

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87117444.7

51 Int. Cl. 4: **B08B 3/06**, **B08B 3/12**

22 Anmeldetag: 26.11.87

30 Priorität: 29.11.86 DE 3640949

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
15.06.88 Patentblatt 88/24

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**BE CH DE FR GB LI LU NL SE**

71 Anmelder: **BBC Brown Boveri**  
**Aktiengesellschaft**  
**Kallstadter Strasse 1**  
**D-6800 Mannheim 31(DE)**

72 Erfinder: **Sanders, Gerhard, Dipl.-Ing.**  
**Fehlgang 1**  
**D-4716 Olfen(DE)**  
Erfinder: **Wessling, Erwin, Dr.**  
**Hanseller Mühle**  
**D-4417 Altenberge(DE)**

74 Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**  
**c/o BBC Brown Boveri Aktiengesellschaft**  
**Kallstadter Str. 1 Postfach 100 351**  
**D-6800 Mannheim 31(DE)**

54 **Reinigungsverfahren für ein elektrisches Isolierteil.**

57 Die Erfindung betrifft die Anwendung des bekannten Ultraschallreinigungsverfahrens für die Entfernung von PCB-haltiger Isolierflüssigkeit aus den Poren von festen Isolierstoffen, wobei das Isolierteil in einem Lösungsmittelbad bewegt und das Lösungsmittel bis nahe der Siedetemperatur erhitzt wird.

**EP 0 270 928 A2**

BBC Brown Boveri Aktiengesellschaft  
5 Mannheim  
Mp.-Nr. 657/86

20. Nov. 1987  
ZPT/P5-Wg/H1

10

### Beschreibung

#### Reinigungsverfahren für ein elektrisches Isolierteil

15

In elektrischen Transformatoren, Drosseln oder Kondensatoren wurden oft Elektro-Isolierflüssigkeiten eingesetzt, die aus polychloriertem Biphenyl - PCB - bestanden oder PCB enthielten. Bekannte Isolierflüssigkeiten, die PCB enthalten, sind allgemein unter dem Namen Askarele bekanntgeworden. Diese Askarele sind Mischungen aus PCB, Trichlorbenzol und Tetrachlorbenzol. Die vorgenannten Isolierflüssigkeiten besaßen gute elektrische Eigenschaften und eine schwere Entflammbarkeit, so daß ein Brand der elektrischen Geräte weitgehend ausgeschlossen war. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die vorgenannten Isolierflüssigkeiten infolge ihres PCB-Gehaltes physiologische und Umweltgefahren mit sich bringen, so daß ein Austausch der Transformatoren, Drosseln und Kondensatoren gegen solche Geräte erforderlich ist, deren Isolierflüssigkeiten bezüglich der Umwelt keine Schwierigkeiten mit sich bringen. Mit dem Austausch dieser elektrischen Geräte ergibt sich jedoch das Problem, wie die mit PCB

35

verunreinigten Geräte auf einfache Weise beseitigt oder verschrottet werden können.

Für die Entsorgung von unbrauchbarer PCB-haltiger Isolierflüssigkeit und PCB-getränkten oder PCB-benetzten Feststoffen bestehen strenge Vorschriften, die nur eine Vernichtung in einer behördlich genehmigten Verbrennungsanlage oder eine Einlagerung in eine behördlich genehmigte Sonderdeponie zulassen. Um diese aufwendige Beseitigung auf ein Minimum zu beschränken ist es wünschenswert, die Bauteile dieser elektrischen Geräte vom PCB soweit zu säubern, daß diese einem PCB-Gehalt von weniger als 100 ppm aufweisen und somit nicht mehr unter behördliche Vorschriften fallen. Während die Reinigung der metallischen Bauteile der elektrischen Geräte kaum Schwierigkeiten bereitet, ist die Reinigung der festen Isolierteile dieser elektrischen Geräte schwieriger. Solche Isolierstoffe bestehen aus Isolierpapier, Preßspan, Hartpapier, Hartgewebe, Isolierholz oder Kunstharz-Preßholz. Da die Isolierteile mit der Isolierflüssigkeit des elektrischen Gerätes in Berührung standen, sind die Poren dieser Isolierteile vom PCB-haltigen Isoliermittel durchtränkt. Ein Bespülen dieser Isolierstoffe mit einem Lösungsmittel für PCB ist kaum in der Lage, die Isolierflüssigkeit aus der Tiefe der Isolierteile zu entfernen, sondern lediglich deren Oberfläche zu reinigen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine einfache Möglichkeit zur kostengünstigen Entfernung von PCB-haltigen Isolierflüssigkeiten aus den Poren solcher Isolierteile anzugeben. Insbesondere soll die Isolierflüssigkeit nicht nur aus jenen Bereichen der Isolierteile entfernt werden, die nahe der Oberfläche liegen,

es sollen vielmehr auch die tiefliegenden Bereiche der Isoliermaterialien gereinigt werden.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß in der Anwendung eines für die Reinigung eines an der Oberfläche verschmutzten Bauteils vorgesehenen Reinigungsverfahrens, bei dem das Bauteil unter Einwirkung von Ultraschallwellen durch ein die Verschmutzungen lösendes flüssiges Lösungsmittel beaufschlagt wird, für die Entfernung einer polychloriertes Biphenyl (PCB) enthaltende Isolierflüssigkeit aus den Poren eines porösen, festen elektrischen Isolierteiles, das in einem elektrischen Gerät aus der Gruppe der Transformatoren, Drosseln und Kondensatoren eingesetzt und von der Isolierflüssigkeit des Gerätes beaufschlagt war und das bei der Verschrottung des elektrischen Gerätes aus dem Gerät entnommen worden war, wobei das elektrische Isolierteil in einem Bad, das als flüssiges Lösungsmittel mindestens eine Komponente aus der Gruppe der aliphatischen, aromatischen, chlorierten und/oder fluorierten Kohlenwasserstoffe enthält, mit einer Relativgeschwindigkeit zwischen dem elektrischen Isolierteil und dem Lösungsmittel von 0,02 bis 0,05 Meter pro Sekunde, vorzugsweise 0,05 bis 0,15 Meter pro Sekunde, während der Dauer von 8 bis 60 Minuten, vorzugsweise 10 bis 30 Minuten, bewegt wird, und wobei die Temperatur des Lösungsmittels, ausgehend von der Umgebungstemperatur, auf eine Endtemperatur erhitzt wird, die 5 bis 25° Celsius, vorzugsweise 10 bis 20° Celsius, unter der Siedetemperatur liegt, die das Lösungsmittel bei dem Druck aufweist der im Bad vorhanden ist, und wobei das Lösungsmittel mit Ultraschallwellen beaufschlagt wird, die eine Frequenz von 15 bis 40 kHz, vorzugsweise 20 bis 30 kHz, aufweisen.

