

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 851 712 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.07.1998 Patentblatt 1998/27

(51) Int. Cl.⁶: H05B 6/80

(21) Anmeldenummer: 97119140.8

(22) Anmeldetag: 03.11.1997

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

(72) Erfinder:
Die Erfindernennung liegt noch nicht vor

(74) Vertreter:
Patentanwälte
Hauck, Graalfs, Wehnert,
Döring, Siemons
Mörikestrasse 18
40474 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: 24.12.1996 DE 19654356

(71) Anmelder:
Industrie-Ofenbau Rudolf Brands GmbH
52355 Düren (DE)

(54) Ofen zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung

(57) Es wird ein Ofen zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung von anorganischen Werkstoffen, insbesondere keramischen Werkstoffen, mit einem Ofengehäuse zur Aufnahme des zu behandelnden Werkstoffes, einer Tür, einer Mikrowellenenergieerzeugungseinrichtung und einer Einrichtung zur Abstrahlung der Mikrowellenenergie in das Ofeninnere beschrieben. Das Ofengehäuse besitzt eine mikrowellendichte metal-

lische Auskleidung und im Inneren hiervon eine fest eingebaute mikrowellendurchlässige thermische Isolationsschicht. Die Mikrowellenabstrahlungseinrichtung wird durch mindestens einen Mikrowellenschlitzhohlleiter gebildet. Es wird eine besonders homogene Energiedichteverteilung im Ofeninneren erreicht.

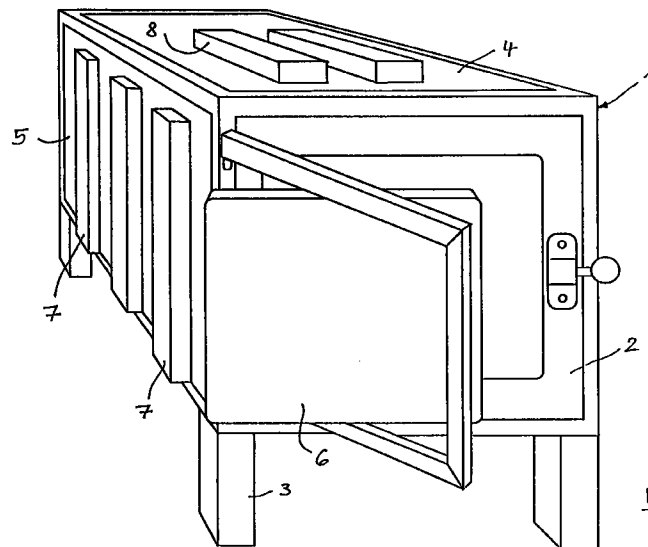


FIG. 1

EP 0 851 712 A2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Ofen zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung von anorganischen Werkstoffen, insbesondere keramischen Werkstoffen, mit einem Ofengehäuse zur Aufnahme des zu behandelnden Werkstoffes, einer Tür, einer Mikrowellenenergieerzeugungseinrichtung und einer Einrichtung zur Abstrahlung der Mikrowellenenergie in das Ofeninnere.

Aus der EP 0 457 948 B1 ist eine Mikrowelleneinrichtung mit einer als Resonator wirkenden, mit mehreren metallischen Kammerwänden gebildeten Mehrmodenkammer, in die ein zu erwärmendes Werkstück einsetzbar ist und in die Mikrowellenenergie einspeisbar ist, bekannt. Die Kammer weist hierbei wenigstens eine beweglich ausgeführte Kammerwand auf, und es sind Mittel vorhanden, die bewirken, daß die bewegliche Kammerwand während des Betriebes der Mikrowelleneinrichtung in eine repetierende Bewegung versetzbar ist. Ferner sind Mittel zur Hochfrequenzabdichtung der beweglichen Kammerwand gegenüber den festen Kammerwänden vorhanden, so daß bei Bewegung der beweglichen Kammerwand eine Änderung des Resonatorvolumens gegeben ist.

