

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 672 958 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(51) Int Cl.:
H05B 3/06 (2006.01) H05B 3/44 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05027516.3**

(22) Anmeldetag: **15.12.2005**

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

(30) Priorität: **15.12.2004 DE 102004060382**

(71) Anmelder: **Bleckmann GmbH & Co. KG
5112 Lamprechtshausen (AT)**

(72) Erfinder:
• **Wallinger, Martin
5441 Abtenau (AT)**
• **Pleschinger, Andreas
5102 Anthering (AT)**

(74) Vertreter: **Fritsche, Rainer
Eisenführ, Speiser & Partner
Postfach 31 02 60
80102 München (DE)**

(54) **Dickschicht-Rohr-Heizung**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heizvorrichtung zum Erhitzen eines flüssigen Mediums sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Heizvorrichtung. Die elektrische Heizvorrichtung weist einen Grundkörper, der in einem Heizbereich mit einer Vielzahl von Strömungsöffnungen versehen sein kann und in einer Weiterbildung ein wenigstens im Bereich eines ersten Endes verschlossenes Rohr ist. Wenigstens auf einer Fläche des Grundkörpers sind Funktionsschichten der Heizvorrichtung angeordnet, wobei wenigstens eine Heizleiterbahn in Form einer strukturierten thermisch gespritzten Widerstands-Heizleiterschicht zum Umwan-

deln elektrischer Energie in Wärme mit wenigstens zwei elektrischen Anschlüssen, die in einem Anschlussbereich ausgeführt und kontaktierbar sind, vorgesehen ist und sich zwischen der Heizleiterschicht und dem Grundkörper eine thermisch gespritzte Dielektrikumsschicht befindet. Dabei sind wenigstens im Heizbereich Poren der Widerstands-Heizleiterschicht und der Dielektrikumsschicht gegenüber dem Medium versiegelt und die Widerstands-Heizleiterschicht gegenüber dem Medium elektrisch isoliert, insbesondere weist die mit dem zu erheizenden flüssigen Medium im Betrieb in Kontakt stehende Oberfläche Antihafteigenschaften auf.

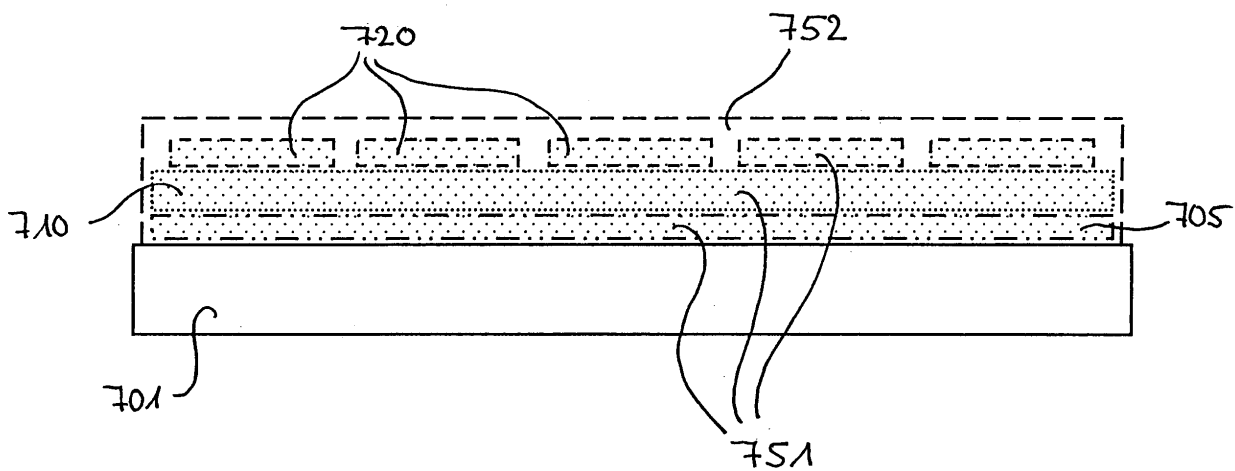


Fig. 7e

EP 1 672 958 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet elektrischer Heizvorrichtungen, nämlich Heizvorrichtungen zum Erwärmen von flüssigen oder gasförmigen Medien, insbesondere eine Dickschicht-Rohr-Heizung gem. Anspruch 1 und ein Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 12 für eine solche Dickschicht-Rohr-Heizung.

[0002] In elektrischen Haushaltsgeräten, insbesondere in solchen zum Waschen und Trocknen von Wäschestücken bzw. Geschirr, werden zum Erhitzen des Reinigungswassers elektrische Heizvorrichtungen verwendet. Bei der Entwicklung dieser Haushaltsgeräte wird angestrebt, einerseits den elektrischen Energiebedarf der Geräte zu senken, im Falle von Waschmaschinen beispielsweise durch Reduzierung der Wassermenge, andererseits sollen die Herstellkosten gering gehalten werden, dennoch aber eine niedrige Ausfallrate der Geräte während ihres Lebenszyklus gewährleistet werden. Schließlich ist eine kompakte Bauweise der Heizvorrichtung selbst wünschenswert, wobei zum einen eine Bauform mit möglichst geringem Raumbedarf bei geforderter Wärmeleistung und zum anderen die elektrischen Anschlüsse der Heizvorrichtung auf Grund ihrer Empfindlichkeit gegenüber Beschädigungen besonders berücksichtigt werden sollen.

[0003] Einen weiteren Aspekt stellen die modernen Waschmittel da, die nicht nur "waschaktive Substanzen" enthalten, wie Seife, anionische und nicht ionische Tenside. Den größeren Anteil machen Hilfsstoffe zur Wasserenthärtung, beispielsweise Zeolithe, Schaumregulatoren, Bleichmittel und Füllstoffe aus. In fast allen Waschmitteln sind Enzyme enthalten, so unterstützen Proteasen, Lipasen und Amylasen die Schmutzentfernung, Cellulasen spalten Zellulose-Ketten, und dienen der Entfernung abgespaltener Fasern aus zu reinigendem Gewebe. Daher sind die mit dem zu erhitzenden Medium in Kontakt stehende Außenfläche der Heizelemente neben den thermischen auch starken chemischen Belastungen ausgesetzt. Somit sollte diese Außenfläche entsprechende Materialeigenschaften besitzen. Hier wurden in der Vergangenheit zahlreiche Versuche mit Antihaf-Schutzschichten wie beispielsweise Teflon, Thermoplasten, Duroplasten oder Polypropylen unternommen, die jedoch zu keinen guten Ergebnissen geführt haben. So kann eine Teflonbeschichtung nicht wirksam den Ansatz von Kalk verhindern.

[0004] Für den Einsatz in Wäschewaschmaschinen ist daher eine Stabilität gegenüber Laugen mit einem PH-Wert größer als 7 bis zu einem PH-Wert von 10 (leicht alkalisch), bei gleichzeitiger chemischer Resistenz gegenüber Oxidations- bzw. Bleichmitteln wie z. B. Wasserstoffperoxid oder Chlorbleichen notwendig. Für den Einsatz in Geschirrspülmaschinen sollte die chemische Beständigkeit hinsichtlich des PH-Wertes der eingesetzten Waschlösungen von einem PH-Wert von 5 bis 10 reichen, da die eingesetzten Spülmittel, insbesondere durch die Verwendung von Säuren in Klarspülern, den

PH-Wert auch in den sauren Bereich verschieben können.

[0005] Die Fig. 1 zeigt beispielhaft ein Heizmodul 100 mit einem Rohrheizelement 110 des Standes der Technik, wie es zurzeit in den eingangs genannten elektrischen Haushaltsgeräten eingesetzt wird. Das Rohrheizelement 110 besteht prinzipiell aus einem korrosionsbeständigen Rohr 111 mit zwei Enden 112, 114, in dem im Inneren 116 ein in ein Isolationsmaterial z. B. Magnesiumoxid - als Füllstoff und zur elektrischen Isolierung - eingebetteter hochohmiger Heizdraht, d. h. der Heizleiter, enthalten sind. Dabei dient das Rohr 111 im Wesentlichen zum Schutz dieses elektrisch isolierenden Füllstoffes und des Heizleiters gegenüber dem zu erhitzen und zur Wärmeabgabe an das zu erhitzende Medium. Der Heizleiter ist von außen über elektrische Anschlüsse 122, 124 an den jeweiligen Rohrenden 112, 124 kontaktierbar, wobei mittels Dichtungen 132, 134 die elektrischen Anschlüsse 122, 124 gegenüber dem Rohr 111 isoliert und das Rohr nach außen hin abgedichtet ist.

[0006] Nachteilig bei Rohrheizelementen des Standes der Technik ist, dass bei deren Herstellung sehr viele Fertigungsschritte benötigt werden. Auch ist die Anordnung aus dem Heizleiter, dem Füllstoff, mit dem der Heizleiter gegenüber dem (Schutz-)Rohr isoliert und gesichert wird, thermisch nicht optimal, da verhältnismäßig große thermische Massen aufzuheizen sind; dies zeigt sich insbesondere bei der thermischen Reaktionszeit solcher Rohrheizelemente. Auch ist es bei den vorstehend beschriebenen Rohrheizelementen nicht möglich einen Temperaturfühler zur Erfassung der Temperatur des zu erhitzenden Mediums in das Rohrheizelement zu integrieren. Schließlich wird aufgrund der Bauweise des bekannten Heizmoduls sehr viel Volumen des zu erhitzenden Mediums verdrängt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Heizvorrichtung bereitzustellen, die eine schnelle Wärmeabgabe an das zu erhitzende Medium mit einem hohen Wirkungsgrad ermöglicht, wobei die Heizvorrichtung bei gleicher Heizleistung möglichst weniger Volumen des zu erhitzenden Mediums als ein herkömmliches Rohrheizelement verdrängen soll.