Durch die gemeinsame Anwendung der vorgenannten Maßnahmen wird die PCB-haltige Isolierflüssigkeit aus den gesamten Poren der Isolierteile entfernt, selbst wenn die Isolierteile eine Dicke von 2 bis 4cm oder darüber aufweisen. Da die PCB-enthaltende Isolierflüssigkeit aus den Isolierteilen soweit entfernt wird, daß der Gehalt unter 100 ppm absinkt, unterliegt die weitere Beseitigung oder Verschrottung dieser Isolierteile keinerlei behördlichen Vorschriften mehr. Die Isolierteile können daher z.B. durch gewöhnliche Verbrennung beseitigt werden, wobei keinerlei giftige oder schädliche Abgase entstehen.

Aus dem Stand der Technik ist es zwar seit langem bekannt, Bauteile zu Reinigungszwecken in Lösungsmitteln mit Ultraschall zu beaufschlagen. Hierbei wurden bisher gute Ergebnisse bei Oberflächenverschmutzungen erzielt, überraschenderweise zeigt sich jedoch, daß eine Entfernung von PCB-haltiger Isolierflüssigkeit aus den Poren von Isolierteilen der obengenannten Gruppe von Isolierstoffen ohne weiteres möglich ist, wenn die vorgenannten Bedingungen eingehalten werden. Neben der überraschenden Tiefenwirkung wird auch gleichzeitig eine Oberflächenreinigung erzielt, so daß der PCB-Gehalt leicht unter 100ppm gesenkt werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Lösungsmittel in einer ersten Arbeitsstufe auf der Umgebungstemperatur von 15 bis 25° Celsius gehalten, in einer sich anschließenden zweiten Arbeitsstufe auf eine mittlere Temperatur erhitzt, die ungefähr in der Mitte zwischen der Endtemperatur und der Umgebungstemperatur liegt, und in einer dritten Arbeitsstufe auf die Endtemperatur erhitzt. Hierbei macht die erste Arbeitsstufe ungefähr 10 bis 30% der Dauer der Erhitzung aus,

35

die zweite Arbeitsstufe ungefähr 20 bis 35% der Dauer  
und die dritte Arbeitsstufe ungefähr 70 bis 35% der Dauer. Durch dieses Vorgehen werden zunächst bei niedriger Temperatur des Lösungsmittels die Oberfläche und jene Poren des Isolierteils gereinigt, die nahe der Oberfläche des Isolierteils liegen. Hierzu ist nur die Umgebungstemperatur von ungefähr 15 bis 25° Celsius sowie die angegebene Reinigungszeit erforderlich. In der zweiten Arbeitsstufe werden die Poren des Isolierteils gereinigt, die tiefer im Isolierteil angeordnet sind, insbesondere bis ungefähr 1/4 bis 1/3 der Dicke des Isolierteils. Die dritte Arbeitsstufe erfaßt die restlichen, noch tieferliegenden Poren des Isolierteils, so daß am Ende des gesamten Reinigungsvorgangs das Isolierteil frei ist von PCB-haltigem Isoliermittel oder höchstens noch einen Anteil von 100 ppm aufweist.

Um die Wirksamkeit des Lösungsmittels zu steigern empfiehlt es sich, daß der Gehalt an PCB des Lösungsmittels vorzugsweise ständig erfaßt wird, und daß beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes an PCB das Lösungsmittel gegen PCB-freies Lösungsmittel ausgetauscht wird. Hierbei sind als Grenzwerte für den Gehalt an PCB in der ersten Arbeitsstufe 5000 ppm, in der zweiten Arbeitsstufe 500 ppm und in der dritten Arbeitsstufe 70 ppm vorgesehen. Durch diese Maßnahme wird die Aufnahmefähigkeit des Lösungsmittels für PCB weitgehend ausgenutzt, ohne das Lösungsmittel oft austauschen zu müssen.

Für eine besonders einfache Aufheizung und Kühlung des Lösungsmittels ist es empfehlenswert, daß das Lösungsmittel im Kreislauf durch das Bad und mindestens einen Wärmetauscher zirkuliert. Hierbei wird das Lösungsmittel unterhalb des Flüssigkeitsspiegels durch mindestens eine

Düse in das Bad eingeführt und der Flüssigkeitsstrahl auf das Isolierteil ausgerichtet. Hierdurch wird die Isolierflüssigkeit, die aus den Poren austritt, sehr rasch abgeführt, insbesondere dann, wenn das Lösungsmittel mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 1m pro Sekunde in das Bad eingeführt wird.

Besonders empfehlenswert ist es, daß das Isolierteil zusammen mit jenem Bauelement, an dem das Isolierteil befestigt ist, in das Bad eingebracht wird. Es werden also die elektrischen Spulen, Kondensatorwickel oder die ganzen elektrisch aktiven Innenteile der elektrischen Geräte zusammen mit den Isolierteilen, die in diesen Spulen oder Kondensatorteilen vorhanden sind, in das Bad eingebracht und der Reinigung unterworfen. Hierdurch werden nicht nur die Poren der Isolierteile von PCB-haltiger Isolierflüssigkeit gereinigt, sondern auch haarfeine Spalte zwischen den Isolierteilen und den angrenzenden Spulen- oder Kondensatorteilen von der PCB-haltigen Isolierflüssigkeit befreit. Zusätzlich entfällt die zeitbeanspruchende Entfernung der Isolierteile aus den Spulen oder Kondensatorteilen.

Weitere Vorteile und Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus der folgenden Beschreibung einer Anlage hervor, die für die Durchführung des Verfahrens geeignet ist und die in den Zeichnungen schematisch dargestellt ist.

Hierbei zeigt:

30 Fig. 1 das vereinfachte Schaltschema einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens,

Fig. 2 eine elektrische Spule eines Transformators oder einer Drossel als Einzelheit,

- Fig. 3 den flachen Wickel eines elektrischen Kondensators als Einzelheit,  
Fig. 4 den Gegenstand der Fig. 3 in Ansicht aus Richtung IV und  
Fig. 5 einen Ausschnitt aus Fig. 4 in starker Vergrößerung.

Gemäß Fig. 1 weist die Anlage einen würfelförmigen Behälter 10 auf, der für die Aufnahme des Lösungsmittels vorgesehen ist. An sämtlichen vertikalen Seitenwänden des Behälters 10 ist eine Vielzahl von Ultraschallköpfen 12 angeordnet. Ebenso ist der ebene Boden 14 des Behälters mit einer Vielzahl von Ultraschallköpfen 16 versehen. Da in Fig. 1 der Behälter 10 im zentralen Vertikalschnitt dargestellt ist, sind nur die linke Seitenwand 18, die rechte Seitenwand 20, der Boden 14 sowie die Rückwand 22 zu erkennen. Der besseren Übersicht wegen sind die an der Rückwand 22 angeordneten Ultraschallköpfe nicht eingezeichnet. Jeder der Ultraschallköpfe 12, 16 ist durch eine elektrische Leitung 27 mit einem Ultraschall-Generator 24 verbunden. Der Übersicht wegen ist in Fig. 1 nur eine einzige dieser Leitungen 27 eingezeichnet, obwohl jeder der Ultraschallköpfe an einen Ultraschallgenerator angeschlossen ist. Den oberen Abschluß des Behälters 10 bildet ein Deckel 26.

