

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 535 319 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92112630.6**

(51) Int. Cl.⁵: **C23C 8/38**

(22) Anmeldetag: **23.07.92**

(30) Priorität: **01.10.91 DE 4132712**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.04.93 Patentblatt 93/14

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

(71) Anmelder: **IPSEN INDUSTRIES
INTERNATIONAL GESELLSCHAFT MIT
BESCHRÄNKTER HAFTUNG
Flutstrasse 52
W-4190 Kleve 1(DE)**

(72) Erfinder: **Edenhofer, Bernd Dr.**

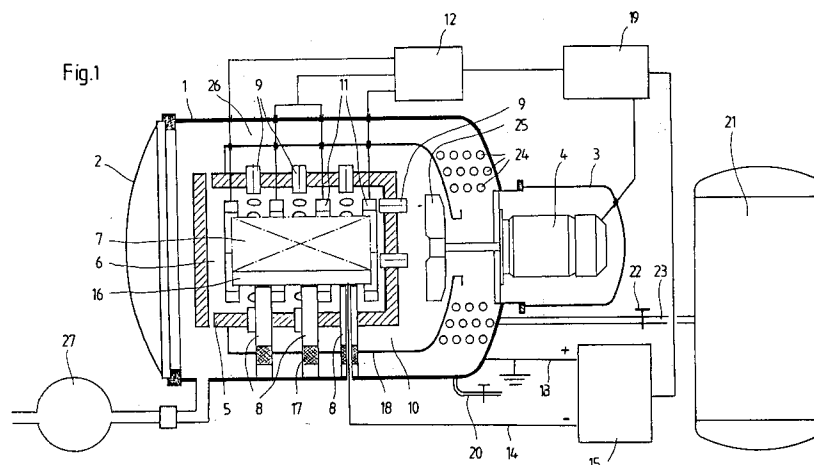
**Hölderlinstrasse 29
W-4190 Kleve(DE)
Erfinder: Fleiter, Albert
Lambertusstrasse 22
W-4190 Kleve(de)
Erfinder: Schröder, Jürgen
Alte Reeser Strasse 46
W-4190 Kleve(de)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Dipl.-Ing. Alex
Stenger Dipl.-Ing. Wolfram Watzke Dipl.-Ing.
Heinz J. Ring
Kaiser-Friedrich-Ring 70
W-4000 Düsseldorf 11 (DE)**

(54) **Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke.**

(57) Ein Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke in einem künstlich erzeugten elektrischen Feld mittels eines kohlenstoffhaltigen Gases verfügt über eine elektrische Heizeinrichtung (11), eine Vakuumpumpe (24) zur Erzeugung eines Vakuums in der Heizkammer (6) sowie über Gaseinlaßöffnungen (9), mittels derer von einem Gebläse (22) gefördertes und über einen Wärmetauscher (21) geführtes Kühlgas der Charge (7) zugeführt wird. Zur Erzielung eines kleiner als bekannte Vakuumöfen

bauenden Vakuumofens sind das als Druckbehälter ausgebildete Ofengehäuse (1) hinsichtlich seiner zulässigen Druckbelastung sowie der Antrieb (4) des Gebläses (22) hinsichtlich des beim Kühlen der Charge (7) erreichbaren Gasdrucks auf einen Druck von mindestens 10 bar ausgelegt. Außerdem sind die das Kühlgas führenden Gaseinlaßöffnungen (9) in der Heizkammer (6) angeordnet und auf die Charge (7) ausgerichtet.



EP 0 535 319 A1

Die Erfindung betrifft einen Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke in einem künstlich erzeugten elektrischen Feld mittels eines kohlenstoffhaltigen Gases mit einer elektrischen Heizeinrichtung, einer Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Vakuums in der Heizkammer sowie Gaseinlaßöffnungen, mittels derer von einem Gebläse gefördertes und über einen Wärmetauscher geführtes Kühlgas der Charge zugeführt wird.

