



(11)

EP 3 208 013 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2023 Patentblatt 2023/33

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B22C 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17153442.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22C 9/00

(22) Anmeldetag: **27.01.2017**

(54) **VERFAHREN ZUM GIESSEN EINES BAUTEILS KOMPLEXER GEOMETRIE MIT EINER GIESSFORM IN SEGMENTBAUWEISE**

METHOD FOR CASTING A COMPONENT, HAVING A COMPLEX GEOMETRY HAVING A MOULD WITH A SEGMENTED DESIGN

PROCÉDÉ DE MOULAGE D'UN ÉLÉMENT STRUCTUREL AYANT UNE GÉOMÉTRIE COMPLEXE À L'AIDE D'UN MOULE SEGMENTÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **22.02.2016 DE 102016202657**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.08.2017 Patentblatt 2017/34

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. 80686 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Pille, Christoph 28203 Bremen (DE)**
• **Wöstmann, Franz-Josef 48163 Münster (DE)**
• **Clausen, Jan 27753 Delmenhorst (DE)**

• **Haesche, Marco 27711 Osterholz-Scharmbeck (DE)**

(74) Vertreter: **Gagel, Roland Patentanwaltskanzlei Dr. Roland Gagel Landsberger Strasse 480 a 81241 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102012 022 331 DE-A1-102014 007 888
US-A- 4 629 708 US-A- 5 158 130

• **Michael Heuser: "FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM", , 13. November 2013 (2013-11-13), XP055384232, Gefunden im Internet:
URL:http://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/IFAM-Bremen/presse/2013/Pressemitteilung_IFAM_2013_Salzkerne_Lost_Foam_Verfahren.pdf [gefunden am 2017-06-22]**

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).

EP 3 208 013 B1

Beschreibung

Technisches Anwendungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gießen einer elektrischen Spule, insbesondere mittels Druckguss, bei dem eine Gießform eingesetzt wird, von der wenigstens ein Formteil als verlorene Form ausgebildet ist.

[0002] Die gießtechnische Herstellung komplexer Geometrien ist vielfach eingeschränkt oder nur mit erheblichem technischem Aufwand umsetzbar, wenn die komplexe Geometrie besondere Anforderungen an das Gießwerkzeug stellt. Vielfach können Bauteile aufgrund ihrer geometrischen Anforderungen nicht auf gießtechnischem Weg hergestellt werden, da ihre Geometrie nicht entformbar ist, durch Hinterschnidungen an der Entformbarkeit gehindert ist oder zur Entformung erforderliche Entformungsschrägen oder sonstige gießtechnische Voraussetzungen an die Gießform nicht umsetzbar sind. So müssen elektrische Spulen mit hoher Oberflächengüte und möglichst ohne Entformungsschrägen hergestellt werden.

Stand der Technik

[0003] Ein bekanntes Verfahren zum Gießen elektrischer Spulen ist das Feingussverfahren mit verlorenen Formen. Hierbei wird im ersten Prozessschritt ein positiv geformtes Modell der Spule aus z.B. einem Wachs oder einem Polymer hergestellt, das anschließend mit einer nicht-festen Einbettmasse umgossen wird, die anschließend abbindet und aushärtet. Das Modell wird aus der fest gewordenen Einbettmasse ausgeschmolzen und die Einbettmasse gegebenenfalls noch zusätzlich gebrannt, um eine maximale Festigkeit und Stabilität zu erreichen. Hierbei verbrennen gegebenenfalls zurückgebliebene oder nicht ausgeschmolzene Rückstände vom Modell nahezu vollständig. Anschließend erfolgt die Formfüllung des entstandenen Hohlraums in der Einbettmasse mit Metallschmelze. Nach Erstarrung der Metallschmelze wird die Einbettmasse anschließend zerstört, um das Gussteil freizulegen. Bei dieser Technik stellt allerdings bereits die gießtechnische Herstellung des positiv geformten Modells - in der Regel im Spritzgussverfahren mit Wachs in metallischen Dauerformen - eine technologische Herausforderung dar.

[0004] Bei Nutzung einer Dauerform für die Herstellung einer elektrischen Spule ist zur Abbildung der einzelnen Leiter bzw. Windungen der Spule wahlweise die Verwendung einer kammförmig gestalteten Dauerform oder die Verwendung von ziehbaren Schiebern erforderlich. Hierfür ist zur Entformung des Gussteils aus der Gießform im Metallguss jedoch die Berücksichtigung von Entformungsschrägen erforderlich. Wird auf Entformungsschrägen verzichtet und das Gussteil aktiv aus dem Gießwerkzeug ausgeformt bzw. ausgestoßen, bilden sich erfahrungsgemäß Schlieren, Riefen und Kratzer

auf dem Gussteil, die sog. Ziehstellen oder Ziehspuren. Diese beeinträchtigen die Oberfläche des Gussteils negativ.

[0005] Die EP 2387135 A2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Spule in Gusstechnik, bei dem eine die Spulengeometrie enthaltende Negativform als verlorene Form oder auch als Dauerform eingesetzt wird. Als Formstoff für die verlorene Form wird hierbei Sand oder eine Einbettmasse vorgeschlagen. Die Druckschrift führt auch die Nutzung mehrteiliger Segmente an, die vor oder während des Umformprozesses zum Herstellen der Negativform gefügt werden, ohne hierauf jedoch näher einzugehen.

[0006] Die DE 102012006572 A1 beschreibt ein Verfahren, bei dem zunächst eine verlorene Gießform als Blockform hergestellt und anschließend als Formeinsatz in metallische Dauerformen eingelegt wird, um das Bauteil mittels Druckguss herzustellen. Als Formwerkstoff für die verlorene Form dient eine keramische Einbettmasse.

[0007] Aus der DE 102012022331 A1 ist der Einsatz eines verlorenen Salzkernes bekannt, um Aluminium-Druckgussteile mit Hinterschnidungen zu realisieren. Derartige Salzkern werden aus Salzen und Salz-mischungen einstückig hergestellt und können nach dem Vergießen des Gussteils wieder herausgelöst werden.

[0008] Gerade bei der Herstellung elektrischer Spulen ist die Oberflächenqualität des hergestellten Bauteils sehr wichtig. Eine glatte, fehlerfreie bzw. fehlerarme Oberfläche ist für das anschließende Aufbringen einer homogenen elektrischen Isolationsbeschichtung erforderlich. Insbesondere bei lacktechnischer Applikation einer Isolationsbeschichtung auf der gegossenen elektrischen Spule ist der sog. Kanteneffekt zu vermeiden, der zu einer nicht homogenen Schichtbildung der Beschichtung an den Kanten der Spule führt. In der Regel muss daher nach der Herstellung der Spule noch eine Kantenverrundung erfolgen, die als Nachbearbeitung des Gussteils ausgeführt wird und dadurch zusätzlichen Aufwand verursacht.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Gießen einer elektrischen Spule anzugeben, bei dem das Bauteil mit hoher Oberflächenqualität erhalten wird. Das Verfahren soll ohne Entformungsschrägen der eingesetzten Gießform auskommen.

Darstellung der Erfindung

[0010] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0011] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird eine Gießform eingesetzt, von der wenigstens ein Formteil als verlorene Form ausgebildet ist. Das wenigstens eine als verlorene Form ausgebildete Formteil wird dabei aus einem Salz oder einer Salzmischung hergestellt. Weiter-

hin ist wenigstens ein äußerer Teil der Gießform, durch den eine äußere Geometrie des Bauteils festgelegt wird, oder wenigstens ein innerer Teil der Gießform, durch den eine innere Geometrie des Bauteils festgelegt wird, aus mehr als zwei Formsegmenten zusammengesetzt.

[0012] Durch diese Nutzung einer aus mehr als zwei Formsegmenten zusammengesetzten Gießform, von der wenigstens ein Formteil als verlorene Form aus einem Salz oder einer Salzmischung hergestellt wird, lassen sich komplexe Bauteile mit Hinterschneidungen und/oder Hohlräumen mit hoher Oberflächenqualität herstellen, beispielsweise elektrische Spulen. So ermöglicht die Herstellung von Formteilen aus Salz auf gießtechnische Weise, insbesondere im Druckgussverfahren, sehr glatte Oberflächen des Formteils. Diese glatten Oberflächen bilden sich auch auf das damit gegossene Bauteil ab, das dann eine entsprechend hohe Oberflächenqualität aufweist. Die ein oder mehreren als verlorene Form ausgebildeten Formteile werden dabei vorzugsweise gießtechnisch hergestellt, besonders bevorzugt mittels Druckguss.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung wird die gesamte Gießform vollständig als verlorene Form hergestellt. Die Gießform wird dabei vorzugsweise aus mehr als zwei übereinander gestapelten Formsegmenten zusammengesetzt. Gerade bei der Herstellung von komplexen Bauteilen mit sich periodisch wiederholenden Strukturen können auf diese Weise mehrere der Formsegmente identisch, d.h. als Gleichteile, ausgeführt werden. Dies vereinfacht die Herstellung und ermöglicht auch eine entsprechende Skalierung der herzustellenden Bauteile, bspw. der Anzahl der Spulenwindungen am Beispiel einer elektrischen Spule, ohne hierfür unterschiedliche Gießformen herstellen zu müssen. Die Formsegmente können natürlich auch individuell variieren oder gemischt kombiniert werden.