Im Behälter 10 ist ein Flüssigkeitsraum 28 für das Lösungsmittel vorgesehen, sowie ein darüber angeordneter Ausdehnungsraum 30, der frei ist von Lösungsmittel und dessen Höhe ungefähr 10 bis 20% der Höhe des Behälters 10 ist. Der Flüssigkeitsraum 28 bildet das Bad für die Isolierteile.

Im Flüssigkeitsraum 28 ist ein Käfig 32 vorgesehen, der aus einzelnen Metallstäben 34 zusammengesetzt ist. Die



Abstände der Metallstäbe sind so gewählt, daß Ultra-  
schallwellen ungehindert in den Käfig eindringen können.  
Dieser Käfig 32 ist für die Aufnahme der Isolierteile  
vorgesehen, die gereinigt werden sollen. Der Käfig 32  
befindet sich ungefähr im Zentrum des Flüssigkeitsraums  
5 28 und weist zu den seitlichen Ultraschallköpfen 12 und  
zu den unteren Ultraschallköpfen 16 ungefähr gleichen  
Abstand auf. Der Käfig 32 weist an seinem offenen oberen  
Ende einen Henkel 36 auf, der mit einer vertikal verlau-  
fenden geraden Stange 38 verbunden ist. Die Stange 38  
10 erstreckt sich durch eine Öffnung 39 des Deckels 26 in  
den Außenraum 40. Dort ist die Stange 38 in einem Lager-  
bock 42 derart geführt, daß sich die Stange in vertika-  
ler Richtung leicht bewegen läßt und gleichzeitig eine  
Drehbewegung möglich ist. Der Lagerbock 42 ist z.B. an  
15 einem Gehäuse- oder Gebäudeteil 45 befestigt, das ange-  
deutet ist. Die Stange 38 ist mit Zähnen 43 versehen, in  
die die Zähne eines Zahnrades 44 eingreifen, wobei die  
Drehachse des Zahnrades 44 horizontal verläuft. Das  
Zahnrad 44 ist mit einem nicht dargestellten Antrieb  
20 versehen. Dieser Antrieb versetzt das Zahnrad 44 ab-  
wechselnd in eine Linksdrehung und eine Rechtsdrehung,  
wobei die Drehbewegung ungefähr nur  $1/4$  bis  $1/2$  einer  
vollen Umdrehung ausmacht. Mit anderen Worten bedeutet  
dies, daß durch die hin- und hergehende Drehbewegung des  
25 Zahnrades 44 die Stange 38 und somit der Käfig 32 fort-  
laufend in eine Auf- und Abbewegung versetzt werden.  
Hierbei ist die Drehbewegung des Zahnrades 44 so ge-  
wählt, daß der Käfig 32 eine Auf- und Abbewegung mit  
einer Geschwindigkeit von 0,02 bis 0,5 Meter pro Sekun-  
30 de, vorzugsweise 0,05 bis 0,15 Meter pro Sekunde im  
Flüssigkeitsraum 28 ausführt.

Am oberen Ende der Stange 38 ist noch ein weiteres Zahn-  
rad 46 auf der Stange 38 angeordnet. Hierbei ist die

Stange in der Nabe des Zahnrades 46 in vertikaler Richtung bewegbar, so daß bei einer Auf- und Abbewegung der Stange 38 die Lage des Zahnrades 46 unbeeinflusst bleibt. Die Verbindung des weiteren Zahnrades 46 mit der Stange 38 ist jedoch so ausgebildet, daß Drehbewegungen des Zahnrades 46 auf die Stange 38 übertragen werden. Dies wird am besten dadurch erreicht, daß die Stange 38 im Bereich des weiteren Zahnrades 46 einen quadratischen Querschnitt aufweist, der mit dem entsprechend geformten Querschnitt der Zahnradnabe zusammenarbeitet.

10

Das weitere Zahnrad 46 wird von einem dritten Zahnrad 48 angetrieben, das auf der Welle eines Elektromotors 50 angeordnet ist. Die Drehzahl des Elektromotors 50 sowie die Übersetzung der Zahnräder 46,48 ist nun so gewählt, daß die Stange 38 und somit der Käfig 32 durch den Elektromotor in Drehung versetzt werden, wobei die Umdrehungsgeschwindigkeit so gewählt ist, daß der Käfig 32 an der Peripherie eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,02 bis 0,5 Meter pro Sekunde, vorzugsweise 0,05 bis 0,15 Meter pro Sekunde ausführt.

20

Die Ultraschallköpfe 12,16 sind im Behälter 10 an den Wänden so angeordnet, daß der von den Ultraschallköpfen abgegebene Ultraschall den Käfig 32 trifft. Zwischen den einzelnen seitlichen Ultraschallköpfen 12 sind horizontal verlaufende Düsen 52 vorgesehen, zwischen den unteren Ultraschallköpfen 16 sind vertikal verlaufende Düsen 54 angeordnet. Die Düsen 52,54 sind von außen in den Flüssigkeitsraum 28 eingeführt und münden dort zwischen den Ultraschallköpfen. Die Ausströmrichtung der Düsen 52,54 ist auf den Käfig 32 ausgerichtet.

30

Am Boden 14 des Behälters sind am Rand, an dem keine Ultraschallköpfe vorgesehen sind, wenigstens zwei Rohr-

35

leitungen 56 angeschlossen, die sich im Punkt 60 zur Rohrleitung 62 vereinen. Ausgehend vom Punkt 60 sind in die Rohrleitung 62 eine Pumpe 58, ein Schmutzfilter 64 sowie ein Wärmetauscher 66 eingeschaltet. Der Wärmetauscher 66 weist ein Gehäuse 68 auf, in dem eine Heizschlange 70 und eine Kühlschlange 72 angeordnet ist, so daß das durchströmende Lösungsmittel wahlweise geheizt oder gekühlt werden kann. Der Heizschlange 70 wird durch die Leitung 74 ein Heizmedium, vorzugsweise Heizwasser, zugeführt und durch die Leitung 76 abgeführt. Durch die Leitung 78 wird der Kühlschlange 72 ein Kühlmittel, vorzugsweise Kühlsole, zugeführt, das nach Wärmeaufnahme durch die Leitung 80 abgeführt wird. In vielen Fällen ist es zweckmäßig, eine elektrische Heizschlange vorzusehen.

15

Nach dem Wärmetauscher 66 teilt sich die Rohrleitung 62 in die Rohrleitungen 82 und 84 auf. Die Rohrleitung 82 führt zu den drei Düsen 52 der linken Seitenwand 18, die Rohrleitung 84 führt zu den drei Düsen 52 der rechten Seitenwand 20 des Behälters 10. Der Übersicht wegen sind in Fig. 1 jene Leitungen nicht eingezeichnet, die zu den drei Düsen der Rückwand 22 und Vorderseite des Behälters 10 führen. An die Rohrleitung 82, die zu den Düsen 52 der linken Seitenwand 18 führt, ist noch eine Rohrleitung 86 angeschlossen, die zu den drei Düsen 54 des Bodens 14 führt.