Vakuumöfen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke mittels eines kohlenstoffhaltigen Gases, beispielsweise Methan oder Propan, sind bekannt. Bei der Plasmaaufkohlung wird die Charge in dem Vakuumofen auf eine Temperatur zwischen etwa 800 und 1050 °C erhitzt. Anschließend wird das kohlenstoffhaltige Prozeßgas in die Ofenkammer geleitet und ein elektrisches Feld an die Charge angelegt. Hierzu wird die Charge elektrisch mit einer externen Spannungsversorgung verbunden und bildet die Kathode, während das Ofengehäuse die Funktion der Anode übernimmt. Die Charge wird also auf ein hohes negatives Potential bezüglich der Ofenkammer gelegt, wobei sich diese Ofenkammer üblicherweise auf Erdpotential befindet. Durch den Einfluß des elektrischen Feldes ionisiert das kohlenstoffhaltige Gas, wobei sich die positiv geladenen Kohlenstoffionen auf der kathodischen, also negativ geladenen Charge absetzen. Durch diesen Effekt wird die Aufkohlungsgeschwindigkeit im Vergleich zu rein thermischen Aufkohlungsverfahren wesentlich erhöht. Da die Diffusion der Kohlenstoffatome in das Werkstückgefüge wesentlich schneller abläuft, wird die gewünschte Aufkohlungstiefe in kürzerer Zeit als bei den bekannten Aufkohlungsverfahren erreicht.

Ein solcher Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung ist in dem Beitrag "Plasma Carburizing - Facility Design and Operating Data" von Graham Legge in der Zeitschrift Industrial Heating, März 1988, Seiten 26 ff. beschrieben. Dieser bekannte Aufkohlungs-Ofen besteht aus insgesamt zwei Kammern, wobei die erste Kammer die Heizkammer zur Plasmaaufkohlung bildet, während die zweite Kammer der Abkühlung der Charge dient und zu diesem Zweck ein Öl-Abschreckbad enthält. Beide Kammern sind über eine vakuumdicht verschließbare Tür miteinander verbunden. Nachteilig bei diesem Aufkohlungs-Ofen ist, daß dieser teuer im Aufbau ist und sehr viel Raum zu seiner Aufstellung erfordert.

Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, einen Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke zu schaffen, der bei ähnlichem Einsatzbereich wesentlich kleiner baut als bekannte Aufkohlungsöfen dieser Art.

Zur **Lösung** dieser Aufgabenstellung wird vorgeschlagen, daß das als Druckbehälter ausgebildete Ofengehäuse hinsichtlich seiner zulässigen Druckbelastung sowie der Antrieb des Gebläses

hinsichtlich des beim Kühlen der Charge erreichbaren Gasdrucks auf einen Druck von mindestens 10 bar ausgelegt sind und die das Kühlgas führenden Gaseinlaßöffnungen in der Heizkammer angeordnet und auf die Charge ausgerichtet sind.

Mit einem solcherart ausgebildeten Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung ist es möglich, die aufgekohlte Charge zur Vervollständigung des Wärmebehandlungsprozesses zu härten, ohne daß die Charge hierzu aus der Heizkammer entnommen werden muß. Sämtliche Schritte des Wärmebehandlungsverfahrens lassen sich ausschließlich innerhalb der Heizkammer durchführen, so daß weitere Kammern zur Wärmebehandlung sowie Einrichtungen zur Überführung der Charge zwischen diesen Kammern entfallen. Der Vakuumofen ist daher nicht nur einfach aufgebaut, sondern weist im Vergleich zu bekannten Aufkohlungsöfen auch eine wesentlich geringere Baugröße auf.