[0008] Die vorstehende Aufgabe wird durch eine Heizvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. In den sich daran anschließenden Ansprüchen 2 bis 11 finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen hierzu.

[0009] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung ein Herstellungsverfahren für eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung vorzuschlagen, das eine einfache und kürzere Fertigung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung ermöglicht.

[0010] Die vorstehende Aufgabe wird hinsichtlich der Fertigung durch ein Herstellungsverfahren gemäß dem Anspruch 12 gelöst. In den sich daran anschließenden Ansprüchen 13 bis 15 finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen hierzu.

[0011] Die elektrische Heizvorrichtung zum Erhitzen eines flüssigen Mediums weist einen Grundkörper bzw.

Grundträger, auch Substrat genannt, auf. Als Grundkörper sind prinzipiell alle denkbaren geometrischen Formen, je nach Anwendungsbedarf denkbar. Wenigstens auf einer Fläche des Grundkörpers ist in einem Heizbereich der Heizvorrichtung wenigstens eine Heizleiterbahn in Form einer strukturierten Widerstands-Heizleiterschicht angeordneten, die der Umwandeln elektrischer Energie in Wärme dienst und wenigstens zwei elektrischen Anschlüssen besitzt, die in einem Anschlussbereich der Heizvorrichtung ausgeführt und kontaktierbar sind. Zwischen dem Grundkörper und der Heizleiterschicht ist eine Dielektrikumsschicht angeordnet. Wenigstens eine Abdeckschicht isoliert die Heizleiterbahn gegenüber dem Medium elektrisch, wobei die Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich derart beschichtet ist, dass offen Poren in der Heizleiterschicht und in der Dielektrikumsschicht gegenüber dem Medium versiegelt sind, d.h. ein Eindringen oder Eindiffundieren des flüssigen Mediums in die Dielektrikumsschicht bzw. Heizleiterschicht wird verhindert. Weiter besitzt die Oberfläche der Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich gegenüber dem Medium Antihaf- bzw. Anti-Soiling-Eigenschaften.

[0012] In einer Ausführungsform der elektrische Heizvorrichtung ist der Grundkörper ein wenigstens im Bereich eines ersten Rohrendes verschlossenes Rohr, also ein rohrförmigen Grundkörper. Dabei besitzt dieser rohrförmige Grundkörper einen mit dem zu erhitzenden Medium in Kontakt bringbaren Heizbereich, der in einer Weiterbildung mit einer Vielzahl von Strömungsöffnungen versehen ist. Auf einer Innenfläche oder einer Außenfläche des rohrförmigen Grundkörpers sind dann die Funktionsschichten, nämlich die Dielektrikumsschicht, die wenigstens eine Heizleiterbahn in Form der strukturierten Widerstands-Heizleiterschicht und die Abdeckschicht vorgesehen.

[0013] Die Ausführung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung mit einem offenen Rohrende an dem Teil des Grundkörpers mit dem Heizbereich bietet beispielsweise die Möglichkeit dort eine Pumpe anzuschließen, mit der die Zirkulation des zu erhitzenden Mediums entlang der Innenfläche zusätzlich durch Zufuhr bzw. durch Absaugen gesteigert werden kann. Dies ist bei den eingangs beschriebenen Rohrheizkörpern nicht möglich. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass es auch möglich ist, den rohrförmigen Grundkörper an beiden Rohrenden zu verschließen.

[0014] Grundsätzlich können Strömungsöffnungen im Grundkörper alle denkbar möglichen Formen aufweisen, bevorzugt sind sie jedoch als Rundlöcher bzw. Langlöcher ausgeführt. Besonders bevorzugt sind bei der Ausführung mit dem rohrförmigen Grundkörper die Strömungsöffnungen in regelmäßigem Abstand über den gesamten Heizbereich verteilt vorgesehen. Aufgrund dieser Strömungsöffnungen steht dann die Heizvorrichtung im Heizbereich bei erfindungsgemäßer Verwendung - bis auf den Anschlussbereich - vollständig mit der gesamten Oberfläche, d. h. der Innenfläche und der Außenfläche

des rohrförmigen Grundkörpers, mit dem zu erhitzenden flüssigen Medium in direktem Kontakt, d.h. der Heizbereich ist in das Medium ein- bzw. untergetaucht (immersed); dies ist im Anschlussbereich nur für die Innenfläche der Fall. Dadurch wird eine schnellere Wärmeabgabe an das Medium erzielt, auch ist der Wirkungsgrad der Heizvorrichtung gegenüber den herkömmlichen Rohrheizkörpern weiter verbessert. Insbesondere werden durch die gute Wärmeabgabe über den gesamten Heizbereich in der Heizvorrichtung Materialspannungen aufgrund der thermischen Ausdehnung der einzelnen Materialien deutlich reduziert bzw. vermieden.

[0015] Durch die Ausführung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung ohne einen homogenen geschlossenen Mantel wie bei dem oben beschriebenen herkömmlichen Rohrheizkörper vereinfacht sich auch die Herstellung wesentlich. Weitere Vorteile sind zusätzlich die Materialeinsparung durch beispielsweise den Wegfall des Füllstoffes und die damit verbundene Gewichtsreduzierung, aber auch die deutlich schnellere thermische Reaktionszeit aufgrund der deutlich reduzierten thermischen Massen. Darüber hinaus kann ohne großen Aufwand im Betrieb ein "trockener" Anschlussbereich sichergestellt werden.

[0016] Hinsichtlich der Heizleiterschicht ist zu vermerken, dass hierfür gute Ergebnisse mit Metall, Metalllegierung, z.B. Kanthal oder Nikrothal, aber auch mit Keramik-Metall-Verbundstoffen, sog. Composites, erzielt wurden. Dabei eignen sich besonders thermisch gespritzte bzw. kaltgasgespritzte Metalle bzw. Metalllegierungen.

[0017] Alternativ hat sich eine Auftragung der Heizleiterschicht im Sol-Gel-Schichtverfahren als tauglich erwiesen. Dabei ist ein Sol eine kolloidale Lösung mit sehr kleinen, fein verteilten, freibeweglichen Teilchen, z.B. Graphit, Nickel, Silber. Durch Verdampfen des Lösungsmittels geliert das Sol zum Sol-Gel, dabei nähern sich die Partikel einander an und bilden ein dreidimensionales Netzwerk. Weiteres Erhitzen verstärkt die Quervernetzungen. Nach der Abgekühlung ist das Netzwerk dauerhaft.

[0018] Es ist noch anzumerken, dass bei der Ausführung mit rohrförmigem Grundkörper (abgekürzt: Rohrausführung) sowohl auf der Innenseite als auch auf der Außenseite des Grundkörpers der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung Widerstands-Heizelemente vorgesehen sein können.

[0019] Ein weiterer Vorteil des Aufbaus der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung ist, dass sehr einfach zusätzlich ein oder mehrere elektrische Sensorelemente verschiedenster Funktionen vorgesehen werden können. Ein solches Sensorelement kann isoliert auf einer Fläche des Grundkörpers angeordnet sein, wobei dessen elektrische Anschlüsse vorzugsweise auch im Anschlussbereich angeordnet und kontaktierbar sind. Dabei kann es sich bei dem Sensorelement prinzipiell um unterschiedlichste Sensorarten handeln, die zur Überwachung der Heizvorrichtung bzw. des Heizvorgangs

oder des zu erheizenden Mediums dienen können.

[0020] So kann ein Temperatursensor zur Steuerung und/oder thermischen Überwachung sowie Absicherung des Widerstands-Heizelements dienen. Grundsätzlich besteht aber auch die Möglichkeit, die Funktion der Überwachung des zu erheizenden Mediums und die der thermischen Überwachung sowie Absicherung des Widerstands-Heizelements durch zwei oder mehrere unterschiedliche Sensorelemente vorzunehmen. Hier sei besonders darauf hingewiesen, dass insbesondere für die präzise und zuverlässige Steuerung bzw. Regelung eines Heizelements die Lage eines entsprechenden Temperatursensors entscheidend ist.

[0021] Demnach kann ein Sensorelement ein Temperatursensor sein, der unmittelbar neben oder auf der wenigstens einen Heizleiterbahn und von dieser und gegebenenfalls gegenüber dem Medium elektrisch isoliert und abgedichtet angeordnet ist. Damit ist es bei der Heizvorrichtung gemäß der Erfindung möglich, nahezu ideal eine thermische Überwachung des Heizelements und/oder Erfassung der Mediumtemperatur zu realisieren. So kann der entsprechende Temperatursensor nahezu direkt am jeweils relevanten Messort, d. h. direkt auf oder neben dem Heizleiter bzw. im direkten oder indirekten thermischen Kontakt zum Medium, angeordnet werden. Damit kann vorteilhaft eine thermische Überlastung des Heizelements nahezu ausgeschlossen werden. Dabei ist das Vorsehen des hierzu benötigten Temperatursensors deutlich einfacher zu realisieren, als dies bei einem herkömmlichen Rohrheizkörper überhaupt möglich wäre. Bevorzugt wird der Temperatursensor auf dem Grundkörper im Heizbereich angeordnet, wobei bei der Rohrausführung der Temperatursensor entweder auf der Innenfläche oder auf der Außenfläche angeordnet sein kann. Dies kommt besonders dem Wunsch entgegen, die Temperatur des zu erheizenden Mediums möglichst direkt erfassen zu können. Bei dem eingangs geschilderten herkömmlichen Rohrheizkörper ist dies so nicht möglich.