Anstelle des externen Wärmetauschers 66 kann es in vielen Fällen zweckmäßig sein, eine Kühlschlange 88 und eine Heizschlange 90 unmittelbar im Bodenbereich des Flüssigkeitsraums 28 vorzusehen und durch angedeutete Leitungen mit einem Heizmittel bzw. Kühlmittel zu versorgen.

35

An die Rohrleitung 62 ist, in Strömungsrichtung gesehen, vor der Pumpe 58 eine Rohrleitung 92 angeschlossen, die über eine Pumpe 94 und ein Schmutzfilter 96 zu einem ersten Speicherbehälter 98 führt. Der erste Speicherbe-  
5 hälter 98 ist in der Lage, das gesamte Lösungsmittel des Flüssigkeitsraums 28 aufzunehmen. Der erste Speicherbe- hälter 98 ist durch eine Rohrleitung 100 mit einer Auf- bereitungsanlage 102 verbunden, in der das im Lösungs- mittel enthaltene PCB sowie die Isolierflüssigkeit vom  
10 Lösungsmittel abgetrennt und durch die Leitung 104 abgeführt wird. Vorzugsweise wird die durch die Leitung 104 abgeführte PCB-haltige Isolierflüssigkeit einer Ver- brennung zugeführt.

Für die Abfuhr des PCB-freien Lösungsmittels aus der  
15 Aufbereitungsanlage 102 ist die Rohrleitung 140 vorgese- hen, die in einen zweiten Speicherbehälter 106 mündet. Der zweite Speicherbehälter 106 ist schließlich noch durch eine Rohrleitung 108 mit dem Ausdehnungsraum 30  
20 des Behälters 10 verbunden. Der Rauminhalt des zweiten Speicherbehälters 106 ist mindestens gleich dem Raumin- halt des Flüssigkeitsraumes 28.

Von der Rohrleitung 84 führt eine Entnahmeleitung 110 zu  
25 einem Analysegerät 112 für PCB. Vom Analysegerät 112 führt noch eine Leitung 114 zur Leitung 84 zurück und mündet dort stromabwärts der Anschlußstelle der Ent- nahmeleitung 110.

30 Die ermittelten PCB-Werte werden durch eine elektrische Leitung 116 in ein elektrisches Regelgerät 118 einge- geben, welches den Prozeßablauf steuert. An einen ande- ren Eingang des Regelgerätes 118 ist ein elektrischer

Temperaturfühler 120 durch eine elektrische Leitung 122 angeschlossen. Der Temperaturfühler 120 ist zwischen der Pumpe 58 und dem Schmutzfilter 64 in der Rohrleitung 62 angeordnet.

- 5 In der Rohrleitung 108 ist ein elektrisch betätigtes Regel- und Absperrorgan 124 angeordnet, das über eine elektrische Leitung 126 mit einem Ausgang des Regelgeräts 118 verbunden ist. Ebenso ist in die Rohrleitung 92 stromaufwärts der Pumpe 94 ein elektrisches Regel- und
- 10 Absperrorgan 128 eingefügt und durch eine elektrische Leitung 130 mit einem Ausgang des Regelgeräts 118 verbunden. Auch ist in den Leitungen 74 und 78 jeweils ein elektrisches Regel- und Absperrorgan 132 bzw. 134 angeordnet, und jeweils durch eine elektrische Leitung 136
- 15 bzw. 138 mit einem Ausgang des Regelgeräts 118 verbunden.

Aus dem elektrischen Gerät, wie Transformator, Drossel oder Kondensator, das außer Betrieb genommen worden ist

20 und verschrottet werden soll, wird die PCB-enthaltende Isolierflüssigkeit entfernt und das Gerät mit einem Lösungsmittel für PCB ausgespült, so daß das Gerät grob gereinigt ist. Dann werden aus dem elektrischen Gerät die elektrischen Spulen bzw. Kondensatorteile ausgebaut

25 und gegebenenfalls die porösen Isolierteile entfernt. Für die porentiefe Reinigung dieser Isolierteile wird vom Behälter 10 der Deckel 26 entfernt und dann der Käfig 32 mit Hilfe des Zahnrades 44 soweit nach oben bewegt, daß der Käfig 32 sich oberhalb des Flüssigkeits-

30 raums 28 befindet. Dann werden die Teile, die von der PCB-haltigen Isolierflüssigkeit befreit werden sollen, in den Käfig 32 eingefüllt. Anschließend wird der Flüssigkeitsraum 28 und der zweite Speicherbehälter 106 mit

dem Lösungsmittel für PCB angefüllt, wobei dieses Lösungsmittel Raumtemperatur aufweist und praktisch frei ist von PCB. Nach dem Absenken des Käfigs 32 in das im Flüssigkeitsraum 28 enthaltene Lösungsmittel-Bad wird der Deckel 26 geschlossen und die Zahnräder 44 und 48 in Bewegung gesetzt, so daß der Käfig 23 sich in vertikaler Richtung hin- und herbewegt und gleichzeitig eine Drehbewegung ausführt.

Die Ultraschallgeneratoren 24 werden jetzt eingeschaltet, so daß Ultraschallwellen von den an den Ultraschallgenerator angeschlossenen Ultraschallköpfen 12,16 ausgehen und die im Käfig 32 vorhandenen Isolierteile sowie das Lösungsmittel beaufschlagen. Die Frequenz des Ultraschalles beträgt vorzugsweise 20 bis 30 kHz. Die Ultraschallenergie, die den Ultraschallköpfen von den Ultraschallgeneratoren insgesamt zugeführt wird, beträgt 20 bis 80 Watt pro Liter Lösungsmittel des Flüssigkeitsraums 28, vorzugsweise ungefähr 30 bis 40 Watt pro Liter. Da die Pumpe 58 in Betrieb ist, wird durch die Rohrleitungen 56 Lösungsmittel vom unteren Bereich des Flüssigkeitsraums 28 abgezogen, im Filter 64 von Schmutzteilen befreit und durch den Wärmetauscher 66, der zunächst nicht beheizt oder gekühlt ist, zu den Rohrleitungen 82 und 84 geführt, die das Lösungsmittel zu den Düsen 52 und 54 leiten. Aus den Düsen strömt das Lösungsmittel mit einer Geschwindigkeit von 0,2 bis 1m pro Sekunde in den Flüssigkeitsraum 28 und beaufschlagt den Käfig 32 und die darin enthaltenen Isolierteile. Dieser Betriebszustand, der bei Umgebungstemperatur des Lösungsmittels erfolgt, dauert ungefähr 3 Minuten, wobei infolge der Bewegung des Käfigs 32 und die durch die Düsen 52,54 ausgelöste starke Strömung in Verbindung mit der Beaufschlagung durch Ultraschall eine Reinigung der Oberflächen und jener Poren der Isolierteile erreicht wird, die sich in der Nähe der Oberfläche befinden.