Die Abkühlung der Charge beim Härten erfolgt durch ein Anströmen der Charge durch das aus den Gaseinlaßöffnungen austretende Kühlgas. Allerdings ist allein die durch die Bewegung des Kühlgases von der Charge abgeführte Wärme nicht ausreichend. Mit der Erfindung wird daher vorgeschlagen, das Ofengehäuse als Druckbehälter auszubilden und weiterhin den Antrieb des Gebläses so auszulegen, daß der Vakuumofen bei einem Druck von mindestens 10 bar betrieben werden kann. Die sich dabei einstellende Dichte des Kühlgases, die dem mehrfachen der bei herkömmlichen Drücken vorliegenden Dichte entspricht, führt zu einem wesentlich verbesserten Wärmeübergang und damit zu einer höheren Kühlleistung während des Härten.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind als Gaseinlaßöffnungen allseitig um die Heizkammer herum angeordnete Düsen vorgesehen, deren Austrittsöffnungen auf die Charge ausgerichtet sind. Dadurch entsteht eine gleichmäßige Abkühlung der Charge und damit ein gleichmäßiges Härteergebnis.

Von Vorteil ist ferner, zusätzliche Düsen vorzusehen, welche stirnseitig in der Heizkammer angeordnet sind und das Kühlgas axial in die Heizkammer einleiten.

Bei einer Ausgestaltung des Vakuumofens ist die Heizkammer allseitig von Heizelementen der elektrischen Heizeinrichtung umgeben. Die Heizelemente sind vorteilhaft jeweils ringförmig um die Heizkammer herum angeordnet.

Um trotz der begrenzten Platzverhältnisse innerhalb der Heizkammer eine möglichst gleichmäßige Erhitzung und Abkühlung der Charge zu gewährleisten, wird mit einer Weiterbildung des Vakuumofens vorgeschlagen, daß jeweils mehrere Düsen in einer gemeinsamen radialen Ebene angeordnet sind, die zu der durch jeweils ein Heizelement

ement definierten radialen Ebene axial versetzt ist.

Ferner wird eine die Heizkammer ringförmig umschließende Verteilerkammer zur Zuführung des Kühlgases zu den Gaseinlaßöffnungen vorgeschlagen. Dadurch wird der Kühlgasstrom besonders gleichmäßig auf die vorzugsweise düsenförmigen Gaseinlaßöffnungen verteilt.

Zur Erzielung einer kompakten Bauweise des Vakuumofens wird ferner vorgeschlagen, daß die Verteilerkammer von einem in dem Ofengehäuse angeordneten Mantel umschlossen ist, wobei sich zwischen Mantel und Ofengehäuse ein Ringraum zur Rückführung des Kühlgases befindet. In diesem Fall ist bei einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, daß an der Innenwand des Ofengehäuses den Mantel durchdringende Chargenstützen befestigt sind, wobei die Chargenstützen zum Mantel hin elektrisch isoliert sind. Auf diese Weise wirkt auch der Mantel als Anode, so daß lediglich die Charge sowie Teile der Chargenstützen die Kathode des erzeugten elektrischen Feldes bilden.

Ferner wird vorgeschlagen, daß der kathodenseitige elektrische Anschluß durch mindestens eine der Chargenstützen hindurch erfolgt. Hierdurch vereinfacht sich der Aufbau des Vakuumofens, da für das Kathodenkabel keine gesonderten Durchführungen durch den Mantel sowie die Wand der Heizkammer hindurch erforderlich sind.

Schließlich wird vorgeschlagen, daß das Ofengehäuse über eine Leitung mit einem Pufferbehälter in Verbindung steht, der als Kühlgas Helium mit einem Druck von mindestens 10 bar enthält. Bei Verwendung von Helium als Kühlgas lassen sich Wärmeübergangswerte und damit Abkühlgeschwindigkeiten erreichen, die über den entsprechenden Werten bei Verwendung von Stickstoff als Kühlgas liegen. Versuche haben gezeigt, daß die Wärmeübergangszahlen unter Verwendung von Helium mit einem Kühlgasdruck von 20 bar etwa das dreifache der bei Stickstoff mit 6 bar erzielbaren Werte betragen.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Vakuumofens zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke in einem künstlich erzeugten elektrischen Feld wird nachfolgend anhand der schematischen Zeichnungen beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Vakuumofen und

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Vakuumofen nach Fig. 1.

