(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 818 638 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(51) Int Cl.:
F27B 14/20 *(2006.01)* ***H05B 6/50*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **07002872.5**

(22) Anmeldetag: **10.02.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **10.02.2006 DE 102006006524**

(71) Anmelder: **Saveway GmbH & Co. KG**
98704 Langewiesen (DE)

(72) Erfinder: **Hopf, Manfred, Dr.-Ing.**
98666 Masserberg (DE)

(74) Vertreter: **Elbertzhagen, Otto et al**
Patentanwälte Thielking & Elbertzhagen
Gadderbaumer Strasse 14
33602 Bielefeld (DE)

(54) Verfahren zur Überwachung eines Induktionsofens und Induktionsofen

(57) Ein solcher Induktionsofen weist eine Induktionsspule (4) auf, an deren Außenseite in Spulenumfangsrichtung voneinander beabstandete Joche (5) anliegen. Die Joche (5) sind gegen die Spule (4) verspannt, und es findet sich zwischen jedem Joch (5) und der Spule (4) eine elektrische Spulen-Joch-Isolation (9). Um einen Fehler in der Spulen-Joch-Isolation (9) einfacher und schneller orten zu können, wird an jedem einzelnen Joch (5) unabhängig von den anderen Jochen (5) eine Änderung seines elektrischen Isolationszustandes in Relation zu der Induktionsspule (4) und/oder dem Erdpotential erfaßt. Danach wird die Lokalisierung einer sich anbahnenden oder vorliegenden Schadstelle in der Spulen-Joch-Isolation (9) vorgenommen.

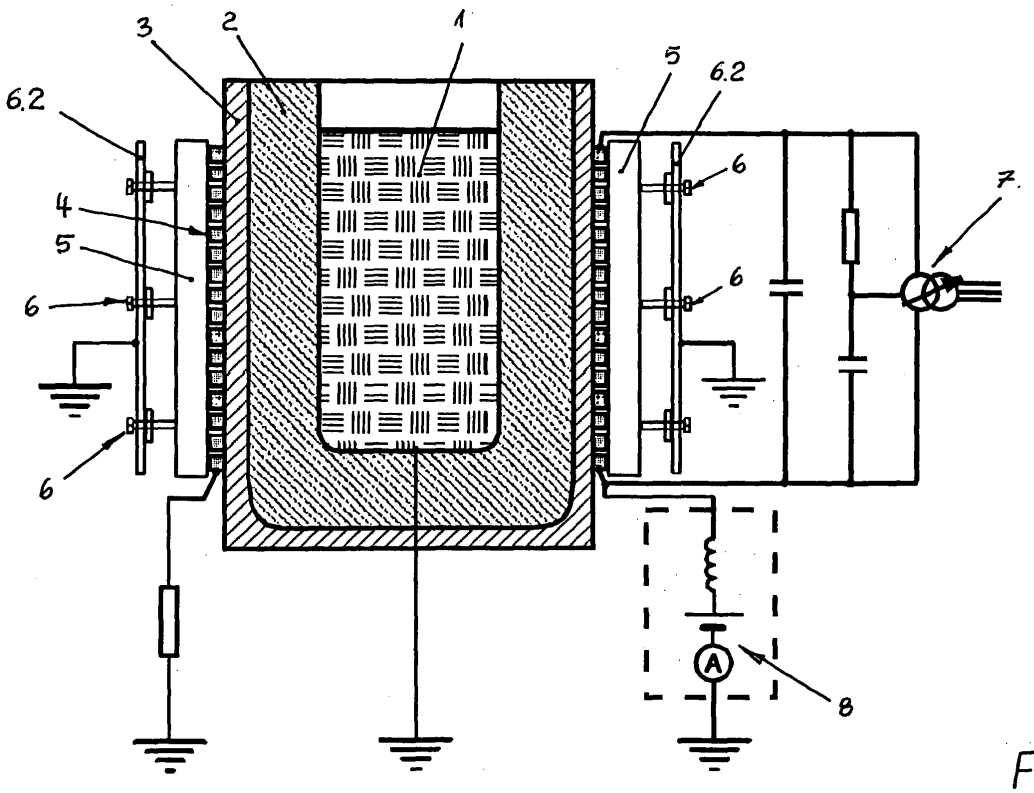


Fig.1

EP 1 818 638 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung eines Induktionsofens gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 und auf einen Induktionsofen mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 4.

[0002] Bei solchen Induktionsöfen, die für die Metallschmelze eingesetzt werden, besteht die Induktionsspule aus einem Hohlprofil aus Kupfer, welches zwecks Kühlung von Wasser durchflossen ist, um der hohen thermischen Belastung der Induktionsspule zu entsprechen. Die Spulenspannung beträgt bei heutigen Induktionsöfen bis zu 3000 V, was einer Windungsspannung von etwa 125 V entspricht. Die Frequenz der Speisespannung variiert je nach Einsatzzweck und Ofengröße, sie beträgt für Anwendungen zum Erschmelzen von Eisengußerwerkstoffen bei Ofengrößen im Bereich von 10 t etwa 200 Hz. So wird bei den Hochleistungsöfen eine Leistungsdichte von 1 MW/t installiert, demgemäß wird bei einem 10 t-Ofen eine Leistung von 10 MW vorgesehen.

