

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 528 342 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.08.2006 Patentblatt 2006/35

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

(21) Anmeldenummer: **04405298.3**

(22) Anmeldetag: **10.05.2004**

(54) **Verfahren zur Trocknung von Gut und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

Process for drying material and apparatus for carrying out the process

Procédé pour séchage de matériau et dispositif pour mettre en oeuvre le procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI SE

(30) Priorität: **31.10.2003 EP 03405783**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.05.2005 Patentblatt 2005/18

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

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 253 389 DE-A- 3 014 831
DE-B- 1 211 553 DE-C- 19 608 974
FR-A- 1 398 812 US-A1- 2002 184 784
US-A1- 2003 115 709

EP 1 528 342 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Verfahren zur Trocknung von Gut, wie insbesondere von Feststoffisolationen eines elektrischen Geräts, nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Die Erfindung betrifft zugleich auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Bei dem Verfahren wird die Kondensationswärme eines in einem Verdampfer erzeugten Solventdampfs zum raschen und schonenden Aufheizen des Guts ausgenutzt. Das Trocknungsgut umfasst im allgemeinen die Feststoffisolationen eines elektrischen Gerätes, etwa eines Leistungstransformators. 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. Gegebenenfalls vorhandenes Isolieröl und/oder Verunreinigungen werden durch Destillation aus dem Solvent entfernt. Bei der Ausführung dieses sogenannten Vapour-Phase-Verfahrens fallen folgende Prozess-Schritte an:

- Beladen des Autoklaven mit Gut,
- Evakuieren des beladenen Autoklaven,
- 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,
- Anlegen von Feinvakuum bei eingeschalteter Autoklavheizung an den Autoklaven, um noch vorhandenen Restsubstanzen aus den Feststoffisolationen zu entfernen, und
- Belüften und Entladen des Autoklaven.

Stand der Technik

[0003] Das Verfahren der eingangs erwähnten Art ist DE 30 14 831 A 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 angeordnet ist. Dieser 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 angeordneten 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.

[0004] Ein weiteres Trocknungsverfahren wurde in den USA durch die Firmen "General Electric" und "Westinghouse" ab ca. 1960 appliziert. Dabei wurde das Solvent in einem ausserhalb des Autoklaven liegenden Solventerhitzer 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 und sich dabei abkühlt. Eine genaue Temperaturkontrolle des Solventdampfs ist schwierig, da diverse Faktoren wie Druck und Temperatur im Autoklaven die Verdampfungsrate und somit auch die Solventdampftemperatur beeinflussen.

[0005] Das vorgenannte Trockenverfahren 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. Nachfolgend wird die erhitzte Heizflüssigkeit am oder im Vakuumgefäss verdampft.

[0006] 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 Temperaturregelung zur Regelung des Solventdampfs mit hoher Genauigkeit zu regulieren.

[0007] Die Trocknung von Transformatoren im eigenen Gehäuse statt in einem als Autoklav ausgeführten vakuumfesten Behälter wird seit ca.1975 appliziert. Dabei wird das Solvent in einem ausserhalb des Transformators liegendem Solventverdampfer verdampft und über grosse und lange flexible Leitungen in das evakuierte Transformatorgehäuse gebracht, wie dies in der Firmenschrift G.Oesch, H.Schatzl, "Die Solventdampftrocknung von Leistungstransformatoren" August 1976, Mi-

cafil AG, 8048 Zürich/Schweiz (Bestell-Nr. MNV 46/1 d) beschrieben ist.

Darstellung der Erfindung

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, den Energieverbrauch und die Durchlaufzeit des Verfahrens der eingangs genannten Art zu reduzieren und zugleich Vorrichtungen anzugeben, welche in besonders vorteilhafter Weise zur Durchführung dieses Verfahrens geeignet sind.

[0009] Beim erfindungsgemässen Verfahren wird das in den Vakuumbehälter geführte und erwärmte Solvent in einen nach Art einer Venturidüse ausgebildeten Strömungskanal eingespritzt. Dabei wird ein überwiegend Solventdampf enthaltender und durch eine Engstelle des Strömungskanal geführter Strahl gebildet, welcher sich infolge Saugwirkung intensiv mit einem bereits im Vakuumbehälter vorhandenen Anteil an Solventdampf mischt. Je nach Anteil und oder Menge an zugemischtem Mischdampf, sowie nach Menge des eingespritzten heissen Solvents kann die Temperatur des aus dem Strömungskanal tretenden Solventdampfes sehr genau gesteuert werden. Zugleich ist durch die durch den Strahl angeregte Strömung eine optimale Umwälzung und Turbulenz des Solventdampfes im Vakuumbehälter sichergestellt. Hierdurch werden die zum Aufheizen des Trocknungsguts benötigte Energiemenge und die Aufheizzeit stark reduziert. Die Reduktion der Aufheizzeit ist vor allem auch dadurch bedingt, dass durch starkes während der gesamten Aufheizphase praktisch konstantes Einspritzen von aufgeheiztem Solvent in den Strömungskanal eine grosse Umwälzmenge an Solventdampf und somit eine hohe Solventdampfgeschwindigkeit auch gegen Ende der Aufheizphase im Vakuumbehälter erhalten bleibt. Trotz des geringen Energieverbrauchs und der kurzen Durchlaufzeit benötigt das Verfahren über die bei herkömmlichen Verfahren notwendigen Komponenten hinaus keine aufwendigen Zusatzkomponenten.

[0010] Eine besonders kurze Durchlaufzeit wird erreicht, wenn das erwärmte Solvent in einen durch die Venturidüse geführten Solventdampfstrom eingespritzt wird. Infolge der Jetwirkung des eingespritzten Solvents werden die Geschwindigkeit und die Turbulenzen des in der Venturidüse geführten Solventdampfstroms wesentlich erhöht. Hieraus resultieren eine hohe Geschwindigkeit und eine gute Turbulenz des im Vakuumbehälter zirkulierenden Solventdampfes und wird dementsprechend die Trockenzeit stark verringert. Die erhöhte Solventdampfgeschwindigkeit wird infolge der Jetwirkung ebenfalls gegen Ende der Aufheizphase aufrechterhalten, was eine kürzere Aufheizzeit im oberen Temperaturbereich und eine noch kleinere Temperaturdifferenz über das Trocknungsobjekt sicherstellt, wodurch die Güte der Trocknung erheblich verbessert wird.

[0011] Vorteilhafterweise wird der vorgenannte in der Venturidüse geführte Solventdampfstrom in einem im Vakuumbehälter angeordneten Verdampfer erzeugt, da

dann nämlich durch die Jetwirkung des eingespritzten Solvents der vom Verdampfer erzeugte Solventdampf rasch vom Verdampfer weggesaugt wird, was zu kleinerem Druckverlust in diesem Verdampfer und somit zu erhöhter Effizienz führt.

[0012] Der Solventdampfstrom kann auch in einem ausserhalb des Vakuumbehälters angeordneten Verdampfer erzeugt und durch die Wand ins Innere des Vakuumbehälters geführt werden. Infolge der Jetwirkung wird dann der Solventdampf besser aus einer in den Vakuumbehälter geführten Solventdampfleitung abgesaugt, was zu kleinerem Druckverlust zwischen externem Verdampfer und Vakuumbehälter und somit ebenfalls zu erhöhter Effizienz führt.

[0013] Mit Vorteil wird das erwärmte Solvent an der Engstelle der Venturidüse in den Strömungskanal eingespritzt. An der Engstelle weist das in den Strömungskanal eingespritzte Solvent besonders hohe Geschwindigkeit auf. Diese hohe Geschwindigkeit ruft einen grossen Unterdruck und damit eine starke Jet-Wirkung hervor, d.h. ein besonders starkes Einsaugen eines im Vakuumbehälter beim Aufheizen des Trocknungsguts gebildeten Mischdampfstroms aus Solvent- und Wasserdampf in das eingespritzte Solvent.

[0014] Durch Veränderung von Zuström- und/oder Abströmquerschnitt des Strömungskanals kann auch das Mischungsverhältnis von eingespritztem heissem Solvent zu dem im Vakuumbehälter bereits strömenden Mischdampf verändert werden. Es kann damit auch die Temperatur des aus dem Strömungskanal tretenden Solventdampfstroms mit grosser Geschwindigkeit und guter Genauigkeit gesteuert werden.

[0015] Das erfindungsgemässe Verfahren zeichnet sich durch einen besonders hohen Wirkungsgrad aus, wenn in den im Inneren des Vakuumbehälters geführten Mischdampfstrom kaltes Solvent eingespritzt wird. Durch Einspritzen von kaltem Solvent, etwa in einen im Vakuumbehälter angeordneten Kondensationsraum, wird ein Teil des im Mischdampf vorhandenen Solventdampfes durch Jet-Wirkung angesaugt und kondensiert. Dadurch steigt der Anteil des Wasserdampfes im Kondensationsraum an und demzufolge muss weniger Solventdampf in einem ausserhalb des Vakuumbehälters liegenden Kondensator als Kondensat abgeschieden werden, wodurch der Energiebedarf des Verfahrens zusätzlich reduziert wird. Wird das kalte Solvent in Strömungsrichtung in den Mischdampfstrom eingespritzt, so wird wegen der Strahlwirkung der Mischdampf stark angesaugt und infolge intensiver Mischung eine hohe Wärmerückgewinnung durch Aufheizen des eingespritzten kalten Solvents erreicht.

[0016] Eine weitere Verringerung des Energiebedarfs des erfindungsgemässen Verfahrens wird dadurch erreicht, dass der Mischdampfstrom aus dem Vakuumbehälter geführt und ausserhalb des Behälters in zwei oder mehr Stufen kondensiert wird, und dass mit der in einer ersten der Stufen beim Kondensieren von Mischdampf abgegebenen Kondensationswärme Heizluft erwärmt wird.

