

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 342 969 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.09.2003 Patentblatt 2003/37**

(51) Int Cl.7: **F26B 3/04**  
// B08B3/04, B08B3/10,  
C23G3/00

(21) Anmeldenummer: **03010727.0**

(22) Anmeldetag: **08.04.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR LI**

(72) Erfinder: **Schwarz, Joachim**  
**72250 Freudenstadt (DE)**

(30) Priorität: **09.04.1997 DE 19714603**

(74) Vertreter: **Bickel, Michael**  
**Westphal - Mussnug & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Mozartstrasse 8**  
**80336 München (DE)**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**98930632.9 / 0 973 620**

(71) Anmelder: **MAFAC ERNST SCHWARZ GmbH &  
Co. KG**  
**72275 Alpirsbach (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 14 - 05 - 2003 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62  
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

**(54) Verfahren und Vorrichtung zur Trocknung von Werkstücken**

(57) Vorrichtung und Verfahren zum Reinigen und Trocknen von Werkstücken in einem Behandlungsbehälter (1), in dem ein Unterdruck erzeugbar ist. Während des Reinigungsprozesses ist in dem Behandlungsbehälter (1) ein Flüssigkeitsbad (50) ausgebildet, welches die Werkstücke wenigstens teilweise umgibt. Über eine Sprüheinheit (8a, 8b) wird während des Reinigungspro-

zesses Reinigungsflüssigkeit und ggf. ein gasförmiges Medium unter Überdruck in den Behandlungsbehälter (1) eingebracht. Durch eine Auf- und Abbewegung oder eine Rotationsbewegung des Werkstückträgers werden die Werkstücke abwechselnd unterschiedlichen Reinigungsprozessen in dem Flüssigkeitsbad (50) und einem oberhalb des Flüssigkeitsbades befindlichen Gasraum (52) zugeführt.

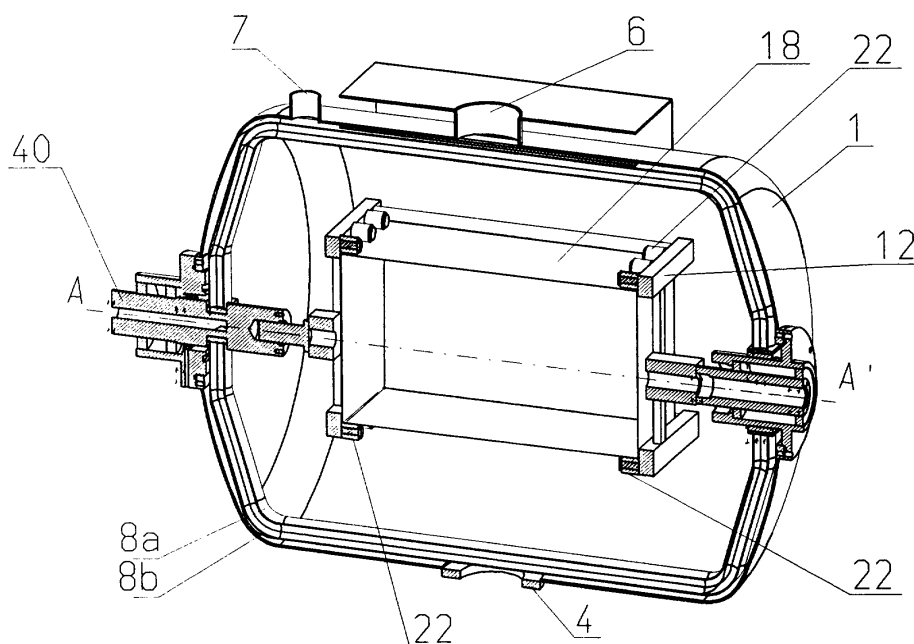


FIG. 2

EP 1 342 969 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Trocknen von Werkstücken.

**[0002]** Die Entfernung von Herstellungsrückständen wie Ölen, Fetten oder Spänen an Werkstücken, die feinste Strukturen mit Bohrungen, Hinterschneidungen, Spalten und anderen Ausnehmungen aufweisen, ist bislang weitgehend Reinigungsverfahren unter Verwendung von Lösungsmitteln vorbehalten. Die Lösungsmittel dienen zum einem dem Lösen von Fett- und Ölrückständen und ermöglichen aufgrund der geringen Oberflächenspannung ein Eindringen der Reinigungsflüssigkeit in kleinste kapillare Ausnehmungen und Spalten. Nachteilig bei derartigen Reinigungsverfahren ist der Einsatz chemischer Lösungsmittel, die eine aufwendige Nachbehandlung oder Entsorgung der Reinigungsflüssigkeit erforderlich machen.

**[0003]** Bislang bekannte Vorrichtungen und Verfahren zu lösungsmittelfreier Reinigung von Werkstücken sind nur sehr unzureichend zur Reinigung von Werkstücken mit filigranen Ausnehmungen und Oberflächenstrukturen geeignet.

**[0004]** Eine Vorrichtung und ein Verfahren zur lösungsmittelfreien Reinigung von Werkstücken ist aus der DE 43 17 862 A1 bekannt. Hierbei werden Werkstücke in einen Waschtank eingebracht, der dann luftdicht verschlossen und in dem ein Unterdruck erzeugt wird. Durch den Unterdruck wird über eine Leitungsverbindung Flüssigkeit in den Waschtank eingesaugt, wobei anschließend Luft in das entstandene Flüssigkeitsbad eingeblasen wird.

**[0005]** Die DE 92 17 047 U1 beschreibt eine Vorrichtung zum Reinigen von Werkstücken, bei der die Werkstücke von einem Waschflüssigkeitsbad umgeben sind, in welches ein gasförmiges Medium unter Überdruck eingeblasen wird. In einem Luftraum oberhalb des Waschflüssigkeitsbades ist ein Unterdruck erzeugbar.

**[0006]** Die DE 37 02 675 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Naßreinigen von Werkstücken, bei welcher mittels eines Flüssigkeitsstrahls eine Turbulenzströmung in einem Tauchbad erzeugt wird, in welchem die Werkstücke zur Reinigung angeordnet sind.

**[0007]** Die bekannten Vorrichtungen und Verfahren besitzen den Nachteil, daß sie zur Reinigung von Werkstücken mit kleinsten Oberflächenstrukturen und insbesondere zur Reinigung von sehr kleinen Werkstücken, die als Schüttgut in die Reinigungsbehälter eingebracht werden, wenig effektiv sind.