[0014] In einer bevorzugten Ausgestaltung werden die Formsegmente in Baukastenweise auf-, in- oder aneinandergesteckt und bauen somit schrittweise eine vollständige Gießform auf. Die Formsegmente können dabei beispielsweise über eine Nut-Passfeder-Verbindung oder über eine Passstift-Verbindung miteinander verbunden werden.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird die vorangehend beschriebene Segmentbauweise nicht als gesamte Gießform, sondern als Formeinsatz für eine Dauerform verwendet. Der Formeinsatz kann dabei in einer Ausgestaltung die gesamte Geometrie des zu gießenden Bauteils vorgeben. In einer anderen Ausgestaltung wird der äußere Teil der Gießform, der die äußere Geometrie des zu gießenden Bauteils festlegt, als Dauerform ausgebildet und der innere Teil durch den Formeinsatz als verlorene Form in der oben beschriebenen Segmentbauweise.

[0016] Die Zerlegung der Gießform oder des Formeinsatzes in einzelne Formsegmente ermöglicht eine flexible kostengünstige Herstellung komplexer Bauteile, die durch die Nutzung von Salzen oder Salzmischungen als

Formstoff für die daraus gebildete verlorene Form auch eine hohe Oberflächenqualität aufweisen. Jedes Formsegment für sich ist vorzugsweise ohne Hinterschneidungen gestaltet und kann entsprechend mit einfachen Herstellungsverfahren gefertigt werden, vorzugsweise wiederum mit einem Gießverfahren oder auch Sinter- oder Pressverfahren. Die Formsegmente weisen im Bereich der Kavität, die zur Bildung des Bauteils mit Metallschmelze gefüllt wird, keine Entformungsschrägen auf. Somit können komplexe Bauteile mit mehreren planparallelen, flachen Teilflächen oder Windungen - in der Geometrie elektrischer Spulen - gießtechnisch mit hoher Qualität hergestellt werden.

[0017] Die Füllung der zusammengesetzten Gießform kann über eine offenliegende Hohlraumstruktur erfolgen, falls diese vorhanden ist. Vorzugsweise weisen die Formsegmente jedoch entsprechende Strukturen auf, so dass sich nach dem Zusammensetzen ein gießtechnisch verwendbarer Anguss ergibt. Auf gleiche Weise kann auch ein Überlauf oder ein Entlüftungssystem realisiert werden. Zur Herstellung elektrischer Spulen wird der Anguss vorzugsweise auf der (kurzen) Seite des Wickelkopfes ausgeführt. Dies dient der Reduzierung der mechanischen Nacharbeit. Die zusammengesetzte Form kann, wie bereits oben ausgeführt, entweder direkt als Gießform verwendet und mit Metallschmelze gefüllt oder als Formeinsatz in eine Dauerform eingesetzt und durch die Dauerform stabilisiert werden.

[0018] Die einzelnen Formsegmente können dabei so ausgeführt werden, dass bei inneren Bauteilkanten eine Kantenverrundung erreicht wird. Eine entsprechende Nachbearbeitung des Bauteils ist dann nicht mehr erforderlich. Bei der Herstellung einer elektrischen Spule als Gussteil können die Formsegmente bspw. so dimensioniert und hergestellt werden, dass sie jeweils eine Windung der Spule festlegen. Weiterhin können der innere und der äußere Teil der Gießform bei Herstellung einer elektrischen Spule so ausgeführt werden, dass sie ineinander greifen. Dadurch werden Grate auf der Innenseite der Spulenwindungen vermieden und auf die Oberfläche dieser Windungen oder in den Bereich der Kantenverrundung verlagert.

[0019] Mit dem vorgeschlagenen Verfahren lassen sich Bauteile mit sehr komplexen Geometrien erzeugen. So ermöglicht das Verfahren für die Herstellung einer elektrischen Spule die Realisierung von Kantenverrundungen an der Innenseite bei Verwendung einer Dauerform in Verbindung mit einem Formeinsatz als verlorenes Formteil, die Realisierung von Kantenverrundungen an der Außenseite des Bauteils in Verbindung mit dem Verzicht auf Entformungsschrägen bei Verwendung einer Dauerform bzw. von Dauerformelementen sowie den Verzicht auf Entformungsschrägen in Kombination mit einer gezielten Verlagerung der Gratbildung. Durch den Einsatz von verlorenen Formteilen als verlorene Kerne oder Formeinsätze werden keine Entformungsschrägen benötigt. Das Verfahren hat Kostenvorteile bei komplexen Systemen, da in vielen Ausgestaltungen keine auf-

wändige Schiebertechnik erforderlich ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Das vorgeschlagene Verfahren wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen anhand der Herstellung einer elektrischen Spule nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 ein Beispiel für den Aufbau einer mit dem Verfahren gießtechnisch herzustellenden elektrischen Spule;
- Fig. 2 ein Beispiel für vier verlorene Formsegmente zur Bildung der Gießform oder des Formeinsatzes;
- Fig. 3 die zusammengesetzten Formsegmente der Figur 2;
- Fig. 4 einen Schnitt durch die zusammengesetzten Formsegmente der Figur 3;
- Fig. 5 ein weiteres Beispiel für ein einzelnes Formsegment;
- Fig. 6 ein Beispiel für zusammengesetzte Formsegmente der Figur 5;
- Fig. 7 ein Beispiel für eine Dauerform, in die die Formsegmente der vorangegangenen Figuren eingesetzt werden können;
- Fig. 8 die Dauerform der Figur 7 mit einigen eingesetzten Formsegmenten;
- Fig. 9 ein Beispiel für die geometrische Ausgestaltung der Formsegmente im Querschnitt;
- Fig. 10 ein weiteres Beispiel für die geometrische Ausgestaltung der Formsegmente im Querschnitt;
- Fig. 11 ein weiteres Beispiel für die geometrische Ausgestaltung der Formsegmente im Querschnitt;
- Fig. 12 ein Beispiel für die Nutzung einer Dauerform zur Festlegung der äußeren Geometrie des Bauteils in Verbindung mit einem verlorenen Kern;
- Fig. 13 ein Beispiel für eine Ausgestaltung des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12;
- Fig. 14 ein Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12;
- Fig. 15 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12;
- Fig. 16 ein Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12;
- Fig. 17 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 16;
- Fig. 18 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 16;

- Fig. 19 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 16;
- Fig. 20 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12;
- Fig. 21 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 20;
- Fig. 22 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 20;
- Fig. 23 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 20; und
- Fig. 24 ein weiteres Beispiel für eine Ausgestaltung der Dauerform und des verlorenen Kerns als Weiterbildung der Ausgestaltung der Figur 12.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0021] Figur 1 zeigt in der oberen Teilabbildung ein Beispiel für eine elektrische Spule 10, wie sie mit dem vorgeschlagenen Verfahren gegossen werden kann. Die untere Teilabbildung der Figur 1 zeigt dabei lediglich zur Veranschaulichung die Spule 10 nochmals in auseinandergezogener Form, um die einzelnen Windungen 11 besser erkennen zu können. Für die gießtechnische Herstellung einer derartigen Spule mit dem vorgeschlagenen Verfahren wird im vorliegenden Beispiel ein Formeinsatz für eine metallische Dauerform genutzt, der aus übereinander gestapelten verlorenen Formsegmenten gebildet ist. Die einzelnen Formsegmente 1 sind dabei aus einem Salz oder einer Salzmischung hergestellt, vorzugsweise in einem Gießverfahren (insbesondere druckunterstütztes Gießen) oder in einem Press- bzw. Sinterverfahren. Geeignete Techniken sind dem Fachmann aus dem Stand der Technik, bspw. auch aus der bereits angeführten DE 102012022331 A1, bekannt. Durch die gießtechnische Herstellung dieser Formsegmente 1 aus einem Salz oder einer Salzmischung wird eine hohe Oberflächenqualität der Segmente erreicht, die sich auf die Windungen der herzustellenden elektrischen Spule überträgt.

[0022] Im Beispiel der Figur 2 sind vier derartige Formsegmente 1 dargestellt, die zur Bildung des Formeinsatzes übereinander gestapelt werden. Sie können dabei bspw. über eine in der Figur nicht dargestellte Nut-Passfeder-Verbindung miteinander verbunden werden, um eine korrekte und lagetreue Montage der Formsegmente zu gewährleisten. Figur 3 zeigt hierzu die übereinander gestapelten Formsegmente 1, Figur 4 einen Schnitt durch diesen Stapel der Formsegmente. Figur 5 zeigt ein Beispiel für ein Formsegment 1, das Löcher 12 für eine Passstift-Verbindung sowie seitliche Öffnungen 14 für das Befüllen und/oder Entlüften aufweist. Figur 6 zeigt wiederum mehrere übereinander gestapelte Formseg-

mente 1 mit entsprechenden Öffnungen für das Befüllen und/oder Entlüften, wobei in diesem Beispiel Passstifte 13 zu erkennen sind.