[0003] Für den sicheren und störungsfreien Betrieb eines solchen Induktionsofens muß die elektrische Isolation der Induktionsspule entsprechend ausgelegt werden. Zum einen müssen die Spulenwindungen gegeneinander und zum anderen muß die Spule gegenüber dem Erdpotential, welches bei den bekannten Ausführungen am Ofengestell und den Jochen anliegt, ausreichend isoliert sein. Hierbei treten Probleme aufgrund des elektromagnetischen Wirkprinzips der Induktionsöfen mit den oben geschilderten Parametern auf, denn es kommt zu extremen Belastungen der elektrischen Isolation zwischen Spule und den Rückschlußjochen durch Vibrationen. Diese Isolation besteht aus der Spulenisolation, mittels der die Spulenwindungen gegeneinander isoliert sind, und aus einem mehrschichtigen Isolationsaufbau zwischen der Induktionsspule und jedem Joch.

[0004] Auch führen die betriebsmäßigen thermischen Belastungen sowie die mechanischen Belastungen infolge thermischer Dehnung des Tiegelmaterials zum einen und durch Ausbrechen bzw. Zustellen des Tiegels zum anderen zu weiteren Beanspruchungen der Spulen-Joch-Isolation. Weiter begünstigt anwesende Feuchtigkeit eine schnellere Alterung der Spulen-Joch-Isolation, die vor allem bei Neuzustellungen des Ofens in die Isolation eindringt. Letztlich kommt es zu einem elektrischen Durchschlag der Spulen-Joch-Isolation, hierdurch entsteht ein Erdschluß der Spule, der von der standardmäßig vorhandenen Erdschlußüberwachung bei den bekannten Induktionsöfen erkannt wird.

[0005] Die Erdschlußüberwachung gibt jedoch nicht zu erkennen, über welchen Pfad und an welcher Stelle die Induktionsspule geerdet ist. Zum einen kann der Erdschluß über die Schmelze, welche die Spule erreicht, initiiert werden. Zum anderen kann der Erdschluß über die verschlissenen Isolationslagen zum geerdeten Joch hin vorliegen.

[0006] Es stellt einen erheblichen Aufwand dar, bei solchen Induktionsöfen den Weg und die Stelle des Erdschlusses ausfindig zu machen. Daneben steht noch der durch den Produktionsausfall des Induktionsofens bedingte Verlust. Selbst wenn der Erdschluß als Schluß der Spule über die defekte Spulen-Joch-Isolation zu den Jochen hin identifiziert ist, ist nicht klar, über welches der Joche die Induktionsspule geerdet ist. Ein gängiger Induktionsofen mit einem 10 t-Tiegel weist etwa 10 bis 12 Joche auf, die nach und nach von der Induktionsspule abgerückt werden müssen, bis man zu dem Joch gelangt, nach dessen Distanzierung von der Spule der Erdschluß unterbrochen und damit die Stelle des Erdschlusses ermittelt ist. Das Lösen der Verschraubungen der gegen die Induktionsspule verspannten Joche ist allein schon eine zeitaufwendige Angelegenheit.

[0007] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Überwachungssystem für einen Induktionsofen der in Rede stehenden Art zu schaffen, um einen Fehler in der Spulen-Joch-Isolation einfacher und schneller orten zu können. Diese Aufgabe wird mit den Verfahrensmerkmalen des Patentanspruchs 1 und mit den gegenständlichen Merkmalen des Patentanspruchs 4 gelöst.

[0008] Für die Erfindung ist wesentlich, daß man sich hinsichtlich der Fehlererfassung an den einzelnen, voneinander beabstandeten Jochen des Induktionsofens orientiert. Die Fehlerermittlung kann auf zweierlei Weise vorgenommen werden.

[0009] Zum einen läßt man die Jochkonstruktion bestehen, hierbei bleiben die Joche geerdet. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß die meistens zugänglich angeordneten, nicht berührungsgeschützten Joche ein gefährliches elektrisches Potential nicht führen können. So sind konstruktive Änderungen am Induktionsofen nicht erforderlich. In die Spulen-Joch-Isolation, nämlich in den Isolationsaufbau benachbart jedem der Joche wird ein Indikator in Gestalt einer Drahtelektrode eingelegt, die als kammförmige Elektrode oder als mäanderförmige Elektrode ausgeführt sein kann. Bei mehrschichtigem Aufbau des Isolationsaufbaus zwischen der Spulenisolation und jedem Joch kann die Drahtelektrode zwischen zwei Schichten, wie zwischen zwei Lagen einer Glimmerisolation, positioniert werden. Die Drahtstärke des Indikators ist so gering, daß das elektromagnetische Feld den Sensordraht nicht aufheizen kann. Durch die flächenmäßige Anordnung des'Indikator-Drahtes wird der gesamte Bereich eines Joches überwacht, auch können Teilbereiche eines Joches überwacht werden, indem mehrere solcher Indikatoren räumlich voneinander getrennt vorgesehen werden.

[0010] Die Detektierung eines Isolationsdefektes zwischen der Induktionsspule und jedem einzelnen Joch erfolgt durch Messung des Isolationswiderstandes, also des elektrischen Widerstandes zwischen der Spule und dem Indikator und/oder dem Indikator und dem Joch. Da diese Messungen an jedem einzelnen Joch vorgenommen werden, kann ein Defekt der Spulen-Joch-Isolation

lokalisiert werden und zwar kann er auf das betreffende Joch oder auf einen Teilbereich dieses Joches eingegrenzt werden. Aufgrund der exponierten Anordnung des Indikators ist nicht nur eine frühzeitige Fehlererkennung sondern auch die rechtzeitige Wahrnehmung eines sich anbahnenden Fehlers möglich. So kann die Induktionsspule mit dem Indikator bereits in Kontakt stehen, bevor es zum Erdschluß infolge vollkommener Zerstörung der Spulen-Joch-Isolation kommt. Anstelle der Widerstandsmessung zur Erkennung des Isolationsdefektes kann eine Spannungsmessung zwischen dem Indikator und der Spule oder dem geerdeten Joch erfolgen, es kann auch ein Stromfluß von der Spule zum Indikator und/oder ein Stromfluß zwischen dem Indikator und dem Joch erfaßt und ausgewertet werden. Die Meßmethodik erlaubt des weiteren durch Vergleich der einzelnen Werte und durch Auswertung der Höhe der absoluten Meßwerte eine Aussage darüber, ob ein Erdschluß durch Feuchtigkeit oder ein satter Erdschluß vorliegt. Durch Variation der Frequenz der Meßspannung gelingt es sicher, einen Feuchtigkeitsschluß von einem metallischen Kurzschluß zu unterscheiden.

