



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.09.2021 Patentblatt 2021/35

(51) Int Cl.:
H05B 3/42 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20159612.9**

(22) Anmeldetag: **26.02.2020**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

• **Becker, Sebastian**
01277 Dresden (DE)
• **Rüger, Dietmar**
01728 Bannewitz (DE)

(74) Vertreter: **Hansen, Jochen**
Patentanwaltskanzlei Hansen
Eisenbahnstraße 5
21680 Stade (DE)

(71) Anmelder: **SunFire GmbH**
01237 Dresden (DE)

(72) Erfinder:
• **Klahn, Christian**
01129 Dresden (DE)

Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

(54) **GASERHITZER-HEIZELEMENT-HERSTELLUNGSVERFAHREN SOWIE GASERHITZER-HEIZELEMENT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei

- das Gaserhitzer-Heizelement (1) wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen (12) aufweist;
- in dem Monolithen (12) eine Trag- und Kanalstruktur (11) mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist;
- das Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur (11) geführt ist;
- von dem Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist,

aufweisend die folgenden Schritte:

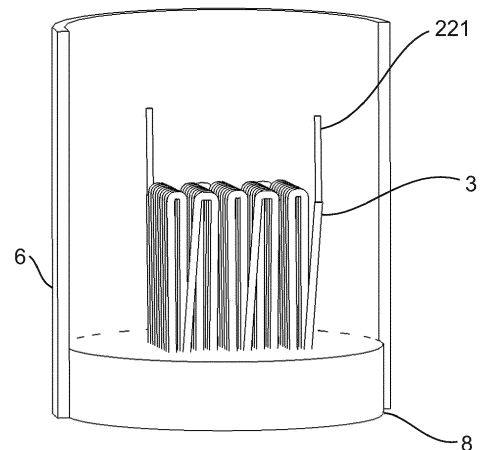
- Formen des Heizelements;
- wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial (3);
- Einbringen des beschichteten Heizelements in eine Form (5, 6) zur Monolith-Herstellung;
- Herstellen des das beschichtete Heizelement umgebenden Monolithen (12)

und

- Entfernen des Beschichtungsmaterials (3) des Heizelements.

Ferner betrifft die Erfindung noch ein Gaserhitzer-Heizelement.

Abb. 10



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzer-Heizelement wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen aufweist, in dem Monolithen eine Trag- und Kanalstruktur mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur geführt ist, von dem Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung noch ein Gaserhitzer-Heizelement.

[0003] Der Gaserhitzer ist insbesondere für eine vertikale Durchströmung, aber auch horizontale Verwendung, sowie insbesondere für Gastemperaturen von 800 °C bis 1200 °C konzipiert. Dabei ist der Gaserhitzer herkömmlichen Heizern aufgrund seiner Geometrie bezüglich des zuverlässigen Erreichens der gewünschten Gastemperatur im genannten Temperaturbereich sowie gleichzeitig vergleichsweise langen Betriebsdauern bis zu einem Versagen des Heizdrahtes überlegen.

[0004] Das Design des Gaserhitzer-Heizelementes basiert auf dem Patent EP 2 926 623 B2 "Heizelement und Prozessheizer", wobei das Fertigungsverfahren gänzlich neu ist.

[0005] Die Druckschrift EP 2 926 623 B2 offenbart ein Heizelement zum Erhitzen von Gasen auf hohe Temperaturen, mit mindestens einem für die Durchströmung von heißem bzw. zu erheizendem Gas ausgelegten Rohr und einem elektrischen Heizdraht in dem Rohr, welcher für die Übertragung von Wärme auf an dem Heizdraht vorbeiströmendes Gas ausgelegt ist.

[0006] Ebenso betrifft die Druckschrift auch einen Prozessheizer mit einem Gehäuse mit einer Gaszufuhr und einem Gasauslass, einem Heizraum zwischen Gaszufuhr und Gasauslass zur Aufnahme eines Heizelementes und elektrischen Anschlüssen für mindestens ein Heizelement. Entsprechende Heizelemente sind seit langem bekannt. Sie bestehen aus mindestens einem von Gas zu durchströmenden Rohr, das zum Zwecke der Durchströmung beidseitig offen ist, wobei in dem Rohr ein Heizdraht angeordnet ist, an welchem das Gas vorbeiströmt und sich durch den direkten Kontakt mit dem Heizdraht erhitzt.

[0007] Der Begriff Heizdraht wird gemäß EP 2 926 623 B2 als Oberbegriff sowohl für relativ dünne gewendelte Drähte als auch für Heizstäbe gemäß der Erfindung mit einer entsprechenden Längsachse, die sich im Wesentlichen entlang der oder parallel zu der Achse des Rohres erstreckt und dabei das Rohr soweit ausfüllt, dass zwischen Heizstab und Rohrwand nur ein relativ kleiner, lichter Abstand verbleibt, der maximal 10 mm und vorzugsweise noch deutlich weniger beträgt, auch wenn er punktuell größer sein kann, verwendet.

[0008] Der Begriff Rohr wird in der Druckschrift EP 2 926 623 B2 als Hohlraum mit einer Eintritts- und einer

Austrittsöffnung definiert, was der Trag- und Kanalstruktur aus dieser Schrift entspricht.

[0009] Aus dem **Stand der Technik** sind unterschiedliche Arten von Heizelementen mit verschiedenen Herstellungsverfahren bekannt.

[0010] Das Heizelement aus EP 2 926 623 B2 wird derzeit, und so scheint dies auch die einzig ausführbare Variante zu sein, aus gebogenem Heizdraht und extrudierten Keramikstäbchen, welche Gaskanäle bilden, hergestellt. Die Keramikstäbchen werden anschließend mit möglichst wenig Zwischenraum, so dass ein minimaler Bypassstrom ausgebildet wird, nebeneinander angeordnet. Das zu erhitzende Gas strömt entlang des Heizdrahtes durch die Keramikstäbchen. Zur Vermeidung des Bypassstromes kann anstelle einzelner Keramikstäbchen auch ein mehrfach gebohrter Keramikblock verwendet werden. Weiterhin schlägt die Druckschrift alternativ vor, die Zwischenräume zwischen den Keramikstäbchen mit einem geeigneten Material gasdicht zu verfüllen oder Abdeckplatten zu verwenden.

[0011] Die Herstellung der Heizelemente für den Gaserhitzer ist mit einem hohen Fertigungsaufwand und hohen Fertigungskosten durch unter anderem den kleinteiligen Aufbau und die kostenintensive Keramik bezüglich Fertigung und verwendeter Materialien verbunden. Der vertikale Einbau der Heizelemente sowie die vertikale Gasdurchströmung sind technisch kompliziert und somit nochmals kostenintensiv herstellbar. Die Realisierung großer, leistungsstarker Gaserhitzer ist mit dem Herstellungsverfahren nach dem Stand der Technik der Heizelemente aus EP 2 926 623 B2 nicht praktikabel und wirtschaftlich umsetzbar.

[0012] Die Druckschrift DE 101 42 768 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Keramikbrems scheiben aus einem Grünling, bestehend aus SMC mit Verstärkungsfasern und anschließender Pyrolyse und Schmelzinfiltration. Zur Schaffung eines einteiligen Grünlings, der nach der Pyrolyse sehr komplizierte innere Hohlräume aufweist, umfasst das Verfahren das Herstellen des Grünlings aus einem Sandwich aus SMC, thermoplastischem Einleger, SMC in einem Arbeitsschritt in einem Werkzeug unter Druck- und Temperaturbeaufschlagung, wobei der Einleger den Grünling in seiner gesamten Fläche ausfüllt und dabei durch Durchbrüche so gestaltet ist, dass die obere und untere SMC-Lage zumindest stellenweise miteinander verbunden werden.

[0013] In der Druckschrift wird die Keramik durch das Sintern eines Grünlings erzeugt. Die benötigten Kühlkanäle in den Keramikbrems scheiben werden durch Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt. Die Druckschrift bezieht sich ausschließlich auf die Herstellung von Keramikbrems scheiben. Durch das Ausbrennen des Opfermaterials werden Kühlkanäle freigelegt, welche auch ausschließlich hierfür genutzt werden. Es wird kein Heizdraht in die Kanäle des Keramikkörpers eingebracht.

[0014] Die Druckschrift DE 24 51 175 A1 offenbart komplexe Keramik-Heizelemente zweckmäßiger geometrischer Gestalt und widerstandsmomentgünstigen

Querschnitts, bei denen in dichte, temperatur- und temperaturwechsel (schock) beständige, korrosionsimmune, physiologisch neutrale, dielektrische keramische Werkstoffe metallische Heizleiter bestimmbarer Leistung, für ein- bis dreiphasige Anschlussart, als Energieleiter zur Beheizung von Flüssigkeiten, Gasen und festen Stoffen eingesintert sind. Die Heizelemente können in diese Medien getaucht und / oder von ihnen durchströmt werden. Die Heizleistung und Gebrauchsdauer dieser Heizelemente übertreffen konventionelle Konstruktionen. Es werden Herstellungsmethoden und geeignete keramische Werkstoffe beschrieben.

[0015] In der Druckschrift wird ein keramisches Heizer-Heizdraht-Verbundprodukt über ein Stranggussverfahren und durch Sintern der Keramik hergestellt. Strömungskanäle werden als separate Kanäle in die Keramik eingeformt. Der Raum um die Heizdrähte wird explizit dicht ausgeführt, um den Kontakt mit dem aufzuheizenden Medium auszuschließen. Die Strömungskanäle werden nicht durch das Ausschmelzen / Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt, sondern durch das Stranggussverfahren in die Keramik eingeformt.

[0016] Die Druckschrift EP 1 191 002 A1 beschreibt die Herstellung eines Aluminiumnitrid-Sinterkörpers mit ausgezeichneter mechanischer Festigkeit, in dem keramische Partikel gehindert werden sich von der Oberfläche und / oder der Seite der Partikel zu lösen und die Erzeugung freier Partikel so unterdrückt wird. Der gesinterte Aluminiumnitrid-Sinterkörper enthält Schwefel.

[0017] Der Sinterkörper dient zur Herstellung eines Keramikheizers und wird über ein Keramikformgussverfahren hergestellt. Der Keramikheizer wird als Strahlungsheizer für das Erwärmen von Siliziumwafern genutzt. Aufgrund der hohen Reinheitsanforderungen der Siliziumwafer erfolgt eine besondere Auswahl des keramischen Materials.

[0018] In der Druckschrift handelt es sich ausschließlich um einen Strahlungsheizer für Siliziumwafer und nicht um einen Gaserhitzer. Es werden keine Gasströmungskanäle durch Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt.

[0019] Die **Probleme im Stand der Technik** sind im Wesentlichen, dass die Herstellung der Heizelemente für einen Gaserhitzer sowohl zeit- als auch kostenintensiv ist und der Einbau technisch kompliziert erfolgt.

[0020] Der vorliegenden Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Herstellungsverfahren für Gaserhitzer-Heizelemente bereitzustellen, dass sowohl für die Realisierung kleiner als auch größer, leistungsstarker Gaserhitzer-Heizelemente praktikabel ist und aufgrund von verringertem Fertigungsaufwand und verringerten Fertigungskosten wirtschaftlich umsetzbar ist.

[0021] **Gelöst** wird diese Aufgabe mit einem Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren gemäß Hauptanspruch sowie einem Gaserhitzer-Heizelement gemäß nebengeordnetem Anspruch.