[0023] Die zusammengesetzten Formsegmente 1 werden anschließend in eine Dauerform 2 eingelegt und mit Metallschmelze gefüllt. Ein Beispiel für eine derartige Dauerform 2 ist in Figur 7 dargestellt. Die Führung der Schmelze in die Kavität der Formsegmente sowie die Entlüftung erfolgt über ein für das Gießverfahren geeignetes Anschnitt- und Entlüftungssystem 3a, 3b. Im Beispiel der Figur 7 ist dieses Anschnitt- und Entlüftungssystem 3a, 3b in der Dauerform realisiert und kann wahlweise auch in den Formsegmenten 1 abgebildet sein (vgl. Fig. 5 und 6). Figur 8 zeigt beispielhaft die Dauerform 2 mit den darin eingelegten Formsegmenten 1.

[0024] Zur gezielten Verlagerung der Gratbildung beim Gießen an die Außenkante des Gussteils kann die Kavität für die einzelne Windung zur Abbildung des Gussteils nur einseitig in das Formsegment 1 eingebracht werden, wie dies im Beispiel der Figur 9 dargestellt ist. Diese Figur zeigt, wie auch die Figuren 10 und 11, vier aufeinander gestapelte Formsegmente 1 im Querschnitt, in dem die Kavität 4 für die Bildung der Spulenwindungen 11 deutlich erkennbar ist.

[0025] Soll die Gratbildung auf die Mitte des Gussteils verlagert werden, so wird die Kavität 4 zur Abbildung des Gussteils halbseitig in Ober- und Unterseite des Formsegmentes 1 eingebracht, wie dies in Figur 10 beispielhaft dargestellt ist.

[0026] Für die Herstellung elektrischer Spulen wird vorzugsweise die Gratbildung gezielt in Höhe der Kantenverrundung des Gussteils verlagert. Hierzu wird die Kavität 4 zur Abbildung des Gussteils mit größerem Anteil in die Oberseite und mit geringerem Anteil in die Unterseite des jeweiligen Formsegmentes 1 eingebracht mit entsprechendem Formversatz. Dies ist in Figur 11 beispielhaft dargestellt.

[0027] Die in den Figuren 2 bis 11 dargestellten Formsegmente 1 können auch ohne äußere Dauerform eingesetzt werden, so dass sie die vollständige Gießform bilden. Eine Nutzung einer äußeren Dauerform ist jedoch aus Gründen der Stabilität vorteilhaft.

[0028] In den im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen wird die Kavität zur gießtechnischen Herstellung der komplexen Gussteilgeometrie durch die Kombination metallischer Dauerformelemente, die eine äußere Form des Gussteils festlegen, mit verlorenen Formsegmenten gebildet, die die innere Geometrie des Gussteils festlegen.

[0029] In Figur 12 ist hierbei eine Kombination aus einem innen liegenden Kern 5 aus verlorenem Kernmaterial (Salzkern) mit außen liegenden Dauerformelementen 6, 7 dargestellt, die vorzugsweise aus zwei Formhälften der Dauerform oder als ziehbare Schieberelemente ausgeführt sind. Die freiliegende innere Kavität 4 bildet das Gussteil ab. Die in der Figur 12 dargestellten Pfeile deuten den Aufbau der Dauerformelemente 6, 7 als eine Vielzahl von ziehbaren Schieberelementen an.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Dauerformelemente 6, 7 und der innen liegende Kern 5 so ausgebildet, dass eine Kantenverrundung des Gussteils - auf der Innenseite abgebildet im innen liegenden verlorenen Kern 5 und auf der Außenseite abgebildet durch die Dauerformelemente 6, 7 - erhalten wird. Die Gratbildung auf der Innenseite wird dabei in Höhe der Kantenverrundung festgelegt. Dies wird durch die Positionierung der Trennebene zwischen innen liegendem Kern 1 und Dauerformelementen 6, 7 erreicht, wie dies auch in der Figur 13 dargestellt ist. Eine Gratbildung auf der Außenseite wird ebenfalls in Höhe der Kantenverrundung gewählt, erzeugt durch einseitige Kavitätsbildung im Dauerformelement, wie dies in der Figur 14 veranschaulicht ist.

[0031] Figur 15 zeigt ein Beispiel, bei der die Gratbildung auf der Außenseite variabel entlang der Kantenverrundung positioniert wird. Hierzu wird eine zweiseitige Kavitätsbildung in den Dauerformelementen 6, 7 gewählt.

[0032] Bei der in Figur 16 dargestellten beispielhaften Ausführungsform wird ein Teil der Kavität für die Windungen der elektrischen Spule durch den innen liegenden Kern 5 gebildet. Die Kavität 4 wird dabei anteilig durch den innen liegenden Kern 1 und durch die Dauerformelemente 6, 7 gebildet, wie dies in der Figur 16 dargestellt ist. Auch hier ist die Dauerform wieder mit ziehbaren Schieberelementen ausgeführt. Es können jedoch auch zwei Formhälften mit entsprechender Innenkontur verwendet werden. Figur 17 zeigt die Ausgestaltung der Figur 16 nochmals mit einem Detail. Die Kantenverrundung des Gussteils wird auf der Innenseite durch den innen liegenden verlorenen Kern 1 und auf der Außenseite durch die Dauerformelemente 6, 7 abgebildet. Dadurch entsteht keine Gratbildung auf der Innenseite, sondern auf der Ober- bzw. Unterseite der Leiter- bzw. Windungsfläche. Diese Gratbildung wird durch die Positionierung der Trennebene zwischen innen liegendem Kern 5 und Dauerformelement erzeugt, wie dies in Figur 17 veranschaulicht ist.

[0033] Durch die Ausgestaltung der Dauerformelemente 6, 7 kann die Gratbildung auf der Außenseite in Höhe der Kantenverrundung durch einseitige Kavitätsbildung im Dauerformelement erzeugt werden. Dies ist in Figur 18 veranschaulicht.

[0034] Figur 19 zeigt eine Ausgestaltung, bei der die Gratbildung auf der Außenseite variabel entlang der Kantenverrundung positioniert wird. Dies wird durch zweiseitige Kavitätsbildung in den Dauerformelementen 6, 7 erreicht.

[0035] Die Ausgestaltung der Figur 20 zeigt einen innen liegenden Kern 1 aus verlorenem Kernmaterial mit erhöhten Stegen, die in die Kavitäten der außen liegenden Dauerformelemente 6, 7 eingreifen. Die Dauerformelemente können wiederum aus zwei Formhälften oder - wie im vorliegenden Beispiel - als ziehbare Schieberelemente ausgeführt sein. Die freiliegende innere Kavität 4 bildet wiederum das Gussteil ab. Die Ausgestaltung

der Figur 20 mit den erhöhten Stegen am innen liegenden Kern 5 hat den Vorteil, dass die Dauerformelemente 6, 7 in den verlorenen Kern 5 greifen (oder umgekehrt) und sich damit beide gegenseitig stützen.

[0036] Figur 21 zeigt eine Weiterbildung dieser Ausgestaltung, bei der die Kantenverrundung des Gussteils auf der Innenseite durch die Stege des innen liegenden verlorenen Kerns 1 und auf der Außenseite durch das Dauerformelement 6, 7 abgebildet wird. Eine zweiseitige Gratbildung auf der Innenseite wird durch Einschieben des Steges 8 vom innen liegenden verlorenen Kern 5 in die Kavität der Dauerformelemente 6, 7 erzeugt. Diese Gratbildung kann auf der Außenseite in Höhe der Kantenverrundung auftreten, wenn eine einseitige Kavitätsbildung in den Dauerformelementen 6, 7 gewählt wird. Dies ist in Figur 22 veranschaulicht. Die Gratbildung kann, wie in Figur 23 dargestellt, auch variabel entlang der Kantenverrundung positioniert werden, wenn in den Dauerformelementen 6, 7 eine zweiseitige Kavitätsbildung gewählt wird.

[0037] Figur 24 zeigt schließlich eine Ausgestaltung, bei dem der verlorene Kern 5 ein integriertes Einlegeteil 9 aufweist, das bei der Herstellung dieses verlorenen Kerns 5 integriert wird. Nachdem der verlorene Kern 5 vergossen wurde, kann das integrierte Einlegeteil 9 herausgezogen werden und zerstört bzw. beschädigt den verlorenen Kern, um diesen einfacher zu entformen. Bei diesem Einlegeteil 9 kann es sich um ein mechanisch stabiles Element aus Stahl, Eisen, Kunststoff usw. handeln oder um einen Draht, ein Seil oder ein Gewebe. Das Einlegeteil 9 wird derart ausgestaltet, dass es beim Herausziehen aus dem verlorenen Kern 5 zur Beschädigung bzw. Zerstörung des Kerns 5 führt.