**[0008]** Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Reinigung von Werkstücken zur Verfügung zu stellen, mit der eine zuverlässige Reinigung auch kleinster Werkstücke und von Werkstücken mit filigranen Oberflächenstrukturen möglich ist, die auf Basis wäßriger Reinigungsflüssigkeiten ohne Zusatz von Lösungsmitteln zuverlässig arbeitet und bei der sich insbesondere die oben genannten Nachteile nicht ergeben.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Reinigung von Werkstücken erreicht, die die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist.

**[0010]** Danach besitzt die Vorrichtung einen Behandlungsbehälter, in dem ein Werkstückträger zur Aufnahme der zu reinigenden Werkstücke angeordnet ist. Im Inneren des Behandlungsbehälters, der einem regelbaren Flüssigkeitsablauf aufweist und in dem ein Unterdruck erzeugbar ist, ist eine Sprüheinheit mit Auslaßdüsen zur Abgabe von Reinigungsflüssigkeit und/oder eines gasförmigen Mediums angeordnet. Der Werkstückträger und/oder die Sprüheinheit sind zudem drehbar in dem Behandlungsbehälter angeordnet.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht eine zuverlässige Reinigung selbst kleinster Werkstücke bei Entfernung von Fett- und Ölrückständen aus kleinsten Aussparungen und Öffnungen. Hierzu wird in dem Behandlungsbehälter ein Flüssigkeitsbad erzeugt, welches die von dem Werkstückträger gehaltenen Werkstücke wenigstens teilweise umgibt. Parallel zum Erzeugen eines Unterdruckes im Bereich oberhalb des Flüssigkeitsbades mittels einer an eine erste Absaugöffnung angeschlossenen Vakuumpumpe werden über die Sprüheinheit Reinigungsflüssigkeit und gegebenenfalls ein gasförmiges Medium in das Flüssigkeitsbad und den Bereich oberhalb des Flüssigkeitsbades eingebracht. Im Bereich oberhalb des Flüssigkeitsbades kommt es bei Auftreffen der von der Sprüheinheit abgegebenen Reinigungsflüssigkeit auf die Werkstücke zu Spontanverdampfungen, wobei Gasteilchen aufgrund der hierbei freiwerdenden Energie mit hoher Geschwindigkeit auf die Werkstücke prallen und einen beachtlichen Reinigungseffekt erzielen. Im Flüssigkeitsbad kommt es durch die unter Überdruck eingebrachte Reinigungsflüssigkeit und das gegebenenfalls eingebrachte gasförmige Medium zu Verwirbelungen und Kavitationseffekten, die explosionsartige Absprengungen von fest haftenden Verunreinigungen und von Verschmutzungen in kapillaren Einschlüssen der Werkstücke bewirken. Durch Rotieren oder periodisches Heben und Senken des Werkstückträgers werden die Werkstücke permanent den unterschiedlichen Reinigungsprozessen im Flüssigkeitsbad und oberhalb des Flüssigkeitsbades zugeführt und passieren dabei den besonders reinigungsaktiven Grenzflächenbereich zwischen Flüssigkeitsbad und darüberliegendem Unterdruckbereich.

**[0012]** Zur Aufrechterhaltung eines wenigstens annäherungsweise konstanten Flüssigkeitspegelstandes trotz dauernden Einbringens von Reinigungsflüssigkeit ist der regelbare Flüssigkeitsablauf vorgesehen, über den pro Zeiteinheit eine der neu zugeführten Flüssigkeitsmenge entsprechende Flüssigkeitsmenge abläuft. Der Flüssigkeitsablauf weist hierzu vorzugsweise ein Ventil auf, welches periodisch geöffnet und geschlossen wird.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt zudem den Vorteil, daß sie neben dem Reinigen von Werkstücken auch zur Trocknung der gereinigten Werkstücke

ke verwendet werden kann.

**[0014]** Hierzu wird nach Ablaufen der Reinigungsflüssigkeit bzw. des Flüssigkeitsbades ein gasförmiges Medium unter Überdruck über die Auslassdüsen der Sprüheinheit in den Behandlungsbehälter eingebracht, wobei der auf die Werkstücke auftreffende Gasstrahl an den Werkstücken anhaftende Flüssigkeitsreste entfernt, die abgesaugt werden. Die Absaugung erfolgt vorzugsweise durch die Vakuumpumpe oder über eine weitere, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehene weitere Absaugvorrichtung, die an eine zweite Absaugöffnung des Behandlungsbehälters angeschlossen ist. Die weitere Absaugvorrichtung dient insbesondere dazu, unmittelbar nach dem Reinigungsprozeß die in dem Behandlungsbehälter befindlichen Flüssigkeitsdämpfe schnell abzusaugen. Ein durch die Vakuumpumpe in dem Behandlungsbehälter erzeugter Unterdruck beschleunigt die Verdampfung der durch die Gasstrahlen von den Werkstücken entfernten Flüssigkeitsreste. Durch Drehen der Sprüheinheit in dem Behandlungsbehälter werden die Werkstücke von ständig wechselnden Seiten mit Gasstrahlen beaufschlagt, um eine möglichst vollständige Trocknung zu bewirken. Durch gleichzeitiges Drehen des Werkstückträgers erfolgt, insbesondere bei Schüttgut, eine ständige Durchmischung der Werkstücke, so daß im Verlauf des Trocknungsprozesses alle Werkstücke den Gasstrahlen ausgesetzt werden.

**[0015]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0016]** Vorteilhafterweise weist der Behandlungsbehälter außen angebrachte Heizvorrichtungen zum Erwärmen des Behandlungsbehälters während des Trocknungsvorganges auf.

**[0017]** Weiterhin ist vorgesehen, Wärmestrahler im Inneren des Behandlungsbehälters anzuordnen, die während des Trocknungsvorganges eine auf die Werkstücke gerichtete Wärmestrahlung abgeben, die unterstützt durch den in dem Behandlungsbehälter bestehenden Unterdruck eine Verdampfung von auf den Werkstücken anhaftenden Flüssigkeitsresten bewirkt. Vorteilhafterweise sind die Wärmestrahler drehbar um den Werkstückträger in dem Behandlungsbehälter angeordnet.

**[0018]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist des weiteren ein Verfahren zur Reinigung von Werkstücken gemäß dem nebengeordneten Patentanspruch 7, welches mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchführbar ist.

**[0019]** Nach dem erfindungsgemäßen Reinigungsverfahren wird in einem Behandlungsbehälter, in dem ein Werkstückträger zur Aufnahme der Werkstücke angeordnet ist, ein Flüssigkeitsbad erzeugt und in dem Behandlungsbehälter in einem Bereich oberhalb des Flüssigkeitsbades ein Unterdruck erzeugt. Der Werkstückträger bzw. die Werkstücke sind hierbei teilweise von dem Flüssigkeitsbad umgeben.