Der DE-B 11 86 570 ist eine Mikrowelleneinrichtung zu entnehmen, die keinen Mehrmoden-Resonator zur Aufnahme eines Werkstückes aufweist, sondern einen Schlitzstrahler, an dem ein zu erwärmendes Werkstück vorbeigeführt wird. Der Schlitzstrahler ist die Austrittsöffnung eines Hohlleiters, in den ein Magnetron einspeist. Im Hohlleiter ist ein beweglicher Kurzschlußschieber vorgesehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Ofen der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem sich bei einem einfachen Aufbau, einer einfachen Wartung und einer sichereren Funktionsweise besonders hohe Temperaturen bei einer möglichst homogenen Energiedichte erzielen lassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Ofen der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß das Ofengehäuse eine mikrowellendichte metallische Auskleidung und im Inneren hiervon eine fest eingebaute mikrowellendurchlässige thermische Isolationsschicht aufweist und daß die Mikrowellenenergieabstrahlungseinrichtung durch mindestens einen Mikrowellenschlitzhohlleiter gebildet ist, der eine zugehörige Öffnung der metallischen Auskleidung umfassend an deren Außenseite mit der Schlitzfläche zum Ofeninnerenweisend angeordnet ist.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird durch die mikrowellendichte metallische Auskleidung und die Mikrowellenenergieeinbringung über Schlitzhohlleiter, die im Bereich von Öffnungen der metallischen Auskleidung angeordnet sind, mit einfachen Mitteln erreicht, daß im Inneren des Ofens eine homogene Energiedichteverteilung erzielt wird, die für die Hochtemperatur-Wärmebehandlung von anorganischen, insbesondere

keramischen Werkstoffen, speziell das Sintern von keramischen Werkstoffen, von besonderer Bedeutung ist. Die im Inneren der metallischen Auskleidung fest eingebaute mikrowellendurchlässige thermische Isolationsschicht stellt sicher, daß im Ofeninneren mit sehr hohen Temperaturen gearbeitet werden kann. So ist der erfindungsgemäß ausgebildete Ofen für Maximaltemperaturen bis etwa 1.800°C geeignet. Im Ofeninneren kann mit Luft oder Inertgas gearbeitet werden.

Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht die Anordnung einer Vielzahl von Mikrowellenschlitzhohlleitern an allen Ofenwandungen, so daß die gewünschte homogene Energiedichteverteilung erzielt werden kann.

Wesentlich ist, daß die mikrowellendurchlässige thermische Isolationsschicht bei der vorliegenden Erfindung fest im Ofen eingebaut ist und sich nicht am zu behandelnden Werkstoff selbst befindet.

Vorzugsweise besteht die thermische Isolationsschicht aus keramischen Faserwerkstoffen. Sie ist zweckmäßigerweise aus Platten oder Langfasermodulen aufgebaut. Eine spezielle Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß der keramische Werkstoff für die Isolationsschicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) besteht, das Mullit enthält, d. h. ein Aluminiumsilikat, das etwa aus 80% Aluminiumoxid und 20% Siliciumdioxid besteht. Dieses Material hat eine Rohdichte von etwa 300-700 kg/m³.

Es kommen vorzugsweise vakuumgeformte Platten zum Einsatz, die eine Dicke von 40mm besitzen.

Wie bereits erwähnt, können die Ofenwandungen mit einer Vielzahl von Mikrowellenschlitzhohlleitern versehen sein. So weist der Ofen vorzugsweise an mindestens einer Wand mehrere parallel zueinander und im Abstand voneinander angeordnete Mikrowellenschlitzhohlleiter auf. Zweckmäßigerweise sind an mindestens einer Seitenwand mehrere senkrecht angeordnete Mikrowellenschlitzhohlleiter vorhanden.

Jede Ofenwand kann mit einem oder mehreren Mikrowellenschlitzhohlleitern versehen sein. Eine Ausführungsform hat sich jedoch als besonders zweckmäßig erwiesen, bei der die Deckwand und die beiden Seitenwände des Ofens mit Mikrowellenschlitzhohlleitern versehen sind. Bei dieser Ausführungsform weisen die Vorder- und Rückseite sowie Unterseite des Ofens keine Mikrowellenschlitzhohlleiter auf.

Die an gegenüberliegenden Wänden angeordneten Mikrowellenschlitzhohlleiter sind zweckmäßigerweise versetzt zueinander angeordnet. Hierdurch wird eine gegenseitige Beeinflussung von gegenüberliegenden Schlitzhohlleitern vermieden.