[0038] Das vorgeschlagene Verfahren lässt sich mit unterschiedlichen Gießtechniken für den Metallguss verwenden, bspw. dem Druckguss, dem Semi-Solid-Verfahren/Thixocasting, dem Niederdruckguss, dem Kokillenguss oder dem Metall-Injection-Molding. Für den Guss des Bauteils wird die Gießform mit einer metallischen Schmelze gefüllt, vorzugsweise mit einer Schmelze aus Aluminium, Kupfer, Zink, Magnesium, Stahl, Eisen, Gusseisen und deren Legierungen. Für eine bessere Infiltrier- und Füllbarkeit mit Metallschmelze kann die Gießform vor dem Gießen thermisch aufgeheizt werden. Die als verlorene Form ausgebildeten Formteile können so ausgebildet sein, dass sie aufgrund thermischer und/oder mechanischer Spannungen nach dem Füllen mit der Metallschmelze durch die erstarrende Metallschmelze gesprengt bzw. aufgebrochen werden.

Bezugszeichenliste

[0039]

- 1 Formsegmente
- 2 Dauerform
- 3a Anschnittsystem
- 3b Entlüftungssystem

- 4 Kavität
- 5 innen liegender verlorener Kern
- 6 Dauerformelement
- 7 Dauerformelement
- 8 erhöhter Steg
- 9 integriertes Einlegeteil
- 10 elektrische Spule
- 11 Spulenwindung
- 12 Loch
- 13 Passstift
- 14 seitliche Öffnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gießen einer elektrischen Spule (10), insbesondere mittels Druckguss, bei dem eine Gießform eingesetzt wird, von der wenigstens ein Formteil (1, 5) als verlorene Form ausgebildet ist, wobei
 - das wenigstens eine als verlorene Form ausgebildete Formteil (1, 5) aus einem Salz oder einer Salzmischung hergestellt wird, und
 - wenigstens ein äußerer Teil der Gießform, durch den eine äußere Geometrie der Spule (10) festgelegt wird, oder wenigstens ein innerer Teil der Gießform, durch den eine innere Geometrie der Spule (10) festgelegt wird, aus mehr als zwei übereinander gestapelten Formsegmenten (1) zusammengesetzt wird, die jeweils eine Windung der Spule (10) festlegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform vollständig als verlorene Form hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** die Gießform aus einer Dauerform mit einem darin aufgenommenen Formeinsatz gebildet wird, wobei der Formeinsatz vollständig als verlorene Form hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform aus den mehr als zwei übereinander gestapelten Formsegmenten (1) zusammengesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formeinsatz aus den mehr als zwei übereinander gestapelten Formsegmenten (1) zusammengesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Formsegmente (1) so ausgeführt werden,
 dass sie keine Entformungsschrägen aufweisen.

7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der äußere Teil der Gießform als Dauerform
 (2) ausgebildet und der wenigstens eine innere Teil
 als verlorene Form hergestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der innere Teil aus den mehr als zwei überei-
 nander gestapelten Teilsegmenten zusammenge-
 setzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der innere Teil so ausgeführt wird, dass bei
 inneren Spulenkanten eine Kantenverrundung er-
 reicht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der innere und der äußere Teil der Gießform
 so ausgeführt werden, dass sie ineinandergreifen.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das wenigstens eine als verlorene Form aus-
 gebildete Formteil (1, 5) aus dem Salz oder der Salz-
 mischung gießtechnisch hergestellt wird, insbeson-
 dere mittels Druckguss.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Formsegmente (1) so gewählt und dimen-
 sioniert werden, dass sie keine Hinterschneidungen
 aufweisen.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere der Formsegmente (1) identisch aus-
 geführt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Formsegmente (1) über eine Nut-Passfe-
 der-Verbindung oder eine Passstift-Verbindung mit-
 einander verbunden werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Formsegmente (1) so ausgeführt werden,
 dass eine Kantenverrundung an Kanten der Spule
 (10) erreicht wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Formsegmente (1) so ausgeführt werden,
 dass durch die Segmentbauweise entstehende Gra-
 te an der Spule (10) im Bereich der Kantenverrun-
 dung liegen.

Claims

1. Method for casting an electric coil (10), in particular
 by means of die casting, in which a cast mould is
 used, of which at least one mould part (1, 5) is em-
 bodied as a lost mould, wherein
- the at least one mould part (1, 5) embodied as
 lost mould is produced from a salt or a salt mix-
 ture, and
- at least an outer part of the cast mould, by
 which an external geometry of the coil (10) is
 defined, or at least an inner part of the cast
 mould, by which an internal geometry of the coil
 (10) is defined, is composed from more than two
 mould segments (1) stacked one on top of the
 other, each of which defines one winding of the
 coil (10).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that**
 the cast mould is produced entirely as a lost mould.
3. Method according to Claim 1, **characterized in that**
 the cast mould is formed from a permanent mould
 with a mould insert accommodated therein, wherein
 the mould insert is produced entirely as a lost mould.
4. Method according to Claim 2, **characterized in that**
 the cast mould is composed from the more than two
 mould segments (1) stacked one on top of the other.
5. Method according to Claim 3, **characterized in that**
 the mould insert is composed from the more than
 two mould segments (1) stacked one on top of the
 other.
6. Method according to any one of Claims 1 to 5, **char-**
acterized in that the mould segments (1) are de-
 signed in such manner that they do not include any
 draft angles.
7. Method according to Claim 1, **characterized in that**
 the outer part of the cast mould is embodied as a
 permanent mould (2), and the at least one inner part
 is produced as a lost mould.
8. Method according to Claim 7, **characterized in that**
 the inner part is composed from the more than two
 sub-segments stacked one on top of the other.
9. Method according to Claim 7 or 8, **characterized in**

that the inner part is designed in such manner that an edge rounding is achieved on inner coil edges.

10. Method according to any one of Claims 7 to 9, **characterized in that** the inner and the outer parts of the cast mould are designed in such manner that they interlock. 5
11. Method according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the at least one mould part (1, 5) embodied as lost form is produced from the salt or salt mixture in a casting operation, in particular by die casting. 10
12. Method according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the mould segments (1) are selected and dimensioned such that they do not include any undercuts. 15
13. Method according to any one of Claims 1 to 12, **characterized in that** several of the mould segments (1) are of identical design. 20
14. Method according to any one of Claims 1 to 13, **characterized in that** the mould segments (1) are connected to each other via a groove-feather key joint or a dowel pin joint. 25
15. Method according to any one of Claims 1 to 14, **characterized in that** the mould segments (1) are designed in such manner that an edge rounding is achieved on edges of the coil (10). 30
16. Method according to Claim 15, **characterized in that** the mould segments (1) are designed in such manner that burrs created on the coil (10) as a result of the segment construction method are located in the region of the edge rounding. 35

Revendications

1. Procédé de moulage d'une bobine électrique (10), notamment par moulage sous pression, dans lequel un moule de moulage est utilisé, dont au moins une pièce moulée (1, 5) est configurée comme un moule perdu, dans lequel 45
 - au moins une pièce moulée sous forme perdue (1, 5) est fabriquée à partir d'un sel ou d'un mélange de sel, et 50
 - au moins une partie extérieure du moule, à travers laquelle une géométrie extérieure de la bobine (10) est définie, ou au moins une partie intérieure du moule, à travers laquelle une géométrie intérieure de la bobine (10) est définie, est composée de plus de deux segments de moule (1) empilés les uns sur les autres, qui 55

définissent respectivement une spire de la bobine (10) .

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moule de moulage est complètement fabriqué sous forme perdue.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moule de moulage est formé à partir d'un moule permanent avec un insert de moule renfermé à l'intérieur, dans lequel l'insert de moule est complètement fabriqué sous forme perdue.
4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le moule de moulage est composé de plus de deux segments de moule (1) empilés l'un sur l'autre.
5. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'insert de moule est composé de plus de deux segments de moule (1) empilés l'un sur l'autre.
6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les segments de moule (1) sont conçus de manière à ne présenter aucun angle de dépouille.
7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie extérieure du moule est configurée comme un moule permanent (2) et la au moins une partie intérieure est fabriquée sous forme de moule perdu.
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la partie intérieure est composée de plus de deux segments partiels empilés les uns sur les autres.
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** la partie intérieure est configurée de manière à ce que les bords des bobines intérieures soient arrondis.
10. Procédé selon une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** la partie intérieure et la partie extérieure du moule sont configurées de manière à s'emboîter.
11. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** au moins une pièce moulée sous forme perdue (1, 5) à partir du sel ou du mélange de sel est fabriquée par une technique de moulage, en particulier au moyen du moulage sous pression.
12. Procédé selon une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les segments de moule (1) sont choisis et dimensionnés de manière à ne pas avoir des contre-dépouilles.

