



(11) **EP 1 968 355 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2013 Patentblatt 2013/09

(51) Int Cl.:
H05B 6/36 (2006.01) H05B 6/44 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07004759.2**

(22) Anmeldetag: **08.03.2007**

(54) **Induktionsspule und Vorrichtung zum induktiven Erwärmen von Werkstücken**

Induction coil and device for inductive heating of workpieces

Bobine d'induction et dispositif destinés au réchauffement par induction de pièces usinées

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.09.2008 Patentblatt 2008/37

(73) Patentinhaber: **HÜTTINGER Elektronik GmbH +
Co. KG**
79111 Freiburg (DE)

(72) Erfinder: **Schwiese, Hans-Joachim**
79102 Freiburg (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus**
Patentanwälte
Ruppmannstraße 27
70565 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A1- 2 331 004 DE-A1- 2 357 688
US-A- 3 017 485 US-A- 3 601 569
US-B1- 6 498 325

- **UNIVERSITÄT PADERBORN, FAKULTÄT FÜR
NATURWISSENSCHAFTEN, ANONYMOUS: "E3
Messung des Verlaufs von Magnetfeldern
verschiedener Spulen mit der Hallsonde"[Online]
XP002445537 Gefunden im Internet: URL:[http://
groups.uni-paderborn.de/physik/ studieninfos/
praktika/versuche_anleitungen /e03.pdf](http://groups.uni-paderborn.de/physik/studieninfos/praktika/versuche_anleitungen/e03.pdf)>
[gefunden am 2007-08-03]**

EP 1 968 355 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Induktionsspule zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, die eine Mehrzahl von Windungen aufweist, wobei wenigstens eine der Windungen zumindest teilweise flächig ausgebildet ist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, aufweisend einen Hochfrequenzgenerator (HF-Generator) in signaltechnischer Wirkverbindung mit wenigstens einer Induktionsspule, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11.

[0003] Derartige Vorrichtungen dienen zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, die elektrisch leitfähige Komponenten enthalten, und werden beispielsweise zum Härten von Werkstücken, zum Verbinden (Schweißen, Kleben) von Werkstücken oder zum Versiegeln von Behältern eingesetzt.

[0004] Vorrichtungen zum induktiven Erwärmen bestehen grundsätzlich aus einem Hochfrequenzgenerator und einer Induktionsspule (oder kurz: Spule), die meistens in einem Bearbeitungskopf angeordnet ist. Die Spule ist dabei entweder flach in einer Ebene oder auch dreidimensional, insbesondere helix- oder tunnelförmig, gewickelt. Sie besteht normalerweise entweder aus Kupferrohr, das zur Kühlung mit Wasser durchströmt wird, oder aus Litzendraht. Bei Spulen aus Litzendraht kann die Kühlung durch Luft erfolgen. Außerdem ist bekannt, die Spule mit einer Ferritumhüllung zu umgeben, die das elektromagnetische Feld in die Anwendungsrichtung fokussiert. Die Spule ist in der Regel in einen seriellen oder parallelen Schwingkreis eingebunden, der nahe der Resonanzfrequenz angesteuert wird, um Stromüberhöhungen in der Spule zu erzeugen. Durch das elektromagnetische Feld der Induktionsspule werden in den elektrisch leitfähigen Komponenten der Werkstücke gezielt Wirbelströme erzeugt, die zu einer Erwärmung führen.

[0005] Der Bearbeitungskopf, der die Induktionsspule enthält, ist häufig über einer Fördervorrichtung angeordnet, mit deren Hilfe die zu erwärmenden Werkstücke unter der Spule oder durch sie hindurch befördert werden. Es ist ebenso möglich, die Werkstücke in die Spule oder die Spule in die Werkstücke einzutauchen.

[0006] Aus der DE 918158 B und der DE 1132671 A ist bekannt, in einer helixförmigen Induktionsspule einen sogenannten "Konzentrator" anzuordnen, der aus Kupfer besteht, in einem geringen, endlichen Abstand zu den Windungen der Spule angeordnet ist und einen bis nahe an den zu erhitzenden Körper heranreichenden Flansch besitzt, um das magnetische Feld an der Heizstelle zu konzentrieren.

[0007] Aus der US 5,048,260 ist eine induktiv arbeitende Versiegelungsmaschine bekannt, bei der längs paralleler Abschnitte einer einwindigen Tunnelspule gerade Abschnitte aus dem Material der Tunnelspule durch Löten mit dieser verbunden sind, um das Magnetfeld der

Spule zu homogenisieren und zu konzentrieren.

[0008] Eine Induktionsspule zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, die eine Mehrzahl von Windungen aufweist, ist aus der DE 23 31 004 bekannt. Bei der dort beschriebenen Spule ist eine flächige Windung in einem radial innen liegenden Bereich von einer einzigen, radial außen liegenden Windung umgeben, wobei beide Windungen konzentrisch in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind.

[0009] In der DE 23 57 688 sind wie in der DE 23 31 004 die beiden Windungen ebenfalls konzentrisch in einer gemeinsamen Ebene angeordnet, wobei die äußere Windung in einer Nut der inneren Windung angeordnet ist.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Induktionsspule bzw. eine Vorrichtung der jeweils eingangs genannten Art dahingehend weiter zu entwickeln, dass eine hohe Konzentrations- und Verstärkungswirkung auf das erzeugte Magnetfeld erreicht und damit die Heizwirkung und die Energieeffizienz verbessert werden.

[0011] Die Aufgabe wird durch eine Induktionsspule mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11 gelöst.

[0012] Erfindungsgemäß ist eine Induktionsspule zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, die eine Mehrzahl von Windungen aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die flächige Windung sich zumindest über einen von den übrigen Windungen überdeckten Bereich erstreckt, wobei entweder die Induktionsspule eben und mit einer im Wesentlichen ringförmig ausgebildeten, flächigen Windung unter den übrigen, spiralförmig verlaufenden Windungen ausgebildet ist, wobei die flächige Windung parallel zur Spulenebene der übrigen Windungen verläuft; oder die Induktionsspule helixförmig verlaufende Windungen aufweist, wobei die flächige Windung im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet und innerhalb der helixförmig verlaufenden Windungen angeordnet ist.