[0011] Zum anderen kann gemäß der Erfindung vorgesehen werden, die übliche Erdung der Joche aufzuheben. Dies geschieht beispielsweise durch den Einbau einer Jochisolation zwischen jedem Joch und dem Ofengestell vornehmlich im Bereich der Spannvorrichtungen. Die Erdung jedes einzelnen Joches erfolgt in diesem Fall über eine einzelne Erdungsleitung zu dem geerdeten Ofengestell hin. Ein etwaiger Stromfluß, also ein Ableitstrom, durch diese Erdungsleitung hindurch wird für jedes Joch einzeln überwacht. Besonders bietet sich hierzu eine Meßmethode über Shunts oder den Einsatz von Stromzangen an. Wird durch die standardmäßig vorhandene Erdschlußüberwachung ein Erdschluß angezeigt, kann nun durch Auswertung des Ableitstromes an jedem einzelnen Joch zur Erde hin die Schadstelle eingegrenzt werden, die im Bereich des betreffenden Joches liegt. Diese Auswertung der Ableitströme wird aufgezeichnet, und durch Vergleich der einzelnen Ableitströme der Joche und durch die Auswertung der Höhe des Ableitstromes kann des weiteren identifiziert werden, ob es sich um Ableitströme infolge von Feuchtigkeit, wie sie bei der Neuzustellung nicht zu vermeiden sind, oder infolge eines massiven Erdschlusses handelt.

[0012] Die Erfindung ermöglicht es, infolge der Lokalisierung des Durchschlags der Spulen-Joch-Isolation Reparaturen gezielt durchführen zu können, nämlich an der eingegrenzten Schadstelle. Hierdurch ergeben sich Einsparungen nicht nur aufgrund eines verringerten Reparaturaufwandes, sondern auch durch eine geringere Reparaturzeit, was den Produktionsausfall verkürzt.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung an Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Induktionsofen-Anlage mit einem im Vertikalschnitt dargestellten Induktionsofen,

Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Vertikalschnitt durch einen Abschnitt des Randbereichs des Induktionsofens nach Fig. 1 in vergrößerter Wiedergabe,

Fig. 3 einen Vertikalschnitt durch den äußeren Randbereich des Induktionsofens einschließlich einem Teil des Ofengestells in erster Ausführung,

Fig. 4 eine stark vergrößerte Einzelheit des Grenzbereichs zwischen einer der Windungen der Induktionsspule und einem der Joche des Induktionsofens in der Fig. 3 entsprechenden Ausführung,

Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf den Induktionsofen in der den Fig. 3 und 4 entsprechenden Ausführung,

Fig. 6 eine Ansicht eines der Indikatoren, die gemäß Fig. 4 in die Spulen-Joch-Isolation eingesetzt sind,

Fig. 7 eine Ansicht eines solchen Indikators in zweiter Ausführung,

Fig. 8 einen Vertikalschnitt durch den äußeren Randbereich des Induktionsofens gemäß Fig. 1 in zweiter Ausführung und

Fig. 9 eine schematische Draufsicht auf den Induktionsofen in der Ausführung gemäß Fig. 8.

[0014] Der Induktionsofen gemäß Fig. 1 weist zur Aufnahme einer Metallschmelze 1 einen Tiegel 2 auf, der aus einem feuerfesten Material besteht. Außenseitig umgibt den Tiegel 2 ein sogenannter Spulenschutz 3, an dem außenseitig koaxial zum Tiegel 2 eine Induktionsspule 4 angeordnet ist.

[0015] Einzelheiten der Induktionsspule 4 zeigt Fig. 2, in welcher man in voller Querschnitts-Darstellung eine der Spulenwindungen 4.1 erkennt. Die Spulenwindungen 4.1 bestehen aus einem Kupferhohlprofil, so daß im Innern jeder Spulenwindung 4.1 ein Kühlkanal 4.2 gebildet ist, durch den Kühlwasser hindurchgeschickt wird.

[0016] Aus Fig. 1 geht weiter hervor, daß außenseitig an der Induktionsspule 4 Joche 5 angeordnet sind, die achsparallel zur Induktionsspule 4 ausgerichtet sind und die - wie die Figuren 5 und 9 zeigen - in Umfangsrichtung um die Induktionsspule 4 herum nahezu gleichmäßig verteilt sind. Die einzelnen Joche 5 haben Abstände voneinander und sind so gebogen, daß sie sich in Umfangsrichtung an die Induktionsspule 4 anschmiegen.

[0017] Die Joche 5 sind gegen die Induktionsspule 4 verspannt, dies zeigen vor allem die Figuren 3 und 8. Dazu dienen Spannvorrichtungen 6 mit Spannschrauben

6.1, die nach außen hin am äußeren stählernen Ofengestell 6.2 abgestützt sind. Die Spannschrauben 6.1 beaufschlagen das zugehörige Joch 5 in radialer Richtung der Induktionsspule 4. Bei der Ausführung des Induktionsofens gemäß Fig. 3 besteht über die Spannschrauben 6.1 eine metallische Verbindung zwischen jedem Joch 5 und dem Ofengestell 6.2, welches in der üblichen Weise geerdet ist.