13. Procédé selon une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** plusieurs des segments de moule (1) sont identiques.
14. Procédé selon une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** les segments de moule (1) sont reliés les uns aux autres par une liaison rainure-clavette ou une liaison à goupille de positionnement. 5
15. Procédé selon une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** les segments de forme (1) sont conçus de telle sorte qu'un arrondi de bord soit obtenu sur les bords de la bobine (10). 10
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** les segments de moule (1) sont conçus de telle sorte que les bavures résultant de la conception de segment soient situées sur la bobine (10) au niveau de l'arrondi de bord. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

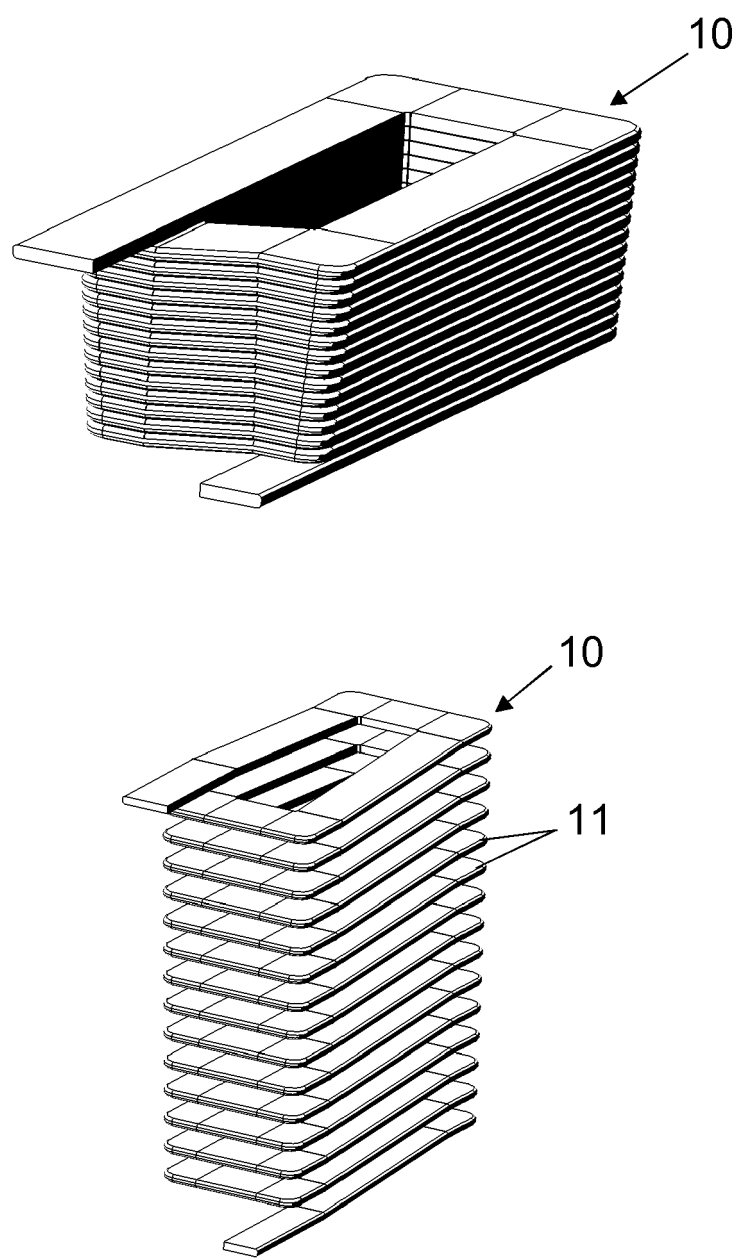


Fig. 1

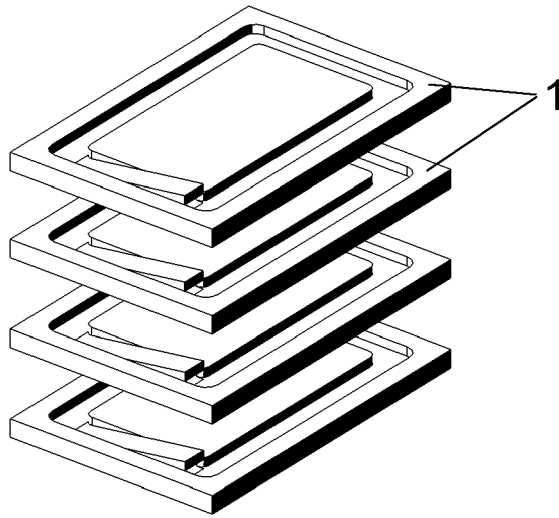


Fig. 2

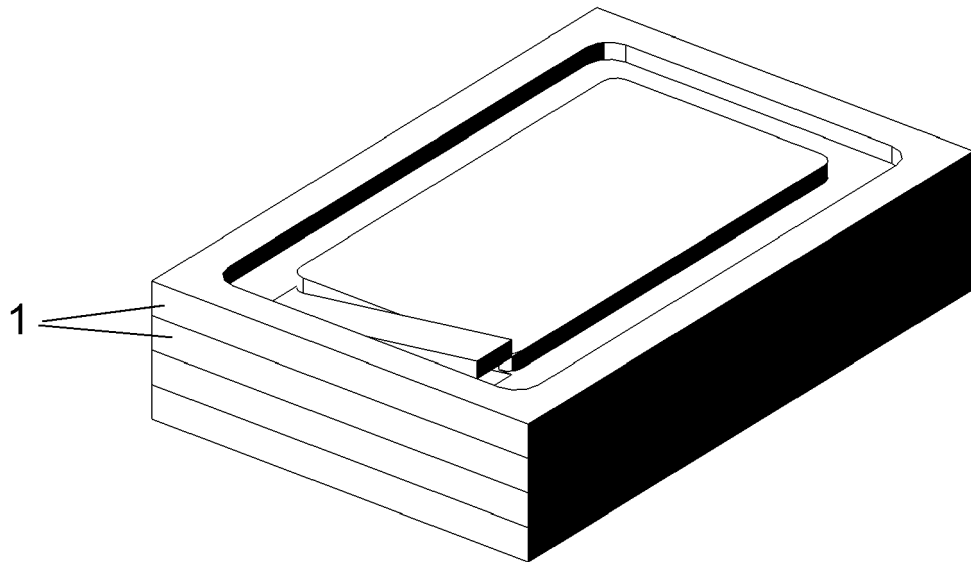


Fig. 3

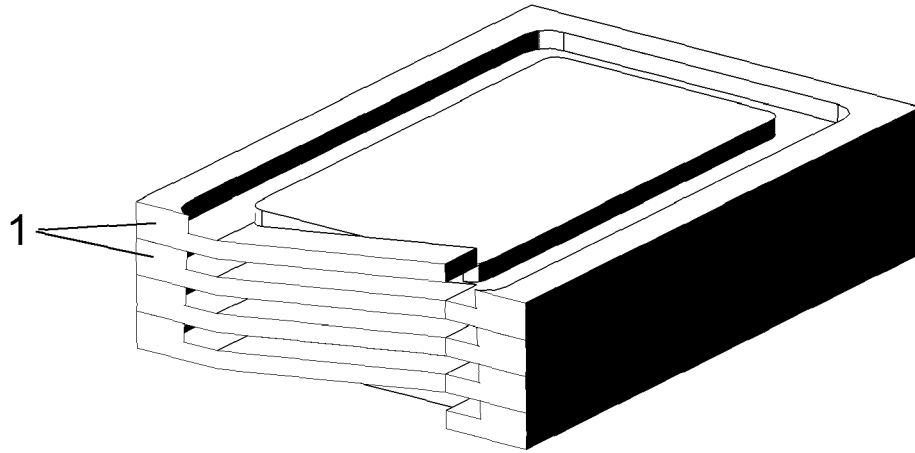


Fig. 4

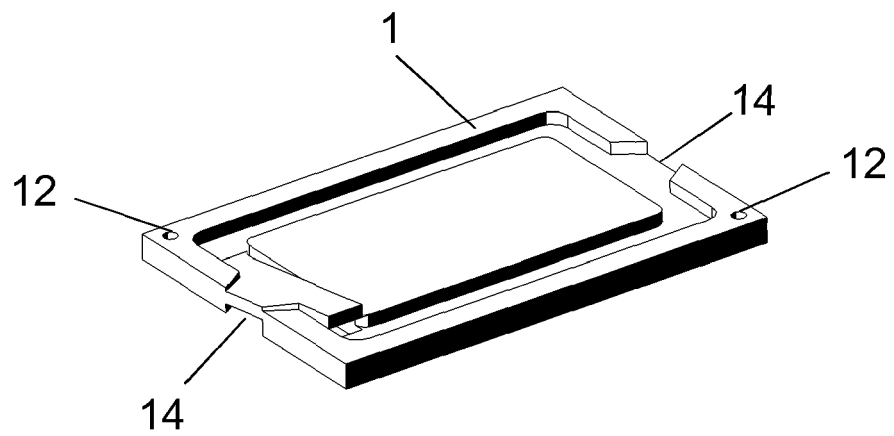


Fig. 5