[0022] Weiter kann ein bzw. ein weiteres Sensorelement ein Sicherungselement zur Absicherung der Heizvorrichtung sein. Ein solches Sicherungselement kann beispielsweise den Heizleiter in einem Fehler- bzw. Störfall, wie zum Beispiel ein Trockenlauf der Heizvorrichtung, unterbrechen. Hierzu ist es bei der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung besonders einfach möglich - bevorzugt im Anschlussbereich - ein solches Sicherungselement in den Heizleiter zu integrieren. Die Absicherung kann dabei in einer thermischen Absicherung aber auch in einer elektrischen Absicherung des Heizelements bestehen. Bei der ersten Variante wird die Temperatur des Heizleiters mittels eines entsprechenden Temperatursensors überwacht und der Heizstrom entsprechend unterbrochen oder geregelt. Bei der elektrischen Absicherung wird der Heizstrom überwacht und bei Überschreiten eines bestimmten Wertes unterbrochen, begrenzt oder abgeregelt. Es ist jedoch auch möglich extern oder im Anschlussbereich der Heizvorrichtung

eine Regelungsschaltung vorzusehen, die den Heizstrom überwacht und entsprechend regelt.

[0023] Besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, dass der Aufbau der Heizvorrichtung die Verwendung von Sensorelementen in Form eines SMD-Bauteils (SMD, surface mounted device) ermöglicht. Diese können nahezu an jeder gewünschten Stelle auf der Heizvorrichtung angeordnet werden, d. h. sowohl im Heizbereich, der als "nasser" Bereich mit dem zu erheizenden Medium in Kontakt steht als auch im Anschlussbereich, der als "trockener" Bereich bei der eingebauten Heizvorrichtung in einem Bottich außerhalb, d. h. vom zu erheizenden Medium abgeschirmt ist.

[0024] Besonders das verschlossene Ende eines rohrförmigen Grundkörpers ermöglicht auch eine zuverlässige Erfassung der Mediumtemperatur sogar direkt im dort angeordneten Anschlussbereich, da die Innenfläche des Grundkörpers hier mit dem Medium im Kontakt steht. Zusätzlich von Vorteil ist es dann, dass ein dort angeordnetes Sensorelement nicht gegenüber dem Medium abgedichtet bzw. isoliert werden muss. Dabei besteht eine vorteilhafte Ausbildung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung mit einem Temperatursensor zu Überwachung bzw. Erfassung der Mediumtemperatur in der Möglichkeit, ein handelsübliches NTC- oder PTC-Element mit einer Hülse, beispielsweise einer Metallhülse aus Chromnickel-Stahl, in dem verschlossenen Ende des rohrförmigen Grundkörpers anzuordnen. Damit kann dieses Rohrende besonders einfach verschlossen werden, indem die Hülse des Temperatursensors als Deckel verwendet wird, die beispielsweise, wenn der rohrförmige Grundkörper und die Hülse aus Metall sind, durch Schweißen materialschlüssig mit dem Grundkörper aus Metall verbunden werden kann. Auch steht der Temperatursensor besonders vorteilhaft mit dem zu erheizenden Medium in direktem Kontakt.

[0025] Es sei noch angemerkt, dass je nach Anforderung als Sensorelemente an den vorstehenden Positionen auch Sensoren für andere physikalische Messgrößen verwendet werden können, wie zum Beispiel ein Drucksensor oder ein Sensor zur Erfassung des PH-Wertes etc.

[0026] Grundsätzlich ist für den Grundkörper, jedes Material mit guten Wärmeleiteigenschaften und gleichzeitig ausreichend hohem Schmelzpunkt bzw. einem kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten geeignet. Bevorzugt wird für den Grundkörper ein austenitischer oder ein ferritischer bzw. Duplex-Edelstahl, aber auch Buntmetalle wie Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Kupferlegierungen sind geeignet. Besonders bevorzugt bietet sich aus Kostenüberlegungen als Grundkörpermaterial unlegierter Stahl, wie zum Beispiel Kaltbandstahl, an. Es sei jedoch angemerkt, dass der Grundkörper auch aus einer Keramik, Glas oder einem Metall-Keramik-Verbundstoff, wie einem Metal Matrix Composit oder Cermet, bestehen kann.

[0027] Insbesondere wenn das Material des Grundkörper selber elektrisch leitfähig ist, ist zur elektrischen

Isolation unmittelbar auf dem Grundkörper eine Dielektrikumsschicht als eine erste Abdeckschicht mit einem thermischen Spritzverfahren. Hierfür haben sich Keramiksichten, vorzugsweise aus Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Chromoxid, Glasfritten wie Borsilikat oder einer Mischung davon, als geeignet herausgestellt. Gleichmaßen ist als erste Abdeckschicht auch eine Emailleschicht oder Glasschicht geeignet. Auch kann die Dielektrikumsschicht mittels dem oben genannten Sol-Gel-Verfahren aufgebracht werden, wobei sich besonders Siliziumoxid-, Titanoxid-, Zirkoniumoxid- und Aluminiumoxid-Sol-Gels als geeignet erwiesen haben.

[0028] Als besonders problematisch hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass bei einer thermisch belasteten spröden Schicht, vor allem wenn mehreren Schichten unterschiedliche Elastizitätseigenschaften (bzw. mit unterschiedlich thermischem Ausdehnungsverhalten) haben, insbesondere bei keramischen oder gläsernen Schichten, Risse auftreten können. Dies ist bei einer Heizvorrichtung, die im Betrieb einen elektrischen Strom führenden Heizleiter besitzt und in ein zu erheizendes meist elektrisch leitfähiges Medium eingetaucht ist, nachteilig, da durch Risse Kurzschlüsse auftreten können. In diesem Zusammenhang hat es sich als vorteilhaft erwiesen, in der Dielektrikumsschicht zwischen den Heizleiterbahnen der Widerstands-Heizleiterschicht Dehnfugen vorzusehen. Durch diese Maßnahme wird besonders einer Rissbildung in den Funktionsschichten, das sind die Dielektrikumsschicht, die Widerstands-Heizleiterschicht und die im Folgenden genannte Abdeckschicht, durch die im Betrieb auftretenden thermischen Belastungen vermindert, insbesondere wird damit neben der guten Wärmeabfuhr durch den vollständigen Kontakt des Grundkörpers mit dem flüssigen Medium sichergestellt, dass die Dielektrikumsschicht und die Abdeckschicht im erfindungsgemäßen Betriebseinsatz sich nicht ablösen bzw. abgesprengt werden.

[0029] Es hat sich herausgestellt, dass die Dielektrikumsschicht und die Widerstands-Heizleiterschicht bei Erzeugung mittels eines thermischen Spritzverfahrens wie atmosphärischen Plasma Spritzens (APS), Hochgeschwindigkeitsflammspritzens (HVOF), Pulverflammspritzens, Lichtbogen- und Kaltgasspritzens oder mittels eines Sol-Gel-Verfahrens besonders gute mechanische Eigenschaften aufweisen. Dies ist vor allem auf die poröse Schichtstruktur der mit den genannten Verfahren erzeugten Schichten zu verdanken, da dabei vorteilhaft eine Kompensation der unterschiedlichen Elastizitätseigenschaften bzw. dem unterschiedlich thermischem Ausdehnungsverhalten erreicht wird.

[0030] Es wurde weiter festgestellt, dass bei vorstehend genannten porösen Schichten im "immersed" Betrieb Wassermoleküle in die Poren eindringen bzw. sich dort einlagern. Dadurch bilden sich in dieser Schicht, die primär zu elektrischen Isolation dient, leitfähige Pfade aus, die zu Kurzschlüssen bzw. höheren Ableitströmen führen können. Daher hat es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, die Poren der Dielektrikumsschicht,

vor allem an den gegebenenfalls vorgesehen Dehnfugen, den gegebenenfalls vorgesehen Strömungsöffnungen sowie wenigstens an den Stirnseiten der Schicht am Rand des Grundkörpers, mit der Abdeckschicht zu versehen, d. h. zu versiegeln. Eine Versiegelung der Widerstands-Heizleiterschicht hat sich dabei zur Vermeidung von Korrosion als vorteilhaft gezeigt. Insgesamt wird vorteilhaft ein Unterwandern dieser Schichten bzw. ein stirnseitiges Eindringen von Flüssigkeiten in die poröse Schichten verhindert.

[0031] Zum Schutz der Heizvorrichtung im Betrieb vor äußeren Einflüssen und zur Abdichtung bzw. Versiegelung und Isolation gegenüber dem Medium ist die Heizvorrichtung daher wenigstens im Heizbereich, d. h. im nassen Bereich, mit einer aufgetragenen mediumsichten und auch elektrisch isolierenden Abdeckschicht versehen. Diese Schicht sollte eine Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von 1 bis 50 W/mK haben.

