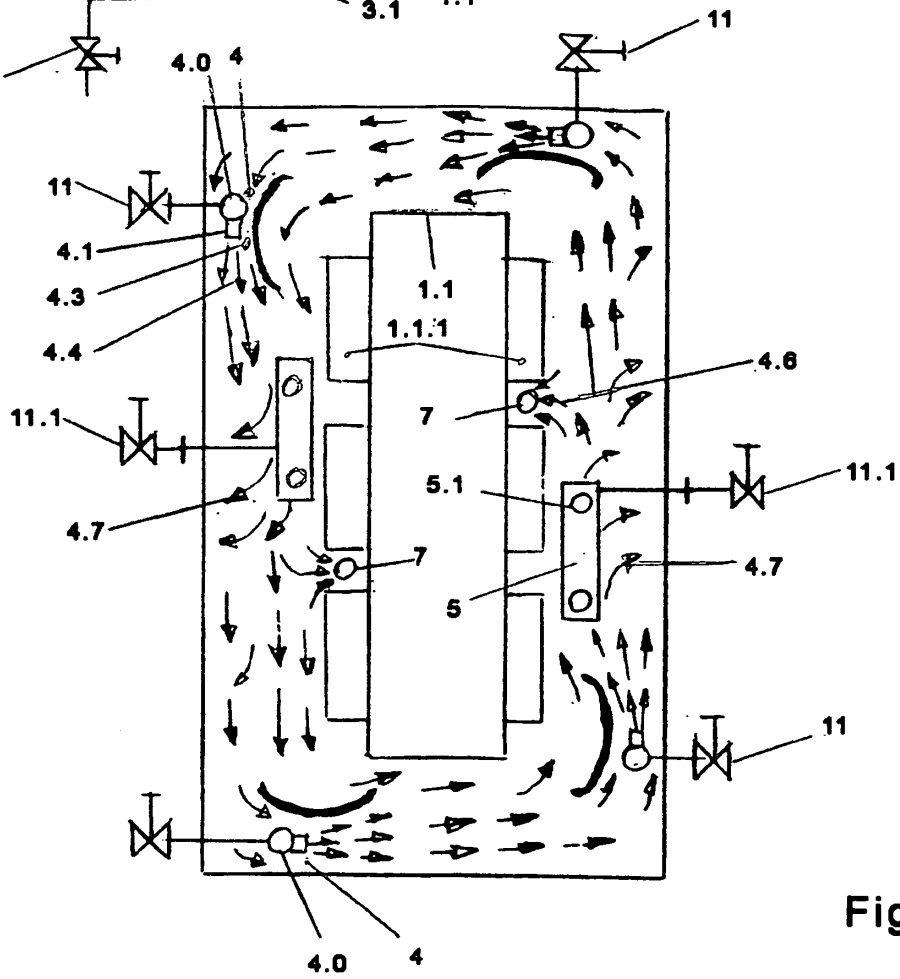


Fig. 4

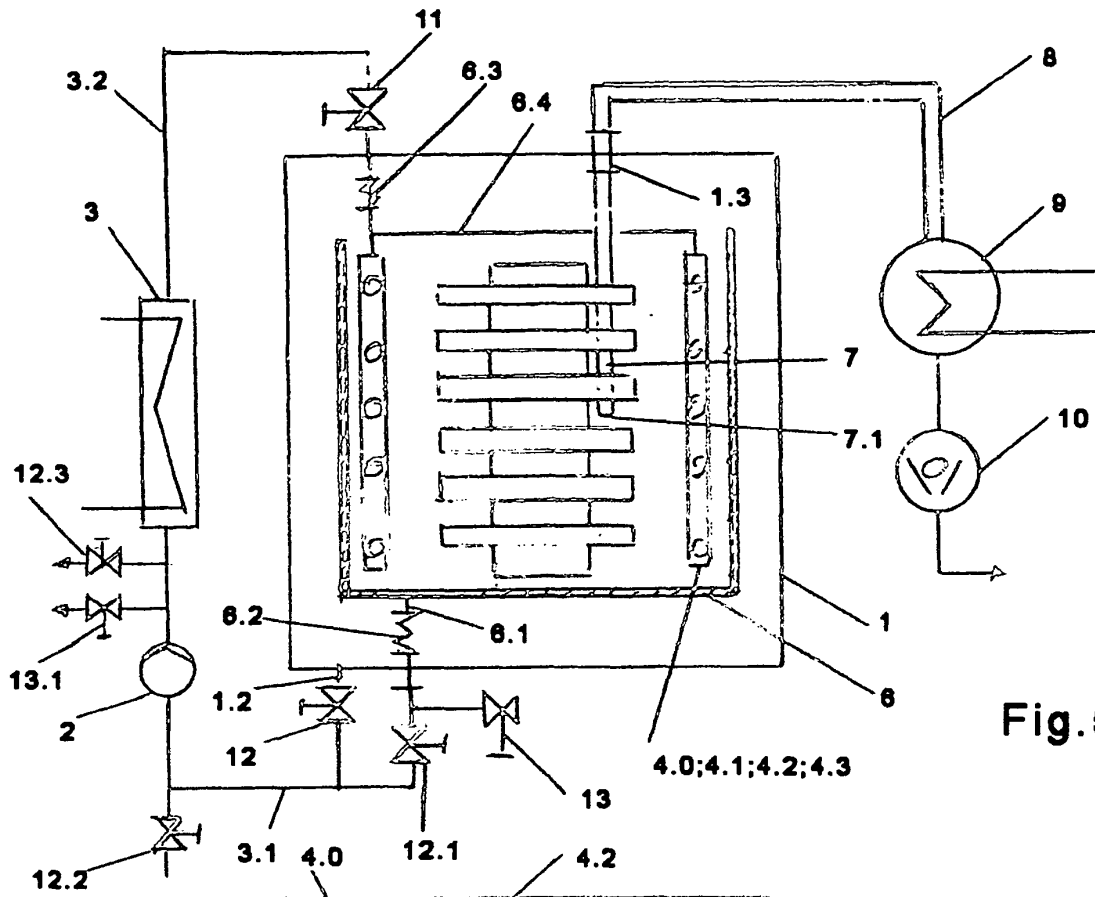


Fig. 5

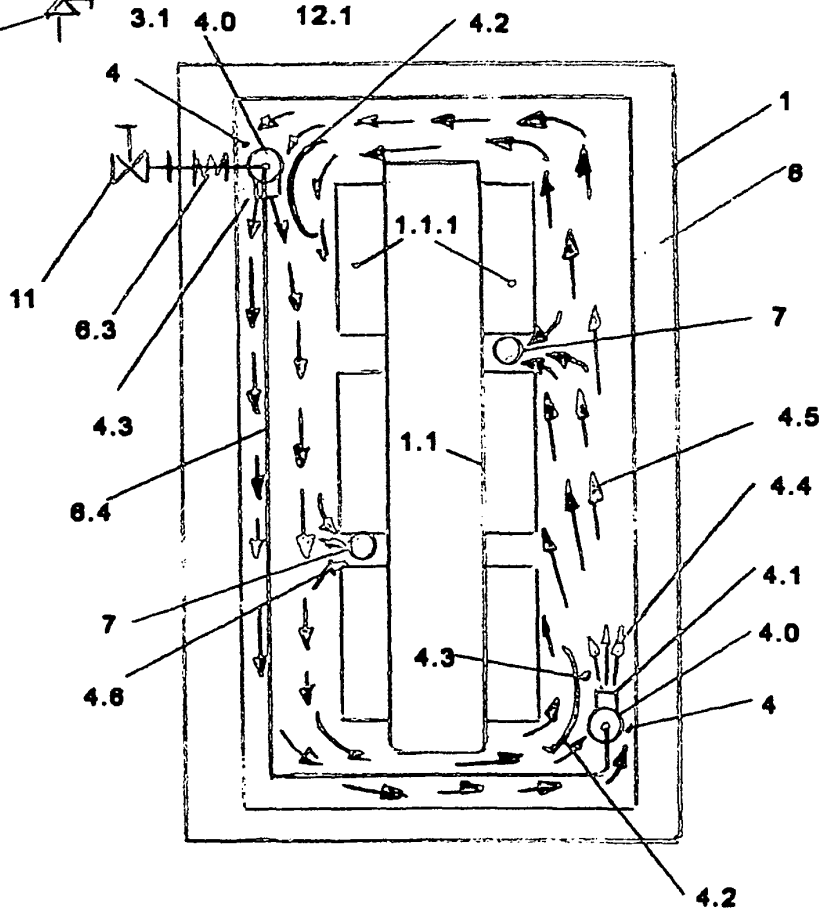


Fig. 6

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

- DE 3014831 A [0004]
- EP 1528342 B1 [0004]
- US 20020184784 A1 [0006]
- WO 9835195 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **S.D.MEYERS ; J.J.KELLY ; P.H.PARISH.** A Guide to Transformer Maintenance. Transformer Maintenance Institute, Division, S.D.Myers, Inc, 1981, 496 [0005]
- **P.K.GMEINER.** Modern vapour drying processes and plants. *Micafil Vakuumtechnik AG*, Februar 1992 [0007]