[0013] Darüber hinaus ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, aufweisend einen Hochfrequenzgenerator in signaltechnischer Wirkverbindung mit wenigstens einer Induktionsspule, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktionsspule als eine erfindungsgemäße Induktionsspule ausgebildet ist.

[0014] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand von Unteransprüchen, deren Wortlaut hiermit durch ausdrückliche Bezugnahme in die vorliegende Beschreibung aufgenommen wird, um unnötige Textwiederholungen zu vermeiden.

[0015] Es ist überraschender Weise erkannt worden, dass sich die Wirkung eines Konzentrators um ein Vielfaches steigern lässt, wenn der Konzentrator als zusätzliche, wenigstens teil- oder abschnittsweise flächige Wicklung der Induktionsspule ausgeführt wird, d.h. mit einer Anzahl der übrigen Spulenwindungen in Reihe geschal-

tet ist. In einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Induktionserwärmung besteht also die Induktionsspule aus mehreren Windungen, wobei mindestens eine der Windungen wenigstens teilweise flächig ausgeführt ist, und wobei diese flächige Windung bzw. Teilwindung von zumindest einem Teil der übrigen Windungen induktiv, d.h. durch das elektromagnetische Feld der übrigen Windungen beeinflusst wird. Die induktive Beeinflussung erfolgt dabei vorzugsweise dadurch, dass zumindest ein Teil der übrigen Windungen direkt benachbart, parallel oder umhüllend zu der flächigen (Teil-)Windung angeordnet ist, d.h. dadurch, dass die flächige Windung sich zumindest über einen von den übrigen Windungen überdeckten Bereich erstreckt. Mit einer solchen erfindungsgemäßen Spulenform lässt sich mit deutlich geringerer Ausgangsleistung des HF-Generators ein besserer Energieeintrag in die Werkstücke erreichen als mit den im Stand der Technik beschriebenen Induktionsspulen. Es wird nicht nur eine Konzentration, sondern auch eine deutliche Verstärkung des Magnetfelds der Induktionsspule am Ort des Werkstücks erreicht.

[0016] Im Folgenden wird die wenigstens eine flächige (Teil-)Windung stellenweise vereinfachend nur als "flächige Windung" bezeichnet, ohne dass hierdurch ausgedrückt werden soll, dass diese Windung erfindungsgemäß vollständig, d.h. in einer Gesamtheit flächig ausgebildet sein muss.

[0017] Die Konzentration des magnetischen Feldes einer erfindungsgemäßen Induktionsspule wird vorzugsweise noch weiter dadurch verbessert, dass die flächig ausgeführte Windung der Spule eine Ausformung, z.B. eine Ausnehmung oder Auswölbung mit geringeren Abmessungen als die flächige Windung selbst aufweist, die sich in Richtung auf das Werkstück erstreckt. Die Wirkung des magnetischen Feldes wird auf diese Weise im Bereich der Ausformung auf das Werkstück fokussiert.

[0018] Induktionsspulen mit derart integriertem Konzentrator, welcher eine der Spulenwindungen bildet, können verschiedene geometrischen Ausführungsformen aufweisen:

[0019] Gemäß einer ersten Ausführungsform ist die Induktionsspule eben und mit einer im Wesentlichen ringförmig ausgebildeten, flächigen Windung unter den übrigen, spiralförmig verlaufenden Windungen ausgebildet, wobei die flächige Windung parallel zur Spulenebene der übrigen Windungen verläuft. Dadurch wird das magnetische Feld unter den Windungen und im Bereich einer ggf. vorhandenen Ausnehmung der flächigen Windung verstärkt und homogenisiert.

[0020] Gemäß einer zweiten, alternativen Ausführungsform ist die Induktionsspule als helixförmige Spule mit zylinderförmiger Konzentrator-Wicklung ausgebildet, d.h. die flächige Windung ist im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet und innerhalb der helixförmig verlaufenden Windungen angeordnet, wobei die flächige Windung nach innen zu Konzentrierungszwecken eine im Querschnitt rechteckige oder konusförmige Ausformung aufweisen kann.

[0021] Gemäß einer Weiterbildung erstreckt sich die flächige Windung über die übrigen Windungen hinaus nach innen, so dass im Inneren der flächigen Windung nur eine relativ kleinskalige Ausnehmung in Form eines kleinen Lochs für die Aufnahme eines Werkstücks verbleibt. Dies bewirkt eine starke Konzentration des Energieeintrags an dieser Stelle in das Werkstück.

[0022] Bei einer nicht erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist die Induktionsspule als Tunnelsspule mit jeweils einer flächigen Teilwindung auf den beiden Parallelseiten der Spule (Spulenhälften) ausgebildet, wobei die flächige Windung zur Konzentrierung des Feldes ohne Beschränkung der Allgemeinheit eine im Querschnitt rechteckige Ausformung nach innen aufweist.

[0023] Allgemein ist der Aufbau einer Induktionsspule in Weiterbildung der Erfindung entweder so gestaltet, dass eine der übrigen Windungen mit der flächigen Windung verlötet ist, so dass diese beiden Windungen als gemeinsame Windung fungieren, also wirkungsmäßig, insbesondere elektrisch leitend verbunden sind. Alternativ ist die flächige Windung nur an ihren beiden Enden durch jeweils eine der übrigen Windungen kontaktiert und fungiert so als zusätzliche Windung der Spule, die in Reihe zu allen übrigen Windungen geschaltet ist. Zwischen den weiteren Windungen und der flächigen Windung kann in Weiterbildung der Erfindung eine Isolierschicht angeordnet sein, vorzugsweise in Form einer Teflonfolie.

[0024] Vorzugsweise bestehen zumindest die flächige Windung und besonders bevorzugt alle Windungen der erfindungsgemäßen Induktionsspule aus Kupfer.

[0025] Die Ausformungen der flächigen Windung können in Weiterbildung der Erfindung ebenso wie die übrigen Windungen zur Kühlung mit Wasser oder einem anderen Kühlmedium durchströmt sein.