Die dem Mikrowellenschlitzhohlleiter zugeordnete Öffnung der metallischen Auskleidung ist vorzugsweise mit einem dielektrischen Material verschlossen. Hierdurch läßt sich das Ofeninnere gasdicht ausgestalten.

Die Mikrowellenenergieeinführung in den Mikrowellenschlitzhohlleiter erfolgt in bekannte Weise über ein Magnetron, das an einem Ende des Mikrowellenschlitz-

hohlleiters angeordnet ist. Das gegenüber liegende Ende des Mikrowellenschlitzhohlleiters weist vorzugsweise einen Kurzschlußschieber auf.

Die Mikrowellenschlitzhohlleiter selbst können von herkömmlicher Bauart sein. Hierbei können die Schlitze beispielsweise parallel zur Längsachse des Hohlleiters zu beiden Seiten der Mittelachse desselben versetzt zueinander angeordnet sein. Bei einer anderen Ausführungsform können die Schlitze winklig zur Längsmittelachse angeordnet sein. Bei noch einer anderen Ausführungsform sind die Schlitze entlang der Mittel-längsachse auf Abstand angeordnet und weisen benachbart hierzu jeweils ein kleines Loch auf.

Die Schlitze befinden sich in einer Wandung des Hohlleiters, der im Querschnitt etwa Rechteckform besitzt. Es versteht sich, daß diese Wandung dem Ofeninneren zugeordnet ist. Die vorgesehene thermische Isolationsschicht ist mit relativ geringem Abstand von den Mikrowellenschlitzhohlleitern angeordnet, so daß zwischen der Schlitzfläche der Hohlleiter bzw. der metallischen Auskleidung und der Außenseite der thermischen Isolationsschicht nur ein relativ enger Spalt verbleibt.

Es versteht sich, daß die Mikrowellenschlitzhohlleiter so an der Außenseite der metallischen Auskleidung angebracht sind, daß sich eine mikrowellendichte Verbindung ergibt. Die Gasdichtigkeit wird durch die vorstehend erwähnte Schicht aus dielektrischem Material, vorzugsweise Quarzglas, erzielt, die zur Ofenmitte hin vor der Schlitzfläche der Hohlleiter angeordnet ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung im einzelnen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine räumliche schematische Ansicht eines Ofens zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung;
- Figur 2 eine Seitenansicht des Ofens der Figur 1, wobei die Energieerzeugungseinrichtungen dargestellt sind;
- Figur 3 eine Vorderansicht des Ofens der Figur 1 mit dargestellten Energieerzeugungseinrichtungen;
- Figur 4 eine Draufsicht auf den Ofen der Figur 1 mit dargestellten Energieerzeugungseinrichtungen; und
- Figur 5 einen schematischen Horizontalschnitt durch den Ofen der Figur 1.

Bei dem in den Figuren dargestellten Ofen zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung von keramischen Werkstoffen handelt es sich um einen Kammerofen 1, der an seiner Vorderseite eine Tür 2 aufweist. Der Ofen ist etwa kastenförmig ausgebildet und steht auf vier Bei-

nen 3. An seinen beiden gegenüberliegenden Seitenwänden 5 befinden sich drei senkrecht und parallel zueinander angeordnete Mikrowellenschlitzhohlleiter 7, wobei die Hohlleiter der gegenüberliegenden Seiten versetzt zueinander angeordnet sind. Auf der Oberseite 4 des Ofens befinden sich zwei Mikrowellenschlitzhohlleiter 8, die parallel zur Längsachse des Ofens und parallel zueinander angeordnet sind. In der Tür 2 befindet sich eine Isolationsschicht 6. Der genauere Aufbau des Ofens wird anhand der Figuren 2 - 5 erläutert.

Der hier dargestellte Kammerofen 1 ist für eine Maximaltemperatur von 1.800°C konzipiert und für einen Betrieb in Luft oder in Erdgas geeignet. Die Nutzabmessungen des Ofens betragen 500x500x500mm, und es wird mit einer Mikrowellenfrequenz von 2,45 GHz gearbeitet. Figur 2 zeigt, daß drei Mikrowellenschlitzhohlleiter 7 parallel zueinander in Vertikalrichtung an einer Seitenfläche 5 des Ofens angeordnet sind. An der gegenüberliegenden Seitenfläche befinden sich weitere drei Mikrowellenschlitzhohlleiter, die versetzt zu den Hohlleitern der anderen Seite angeordnet sind. An den oberen Enden der Hohlleiter befindet sich jeweils ein Magnetron 10, das Mikrowellenenergie erzeugt und in den zugehörigen Hohlleiter endseitig einspeist. Am gegenüberliegenden Ende des Hohlleiters ist ein Kurzschlußschieber vorgesehen.