[0022] Das Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzer-Heizelement wenig-

tens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen aufweist, in dem Monolithen eine Trag- und Kanalstruktur mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur geführt ist, von dem Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist, weist die folgenden Schritte auf:

- Formen des Heizelements;
- wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial;
- Einbringen des beschichteten Heizelements in eine Form zur Monolith-Herstellung;
- Herstellen des das beschichtete Heizelement umgebenden Monolithen und
- Entfernen des Beschichtungsmaterials des Heizelements.

[0023] Durch dieses Verfahren ist es erstmalig möglich, einen entsprechenden Gaserhitzer-Heizelement kostengünstig herzustellen. Insbesondere spielt auch die Dimensionierung keine Rolle mehr, da dieses offenbarte Verfahren große als auch kleine Gaserhitzer-Heizelemente wirtschaftlich realisierbar macht.

[0024] Als besonderer Vorteil des hier offenbarten Herstellungsverfahrens lässt sich das Herstellen der Kanalstruktur vor der eigentlichen Herstellung der monolithischen Struktur herausstellen. Durch das Entfernen des Beschichtungsmaterials nach der Herstellung der monolithischen Struktur müssen keine Kanäle in die monolithische Struktur nach dessen Herstellung eingebracht werden, die dann mit den entsprechenden Heizelementen konfektioniert werden müssten. Daher stellt das simple Beschichten des Heizelementes vor der Monolithherstellung zur definierten Bildung des späteren Zwischenraums durch die zu entfernende Beschichtung einen besonderen Herstellungsschritt dar.

[0025] Aus dem erfindungsgemäßen Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsprozess erfolgt eine erhebliche Kostenreduktion für die Herstellung des Gaserhitzer-Heizelementes, da sich der Fertigungsaufwand und die Fertigungszeit verringern. Es ist nun möglich durchgängige, also einteilige, auch maschinell gefertigte Heizelemente zu verwenden.

[0026] Gegenüber dem Einsatz von im Stand der Technik bekannten Keramikstäbchen zur Herstellung einer Trag- und Kanalstruktur wird eine deutliche Reduzierung der Teileanzahl erwirkt. Es wird ein selbsttragender Aufbau, was die Kombination von Heizelement mit Trag- und Kanalstruktur in einem Bauteil bedeutet, ermöglicht. Zudem sind weitere mögliche Funktionskombinationen wie beispielsweise thermische Dämmung, elektrische Isolation, Gasführung oder Katalysatortragstruktur gegeben.

[0027] Nachfolgend sind weitere Ausgestaltungsvarianten des Herstellungsverfahrens angeführt, die das zuvor aufgezeigte Verfahren weiter verbessern und es auch weiter spezialisieren können.

[0028] Das elektrische Heizelement kann insbesondere als Heizdraht und/oder als Heizdraht mit variablem Durchmesser und/oder als Heizdraht mit variabler geometrischer Struktur und/oder mehrere unterschiedliche Heizdrähte und/oder als Heizgitter und/oder als Heizgitterstrukturen ausgebildet sein. Hierdurch können unterschiedliche Wärmemengen in einzelnen Bereichen oder Abschnitten des Gaserhitzer-Heizelementes in Abhängigkeit der Heizelementgeometrie eingebracht werden. Insbesondere kann das Heizelement homogen oder inhomogen oder abschnittsweise homogen und abschnittsweise inhomogen ausgebildet angeordnet und/oder ausgeformt sein, um entsprechende Forderungen an die benötigte Wärmemenge zu erfüllen.

[0029] Das Heizelement und insbesondere der Heizdraht kann beliebig ausgeformt und unterschiedlich dicht angeordnet sein. In einer speziellen Variante kann auch eine inhomogene Verteilung der Heizelemente innerhalb des Gaserhitzer-Heizers realisiert werden, die einer möglichen ungleichmäßigen Gaserwärmung entgegenwirken kann, bspw. in Randbereichen des Heizers. Hierzu kann entsprechend den Strömungsprofilen der Heizer mit den Heizelementen ausgestaltet werden. Zur weiteren Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung lassen sich in Randbereichen und/oder im Außenbereich der monolithischen Struktur Reflektorelemente zur Reflektion von Wärmestrahlung einbetten oder anbringen.

[0030] Als Heizelemente kommen Heizdrähte, Heizplatten und Heizstäbe als auch Heizgitter sowie Kombinationen aus den zuvor genannten in Frage. Weitere spezielle Ausgestaltungen sind jedoch ebenfalls möglich.

[0031] Weiter kann das Heizelement aus drei Abschnitten ausgebildet werden, nämlich einem ersten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gaseinströmseite ausgebildet wird, einem Kanalabschnitt, der innerhalb des Monolithen ausgebildet wird und einem zweiten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gasausströmseite. Hierdurch werden die einzelnen Heizdrähte bzw. Heizelemente innerhalb des Monolithen bzw. der monolithischen Struktur entsprechend elektrisch außerhalb der monolithischen Struktur verbunden. Eine mechanische Verbindung zwischen mehreren Segmenten kann ebenfalls hierüber erfolgen oder aber auch in den Kanälen der monolithischen Struktur erfolgen.

[0032] Zur Herstellung des Monolithen kann eine Gussform verwendet werden, wobei hierzu das Herstellungsverfahren insbesondere die folgenden Schritte aufweisen kann:

- Einsetzen des geformten und beschichteten Heizelementes in die Gussform;
- Auffüllen der Gussform mit entfernbarem Füllmate-

rial bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes vollständig bedeckt ist;

- Aushärten des entfernbaren Füllmaterials;
- Aufgießen der Gussform, so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes unvergossen bleibt, mit einem Material, welches aushärtbar ist und bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist, und einen hohen elektrischen Widerstand und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist und
- Entfernen des entfernbaren Füllmaterials und Brennen des temperaturbeständigen Materials.

[0033] Als temperaturbeständiges Material für das Aufgießen der Gussform kann beispielsweise Beton oder auch ein anderes keramisches Einbettungsmaterial, das den Anforderungen entspricht, verwendet werden. Das Material wird durch Aufgießen in die Gussform eingebracht und anschließend hinreichend für nachfolgende Prozessschritte ausgehärtet, bis es die nötige Festigkeit erreicht hat. Auf diese Weise wird verhindert, dass die auszuformende Kanal- und Tragstruktur während des Entfernens des Füllmaterials oder des Brennens ungesteuert verformt werden kann.

[0034] Weiter kann alternativ die Herstellung des Monolithen in einer Pressform erfolgen und hierbei insbesondere die folgenden Schritte aufweisen:

- Einsetzen des geformten und beschichteten Heizelementes in eine Pressform;
- Auffüllen der Pressform mit einem Drucktransfermaterial bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes vollständig bedeckt ist;
- Auffüllen der Pressform, so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes unverfüllt bleibt, mit einem Sintermaterial, welches einen Grünling ausbildet, bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist und einen hohen elektrischen Widerstand und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist;
- Auffüllen des zweiten Verbindungsabschnittes des beschichteten Heizelementes mit einem Drucktransfermaterial;
- Verpressen der gesamten Schüttungen inklusive des eingelegten beschichteten Heizelementes;
- Entfernen des Drucktransfermaterial;
- und
- Sintern des temperaturbeständigen Sintermaterials.

[0035] Als Drucktransfermaterial eignet sich beispielsweise Sand oder auch ein anderes entsprechendes Material. Als Sintermaterial kann beispielsweise Keramikpulver oder auch ein anderes den Anforderungen entsprechendes Material eingesetzt werden.

[0036] In einer bevorzugten Variante kann das Entfernen der Beschichtung des Heizelementes durch Aufschmelzen und/oder durch Ausbrennen und/oder durch

chemisches Entfernen erfolgen. Je nach verwendetem Material der Beschichtung kann ein entsprechender Verfahrensschritt vorgenommen werden. Bspw. können Lacke durchaus gut über ein chemisches Entfernen entfernt werden. Hingegen können Wachse sehr gut ausgeschmolzen werden.

[0037] In einer Ausführungsvariante können die Schritte des Entfernens der Beschichtung des Heizelementes und / oder des Entfernens des entfernbaren Füllmaterials und / oder das Brennen bzw. Sintern des temperaturbeständigen Materials in einem Verfahrensschritt kombiniert werden.

[0038] Generell muss das Füllmaterial entfernt werden. Besonders bevorzugt kann das entfernbare Füllmaterial und die Beschichtung des Drahtes in demselben Prozessschritt entfernt werden. Das Füllmaterial sollte daher bezüglich des Schritts des Entfernens bevorzugt mit ähnlichen Materialeigenschaften wie die Beschichtung gewählt werden. Beispielsweise kann als Füllmaterial ein Gießharz oder Wachs verwendet werden.

[0039] Wird bspw. ein Wachs verwendet, kann ein Ausschmelzen auch ohne direkten Kontakt mit Luft/ Sauerstoff erfolgen. Das Wachs kann ausschmelzen und in das Drucktransfermaterial hinlaufen / dort eindringen. Wird eher auf ein Entfernen durch Ausbrennen gesetzt, braucht es hingegen Kontakt mit Luft / Sauerstoff.

[0040] Je nachdem, welches Material als Sintermaterial verwendet wird und wie der Prozess des Verpressens gefahren wird, kann zudem, wenn der Grünling mit dem eingebetteten Heizdraht bzw. Heizelement eine ausreichende Stabilität aufweist, vor dem Sintern und gleichzeitigem Entfernen der Beschichtung, insbesondere durch Ausbrennen, das Drucktransfermaterial entfernt werden.

[0041] Alternativ kann das Entfernen der Beschichtung bzw. des Füllmaterials vor dem Brennen erfolgen.

[0042] Das wenigstens eine Beschichtungsmaterial kann zudem derart gewählt wird, dass es eine geringere Schmelztemperatur und einen geringeren Flammpunkt als das temperaturbeständige Material aufweist.

[0043] Weiter kann das Formen des Heizelementes in Form eines Heizdrahtes durch Biegen und/oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen und/oder durch Falten zu Heizdrahtpaketen erfolgen. Dies stellt eine sehr einfache Art der Herstellung des benötigten Heizelementes dar.

[0044] Insbesondere kann das Heizelement als Heizdraht, besonders bevorzugt als ein einzelner durchgehender Heizdraht ausgebildet werden.

[0045] Das Formen des Heizdrahtes umfasst sowohl das Biegen oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen als auch das anschließende Falten zu Heizdrahtpaketen, so dass sich verschiedene Varianten bezüglich Länge und Form des geformten Heizdrahtes ergeben und das Aussehen des fertig geformten Heizdrahtes je nach Bedarf optimiert werden kann.

[0046] Wird der Heizdraht zu Heizdrahtreihen gebogen, so ergibt sich verfahrens- beziehungsweise maschi-

nenbedingt eine begrenzte Schenkellänge des Heizdrahtes. Bei Wicklung des Heizdrahtes über einen Dorn ist die Schenkellänge je nach Größe des Dorns variabel einstellbar. Es ist auch möglich, den Heizdraht über andere Wicklungsverfahren, wie beispielsweise das Doppelstiftwicklungsverfahren, zu biegen

[0047] Zudem kann ein Warmbiegen oder Spannungsfreiglühen bedarfsabhängig erfolgen, wobei dies abhängig von der Dimensionierung des Gesamtaufbaus ist und ob sich dieser durch Spannungen verziehen kann bzw. schert.

[0048] Wenn allgemein oder insbesondere nach dem Spannungsfreiglühen des Heizdrahtes bzw. allgemein des Heizelementes und vor dem Beschichten des Heizdrahtes / Heizelementes Zentrierprofile auf die nicht-gebogenen Abschnitte des Heizdrahtes aufgebracht werden, so wird der Heizdraht bzw. das Heizelement in der späteren Kanal- und Tragstruktur besser zentriert. Dies bedingt eine optimierte Durchströmung von Gas durch die Trag- und Kanalstruktur. Zudem lassen sich Führungselemente verwenden, in denen der geformte Draht einsetzbar ist, um diesen in Form zu halten.