[0026] Um die Wirkung des magnetischen Spulenfeldes noch stärker am Ort des Werkstücks zu konzentrieren, kann die Spule auf ihrer dem Werkstück abgewandten Seite mit einer Umhüllung aus magnetisch gut und elektrisch schlecht leitendem Material, vorzugsweise aus Ferrit, umgeben sein, die das Magnetfeld der Spule begrenzt und in Anwendungsrichtung fokussiert.

[0027] Weitere Vorteile und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Aus den einzelnen Ausführungsbeispielen zu entnehmende Merkmale können einzeln oder in Kombination bei Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung verwirklicht sein. Es zeigt/zeigen:

Fig. 1 eine grundlegende schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum induktiven Erwärmen von Werkstücken;

Fig. 2a, b verschiedene Ansichten einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule;

- Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule;
- Fig. 4a, b verschiedene Ansichten einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule;
- Fig. 5 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule; und
- Fig. 6 eine Ausgestaltung einer Induktionsspule als Tunnelsspule.

[0028] Fig. 1 zeigt anhand einer grundlegenden schematischen Darstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, beispielsweise zum Versiegeln von Behältern oder Gebinden 2. Die Vorrichtung 1 weist einen Hochfrequenzgenerator (HF-Generator) 3 in Verbindung mit einem Schwingkreis 4 auf. Der Schwingkreis 4 umfasst eine Kapazität 5, die zum Erreichen einer Stromüberhöhung mit einer Induktionsspule (Induktivität) 6 in Reihe geschaltet ist. Die Kapazität kann auch parallel zu der Induktivität angeordnet sein und dann zusammen mit dieser einen Parallelschwingkreis bilden. Zumindest die Induktionsspule 6 ist in einem beweglichen oder festen Bearbeitungskopf 1a der Vorrichtung 1 angeordnet. Der bewegliche Bearbeitungskopf 1a ist als Ganzes in Richtung der Doppelpfeile A, A' beweglich, um die Vorrichtung 1 an unterschiedliche Abmessungen der zu erwärmenden Werkstücke, hier der zu versiegelnden Behälter 2, anzupassen. Es ist alternativ auch möglich, dass sich das Werkstück 2 bewegt und der Bearbeitungskopf 1 fest ist. Im stromdurchflossenen Zustand erzeugt die Induktionsspule 6 ein (elektro-)magnetisches Feld H, in dessen Bereich ein zu versiegelnder Behälter 2 mit einer Behälteröffnung beziehungsweise einer an der Behälteröffnung vorhandenen Siegfelfolie 7 angeordnet ist. Der Behälter 2 wird typischerweise mittels einer Fördereinrichtung 8, wie einem Förderband, durch den Bereich des magnetischen Feldes H bewegt. Dadurch wird die Siegfelfolie 7 erwärmt und verschmilzt mit dem Material des Behälters 2, so dass dieser versiegelt ist.

[0029] Wie der Fachmann erkennt, ist der Anwendungsbereich der Vorrichtung 1 keineswegs auf das Versiegeln von Behältern oder Gebinden beschränkt, sondern kann auf jede Art der induktiven Erwärmung von Werkstücken ausgedehnt werden.

[0030] Alternativ zu der exemplarisch gezeigten Ausführungsform ist es je nach Anwendungsgebiet auch möglich, die Werkstücke 2 mittels einer hierfür geeigneten Einrichtung, z.B. durch geeignete Ausgestaltung der Fördereinrichtung 8 bzw. des Bearbeitungskopfes 1a, in die Induktionsspule 6 oder die Induktionsspule 6 selbst in die Werkstücke 2 einzutauchen.

[0031] Fig. 2a zeigt eine perspektivische Gesamtansicht einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Induktionsspule 6. Die Induktionsspule 6 weist An-

schlussbacken 6a, 6b auf, die mit einem Leiter 6c in Form eines Kupferrohres verbunden sind. Der Leiter 6c beziehungsweise das Kupferrohr sind im Betrieb der Induktionsspule 6 zu Kühlzwecken von einem Kühlmedium, insbesondere Wasser, durchströmt.

[0032] Ausgehend von der Anschlussbacke 6a weist der Leiter 6c zunächst einen geraden Verlauf auf, ist dann nach unten abgewinkelt und anschließend in Form einer ebenen Spirale, das heißt in Form von schneckenförmigen Spiralwindungen 6c', 6c'' mit abnehmendem Durchmesser oder Windungsradius angeordnet. Die innerste Spiralwindung 6c' des Leiters 6c ist anschließend im Wesentlichen parallel zu dem anfänglichen Verlauf des Leiters 6c ausgehend von der Anschlussbacke 6a zu der Anschlussbacke 6b zurückgeführt. Unterhalb der Spiralwindungen des Leiters 6c ist eine weitere Windung der Induktionsspule 6 angeordnet, die als flächige Windung 6d, das heißt mit einer relativ zu dem übrigen Leiter 6c vergrößerten (Ober-)Fläche ausgebildet ist. Die flächige Windung 6d ist in Form eines offenen Rings aus Kupfer ausgebildet und weist entsprechend bei 6e einen Schlitz sowie einen inneren Freiraum 6f (Ausnehmung) auf, der zum Aufnehmen von zu erwärmenden Werkstücken (hier nicht gezeigt) dienen kann. Erfindungsgemäß findet bei Stromfluss durch die Induktionsspule 6 eine erhebliche Konzentration und Verstärkung des durch die Induktionsspule 6 erzeugten Magnetfelds in dem Bereich des Freiraums 6f sowie unterhalb der Spulenwindungen statt. Die zu erwärmenden Werkstücke werden abhängig von ihrer Geometrie entweder unterhalb der Induktionsspule 6 oder innerhalb des Freiraums 6f angeordnet. Weitere Einzelheiten der Induktionsspule 6 gemäß Fig. 2a sind in Fig. 2b dargestellt.