Man erkennt ferner in Figur 2, daß an der Oberseite 4 des Kammerofens drei Mikrowellenschlitzhohlleiter 8 parallel zueinander und parallel zur Längsachse des Ofens angeordnet sind. An den in der Figur linken Enden der Hohlleiter befinden sich ebenfalls Magnetrons 10, und zwar rechtwinklig zur Längsachse der Hohlleiter. Es wird darauf hingewiesen, daß in Figur 1 nur zwei Hohlleiter 8 dargestellt sind.

Durch die gewählte Hohlleiteranordnung: 3 an der Oberseite, 4 und jeweils 3 an den gegenüberliegenden Seitenflächen 5, wird innerhalb des Ofenraumes eine homogene Energiedichteverteilung erzielt.

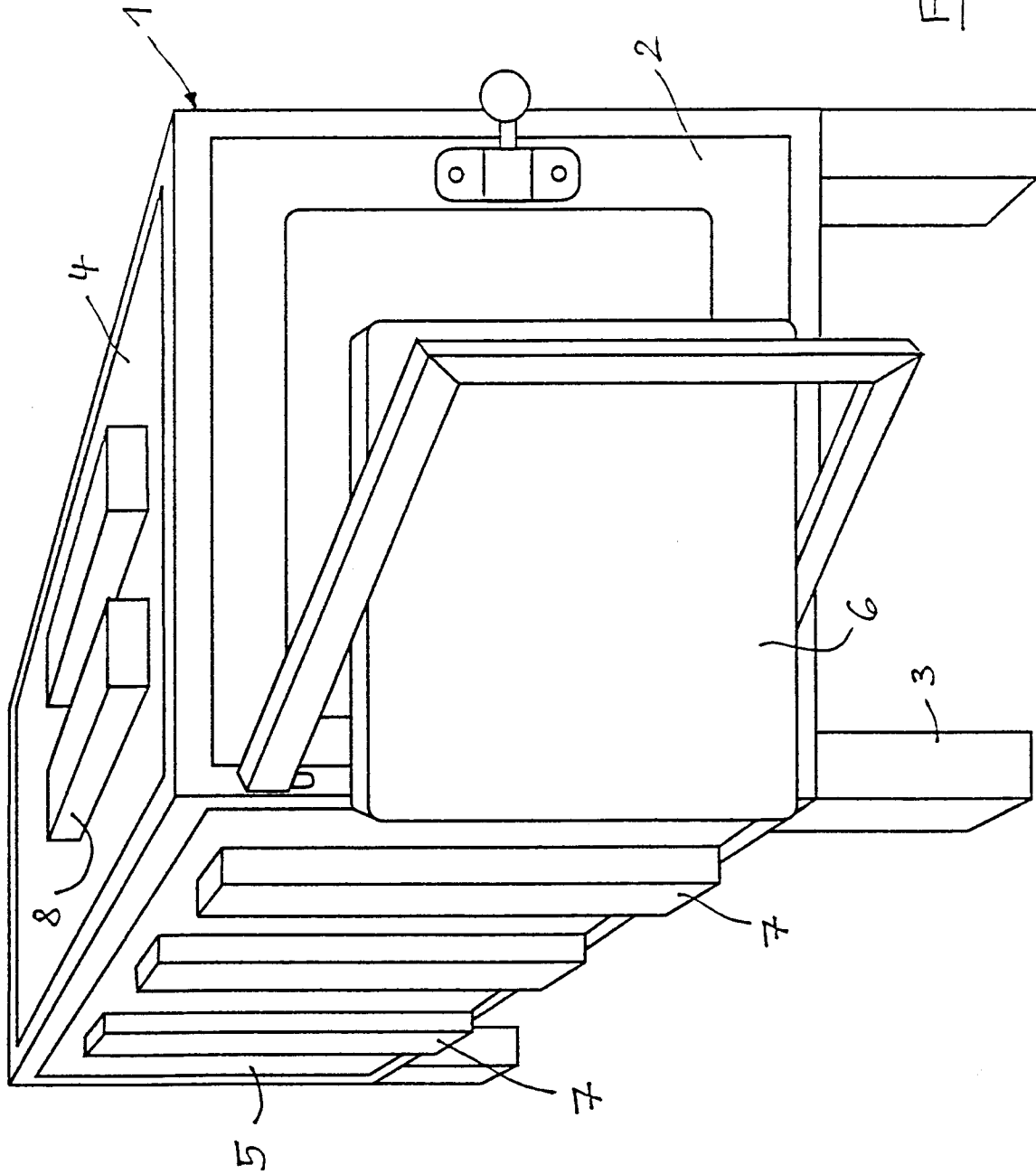
Figur 5 zeigt einen Horizontalschnitt durch den Kammerofen der Figuren 1 - 4. Der Ofen besitzt einen Außenrahmen 14, der das eigentliche Ofengehäuse lagert. Das Ofengehäuse weist eine metallische Auskleidung 12 und eine innerhalb von dieser fest eingebaute thermische Isolationsschicht 11 auf, die aus Mullit besteht. Die metallische Auskleidung ist mikrowellendicht, während die thermische Isolationsschicht 11 im wesentlichen mikrowellendurchlässig ist.