**[0020]** Über Auslaßdüsen einer Sprüheinheit werden

anschließend Reinigungsflüssigkeit und/oder ein gasförmiges Medium unter Überdruck in den Behandlungsbehälter eingebracht, wobei die Flüssigkeitsstrahlen bzw. die Strahlen des gasförmigen Mediums vorzugsweise auf die Werkstücke gerichtet sind. Der Werkstückträger wird während dieses Vorgangs derart in dem Behandlungsbehälter bewegt, daß die Werkstücke abwechselnd Bereiche oberhalb und unterhalb eines Flüssigkeitspegelsstandes des Flüssigkeitsbades passieren, um so abwechselnd den unterschiedlichen Reinigungsprozessen ausgesetzt zu werden, die oberhalb, unterhalb und im Grenzbereich zwischen Flüssigkeitsbad und Unterdruckbereich stattfinden, ausgesetzt zu werden. Die Bewegung des Werkstückträgers kann beispielsweise durch periodisches Heben und Senken oder auch durch Rotation erfolgen.

**[0021]** Vorzugsweise wird der Flüssigkeitspegelstand während des Reinigungsprozesses wenigstens annäherungsweise konstant gehalten, um sicherzustellen, daß die Werkstücke bei Bewegung des Werkstückträgers abwechselnd Bereiche oberhalb und unterhalb des Flüssigkeitspegelsstandes passieren. Die Ausbildung des Flüssigkeitsbades in den Behandlungsbehälter kann durch anfängliches Fluten des Behandlungsbehälters bis auf einen vorgegebenen Flüssigkeitspegelstand erfolgen, wobei dieser Flüssigkeitspegelstand bei Zufließen weiterer Reinigungsflüssigkeit über einen regelbaren Flüssigkeitsablauf annäherungsweise konstant gehalten wird. Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung des Flüssigkeitsbades besteht darin, den Flüssigkeitsablauf zu Beginn des Reinigungsprozesses solange geschlossen zu halten, bis über die Sprüheinheit eine entsprechende Menge Reinigungsflüssigkeit in den Behandlungsbehälter eingebracht wurde.

**[0022]** Flüssigkeitsdämpfe, die sich im Unterdruckbereich oberhalb des Flüssigkeitsbades ausbilden, werden abgesaugt, wobei die Absaugung vorzugsweise über eine zur Erzeugung des Unterdrucks vorgesehene Vakuumpumpe erfolgt. Vorteilhafterweise erfolgt während des Reinigungsprozesses eine Drehung der Sprüheinheit, wobei sich die Auslaßdüsen der Sprüheinheit vorzugsweise gegenläufig zu einer Rotationsbewegung des Werkstückträgers bewegen.

**[0023]** Das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren sieht weiterhin vor, die oben genannten Verfahrensschritte mehrmals hintereinander auszuführen, wobei zwischen den einzelnen Reinigungsprozessen das Flüssigkeitsbad annähernd schlagartig über den Flüssigkeitsablauf abgelassen wird. Durch die hierbei entstehende Sogwirkung wird an den Werkstücken ein weiterer Reinigungseffekt erzielt. Das Ablassen des Flüssigkeitsbades wird durch Erzeugen eines Überdrucks mittels über die Sprüheinheit eingeblasener Druckluft beschleunigt.

**[0024]** Zum Trocknen der Werkstücke im Anschluß an den Reinigungsprozeß ist vorgesehen, die Reinigungsflüssigkeit aus dem Behandlungsbehälter abzulassen und anschließend über Auslaßdüsen einer Sprüheinheit

ein gasförmiges Medium unter Überdruck in den Behandlungsbehälter einzubringen. Die sich bei Auftreffen des gasförmigen Strahls auf die an den Werkstücken anhaftende Flüssigkeit ergebenden Flüssigkeitsdämpfe werden aus dem Behandlungsbehälter abgesaugt. Die Absaugung erfolgt vorzugsweise über eine Vakuumpumpe, wobei ein durch die Vakuumpumpe in dem Behandlungsbehälter erzeugter Unterdruck eine Verdampfung der Flüssigkeitsreste beschleunigt. Der Werkstückträger und/oder die Sprüheinheit werden während des Trocknungsprozesses gedreht, um zum einen bei Schüttgut eine permanente Durchmischung der Werkstücke zu erreichen und zum anderen die Werkstücke aus allen Richtungen dem gasförmigen Strahl auszusetzen. Insbesondere zur Trocknung empfindlicher Werkstücke ist vorgesehen, den Werkstückträger während des Trocknungsvorgangs stationär zu halten und die Sprüheinheit um den Werkstückträger zu rotieren.

**[0025]** Der Trocknungsvorgang kann durch Erwärmung des Behandlungsbehälters mittels innen oder außen angebrachter Heizvorrichtungen beschleunigt werden.

**[0026]** Gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren zur Trocknung von Werkstücken ist vorgesehen, einen Unterdruck in einem Behandlungsbehälter, in dem die Werkstücke von einem Werkstückträger aufgenommen sind, zu erzeugen und weiterhin im Inneren des Behandlungsbehälters eine auf die Werkstücke gerichtete Wärmestrahlung zu generieren. Die energiereiche Wärmestrahlung bewirkt, unterstützt durch den im Behälterinneren ausgebildeten Unterdruck, eine Verdampfung der an den Werkstücken anhaftenden Flüssigkeit. Um die Werkstücke gleichmäßig den Wärmestrahlungen auszusetzen, erfolgt eine Rotation des Werkstückträgers und/oder einer Vorrichtung, an der die Wärmestrahler befestigt sind. Die Flüssigkeitsdämpfe werden aus dem Behälterinneren abgesaugt. Die Absaugung erfolgt vorzugsweise durch die zur Erzeugung des Unterdrucks erforderliche Vakuumpumpe. Gemäß einer Ausführungsform des Trocknungsverfahrens ist vorgesehen, vorzugsweise über Auslaßdüsen einer Sprüheinheit ein gasförmiges Medium unter Überdruck in den Behandlungsbehälter einzubringen. Dies bewirkt zum einen, daß Flüssigkeitsreste von den Werkstücken weggeblasen werden, wobei die Flüssigkeitsreste durch das Vakuum und die zugeführte Wärme verdampfen und die entstehenden Flüssigkeitsdämpfe über die Vakuumpumpe abgesaugt werden. Zum anderen erfolgt durch Einbringen des gasförmigen Mediums eine vorübergehende Abschwächung des Unterdrucks, wodurch die Vakuumpumpe eine verstärkte Sogwirkung im Behälterinneren bewirkt und wodurch die Flüssigkeitsdämpfe schneller aus dem Behälterinneren abgesaugt werden.