[0017] Bei einer zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens in einfacher und wirtschaftlicher Weise geeigneten Vorrichtung, welche neben dem Vakuumbehälter auch einen Solventdampferzeuger und eine Vorrichtung zum Kondensieren des Mischdampfstroms aufweist, enthält der Solventdampferzeuger einen im Inneren des Vakuumbehälters angeordneten und nach Art einer Venturidüse ausgebildeten Strömungskanal sowie eine in den Strömungskanal geführte Vorrichtung zum Einspritzen von erwärmtem Solvent in den Strömungskanal. Durch eine besonders gute Wirkungsweise zeichnet sich diese Vorrichtung dann aus, wenn die Einspritzvorrichtung an der Engstelle der Venturidüse in den Strömungskanal mündet. Besonders zweckmässige Ausbildungen der Einspritzvorrichtung enthalten einen mit Einspritzöffnungen in den Strömungskanal mündenden Solventverteilkanal und/oder mindestens eine im Inneren des Strömungskanals gehaltene Einspritzdüse.

[0018] Heizenergie kann eingespart und damit der Wirkungsgrad des Verfahrens weiter verbessert werden, wenn die zum Heizen des Vakuumbehälters vorgesehene Heizvorrichtung als Durchlauferhitzer für das Solvent ausgeführt ist.

[0019] Eine einfache Regelung von Temperatur und Mischungsverhältnis des aus dem Strömungskanal austretenden Solventdampfes kann dadurch erreicht werden, dass ein den Strömungskanal begrenzendes Richtblech unter Veränderung des Zuströms und/oder Abströmquerschnitts des Strömungskanals verstellbar ausgebildet ist.

[0020] Viel Heizenergie wird dadurch eingespart, dass im Vakuumbehälter ein mindestens eine Einspritzdüse für kaltes Solvent aufnehmender und vom Mischgas durchströmter Kondensationsraum der Kondensationsvorrichtung angeordnet ist. Mit Vorteil ist dieser Kondensationsraum als Strömungskanal für das Mischgas ausgebildet und weist einströmseitig ein als Zuströmkanal einer Venturidüse wirkendes Blech auf und/oder ein Abflussblech und/oder abströmseitig ein Umlenkblech.

[0021] Die benötigte Heizenergie wird zusätzlich dadurch verringert, dass die Kondensationsvorrichtung einen ausserhalb des Vakuumbehälters angeordneten, luftgekühlten Kondensator zur Erzeugung von Heizluft aufweist.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Trocknungsvorrichtung ist der Vakuumbehälter als Gehäuse eines Transformators ausgeführt und in einem vorzugsweise mit Luft heizbaren Wärmeisolierhaus angeordnet.

Beschreibung der Zeichnung

[0023] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig.1 eine Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, enthaltend einen geschnitten dargestellten, Feststoffisolationen eines Transformators

als Trocknungsgut aufnehmenden Vakuumbehälter, einen Solventdampferzeuger zum Aufheizen, Zuführen und Verteilen von Solvent und zum Erzeugen von Solventdampf und einer Vorrichtung zum Kondensieren von Solventdampf,

Fig.2 eine erste Ausführungsform des in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthaltenen Solventdampferzeugers,

Fig.3 eine zweite Ausführungsform des in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthaltenen Solventdampferzeugers,

Fig.4 eine erste Ausführungsform der in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthaltenen Kondensationsvorrichtung,

Fig.5 eine zweite Ausführungsform der in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthaltenen Kondensationsvorrichtung,

Fig.6 eine abgewandelte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1, bei der der Vakuumbehälter vom Gehäuse eines Transformators gebildet ist,

Fig.7 eine Ausführungsform des in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.6 enthaltenen Solventdampferzeugers,

Fig.8 eine erste Ausführungsform der in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.6 enthaltenen Kondensationsvorrichtung,

Fig.9 eine zweite Ausführungsform der in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.6 enthaltenen Kondensationsvorrichtung,

Fig.10 eine abgewandelte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1, bei der im Vakuumbehälter zusätzlich ein weiterer Solventverdampfer angeordnet ist, und

Fig.11 eine abgewandelte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1, bei der dem Vakuumbehälter Solventverdampf zuführbar ist, der ausserhalb des Vakuumbehälters erzeugt werden kann.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0024] 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 Ent-

fernen 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. Der Vakuumbehälter 1 kann mit Hilfe von Heizrohren 2 beheizt werden. Die Heizenergie wird in einem Wärmeerzeuger 3 auf einen in den Rohren 2 fließenden Wärmeträger zum Heizen des Vakuumbehälters 1 übertragen. Die Heizrohre 2 sind von einem Doppelmantel umgeben und bilden zusammen mit dem Mantel einen Solventerhitzer 4 eines Solventdampferzeugers. Im Solventerhitzer wird kaltes Solvent erhitzt. 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 Isolieröl. Das erhitze Solvent wird über eine in Fig. 1 nicht bezeichnete Solventverbindungsleitung in einen innerhalb des Vakuumbehälters 1 liegenden, gegebenenfalls rohrförmig ausgebildeten, Solventverteilkanal 5 des Solventdampferzeugers geführt. Der Solventverteilkanal 5 kann mit Vorteil als freiliegendes Rohr mit Einspritzöffnungen und oder Einspritzdüsen ausgebildet werden. Dadurch wird eine kostengünstige Vorrichtung erreicht. Der Solventverteilkanal 5 weist Einspritzöffnungen oder Einspritzdüsen für das Solvent auf. Im Bereich der Einspritzöffnungen liegt der engste Querschnitt eines nach Art einer Venturidüse ausgeführten Strömungskanals 5.2, welcher durch ein geeignet gebogenes Richtblech 6, eine Aussenwand des Solventverteilkans 5 und die Wand des Vakuumbehälters 1 gebildet wird. Das Richtblech 6 kann durch Drehen und/oder Verschieben in seiner Lage verändert werden. Dadurch lassen sich der stromauf der Düsenengstelle der Venturidüse befindliche Zuströmquerschnitt und der stromab der Düsenengstelle befindliche Abströmquerschnitt des Strömungskanals 5.2 vergrößern oder verkleinern. Der Vakuumbehälter 1 weist unten in seinem Boden eine in einen Ablaufbehälter 7 einmündende Ablauföffnung für kondensiertes Solvent auf sowie für gegebenenfalls vom Solvent aus den Feststoffisolationen ausgewaschenes Isolieröl. Im Ablaufbehälter 7 ist ein als Schalter ausgeführter Füllstandsindikator 7.1 angeordnet. Der Ablaufbehälter 7 ist via Absperrventil 20.1 mit einer Förderpumpe 8 verbunden. Der Austritt der Förderpumpe 8 ist via Absperrventil 20.3 mit dem Solventerhitzer 4 verbunden oder alternativ via Absperrventil 20.6 mit einem Solventvorratstank 9 oder via Absperrventil 20.7 mit einem Öltank 19 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.

[0025] Gegenüber dem Strömungskanal 5.2 ist im Vakuumbehälter 1 eine Kondensationsvorrichtung angeordnet mit einem Kondensationsraum 10 zur Wär-

merekupation, einem Leitblech 10.1, Umlenklechen 10.2 und Einspritzdüsen 11. Der Kondensationsraum 10 ist nach unten zum Inneren des Vakuumbehälters 1 hin geöffnet und weist an seinem oberen Ende eine durch die Wand des Behälters 1 geführte Austrittsöffnung 10.3 auf, welche über eine Mischdampfleitung 15 und ein Dampfabsperrrventil 20 zu einem Mischdampfkondensator 16 führt. Der Mischdampfkondensator 16 weist zwei Ausgänge auf, von denen einer mit einer Vakuumanlage 18 und der andere über ein Absperrventil 21 mit einem Trennbehälter 17 verbunden ist. Der Trennbehälter 17 weist zwei Ausgänge auf, von denen einer auf ein der Entnahme von Wasser dienendes Ablassventil 22 wirkt und der andere mit dem Eingang einer Solventförderpumpe 8.1 verbunden ist, deren Ausgang wahlweise über ein Absperrventil 20.5 zu den Einspritzdüsen 11, oder über Absperrventile 20.4 und 20.6 zum Solventvorratstank 9 führt.

[0026] Der Aufbau zweier Ausführungsformen des in der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 1 vorgesehenen Solventdampferzeugers ist aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich. Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 weist der Solventerhitzer 4 des Solventdampferzeugers vertikal ausgerichtete Heizrohre 2 auf. Ersichtlich wird das kalte Solvent mit Hilfe einer Zuführleitung 4.2 am unteren Ende in den Solventerhitzer 4 geführt und dort erwärmt. Am oberen Ende des Solventerhitzers 4 wird erwärmtes Solvent über die die vorstehend bereits genannte und nun mit dem Bezugszeichen 4.1 gekennzeichnete Solventverbindungsleitung durch die Wand des Vakuumbehälters 1 in den im Behälterinneren angeordneten Solventverteilkanal 5 geführt. Durch die vorstehend bereits genannten und nun mit dem Bezugszeichen 5.1 gekennzeichneten Einspritzöffnungen kann das erwärmte Solvent als intensive Solventströmung 5.3 aus dem Solventverteilkanal 5 in den Strömungskanal 5.2 austreten und sich dort mit einem Solvent- und Wasserdampf enthaltendem Mischdampf aus dem Behälterinneren zu einem überwiegend Solventdampf enthaltenden Dampf 5.4 vereinigen. Der Strömungskanal 5.2 kann sich über die gesamte Länge und/oder Breite einer Wand des Behälters erstrecken und gegebenenfalls auch aus mehreren kurzen Abschnitten bestehen. Ist der Solventverteilkanal als freiliegendes Rohr mit Einspritzöffnungen oder Einspritzdüsen ausgebildet, so wird durch das aus dem Verteilrohr austretende, expandierende und zum Teil verdampfende Solvent, der Mischdampf im Strömungskanal beidseitig am Verteilrohr vorbei angesogen.