[0032] Es sei angemerkt, dass diese Abdeckschicht selbstverständlich auch aus mehreren Schichten zusammengesetzt sein kann, von den jeweils eine eine der benötigten Funktionen "elektrisch Isolieren", "gegenüber dem zu erheizenden Medium Abdichten bzw. Versiegeln" und eine "Anti-Soiling-Eigenschaft" besitzt.

[0033] Als besonders geeignet erwiesen haben sich zum Versiegeln der Poren: Nanokompositlacke, wie organische Lacke oder Lacke mit anorganischeorganische Polymermatrix mit eingelagerten anorganischen Partikeln, Siloxane und Silikonöle. Diese Materialien dringen in die Poren der porösen Schichten ein und versiegeln dies gegen das Eindringen des flüssigen zu erheizenden Mediums, wie beispielsweise Wasser.

[0034] Als veredelndes Topcoat bzw. letzte Abdeckschicht wird die Außenfläche mit der Antihalt- oder Anti-Soiling-Eigenschaft ausgestattet. Das Topcoat ist im Aufbau so ausgelegt, dass sich weder Kalk noch andere organische Substanzen an der Heizvorrichtung im Heizbereich ablagern (können). Damit ist ein gleich bleibender und über den Heizbereich gleichmäßiger Wärmeübergang von der Heizung zum Medium gewährleistet.

[0035] Vorzugsweise weist die versiegelnde bzw. porenabdichtende Abdeckschicht selber schon Anti-Soiling-Eigenschaften auf. Dabei kann die Abdeckschicht beispielsweise eine nanostrukturierte Schutzschicht sein, für die bevorzugt nanostrukturierte Werkstoffe bzw. Werkstoffkombinationen verwendet werden. Für eine Einsichtausführung der Abdeckschicht, d.h. Versiegeln der Poren, elektrische Isolation und Anti-Soiling-Eigenschaft, eignet sich beispielsweise ein Hybridpolymer, welches als Sol-Gel-Coating, beispielsweise mit einem Hybridpolymere mit einer anorganisch-organischen Polymermatrix, aufgebracht wird. Das Hybridpolymer ist nämlich dünnflüssig genug, um in die offenen Poren der porösen Schichten einzudringen und bildet zusätzlich auf der Oberfläche durch die Quervernetzung einen dichten Film. Die hydrophoben Sol-Gel-Oberflächen sind nicht nur schmutzabweisend, sie erhöhen auch den Korrosionswiderstand des beschichteten Widerstands-Heizlei-

terschicht.

[0036] Bei einer Abdeckschicht in Mehrschichtausführung haben sich für das Topcoat Silikone bzw. modifizierte Silikone, Polyimide, Polyamidimid, Polyesterimide bzw. modifizierte Polyesterimide als geeignet erwiesen. Aber auch Glas- bzw. Keramik-Schichten, die mittels Siebdruck oder Sprühverfahren mit anschließendem Trocknen und Einbrennen aufgetragen werden, sind geeignet. Eine wichtige Eigenschaft des Topcoats besteht hier noch darin, ein Ausgasen der die Poren in der Dielektrikumsschicht und der Widerstands-Heizleiter-
 5 terschicht versiegelnden Abdeckschicht zu verhindern.

[0037] In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung ist sowohl die Dielektrikumsschicht als auch die Abdeckschicht aus Emaille oder Glas, da von diesen Stoffen beide Anforderungen hinsichtlich der notwendigen elektrischen Isolation als auch der Abdichtung gegenüber dem zu erhitzenden Medium erfüllt werden.

[0038] In diesem Zusammenhang sei noch hervorgehoben, dass das Überziehen der gesamten Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich, der im untergetauchten Betrieb mit dem zu erhitzenden Medium in Kontakt steht, mit der Abdeckschicht besonders vorteilhaft die Verwendung von unedlen Metallen, z. B. unlegierten Stählen, für den Grundkörper ermöglicht. So kann der Grundkörper aus günstigem Kaltbandstahl als Ausgangsmaterial hergestellt werden.

[0039] Eine zusätzliche vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung ist auf die Problematik sog. "Hotspots" gerichtet. Als Hotspots sollen in diesem Zusammenhang im Betrieb auftretende Stellen bei einer Heizvorrichtung angesehen werden, an denen teilweise erhebliche Übertemperaturen auftreten. Solche Hotspots können durch lokale äußere Verunreinigungen auftreten, aber auch bauartbedingt an bestimmten Stellen des Heizleiters hervorgerufen werden. So ist zum einen im Anschlussbereich der Heizvorrichtung nicht erwünscht, dass der Heizleiter dort elektrische Energie in Wärme umwandelt. Aber auch an so genannten Umkehrpunkten des Heizleiters, die wenigstens einmal am offenen Rohrende notwendig sind, wurde das Auftreten von solchen lokalen Überwärmungen festgestellt. Daher werden die Heizleiterbahn(en) an Umkehrpunkten und im Anschlussbereich gegenüber der restlichen Heizleiterbahn so eingestellt, dass diese an solchen Stellen einen geringeren spezifischen Widerstand aufweisen. Dies kann prinzipiell durch eine Erhöhung des wirksamen Heizleiterquerschnitts an Umkehrpunkten bzw. im Anschlussbereich, beispielsweise durch Vorsehen von mehr Heizleitermaterial, erreicht werden. Besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn die Heizleiterbahn an den Umkehrpunkten bzw. im Anschlussbereich aus einem Widerstandsmaterial mit einer höheren Leitfähigkeit als die restliche Heizleiterbahn besteht oder dort auf der Heizleiterbahn ein zusätzliches Heizleitermaterial mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand vorgesehen bzw. aufgetragen ist. Bei der Erfindung kommen bevor-

zugt thermisch gespritzte bzw. kaltgasgespritzte Metalle oder Metalllegierungen, aber auch Dickschichtpasten, wie Silber/Palladium-Pasten, oder elektrische leitfähige Polymere, wie silbergefülltes Epoxid, zur Anwendung.

[0040] Hinsichtlich des Anschlussbereichs sei angemerkt, dass wenn die Anschlüsse und gegebenenfalls der Teil der Heizleiter vom Anschlussbereich bis zum Heizbereich des wenigstens einen Heizelements einen gegenüber dem übrigen Teil des Widerstands-Heizelements geringeren elektrischen Widerstand aufweisen, hierdurch der Anschlussbereich der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung eine "kalte Zone" darstellt, d. h. eine Zone, in der nahezu keine Wärmeabgabe durch das Heizelement erfolgt. Dadurch wird zusätzlich sichergestellt, dass bei der Erfassung der Mediumtemperatur im Anschlussbereich diese richtig gemessen werden kann und nicht durch Wärme vom Heizleiter verfälscht wird.

[0041] Betreffend die Isolation und Abdichtung der elektrischen Widerstands-Heizleiterschicht gegenüber dem Medium als auch gegenüber dem Grundkörper sei noch angemerkt, dass von den verwendeten Materialien für die jeweiligen Abdeckschichten eine Hochspannungsfestigkeit von wenigstens 1250VAC, vorzugsweise 3750VAC, ein maximaler Ableitstrom von 0,75mA, vorzugsweise 0,25mA, eine chemische Stabilität gegenüber dem Medium in einem PH-Bereich von 5 bis 10, vorzugsweise 7 bis 10 und eine Wärmeleitfähigkeit von wenigstens 1 W/mK, vorzugsweise von 10 bis 50W/mK erreicht werden.

[0042] Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung besteht in der Integration von einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung oder mehreren erfindungsgemäßen Heizvorrichtungen in ein Heizmodul, wobei im Wesentlichen zwischen dem Anschlussbereich und dem Heizbereich an der einen Heizvorrichtung oder den mehreren parallel angeordneten Heizvorrichtungen eine um den Grundkörper herumverlaufende Dichtung zur Abdichtung einer Einbauöffnung für das Heizmodul angeordnet ist. Eine solche Dichtung kann beispielsweise als eine Kegeldichtung ausgeführt sein, die beispielsweise mit einem für eine Dichtung geeigneten Material direkt mit gleichzeitiger entsprechender Formgebung an der Heizvorrichtung angespritzt wird. Damit ist gleichzeitig eine Abdichtung zwischen Heizbereich und Anschlussbereich gewährleistet.

[0043] Eine Weiterbildung des Heizmoduls bestehend darin, anstelle der oben genannten Dichtung eine Flanschbaugruppe mit Standardabmessungen vorzusehen. Eine solche Flanschbaugruppe weist dann im Wesentlichen wenigstens einen Flansch, ein Spannstück und eine zwischen Flansch und Spannstück angeordnete Dichtung auf, wobei die wenigstens eine Heizvorrichtungen an dem Flansch oder dem Spannstück fixiert sind und die Dichtung zwischen dem Anschlussbereich und dem Heizbereich angeordnet ist.

[0044] Weiter kann bei dem Heizmodul für die elektrische Kontaktierung der wenigstens einen Heizvorrichtung und gegebenenfalls eines oder mehrerer Sensor-

elemente ein Anschlusssteckteil, das beispielsweise einen genormten Steckanschluss bietet, vorgesehen sein.