In der metallischen Auskleidung 12 befinden sich längliche Öffnungen 13, die jeweils von einem Mikrowellenschlitzhohlleiter 7 umfaßt werden, der an der Außenseite der metallischen Auskleidung 12 angeordnet ist und mit seiner Schlitzfläche zum Ofeninneren weist. Es sind somit drei Öffnungen 13 nebeneinander und parallel zueinander auf jeder Seitenfläche 5 des Ofens vorgesehen, denen jeweils ein Mikrowellenschlitzhohlleiter 7 zugeordnet ist. Die Befestigung der Hohlleiter 7 an der metallischen Auskleidung 12 ist in mikrowellendichter Weise erfolgt.

Patentansprüche

1. Ofen zur Hochtemperatur-Wärmebehandlung von anorganischen Werkstoffen, insbesondere keramischen Werkstoffen, mit einem Ofengehäuse zur Aufnahme des zu behandelnden Werkstoffes, einer Tür, einer Mikrowellenenergieerzeugungseinrichtung und einer Einrichtung zur Abstrahlung der Mikrowellenenergie in das Ofeninnere, dadurch gekennzeichnet, daß das Ofengehäuse eine mikrowellendichte metallische Auskleidung (12) und im Inneren hiervon eine fest eingebaute mikrowellendurchlässige thermische Isolationsschicht (11) aufweist und daß die Mikrowellenenergieabstrahlungseinrichtung durch mindestens einen Mikrowellenschlitzhohlleiter (7, 8) gebildet ist, der eine zugehörige Öffnung (13) der metallischen Auskleidung (12) umfassend an deren Außenseite mit der Schlitzfläche zum Ofeninneren weisend angeordnet ist.
2. Ofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Isolationsschicht (11) aus keramischen Faserwerkstoffen besteht.
3. Ofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Isolationsschicht (11) aus Platten oder Langfasermodulen besteht.
4. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Isolationsschicht (11) aus aluminiumsilikathaltigem, insbesondere mullithaltigem Aluminiumoxid besteht.
5. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er an mindestens einer Wand mehrere parallel zueinander und im Abstand voneinander angeordnete Mikrowellenschlitzhohlleiter (7, 8) aufweist.
6. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er an mindestens einer Seitenwand (5) mehrere senkrecht angeordnete Mikrowellenschlitzhohlleiter (7) aufweist.
7. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß seine Deckwand (4) und seine beiden Seitenwände (5) mit Mikrowellenschlitzhohlleitern (7, 8) versehen sind.
8. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Mikrowellenschlitzhohlleiter (7, 8) zugeordnete Öffnung (13) der metallischen Auskleidung (12) mit einem dielektrischen Material verschlossen ist.
9. Ofen nach einem der Ansprüche 5 -8, dadurch gekennzeichnet, daß die an gegenüberliegenden Wänden (5) angeordneten Mikrowellenschlitzhohlleiter (7) versetzt zueinander angeordnet sind.
10. Ofen nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Mikrowellenschlitzhohlleiter (7, 8) an einem Ende ein in diesen einspeisendes Magnetron (10) zugeordnet ist.