**[0027]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung und die erfindungsgemäßen Verfahren werden nachfolgend in Figuren anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

tert. Es zeigen:

Fig. 1 erfindungsgemäße Vorrichtung mit einem zylinderförmigen Behandlungsbehälter im axialen Querschnitt;

Fig. 2 erfindungsgemäße Vorrichtung im axialen Querschnitt in perspektivischer Ansicht;

Fig. 3 erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform mit stationären Wärmestrahlern im radialen Querschnitt;

Fig. 4 erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform mit rotierbaren Wärmestrahlern im radialen Querschnitt;

Fig. 5 erfindungsgemäße Vorrichtung in perspektivischer Ansicht.

**[0028]** In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Teile mit gleicher Bedeutung.

**[0029]** Die wesentlichen Baugruppen der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 4 erläutert, wobei Fig. 3 eine Schnittdarstellung der Vorrichtung entlang der in Fig. 1 eingezeichneten Schnittlinie B-B' ist. Fig. 2 zeigt die in axialer Richtung geschnittene Vorrichtung zudem in perspektivischer Ansicht, wobei Schnittflächen aus Gründen der Übersichtlichkeit schraffiert dargestellt sind.

**[0030]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt einen im wesentlichen zylinderförmigen Behandlungsbehälter 1, der einen regelbaren Flüssigkeitsablauf 4 und eine erste Absaugöffnung 7 zum Anschluß einer Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Unterdrucks im Inneren des Behandlungsbehälters 1 aufweist. Des weiteren ist eine zweite Absaugöffnung 6 zum Anschluß einer weiteren Absaugvorrichtung vorgesehen, die im wesentlichen zum schnellen Absaugen von Flüssigkeitsdämpfen im Anschluß an einen mit der Vorrichtung durchführbaren Reinigungsprozeß dient. Die weitere Absaugvorrichtung bewirkt vorzugsweise einen wesentlich größeren Gasaustausch als die Vakuumpumpe, ist jedoch nicht zur Erzeugung eines Vakuums geeignet.

**[0031]** Im Inneren des Behandlungsbehälters 1 ist ein Werkstückträger 12 zur Aufnahme von Werkstücken angeordnet, wobei der Werkstückträger 12 in dem Behandlungsbehälter 1 drehbar um eine in Längsrichtung verlaufende Achse A-A' gelagert ist. Der Werkstückträger 12 dient zum einen zur Aufnahme einzelner großer Werkstücke und zum anderen zur Aufnahme von Körben 18 mit Schüttgut, wobei die Körbe flüssigkeits- und gasdurchlässig sind. Im Inneren des Behandlungsbehälters 1 befindet sich weiterhin eine Sprüheinheit 8a, 8b zum Einbringen von Reinigungsflüssigkeit oder eines gasförmigen Mediums in das Behälterinnere. Die Sprüheinheit besteht bei den in den Figuren dargestell-

ten Ausführungsbeispielen aus zwei parallel angeordneten im wesentlichen rechteckförmig verlaufenden Rohrschleifen, von denen eine zur Abgabe von Reinigungsflüssigkeit und die anderen zur Abgabe eines gasförmigen Mediums dient. Die beiden Rohrschleifen 8a, 8b weisen jeweils eine Vielzahl von auf den Werkstückträger gerichteten Auslaßdüsen auf. Die aus den beiden Rohrschleifen 8a, 8b gebildete Sprüheinheit ist ebenfalls um die Behälterachse A-A' drehbar gelagert.

**[0032]** Zur Beschickung des Behandlungsbehälters mit Werkstücken ist an einer Seite des Behandlungsbehälters 1 eine verschließbare Zuführöffnung 16 vorgesehen. Der Werkstückträger 12 besitzt eine Anzahl von Rollen, die ein Einfahren des die Werkstücke aufnehmenden Korbes 18 in den Behandlungsbehälter 1 erleichtert.

**[0033]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reinigung von Werkstücken soll nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Vorrichtung erläutert werden. Nach Einbringen des die Werkstücke tragenden Korbes 18 in den Behandlungsbehälter 1 erfolgt ein Fluten des Behandlungsbehälters 1 mit einer Reinigungsflüssigkeit bis auf einen vorgegebenen Flüssigkeitspegelstand 100, 102, wobei der Werkstückträger 12 bzw. der die Werkstücke aufnehmende Korb 18 teilweise von dem Flüssigkeitsbad 50 umgeben ist. In Fig. 1 sind beispielsweise zwei unterschiedliche Flüssigkeitspegelstände eingezeichnet. Es erfolgt eine teilweise Vakuumierung des oberhalb des Flüssigkeitsbades befindlichen Raumes 52 mittels der an die erste Absaugöffnung angeschlossenen Vakuumpumpe. Zudem wird Reinigungsflüssigkeit über die Auslaßdüsen einer der Rohrschleife der Sprüheinheit 8a, 8b unter Überdruck in das Behälterinnere eingebracht, wobei die Zuführung der Reinigungsflüssigkeit von außen über eine zentrale Welle 40 erfolgt, über welche auch der Werkstückträger 12 und die Sprüheinheit 8a, 8b drehbar gelagert sind.

**[0034]** Bei Einbringen der Reinigungsflüssigkeit unter Überdruck in den Behandlungsbehälter 1 ergeben sich im wesentlichen drei unterschiedliche Reinigungsprozesse. Im Raum 52 oberhalb des Flüssigkeitsbades kommt es beim Auftreffen der Flüssigkeitsstrahlen auf die Werkstücke zu explosionsartigen Spontanverdampfungen der Behandlungsflüssigkeit, wobei es durch die freiwerdende Energie zum Ablösen von Verunreinigungen und festhaftenden Belag- und Oberflächenverschmutzungen kommt. Der Druck der Reinigungsflüssigkeit, der vorzugsweise im Bereich von 2,0 bis 15,0 bar liegt, und das in dem Raum 52 ausgebildete Vakuum, vorzugsweise zwischen 0,2 bis 0,6 bar können so aufeinander abgestimmt werden, daß es erst beim Auftreffen der Reinigungsflüssigkeit auf die Werkstücke zu Verdampfungen kommt. Zur Verbesserung des Reinigungseffektes ist die Reinigungsflüssigkeit auf eine Temperatur von ca. 60 bis 85 °C erhitzt. Im Flüssigkeitsbad 50 entwickeln sich durch das Einbringen der Reinigungsflüssigkeit turbulente Unterwasserströmungen, die einen Reinigungseffekt an den Werkstücken hervor-

rufen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über die andere der beiden Rohrschleifen der Sprüheinheit 8a, 8b ein gasförmiges Medium unter Überdruck einzubringen, wobei das gasförmige Medium in dem Flüssigkeitsbad 50 zu zusätzlichen Verwirbelungen beiträgt.