[0027] Bei der Ausführungsform des Solventdampferzeugers nach Fig. 3 sind im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 2 die Heizrohre 2 des Solventerhitzers 4 vorwiegend horizontal ausgerichtet und ist das den Strömungskanal 5.2 begrenzende Richtblech 6 drehbar ausgebildet. Die Drehung des Richtblechs 6 kann durch eine mechanische Einstellvorrichtung 6.2 erreicht werden, welche über ein Hebelgetriebe auf das an einem Punkt 6.1 drehbar gelagerte Richtblech 6 wirkt. Hierbei kann das Richtblech zwischen zwei Positionen

5.5 resp. 5.6 gedreht werden, in denen der Strömungskanal 5.2 bei nahezu unverändertem Querschnitt der Düsenengstelle maximalen Zuströmquerschnitt für den aus dem Vakuumbehälter 1 eingesaugten vorgenannten Mischdampf und minimalen Abströmquerschnitt für die Mischdampf enthaltende Solventströmung 5.4 aufweist (Position 5.5) bzw. minimalen Zuströmquerschnitt für den zuströmenden Mischdampf und maximalen Abströmquerschnitt für die Mischdampf enthaltende Solventströmung 5.4 (Position 5.6). Es können so je nach Position des Richtblechs 6 und damit Bemessung des Strömungskanals 5.2 der Anteil des Mischdampfes im Strömungskanal 5.2 wie auch die Temperatur der aus dem Strömungskanal 5.2 austretenden Solventdampfströmung 5.4 eingestellt werden.

[0028] Der Aufbau zweier Ausführungsformen der in der Trocknungsvorrichtung nach Fig.1 enthaltenen Kondensationsvorrichtung ist aus den Figuren 4 und 5 ersichtlich. Bei der Ausführungsform nach Fig.4 wird kaltes Solvent 14 über eine mit dem Absperrventil 20.5 verbundene Solventleitung 14.3 an die Einspritzdüsen 11 geführt und in Gegenrichtung zu einem von unten in den Kondensationsraum 10 tretenden, Solvent- und Wasserdampf enthaltenden Mischdampfstrom 13 eingespritzt. Dies führt zu einer vorteilhaften intensiven Durchwirbelung des eingespritzten kalten Solvents 14 mit dem in den Kondensationsraum 10 eingesaugten Mischdampfstrom 13. Hierdurch wird die Kondensation von Solventdampf 14.1 aus dem Mischdampfstrom 13 am eingespritzten kalten Solvent 14 optimiert. Das eingespritzte Solvent 14 und der kondensierte Solventdampf 14.1 fließen zum Ablaufgefäß 7 und werden mit der Förderpumpe 8 abgepumpt, während verbleibender Mischdampf 14.2 aus dem Mischdampfstrom 13 über die Mischdampfleitung 15 aus dem Kondensationsraum 10 entfernt und zu einem Mischdampfkondensator 16 geführt wird.

[0029] Bei der Ausführungsform nach Fig.5 wird kaltes Solvent 14 über die Einspritzdüsen 11, 11.1 in gleicher Richtung wie der Mischdampfstrom 13 in letzteren eingespritzt. Dadurch und durch ein am Eintritt des Kondensationsraums 10 angebrachtes und die Einströmseite einer Düse begrenzendes Richtblech 12 wird eine starke Strömung hervorgerufen, welche den Mischdampf als Stroms 13 aus dem Inneren des Vakuumbehälters 1 in den Kondensationsraum 10 einsaugt. Infolge der gleichen Strömungsrichtung von kaltem Solvent 14 und Mischdampf 13 wird die Kondensationsstrecke etwas verlängert. Vor der Austrittsöffnung 10.3 ist mindestens ein Umlenkblech 10.2 angebracht, damit allfällige Solventtropfen abgeschieden werden.

[0030] Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Mit der Vakuumanlage 18 werden der Vakuumbehälter 1, der Mischdampfkondensator 16 und der Trennbehälter 17 evakuiert. Zugleich wird vom Solventvorratstank 9 Solvent über die Absperrventile 20.6 und 20.3 und den Solventerhitzer 4 in den Vakuumbehälter 1 eingeblasen bis der Füllstandsindikator 7.1 überflutet ist. In der nun

folgenden Aufheizphase wird das im Vakuumbehälter 1 vorhandene Solvent mit der Förderpumpe 8 umgewälzt und im Solventerhitzer 4 auf eine etwas oberhalb einer vorgegebenen Trocknungstemperatur liegende Temperatur erhitzt. Das erhitzte Solvent befindet sich beim Erhitzen auf Normal- oder gegebenenfalls auch auf höherem Druck. Beim Austritt des Solvents aus den Einspritzöffnungen 5.1 des Solventverteilkans 5 sinkt der Druck im Solvent 5.3 stark ab und verdampft ein Teil des erhitzten Solvents unter gleichzeitiger Abkühlung um den Betrag seiner Verdampfungswärme. Der so entstehende Solventdampf 5.4 kondensiert am Aktivteil und erwärmt dieses unter gleichzeitiger Verdampfung des in den Feststoffisolationen enthaltenen Wassers, was zur Bildung des Solvent- und Wasserdampf enthaltenden Mischdampfes im Vakuumbehälter 1 führt. Im Vakuumbehälter 1 anfallendes und gegebenenfalls Isolieröl enthaltendes Solventkondensat wird mit der Förderpumpe 8 via Solventerhitzer 4 zur Verdampfung wieder dem Solventverteilkans 5 zugeführt. Das Solvent 5.3 wird mit Vorteil an der Düsenengstelle über die Einspritzöffnungen 5.1 in den Strömungskanal 5.2 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 in den Strömungskanal 5.2 eingesaugt wird. Der eingesaugte Mischdampf mischt sich mit dem eingespritzten Solvent 5.3 und dem beim Einspritzen gebildeten Solventdampf 5.4. Dies erzeugt den vorteilhaften Effekt, dass einerseits eine schnelle und genaue Temperaturkontrolle des in den Vakuumbehälter 1 eintretenden Solventdampfes 5.4 erreicht wird, und dass andererseits durch Einsaugen des Mischdampfes in den Strömungskanal 5.2 der Mischdampf mit erhöhter Geschwindigkeit turbulent im Vakuumbehälter 1 umgewälzt wird, wodurch die Aufheizung des elektrischen Trocknungsguts 1.1 wesentlich beschleunigt wird.

[0031] Falls die Isolationen des elektrischen Trocknungsgutes 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 16 der Ölanteil im Vakuumbehälter 1 stetig solange an bis praktisch nur noch reines Öl vorliegt. Dieses Öl wird mit der Förderpumpe 8 via Absperrventil 20.7 in den Öltank 19 gebracht. Danach wird über den Solventerhitzer 4 wieder Solvent in den Vakuumbehälter 1 eingeblasen und in vorgängig erwähnter Weise verdampft.

[0032] Den Einspritzdüsen 11, 11.1 wird das im Trennbehälter 17 gelagerte kalte Solvent mit der Förderpumpe 8.1 via Absperrventil 20.5 zugeführt und in den Kondensationsraum 10 eingespritzt. An der grossen Oberfläche des eingespritzten kalten Solvents 14 kondensiert die Solventdampfkomponente von in den Kondensationsraum 10 eingesaugtem Mischdampf 13 unter Bildung des

kondensierten Solvents 14.1. Hierdurch kann sich in vorteilhafter Weise Wasserdampf im Kondensationsraum 10 anreichern. Es wird somit weniger Solventdampf zum Mischdampfkondensator 16 geführt. Es wird so Energie eingespart, welche zum einen zum Erwärmen des Solvents und zum anderen zum Kühlen des Mischdampfkondensators 16 benötigt wird. Das eingespritzte Solvent und der kondensierte Solventdampf fließen über den Ablaufbehälter 7 zur Förderpumpe 8 und werden via Absperrventil 20.3 dem Solventerhitzer 4 zugeführt.

[0033] Der im Kondensationsraum 10 mit Wasserdampf angereicherte Solventdampf wird durch das Dampfabsperrentil 20 geregelt dem Mischdampfkondensator 16 zugeführt und kondensiert. Hierbei anfallende Leckluft wird mit der Vakuumanlage 18 abgepumpt. Das Solvent und Wasser enthaltende Kondensat wird sodann mittels Sedimentation im Trennbehälter 17 getrennt und das Solvent mit der Pumpe 8.1 via Absperrventil 20.5 wieder den Einspritzdüsen 11, 11.1 zugeführt.

[0034] 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 8 abgeschaltet und das Dampfabsperrentil 20 voll geöffnet. Mittels Kondensation von Solvent und Wasserdampf im Mischdampfkondensator 16 wird der Druck im Vakuumbehälter 1 abgesenkt und gleichzeitig das im Trennbehälter 17 anfallende Solventkondensat mit der Förderpumpe 8.1 über die Ventile 20.4, 20.6 dem Solventvorratstank 9 zugeführt.

[0035] Nach Absenken des Drucks im Vakuumbehälter 1 auf so tiefe Werte, dass keine Kondensation von Wasser und nur noch minimale Kondensation von Solvent im Mischdampfkondensator 16 anfällt, wird das Absperrventil 21 geschlossen und der Druck im Vakuumbehälter 1 mit der Vakuumpumpe 18 für einen bestimmten Zeitraum auf geringe Vakuumwerte abgesenkt. Hierbei werden noch vorhandenes restliches Wasser sowie möglicherweise vorhandene Verunreinigungen durch Kondensation entfernt. Nach Beendigung dieser sogenannten Feinvakuumphase wird der Vakuumbehälter 1 belüftet und wird sodann das getrocknete Gut 1.1 dem Vakuumbehälter 1 entnommen.