Während dieses Betriebsvorganges wird ein Teilstrom des zirkulierenden Lösungsmittels aus der Rohrleitung 84 durch die Entnahmeleitung 110 entnommen und der PCB-Gehalt des Lösungsmittels im Analysegerät 112 erfaßt. Nach  
5 der Messung wird die Probemenge durch die Leitung 114 in die Rohrleitung 84 zurückgeführt. Überschreitet beim jetzigen Betriebszustand die Konzentration des Lösungsmittels einen Wert von 5000 ppm, so wird dieser Wert durch die elektrische Leitung 116 in das Regelgerät 118  
10 eingegeben. Das Regelgerät 118 öffnet jetzt mit Hilfe der elektrischen Leitung 130 das elektrische Regel- und Absperrorgan 128, das bislang geschlossen war. Gleichzeitig wird ein Öffnungsbefehl durch die elektrische Leitung 126 dem bisher geschlossenen Regel- und Ab-  
15 sperrorgan 124 zugeleitet. Jetzt strömt PCB-freies Lösungsmittel aus dem zweiten Speicherbehälter 106 durch die Rohrleitung 108 in den Flüssigkeitsraum 28, während gleichzeitig PCB-haltiges Lösungsmittel durch die Rohrleitungen 56 und 92 aus dem Lösungsmittelkreislauf ent-  
20 fernt wird. Dieses PCB-haltige Lösungsmittel wird durch die Pumpe 94 und ein Schmutzfilter 96 in den ersten Speicherbehälter 98 geleitet. Von hier aus wird das PCB-haltige Lösungsmittel durch die Rohrleitung 100 der Aufbereitungsanlage 102 zugeführt. Hier wird das PCB  
25 sowie die vom Lösungsmittel aufgenommene Isolierflüssigkeit vom Lösungsmittel abgetrennt und durch die Leitung 104 abgeführt, während das PCB-freie Lösungsmittel durch die Rohrleitung 140 in den zweiten Speicherbehälter 106 transportiert wird. Wird im vorliegenden Fall der Grenz-  
30 wert von 5000 ppm PCB im Lösungsmittel mindestens um 30% unterschritten, so wird dies vom Meßgerät 112 erfaßt und das Regelgerät 118 veranlaßt die Schließung der Regel- und Absperrorgane 124 und 128, so daß kein Lösungsmittel mehr ausgetauscht wird. Vorzugsweise wird das gesamte  
35 Lösungsmittel ausgetauscht.

Nach dem Ende der vorstehend beschriebenen ersten Arbeitsstufe wird vom Regelgerät 118 auf die zweite Arbeitsstufe umgeschaltet, die bezüglich der Bewegung des Käfigs 32 und bezüglich des Lösungsmittelkreislaufs genauso verläuft wie die erste Arbeitsstufe. Zusätzlich wird jedoch durch das Regelgerät 118 das elektrisch betätigte Regel- und Absperrorgan 132 der Leitung 74 geöffnet, so daß die Heizschlange 70 vom Heizmedium beaufschlagt wird. Das Heizmedium, vorzugsweise Heizwasser, wird einem geeigneten Heizkessel entnommen. Die Beheizung des Lösungsmittels im Wärmetauscher 66 erfolgt hierbei auf einen Temperaturwert, der zwischen der Umgebungstemperatur und der Endtemperatur liegt. Als Endtemperatur wird ein Wert betrachtet, der vorzugsweise 10 bis 20° Celsius unter der Siedetemperatur des Lösungsmittels liegt. Die Temperatur des Lösungsmittels wird durch den Temperaturfühler 120 erfaßt und das Meßsignal wird durch die elektrische Leitung 122 an das Regelgerät 118 weitergegeben. Dieses Regelgerät stellt nun den Durchfluß des Heizmediums mit Hilfe des Regel- und Absperrorgans 132 derart ein, daß die gewünschte Lösungsmitteltemperatur eingehalten wird.

Der Grenzwert des PCB-Gehaltes des Lösungsmittel beträgt in der zweiten Arbeitsstufe ungefähr 500 ppm. Überschreitet das Lösungsmittel diesen Gehalt, so wird, wie in der ersten Arbeitsstufe, PCB-freies Lösungsmittel aus dem zweiten Speicherbehälter 106 in den Flüssigkeitsraum 28 geführt und gleichzeitig PCB-enthaltendes Lösungsmittel aus dem Lösungsmittelkreislauf abgezogen und in den ersten Speicherbehälter 98 eingeführt. In der zweiten Arbeitsstufe werden die im Käfig 32 vorhandenen Isolier- teile bis in mittlere Tiefen von PCB-haltiger Isolier- flüssigkeit befreit.



Nach dem Ende der zweiten Arbeitsstufe, die ungefähr 6 Minuten dauert, schaltet das Regelgerät 118 in die dritte Arbeitsstufe um. Hierbei verläuft der Betrieb der Anlage wie in den Arbeitsstufen 1 oder 2, der Unterschied gegenüber den vorangegangenen Arbeitsstufen besteht jedoch darin, daß die dritte Arbeitsstufe ungefähr 21 Minuten dauert und das Lösungsmittel auf eine Endtemperatur erhitzt wird, die ungefähr 5° Celsius unter der Siedetemperatur liegt. Als Grenzwert für den Gehalt an PCB des Lösungsmittels dient jetzt ein Wert von 70 ppm. Wird dieser Wert überschritten, so wird dies vom Meßgerät 112 erfaßt und das Lösungsmittel im Flüssigkeitsraum 28 wird wie in der weiter oben beschriebenen ersten Arbeitsstufe selbsttätig ausgetauscht.

Durch die stufenweise Erhitzung des Lösungsmittels sowie durch die stufenweise Verringerung des höchstzulässigen Grenzwertes für den Gehalt an PCB des Lösungsmittels in Verbindung mit der Beaufschlagung durch Ultraschallwellen und der Lösungsmittelströmung im Flüssigkeitsraum 28 und der Bewegung der Isolierteile mit Hilfe des Käfigs 32 wird eine Entfernung des PCB-haltigen Isoliermittels aus sämtlichen Poren der Isolierteile erzielt. Die Isolierteile gelten daher als PCB-frei und können beliebig weiterverwertet werden, z.B. als Brennmaterial für Feuerungen.

Hierbei bewirkt die Beaufschlagung mit Ultraschallwellen im angegebenen Frequenzbereich eine Steigerung der Reinigungswirkung des Lösungsmittels, so daß die PCB-haltige Isolierflüssigkeit auch aus sämtlichen Poren und aus sämtlichen haarfeinen Spalten entfernt wird. Unterstützt wird die Reinigungswirkung durch die stufenweise Erhit-

zung des Lösungsmittels sowie den Austausch des Lösungsmittels beim Erreichen eines maximalen Wertes. Die Bewegung der Isolierteile im Lösungsmittel mit Hilfe des Käfigs hat zur Folge, daß tote Winkel vermieden sind und sämtliche Bereiche von den Ultraschallwellen getroffen werden. Die kräftige Umströmung der Isolierteile mit Hilfe der Düsen bewirkt, daß die aus den Poren gelöste PCB-haltige Isolierflüssigkeit rasch vom Isolierteil entfernt wird. Das Ende des Reinigungsvorganges ist dann, wenn im Lösungsmittel der Gehalt an PCB nicht mehr über 70 ppm ansteigt. Zu bemerken ist noch, daß das Lösungsmittel im Flüssigkeitsraum 28 unter Umgebungsdruck steht. Hierzu ist der Ausdehnungsraum 30 an jener Stelle mit dem Außenraum 40 verbunden, an der die Stange 38 durch den Deckel 26 geführt ist.