[0033] Fig. 2b zeigt eine Schnittansicht der Induktionsspule 6 gemäß Fig. 2a entlang der Linie I-I in Fig. 2a. Wie aus dieser Darstellung erkennbar ist, liegt die innere Spiralwindung 6c' an der flächigen Windung 6d an und ist vorzugsweise mit dieser verlötet. Die restlichen Spiralwindungen 6c'' sind gegenüber der inneren Spiralwindung 6c' um ein Maß d erhöht angeordnet und berühren die flächige Windung 6d nicht, können sie jedoch induktiv beeinflussen. Zwischen der flächigen Windung 6d und den restlichen Spiralwindungen 6c'' kann weiterhin eine nicht gezeigte Isolierschicht in Form einer Teflonfolie angeordnet sein. Wie unter erneuter Bezugnahme auf die Fig. 2a deutlich wird, kontaktiert auch die innere Spiralwindung 6c' die flächige Windung 6d nicht über den Schlitz 6e hinweg, so dass die flächige Windung 6d effektiv zusammen mit der inneren Spiralwindung 6c' als eine Windung der Induktionsspule 6 dient. Sie fungiert zusätzlich - wie bereits erwähnt - als Konzentrador, durch den das magnetische Feld der Induktionsspule 6 auf den Bereich unterhalb der Spiralwindungen sowie innerhalb des Freiraums 6f konzentriert und in diesem Bereich spürbar verstärkt wird. Die innere Spiralwindung 6c' dient darüber hinaus zur Kühlung der flächigen Windung 6d, die selbst nicht wasserdurchströmt ist. Es ist ebenso möglich, nicht die innere Spiralwindung 6c', sondern eine

der restlichen Spiralwindungen 6c" mit der flächigen Windung 6d zu verlöten. Vorteilhafterweise wird diejenige der Spiralwindungen 6c', 6c" mit der flächigen Windung 6d verbunden, die dem Ort der größten Wärmeentwicklung am nächsten liegt, also die Spiralwindung 6c', wenn die zu erwärmenden Werkstücke im Freiraum 6f der Induktionsspule angeordnet werden sollen.

[0034] Fig. 3 zeigt eine perspektivische Gesamtansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule 6. Diese entspricht im Wesentlichen der Ausführungsform gemäß den Figuren 2a, b, so dass vorliegend nur auf diesbezügliche Unterschiede näher eingegangen wird. Während die flächige Windung 6d bei der Ausführungsform gemäß den Figuren 2a, b über einen von den übrigen (Spiral-)Windungen 6c', 6c" überdeckten Bereich begrenzt ausgebildet ist, sieht die Ausgestaltung gemäß Fig. 3 vor, dass die flächige Windung 6d sich über einen von den übrigen (Spiral-)Windungen 6c', 6c" überdeckten Bereich hinaus erstreckt. Gemäß der Darstellung in Fig. 3 erstreckt sich die flächige Windung 6d über den Verlauf der inneren Spiralwindung 6c' nach innen, so dass an einem inneren Ende des Schlitzes 6e nur ein gegenüber der Ausführungsform der Figuren 2a, b in seinen Abmessungen stark verkleinerter Freiraum 6f in Form eines Lochs verbleibt. Dieser dient entsprechend zur Aufnahme von Werkstücken kleinerer Abmessungen, wobei eine entsprechend verstärkte Konzentration des magnetischen Feldes der Induktionsspule 6 in diesem Bereich stattfindet.

[0035] Fig. 4a zeigt anhand einer perspektivischen Gesamtansicht eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Induktionsspule 6. Diese weist in Verbindung mit den Anschlussbacken 6a, 6b ein winkelförmiges Halteteil 6g auf, an dem der Leiter 6c isoliert geführt ist. Die Windungen 6c', 6c" der Induktionsspule 6 verlaufen helixförmig, wobei die flächige Windung 6d im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet und innerhalb der helixförmig verlaufenden restlichen Windungen 6c', 6c" der Induktionsspule 6 angeordnet ist. Wie die ringförmige flächige Windung der Ausführungsformen gemäß den Figuren 2a, b und 3 weist auch die flächige Windung 6d der Ausführungsform gemäß Fig. 4a einen Schlitz 6e auf. Gegenüber den sie umgebenden Windungen 6c', 6c" ist die flächige Windung 6d durch eine Isolierschicht 6h in Form einer Teflonfolie elektrisch isoliert. Letztere weist bei 6i und 6j Durchbrüche auf, an denen die beiden inneren der übrigen Spulenwindungen 6c' elektrisch leitend mit der flächigen Windung 6d auf beiden Seiten des Schlitzes 6e verbunden, vorzugsweise verlötet, sind, so dass die flächige Windung 6d effektiv als eine zusätzliche Windung der Induktionsspule 6 fungiert.

[0036] Fig. 4b zeigt die Induktionsspule 6 gemäß Fig. 4a gemäß einem Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 4a. Wie anhand dieser Darstellung erkennbar ist, weist die flächige Windung 6d eine sich bezüglich der übrigen Windungen 6c', 6c" nach innen, das heißt in den Bereich des

Freiraums 6f erstreckende umlaufende hohle Ausformung 6k auf, die im Querschnitt rechteckig ausgebildet ist. Zwischen den Ausformungen 6k ist somit wiederum ein Bereich geringerer Abmessung (geringeren Durchmessers) geschaffen, so dass ein durch die Induktionsspule 6 erzeugtes Magnetfeld in dem Freiraum 6f, insbesondere zwischen den Ausformungen 6k der flächigen Windung 6d, konzentriert und verstärkt wird. Wie anhand von Fig. 4a und Fig. 4b erkennbar ist, sind die inneren, hohlen Spulenwindungen 6c' an den Durchbrüchen 6i und 6j mit der hohlen Ausformung 6k verbunden, so dass im Betrieb der Induktionsspule 6 das Kühlmedium, vorzugsweise Wasser, sowohl die Spulenwindungen 6', 6c" als auch die Ausformung 6k und den Leiter 6c in einem gemeinsamen Kühlkreislauf durchströmt.