**[0035]** Durch Rotation des Werkstückträgers 12 um die Achse A-A' werden die in dem Korb 18 befindlichen Werkstücke abwechselnd den unterschiedlichen Reinigungsprozessen im Raum 52 oberhalb des Flüssigkeitsbades und in dem Flüssigkeitsbad 50 zugeführt. Ferner werden durch Rotation des Werkstückträgers 12 die Werkstücke der in dem Korb 18 befindlichen Charge permanent durchmischt, um alle Werkstücke während des Reinigungsprozesses den von außen an die Charge angreifenden Reinigungsprozessen auszusetzen. Im Raum 52 oberhalb des Flüssigkeitsbades werden die Werkstücke durch Rotation des Werkstückträgers 12 aus verschiedenen Richtungen mit den aus den Auslaßdüsen austretenden Flüssigkeitsstrahlen beaufschlagt. Die Sprüheinheit 8a, 8b kann hierbei stationär bleiben, wobei ein Teil der Rohrschleifen 8a, 8b oberhalb und ein Teil unterhalb des Flüssigkeitspegelstandes 100, 102 angeordnet ist, um sowohl in dem Raum 52 als auch in das Flüssigkeitsbad 50 Reinigungsflüssigkeit zu injizieren. Vorteilhafterweise wird die Sprüheinheit 8a, 8b während des Reinigungsprozesses gegenläufig zu dem Werkstückträger 18 um die Achse A-A' rotiert.

**[0036]** Die Rotation des Werkstückträgers 12 bewirkt in dem Flüssigkeitsbad 50 eine zusätzliche turbulente Strömung, die den Reinigungseffekt verstärkt. Zudem werden durch die Rotation des Werkstückträgers 12 permanent Gasanteile in das Flüssigkeitsbad 50 eingebracht, die dort als Gasblasen unterschiedlichster Ausprägung Reinigungseffekte an den Werkstücken erzielen.

**[0037]** Als besonders reinigungsaktiv erweist sich bei diesem Verfahren der Grenzbereich zwischen dem Gasraum 52 und dem Flüssigkeitsbad 50. In diesem Übergangsbereich zwischen flüssigem und gasförmigem Aggregatzustand kommt es permanent zu spontanen Verdampfungen und Kondensationen, wobei die Reinigungsflüssigkeit im Übergangszustand zur Gasphase eine maximal reduzierte Oberflächenspannung besitzt, die ein Eindringen der Reinigungsflüssigkeit selbst in kapillare Spalte und Ausnehmungen der Werkstücke ermöglicht. Die Verdampfung der Reinigungsflüssigkeit in diesem Grenzbereich wird durch die auf die Flüssigkeitsoberfläche auftretenden Reinigungsstrahlen verstärkt, die eine permanente Aufwirbelung der Flüssigkeitsoberfläche bewirken.

**[0038]** Die sich in dem Gasraum 52 ansammelnden Flüssigkeitsdämpfe werden über die erste Absaugöffnung 7 durch die Vakuumpumpe während des Reinigungsprozesses permanent abgesaugt. Um den gewünschten Flüssigkeitspegelstand, trotz des permanenten Zulaufes von Reinigungsflüssigkeit über die Sprüheinheit 8a, 8b wenigstens annäherungsweise

konstant zu halten, wird pro Zeiteinheit eine der zufließenden Menge von Reinigungsflüssigkeit entsprechenden Anteil des Flüssigkeitsbades 50 über den Flüssigkeitsablauf 4 abgeleitet. Der Flüssigkeitsablauf 4 weist hierzu ein in den Figuren nicht näher dargestelltes Ventil auf, welches zum Ableiten der Flüssigkeit in regelmäßigen Zeitabständen geöffnet und geschlossen wird. Der permanente Ablauf von Reinigungsflüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbad 50, die durch die über die Sprüheinheit 8a, 8b zugeführte Reinigungsflüssigkeit ersetzt wird, besitzt den Vorteil, daß während des Reinigungsprozesses permanent Schmutz, der sich in dem Flüssigkeitsbad 50 ansammelt, abgeführt wird.

**[0039]** Der beschriebene Reinigungsprozeß wird vorzugsweise mehrere Male hintereinander durchgeführt, wobei zwischen den einzelnen Prozessen das Flüssigkeitsbad 50 sehr schnell wenigstens teilweise über den Flüssigkeitsablauf 4 abgelassen wird, hierdurch entsteht ein starker Sog an den Werkstücken, der an den Werkstücken anhaftende Schmutzreste mitreißt. Das Ablassen des Flüssigkeitsbades 50 wird vorteilhafterweise durch Erzeugen eines Überdruckes mittels über die Sprüheinheit eingebrachter Druckluft beschleunigt.

**[0040]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist des weiteren geeignet, die im Anschluß an den Reinigungsprozeß nassen Werkstücke zu trocknen. Nach Ende des Reinigungsprozesses wird die Reinigungsflüssigkeit über den Flüssigkeitsablauf 4 abgelassen und der Flüssigkeitsablauf 4 geschlossen. Anschließend wird ein gasförmiges Medium, insbesondere Luft, unter Überdruck in den Behandlungsbehälter 1 eingeblasen. Die an den Werkstücken anhaftenden Flüssigkeitsreste werden durch den Gasstrahl weggerissen und verdampfen, wobei der sich bildende Flüssigkeitsdampf vorzugsweise durch die Vakuumpumpe über die erste Absaugöffnung 7 abgesaugt wird. Ein durch die Vakuumpumpe in dem Behandlungsbehälter 1 erzeugter Unterdruck beschleunigt zudem die Verdampfung der von den Werkstücken abgelassenen Flüssigkeitsreste. Durch Rotation des Werkstückträgers 18 werden die Werkstücke permanent durchmischt und von verschiedenen Seiten mit den Gasstrahlen zur Trocknung beaufschlagt. Vorzugsweise rotieren der Werkstückträger 18 und die Rohrschleife 8b gegenläufig um die Achse A-A' des Behandlungsbehälters.