[0045] Das Verfahren zum Herstellen einer Heizvorrichtung der Erfindung besteht grundsätzlich aus den folgenden Schritten: Herstellen eines Grundkörpers; Aufbringen einer ersten elektrisch isolierenden Dielektrikumsschicht auf den Grundkörper mit einem der oben genannten thermischen Spritzverfahren; Aufbringen wenigstens einer strukturierten Heizleiterschicht auf die Dielektrikumsschicht mit einem der oben genannten thermischen Spritzverfahren; und Aufbringen einer elektrisch isolierenden, mediumsichten und Antihaf-Eigenschaften aufweisenden Abdeckschicht auf die Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich, wobei Poren in der Dielektrikumsschicht und der Heizleiterschicht mediumsicht versiegelt werden.

[0046] Zusätzlich kann als weiterer Zwischenschritt das Aufbringen einer Haftschrift mit einem der oben genannten thermischen Spritzverfahren auf den Grundkörper zwischen dem Grundkörper und der Dielektrikumsschicht vorgesehen werden.

[0047] Der Schritt des Aufbringens einer elektrisch isolierenden, mediumsichten und Antihaf-Eigenschaften aufweisenden Abdeckschicht kann neben einer Einschicht-Ausführung auch aus folgenden Zwischenschritten als Zweischicht-Ausführung mit folgenden Schritten ausgeführt werden: Aufbringen wenigstens im Heizbereich einer ersten die Poren in der Dielektrikumsschicht und der Heizleiterschicht mediumsicht versiegelnden Versiegelungsschicht; und Aufbringen wenigstens im Heizbereich einer zweiten nanostrukturierten Anti-Soiling-Schicht über der Abdeckschicht. Dabei hat die nanostrukturierten Anti-Soiling-Schicht die Eigenschaften elektrisch gegenüber dem Medium zu isolieren.

[0048] Schließlich kann als weiterer Zwischenschritt nach dem Aufbringen der Dielektrikumsschicht zusätzlich ein Schritt vorgesehen sein des Herstellens von Dehnfugen in der Dielektrikumsschicht neben und/oder zwischen Heizleiterbahnen in der strukturierten Heizleiterschicht.

[0049] Es hat sich weiter als günstig erwiesen, den Grundkörper vor dem Auftragen der ersten Abdeckschicht mittels Strahlen, Ätzen oder Schleifen aufzurauen. Anschließend wird die Dielektrikumsschicht mittels einem der oben genannten Verfahren, bevorzugt mittels thermischen Spritzverfahren oder Kaltgasspritzverfahren aufgetragen.

[0050] Die Heizleiterschicht wird mittels einem der oben genannten Verfahren, vorzugsweise mittels einem thermischen oder einem kalten Spritzverfahren aufgetragen. Dabei ist es möglich durch Laserstrukturierung, Wasserstrahlschneiden, Laser Micro Jet Verfahren, Sandstrahlen, Ätzen, Fräsen oder Schleifen der vollflächig aufgetragenen Heizleiterschicht die gewünschte Heizleiterstruktur zu geben, wodurch unterschiedliche Temperaturbereiche geschaffen werden können, aber auch die elektrische Heizleitung der Heizvorrichtung bei gegebener Versorgungsspannung eingestellt werden

kann.

[0051] Es ist auch möglich, die Heizleiterstruktur durch eine Schablonentechnik zu erzeugen. Dabei wird eine Schablone aus einem Antihafmaterial auf der Dielektrikumsschicht aufgebracht (Auflaminiert oder Siebgedruckt) und anschließend die Heizleiterschicht aufgetragen. Nach dem Auftragen der Heizleiterschicht wird die Schablone dann wieder entfernt. Jedoch wurden Heizleiterstrukturen auch erfolgreich durch direktes strukturiertes Beschichten mit einem feinen Beschichtungsstrahl erzeugt.

[0052] Weitere Vorteile der Erfindung werden im Zusammenhang mit den Erläuterungen von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zusammen mit den Zeichnungsfiguren erläutert. Die hierbei verwendeten Begriffe "links", "rechts", "unten" und "oben" beziehen sich auf die Zeichnungsfiguren mit normal lesbaren Figurenbezeichnungen. Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass in den einzelnen Zeichnungsfiguren mit gleicher Leitziffer (z. B. Leitziffer 2: Fig. 2a, 2b) gleiche Teile durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Es zeigt:

Fig. 1 eine Draufsicht auf ein Rohrheizelement des Standes der Technik;

Fig. 2a eine Seitenansicht, einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung mit SMD-Temperaturerfassungselement;

Fig. 2b eine Schnittansicht der Dickschicht-Rohr-Heizung der Fig. 2a;

Fig. 3a eine Seitenansicht, einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung, wobei ein Temperaturerfassungselement in dem verschlossenen Rohrende des Grundkörpers angeordnet ist;

Fig. 3b eine Schnittansicht der Dickschicht-Rohr-Heizung der Fig. 3a;

Fig. 4 eine Draufsicht auf ein Heizmodul mit zwei erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizungen;

Fig. 5a eine Seitenansicht eines Heizmoduls mit einer Flanschbaugruppe;

Fig. 5b eine Schnittansicht des Heizmoduls der Fig. 5a;

Fig. 6 eine Detailansicht eines Heizleiterumkehrpunktes auf einer erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung;

Fig. 7a-7d jeweils eine Querschnittsansicht der An-

ordnung der Funktionsschichten in verschiedenen Ausführungen;

Fig. 7e eine Querschnittsdarstellung der Funktionsschichten gemäß einer weiteren Ausführung; und

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Heizvorrichtung der Erfindung.

[0053] Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Dickschicht-Heizung, die als Dickschicht-Rohr-Heizung 200 ausgeführt ist. Deutlich zu erkennen ist ein rohrförmiger Grundkörper 201 mit einem offenen Rohrende 202 und einem geschlossenen Rohrende 204, das mit einem Deckel 206 verschlossen ist.

[0054] In der Fig. 1 ist die Dickschicht-Rohr-Heizung 200 schematisch in Einbaulage in eine Bottichwand 210 dargestellt. Zur Befestigung in und gleichzeitiger Abdichtung der Einbauöffnung der Bottichwand 210 ist an der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 eine Dichtung 220 in Form einer Kegeldichtung aufgespritzt. Der Anschlussbereich liegt damit auf der trockenen Seite des Bottichs und erstreckt sich von dem geschlossenen Rohrende 204 bis zur Bottichwand 210 definierten Ebene. Damit liegt der Heizbereich der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 auf der rechten Seite der Bottichwand 210 im so genannten nassen Bereich, d. h. steht im Betrieb im direkten Kontakt mit dem zu erheizenden Medium. Der Heizbereich erstreckt sich etwa von der Bottichwand 210 bis zum offenen Rohrende 202.

[0055] Deutlich zu erkennen sind Strömungsöffnungen 230, die über den gesamten Heizbereich regelmäßig zueinander beabstandet angeordnet sind. Die Strömungsöffnungen 230 weisen hier die Form von Langlöchern auf, die schräg zu einem senkrechten Rohrquerschnitt mit einem Winkel α in dem Grundkörper 201 der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 ausgebildet sind.

[0056] Weiter ist auf dem Grundkörper 201 der Heizleiter 240 aufgetragen, der sich bifilaren geführt über den gesamten Heizbereich erstreckt. Dabei verlaufen jeweils eine Leiterbahn 242 als Hin-Leiter und eine Leiterbahn 244 als Rück-Leiter parallel zueinander mit einer Steigung, die im Wesentlichen dem Winkel α der Strömungsöffnungen 230 entspricht.

[0057] Im Anschlussbereich sind elektrische Anschlüsse 252 und 254 für den Heizleiter 240 angeordnet. Dabei sei angemerkt, dass, wie eingangs erwähnt, die elektrischen Anschlüsse 252, 254 durch Verwendung eines Materials mit einem geringeren elektrischen Widerstand oder durch Auftrag von zusätzlichem Leiterbahnmateriale im Vergleich zu dem restlichen Heizleiter 240 als so genannte kalte Anschlüsse ausgeführt sind. Weiter ist in dem Anschlussbereich ein Temperatursensor 260 zur Erfassung der Temperatur des zu erheizenden Mediums vorgesehen. Es sei angemerkt, dass die elektri-

schen Anschlüsse des Temperatursensors 260 in der Fig. 2a nicht zu erkennen sind, diese sind jedoch grundsätzlich ähnlich ausgeführt wie die elektrischen Anschlüsse bzw. Leiterbahnen des Heizleiters 240.

[0058] Fig. 2b zeigt eine Schnittansicht der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 aus der Fig. 2a. Es sei angemerkt, dass im Folgenden nur zusätzliche erkennbare Merkmale gegenüber der Fig. 2a erläutert werden. Gut zu erkennen ist in Fig. 2b einer der grundsätzlichen Vorteile der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung 200, der darin besteht, dass im Heizbereich sowohl die Außenfläche 212 als auch die Innenfläche 214 des rohrförmigen Grundkörpers 201 mit dem zu erheizenden Medium in Kontakt steht. Dadurch wird zusammen mit den regelmäßig beabstandeten Strömungsöffnungen 230 eine optimale Zirkulation des zu erheizenden Mediums an bzw. entlang der Oberfläche der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 und damit eine schneller Wärmeabtransport sichergestellt.

[0059] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das zu erheizende Medium auch im Anschlussbereich an der Innenfläche 214 mit dem Grundkörper 201 der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 in Kontakt steht und somit im Anschlussbereich mittels des Temperatursensors 260 sehr genau und unverfälscht durch die Heizwirkung des Heizleiters erfasst werden kann.