FIG. 1



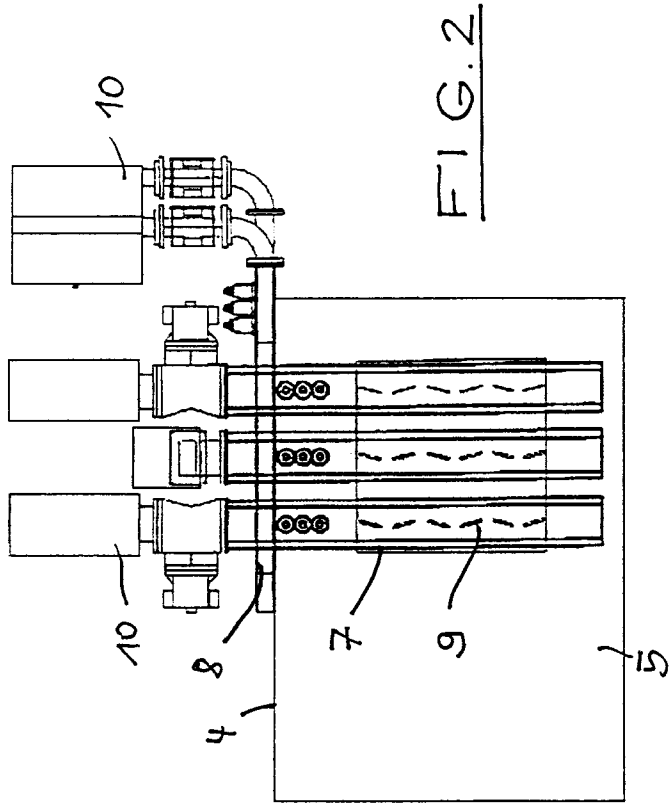


FIG. 2

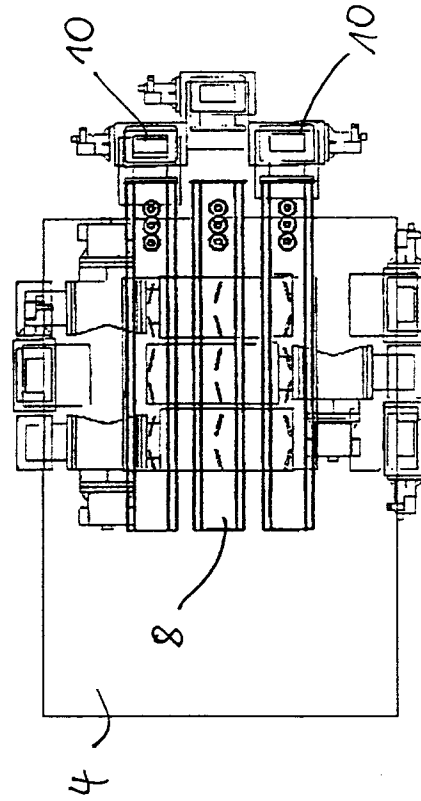