[0018] Letztlich entnimmt man Fig. 1 noch die elektrische Versorgungseinrichtung 7 zum Betrieb der Induktionsspule 4, an der des weiteren ein Erdschlußwächter 8 angeschlossen ist, der im Falle eines Erdschlusses der Spule 4 anspricht. Unabhängig von diesem Erdschlußwächter 8 ist der Induktionsofen gemäß der Erfindung mit einem Überwachungssystem ausgestattet, welches nachstehend näher erörtert wird.

[0019] Fig. 2 und Fig. 4 in weiter vergrößerter Darstellung veranschaulichen den Aufbau der elektrischen Isolierung zwischen der Induktionsspule 4 und jedem der Joche 5. Dazu ist eine Spulen-Joch-Isolation 9 vorgesehen, welche eine Spulenisolation 9.1, mittels der die Spulenwindungen 4.1 gegeneinander isoliert sind, einschließt. Zwischen der Induktionsspule 4 und jedem geerdeten Joch 5 liegt im Betriebsfall eine Spannung in der Größenordnung von 3.000 Volt. Darauf ist ein Isolationsaufbau 9.2 ausgelegt, der aus mehreren Schichten, insbesondere aus Glimmerlagen besteht.

[0020] Mit zunehmendem Verschleiß verringert sich der elektrische Widerstand der gesamten Spulen-Joch-Isolation, der, wie es Fig. 4 und Fig. 5 zeigen, mittels einer Sensoreinrichtung 10 überwacht wird, um die Widerstandsänderung zu erfassen. Zwischen zwei der Schichten des Isolationsaufbaus 9.2 ist zumindest ein Indikator 11 eingebracht, der aus einem elektrischen Leiter besteht. Fig. 6 zeigt einen solchen Indikator in der Gestalt eines mäanderförmigen Leiters 11.1 und Fig. 7 in Form eines kammförmigen Leiters 11.2. Die mäanderförmige Leiter 11.1 als Indikator erlaubt eine Eigendiagnose im Hinblick auf eine Unterbrechung. Wegen der vorhandenen beiden Enden, an die angeschlossen werden kann, ist eine elektrische Durchgangsprüfung möglich.

[0021] Wie Fig. 4 weiter veranschaulicht, wird zwischen jedem Indikator 11 und dem Joch 5 einerseits sowie einer der Spulenwindungen 4.1 andererseits eine Spannung, ein Strom oder ein Widerstand gemessen, dafür sind entsprechende Anzeigegeräte 10.1 vorgesehen. Die Indikatoren 11 und die Anzeigegeräte 10.1 sind Teil je einer Sensoreinrichtung 10, und je eine dieser Sensoreinrichtungen 10 ist jedem der Joche 5 zugeordnet, wie Fig. 5 zeigt. Bahnt sich ein Erdschluß der Induktionsspule 4 an oder liegt ein solcher Erdschluß bereits vor, wird dies durch die betreffende Sensoreinrichtung 10 signalisiert, und man erlangt damit den sofortigen Hinweis, im Bereich welchen Joches 5 ein Durchschlag der Spulen-Joch-Isolation 9 droht und kann an der betreffenden Stelle die notwendigen Gegenmaßnahmen ergreifen.

[0022] Die Lokalisierung einer Schadstelle kann man dadurch noch weiter eingrenzen, daß man im Bereich eines der Joche 5 zwei oder mehrere der Indikatoren 11 vorsieht und die Sensoreinrichtung 10 so ausgestattet ist, daß jeder der Indikatoren 11 erfaßt ist.

[0023] Fig. 8 und 9 zeigen eine Anordnung, mit der in anderer Weise der gleiche Zweck erfüllt wird. Hierbei sind die Joche 5 gegenüber dem Erdpotential führenden Ofengestell 6.2 derart elektrisch isoliert, daß ein Erdschluß nicht über die Spannschrauben 6.1 der Spannvorrichtung 6 erfolgen kann. Deshalb ist zwischen jedem der Joche 5 und dem Ofengestell 6.2 eine elektrische Isolation 12 in Gestalt druck- und hitzefester Isolierstücke vorgesehen, die zwischen den Spannschrauben 6.1 und dem zugehörigen Joch 5 angeordnet sind. Jedes Joch 5 ist mit dem Ofengestell 6.2 mittels einer eigenen Erdleitung 13 verbunden, und jede dieser Erdleitungen 13 ist in diesem Fall Teil der Sensoreinrichtung 10, mittels der ein Erdschluß an dem jeweiligen Joch 5 erfaßt werden kann. Dazu weist die Sensorvorrichtung 10 einen Strommesser A auf, der entweder in die Erdleitung 13 jedes Jochs 5 eingefügt oder zumindest daran anschließbar ist. Dies hängt davon ab, ob man entweder entsprechend Fig. 9 an jeder der Erdleitungen 13 permanent eine Sensorvorrichtung 10 vorsieht oder im Falle eines vom Erdschlußwächter 8 (Fig. 1) angezeigten Erdschlusses nacheinander die einzelnen Erdleitungen 13 auf einen darüber fließenden Ableitstrom nacheinander überprüft. Hierfür eignen sich Stromzangen, und je nach Art der Ausbildung der Sensoreinrichtung 10 kann es erforderlich sein, in jede der Erdleitungen 13 einen Shunt einzufügen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung eines Induktionsofens, der eine Induktionsspule aufweist, an deren Außenseite in Spulenumfangsrichtung voneinander beabstandete Joche anliegen, die mittels am äußeren Ofengestell abgestützter Spannvorrichtungen gegen die Spule angedrückt sind, wobei sich zwischen jedem Joch und der Spule eine elektrische Spulen-Joch-Isolation befindet,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß an jedem einzelnen Joch unabhängig von den anderen Jochen eine Änderung seines elektrischen Isolationszustandes in Relation zu der Induktionsspule und/oder dem Erdpotential erfaßt und danach die Lokalisierung einer sich anbahnenden oder vorliegenden Schadstelle in der Spulen-Joch-Isolation vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß zwischen jedem Joch und der Induktionsspule und/oder dem Erdpotential eine Widerstands-, Spannungs- und/oder Strommessung vorgenom-

men wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen jedem Joch und dem Erdpotential das Fließen eines Ableitstroms überwacht wird, wozu zwischen jedem Joch und dem Ofengestell eine elektrische Isolation vorgesehen wird.

4. Induktionsofen mit einer Induktionsspule (4), an deren Außenseite in Spulenumfangsrichtung voneinander beabstandete Joche (5) anliegen, die mittels am äußeren Ofengestell (6.2) abgestützter Spannvorrichtungen (6) gegen die Spule (4) angedrückt sind, wobei sich zwischen jedem Joch (5) und der Spule (4) eine elektrische Spulen-Joch-Isolation (9) befindet,
dadurch gekennzeichnet,
daß jedem der einzelnen Joche (5) eine Sensoreinrichtung (10) zugeordnet ist, mit der entweder eine Widerstandsänderung der Spulen-Joch-Isolation (9) im Bereich jedes einzelnen Joches (5) und/oder das Fließen eines Ableitstromes zwischen jedem einzelnen Joch (5) und dem Erdpotential erfaßt wird.

5. Induktionsofen nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoreinrichtung (10) einen Indikator (11) aufweist, der aus einem in die Spulen-Joch-Isolation (9) eingebrachten elektrischen Leiter besteht, mittels dem ein widerstands-, spannungs- und/oder stromabhängiges Signal dedektiert wird, welches in der Sensoreinrichtung (10) ausgewertet wird.

6. Induktionsofen nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der als Indikator (11) in die Spulen-Joch-Isolation (9) eingebrachte Leiter als mäanderförmiger Leiter (11.1) oder als kammförmiger Leiter (11.2) ausgebildet ist.

7. Induktionsofen nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Ofengestell (6.2) geerdet und zwischen jedem Joch (5) und dem Ofengestell (6.2) eine elektrische Isolation (12) vorgesehen ist, wobei jedes Joch (5) einzeln mittels einer Erdleitung (13) mit dem Erdpotential verbunden und zumindest ein Strommesser (A) vorgesehen ist, der an diese Erdleitung (13) anschließbar oder darin eingefügt ist.