[0037] Fig. 5 zeigt anhand einer Darstellung, die perspektivisch derjenigen in Fig. 4b entspricht, eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Induktionsspule 6. Vorliegend sei nur auf die wesentlichen Unterschiede zwischen der Induktionsspule 6 gemäß Fig. 5 und der Induktionsspule gemäß Fig. 4b eingegangen. Gemäß Fig. 5 weist die flächige Windung 6d der Induktionsspule 6 eine sich nach innen erstreckende hohle Ausformung 6k auf, die im Querschnitt konusförmig ausgebildet ist. Auf diese Weise wird gegenüber der in Fig. 4b gezeigten Ausgestaltung der Induktionsspule 6 eine verstärkte Kühlwirkung auf die flächige Windung 6d erreicht. In Fig. 5 ist außerdem eine zylinderförmige Ferritumhüllung 9 mit U-förmigem Innenprofil gezeigt, die die Induktionsspule 6 umgibt und das Magnetfeld der Spule zusätzlich auf den Spuleninnenraum fokussiert. Analog gestaltete Ferritumhüllungen können ebenso bei allen übrigen gezeigten erfindungsgemäßen Induktionsspulen eingesetzt werden.

[0038] Wie der Fachmann erkennt, ist die innere Ausbildung der flächigen Windung 6d beziehungsweise deren Ausformung 6k nicht auf die Ausgestaltungen gemäß den Figuren 4b und 5 beschränkt. Vielfältige weitere Ausformungsgeometrien zur Erzeugung entsprechend konzentrierter magnetischer Felder im Freiraum 6f der Induktionsspule 6 sind möglich, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0039] Fig. 6 zeigt eine Induktionsspule 6, die als Tunnelsspule mit zwei im Wesentlichen parallelen Spulenhälften 6', 6" ausgebildet ist. Der (Spulen-)Leiter 6c besteht aus Litzendraht und bildet im Bereich der beiden Spulenhälften 6', 6" jeweils eine Anzahl paralleler Leiterabschnitte aus, die über Leiterschlaufen 6l, 6l' zu Spulenwindungen verbunden sind. Weiterhin ist in jeder der beiden Spulenhälften 6', 6" eine flächige Teilwindung 6d, 6d' angeordnet, die an den Stellen 6i' und 6j' (und analog für die Spulenhälfte 6"; hier nicht sichtbar) durch den Leiter 6c kontaktiert (z.B. mit diesem verschraubt oder verlötet) ist, um auf diese Weise als eine zusätzliche Teilwindung der entsprechenden Spulenhälfte 6', 6" zu fungieren. Die beiden flächigen Teilwindungen 6d, 6d' weisen an ihrer Innenseite, das heißt ihrer der jeweils anderen Spulenhälfte zugewandten Seite eine hohle Ausfor-

mung 6k, 6k' auf, die gemäß dem vorliegenden Beispiel im Querschnitt rechteckig ausgebildet ist. Abweichende Ausgestaltungen der Ausformungen 6k, 6k' sind selbstverständlich möglich, insbesondere eine konusförmig Ausgestaltung gemäß Fig. 5, was der Fachmann ohne weiteres erkennt. Die Ausformung 6k, 6k' ist im Betrieb der Induktionsspule 6 von einem Kühlmedium, vorzugsweise von Wasser, durchströmt.

Patentansprüche

1. Induktionsspule (6) zum induktiven Erwärmen von Werkstücken (2), die eine Mehrzahl von Windungen (6c', 6c'', 6d) aufweist, wobei wenigstens eine der Windungen (6d) zumindest teilweise flächig ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flächige Windung sich zumindest über einen von den übrigen Windungen (6c', 6c'') überdeckten Bereich erstreckt, wobei entweder die Induktionsspule (6) eben und mit einer im Wesentlichen ringförmig ausgebildeten, flächigen Windung (6d) unter den übrigen, spiralförmig verlaufenden Windungen (6c', 6c'') ausgebildet ist, wobei die flächige Windung (6d) parallel zur Spulenebene der übrigen Windungen (6c', 6c'') verläuft, oder die Induktionsspule (6) helixförmig verlaufende Windungen (6c', 6c'') aufweist, wobei die flächige Windung (6d) im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet und innerhalb der helixförmig verlaufenden Windungen (6c', 6c'') angeordnet ist.
2. Induktionsspule (6) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur induktiven Beeinflussung zumindest ein Teil der übrigen Windungen (6c', 6c'') direkt benachbart, parallel und/oder umhüllend zu der flächigen Windung (6d, 6d') angeordnet ist.
3. Induktionsspule (6) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flächige Windung (6d, 6d') einen Bereich (6f) mit gegenüber einer Gesamtabmessung der flächigen Windung geringeren Abmessungen aufweist, der zum Aufnehmen eines zu erwärmenden Werkstücks bestimmt ist.
4. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ringförmige flächige Windung (6d) mittels eines Schlitzes (6e) geöffnet ist.
5. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flächige Windung (6d) im Wesentlichen auf einen von den übrigen Windungen (6c', 6c'') überdeckten Bereich begrenzt ausgebildet ist.

6. Induktionsspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flächige Windung (6d) sich über einen von den übrigen Windungen (6c', 6c'') überdeckten Bereich hinaus erstreckend ausgebildet ist.
7. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der übrigen Windungen (6c') mit der flächigen (Teil-)Windung (6d) wirkungsmäßig verbunden, insbesondere verlötet ist.
8. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der flächigen (Teil-)Windung (6d) und den übrigen Windungen (6c', 6c'') eine Isolierschicht, insbesondere in Form einer Teflonfolie, angeordnet ist.
9. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens die flächige (Teil-)Windung (6d) und insbesondere alle Windungen (6c', 6c''; 6d) aus Kupfer bestehen.
10. Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die übrigen Windungen (6c', 6c'') hohl, insbesondere rohrförmig ausgebildet und im Betrieb von einem Kühlmedium durchströmt sind.
11. Vorrichtung (1) zum induktiven Erwärmen von Werkstücken (2), aufweisend einen Hochfrequenzgenerator (3) in signaltechnischer Wirkverbindung mit wenigstens einer Induktionsspule (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsspule (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.
12. Vorrichtung (1) zum induktiven Erwärmen von Werkstücken (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsspule (6) auf ihrer dem Werkstück (2) abgewandten Seite mit einer Umhüllung (9) aus magnetisch gut und elektrisch schlecht leitendem Material, insbesondere aus Ferrit, umgeben ist.