[0036] Bei der Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 6 ist der Vakuumbehälter 1 als Gehäuse eines Transformators ausgebildet, welches das Trocknungsgut, auch in diesem Fall das die Feststoffisolationen enthaltende Aktivteil 1.1 des Transformators aufnimmt. Das Transformatorgehäuse 1 ist in einem Wärmeisolierhaus 1.5 angeordnet, welches vom Wärmeerzeuger 3 geheizt werden kann. Der Wärmeerzeuger 3 ist als Lufterhitzer ausgeführt. Die Heizenergie wird durch die Rohre 2 zugeführt. Durch die Rohre 2 erhitzte Luft wird als Wärmeträger mit Hilfe eines Heissluftventilators 3.1 über eine Gehäusedurchführung 3.3 ins Wärmeisolierhaus 1.5 befördert. Über eine Gehäusedurchführung 3.2 wird Luft aus dem Wärmeisoliergehäuse 1.5 zurück zum Lufterhitzer gebracht und wieder aufgeheizt.

Auch bei dieser Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung sind die Heizrohre 2 mit einem Doppelmantel umgeben und werden vom Wärmeerzeuger 3 sowohl das der Transformatorgehäuse 1 als auch das Solvent aufgeheizt. Im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 1 weist das Transformatorgehäuse 1 jedoch mit Abdeckflanschen 1.3 vakuumdicht verschlossene Öffnungen 1.2 auf, durch welche Öffnungen sonst die Stromanschlüsse des Aktivteils 1.1 geführt sind. In einer dieser Öffnungen 1.2 ist der vom Solventerhitzer 4 über die Solventverbindungsleitung 4.1 mit heissem Solvent versorgte Strömungskanal 5.2 angeordnet. Anstelle eines Solventverteilkanals 5 mit Einspritzöffnungen 5.1 weist bei dieser Ausführungsform der Solventdampferzeuger nun eine an der Düsenengstelle der Venturidüse angeordnete und in Richtung der Düsenachse ausgerichtete Einspritzdüse 5.7 auf, welche über die Leitung 4.1 mit heissem Solvent gespeist wird. Weitere Solventdampferzeuger mit jeweils einem Strömungskanal und mit einer oder gegebenenfalls auch mit mehreren Einspritzdüsen 5.7 können an anderen Öffnungen 1.2 des Transformatorgehäuses 1 vorgesehen sein. Wie aus Fig. 7 entnommen werden kann, ist der Strömungskanal 5.2 im wesentlichen axial-symmetrisch ausgebildet und ist begrenzt durch ein feststehendes und zum grossen Teil um die Achse gebogenes Venturiblech 6.3 sowie durch das verstellbar ausgeführte Richtblech 6. Abströmseitig ist am Richtblech 6 zusätzlich ein Umlenkblech 6.4 angeordnet. Durch das Blech 6.4 wird aus dem Kanal 5.2 tretendes, nicht verdampftes Solvent an die Wand des Transformatorgehäuses 1 geführt und kann über eine im Boden vorgesehene Ablassöffnung 1.4 (Fig. 6) rasch wieder aus dem Gehäuse 1 entfernt und dem Solventerhitzer 4 zugeführt werden.

[0037] In einer weiteren Öffnung 1.2 Transformatorgehäuses 1 ist der Kondensationsraum 10 angeordnet. Zwei Ausführungsformen dieses Kondensationsraums sind aus den Figuren 8 und 9 zu ersehen, wobei die Ausführungsform nach Fig. 8 weitgehend der Ausführungsform nach Fig. 5 entspricht und die nach Fig. 9 weitgehend derjenigen nach Fig. 4. Bei der Ausführungsform nach Fig. 8 ist jedoch noch ein luftgekühlter Kondensator 23 dargestellt, welcher mit der Austrittsöffnung 10.3 des Kondensationsraums 10 über die Leitung 15 verbunden und dem Mischdampfkondensator 16 unter Bildung einer zusätzlichen Kondensationsstufe für den angereicherten Wasserdampf enthaltenden Mischdampf 14.2 vorgeschaltet ist. Im luftgekühlten Kondensator 23 erwärmte Luft wird von einem Ventilator 23.1 über eine Eintrittsöffnung 23.2 zu Heizzwecken ins Wärmeisoliergehäuse 1.4 befördert. Im Kondensator 23 unter Abgabe von Kondensationswärme zum Erwärmen der Luft abgeschiedenes Solvent wird über eine Austrittsöffnung 23.3 dem Ablaufgefäss 7 zugeführt. Verbleibender Mischdampf und Leckluft werden über eine Austrittsöffnung 23.4 dem wassergekühlten Mischdampfkondensator 16 zugeführt und entsprechend der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 1 behandelt.

[0038] Im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 1 wird bei der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 6 der fertig montierte Transformator in das Wärmeisoliergehäuse 1 eingebracht und werden anstelle von Gehäusedurchführungen für die Stromanschlüsse des Aktivteils 1.1 die zum Tragen der Leitung 4.1 und der Einspritzdüse 5.7 sowie zum Abschliessen der Kondensationskammer 10 benötigten Anschlussflansche 1.3 montiert. Mit Hilfe von flexibel ausgeführten Leitungen 4.1 und 15 sowie einer mit dem Ablauf 1.4 verbundenen Kondensatableitung wird der Innenraum des Transformatorgehäuses 1 mit den übrigen Komponenten der Trocknungsvorrichtung verbunden. Um diese Montagearbeit zu erleichtern, können die Komponenten zweckmässigerweise auf verschieb- oder fahrbaren Rahmen montiert werden. Das Trocknungsverfahren kann nun - wie bei der Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 1 beschrieben - durchgeführt werden. Im Unterschied zum Verfahren, wie es in Zusammenhang mit der Ausführungsform nach Fig. 1 beschrieben wurde, wird nun jedoch im Kondensator 23 beim Kondensieren von Mischdampf erwärmte Luft ins Wärmeisolierhaus 1.5 geführt. Damit wird die Kondensationswärme des im Kondensator abgeschiedenen Solvents zur Verbesserung des Wirkungsgrads des Trocknungsverfahrens in besonders vorteilhafter Weise ausgenutzt.

[0039] Bei der in Fig. 10 dargestellten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung ist im Vakuumbehälter 1 ein im allgemeinen als Kaskadenverdampfer ausgebildeter Solventdampferzeuger 24 angeordnet. Diesem Dampferzeuger werden von aussen durch die Wand des Vakuumbehälters 1 Solvent und Wärme zugeführt. Die Menge des zugeführten Solvents wird mit Hilfe eines Solventabsperrventils 20.9 gesteuert. Die Wärme wird in einem ausserhalb des Vakuumbehälters angeordneten Wärmeerzeuger 24.2 gebildet. Im Verdampfer 24 gebildeter Solventdampf 29 strömt durch einen Solventdampfaustritt 24.1 in den Strömungskanal 5.2. Mit dem Bezugszeichen 25 ist ein ausserhalb des Vakuumbehälters 1 befindlicher Solventerhitzer bezeichnet, in dem Solvent vorgewärmt und das vorgewärmte Solvent über ein Solventabsperrventil 20.8 dosiert in den im Strömungskanal 5.2 befindlichen Solventverteilkanal 5 geführt wird. Die Einspritzdüsen 5.7 des Solventverteilkans 5 sind im Bereich der Engstelle der Venturidüse angeordnet.

[0040] Das in Richtung des Solventdampfstroms 29 eingespritzte vorgewärmte Solvent 5.3 saugt infolge Jetwirkung den Solventdampf aus dem Verdampfer 24 und erhöht so dessen Strömungsgeschwindigkeit. Zugleich wird auch die Geschwindigkeit des im Strömungskanal 5.2 bereits geführten Mischdampfstroms 30 erhöht. Der aus dem Strömungskanal 5.2 tretende Dampfstrom 5.4 weist daher eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und eine gute Turbulenz auf. Hieraus resultieren eine höhere Strömungsgeschwindigkeit und eine bessere Turbulenz des im Vakuumbehälter zirkulierenden Solventdampfstroms als bei herkömmlichen Verfahren. Dadurch wer-

den die Trockenzeiten bei gleichzeitig geringem Energiebedarf reduziert. Infolge der Jetwirkung bleibt die erwünscht hohe Solventdampfgeschwindigkeit im Autoklaven auch gegen Ende der Aufheizphase erhalten. Dies führt zu einer kürzeren Aufheizzeit im oberen Temperaturbereich und stellt dementsprechend auch eine kleine Temperaturdifferenz über dem Trocknungsgut 1.1 und damit auch eine verbesserte Trocknungsqualität sicher.

[0041] Bei der Ausführungsform der erfindungsgemässen Trocknungsvorrichtung nach Fig. 11 wird im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 10 der Solventdampfstrom 29 in einem ausserhalb des Vakuumgefässes 1 angeordneten externen Solventverdampfer 26, beispielsweise einem Grossverdampfer oder einem Fallrohrverdampfer, erzeugt und über eine einen Zutrittsstutzen 27 und ein Umlenkblech 28 enthaltende Dampfleitung an den Strömungskanal 5.2 geführt. Durch die Jetwirkung des in Richtung des Dampfstroms 29 eingespritzten erwärmten Solvents werden analog der Ausführungsform gemäss Fig. 10 der Solventdampf aus der Dampfleitung und der Mischdampf aus dem Autoklaven 1 abgesaugt und werden so die Strömungsgeschwindigkeit und die Turbulenz des Dampfstroms 5.4 in vorteilhafter Weise erhöht.