FIG. 4

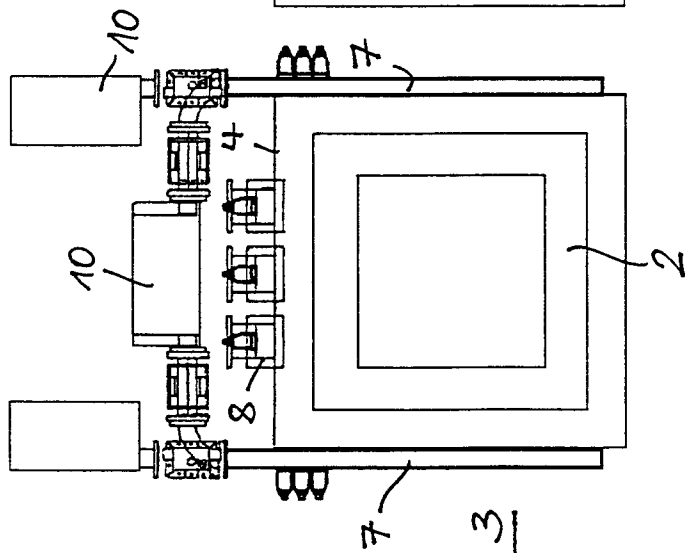


FIG. 3

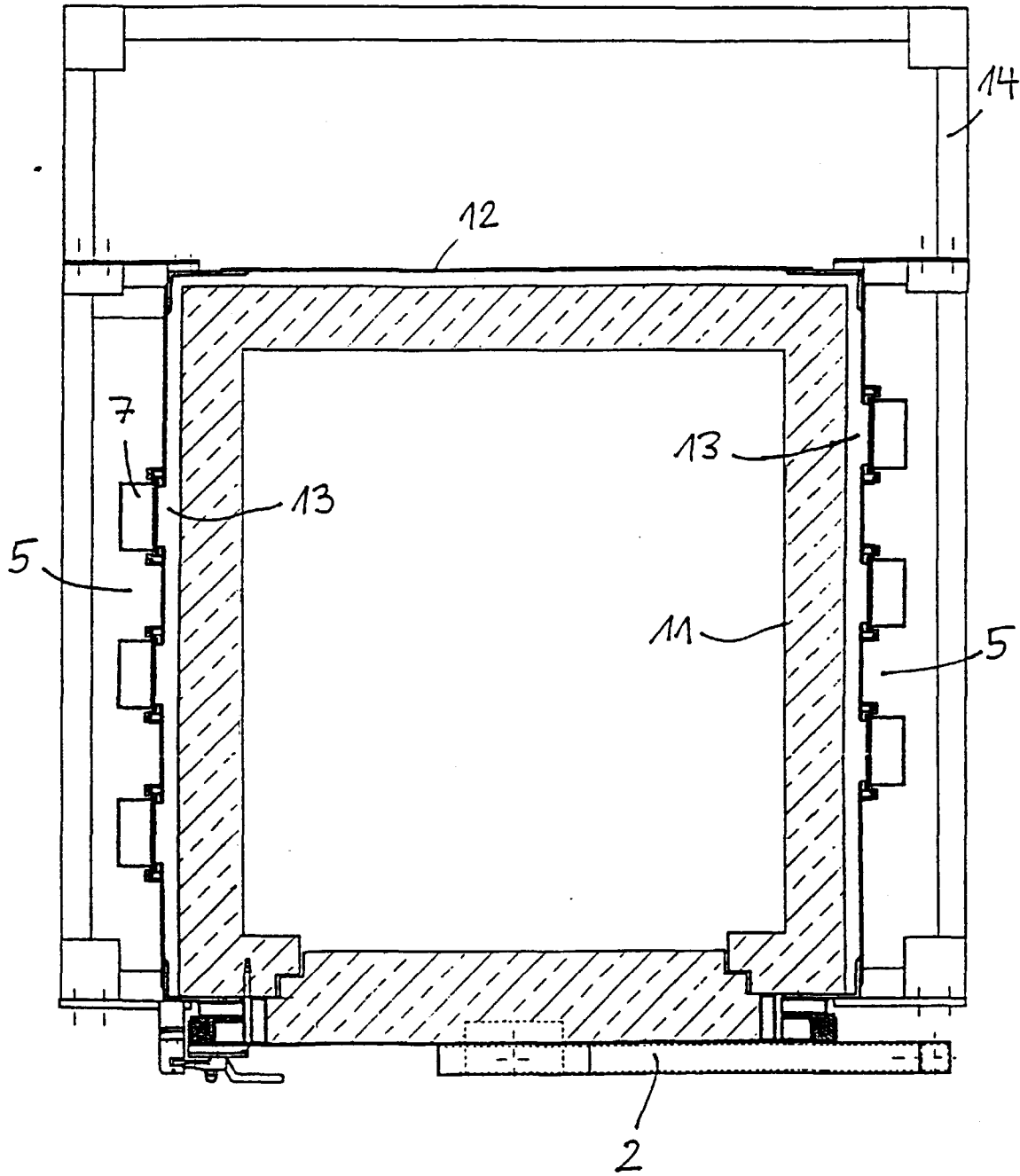


FIG. 5