Claims

1. An induction coil (6) for inductive heating of workpieces (2), which comprises a plurality of turns (6c', 6c'', 6d), wherein at least one of the turns (6d) has an at least partially flat configuration, **characterised in that** the flat turn extends at least over a region overlapped by the remaining turns (6c', 6c''), wherein either the induction coil (6) has a planar configuration with a substantially annularly configured flat turn (6d)

under the remaining spirally running turns (6c', 6c''), wherein the flat turn (6d) runs parallel to the coil plane of the remaining turns (6c', 6c''), or the induction coil (6) comprises helically running turns (6c', 6c''), wherein the flat turn (6d) has a substantially cylindrical configuration and is arranged inside the helically running turns (6c', 6c'').

2. An induction coil (6) according to the preceding claim, **characterised in that** for the inductive effect at least a part of the remaining turns (6c', 6c'') is arranged directly adjacent to, parallel to and/or enclosing the flat turn (6d, 6d').
3. An induction coil (6) according to the claim 1 or 2, **characterised in that** the flat turn (6d, 6d') comprises a region (6f) having smaller dimensions than an overall dimension of the flat turn, said region being designed for receiving a workpiece to be heated.
4. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the annular flat turn (6d) is opened by means of a slot (6e).
5. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the flat turn (6d) is configured so as to be restricted substantially to a region overlapped by the remaining turns (6c', 6c'').
6. An induction coil (6) according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the flat turn (6d) is of configured to extend beyond a region overlapped by the remaining turns (6c', 6c'').
7. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** one of the remaining turns (6c') is operatively connected, in particular soldered, to the flat (partial) turn (6d).
8. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** an insulating layer, in particular in the form of a Teflon film, is arranged between the flat (partial) turn (6d) and the remaining turns (6c', 6c'').
9. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least the flat (partial) turn (6d) and in particular all turns (6c', 6c''; 6d) consist of copper.
10. An induction coil (6) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the remaining turns (6c', 6c'') are of hollow, in particular tubular, construction and during operation a coolant flows therethrough.
11. A device (1) for inductive heating of workpieces (2),

comprising a high frequency generator (3) operatively connected in terms of signalling to at least one induction coil (6), **characterised in that** the induction coil (6) is configured according to one of the preceding claims.

12. A device (1) for inductive heating of workpieces (2) according to the preceding claim, **characterised in that** the induction coil (6), on the face thereof facing away from the workpiece (2), is enclosed with a covering (9) made of material, in particular of ferrite, that is magnetically highly conductive and electrically poorly conductive.

Revendications

1. Bobine d'induction (6) pour le chauffage par induction de pièces usinées (2), qui présente une pluralité d'enroulements (6c', 6c'', 6d), sachant qu'au moins un (6d) des enroulements est réalisé au moins pour partie plat, **caractérisée en ce que** l'enroulement plat s'étend au moins sur une région recouverte par les autres enroulements (6c', 6c''), sachant que soit la bobine d'induction (6) est plane et est réalisée avec un enroulement plat (6d) de forme essentiellement annulaire sous les autres enroulements (6c', 6c'') s'étendant en spirale, l'enroulement plat (6d) s'étendant parallèlement au plan de bobine des autres enroulements (6c', 6c''), soit la bobine d'induction (6) présente des enroulements (6c', 6c'') s'étendant en hélice, l'enroulement plat (6d) étant réalisé essentiellement cylindrique et disposé à l'intérieur des enroulements (6c', 6c'') s'étendant en hélice.
2. Bobine d'induction (6) selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que**, pour l'action par induction, au moins une partie des autres enroulements (6c', 6c'') est disposée dans le voisinage direct de l'enroulement plat (6d, 6d'), parallèlement à ce dernier et/ou en l'enveloppant.
3. Bobine d'induction (6) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'enroulement plat (6d, 6d') présente une région (6f) ayant des dimensions inférieures à une dimension totale de l'enroulement plat, région qui est destinée à recevoir une pièce usinée.
4. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'enroulement plat annulaire (6d) est ouvert au moyen d'une fente (6e).
5. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'enroulement plat (6d) est réalisé en étant essentiellement limité

à une région recouverte par les autres enroulements (6c', 6c").

6. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'enroulement plat (6d) est réalisé en s'étendant au-delà d'une région recouverte par les autres enroulements (6c', 6c"). 5

7. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'un** (6c') des autres enroulements est fonctionnellement relié à l'enroulement (partiel) plat (6d), en particulier par brasage. 10

8. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'une** couche isolante, en particulier sous la forme d'un film de Téflon, est disposée entre l'enroulement (partiel) plat (6d) et les autres enroulements (6c', 6c"). 15
20

9. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'au moins** l'enroulement (partiel) plat (6d) et en particulier tous les enroulements (6c', 6c" ; 6d) sont réalisés en cuivre. 25

10. Bobine d'induction (6) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les autres enroulements (6c', 6c") sont réalisés creux, en particulier tubulaires, et traversés en fonctionnement par un flux de réfrigérant. 30

11. Dispositif (1) pour le chauffage par induction de pièces usinées (2), qui présente un générateur haute fréquence (3) fonctionnellement relié pour la transmission de signaux à au moins une bobine d'induction (6), **caractérisé en ce que** la bobine d'induction (6) est réalisée selon l'une des revendications précédentes. 35

12. Dispositif (1) pour le chauffage par induction de pièces usinées (2) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la bobine d'induction (6) est entourée, sur son côté opposé à la pièce usinée (2), par une enveloppe (9) en matériau bon conducteur magnétique et mauvais conducteur électrique, notamment en ferrite. 40
45