[0049] Insbesondere kann als das wenigstens eine Material des Beschichtungsmaterials Wachs und / oder Kunststoff und/oder Gel und/oder Lacke verwendet werden.

[0050] Das Beschichtungsmaterial kann in einer weiter verbesserten Ausführungsform wenigstens eine Schicht aus einem viskosen oder pastösen Trennmittel und wenigstens eine Schicht aus einem nicht viskosen Material umfassen. Als nicht viskoses Material kann insbesondere Polyethylen oder ein anderes geeignetes Polymer verwendet werden.

[0051] Ferner kann das Beschichten des Drahtes mit einem Material bzw. einem Materialsystem mit geringerem Schmelzpunkt bzw. Flammpunkt erfolgen, wobei sich "geringerer" oder "niederer" nämlich auf das Material, mit dem die Gussform ausgefüllt wird, bezieht.

[0052] Die für ein Ausschmelzen oder Ausbrennen der Beschichtung notwendigen Temperaturen sind insbesondere abhängig von der Art des Beschichtungsmaterials, insbesondere von dessen Schmelz- und/oder Flammpunkt. Da als niederschmelzendes bzw. -entflammbares Beschichtungsmaterial beispielsweise Wachs und / oder Kunststoff verwendet werden, können die für das Schmelzen oder Ausbrennen der Beschichtung notwendigen Temperaturen deutlich unter denen für das Sintern oder Brennen des Monolithen notwendigen Temperaturen liegen. Hierdurch lassen sich mit Vorteil die Schritte des Entfernens und des Brennens bzw. Sinterns in einem Verfahrensschritt kombinieren.

[0053] Durch das Ausbilden des Monolithen um den final geformten, durchgehenden Heizdraht herum, können je nach Form des beschichteten Heizdrahtes unterschiedliche Trag- und Kanalstrukturen ausgebildet werden. Der Strömungskanalquerschnitt entlang der Gasströmungsrichtung ist einstellbar, je dicker die Beschichtung des Heizdrahtes ausgebildet ist, desto größer sind

die gebildeten Hohlräume, also die finalen Gaskanäle, zwischen Heizdraht und Monolithenkörper.

[0054] Für ein spezielles Herstellungsverfahren, bei dem der Draht mit einem Material eines gegenüber dem zum Vergießen gewählten Materials geringerem Schmelzpunktes gewählt wird, kann für das Ausfüllen des unteren Bereichs der Gussform bis zum Bedecken der Biegungen, dasselbe Material oder ein ähnliches Material oder ein Material, welches in Bezug auf den Schritt des Entferns, wenigstens ähnliche Eigenschaften aufweist, verwendet werden. Wird bspw. ein Harz oder ein Wachs verwendet, kann der Bereich um die Biegungen zusammen mit der Beschichtung des Drahtes geschmolzen oder aber auch weggebrannt werden.

[0055] In einer weiteren Ausgestaltungsvariante kann das Beschichtungsmaterial bezüglich seiner Dicke auf dem Heizelement wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt ausgebildet werden. Hierbei können sich unterschiedliche Dicken auf dem Heizelement ausbilden, was zu einer nicht homogenen Struktur der Kanal- und Tragstruktur in der monolithischen Struktur führt. Insbesondere ist hierdurch eine Große Variabilität in der Gestaltung der so bildbaren Kanal- und Tragstruktur möglich. Es können im Innenbereich der Kanalstrukturen größere Räume gestaltet werden, die dann durchaus einen positiven Einfluss auf die Erwärmung des strömenden Gases haben können. Es können aber auch komplexe innere Kanalstrukturen gebildet werden, um bspw. Strömungen zu beruhigen oder aber auch bewusst turbulent auszugestalten. Durch die dickenmäßig variable Beschichtung des Heizdrahtes ist es möglich den Strömungskanalquerschnitt gezielt einzustellen. Wird ein Materialsystem aus wenigstens einem nicht viskosen und wenigstens einem viskosen Material eingesetzt, kann das nicht viskose Material über seine Dicke dazu dienen, den Durchmesser der auszuformenden Kanal- und Tragstruktur zu definieren, während das viskose Material als Trennmittel zwischen dem mit dem nicht viskosen Material beschichteten Heizdraht und dem temperaturbeständigen Material dient und so die Verarbeitung erleichtert.

[0056] Das erfindungsgemäße Gaserhitzer-Heizelement, hergestellt nach einem der erfindungsgemäßen Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, weist anordnungsgemäß einen Monolithen / monolithischen Körper mit einer Trag- und Kanalstruktur auf, wobei die Trag- und Kanalstruktur in einem Monolithenherstellungsprozess ausgebildet und nicht-nachträglich eingebracht ist, und wenigstens ein durchgängiges Heizelement geführt durch die Trag- und Kanalstruktur in dem Monolithen.

[0057] Die Trag- und Kanalstruktur des Monolithen / monolithischen Körpers bezüglich des Innendurchmessers der Trag- und Kanalstruktur kann wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt sein.

[0058] Weiter kann die Trag- und Kanalstruktur Monolithen / monolithischen Körper bezüglich des Abstands der Kanäle des Kanalabschnitt der Trag- und Kanalstruktur

wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt sein.

[0059] Das Gaserhitzer-Heizelement kann zudem einen bzw. mehrere Monolithen / monolithischen Körper mit einer bzw. jeweiliger Trag- und Kanalstruktur und entsprechendem Heizelement aufweisen. Hierbei können die Monolithen nebeneinander als auch hintereinander angeordnet werden.

[0060] Da auch der Monolith in der Formgebung variabel ausgestaltbar ist, ist eine Integration des Gaserhitzer-Heizelementes in verschiedene Gehäuse möglich. Zudem ist eine vertikale Integration des Gaserhitzer-Heizelementes einfach durchführbar. Der Monolith kann weiterhin Reflektorelemente zur Reflexion von Wärmestrahlung aufweisen, die in Randbereichen und/oder im Außenbereich der monolithischen Struktur eingebettet oder angebracht sind.

[0061] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen in der **Abbildungsbeschreibung** detailliert beschrieben, wobei diese die Erfindung erläutern soll und nicht beschränkend zu werten ist:

Es zeigen:

- 25 Abb. 1 eine schematische Darstellung eines gebogenen Heizdrahtes;
- Abb. 2 eine schematische Darstellung eines gebogenen Heizdrahtes zum Heizdrahtpaket gefaltet;
- 30 Abb. 3 eine schematische Darstellung eines gewickelten Heizdrahtes;
- Abb. 4 eine schematische Darstellung eines gewickelten Heizdrahtes zum Heizdrahtpaket gefaltet;
- 35 Abb. 5 eine schematische Darstellung eines Heizdrahtpaketes nach der Beschichtung;
- Abb. 6 eine schematische Darstellung eines Zentrierprofils;
- Abb. 7 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Gussform;
- 40 Abb. 8 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert und eingegossen in einer Gussform;
- 45 Abb. 9 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert und eingegossen außerhalb der Gussform, vor dem Ausschmelzen und Brennen;
- Abb. 10 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Pressform;
- Abb. 11 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Pressform, aufgefüllt mit Sintermaterial;
- 55 Abb. 12 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes in einer Pressform, vollständig bedeckt;
- Abb. 13 eine schematische Darstellung des Pres-

- sens zur Erzeugung eines Heizdrahtpaket-Grünlings;
- Abb. 14 eine schematische Darstellung eines Heizdrahtpaket-Grünlings nach dem Entfernen des unverpressten Drucktransfermaterials, vor dem Ausschmelzen und Sintern;
- Abb. 15a eine schematische Darstellung eines fertigen Heizelementes mit offengelegter Gaskanalstruktur nach dem Ausschmelzen und Brennen oder Sintern;
- Abb. 15b eine vergrößerte schematische Darstellung eines fertigen Heizelementes mit offengelegter Gaskanalstruktur nach dem Ausschmelzen und Brennen oder Sintern
- und
- Abb. 16 drei Teilabbildungen a, b, c eines Heizelementes in der monolithischen Struktur als Detaildarstellung.

[0062] In den nachfolgenden Abbildungsbeschreibungen sind funktionsgleiche Bauteile mit einheitlichen Bezugszeichen versehen.

[0063] In **Abb. 1** ist gebogener Heizdraht 21 in Form einer Heizdrahtreihe dargestellt. Bei dieser Fertigungsverfahren der Heizdrahtreihe liegt eine begrenzte Schenkellänge vor.

[0064] **Abb. 2** zeigt den gebogenen Heizdraht 21 aus **Abb. 1** aufgefaltet zu einem Heizdrahtpaket aus gebogenem Heizdraht 211.

[0065] In **Abb. 3** ist gewickelter Heizdraht 22 in Form einer Heizdrahtreihe dargestellt. Bei dieser Fertigungsverfahren der Heizdrahtreihe liegt eine variable Schenkellänge je nach verwendetem Dorn vor. Der Dorn ist in Größe und Form variabel ausgestaltbar. Es können auch andere Wicklungsverfahren zur Fertigung verwendet werden.

[0066] **Abb. 4** zeigt den gewickelten Heizdraht 22 aus **Abb. 3** aufgefaltet zu einem Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221.

[0067] In **Abb. 5** ist ein Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 nach der Beschichtung mit einem Material mit einer gegenüber dem Einbettungsmaterial 9 (vgl. **Fig. 9**) niedrigen Schmelztemperatur bzw. niedrigeren Flammpunkt 3 zu sehen. Die schraffiert dargestellte Beschichtung 3 ist mit einem gleichmäßigen Außenradius auf dem Heizdraht aufgetragen. Alternativ kann die Beschichtung mit einer inhomogenen Dicke bzw. mit einem variierenden Außenradius ausgeformt sein und/oder aus einem Materialsystem bestehend aus mehreren Materialien mit bzgl. des Einbettungsmaterials hinreichend geringerer Schmelztemperatur bzw. geringerem Flammpunkt bestehen. In den nachfolgenden Figuren wird der Übersichtlichkeit halber auf die Schraffur des beschichteten Drahtes verzichtet, gleich wenn der Heizdraht gemäß dem jeweiligen Ausführungsbeispiel beschichtet ist.

[0068] In **Abb. 6** ist eine mögliche Ausführungsform eines Zentrierprofils 4 zur besseren Zentrierung des Heizdrahtes in der späteren Trag- und Kanalstruktur 11 dargestellt. Die Zentrierprofile 4 werden vor oder nach dem Auftragen der Beschichtung 3 auf den Heizdraht vor den weiteren Fertigungsschritten in zuvor festgelegten Intervallen auf die vertikalen Abschnitte des Heizdrahtes aufgesetzt.

[0069] **Abb. 7** zeigt eine Halbschale einer Gussform 5, in welcher ein beschichtetes Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 mit einer Beschichtung 3 fixiert ist. Die Gussform 5 ist mit einem entfernbaren Füllmaterial 7 soweit aufgegossen, dass die unteren Biegungen des beschichteten Heizdrahtpaketes aus gewickeltem Heizdraht 221 vollständig bedeckt sind.

[0070] In **Abb. 8** ist die Gussform 5 aus **Abb. 7** soweit mit einem temperaturbeständigen / keramischen Einbettungsmaterial 9 wie Beton aufgegossen, dass die oberen Biegungen des beschichteten Heizdrahtes nicht vergossen sind. Besonders bevorzugt wird für das Einbettungsmaterial 9 Feuerbeton eingesetzt, in dem ein Al_2O_3 -reicher Zement verwendet wird.