Der Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung in Fig. 1 besteht aus einem Ofengehäuse 1, welches auf einer Seite durch eine Ofentür 2 druckdicht verschließbar ist. An der gegenüberliegenden Stirnseite des Ofengehäuses 1 ist innerhalb einer druckfesten Kappe 3 ein leistungsstarker Elektroantrieb 4 angeordnet. Ofengehäuse 1, Ofentür 2 und Kappe

3 sowie alle Flansche und sonstigen Verbindungsteile sind bei dem Vakuumofen nach den Ausführungsbeispiel druckfest ausgeführt und auf einen Betriebsdruck von mindestens 20 bar ausgelegt.

Innerhalb des Ofengehäuses 1 ist eine allseits von einer Heizkammerwand 5 umschlossene Heizkammer 6 angeordnet. Innerhalb der Heizkammer 6 befindet sich eine aufzukohlende Charge 7. Dabei liegt die Charge 7 auf Chargenstützen 8 auf, welche die Heizkammer 5 durchdringen und an der Innenwand des zylindrischen Ofengehäuses 1 befestigt sind.

Fig. 1 läßt in Verbindung mit Fig. 2 erkennen, daß in die Heizkammerwand 5 eine Vielzahl an Gaseinlaßöffnungen in Gestalt von Düsen 9 eingelassen ist. Die Düsen ermöglichen den Durchtritt von Kühlgas aus einer die Heizkammerwand 5 umschließenden Verteilerkammer 10 in die Heizkammer 6. Die Düsen 9 sind über den gesamten Umfang der Heizkammer 6 verteilt und jeweils so ausgerichtet, daß der aus den Düsen 9 austretende Kühlluftstrahl unmittelbar auf die Charge 7 gelangt. Jedoch läßt sich die Heizkammer auch anders ausführen, wobei das Kühlgas über geöffnete Luken in der Heizkammer in vertikaler oder horizontaler Richtung die Charge durchstreicht.

Knapp innerhalb der Heizkammerwand 5 befinden sich außerdem mehrere Heizelemente 11. Jedes Heizelement 11 besteht aus einem mehrfach abgeknickten und dadurch die Gestalt eines nahezu geschlossenen Vielecks einnehmenden Band aus Graphit. Die Heizelemente 11 sind an eine gemeinsame Stromversorgung 12 angeschlossen. Beim Ausführungsbeispiel sind insgesamt vier Heizelemente 11 vorgesehen, die aufgrund ihrer die Charge 7 allseitig umschließenden, ringähnlichen Gestalt eine gleichmäßige Strahlungserwärmung der Charge 7 ermöglichen.

Der Vakuumofen ist zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke vorgesehen und ist hierzu über Stromleiter 13,14 an einen Generator 15 angeschlossen. Der Stromleiter 13 bildet den positiven Anschluß und ist unmittelbar an das Ofengehäuse 1 und damit an das Erdpotential angeschlossen. Der Stromleiter 14 ist in isolierter Art und Weise durch eine der Chargenstützen 8 hindurchgeführt und stellt den unmittelbaren elektrischen Kontakt zu einem metallischen Chargenträger 16 her, auf dem die Charge 7 aufliegt. Bei Betrieb des Generators 15 wird in der Heizkammer 6 ein elektrisches Feld generiert, wo bei die Charge 7 die Kathode und die die Charge 7 umgebenden Bauteile die Anode dieses elektrischen Feldes bilden. Isolierungen 17 an den Chargenstützen 8 verhindern einen metallischen Kontakt und damit Kurzschlüsse zwischen den negativ geladenen Chargenstützen 8 und dem positiv geladenen Ofengehäuse 1 sowie einem ebenfalls positiv geladenen,

die Verteilerkammer 10 umschließenden metallischen Mantel 18.