50

55

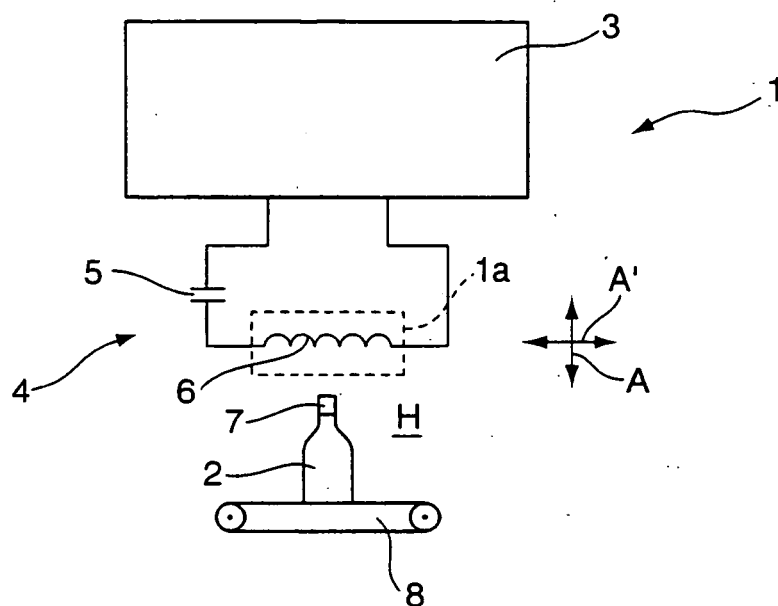


Fig. 1

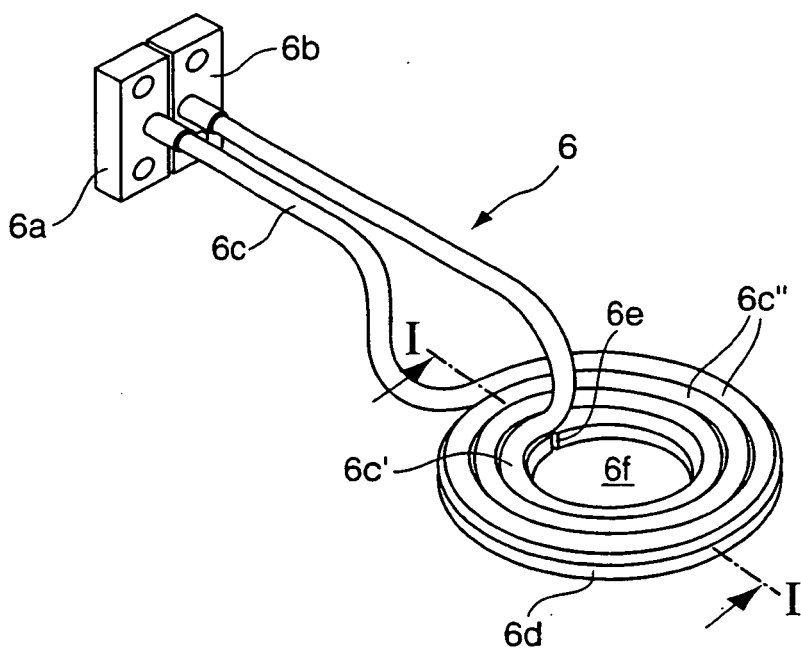


Fig. 2a

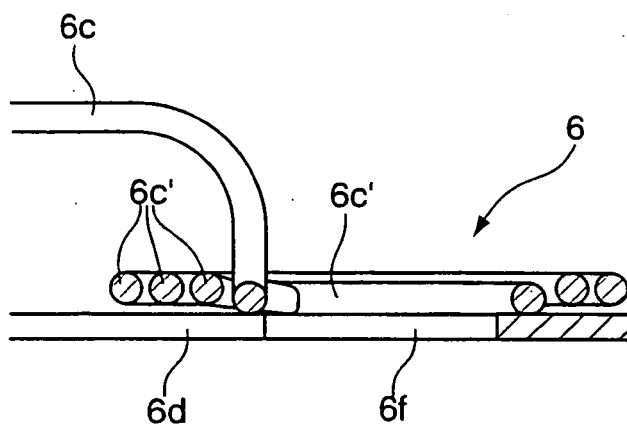


Fig. 2b

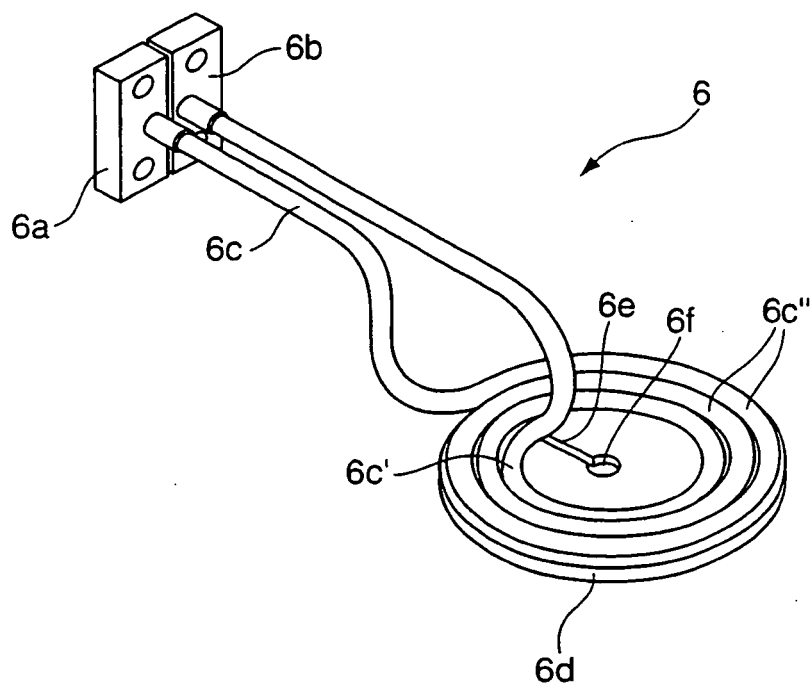


Fig. 3

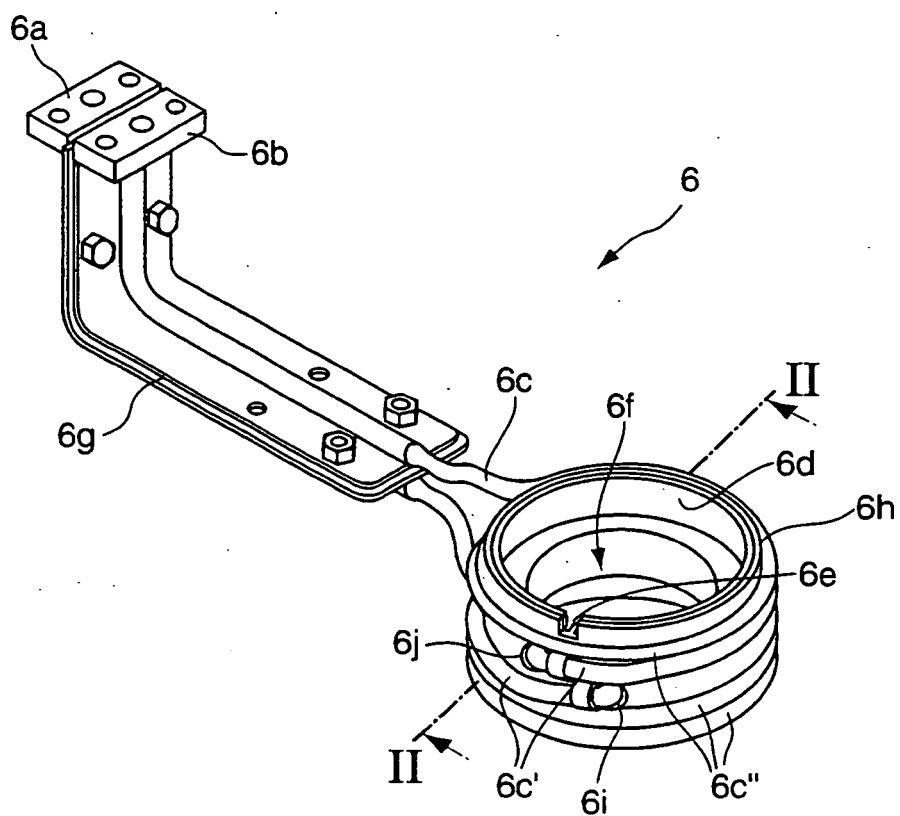


Fig. 4a