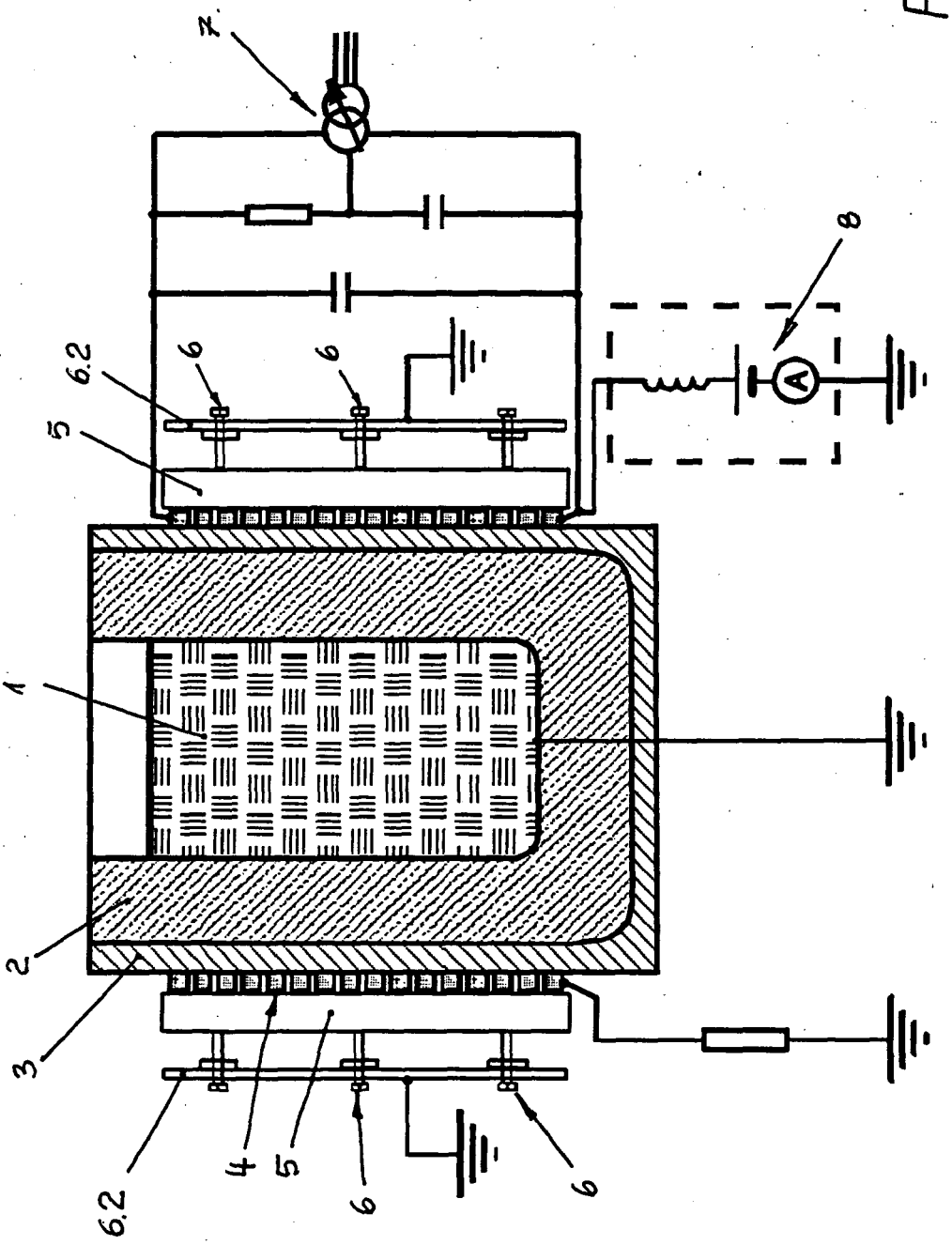


Fig.1

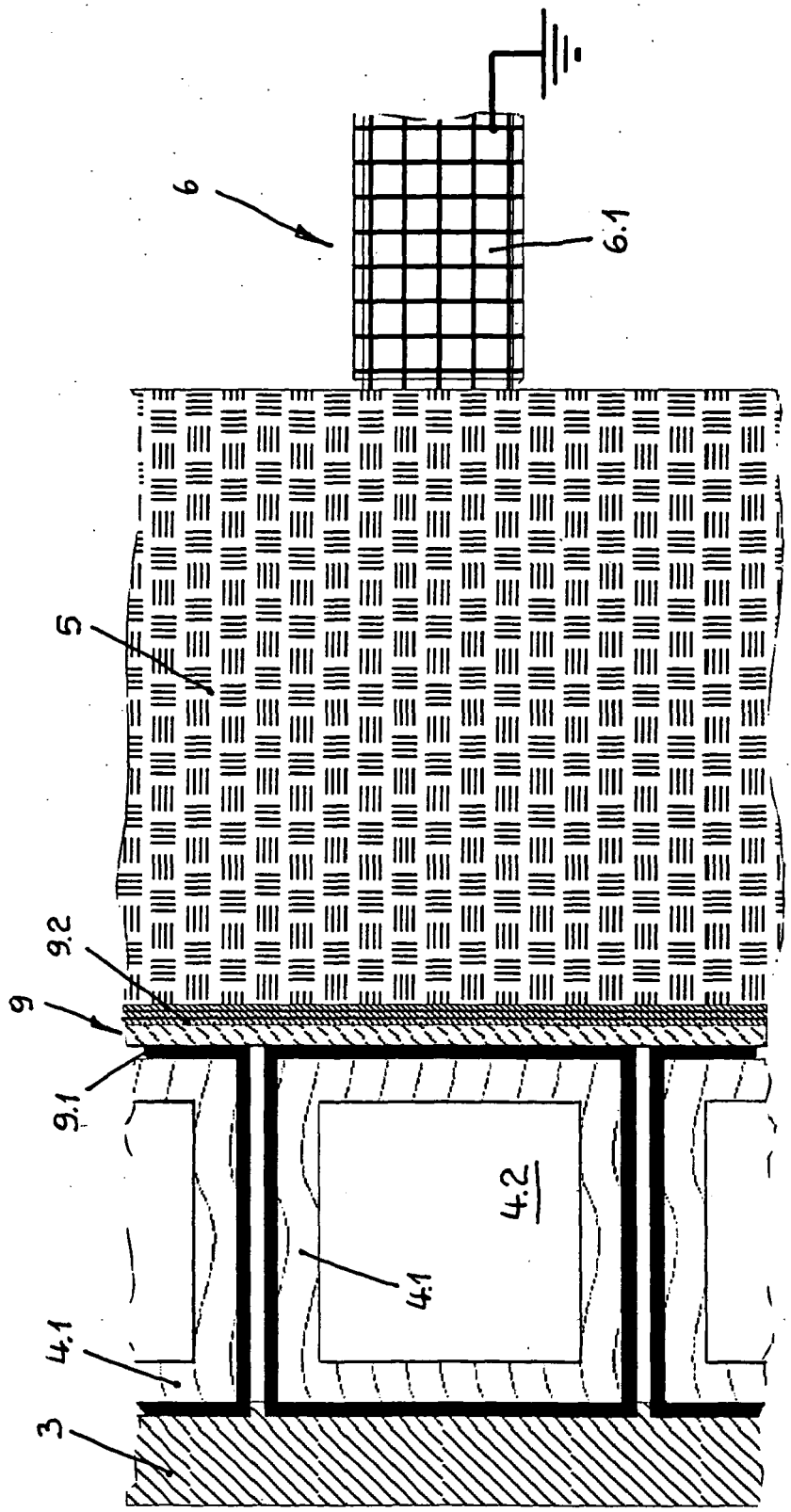


Fig.2

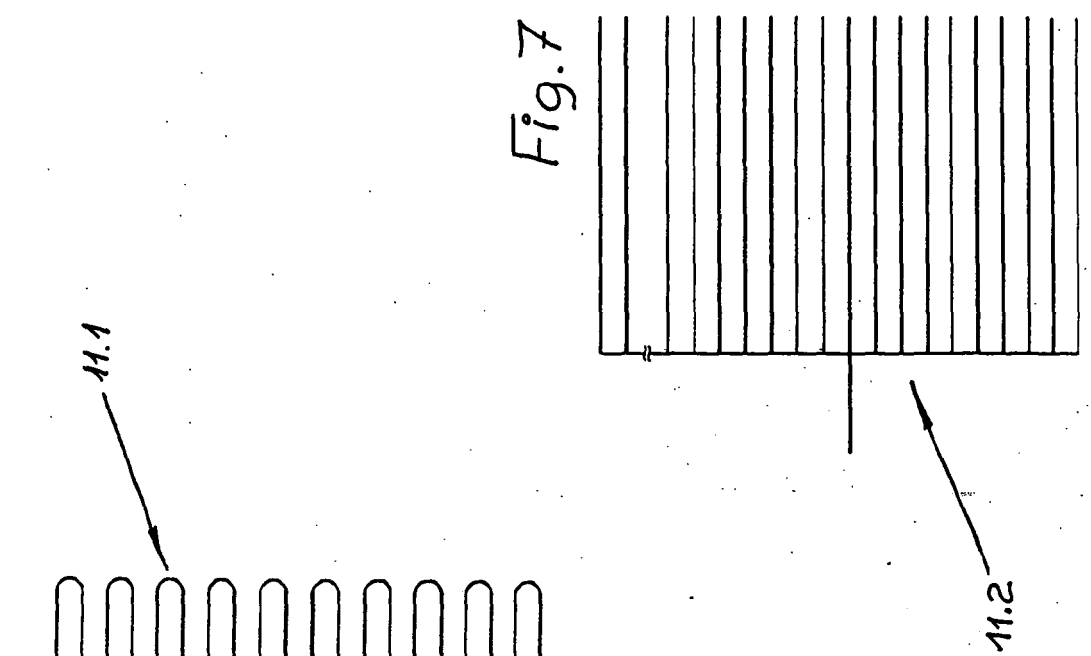