[0060] Deutlich zu erkennen in der Fig. 2b ist auch die Ausführung der kegelförmigen Dichtung 220, die beispielsweise am Ende der Herstellung der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung 200 zwischen Anschlussbereich und Heizbereich außen mittels einem Spritzverfahren aufgeformt werden kann. Zum einen wird durch diese Ausführung eine einfache Abdichtung des Anschlussbereichs gegenüber dem Medium an dem Übergang zwischen der Außenfläche 212 und der Dichtung 220 sichergestellt und zum anderen stellt die Dickschicht-Rohr-Heizung 200 zusammen mit der Dichtung 220 ein Heizmodul dar, das an dem Ort der bestimmungsgemäßen Verwendung sehr einfach eingebaut werden kann.

[0061] Die Fig. 3a zeigt eine Seitenansicht eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Der wesentliche Unterschied der in der Fig. 3a dargestellten Dickschicht-Rohr-Heizung 300 gegenüber der in den Fig. 2a und 2b dargestellten Dickschicht-Rohr-Heizung 200 besteht in der Integration eines Temperatursensors 360 (Fig. 3b) am verschlossenen Rohrende 304 des rohrförmigen Grundkörpers 301. Anstelle des Deckels 206 in der Fig. 2a bzw. 2b wird in der Ausführungsform der Dickschicht-Rohr-Heizung 300 in der Fig. 3a das verschlossene Rohrende 304 durch Integration des Temperatursensors 360 in dieses Rohrende 304 verschlossen. Dabei kann beispielsweise ein handelsübliches NTC/PTC-Element in einer Metallhülse, z. B. einer Chromnickel-Stahlhülse, zum Einsatz kommen, wobei die Stahlhülse zugleich als Gehäuse für den Sensor als auch als Deckel für den rohrförmigen Grundkörper 301 am verschlossenen Rohrende 304 fungiert.

[0062] Als besonders vorteilhaft ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass hier ein handelsüblicher Temperatursensor mit einem Steckanschluss 362, beispielsweise in Form eines so genannten RAST-Gehäuses, verwendet werden kann. In der Fig. 3b ist der mit dem gestrichelten Kreis D gekennzeichnete Ausschnitt der Fig. 3a als Detailschnitt dargestellt. Besonders gut ist die Integration des Temperatursensors 360 mit einer Hülse in den rohrförmigen Grundkörper 301 zu erkennen. Die Hülse des Temperatursensors 360 kann beispielsweise mit dem rohrförmigen Grundkörper 301 formschlüssig durch Schweißen am Rohrrand 308 verbunden werden. Bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung 300 kann somit eine sehr genaue Temperaturüberwachung des zu erheizenden Mediums garantiert werden, da, wie in dem Detailschnitt D der Fig. 3b deutlich zu erkennen ist, die Hülse des Temperatursensors 360 mit der dem zu erheizenden Medium zugewandten Außenseite 364 nahezu vollständig in Kontakt steht.

[0063] In der Fig. 4 ist eine Draufsicht auf ein Heizmodul mit zwei erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizungen 401 und 402 gezeigt, die hinsichtlich ihres Aufbaus im Wesentlichen dem der Dickschicht-Rohr-Heizung 200 der Fig. 2a bzw. 2b entsprechen. Das in der Fig. 4 gezeigte Heizmodul 400 ist ein Beispiel dafür, wie mehrere der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizungen besonders einfach und vorteilhaft zueinander parallel angeordnet in ein Heizmodul integriert werden können. Dabei können die einzelnen Dickschicht-Rohr-Heizungen 401, 402 je nach Anforderung des jeweiligen Einsatzgebiets sowohl elektrisch parallel als auch in Serie verschaltet werden.

[0064] Das Heizmodul 400 besitzt zum Einbau in eine Bottichwand 410 eine Dichtung 420, die wiederum zwischen dem Anschlussbereich und dem Heizbereich der jeweiligen Dickschicht-Rohr-Heizungen 401, 402 angeordnet ist. Bei der Dichtung 420 handelt es sich im Wesentlichen wieder um eine Kegeldichtung, die einen besonders einfachen Einbau in die Bottichwand 410 ermöglicht. Um ein einfaches elektrisches Anschließen der vorhandenen Absicherungseinrichtungen bzw. der Anschlüsse der Heizleiterbahnen zu ermöglichen, ist in diesem Ausführungsbeispiel ein so genanntes RAST-Gehäuse 430 mit zwei Steckanschlüssen 432, 434 zwischen den beiden Dickschicht-Rohr-Heizungen 401, 402 vorgesehen.

[0065] Da sich auf dem Gebiet der Heizelemente für Waschmaschinen, Geschirrspüler etc. bestimmte Abmessungen hinsichtlich der Einbauöffnung in den jeweiligen Bottichen als Quasi-Standard eingebürgert haben, können die erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizungen selbstverständlich auch besonders vorteilhaft mit einer entsprechenden Flanschbaugruppe in ein Heizmodul integriert werden, wobei die äußeren Abmessungen der Flanschbaugruppe dann diesem Quasi-Standard der Haushaltsgerätebranche angepasst sind. Hier ergibt sich der Vorteil, dass Hersteller der Haushaltsgerätebranche,

die diese neuen Heizelemente verwenden wollen, die Einbauöffnungen an ihren Geräten nicht anpassen bzw. ändern müssen. Damit kann die alte Technologie der Rohrheizelemente ohne Probleme und ohne jeglichen Zeit- bzw. Entwicklungsaufwand gegen die neue Technologie gemäß der vorliegenden Erfindung ausgetauscht werden.

[0066] Ein Beispiel für ein Heizmodul 500 mit Standard-Flanschbaugruppe ist in den Fig. 5a und 5b gezeigt. In Fig. 5a sieht man eine Seitenansicht des Heizmoduls 500 mit einer Flanschbaugruppe 510, die im Wesentlichen aus einem Flansch 512, einer Dichtung 514 und einem Spannstück 516 besteht. Links von der Flanschbaugruppe 510 ist der Anschlussbereich einer von den zwei Dickschicht-Rohr-Heizungen (Fig. 5b: 501, 502) des Heizmoduls 500 zu erkennen. In dem Anschlussbereich befinden sich die beiden elektrischen Anschlüsse 522, 524 und auch die entsprechenden Anschlüsse für einen in SMD-Ausführung vorgesehenen Temperatursensor 530. Weiter ist eine Anschlussfahne 518 zum Anschluss eines Schutzleiters an den Flansch 512 zu erkennen.

[0067] Etwas genauer ist die Integration der beiden Dickschicht-Rohr-Heizungen 501 und 502 in das Heizmodul 500 in der Fig. 5b dargestellt, die eine Draufsicht auf einen Querschnitt des Heizmoduls 500 der Fig. 5a zeigt. Dabei ist gut zu sehen, dass die beiden Dickschicht-Rohr-Heizungen 501, 502 jeweils mechanisch in bzw. an dem Flansch 512 fixiert sind, wobei die Dichtung 514 zwischen dem Flansch 512 und dem Spannstück 516 angeordnet ist. Zentral in der Flanschbaugruppe 510 ist ein Durchgangsloch vorgesehen, das sich sowohl durch das Spannstück 516, die Dichtung 514 sowie den Flansch 512 erstreckt, wobei durch dieses Durchgangsloch eine Schraube 542 geführt ist, die mit einem Schraubenende 543 in das Spannstück 516 eingepresst und dadurch gegen ein Verdrehen gegenüber dem Spannstück 516 gesichert ist. Das dem Schraubenende 543 gegenüberliegende Schraubenende 544 steht aus dem Flansch hervor und ist dort mit einer Mutter 545 versehen. Wenn die Mutter 545 angezogen wird, presst das Spannstück 516 die Dichtung 514 gegen den an den Dickschicht-Rohr-Heizungen 501, 502 fixierten Flansch 512. Dadurch quillt die Dichtung 514 am Randbereich auf und dichtet sich gegen die Einbauöffnung des Behälters (nicht gezeigt) ab. Es sei angemerkt, dass die Flanschbaugruppe 510 auch so konzipiert sein kann, dass das Spannstück 516 an den Dickschicht-Rohr-Heizungen 501, 502 fixiert ist und der Flansch 512 beweglich bleibt.

[0068] Im Folgenden sollen noch einige Anmerkungen betreffend die Herstellung der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung gemacht werden. Als Träger für die Funktionsschichten der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung eignet sich besonders aufgrund seiner Korrosionsbeständigkeit ein Edelstahlrohr, insbesondere aus einem austenitischen oder ferritischen Edelstahl. Als Grundkörper kann aber grundsätzlich ein belie-

biges Metallrohr verwendet werden, bei dem gegebenenfalls ein zusätzlicher Korrosionsschutz aufgetragen wird; bevorzugt wird der rohrförmige Grundkörper, oder jeder andere geometrischer Grundkörper aus einem Kaltbandstahlabschnitt gefertigt.