Bezugszeichenliste

[0042]

30	1	Vakuumbehälter, Transformatorgehäuse
	1.1	Trocknungsgut (elektrisches Gerät, Aktivteil des Geräts)
	1.2	Gehäuseöffnungen
35	1.3	Abdeckflansche
	1.4	Kondensatablauf
	1.5	Wärmeisolierhaus
	2	Heizrohre
	3	Wärmeerzeuger, Lufterhitzer
40	3.1	Heissluftventilator
	3.2, 3.3	Gehäusedurchführungen
	4	Solventerhitzer
	4.1	Solventverbindungsleitung
	4.2	Solventzuführleitung
45	5	Solventverteilkanal
	5.1	Einspritzöffnung
	5.2	Strömungskanal
	5.3	erwärmtes Solvent
	5.4	Solventdampf
50	5.5	Lage eines Richtblechs 6 für maximale Eintrittsfläche von 5.2
	5.6	Lage eines Richtblechs 6 für minimale Eintrittsfläche von 5.2
	5.7	Einspritzdüse
55	6	Richtblech
	6.1	Drehpunkt des Richtblechs
	6.2	Einstellvorrichtung für das Richtblech
	6.3	Venturiblech

6.4	Umlenkblech	
7	Ablaufbehälter	
7.1	Füllstandsindikator	
8, 8.1	Förderpumpen	
9	Solventvorrattank	5
10	Kondensationsraum der Wärmerekupera- tion	
10.1	Leitblech	
10.2	Umlenkblech	
10.3	Austrittsöffnung	10
10.4	Abflussblech	
11	Einspritzdüsen	
12	Richtblech	
13	Mischdampfstrom	
14	kaltes Solvent	15
14.1	Kondensiertes Solvent	
14.2	Solventdampf mit angereichertem Was- serdampf	
14.3	Solventleitung	
15	Mischdampfleitung	20
16	Mischdampf-kondensator	
17	Trennbehälter	
18	Vakuumanlage	
19	Öltank	
20	Dampfabsperrentil	25
20.1-20.7	Solvent-Ölabsperrentile	
20.8, 20,9	Solventabsperrentile	
21	Solvent-Vakuumabsperrentil	
22	Wasserablassventil	
23	luftgekühlter Kondensator	30
23.1	Ventilator	
23.2	Eintrittsöffnung	
23.3	Austrittsöffnung (Solventkondensat)	
23.4	Austrittsöffnung (Mischdampf)	
24	(interner) Solventverdampfer	35
24.1	Solventdampfaustritt	
24.2	Wärmeerzeuger	
25	Solventerhitzer	
26	(externer) Solventverdampfer	
27	Zutritsstutzen	40
28	Umlenkblech	
29	Solventdampfstrom	
30	Mischdampfstrom	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung eines Gutes (1.1), vorzugsweise von Feststoffisolationen eines elektrischen Geräts, nach der Vapour - Phase - Methode, bei dem das zumindest Wasser, gegebenenfalls zusätzlich Isolieröl sowie Verunreinigungen, enthaltende Gut (1.1) in einem Vakuumbehälter (1) bei Unterdruck durch Kondensation von Solventdampf (5.4) aufgeheizt und hierbei ein zumindest Solvent- und Wasserdampf enthaltender Mischdampfstrom (13) gebildet wird, welcher nachfolgend kondensiert wird und aus dessen Kondensat Wasser und Solvent ab-

geschieden werden, bei welchem Verfahren in den Vakuumbehälter (1) geführtes Solvent bei einem Druck erwärmt wird, der über dem im Vakuumbehälter (1) herrschenden Druck liegt, und das erwärmte Solvent in einen im Inneren des Vakuumbehälters (1) angeordneten Strömungskanal (5.2) eingebracht wird, in dem es verdampft, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erwärmte Solvent (5.3) unter Bildung einer heißen Solventdampfströmung (5.4) in den nach Art einer Venturidüse ausgebildeten Strömungskanal (5.2) eingespritzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erwärmte Solvent (5.3) in einen durch die Venturidüse geführten Solventdampfstrom (29) eingespritzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Solventdampfstrom (29) in einem im Vakuumbehälter (1) angeordneten Verdampfer (24) erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Solventdampfstrom (29) in einem ausserhalb des Vakuumbehälters (1) angeordneten Verdampfer (26) erzeugt und durch die Wand ins Innere des Vakuumbehälters (1) geführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erwärmte Solvent (5.3) an der Engstelle der Venturidüse in den Strömungskanal (5.2) eingespritzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** Zuström- und/oder Abströmquerschnitt der Venturidüse verändert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Vakuumbehälter (1) in den Mischdampfstrom (13) kaltes Solvent (14) eingespritzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kalte Solvent (14) in Strömungsrichtung in den Mischdampfstrom (13) eingespritzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kalte Solvent (14) entgegen der Strömungsrichtung in den Mischdampfstrom (13) eingespritzt wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, enthaltend neben dem das Trocknungsgut (1.1) aufnehmenden Vakuumbehälter (1), einen Solventdampf-erzeuger mit einem in Inneren des Vakuumbehälters (1) angeordneten

Strömungskanal (5.2) und eine Vorrichtung zum Kondensieren des Mischdampfstroms (13), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal (5.2) nach Art einer Venturidüse ausgebildet ist, und dass der Solventdampferzeuger eine in den Strömungskanal (5.2) geführte Vorrichtung aufweist zum Einspritzen von erwärmtem Solvent.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzvorrichtung stromabwärts einer Dampfaustrittsöffnung (24.1) eines in der Vakuumkammer (1) angeordneten Solventverdampfers (24) liegt oder stromabwärts einer Dampfaustrittsöffnung (24.1) einer von aussen in den Vakuumbehälter (1) geführten Solventdampfleitung (27, 28), welche von einem ausserhalb der Vakuumkammer (1) angeordneten Solventverdampfer (26) mit Solventdampf speisbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal (5.2) im Bereich der Dampfaustrittsöffnung (24.1) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzvorrichtung einen mit Einspritzöffnungen (5.1) und/oder Einspritzdüsen zumindest im Bereich der Engstelle der Venturidüse in den Strömungskanal (5.2) mündenden Solventverteilkanal (5) und/oder mindestens eine im Bereich der Engstelle der Venturidüse im Inneren des Strömungskanals (5.2) gehaltene Einspritzdüse (5.7) enthält.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Solventverteilkanal (5) als freiliegendes Rohr ausgebildet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein den Strömungskanal (5.2) begrenzendes Richtblech (6) unter Veränderung des Zuström- und/oder Abströmquerschnitts des Strömungskanals (5.2) verstellbar ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Vakuumbehälter (1) ein mindestens eine Einspritzdüse (11) für kaltes Solvent und den Mischdampfstrom (13) aufnehmender Kondensationsraum (10) der Kondensationsvorrichtung angeordnet ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vakuumbehälter (1) als Gehäuse eines Transformators ausgeführt und in einem vorzugsweise mit Luft heizbaren Wärmeisolierhaus (1.5) angeordnet ist.

Claims

1. A method for drying a product (1.1), preferably solid insulations of an electrical device, by the vapour phase method, whereby the product (1.1), containing at least water, if necessary insulating oil, as well as contaminants, is heated in a vacuum tank (1) in a vacuum by the condensation of solvent vapour (5.4), thereby forming a mixed vapour flow (13) containing at least solvent and water vapour, which flow is then condensed and water and solvent are separated from its condensate, in which method solvent fed into the vacuum tank (1) is heated at a pressure which exceeds the pressure prevailing in the vacuum tank (1), and the heated solvent is introduced into a flow duct (5.2) arranged inside the vacuum tank (1), in which it is evaporated, **characterised in that** the heated solvent (5.3) is injected into the flow duct (5.2) designed in the manner of a Venturi nozzle, with the formation of a hot solvent vapour flow (5.4).
2. The method according to Claim 1, **characterised in that** the heated solvent (5.3) is injected into a solvent vapour flow (29) guided through the Venturi nozzle.
3. The method according to Claim 2, **characterised in that** the solvent vapour flow (29) is generated in an evaporator (24) arranged in the vacuum tank (1).
4. The method according to Claim 2, **characterised in that** the solvent vapour flow (29) is generated in an evaporator (26) arranged outside the vacuum tank (1) and is guided through the wall into the interior of the vacuum tank (1).
5. The method according to one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the heated solvent (5.3) is injected into the flow duct (5.2) at the narrow point of the Venturi nozzle.
6. The method according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the feed and discharge cross-sections of the Venturi nozzle are modified.
7. The method according to any one of Claims 1 to 6, **characterised in that** in the vacuum tank (1) cold solvent (14) is injected into the mixed vapour flow (13).
8. The method according to Claim 7, **characterised in that** the cold solvent (14) is injected in the direction of flow into the mixed vapour flow (13).
9. The method according to Claim 7, **characterised in that** the cold solvent (14) is injected against the direction of flow into the mixed vapour flow (13).
10. A device for implementing the method according to

any one of Claims 1 to 9, containing not only the vacuum tank (1) receiving the drying product (1.1), but also a solvent vapour generator with a flow duct (5.2) arranged inside the vacuum tank (1), and a device for condensing the mixed vapour flow (13), **characterised in that** the flow duct (5.2) is designed in the manner of a Venturi nozzle, and **in that** the solvent vapour generator has a device guided into the flow duct (5.2) for injecting heated solvent.