**[0041]** Der Trocknungseffekt wird durch Aufheizen des Behälterinneren verstärkt, wobei die Aufheizung durch außen angebrachte, hier nicht näher dargestellte Heizvorrichtungen oder durch im Behälterinneren angeordnete Wärmestrahler 10a, 10b erzeugt wird. Die Wärmestrahler sind dabei vorzugsweise auf den Werkstückträger 12 bzw. die Werkstücke gerichtet und, wie in den Fig. 1 und 3 dargestellt, als stationäre Wärmestrahler 10a stationär an einer Behälterinnenwand angeordnet oder, wie in Fig. 4 dargestellt, als rotierbare Wärmestrahler 10b an einer parallel zu den Rohrschleifen 8a, 8b der Sprüheinheit angeordneten Rohrschleife 8c angeordnet, die zusammen mit der Sprüheinheit 8a, 8b um

die Achse A-A' des Behandlungsbehälters drehbar gelagert ist. Die Wärmestrahler 10a, 10b sind, wie insbesondere aus Fig. 1 hervorgeht, als langgestreckte Elemente ausgebildet, die sich in axialer Richtung in dem Behandlungsbehälter 1 erstrecken.

**[0042]** Bei besonders empfindlichen Werkstücken besteht die Möglichkeit, den Werkstückträger 12 stationär zu lassen und lediglich die Sprüheinheit 8a, 8b oder die Sprüheinheit 8a, 8b zusammen mit der Rohrschleife 8c für die Wärmestrahler 10b um das Werkstück zu rotieren.

**[0043]** Vor Durchführung des eigentlichen Trocknungsprozesses ist vorgesehen, die von dem Reinigungsprozeß noch in dem Reinigungsbehälter 1 befindlichen Flüssigkeitsdämpfe über die zweite Absaugöffnung 6 abzusaugen. Dies dient zur Beschleunigung des Trocknungsvorganges, da die an die zweite Absaugöffnung 6 angeschlossene Absaugvorrichtung einen größeren Gasaustausch als die Vakuumpumpe ermöglicht.

**[0044]** Die Temperatur des über die Sprüheinheit 8a, 8b eingebrachten gasförmigen Mediums beträgt abhängig von der Temperaturempfindlichkeit der zu trocknenden Werkstücke zwischen 50 und 200 °C, entsprechend variiert der Druck des eingebrachten gasförmigen Mediums zwischen 0,5 bar und 10 bar, wobei im Behälterinneren ein Vakuum zwischen 0,2 bar und 0,6 bar ausgebildet ist.

**[0045]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht zudem ein weiteres Trocknungsverfahren, bei dem eine Trocknung der Werkstücke durch die von den Wärmestrahlern 10a, 10b abgestrahlte Wärmestrahlung im Zusammenhang mit einem im Behälterinneren durch die Vakuumpumpe erzeugten Vakuum erfolgt. Dieses Verfahren ist insbesondere zur Trocknung mechanisch wenig belastbarer Bauteile, wie Elektronikbauteile, geeignet, die bei Verwendung des im vorangegangenen beschriebenen Trocknungsverfahrens durch den hohen Druck der Gasstrahlen zerstört würden.

**[0046]** Die an den Werkstücken anhaftenden Flüssigkeitsreste verdampfen durch die Wärmestrahlung, wobei der Siedepunkt durch das Vakuum stark herabgesetzt ist. Bei stationär angebrachten Wärmestrahlern erfolgt eine Rotation des Werkstückträgers 18, um die Werkstücke von allen Seiten der Wärmestrahlung auszusetzen. Des weiteren besteht bei der in Figur 4 dargestellten Vorrichtung die Möglichkeit, die Wärmestrahler 10b durch die Rohrschleife 8c um den Werkstückträger 18 zu rotieren und den Werkstückträger 18 stationär zu lassen bzw. den Werkstückträger 18 und die Rohrschleife 8c gegenläufig zu rotieren, um die Werkstücke permanent aus verschiedenen Richtungen der Wärmestrahlung auszusetzen.

**[0047]** Der sich im Behälterinneren ausbildende Flüssigkeitsdampf wird über die erste Absaugöffnung 7 und die Vakuumpumpe abgesaugt. Vorzugsweise wird in definierten Zeitabständen kurzzeitig ein gasförmiges Medium, insbesondere Luft, über eine der Rohrschleifen der Sprüheinheit 8a, 8b in das Behälterinnere eingebla-

sen, um den Druck im Behälterinneren kurzzeitig zu erhöhen und das Vakuum damit herabzusetzen. Zur Wiederherstellung des Vakuums wird die eingebrachte Luft über die Vakuumpumpe abgesaugt, wobei durch diesen kurzfristig verstärkten Gasaustausch die Flüssigkeitsdämpfe schneller aus dem Behandlungsbehälter 1 entfernt werden. Die eingebrachte Luft bewirkt weiterhin, daß Flüssigkeitsreste von den Werkstücken weggeblasen werden, um so eine schnellere Verdampfung der anhaftenden Flüssigkeitsreste zu bewirken.

### Bezugszeichenliste

#### [0048]

|          |                                        |  |
|----------|----------------------------------------|--|
| 1        | Behandlungsbehälter                    |  |
| 4        | Flüssigkeitsablauf                     |  |
| 6        | erste Absaugöffnung                    |  |
| 7        | zweite Absaugöffnung                   |  |
| 8a, 8b   | Rohrschleifen mit Auslaßdüsen          |  |
| 8c       | Rotationsvorrichtung für Wärmestrahler |  |
| 10a, 10b | Wärmestrahler                          |  |
| 12       | Werkstückträger                        |  |
| 16       | Zuführöffnung                          |  |
| 18       | Werkstückkorb                          |  |
| 22       | Rollen des Werkstückträgers            |  |

|    |                 |
|----|-----------------|
| 50 | Flüssigkeitsbad |
| 52 | Gasraum         |

100, 102 Flüssigkeitspegelstände

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| A-A' | Achse des Behandlungsbehälters |
| B-B' | Schnittlinie                   |

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung von Werkstücken, das folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Erzeugen eines Unterdrucks in einem Behandlungsbehälter (1), in dem ein Werkstückträger (12) zur Aufnahme der Werkstücke angeordnet ist;
- Erzeugen von auf die Werkstücke gerichteten Wärmestrahlen mittels in den Behandlungsbehälter (1) angeordneter Wärmestrahler (10a, 10b);
- Rotieren des Werkstückträgers (12) und/oder einer die Wärmestrahler (10b) tragenden Vorrichtung (8c) in dem Behandlungsbehälter (1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein gasförmiges Medium unter Überdruck in den Behandlungsbehälter (1) einge-

bracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem Flüssigkeitsdämpfe aus dem Inneren des Behandlungsbehälters (1) abgesaugt werden.