Fig.7

Fig.6

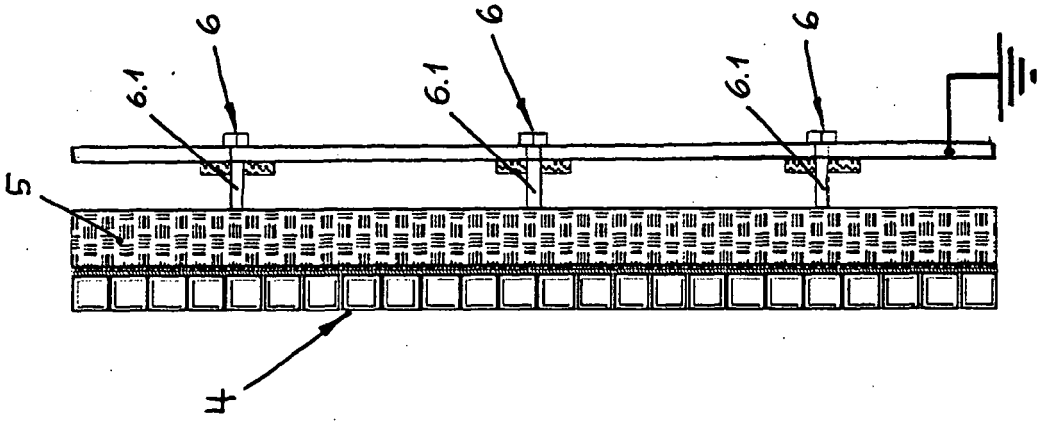


Fig.3

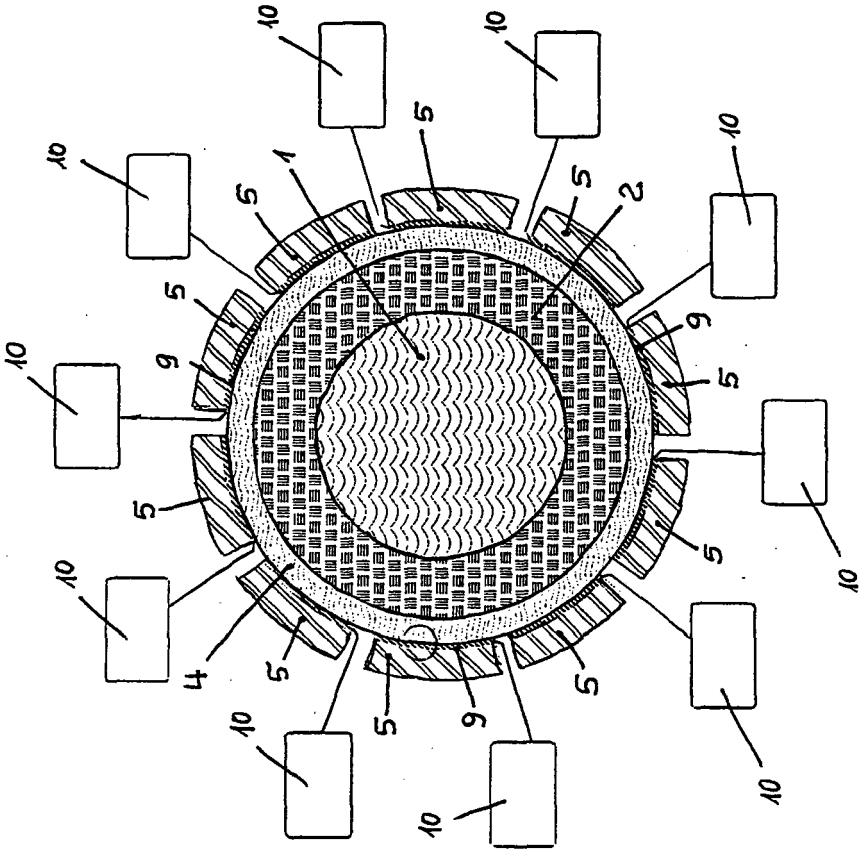


Fig5