[0071] **Abb. 9** zeigt das beschichtete Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 aus **Abb. 8**, eingegossen in ein entfernbare Füllmaterial 7 und ein temperaturbeständiges / keramisches Einbettungsmaterial 9, nach dem Entfernen aus der Gussform 5 und vor dem Ausschmelzen und / oder Ausbrennen des entfernbaren Füllmaterials und der Beschichtung des Heizdrahtpaketes. Das temperaturbeständige / keramische Einbettungsmaterial 9 ist vor dem Entfernen der Gussform ausgehärtet bzw. ausgehärtet worden.

[0072] **Abb. 10** zeigt eine Halbschale einer Pressform 6, in welcher ein beschichtetes Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 mit einem Drucktransfermaterial 8 wie Sand fixiert ist. Das Drucktransfermaterial 8 ist soweit aufgefüllt, dass die unteren Biegungen des beschichteten Heizdrahtpaketes aus gewickeltem Heizdraht 221 vollständig bedeckt sind. Das Drucktransfermaterial ist in die Pressform 6 geschüttet und anschließend verdichtet worden. Um eine ausreichende Fixierung des gewickeltem Heizdraht 221 zu gewährleisten, kann in dem zugehörigen Fertigungsschritt eine oder mehrere Haltevorrichtungen verwendet werden. Das Drucktransfermaterial kann z.B. durch Rütteln und/oder Pressen verdichtet werden.

[0073] In **Abb. 11** ist die Pressform 6 aus **Abb. 10** soweit mit einem Sintermaterial 10 wie Keramikpulver aufgefüllt, dass die oberen Biegungen des beschichteten Heizdrahtes 221 nicht verfüllt sind.

[0074] In **Abb. 12** ist die Pressform 6 aus **Abb. 11** soweit mit einem Drucktransfermaterial 8 aufgefüllt, dass das beschichtete Heizdrahtpaket vollständig bedeckt ist. Die das beschichtete Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht enthaltende Pressform 6 ist somit mit drei übereinanderliegenden Schichten (Drucktransfermaterial - Sintermaterial - Drucktransfermaterial) befüllt.

[0075] **Abb. 13** zeigt schematisch die Krafteinwirkung

F 13 auf das beschichtete Heizdrahtpaket in der vollständig befüllten Pressform 6 während des Pressvorganges. In dem Pressvorgang wird das Sintermaterial 10 in der Pressform 6 zu einem Grünling gepresst.

[0076] Abb. 14 zeigt den das beschichtete Heizdrahtpaket 221 enthaltende Grünling nach dem Entfernen der Pressform 6 und des Drucktransfermaterials 8 und vor dem Entfernen der Beschichtung und dem Sintern des Grünlings 10.

[0077] Abb. 15a zeigt ein fertiges Gaserhitzer-Heizelement 1 aufweisend einen Monolithen 12 mit einer Trag- und Kanalstruktur 11, durch welche ein Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 verläuft. Für die Fertigstellung des Gaserhitzer-Heizelementes 1 wurde von dem beschichteten und eingegossenen Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 aus Abb. 9 oder von dem das beschichtete Heizdrahtpaket enthaltenden Grünling aus Abb. 14 die Beschichtung 3 durch Schmelzen und/oder Verbrennen entfernt, was zur Ausbildung der Trag- und Kanalstruktur 11 in dem Monolithen 12 geführt hat. Anschließend wurde als letzter Fertigungsschritt zur Monolithenherstellung je nach Herstellungsverfahren in einer Gussform 5 oder einer Pressform 6, das eingegossene Heizdrahtpaket gebrannt oder der das Heizdrahtpaket enthaltende Grünling gesintert.

[0078] Abb. 15b zeigt eine vergrößerte Darstellung des fertigen Gaserhitzer-Heizelement 1 aus Fig. 15a. Deutlich erkennbar sind die Öffnungen der Trag- und Kanalstruktur 11, aus denen sich die Wicklungen des gewickeltem Heizdraht 221 erstrecken. Der Monolith ist mit einer Kanalstruktur durchsetzt, welche Öffnungen in der Nähe der Biegungen des Heizelementes aufweist und durch welche Gas zum Zweck des Erhitzens durchgeleitet werden kann.

[0079] Der Aufbau des Gaserhitzer-Heizelementes 1 ist selbsttragend. Der Heizdraht ist in einem Bauteil mit der Trag- und Kanalstruktur 11 kombiniert. Kennzeichnend ist, dass der die Trag- und Kanalstruktur 11 enthaltende Monolith 12, wie in den obigen Abbildungen verdeutlicht wird, in einem Vorgang ausgebildet ist. Weitere Funktionskombinationen wie beispielsweise thermische Dämmung, elektrische Isolation, Gasführung oder Katalysatortragstruktur sind möglich.

[0080] Die Abb. 16a und 16b zeigen den beschichteten Heizdraht 211 / 221 in dem Volumenmaterial des Monolithen 9/10 vor Entfernen der Beschichtung durch Ausschmelzen/Ausbrennen und Brennen/Sintern des Volumenmaterials. Der Heizdraht 211 / 221 ist in Abb. 16a nur durch ein Material 3 ummantelt, in Abb. 16b ist eine Ummantelung aus einem Materialsystem bestehend aus 2 Schichten 3 und 3' angedeutet. Abb. 16c zeigt den freigelegten Draht 311 / 221 nach Entfernen der Beschichtung durch Ausschmelzen/Ausbrennen und Brennen/Sintern des Volumenmaterials, so dass die Trag- und Kanalstruktur 11 in dem Monolithen 12 ausgebildet ist.

[0081] Die zuvor genannten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung erläutern, jedoch nicht in dessen Schut-

zumfang beschränken.

Bezugszeichenliste

5 [0082]

1	Gaserhitzer-Heizelement
21	gebogener Heizdraht
211	Heizdrahtpaket aus gebogenem Heizdraht
10 22	gewickelter Heizdraht
221	Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht
3, 3'	Beschichtung
4	Zentrierprofil
5	Gussform
15 6	Pressform
7	entfernbares Füllmaterial
8	Drucktransfermaterial
9	temperaturbeständiges Material / keramisches Einbettungsmaterial
20 10	Sintermaterial
11	Trag- und Kanalstruktur
12	Monolith
13	Krafteinwirkung F

25

Patentansprüche

1. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei

30

- das Gaserhitzer-Heizelement (1) wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen (12) aufweist;
- in dem Monolithen (12) eine Trag- und Kanalstruktur (11) mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist;
- das Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur (11) geführt ist;
- von dem Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist,

35

40

45

aufweisend die folgenden Schritte:

50

- Formen des Heizelements;
- wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial (3);
- Einbringen des beschichteten Heizelements in eine Form (5, 6) zur Monolith-Herstellung;
- Herstellen des das beschichtete Heizelement umgebenden Monolithen (12) und
- Entfernen des Beschichtungsmaterials (3) des Heizelements.

55

2. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das elektrische Heizelement ausgebildet ist als Heizdraht und/oder Heizdraht mit variablem Durchmesser und/oder Heizdraht mit variabler geometrischer Struktur und/oder mehrere unterschiedliche Heizdrähte und/oder Heizgitter und/oder Heizgitterstrukturen.
3. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Heizelement homogen oder inhomogen oder abschnittsweise homogen und abschnittsweise inhomogen ausgebildet angeordnet und/oder ausgeformt ist.
4. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Heizelement aus drei Abschnitten ausgebildet wird, nämlich
- einem ersten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gaseinströmseite ausgebildet wird,
 - einem Kanalabschnitt, der innerhalb des Monolithen ausgebildet wird
 - und
 - einem zweiten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gasauströmseite ausgebildet wird.
5. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Herstellung des Monolithen (12) mittels einer Gussform (5) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist:
- Einsetzen des geformten und beschichteten Heizelementes in die Gussform (5);
 - Auffüllen der Gussform (5) mit entfernbarem Füllmaterial (7) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Aushärten des entfernbaren Füllmaterials (7);
 - Aufgießen der Gussform (5), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes unvergossen bleibt, mit einem Material, welches aushärtbar ist und bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist, und einen hohen elektrischen Widerstand und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist
 - und
 - Entfernen des entfernbaren Füllmaterials (7) und Brennen des temperaturbeständigen Mate-

rials (9).

6. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Herstellung des Monolithen (12) in einer Pressform (6) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist:
- Einsetzen des geformten und beschichteten Heizelementes in eine Pressform (6);
 - Auffüllen der Pressform (6) mit einem Drucktransfermaterial (8) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Auffüllen der Pressform (6), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten Heizelementes unverfüllt bleibt, mit einem Sintermaterial (10), welches einen Grünling ausbildet, bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist und einen hohen elektrischen Widerstand und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist;
 - Auffüllen des zweiten Verbindungsabschnittes des beschichteten Heizelementes mit einem Drucktransfermaterial (8);
 - Verpressen der gesamten Schüttungen inklusive des eingelegten beschichteten Heizelements;
 - Entfernen des Drucktransfermaterial (8);
 - und
 - Sintern des temperaturbeständigen Sintermaterials (10).
7. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Entfernen der Beschichtung (3) des Heizelementes durch Ausschmelzen und/oder Ausbrennen und/oder chemisches Entfernen erfolgt.
8. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schritte
- des Entfernen der Beschichtung (3) des Heizelementes
 - und / oder
 - des Entfernen des entfernaren Füllmaterials (7)
 - und / oder
 - das Brennen bzw. Sintern des temperaturbeständigen Materials (9, 10) in einem Verfahrensschritt erfolgt.
9. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

das wenigstens eine Beschichtungsmaterial (3) derart gewählt wird, dass es eine geringere Schmelztemperatur und einen geringeren Flammpunkt als das temperaturbeständige Material (9, 10) aufweist.

10. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Formen des Heizelementes in Form eines Heizdrahtes durch Biegen und/oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen und/oder durch Falten zu Heizdrahtpaketen erfolgt. 5
11. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement ausgebildet als Heizdraht als ein einzelner durchgehender Heizdraht ausgebildet wird. 10
12. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als das wenigstens eine Material des Beschichtungsmaterials (3) Wachs und / oder Kunststoff und/oder Gel und/oder Lacke verwendet wird. 15
13. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial (3) wenigstens eine Schicht aus einem viskosen oder pastösen Trennmittel und wenigstens eine Schicht aus einem nicht viskosen Material umfasst. 20
14. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial (3) bezüglich seiner Dicke auf dem Heizelement wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt ausgebildet wird. 25
15. Gaserhitzer-Heizelement, hergestellt nach einem der vorangegangenen Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, aufweisend: 30
 - einen Monolithen / monolithischen Körper (12) mit einer Trag- und Kanalstruktur (11), wobei die Trag- und Kanalstruktur (11) in einem Monolithenherstellungsprozess ausgebildet und nicht-nachträglich eingebracht ist, und 35
 - wenigstens ein durchgängiges Heizelement geführt durch die Trag- und Kanalstruktur (11) in dem Monolithen (12). 40