15

Als bevorzugtes Lösungsmittel wird eine der folgenden Flüssigkeiten benutzt:

1. n-Hexan,  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$ , Siedepunkt  $68^\circ$  Celsius,
2. Xylol,  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ , Siedepunkt 135 bis  $145^\circ$  Celsius,
- 20 3. Tetrachlorethylen,  $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$ , Siedepunkt  $121^\circ$  Celsius,
4. Trichlortrifluorethan  $\text{Cl}_2\text{FC}-\text{CClF}_2$ , Siedepunkt  $48^\circ$  Celsius.

In ganz bevorzugter Weise besteht das Lösungsmittel aus einer unter dem Vorgenannten laufenden Nummern 1,2 und 4 genannten Flüssigkeiten. In manchen Fällen ist es zweckmäßig, Gemische der Lösungsmittel zu benutzen. Die angegebenen Siedepunkte beziehen sich auf Umgebungsdruck.

Liegt die Siedetemperatur des flüssigen Lösungsmittels über  $90^\circ$  Celsius, so wird das Lösungsmittel auf eine Endtemperatur erhitzt, die ungefähr 10 bis  $25^\circ$  Celsius unterhalb der Siedetemperatur liegt. Ist die Siedetemperatur des Lösungsmittels unter  $90^\circ$  Celsius, so wird als

35

Endtemperatur für die Erhitzung des Lösungsmittels ein Wert benutzt, der ungefähr 5 bis 10° Celsius unter der Siedetemperatur liegt.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde das unter der Nummer 4 genannte Lösungsmittel benutzt. In der ersten Arbeitsstufe war die Lösungsmitteltemperatur ungefähr 20° Celsius, in der zweiten Arbeitsstufe ungefähr 32° Celsius und in der dritten Arbeitsstufe ungefähr 43° Celsius. Oft ist es zweckmäßig, den Reinigungsvorgang oder auch die Dauer einer Arbeitsstufe auf 60 Minuten auszu dehnen. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn Isolierteile porentief gereinigt werden sollen, die dicker sind als 1cm.

Durch die Zahnräder 44 und 48 kann dem Käfig 32 gleichzeitig eine Hub- und Drehbewegung vermittelt werden. Jedoch ist es auch möglich, nur eines der Zahnräder 44, 48 anzutreiben, so daß der Käfig nur eine Hub- oder Drehbewegung ausführt.

20

Falls die Bewegung des Lösungsmittels im Flüssigkeitsraum zu stark ist, können einige der Düsen 52 oder 54 durch in der Zeichnung nicht dargestellte Absperrorgane abgesperrt werden. Die neben den Düsen angeordneten Ultraschallköpfe 12,16 weisen jeweils einen kreisförmigen Umriß auf.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 werden die Isolierteile von den elektrischen Spulen oder Kondensator-Bauteilen getrennt, dann in den Käfig 32 eingebracht und der Reinigung unterworfen. In vielen Fällen ist es jedoch einfacher, die Isolierteile von den elektrischen Spulen oder Kondensatorteilen nicht zu entfernen, son-

35

dem die Spulen und Kondensatorteile zusammen mit den Isolierteilen in den Flüssigkeitsraum 28 des Behälters 10 einzubringen und insgesamt zu reinigen.

In Fig. 2 ist eine elektrische Spule 142 als Einzelheit 5 gezeigt. Solche Spulen finden in elektrischen Transformatoren und elektrischen Drosseln Verwendung und sind der flüssigen, PCB-haltigen Isolierflüssigkeit ausgesetzt, die zusammen mit den Spulen in einem Transformatorgehäuse bzw. Drosselgehäuse untergebracht ist. Die 10 elektrische Spule 142 weist eine Vielzahl von angedeuteten Windungen 144, z.B. aus Kupferdraht auf. Zwischen die Windungen 144 sind in Fig. 2 nicht dargestellte Isolierteile wie Isolierpapier, Hartpapier, Hartgewebe eingefügt, zusätzlich sind die elektrischen Anschlußleiter 15 146 der Spule mit Isolierpapier 148 umwickelt. Um der elektrischen Spule 142 einen guten Zusammenhalt zu geben, sind kopf- und fußseitig der Windungen 144 Isolierteile in Form von Ringen, Balken oder Rollen aus Isolierholz vorgesehen, mit deren Hilfe die Windungen 144 20 gepreßt werden. In Fig. 2 sind Balken 150 vorgesehen, die durch mindestens zwei Gewindestangen 153 mit Muttern 155 die Spule 142 zusammenpressen. Die Anschlußleiter 146 sind hierbei durch Öffnungen der Balken 150 nach außen geführt.

25

Um den Demontageaufwand bei der Entfernung der PCB-haltigen Isolierflüssigkeit aus den Poren der Isolierteile, das heißt aus den Poren des Isolierpapiers 148 und der Balken 150 zu vermeiden, wird die elektrische Spule 142 30 zusammen mit den Teilen 148, 150 in den Flüssigkeitsraum 28 des Behälters 10 zur Reinigung eingebracht.

Hierzu wird an einem axialen oberen Ende der elektrischen Spule 142 oder der Gewindestangen 153 mit Hilfe

35

einer Halterung 151 eine Stange 238 befestigt, die identisch ausgebildet ist mit der Stange 38 der Fig. 1. Die Stange 238 verläuft hierbei in axialer Richtung der Spule, wie dies aus Fig. 2 eindeutig zu erkennen ist. Jetzt wird in der Anlage gemäß Fig. 1 der Käfig 32 und die  
5 Stange 38 entfernt und stattdessen die mit der Stange 238 versehene elektrische Spule 142 der Fig. 2 in den Flüssigkeitsraum 28 eingebracht. Hierbei wird die Stange 238, genau wie die Stange 38 im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1, durch die Zahnräder 44 und 46 angetrieben.

10

Der Reinigungsvorgang verläuft jetzt wie im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben. Hierbei besteht der große Vorteil, daß außer einer Reinigung der Poren der Isolier-  
teile auch eine Reinigung von haarfeinen Spalten erzielt  
15 wird, die zwischen einzelnen Windungen der Spule oder zwischen den Isolierteilen 146, 150 und den Windungen 144 oder den Anschlußleitern 146 vorhanden sind.