4. Vorrichtung zum Trocknen von Werkstücken, die folgende Merkmale aufweist:

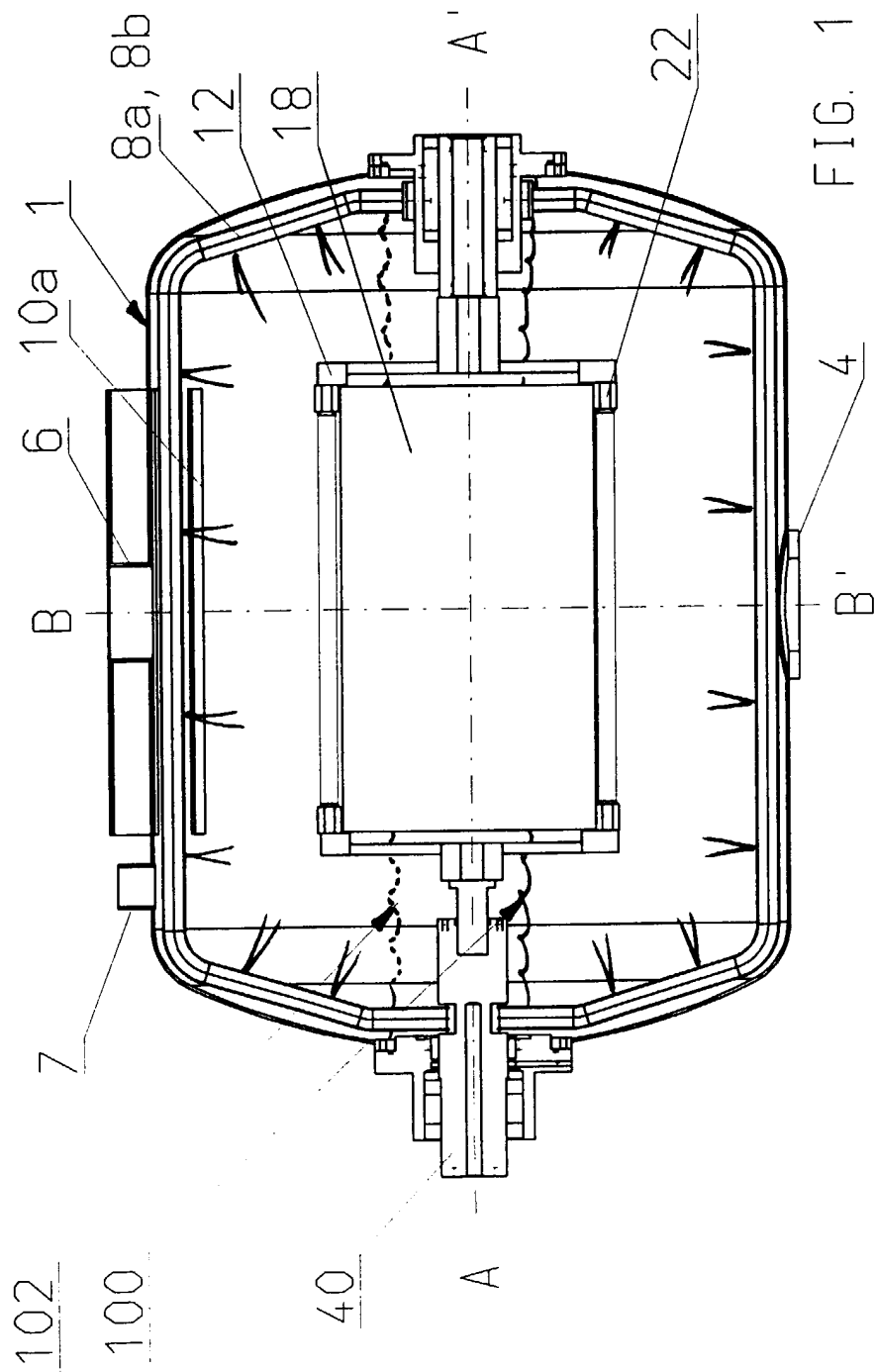
- einen Behandlungsbehälter (1), in dem ein Unterdruck erzeugbar ist;
- einen in den Behandlungsbehälter angeordneten Werkstückträger (12);
- in dem Behandlungsbehälter (1) angeordnete, auf den Werkstückträger (12) gerichtete Wärmestrahler (10a, 10b), wobei die Wärmestrahler (10b) mittels einer
- Drehvorrichtung (8c) drehbar in dem Behandlungsbehälter angeordnet sind und/oder der Werkstückträger (12) drehbar in dem Behandlungsbehälter (1) angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behandlungsbehälter (1) eine erste Absaugöffnung (7) zum Anschluss einer Vakuumpumpe aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, die eine in dem Behandlungsbehälter angeordnete Sprüheinheit (8a, 8b) zum Einbringen eines gasförmigen Mediums in den Behandlungsbehälter aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sprüheinheit (8a, 8b) drehbar in dem Behandlungsbehälter (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behandlungsbehälter (1) eine zweite Absaugöffnung (6) zum Absaugen von Flüssigkeitsdämpfen aufweist.