Beim Betrieb des Vakuumofens wird zunächst die Charge 7 auf den Chargenstützen 8 bzw. dem Chargenträger 16 abgesetzt. Nach druckdichtem Verschließen der Ofentür 2 werden die Heizelemente 11 über die Stromversorgung 12 betrieben. Dies erfolgt in Abhängigkeit von Signalen einer zentralen Steuerung 19. Nach Erreichen der Betriebstemperatur zwischen 800° und 1050° wird über einen Anschluß 20 ein kohlenstoffhaltiges Gas, beispielsweise Methan oder Propan, in den Vakuumofen eingeleitet. Zugleich wird über die Steuerung 19 der Generator 15 eingeschaltet, so daß sich in der Heizkammer 6 das elektrische Feld ausbildet und die Plasmaaufkohlung einsetzt. Nach Abschluß der in der Regel intervallmäßig betriebenen Plasmaaufkohlung werden die Stromversorgung 12 sowie der Generator 15 abgeschaltet und die kohlenstoffhaltige Atmosphäre abgebaut. Anschließend wird ein Kühlgas in das Ofengehäuse 1 eingeleitet und der Elektroantrieb 4 in Betrieb gesetzt. Als Kühlgas findet bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform Helium Verwendung. Helium zeigt sehr gute Wärmeübergangszahlen, die bei einem Kühlgasdruck von 20 bar in etwa das dreifache der Werte von Stickstoff bei einem Kühlgasdruck von 6 bar betragen. Das Helium befindet sich in einem auf einen Druck von mindestens 10 bar ausgelegten Pufferbehälter 21 und gelangt über eine durch ein Ventil 22 kontrollierbare Leitung 23 in das Innere des Ofengehäuses 1. Von dort wird das Kühlgas über einen ringförmigen Wärmetauscher 24 auf die Saugseite eines für hohe Drücke ausgelegten Gebläses 25 geführt. Das von dem Gebläse 25 geförderte Kühlgas wird innerhalb der Verteilerkammer 10 auf die einzelnen Düsen 9 verteilt und strömt unter Kühlwirkung unmittelbar auf die Charge 7. Die Rückführung des Kühlgases zum Wärmetauscher 24 erfolgt über einen Ringraum 26 zwischen Mantel 18 und Ofengehäuse 1. Der hierbei im Ofeninneren herrschende Druck des Kühlgases beträgt 10 bis 20 bar, kann infolge entsprechender konstruktiver Anpassung zur weiteren Erhöhung der Abkühlwirkung aber auch auf Werte deutlich oberhalb 20 bar angehoben werden.

Aus Fig. 1 ist erkennbar, daß jeweils mehrere Düsen 9 in einer gemeinsamen radialen Ebene angeordnet sind, die zu der durch jeweils ein Heizelement 11 definierten radialen Ebene axial versetzt ist. Dadurch wird die auf der Innenseite der Heizkammerwand 5 zur Verfügung stehende Fläche optimal ausgenutzt.

Bezugszeichenliste

1	Ofengehäuse
2	Ofentür
3	Kappe
4	Elektroantrieb
5	Heizkammerwand
6	Heizkammer
7	Charge
8	Chargenstütze
9	Düse
10	Verteilerkammer
11	Heizelement
12	Stromversorgung
13	Stromleiter
14	Stromleiter
15	Generator
16	Chargenträger
17	Isolierung
18	Mantel
19	Steuerung
20	Anschluß
21	Pufferbehälter
22	Ventil
23	Leitung
24	Wärmetauscher
25	Gebläse
26	Ringraum
27	Vakuumpumpe