Handelt es sich bei dem elektrischen Gerät um einen  
20 elektrischen Kondensator, so wird der aktive Teil des Kondensators nach der Entfernung aus dem Kondensatorgehäuse, das die Isolierflüssigkeit enthält, auf die gleiche Weise wie im Zusammenhang mit Fig. 2 beschrieben, der Reinigung unterworfen. In Fig. 3 ist der aktive Teil  
25 eines elektrischen Kondensators als Einzelheit dargestellt. Der aktive Teil umfaßt mindestens eine oder mehrere zu einem Rollenpaket 152 aufgewickelte dünne Kondensatorbänder, zwischen die nicht eingezeichnetes Isolierpapier eingefügt ist. Hierzu wird auf Fig. 4  
30 verwiesen. Das Rollenpaket 152 weist axial verlaufende elektrische Anschlußleiter 154 auf, die bereichsweise mit Isolierpapier 156 umgeben und isoliert sind. Zusätzlich sind am Umfang des Kondensator-Rollenpaketes

35

152 mehrere Bandagen 158 vorgesehen. In Fig. 4, die eine  
Ansicht des Kondensator-Rollenpaketes aus Richtung IV  
der Fig. 3 zeigt, erkennt man, daß das Rollenpaket  
ungefähr elliptischen Querschnitt aufweist. Auch sind  
die einzelnen Lagen der aufgerollten Kondensatorbänder  
5 160 mit eingefügtem Isolierpapier angedeutet.

Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus Fig. 4 in sehr starker  
Vergrößerung. Man erkennt die metallischen Kondensator-  
bänder 160, 162, die durch Isolierpapier 164 gegeneinan-  
10 der isoliert sind. Da die Kondensatorbänder dünn und  
daher biegsam sind, sind sie samt Isolierpapier zu einem  
flachen Kondensator-Rollenpaket 152 aufgewickelt. Dies  
ist in Fig. 4 angedeutet.

15 Um das Kondensator-Rollenpaket samt Isolierpapier 156,  
164 im zusammengebauten Zustand von der PCB-haltigen  
Isolierflüssigkeit reinigen zu können, wird das Rollen-  
paket 152 genauso wie die elektrische Spule 142 der Fig.  
2 mit einer axial verlaufenden Stange 338 versehen, die  
20 genauso ausgebildet ist wie die Stange 38 gemäß Fig. 1.  
Dann wird in der Anlage gemäß Fig. 1 die Stange 38 ent-  
fernt und dafür das Kondensator-Rollenpaket 152 samt  
Stange 338 in den Behälter 10 eingebracht, wobei vor-  
teilhaft mehrere Rollenpakete gleichzeitig eingebracht  
25 werden können. Danach übernehmen die Zahnräder 44 und 46  
die Bewegung und den Antrieb der Stange 338, so daß das  
Rollenpaket 152 im Flüssigkeitsraum 28 bewegt wird. Die  
Reinigung und die Beaufschlagung des Rollenpaketes 152  
im Flüssigkeitsraum 28 des Behälters 10 erfolgt nun  
30 genauso, wie es im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert  
wurde. Auch hierbei werden nicht nur die Poren der Iso-  
lierteile 156, 164 von PCB-haltiger Isolierflüssigkeit  
befreit, es werden vielmehr zusätzlich noch jene haar-

feine Spalten gereinigt, die zwischen dem Isolierpapier und den Kondensatorplatten oder den elektrischen Anschlüssen vorhanden sind. Das gleiche gilt für die haarfine Spalte zwischen den Bandagen 158 und dem Außenumfang des Rollenpaketes 152.

5

Auch im vorliegenden Falle ist eine Entfernung der PCB-haltigen Isolierflüssigkeit aus dem Kondensator-Rollenpaket und den Isolierteilen möglich, ohne daß eine Demontage erforderlich ist. Hierdurch wird der Aufwand

10 wesentlich verringert.

Bei den Transformatoren, Drosseln und Kondensatoren, von denen in vorliegender Erfindung die Rede ist, handelt es sich um Geräte, die in elektrischen Stromerzeugungsanlagen und Stromverteilungsanlagen Verwendung finden.

15

Die im Wärmetauscher 66 der Fig. 1 angeordnete Kühlschlange 72 oder die Kühlschlange 88 wird dann in Betrieb genommen, wenn die Temperatur des Lösungsmittels über die jeweils vorgesehene Arbeitstemperatur ansteigen sollte. Ein solcher Temperaturanstieg kann durch die den Ultraschallköpfen zugeführte Ultraschallenergie ausgelöst werden. Darüber hinaus dient die Kühlschlange zur Abkühlung des Lösungsmittels auf Umgebungstemperatur

20

25 nach der Beendigung des Reinigungsvorganges.

30

35

ZPT/P5-Wg/H1

5

Patentansprüche

1. Anwendung eines für die Reinigung eines an der  
10 Oberfläche verschmutzten Bauteils vorgesehenen Reini-  
gungsverfahrens, bei dem das Bauteil unter Einwirkung  
von Ultraschallwellen durch ein die Verschmutzungen  
lösendes, flüssiges Lösungsmittel beaufschlagt wird, für  
die Entfernung einer polychloriertes Biphenyl (PCB)  
15 enthaltenden Isolierflüssigkeit aus den Poren eines po-  
rösen, festen elektrischen Isolierteils, das in einem  
elektrischen Gerät aus der Gruppe der Transformatoren,  
Kondensatoren und Drosseln eingesetzt und von der Iso-  
lierflüssigkeit des Geräts beaufschlagt war und das bei  
20 der Verschrottung des elektrischen Geräts aus dem Gerät  
entnommen worden war, wobei das elektrische Isolierteil  
in einem Bad, das als flüssiges Lösungsmittel mindestens  
eine Komponente aus der Gruppe der aliphatischen, aroma-  
tischen, chlorierten und/oder fluorierten Kohlenwasser-  
25 stoffe enthält, mit einer Relativgeschwindigkeit zwi-  
schen dem elektrischen Isolierteil und dem Lösungsmittel  
von 0.02 bis 0,5 Meter pro Sekunde, vorzugsweise 0,05  
bis 0,15 Meter pro Sekunde, während einer Dauer von 8  
bis 60 Minuten, vorzugsweise 10 bis 30 Minuten, bewegt  
30 wird, wobei die Temperatur des Lösungsmittels, ausgehend  
von der Umgebungstemperatur, auf eine Endtemperatur  
erhitzt wird, die 5 bis 25° Celsius, vorzugsweise 10 bis  
20° Celsius, unter der Siedetemperatur liegt, die das  
Lösungsmittel bei dem Druck aufweist, der im Bad vor-  
35 handen ist, und wobei das Lösungsmittel mit



Ultraschallwellen beaufschlagt wird, die eine Frequenz von 15 bis 40 kHz, vorzugsweise 20 bis 30 kHz, aufweisen.

2. Reinigungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel stufenweise erhitzt wird.

3. Reinigungsverfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel in einer ersten Arbeitsstufe auf Umgebungstemperatur gehalten wird, in einer sich anschließenden zweiten Arbeitsstufe auf eine mittlere Temperatur erhitzt wird, die ungefähr in der Mitte zwischen der Endtemperatur und der Umgebungstemperatur liegt, und in einer dritten Arbeitsstufe auf die Endtemperatur gebracht wird.

4. Reinigungsverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Arbeitsstufe ungefähr 10 bis 30% der Dauer der Erhitzung ausmacht, die zweite Arbeitsstufe ungefähr 20 bis 35% der Dauer und die dritte Arbeitsstufe ungefähr 35 bis 70% der Dauer beträgt.

5. Reinigungsverfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an PCB des Lösungsmittels vorzugsweise ständig erfaßt wird, und daß beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes an PCB das Lösungsmittel gegen PCB-freies Lösungsmittel ausgetauscht wird.

6. Reinigungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Arbeitsstufe als oberer Grenzwert für den Gehalt an PCB ein Wert von 5000 ppm, in der zweiten Arbeitsstufe 500 ppm und in der dritten Arbeitsstufe 70 ppm benutzt wird.

7. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel durch das Bad und mindestens einen Wärmetauscher im Kreislauf geführt wird.

5

8. Reinigungsverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel unterhalb des Flüssigkeitsspiegels durch mindestens eine Düse in das Bad eingeführt und der Flüssigkeitsstrahl auf das Isolierteil ausgerichtet wird.

10

9. Reinigungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel mit einer Geschwindigkeit von 0,2 bis 1 Meter pro Sekunde, vorzugsweise 0,2 bis 0,4 Meter pro Sekunde, in das Bad eingeführt wird.

15

10. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Isolierteil im Bad bewegt wird.

20

11. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Isolierteil zusammen mit dem elektrischen Bauelement, das mit dem Isolierteil versehen ist, in das Bad eingebracht wird.

25

12. Reinigungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein flüssiges Lösungsmittel aus der Gruppe n-Hexan  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$ , Xylol  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ , Tetrachlorethylen  $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$ , 1.1.2-Trichlortrifluorethan  $\text{Cl}_2\text{FC}-\text{CClF}_2$  benutzt wird.

30

35

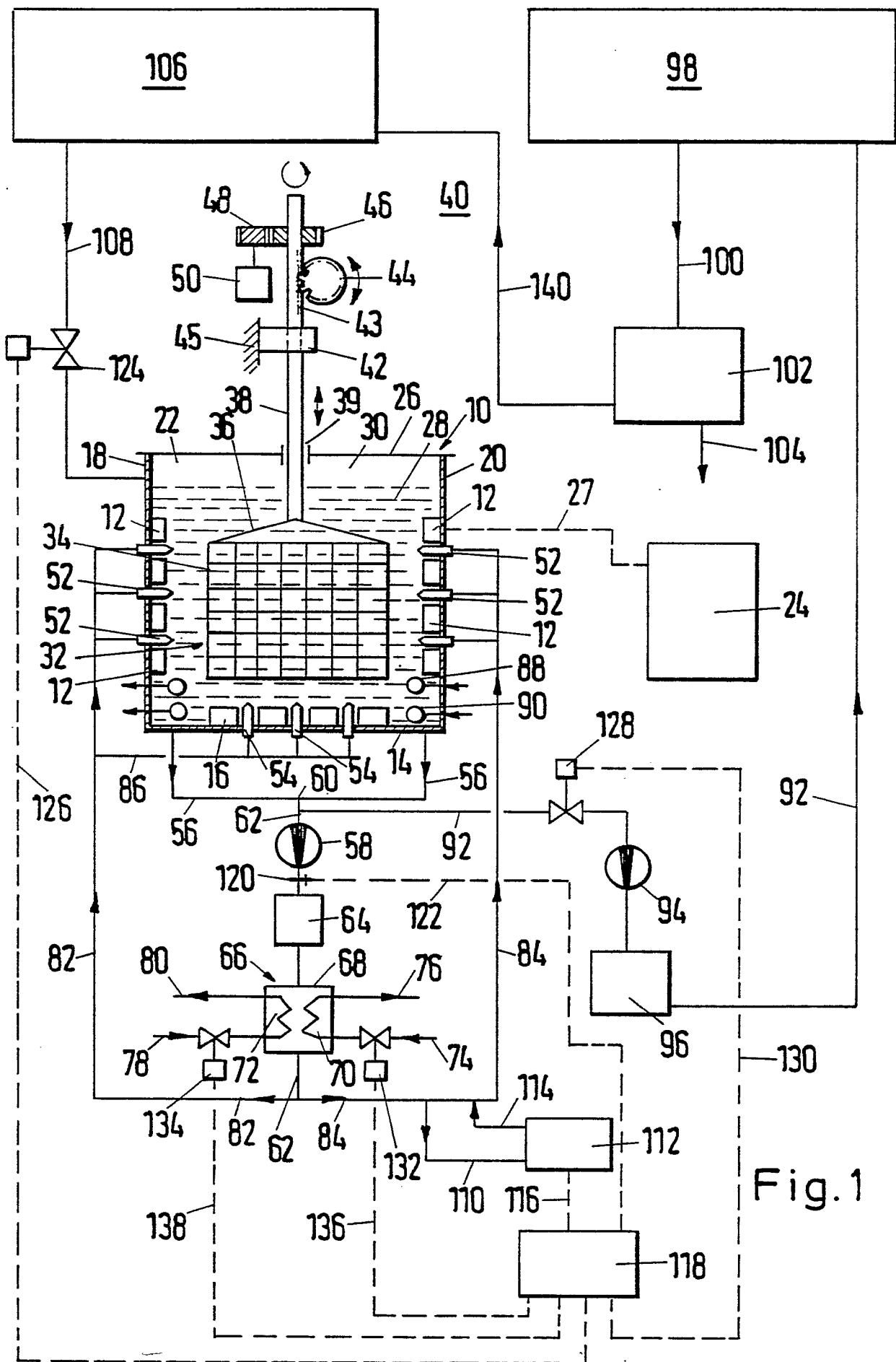


Fig. 1

Fig.2

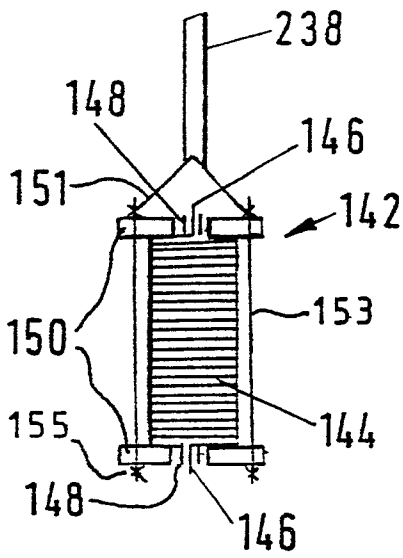


Fig.3

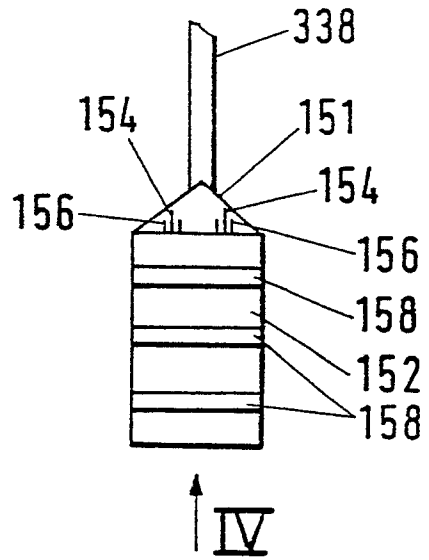


Fig.4



Fig.5