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzer-Heizelement (1) wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen (12) aufweist, in dem Monolithen (12) eine Trag- und Kanalstruktur (11) mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das elektrische Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur (11) geführt ist und von dem elektrischen Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte: 45
 - Formen des elektrischen Heizelements;
 - wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des elektrischen Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial (3);
 - Einbringen des beschichteten elektrischen Heizelements in eine Form (5, 6) zur Monolith-Herstellung;
 - Herstellen des das beschichtete elektrische Heizelement umgebenden Monolithen (12) und
 - Entfernen des Beschichtungsmaterials (3) des elektrischen Heizelements.
2. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement ausgebildet ist als Heizdraht und/oder Heizdraht mit variablem Durchmesser und/oder Heizdraht mit variabler geometrischer Struktur und/oder mehrere unterschiedliche Heizdrähte und/oder Heizgitter und/oder Heizgitterstrukturen. 50
3. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement homogen oder inhomogen oder abschnittsweise homogen und abschnittsweise inhomogen ausgebildet angeordnet und/oder ausgeformt ist. 55
4. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement aus drei Abschnitten ausgebildet wird, nämlich
 - einem ersten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gaseinströmseite ausgebildet wird,
 - einem Kanalabschnitt, der innerhalb des Monolithen ausgebildet wird

- und
- einem zweiten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gasausströmseite ausgebildet wird.
- 5
5. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Herstellung des Monolithen (12) mittels einer Gussform (5) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist:
- 10
- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in die Gussform (5);
 - Auffüllen der Gussform (5) mit entfernbarem Füllmaterial (7) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Aushärten des entfernbaren Füllmaterials (7);
 - Aufgießen der Gussform (5), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unvergossen bleibt, mit einem Material, welches aushärtbar ist und bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist, und einen hohen elektrischen Widerstand und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist und
 - Entfernen des entfernbaren Füllmaterials (7) und Brennen des temperaturbeständigen Materials (9).
- 20
- 25
- 30
6. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Herstellung des Monolithen (12) in einer Pressform (6) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist:
- 35
- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in eine Pressform (6);
 - Auffüllen der Pressform (6) mit einem Drucktransfermaterial (8) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Auffüllen der Pressform (6), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unverfüllt bleibt, mit einem Sintermaterial (10), welches einen Grünling ausbildet, bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist und einen hohen elektrischen Widerstand und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist;
 - Auffüllen des zweiten Verbindungsabschnittes des beschichteten elektrischen Heizelementes mit einem Drucktransfermaterial (8);
 - Verpressen der gesamten Schüttungen inklusive des eingelegten beschichteten elektrischen Heizelements;
- 40
- 45
- 50
- 55
- Entfernen des Drucktransfermaterial (8);
und
- Sintern des temperaturbeständigen Sintermaterials (10).
7. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Entfernen der Beschichtung (3) des elektrischen Heizelementes durch Ausschmelzen und/oder Ausbrennen und/oder chemisches Entfernen erfolgt.
8. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schritte
- des Entfernens der Beschichtung (3) des elektrischen Heizelementes und / oder
 - des Entfernens des entfernbaren Füllmaterials (7)
und / oder
 - das Brennen bzw. Sintern des temperaturbeständigen Materials (9, 10) in einem Verfahrensschritt erfolgt.
9. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das wenigstens eine Beschichtungsmaterial (3) derart gewählt wird, dass es eine geringere Schmelztemperatur und einen geringeren Flammpunkt als das temperaturbeständige Material (9, 10) aufweist.
10. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Formen des elektrischen Heizelementes in Form eines Heizdrahtes durch Biegen und/oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen und/oder durch Falten zu Heizdrahtpaketen erfolgt.
11. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das elektrische Heizelement ausgebildet als Heizdraht als ein einzelner durchgehender Heizdraht ausgebildet wird.
12. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
als das wenigstens eine Material des Beschichtungsmaterials (3) Wachs und / oder Kunststoff und/oder Gel und/oder Lacke verwendet wird.
13. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Beschichtungsmaterial (3) wenigstens eine Schicht aus einem viskosen oder pastösen Trennmittel und wenigstens eine Schicht aus einem nicht viskosen Material umfasst.

5

14. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Beschichtungsmaterial (3) bezüglich seiner Dicke auf dem elektrischen Heizelement wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt ausgebildet wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Abb. 1