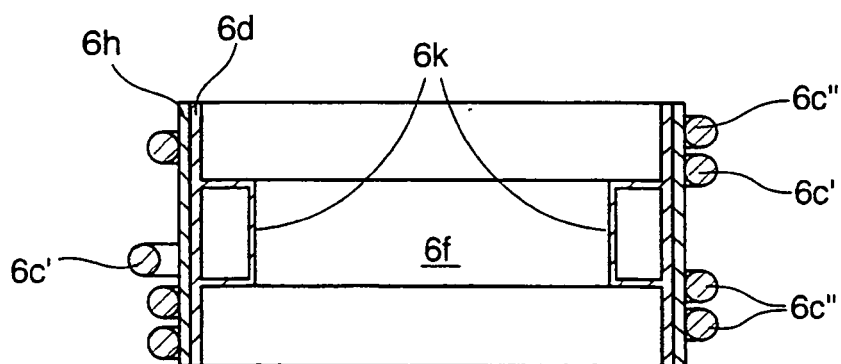


Fig. 4b

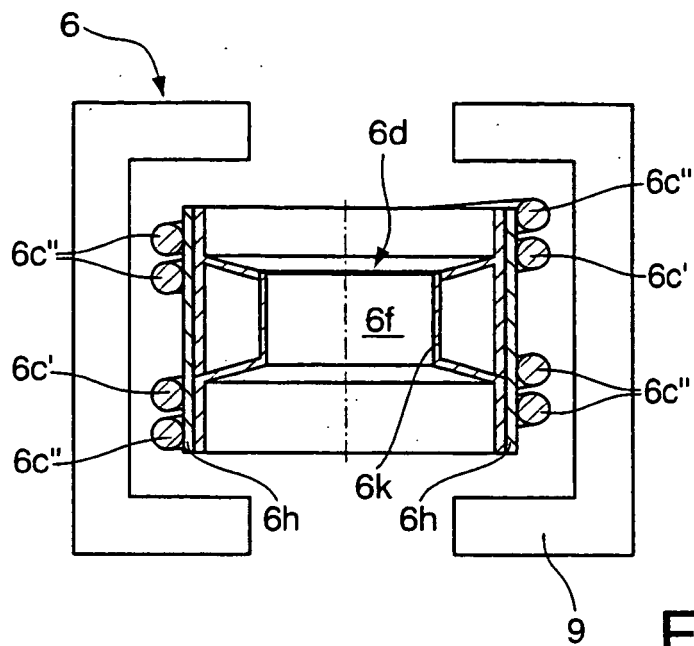


Fig. 5

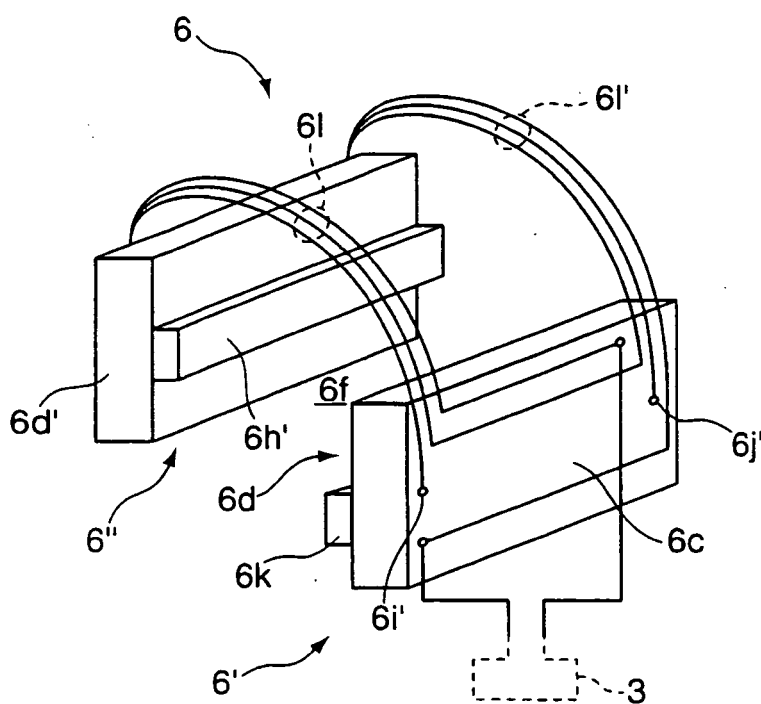


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 918158 B [0006]
- DE 1132671 A [0006]
- US 5048260 A [0007]
- DE 2331004 [0008] [0009]
- DE 2357688 [0009]