[0069] Da sich fertigungstechnisch das Anbringen der Strömungsöffnungen, beispielsweise in der Form von Bohrungen oder Langlöchern, in ein Rohr als zeitaufwendig und arbeitsintensiv gestaltet, hat sich bei der Herstellung für den Grundkörper in Rohrform für die Dickschicht-Rohr-Heizung als vorteilhaft herausgestellt, einen rohrförmigen Grundkörper aus einem flachen Materialstreifen, in den die Strömungsöffnungen eingestanzte werden bzw. sind, durch Wickeln und anschließendes formschlüssiges Verbinden der Stoßkanten herzustellen. Dieser Grundkörper wird anschließend an dem Rohrende, an dem der Anschlussbereich vorgesehen werden soll, mit einem Deckel verschlossen oder, falls in dem Rohrende der Einbau eines Temperatursensors mit entsprechender hülsenförmigen Gehäuse vorgesehen ist, offen gelassen. Es kann aber auch an dieser Stelle eine entsprechende Hülse, bevorzugt aus demselben Material wie der Grundkörper, anstelle des Deckels angebracht werden.

[0070] Bevor auf den rohrförmigen Grundkörper die Funktionsschichten der Dickschicht-Rohr-Heizung aufgetragen werden, kann noch ein zusätzlicher vorbereitender Verfahrensschritt eingefügt werden, der darin besteht, die Oberfläche des rohrförmigen Grundkörpers durch ein strahlendes, ätzendes oder schleifendes Verfahren geeignet aufzuraufen.

[0071] Da es sich bei dem bevorzugten Material für den Grundkörper um ein Metall handelt, das naturgemäß selber elektrisch leitfähig ist, muss der Grundkörper gegenüber dem aufzutragenden Heizleiter elektrisch isoliert werden. Dazu wird im nächsten Schritt eine erste elektrisch isolierende Dielektrikumsschicht auf den Grundkörper im Wesentlichen auf die gesamte Oberfläche des Grundkörpers aufgetragen. Schließlich ist auch ein Mehrlagen- bzw. Mehrschichtaufbau denkbar, beispielsweise zur Verbesserung des thermischen Ausdehnungsverhaltens. Bevorzugt wird die Dielektrikumsschicht mittels einem der eingangs genannten Verfahren aufgetragen. Als erste elektrisch isolierende Dielektrikumsschicht und gleichzeitiger Korrosionsschutz eignet sich auch eine Emaille- oder Glasschicht.

[0072] Um die vorstehend diskutierte Problematik der Rissbildung bei einer Dickschicht-Heizung in den Funktionsschichten weiter zu vermindern, können an dieser Stelle des Herstellungsverfahrens Dehnungsfugen in der ersten Abdeckschicht vorgesehen werden, vorzugsweise werden diese Dehnungsfugen so angeordnet, dass diese zwischen und/oder neben den später aufzutragenden Heizleiterbahnen liegen. Die Dehnungsfugen können mittels einem Wasserstrahlschneidverfahren, Laserabtragungsverfahren oder anderen geeigneten mechanischen Verfahren, wie beispielsweise Schleifen, Fräsen, Strahlen (in Schablonentechnik oder direkt an-

gewendet) erzeugt werden. Aber auch chemische Verfahren, wie Ätzen, können zur Anwendung kommen.

[0073] An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass, da es sich bei der Dielektrikumsschicht um eine poröse Schicht, insbesondere eine Schicht mit offenen Poren handelt, um eine ausreichende Abdichtung, vor allem der Stirnflächen der Dielektrikumsschicht gegenüber dem zu erhitzenden Medium im späteren Einsatz sicherzustellen, auch der Bereich rund um die Ränder der Strömungsöffnungen und an den Rohrenden bzw. den Kanten des Grundkörpers nicht von der Dielektrikumsschicht bedeckt werden sollte. Dies kann erreicht werden, indem die Langlöcher bzw. die Rohrenden vor dem Aufbringen der Dielektrikumsschicht maskiert werden. Aber es ist auch möglich, die erste Abdeckschicht ganzflächig aufzutragen und anschließend mittels einem geeigneten abtragenden Verfahren (Abrasiveverfahren) gezielt zu entfernen; hier seien beispielsweise Wasserstrahlschneiden und Laserabtragen genannt, aber auch jedes andere geeignete mechanische Verfahren, wie Schleifen, Fräsen oder Abrasivstrahlen mittels Schablonentechnik oder in direkter Anwendung, kann verwendet werden. Auch chemische abtragende Verfahren, wie Ätzen, sind möglich.

[0074] Nach dem Herstellen der ersten Abdeckschicht und ggf. der Dehnungsfugen wird die Heizleiterschicht auf dem rohrförmigen Grundkörper aufgebracht. Für die Heizleiterschicht eignen sich grundsätzlich Metalle, Metallegierungen, Keramik-Metall-Verbundstoffe (sog. Metal Matrix Composites oder Cermets), die mittels einem der eingangs genannten Verfahren auf die Dielektrikumsschicht aufgetragen werden. Auch wurden erfolgreiche Versuche mittels in Siebdruck aufgetragenen und anschließend gebrannten Widerstandspasten unternommen.

[0075] Da die elektrischen Anschlüsse der Heizleiter vorzugsweise an einem Rohrende des rohrförmigen Grundkörpers kontaktierbar vorgesehen werden, wird der Heizleiter bevorzugt bifilar über die Oberfläche des Grundkörpers geführt und daher muss am offenen Rohrende ein Umkehrpunkt vorgesehen werden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass beim Auftragen der Heizleiterschicht die Möglichkeit zur Ausbildung verschiedener Temperaturzonen durch Variation der Heizleiterdicke, Heizleiterbreite oder auch durch Variation des Abstands zw. den Heizleiterbahnen möglich ist.

[0076] Dieser Aspekt ist in der Fig. 6 in einer Detailansicht eines Heizleiterumkehrpunktes 630 auf einer erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung 600 dargestellt. Die Detailzeichnung zeigt das offene Rohrende 602 des rohrförmigen Grundkörpers 601 mit den Heizleiterbahnen 610 und einer Strömungsöffnung 620. An dem Heizleiterumkehrpunkt 630 tritt in der Heizleiterführung zwangsläufig auf sehr kleinem Raum eine 180°-Wendung auf, an der beide Heizleiterbahnen 611, 612 des bifilaren Heizleiters 610 aufeinander treffen. An solchen Heizleiterumkehrpunkten 630 hat sich gezeigt, dass dort deutlich höhere elektrische Stromdichten auf-

treten, wodurch ein Hotspot entsteht. Dieser Problematik wird durch zusätzliches Auftragen von Leiter(bahn)material 632 an solchen Heizleiterumkehrpunkten 630 (dasselbe ist prinzipiell auch an den Kontaktierungsstellen im Anschlussbereich möglich) entgegengewirkt. Durch diese Maßnahme kann eine wesentliche Verringerung des spezifischen Widerstands der Leiterbahn 610 an solchen Stellen und damit eine deutliche Temperaturreduzierung sichergestellt werden. Als zusätzliches Leiter(bahn)material 632 eignen sich besonders Materialien wie beispielsweise eine Silber/Palladium-Paste, die nach Auftragen der Heizleiterschicht an den Kontaktierungsstellen bzw. den Umkehrpunkten aufgetragen wird, aber auch elektrisch leitfähige Polymere, wie z. B. silbergefülltes Epoxid, oder Metalle bzw. Metalllegierungen, die thermisch aufgespritzt bzw. kaltgasgespritzt werden können.

[0077] Nach dem Auftragen der Heizleiterschicht und entsprechender Behandlung der Kontaktierungsbereiche bzw. Umkehrpunkte werden die Poren der porösen Dielektrikumsschicht und der porösen Widerstands-Heizleiterschicht mittels eines Ein- oder Mehrschichtsystems versiegelt und elektrisch isoliert gegenüber dem Medium im Betrieb isoliert. Dazu werden - wie eingangs geschildert - eine Versiegelungsschicht und das Topcoat bei einem Zwei-Schichtverfahren bzw. eine einzige Schicht die alle erforderlichen Eigenschaften besitzt in einem Ein-Schichtverfahren aufgetragen.

[0078] Im Folgenden sei beispielhaft ein Zwei-Schichtverfahren geschildert: Zuerst wird eine Abdeckschicht aufgetragen, für die sich grundsätzlich die im Folgenden geschilderten Materialien bzw. jeweiligen Auftragsverfahren eignen. Hier können grundsätzlich anorganische Lacke und Lacke mit einer organischen anorganischen Polymermatrix mit eingelagerten Partikeln, wie Nanokompositlacke verwendet werden. Auch Silikone und Silikonöle sind geeignet um die genannten Poren in den porösen Schichten zu versiegeln.

[0079] Abschließend wird die Heizvorrichtung noch mit einem Topcoat, beispielsweise einer nanostrukturierten Anti-Soiling-Schicht versehen. Die besonders vorteilhafte Wirkung einer solchen Schicht liegt in der Reduktion der Kochgeräusche bzw. der Verhinderung von Anmerkungen, d. h. Kalkablagerungen. Des Weiteren sind diese Schichten besonders mechanisch beständig.

[0080] Wie an anderer Stelle schon ausführlich besprochen, besteht ein wichtiger Aspekt für die Praxistauglichkeit der Heizvorrichtung der Erfindung zum einen in der stirnseitigen Abdeckung und Versiegelung der Poren einer ggf. porösen Dielektrikumsschicht bzw. der Poren in einer Widerstands-Heizleiterschicht. Weiter kann es aus Korrosionsschutzgründen erforderlich sein, den Grundkörper hermetisch wenigstens gegenüber dem zu erheizenden Medium oder bevorzugt vollständig abzu-dichten. Hierzu zeigen die Fig. 7a bis Fig. 7d schematische Detailansichten jeweils eines Schnitts durch den Rohrmantel 701 des rohrförmigen Grundkörpers und die Funktionsschichten, wobei insbesondere das offene

Rohrende 702 der Dickschicht-Rohr-Heizung als auch die nächstliegende Strömungsöffnung 730 gezeigt sind.