11. The device according to Claim 10, **characterised in that** the injection device lies downstream from a vapour outlet opening (24.1) of a solvent evaporator (24) arranged in the vacuum chamber (1), or lies downstream from a vapour outlet opening (24.1) of a solvent vapour pipe (27, 28) guided from the outside into the vacuum tank (1), which pipe can be fed with solvent vapour from a solvent evaporator (26) arranged outside the vacuum chamber (1).
12. The device according to Claim 11, **characterised in that** the flow duct (5.2) is arranged in the region of the vapour outlet opening (24.1).
13. The device according to any one of Claims 10 to 12, **characterised in that** the injection device contains a solvent distribution duct (5) opening with injection openings (5.1) and/or injection nozzles, at least in the region of the narrow point of the Venturi nozzle, into the flow duct (5.2), and/or at least one injection nozzle (5.7) retained in the region of the narrow point of the Venturi nozzle inside the flow duct (5.2).
14. The device according to Claim 13, **characterised in that** the solvent distribution duct (5) is designed as a bare pipe.
15. The device according to any one of Claims 10 to 14, **characterised in that** a guide plate (6) limiting the flow duct (5.2) is designed so that it is adjustable by changing the feed and/or discharge cross-section of the flow duct (5.2).
16. The device according to any one of Claims 10 to 15, **characterised in that** a condensation space (10) of the condensation device, receiving at least one injection nozzle (11) for cold solvent and the mixed vapour flow (13), is arranged in the vacuum tank (1).
17. The device according to any one of Claims 10 to 16, **characterised in that** the vacuum tank (1) is designed as a housing of a transformer and is arranged in a heat insulation house (1.5) that can be heated preferably with air.

Revendications

1. Procédé pour le séchage d'un objet (1.1), de préférence d'isolations en matière solide d'un appareil électrique, selon la méthode de "Vapour-Phase" dans lequel l'objet (1.1) contenant au moins de l'eau, éventuellement en supplément de l'huile isolante et des impuretés est réchauffé dans un récipient à vide (1) sous dépression par condensation de vapeur de solvant (5.4) et un flux de vapeur mixte (13) contenant au moins de la vapeur de solvant et de la vapeur d'eau est formé dans le cas présent, lequel flux est condensé ensuite et de l'eau et du solvant sont séparés de son condensat, procédé dans lequel le solvant guidé dans le récipient à vide (1) est réchauffé à une pression qui est supérieure à la pression régnant dans le récipient à vide (1) et le solvant réchauffé est introduit dans un canal d'écoulement (5.2) disposé à l'intérieur du récipient à vide (1), canal dans lequel il s'évapore, **caractérisé en ce que** le solvant (5.3) pouvant être réchauffé est injecté en formant un écoulement très chaud de vapeur de solvant (5.4) dans le canal d'écoulement (5.2) conçu à la façon d'une buse de Venturi.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le solvant (5.3) réchauffé est injecté dans un flux de vapeur de solvant (29) guidé à travers la buse de Venturi.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le flux de vapeur de solvant (29) est généré dans un évaporateur (24) disposé dans le récipient à vide (1).
4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le flux de vapeur de solvant (29) est généré dans un évaporateur (26) disposé à l'extérieur du récipient à vide (1) et est guidé par la paroi à l'intérieur du récipient à vide (1).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le solvant (5.3) réchauffé est injecté au point de rétrécissement de la buse de Venturi dans le canal d'écoulement (5.2).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la section d'arrivée et/ou la section de sortie de la buse de Venturi sont modifiées.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** du solvant (14) froid est injecté dans le récipient à vide (1) dans le flux de vapeur mixte (13).
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le solvant (14) froid est injecté dans le sens

d'écoulement dans le flux de vapeur mixte (13).

9. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le solvant (14) froid est injecté dans le sens contraire au sens d'écoulement dans le flux de vapeur mixte (13). 5
10. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, contenant en plus du récipient à vide (1) recevant l'objet à sécher (1.1) un générateur de vapeur de solvant avec un canal d'écoulement (5.2) disposé à l'intérieur du récipient à vide (1) et un dispositif pour la condensation du flux de vapeur mixte (13), **caractérisé en ce que** le canal d'écoulement (5.2) est conçu à la façon d'une buse de Venturi, et **en ce que** le générateur de vapeur de solvant présente un dispositif guidé dans le canal d'écoulement (5.2) pour l'injection de solvant réchauffé. 10 15 20
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection est disposé en aval d'une ouverture de sortie de vapeur (24.1) d'un évaporateur de solvant (24) disposé dans la chambre à vide (1) ou en aval d'une ouverture de sortie de vapeur (24.1) d'une conduite de vapeur de solvant (27, 28) guidée par l'extérieur dans le récipient à vide (1), qu peut être alimentée en vapeur de solvant par un évaporateur de solvant (26) disposé à l'extérieur de la chambre à vide (1). 25 30
12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le canal d'écoulement (5.2) est disposé dans la zone de l'ouverture de sortie de vapeur (24.1). 35
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection contient un canal répartiteur de solvant (5) débouchant avec des ouvertures d'injection (5.1) et/ou des buses d'injection au moins dans la zone du point de rétrécissement de la buse de Venturi dans le canal d'écoulement (5.2) et/ou contient au moins une buse d'injection (5.7) maintenue dans la zone du point de rétrécissement de la buse de Venturi à l'intérieur du canal d'écoulement (5.2). 40 45
14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le canal répartiteur de solvant (5) est conçu comme un tuyau isolé. 50
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce qu'**une tôle directrice (6) délimitant le canal d'écoulement (5.2) est conçue réglable en modifiant la section d'arrivée et/ou la section de sortie du canal d'écoulement (5.2). 55
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, **caractérisé en ce qu'**un espace de con-

densation (10), recevant au moins une buse d'injection (11) pour le solvant froid et le flux de vapeur mixte (13), du dispositif de condensation est disposé dans le récipient à vide (1).

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, **caractérisé en ce que** le récipient à vide (1) est réalisé comme boîtier de transformateur et est disposé dans une maison calorifuge (1.5) pouvant être chauffée de préférence avec de l'air.