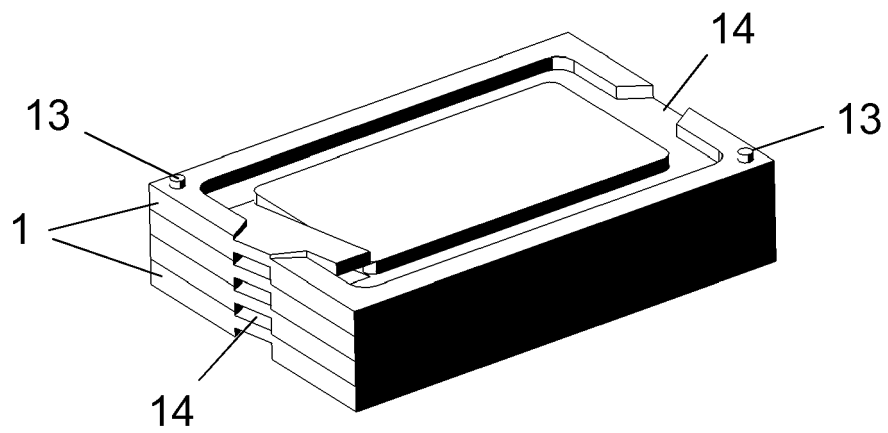


Fig. 6

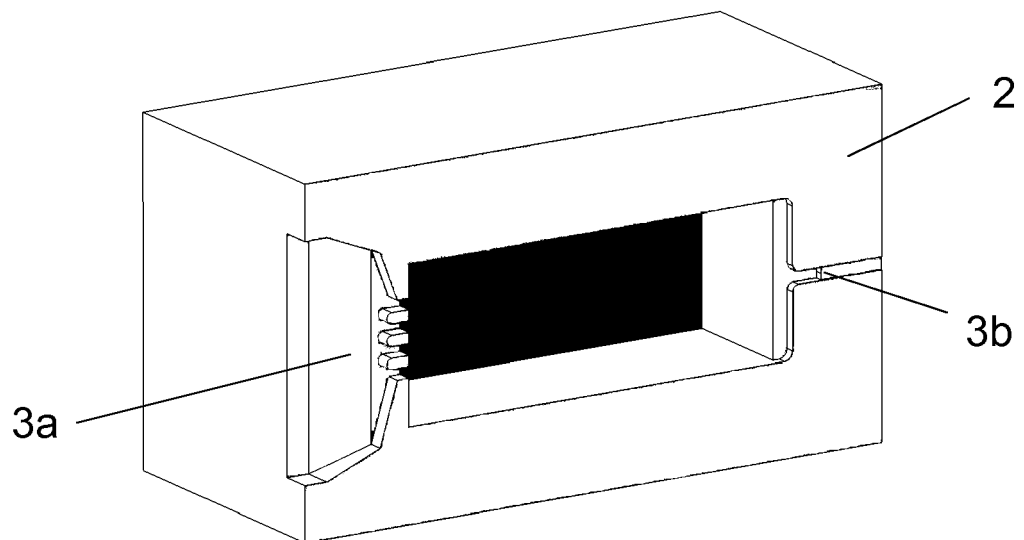


Fig. 7

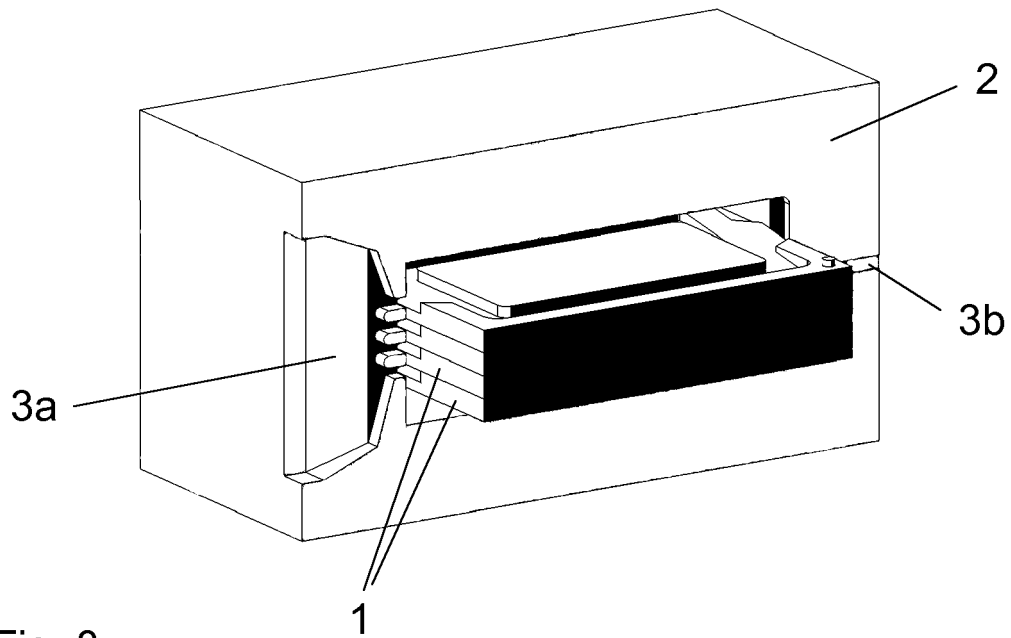


Fig. 8

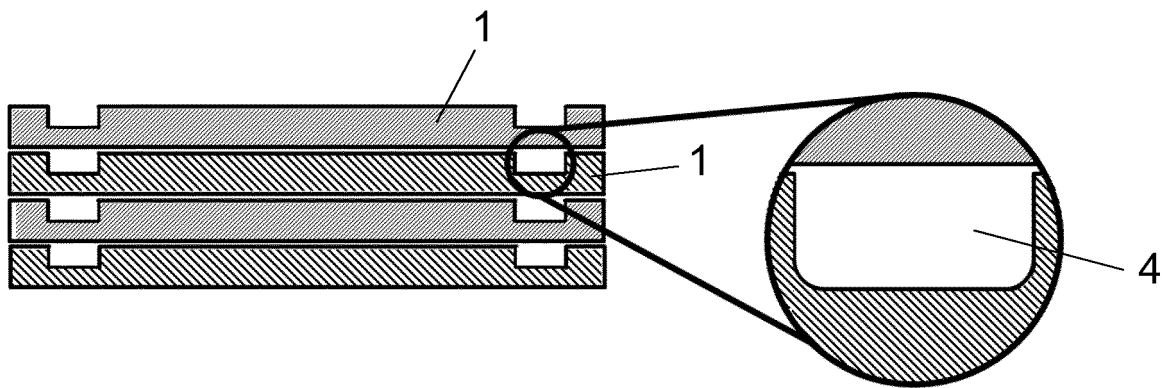


Fig. 9

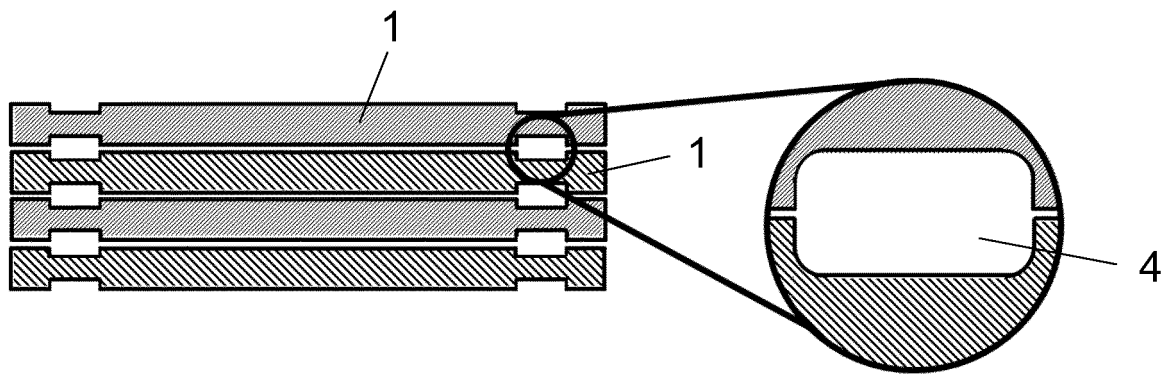


Fig. 10

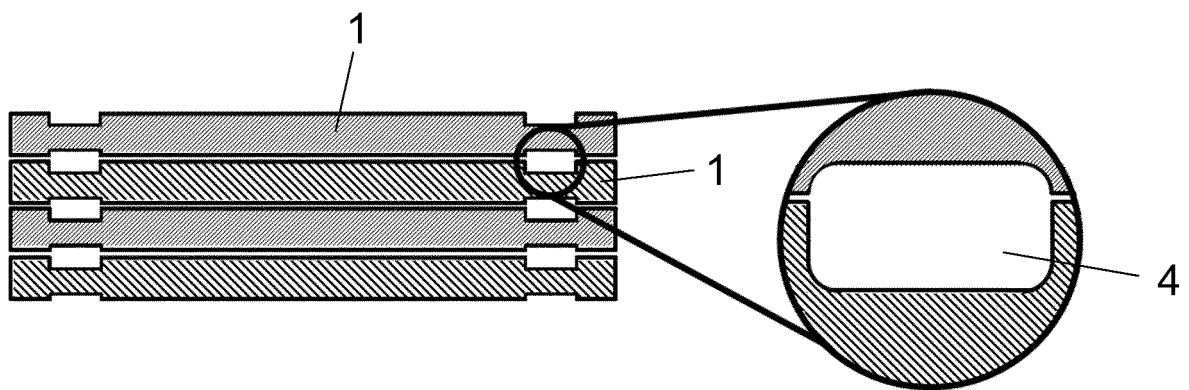


Fig. 11

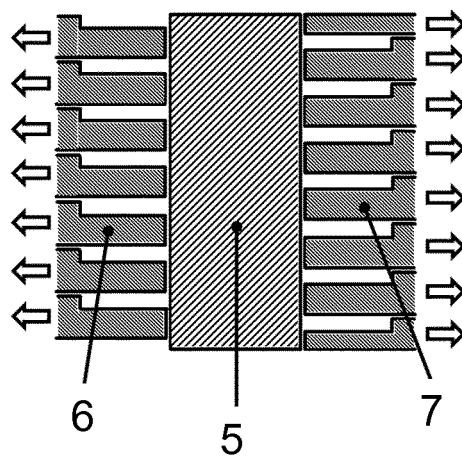


Fig. 12

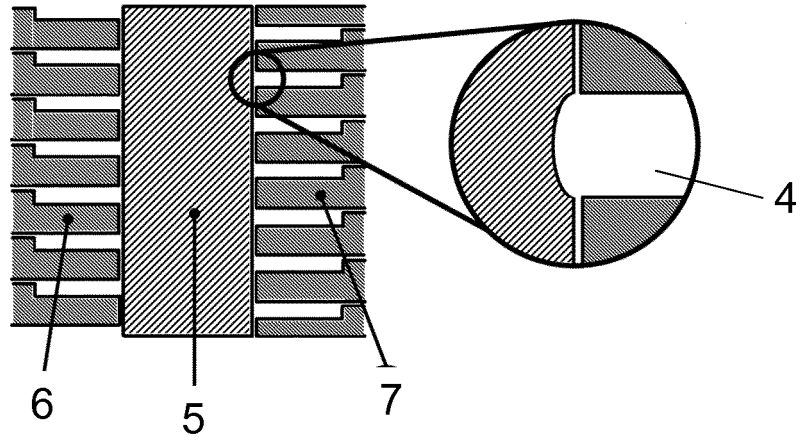


Fig. 13

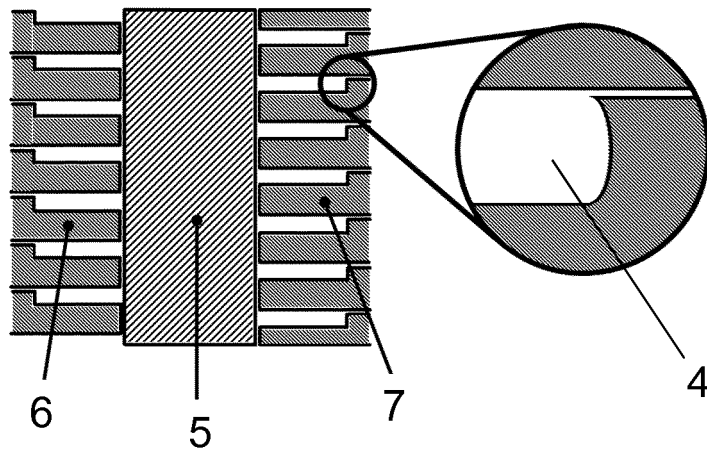


Fig. 14

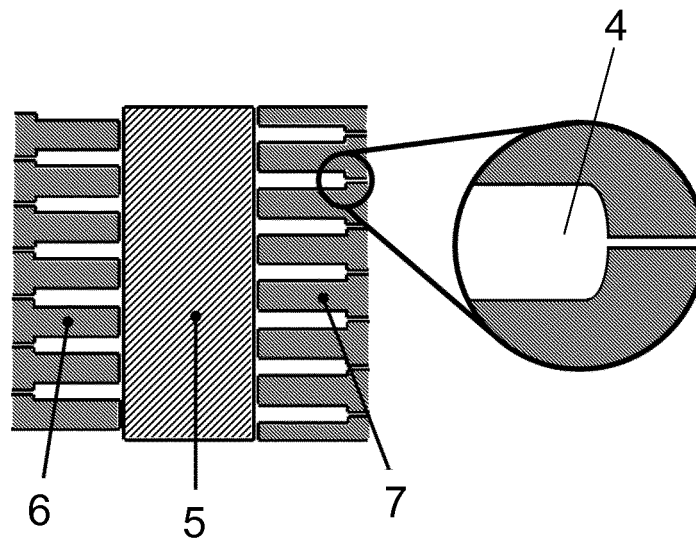


Fig. 15

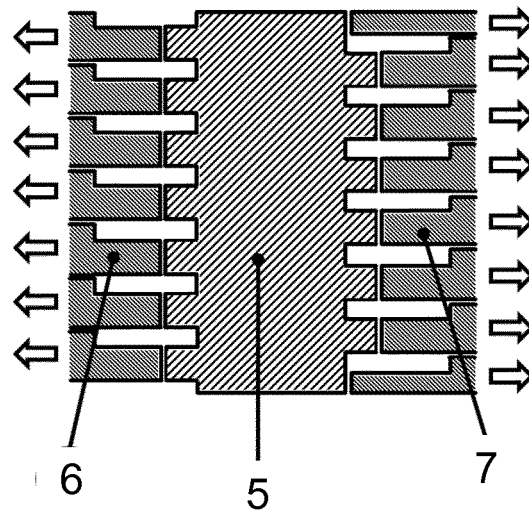


Fig. 16