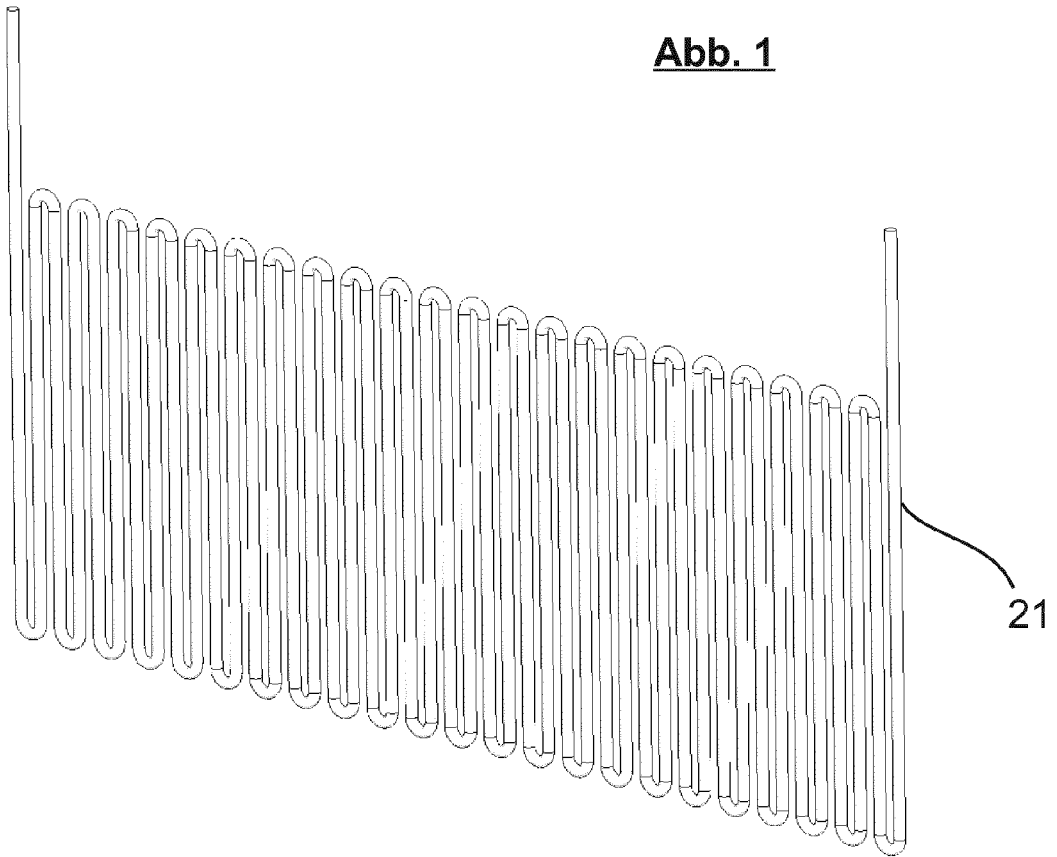


Abb. 2

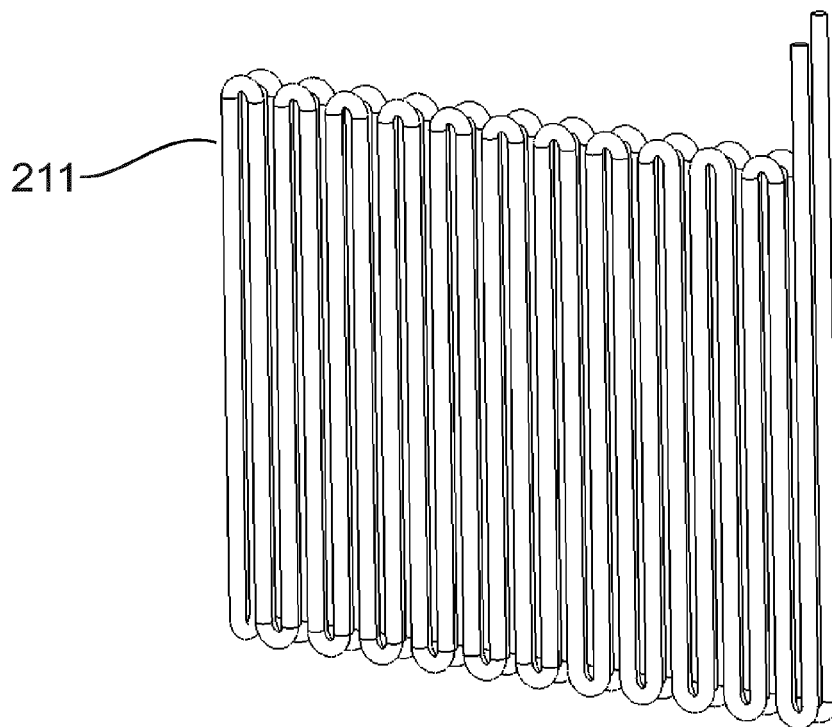


Abb. 3

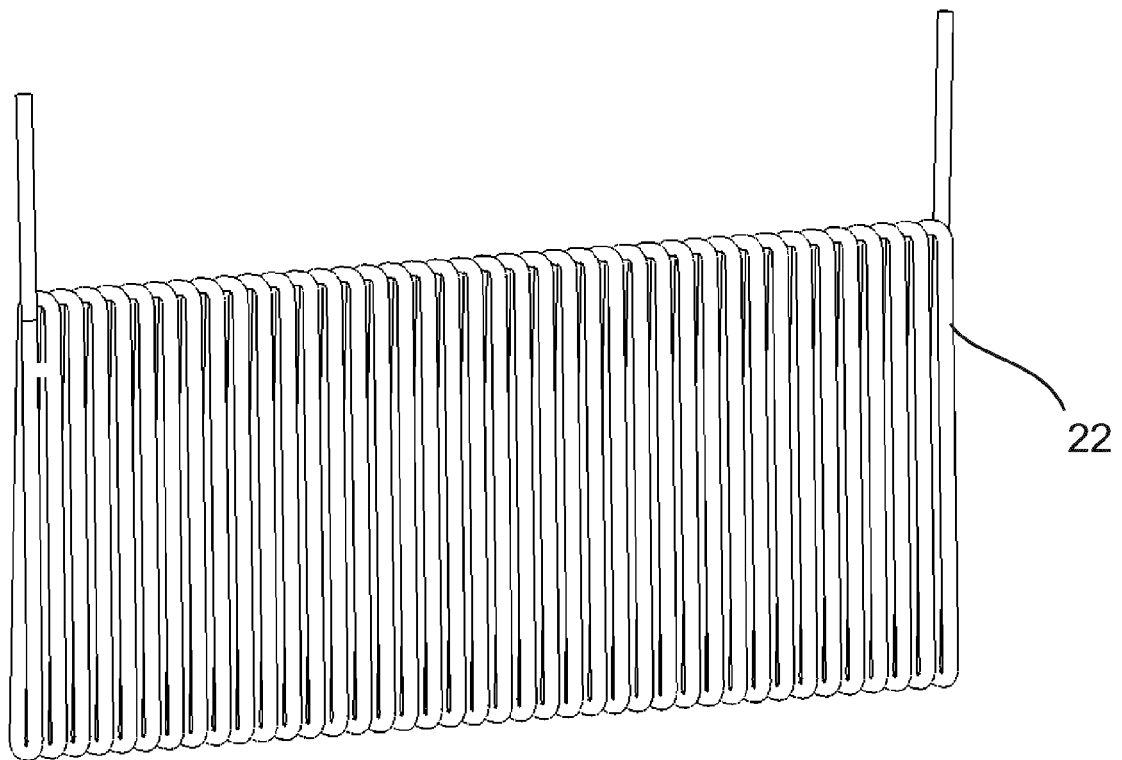


Abb. 4

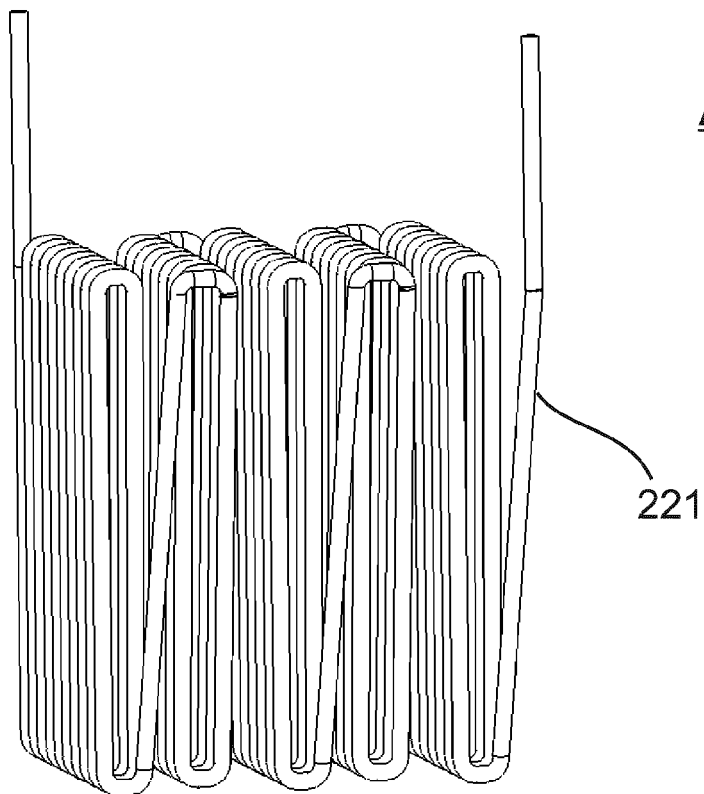


Abb. 5

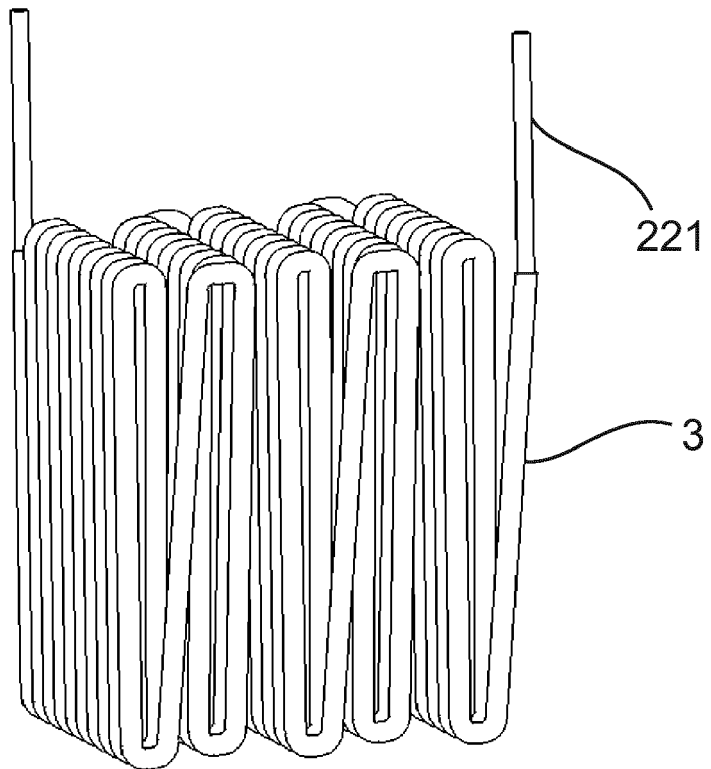


Abb. 6

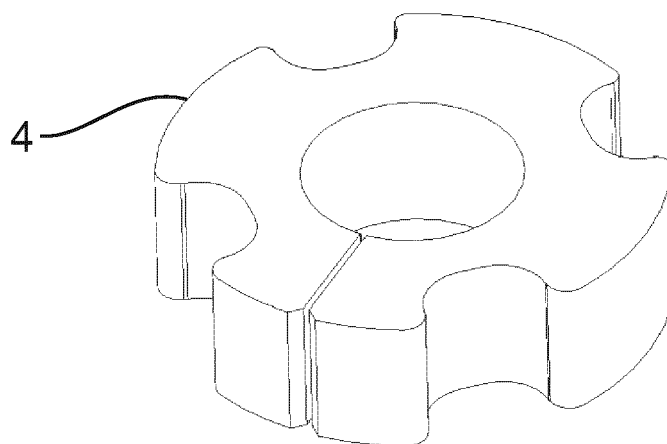


Abb. 7

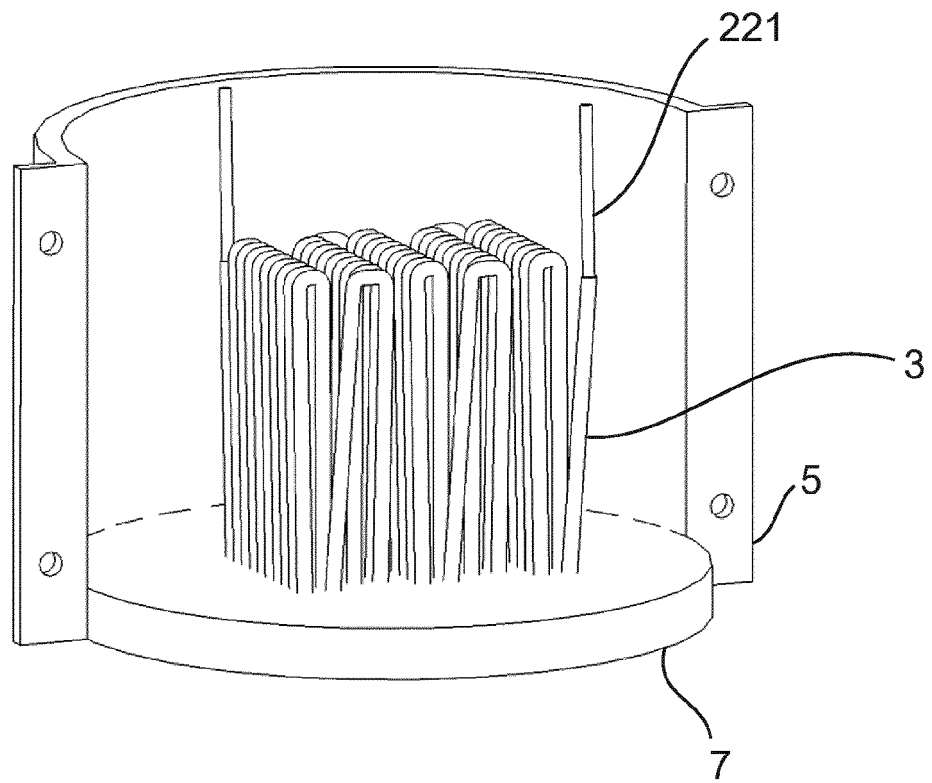


Abb. 8

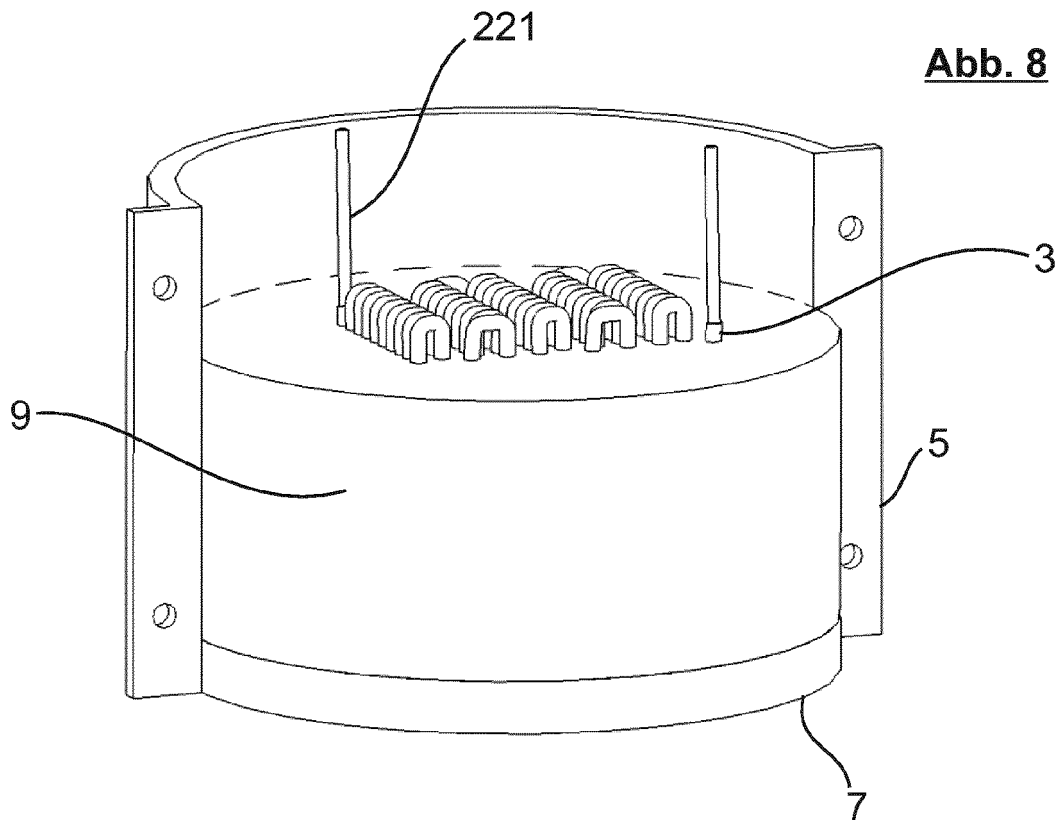


Abb. 9

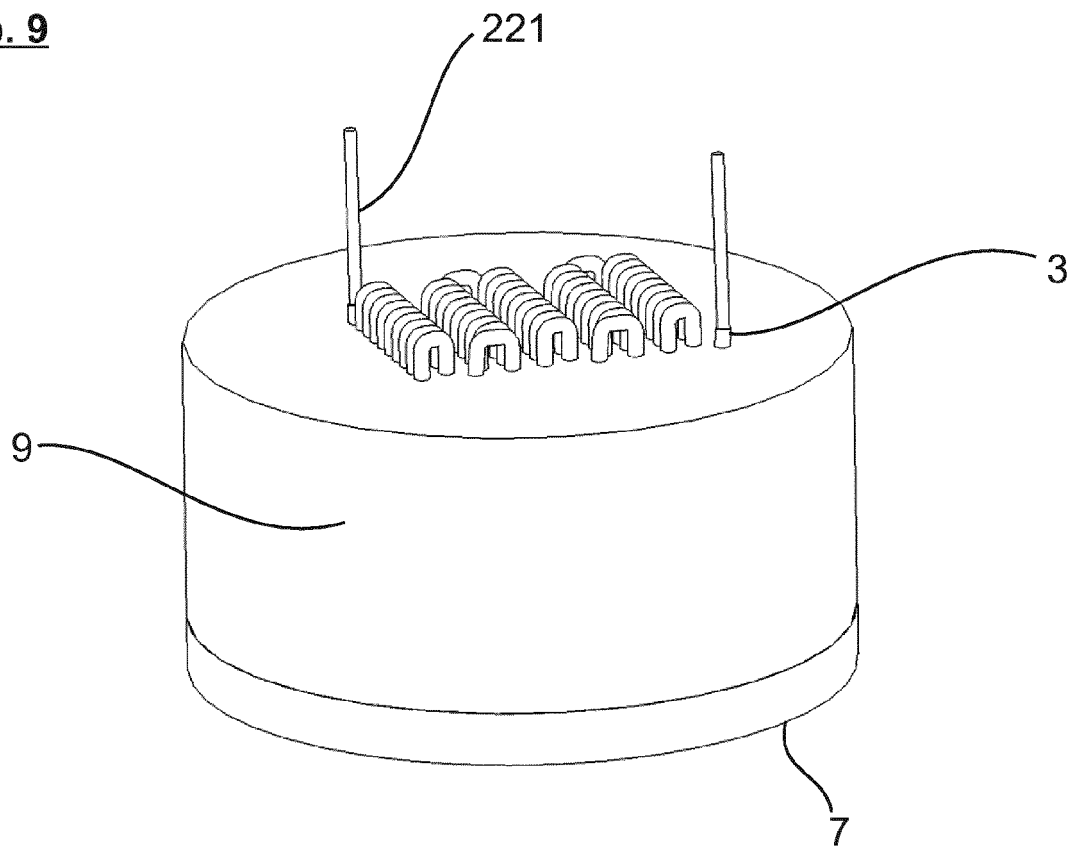


Abb. 10

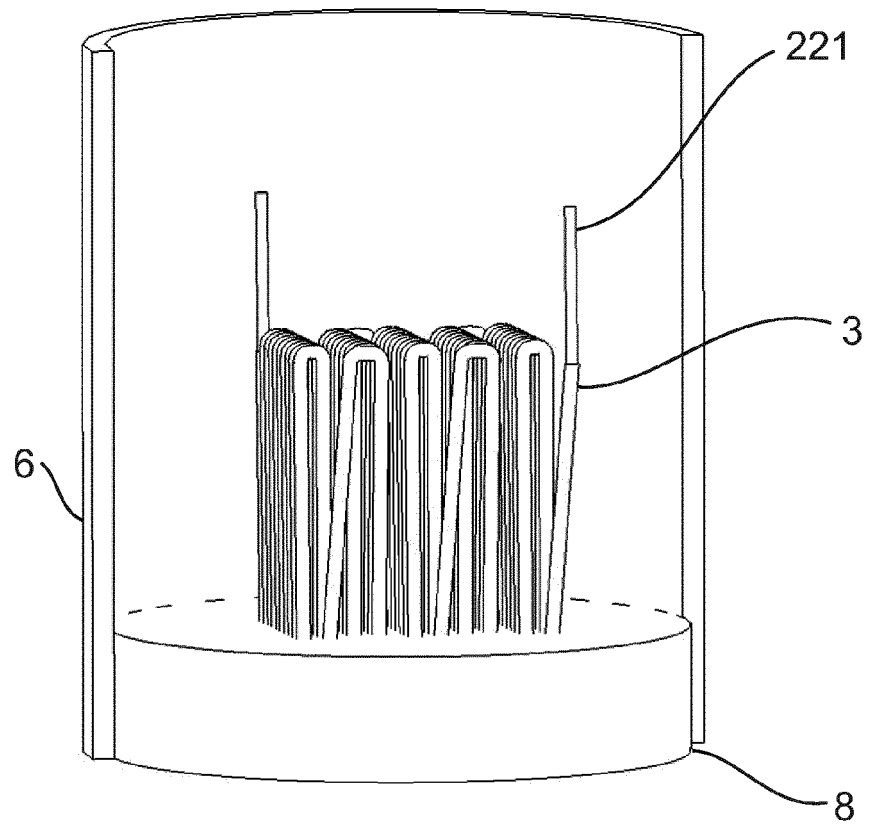


Abb. 11

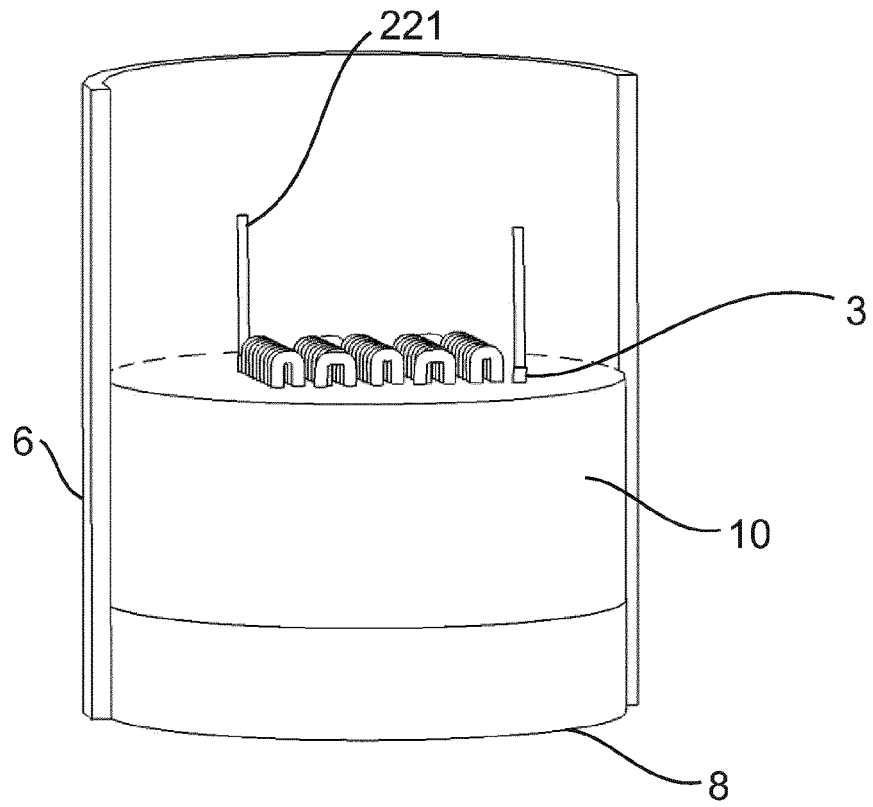


Abb. 12

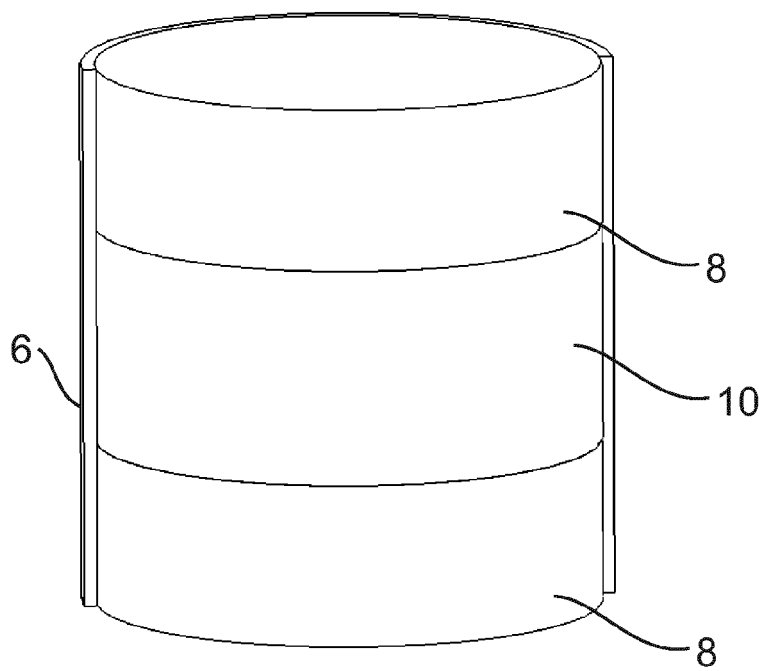


Abb. 13

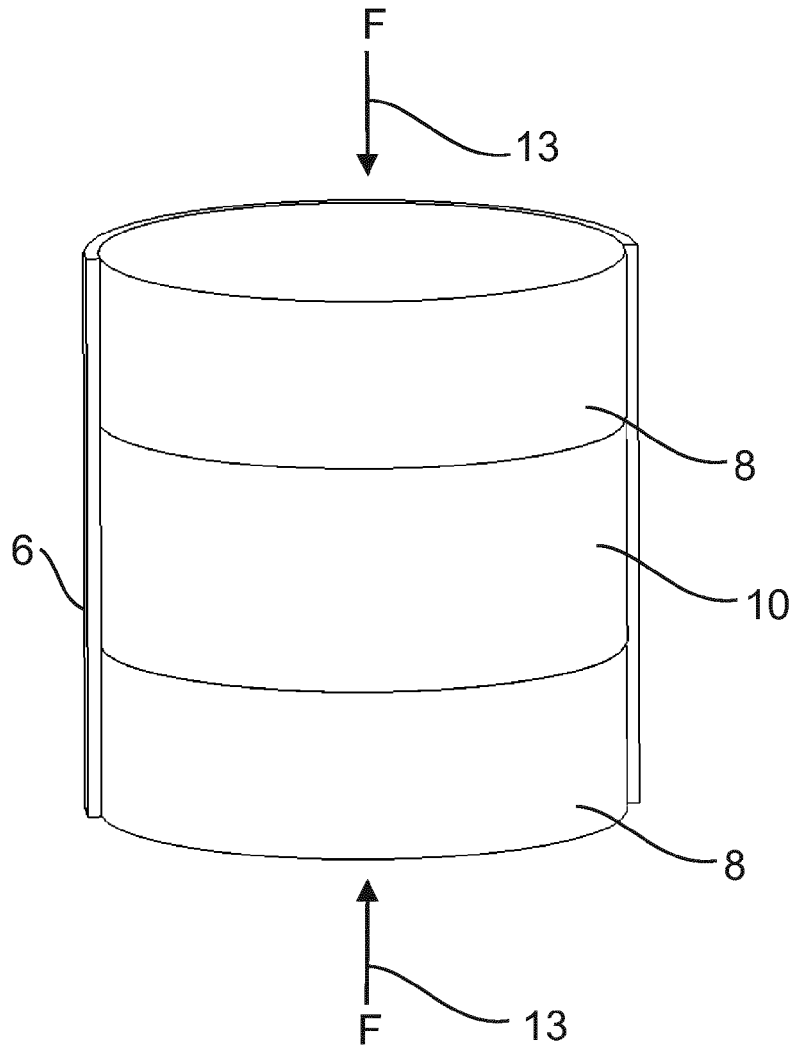


Abb. 14

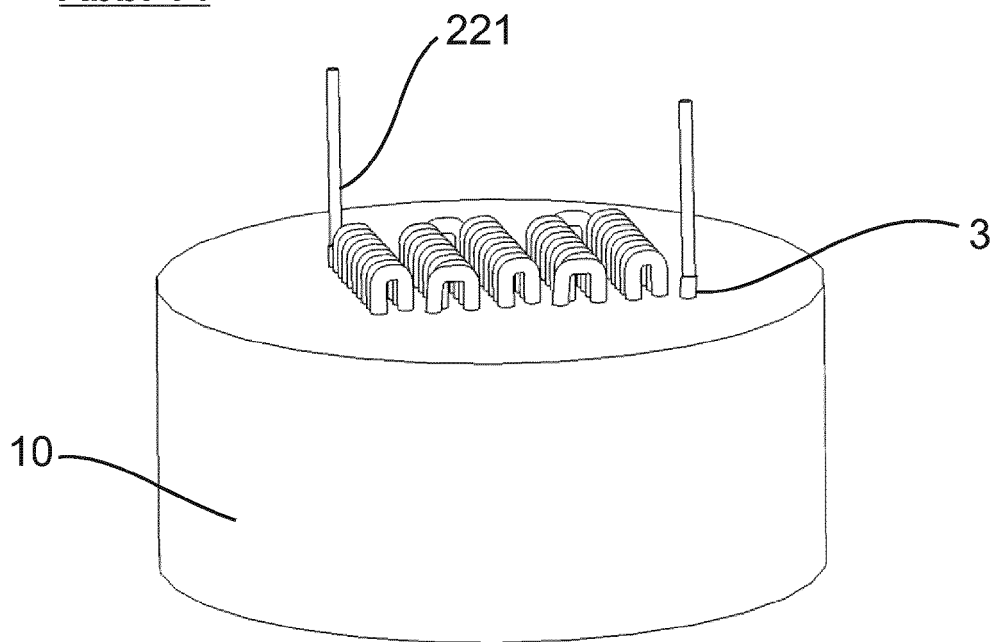


Abb. 15a

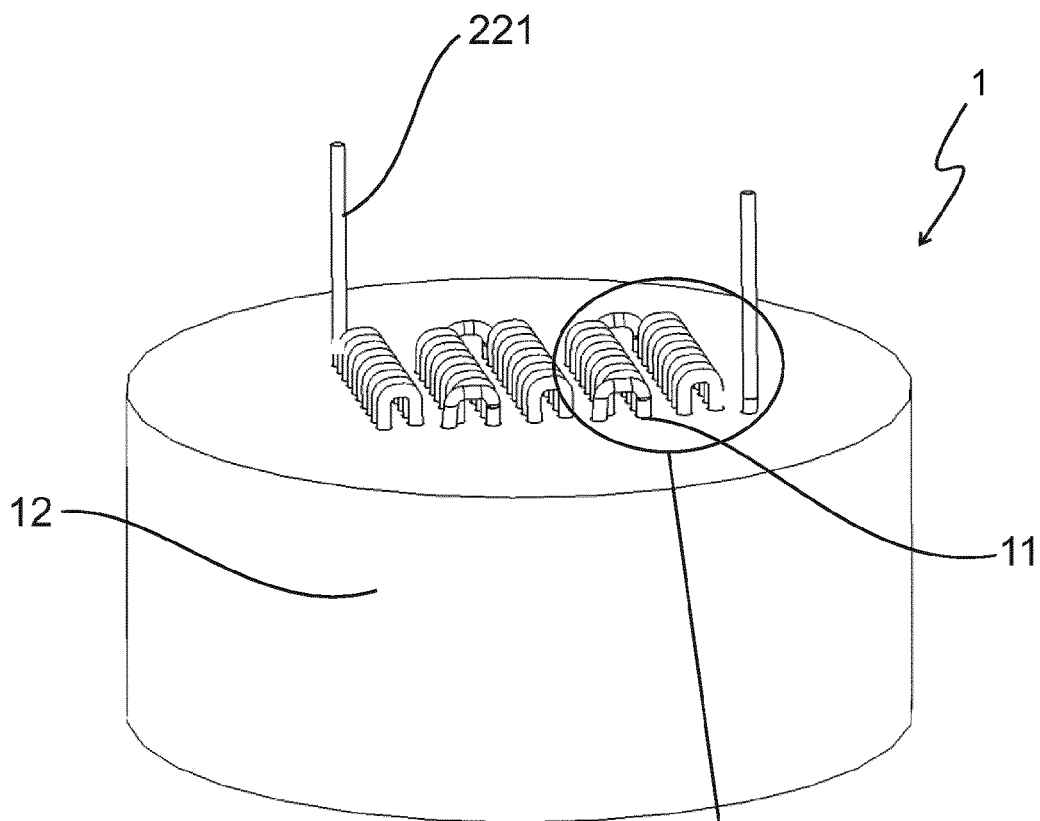


Abb. 15b

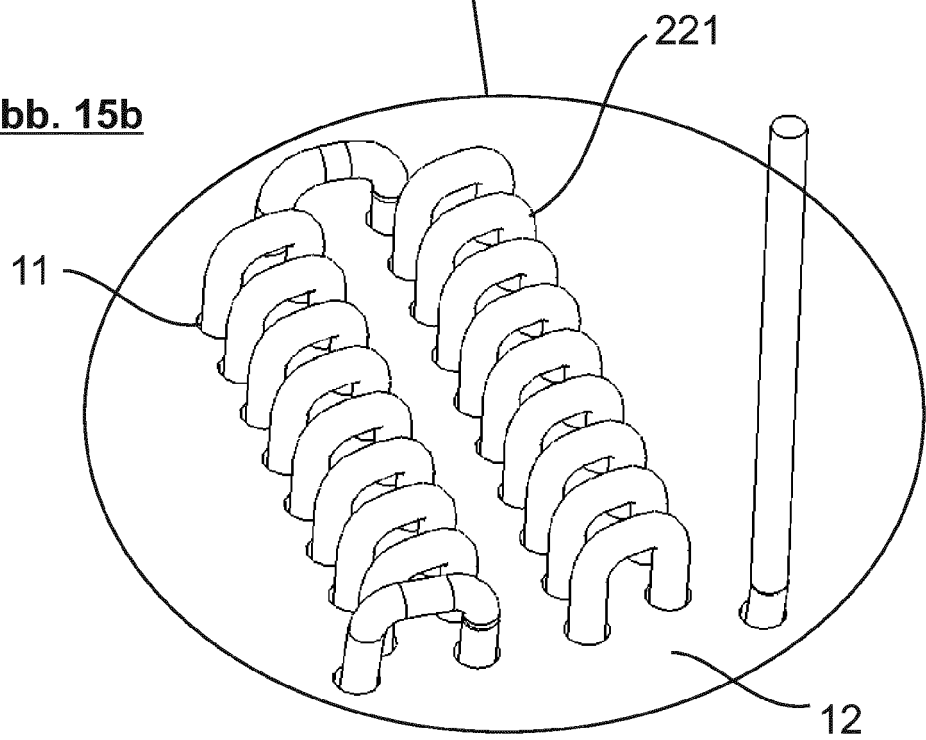


Abb. 16a

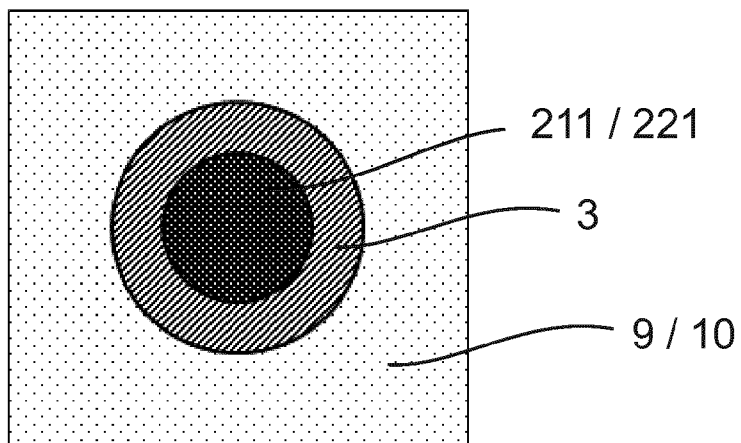


Abb. 16b

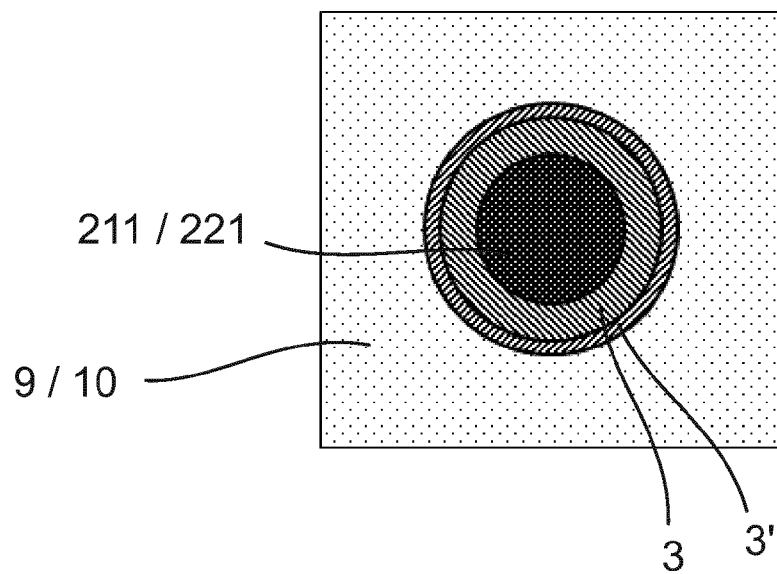