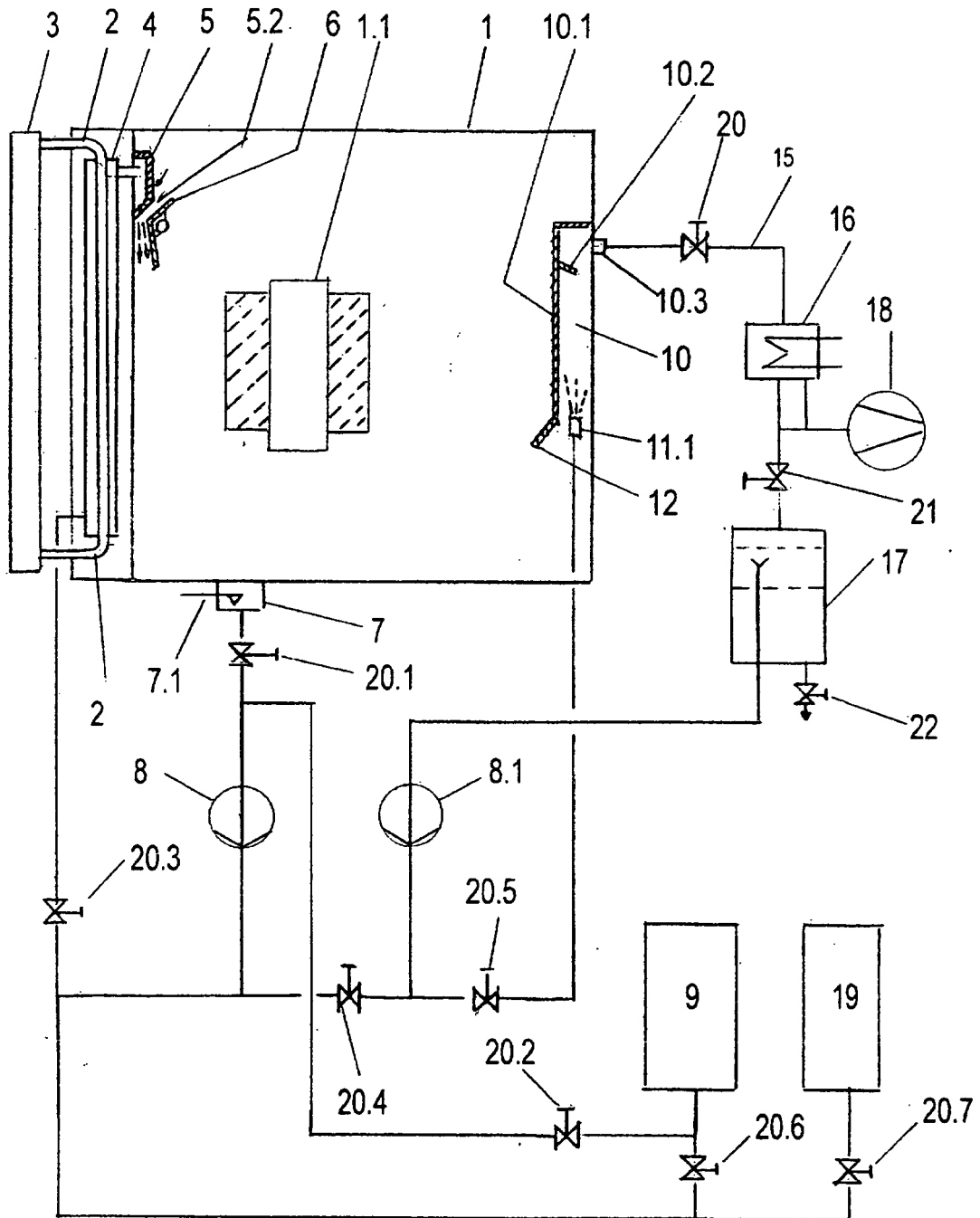
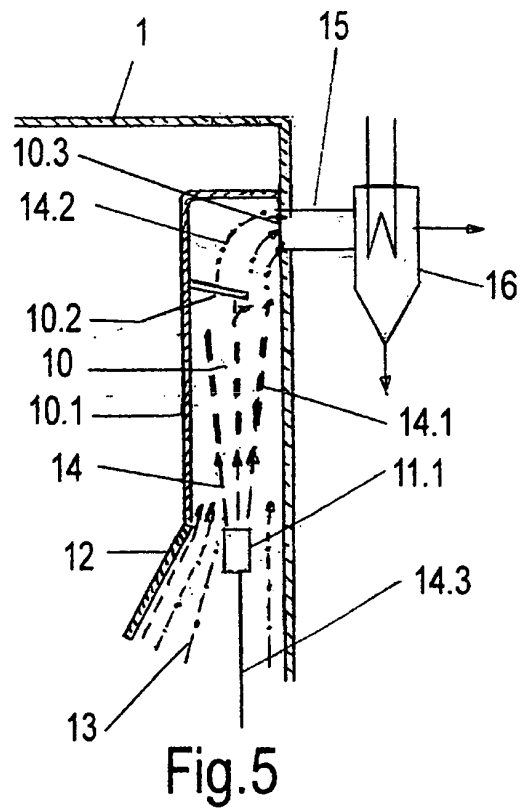
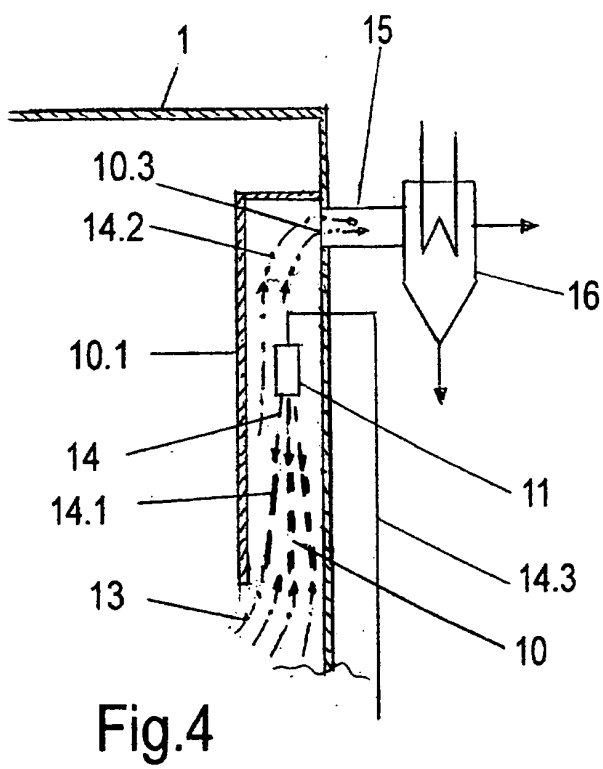
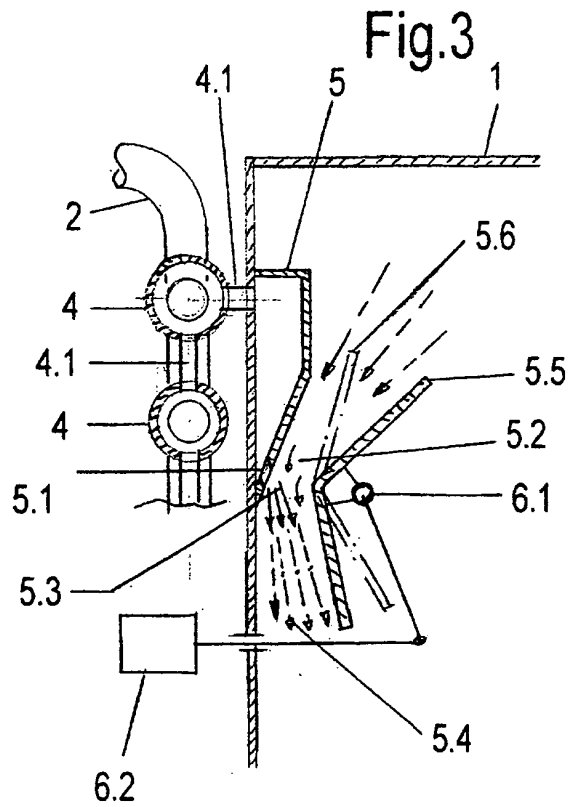
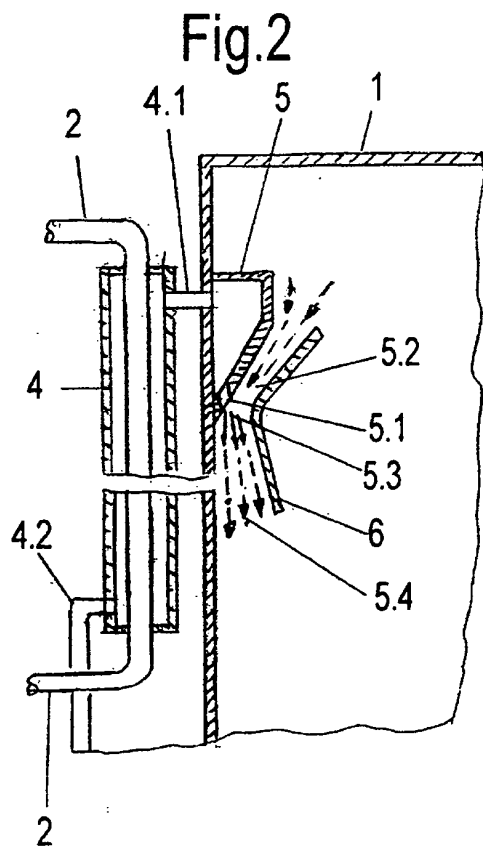