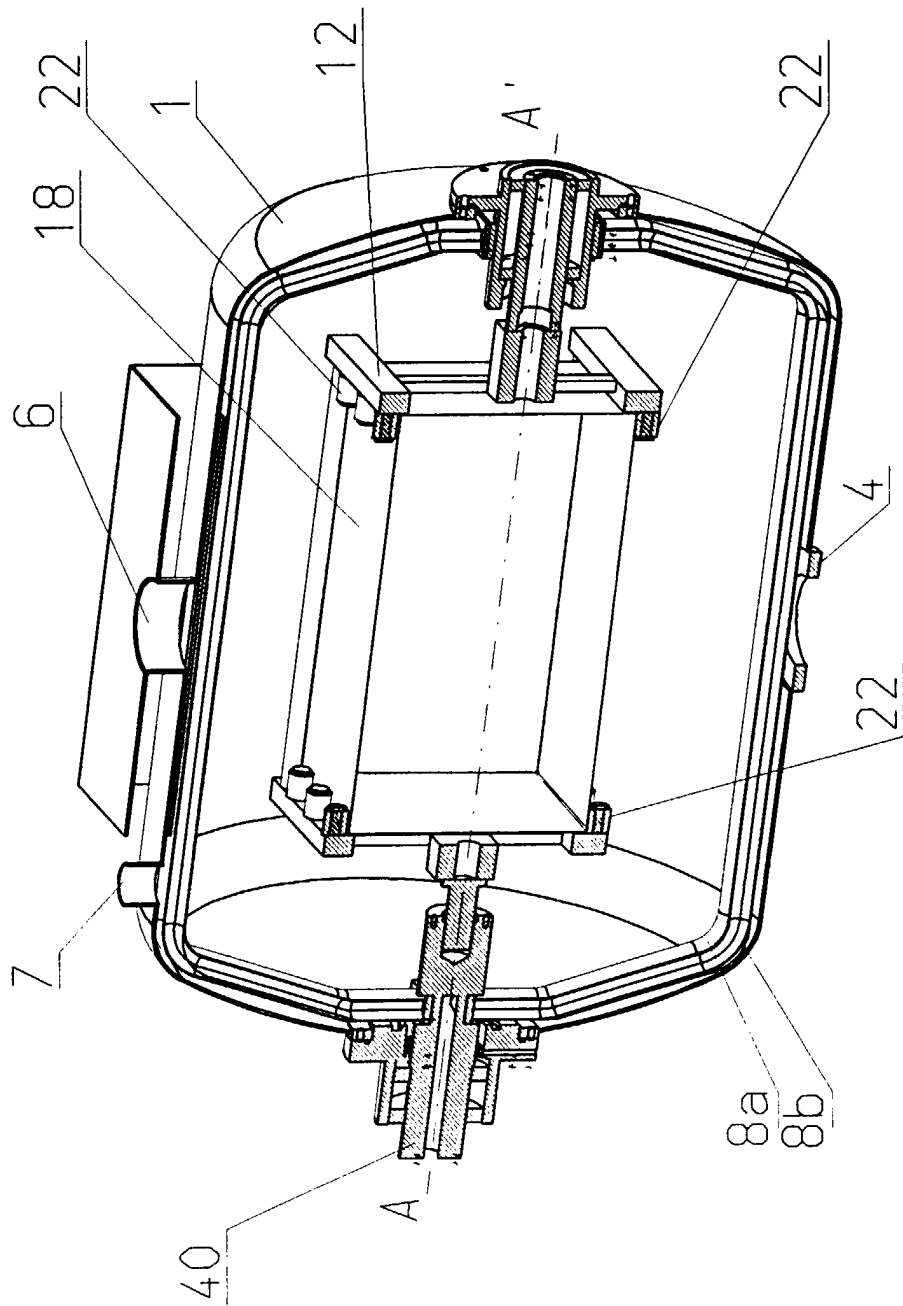


FIG. 2

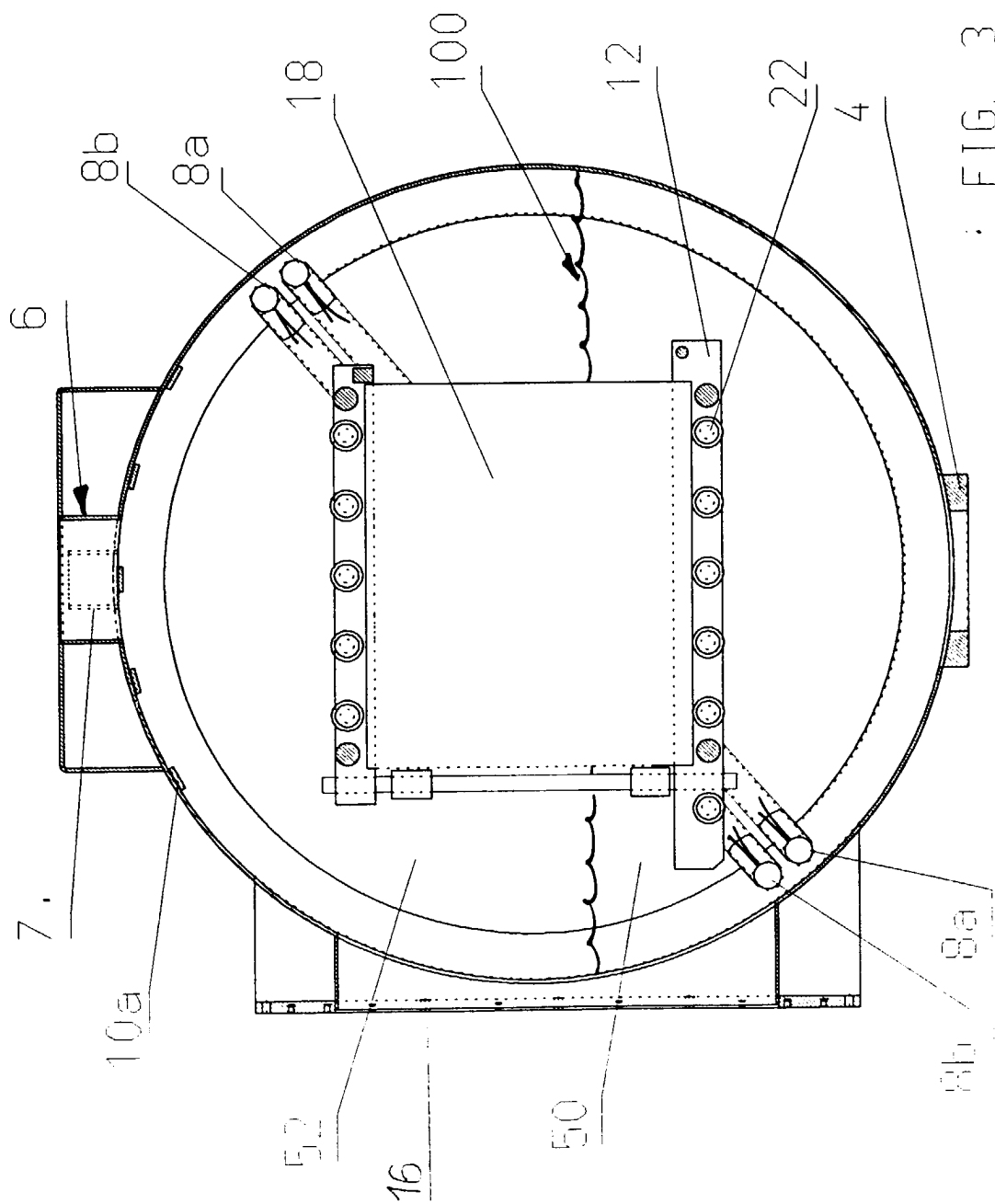


FIG. 3