Patentansprüche

1. Vakuumofen zur Plasmaaufkohlung metallischer Werkstücke in einem künstlich erzeugten elektrischen Feld mittels eines kohlenstoffhaltigen Gases mit einer elektrischen Heizeinrichtung, einer Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Vakuums in der Heizkammer sowie Gaseinlaßöffnungen, mittels derer von einem Gebläse gefördertes und über einen Wärmetauscher geführtes Kühlgas der Charge zugeführt wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß das als Druckbehälter ausgebildete Ofengehäuse (1) hinsichtlich seiner zulässigen Druckbelastung sowie der Antrieb (4) des Gebläses (25) hinsichtlich des beim Kühlen der Charge (7) erreichbaren Gasdrucks auf einen Druck von mindestens 10 bar ausgelegt sind und die das Kühlgas führenden Gaseinlaßöffnungen (9) in der Heizkammer (6) angeordnet und auf die Charge (7) ausgerichtet sind.
2. Vakuumofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Gaseinlaßöffnungen allseitig um die Heizkammer herum angeordnete Düsen (9) vorgesehen sind, deren Austrittsöffnungen auf die Charge (7) ausgerichtet sind.

3. Vakuumofen nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch zusätzliche, stirnseitig in der Heizkammer (6) angeordnete Düsen (9) zur axialen Einleitung des Kühlgases in die Heizkammer (6). 5
4. Vakuumofen nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizkammer (6) allseitig von Heizelementen (11) der elektrischen Heizeinrichtung umgeben ist. 10
5. Vakuumofen nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizelemente (11) jeweils ringförmig um die Heizkammer (6) herum angeordnet sind. 15
6. Vakuumofen nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils mehrere Düsen (9) in einer gemeinsamen radialen Ebene angeordnet sind, die zu der durch jeweils ein Heizelement (11) definierten radialen Ebene axial versetzt ist. 20
7. Vakuumofen nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine die Heizkammer (6) ringförmig umschließende Verteilerkammer (10) zur Zuführung des Kühlgases zu den Gaseinlaßöffnungen (9). 25
8. Vakuumofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilerkammer (10) von einem in dem Ofengehäuse (1) angeordneten Mantel (18) umschlossen ist, wobei sich zwischen Mantel (18) und Ofengehäuse (1) ein Ringraum (26) zur Rückführung des Kühlgases befindet. 30
35
9. Vakuumofen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß an der Innenwand des Ofengehäuses (1) den Mantel (18) durchdringende Chargenstützen (8) befestigt sind, wobei die Chargenstützen (8) zum Mantel (18) hin elektrisch isoliert sind. 40
10. Vakuumofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der kathodenseitige elektrische Anschluß durch mindestens eine der Chargenstützen (8) hindurch erfolgt. 45
11. Vakuumofen nach einen der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Ofengehäuse (1) über eine Leitung (23) mit einem Pufferbehälter (21) in Verbindung steht, der als Kühlgas Helium mit einem Druck von mindestens 10 bar enthält. 50
55