Fig.1



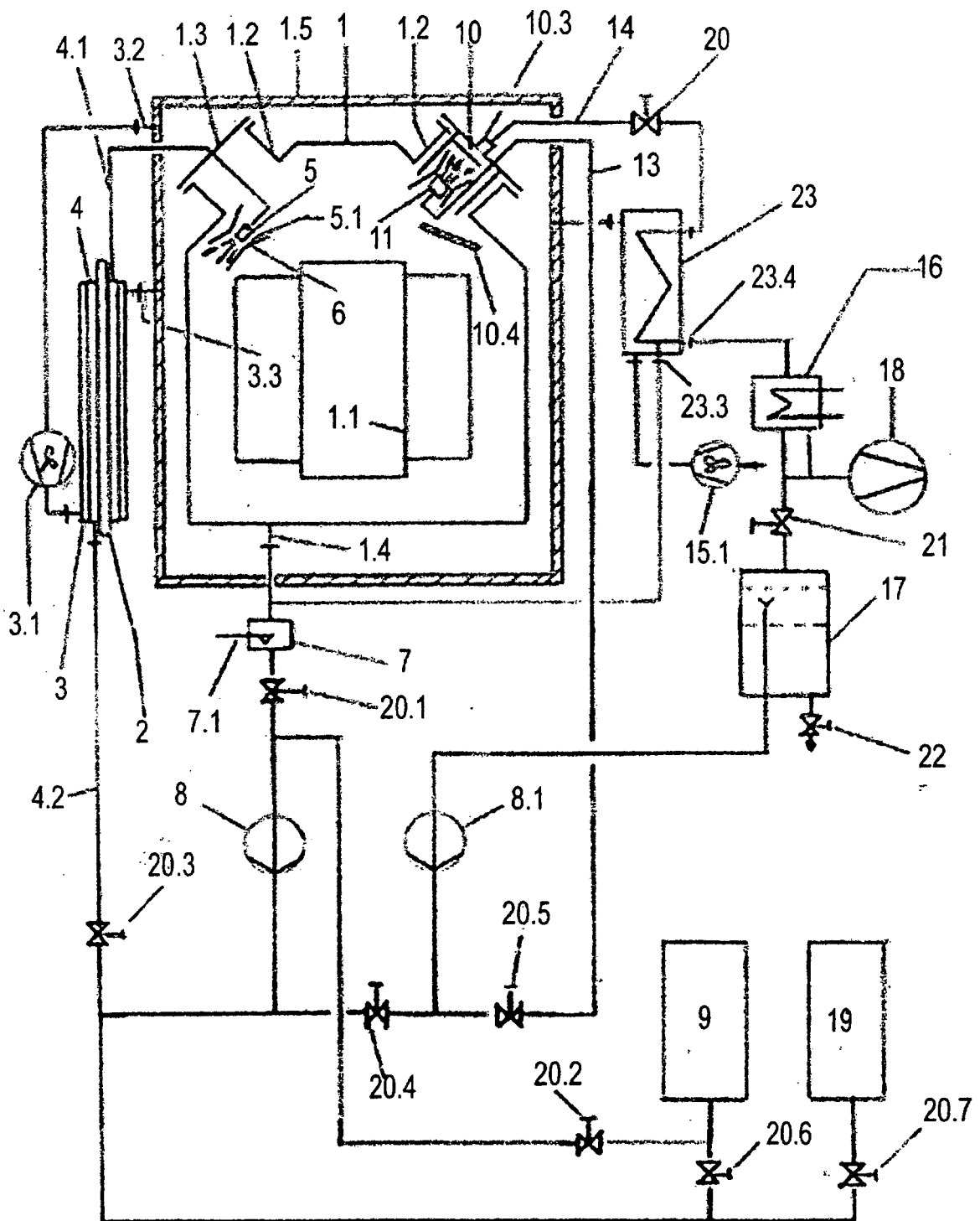


Fig. 6

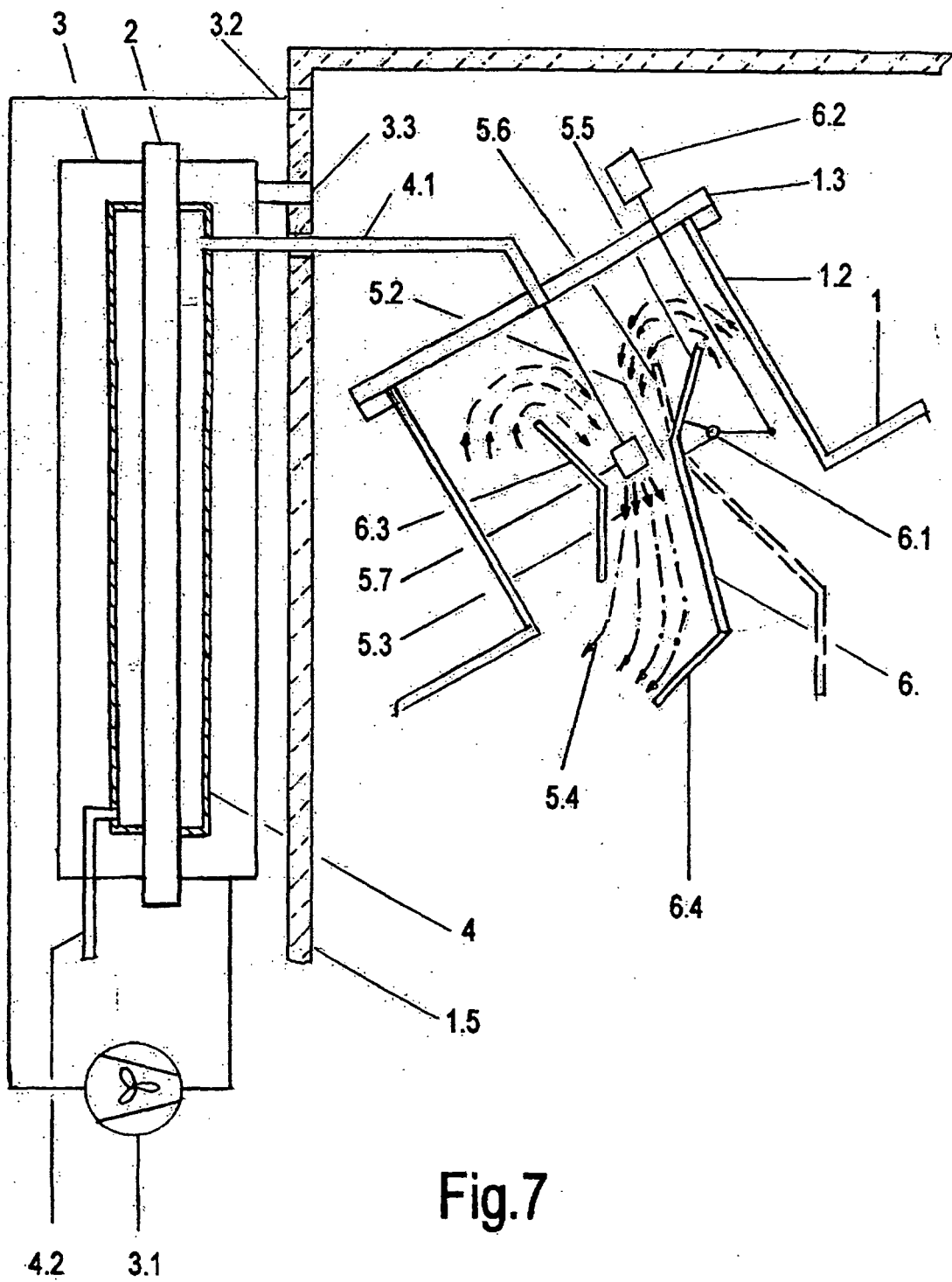


Fig.7

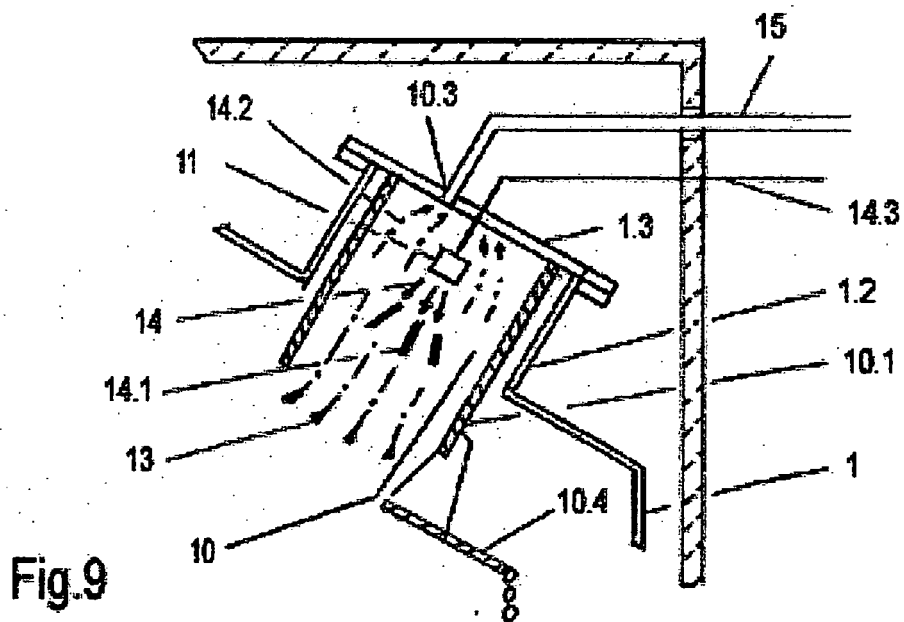
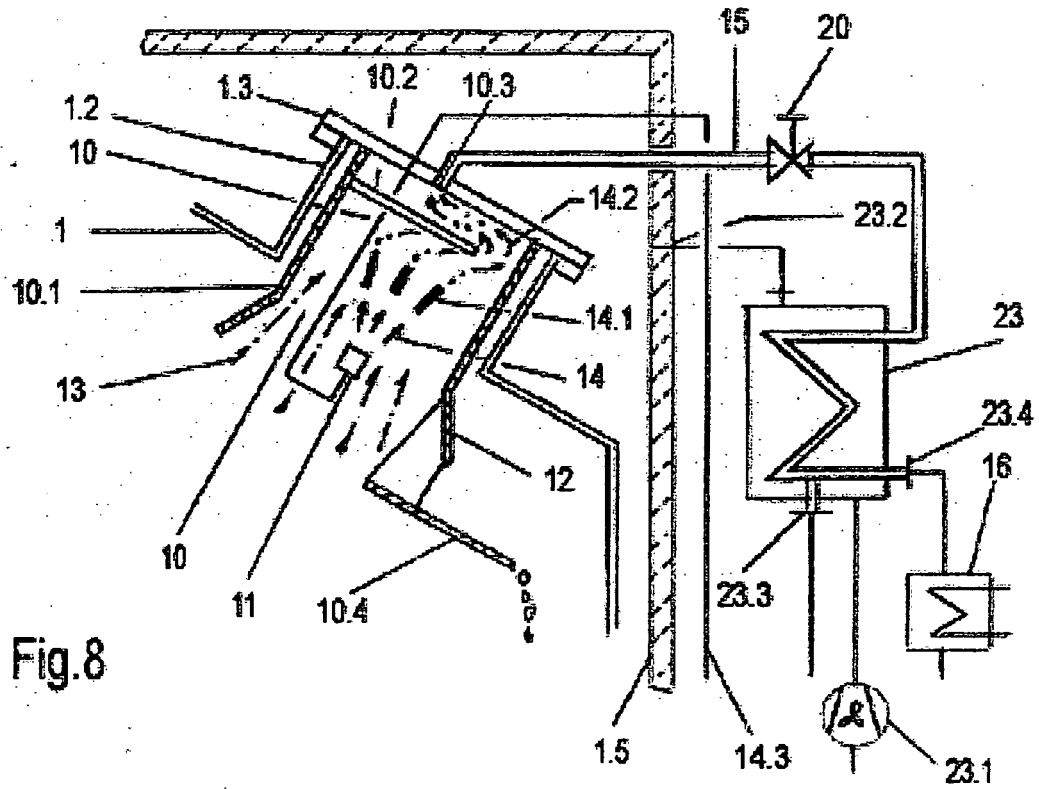


Fig.10

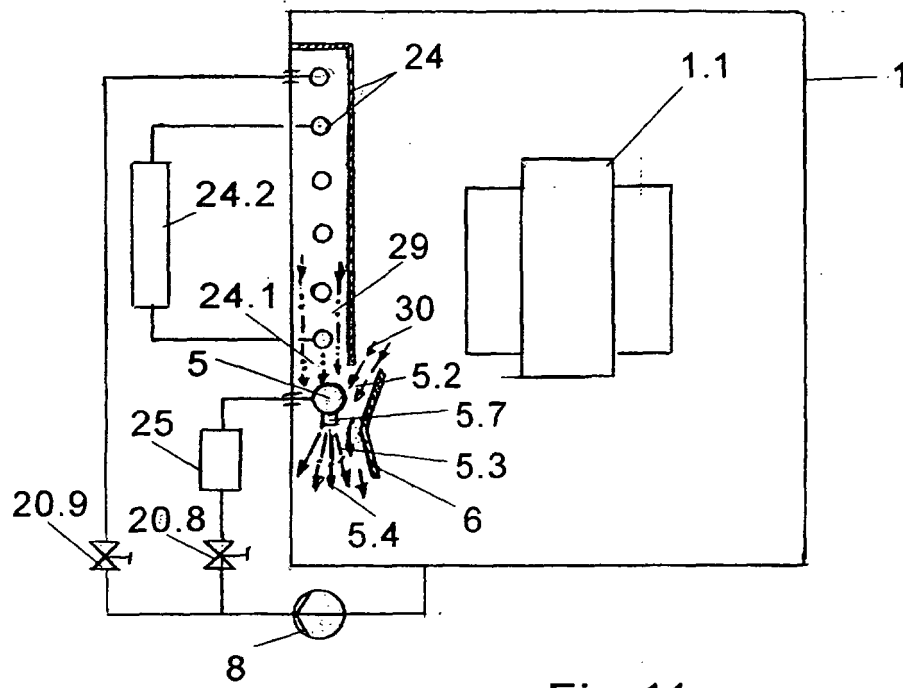


Fig.11