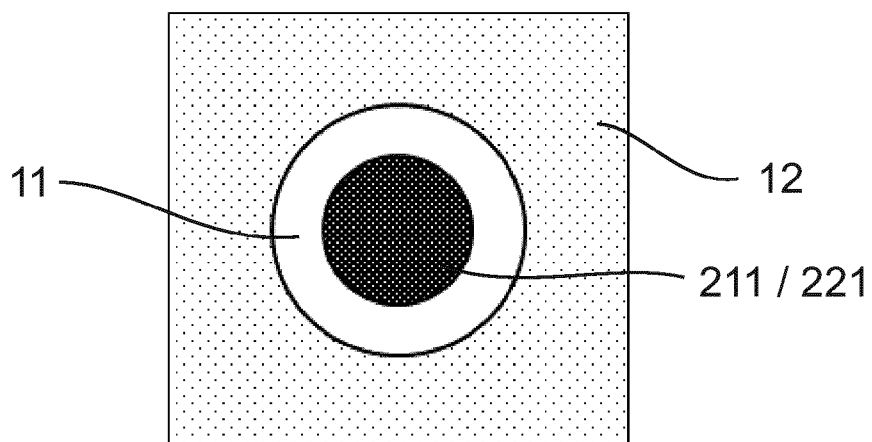


Abb. 16c





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 15 9612

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2016/273801 A1 (KAPILA NIVEDITA [US] ET AL) 22. September 2016 (2016-09-22)	15	INV. H05B3/42
A	* Absatz [0001] * * Absatz [0022] * * Absatz [0026] * * Absatz [0037] - Absatz [0039]; Abbildungen 1-2 *	1-14	

X	DE 10 2014 102474 A1 (SANDVIK MAT TECH DEUTSCHLAND [DE]) 27. August 2015 (2015-08-27)	15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	* Absatz [0001] * * Absatz [0039]; Abbildung 1 * * Absatz [0044]; Abbildung 5 *	1-14	

X	GB 499 074 A (WALTER SCHOTTKY) 18. Januar 1939 (1939-01-18)	15	H05B F24H
A	* Seite 1, Zeile 103 - Seite 2, Zeile 4 * * Seite 2, Zeile 89 - Zeile 95; Abbildungen 1-4 * * Ansprüche 1-3 *	1-14	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Juli 2020	Prüfer Barzic, Florent
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 15 9612

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-07-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2016273801 A1	22-09-2016	KEINE	
15	DE 102014102474 A1	27-08-2015	CA 2936372 A1	02-09-2015
			CN 105874878 A	17-08-2016
			CN 108489087 A	04-09-2018
			DE 102014102474 A1	27-08-2015
			DK 2926623 T3	26-09-2016
20			EP 2926623 A1	07-10-2015
			ES 2586472 T3	14-10-2016
			JP 6194115 B2	06-09-2017
			JP 2017510021 A	06-04-2017
			JP 2018041722 A	15-03-2018
			KR 20160085921 A	18-07-2016
25			KR 20170054576 A	17-05-2017
			PL 2926623 T3	31-08-2017
			RU 2016123605 A	20-12-2017
			US 2017094725 A1	30-03-2017
			US 2018098385 A1	05-04-2018
30			WO 2015128183 A1	03-09-2015
	GB 499074 A	18-01-1939	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 2926623 B2 [0004] [0005] [0007] [0008] [0010] [0011]
- DE 10142768 A1 [0012]
- DE 2451175 A1 [0014]
- EP 1191002 A1 [0016]