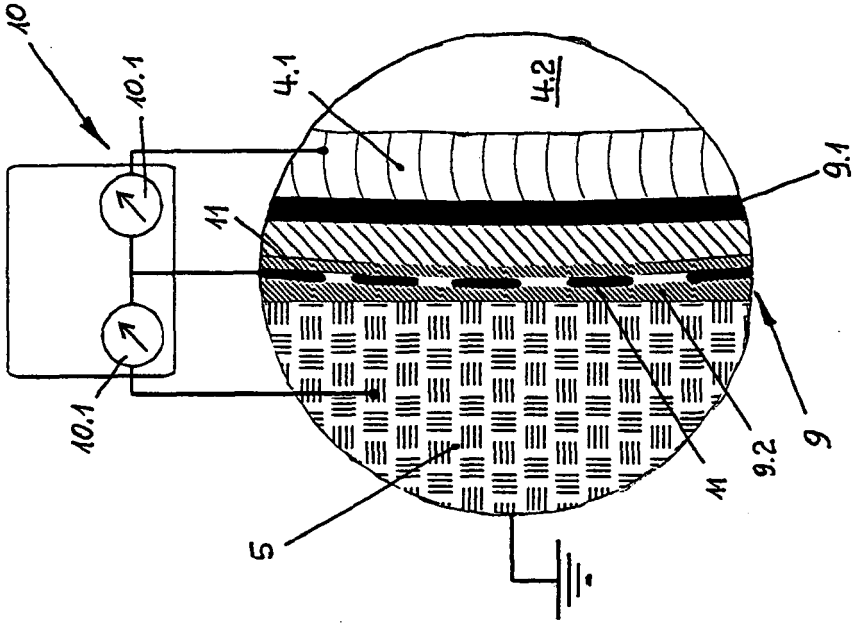


Fig.4

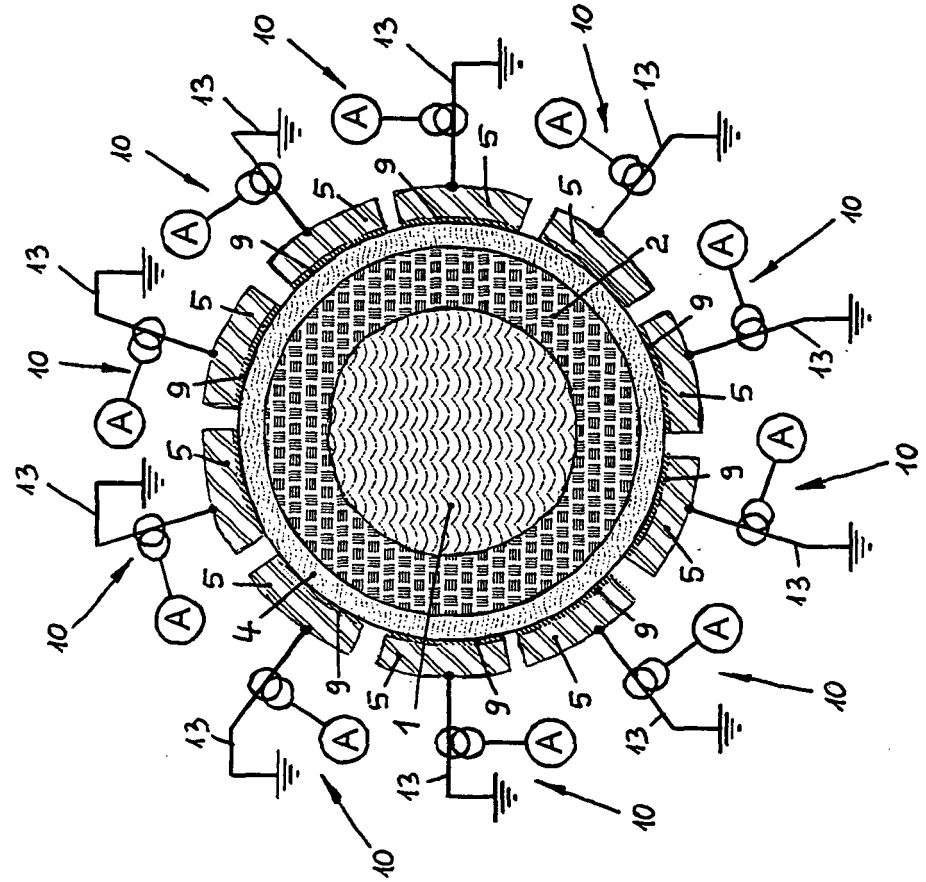


Fig.9

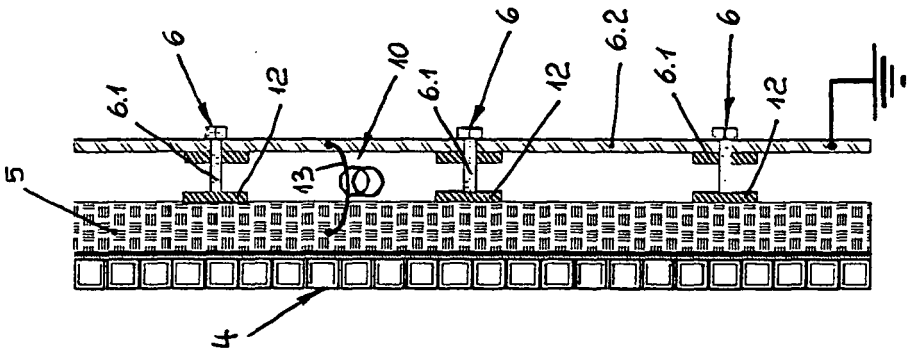


Fig.8