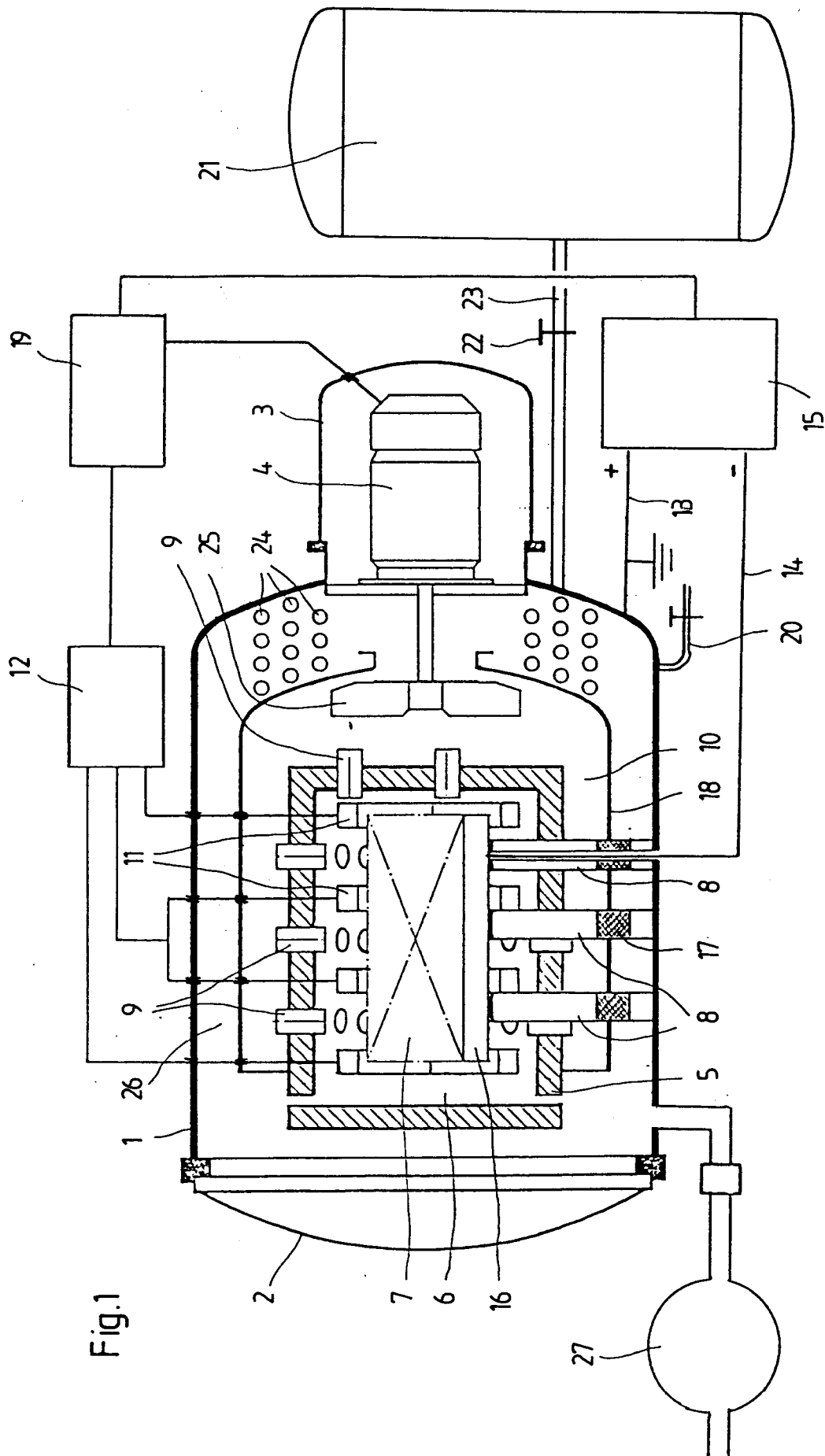
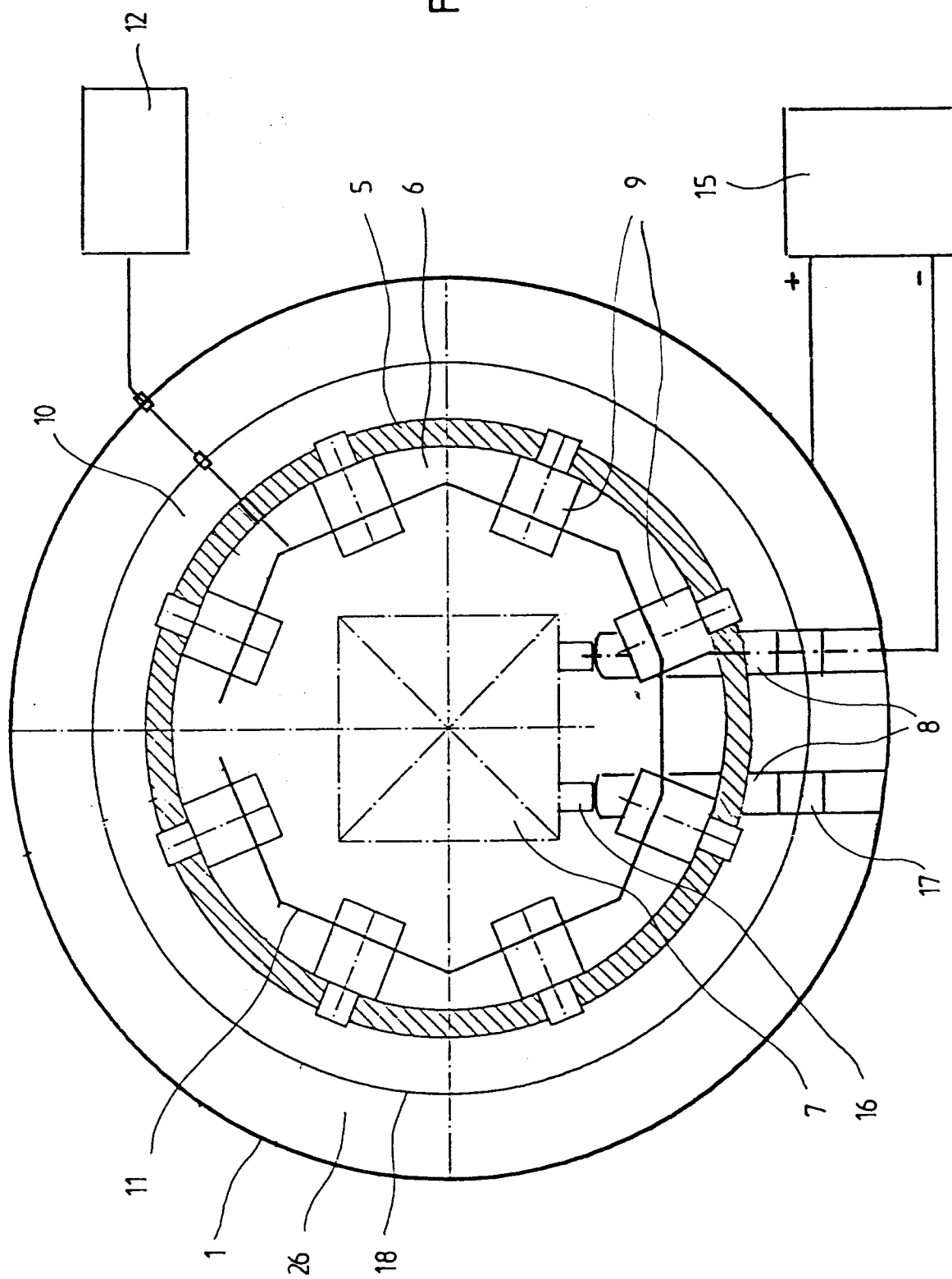


Fig. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 2630

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 367 (C-626)15. August 1989 & JP-A-11 23 059 (DAIDO STEEL) 16. Mai 1989 * Zusammenfassung *	1	C23C8/38
A	*Idem* ---	2,9,10	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 017 (C-675)16. Januar 1990 & JP-A-12 61 213 (IDEMITSU PETROCHEM) 18. Oktober 1989 * Zusammenfassung *	1	
A	US-A-4 124 199 (WILLIAM R. JONES) * Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 5, Zeile 7; Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-3 *	1-11	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 549 (C-662)7. Dezember 1989 & JP-A-12 25 764 (DAIDO STEEL) 8. September 1989 * Zusammenfassung *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
	-----		C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 20 JANUAR 1993	Prüfer ELSEN D.B.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			