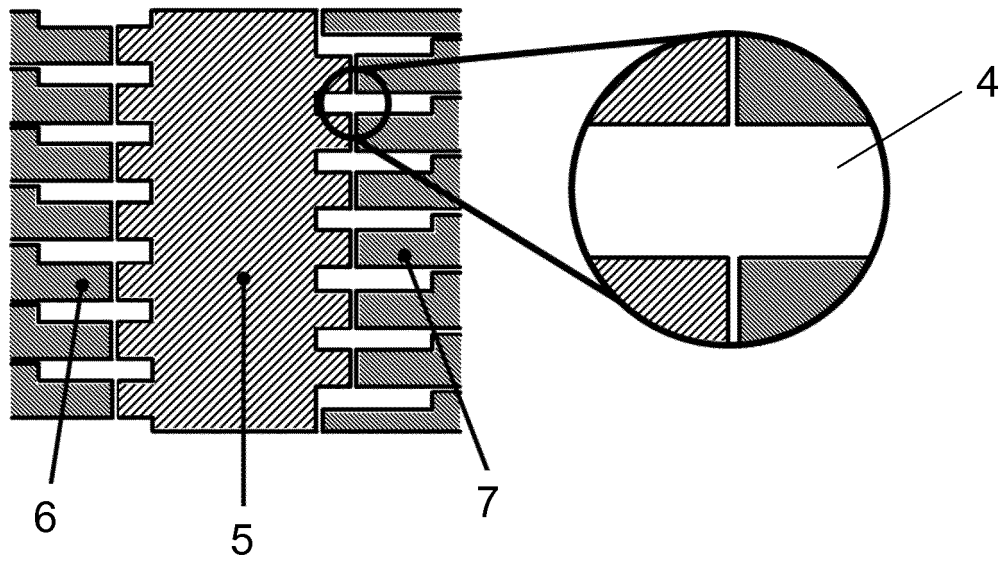


Fig. 17

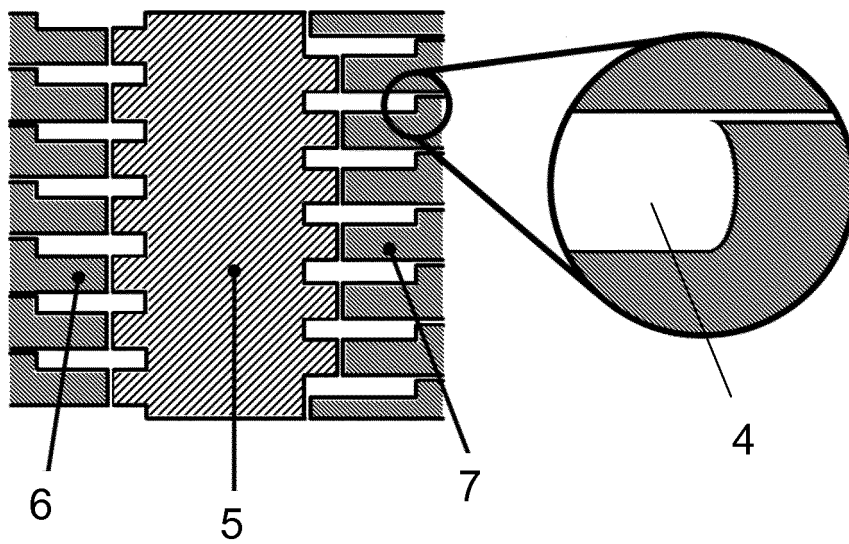


Fig. 18

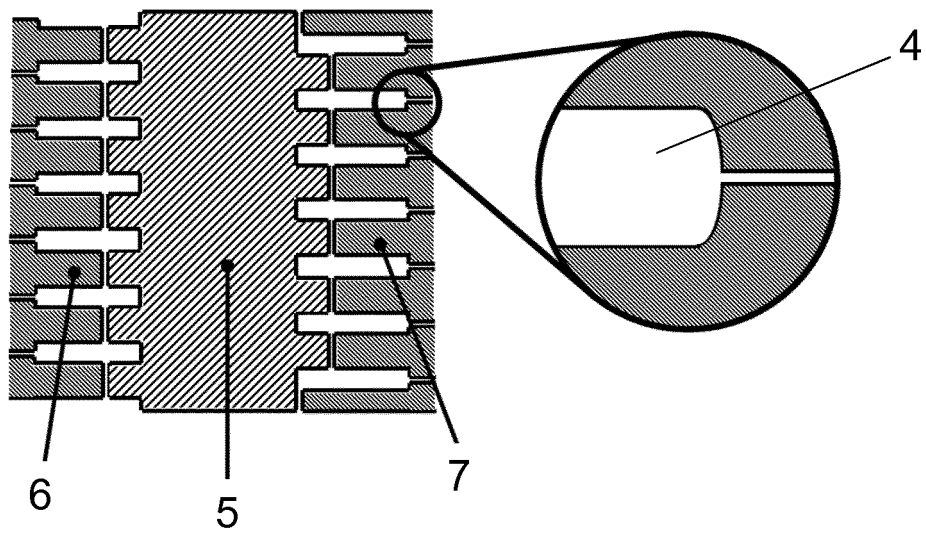


Fig. 19

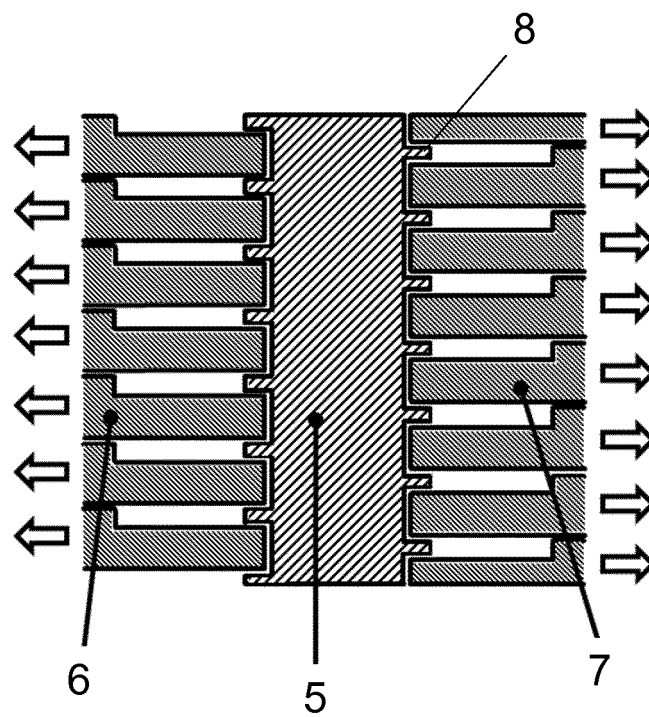


Fig. 20

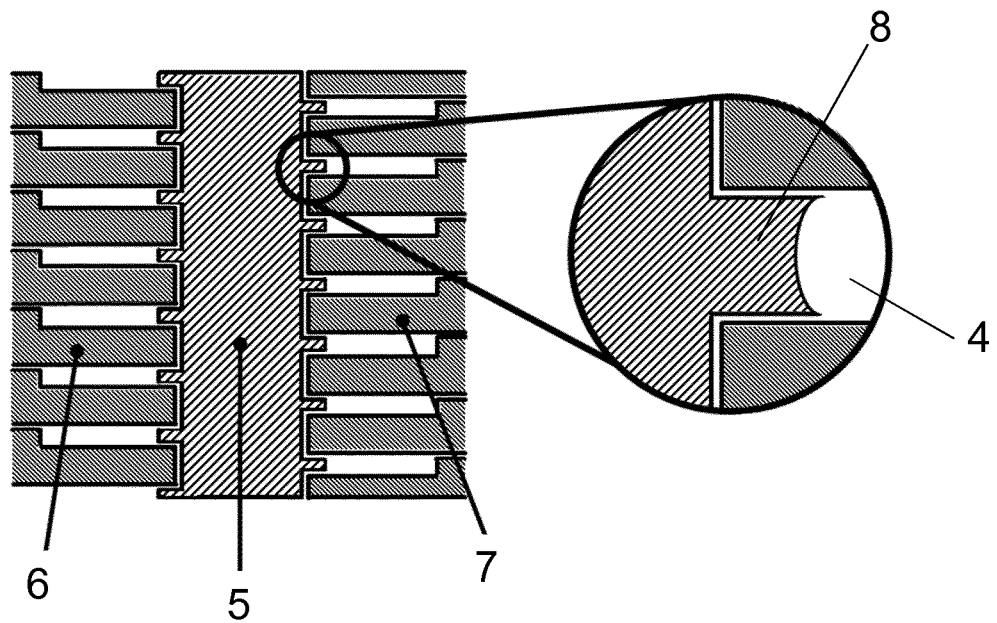


Fig. 21

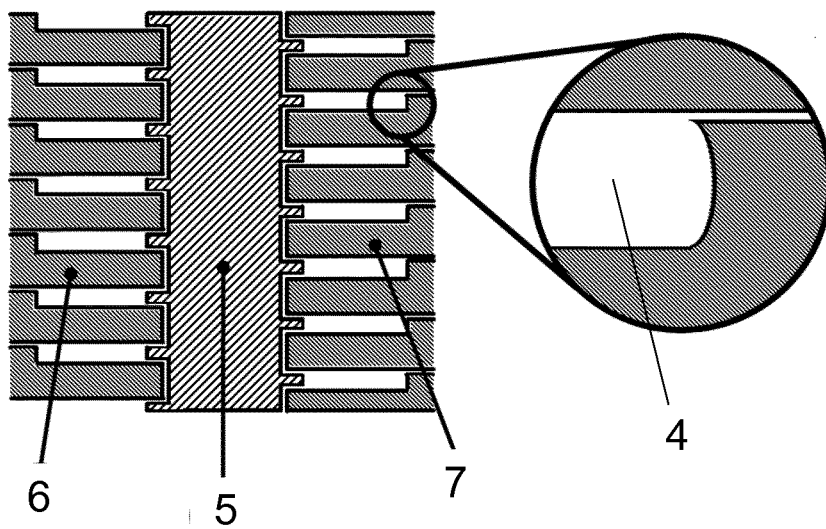


Fig. 22

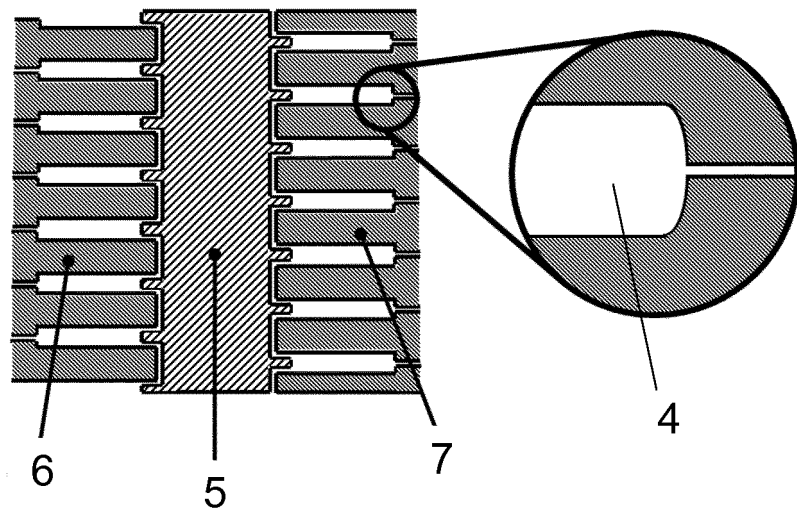


Fig. 23

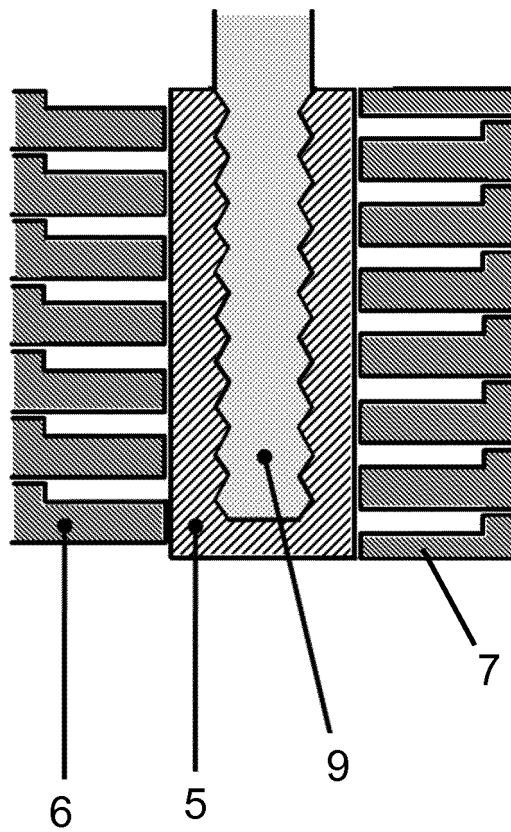


Fig. 24

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

- EP 2387135 A2 [0005]
- DE 102012006572 A1 [0006]
- DE 102012022331 A1 [0007] [0021]