[0081] Der jeweils in den Fig. 7a bzw. 7b dargestellte Schichtaufbau betrifft die Ausführung einer Heizvorrichtung der Erfindung, bei der für den Grundkörper ein korrosionsbeständiges Material verwendet wurde, wie beispielsweise ein legierter Stahl oder eine Keramik. Hier muss der Grundkörper nicht zwingend vollständig gegenüber dem Medium abgedichtet werden.

[0082] In der Fig. 7a ist das Material, z. B. Glas oder Emaille, für die Dielektrikumsschicht 710 zur Isolation des Heizleiters 720 gegenüber dem Rohrmantel 701 selbst dicht gegenüber dem zu erheizenden Medium. Aus diesem Grund kann hier auf die Abdichtung der Stirnflächen 712 am Rohrende 702 bzw. an den Strömungsöffnungen 730 gegenüber dem Medium verzichtet werden. Schließlich ist der Heizleiter 720 gegenüber dem zu erheizenden Medium mittels einer Abdeckschicht 750 elektrisch isoliert und abgedichtet.

[0083] Bei der Ausführung, die in Fig. 7b gezeigt ist, wurde zusätzlich eine Abdeckung der Stirnflächen 712 der Dielektrikumsschicht 710 vorgesehen, weil diese hier aus einem porösen, d. h. gegenüber dem zu erheizenden Medium nicht dichten Schicht, wie sie gerade bei thermisch gespritzten Materialien entstehen, besteht. Um diese vollständige Abdeckung der entsprechenden Stirnflächen 712 der Dielektrikumsschicht 710 am offenen Rohrende 702, an den Strömungsöffnungen 730 sowie an den Dehnungsfugen 740 sicherzustellen, kann vor dem Auftragen der Abdeckschicht 750 mithilfe eines abtragenden Verfahrens sichergestellt werden, dass die Dielektrikumsschicht 710 bis auf den Rohrmantel 701 abgetragen ist. Dies ist beispielsweise durch Laserabtragen, Wasserstrahlschneiden, Ätzen, Fräsen oder Abrasivstrahlen (mit Schablonen oder im direkten Verfahren) möglich. Dies kann gleichzeitig mit der Fertigung der Dehnungsfugen 740 erfolgen.

[0084] Der jeweils in den Fig. 7c bzw. 7d dargestellte Schichtaufbau betrifft die Ausführung einer Heizvorrichtung der Erfindung, bei der für den Grundkörper ein korrosionsanfälliges Material verwendet wurde, wie z. B. ein unlegierter Stahl. Daher ist bei diesen Ausführungen der Grundkörper gegenüber dem Medium vollständig durch die Abdeckschicht 750 abgedichtet worden.

[0085] Bei einer weiteren Ausführungsform bestehen sowohl die Dielektrikumsschicht 710 als auch die zweite Abdeckschicht 750 aus einer Emaille- bzw. einer Glas-schicht (nicht gezeigt). In den Fig. 7c und 7d ist weiter gut zu erkennen, dass die Abdeckschicht 750 den Grundkörper 701, die Dielektrikumsschicht 710 sowie die Widerstands-Heizleiterschicht 720 vollständig nach außen hin abdichtet und elektrisch isoliert.

[0086] In der Fig. 7e ist eine weitere Ausführungsform für den Schichtaufbau der erfindungsgemäßen Dickschicht-Heizung gezeigt. Dabei ist zwischen der Oberfläche des Grundkörpers 701 und der Dielektrikumsschicht 710 eine Haftschrift 705 vorgesehen, die für eine verbesserte Haftung der Funktionsschichten auf dem

Grundkörper 701 sorgt. Auf der Haftschrift ist die Dielektrikumsschicht 710 angeordnet, auf der sich die Heizleiterbahnen der strukturierten Widerstands-Heizleiterschicht 720 befinden. Die Schichten 705, 710 und 720 wurden mit einem Verfahren aufgetragen, bei dem die erzeugten Schichten eine poröse Struktur aufweisen; was wie eingangs erläutert erwünscht ist. Insbesondere die offenen Poren dieser Schichten werden mittels einer Versiegelung 751 verschlossen, d.h. gegenüber dem zu erhitzenden flüssigen Medium abgedichtet. Diese Versiegelung 751 ist in der Fig. 7e durch die Punkte in den Schichten 705, 710 und 720 angedeutet. Schließlich ist der gesamte Schichtaufbau aus den Schichten 705, 710 und 720 einschließlich der Versiegelung abschließend mit einem sogenannten Topcoat bzw. einer Oberflächen Anti-Soiling-Schicht 752 veredelt, die insbesondere derartige Antihaft-Eigenschaften aufweist, dass sich im Betrieb der Heizvorrichtung im Heizbereich keine Stoffe wie Kalk oder Waschsubstanzen an der Heizvorrichtung anlagern können.

[0087] Schließlich ist in den Fig. 7a bis 7d auch der Querschnitt des Heizleiterumkehrpunktes 724 Schichtaufbau zu erkennen (in den Fig. 7a und 7d mit Bezugszeichen versehen). Dabei sind die beiden zu dem Heizleiterumkehrpunkt 724 hinführenden bzw. wegführenden Heizleiter 721, 722 zu erkennen, die beide mit Leiterbahnmaterial 727 (in etwa der gleichen Schichtdicke wie die Widerstands-Heizleiterschicht 720) miteinander verbunden und mit einer zusätzlichen Schicht Leiterbahnmaterial 728 beschichtet sind. Durch diese Maßnahme wird der elektrische Widerstand des Heizleiterumkehrpunktes 724 deutlich niedriger eingestellt als an den übrigen Stellen des Heizleiters 720. Damit kann an dieser Stelle im Betrieb kein Hotspot auftreten. Als zusätzliches Leiterbahnmaterial 728 kann beispielsweise bei der Herstellung eine Silber/Palladium-Paste verwendet werden.

[0088] Ein weiterer vorteilhafter Aspekt der erfindungsgemäßen Dickschicht-Heizung besteht in der Möglichkeit, die elektrische Wärmeleistung bei der Fertigung individuell, d. h. z. B. entsprechend der jeweilig geplanten Anwendung bzw. Einbaulage in der Anwendung, anpassen zu können. Dabei stehen bei der Dickschicht-Heizung der Erfindung zwei verschiedene Ansätze zur Verfügung. Einmal ist es möglich, die Widerstands-Heizleiterschicht auf der Dielektrikumsschicht vollflächig ohne Strukturierung aufzubringen und anschließend durch ein abtragendes Verfahren die Widerstands-Heizleiterschicht entsprechend den Anforderungen zu strukturieren. Diese Strukturierung kann durch Abrasivtechniken beispielsweise durch Laserstrukturieren, Wasserstrahlschneiden, Abrasivstrahlen, Ätzen, Fräsen sowie Schleifen erfolgen.

[0089] Eine zweite Möglichkeit die elektrische Leistung der Heizleiterbahn einzustellen besteht darin, die Widerstands-Heizleiterschicht mit der gewünschten Struktur direkt aufzutragen. Dafür eignen sich Schablontechniken, bei denen beispielsweise eine Maske durch Aufbringen eines Antihaftmaterials mittels Sieb-

druck auf die erste Abdeckschicht, wobei anschließend auf den nicht maskierten Bereichen das Heizleitermaterial aufgetragen wird. Es ist jedoch auch möglich durch ein direktes strukturierendes Beschichten ohne Schablone, beispielsweise mit einem feinen Beschichtungsstrahl oder automatisierten Handlingsystemen, die Widerstands-Heizleiterschicht aufzutragen. Dabei kann die Auftragbreite beispielsweise über die Variation des Abstandes der Strahldüse gegenüber der ersten Abdeckschicht gesteuert werden.

[0090] An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass neben der hier hauptsächlich geschilderten Ausführungsform mit einer einzigen bifilaren Heizleiterbahn auch Multitracking verwendet werden kann, wobei beispielsweise vier elektrisch parallel geschaltete einzelne Heizleiterbahnen anstelle einer einzelnen Leiterbahn über dem Grundkörper geführt werden. Der Vorteil besteht dabei darin, dass festgestellt wurde, dass sich hierdurch im Betrieb der Heizvorrichtung weiter das Auftreten von Hotspots durch Anlagerungen von Fremdstoffen vermeiden lassen. Zusätzlich ist bei Ausfall einer einzelnen Heizleiterbahn der Betrieb der Dickschicht-Rohr-Heizung weiter - mit entsprechend geringerer Wärmeleistung - möglich. Weiter ist es auch möglich, mehrere einzeln im Anschlussbereich kontaktierbare Heizleiter auf dem Grundkörper vorzusehen.

[0091] Schließlich kann die elektrische Leistung der Heizvorrichtung auch bzw. zusätzlich über Widerstandstrimmen eingestellt werden. Dabei wird der elektrische Widerstand und damit die in der Heizleiterbahn umgesetzte Wärmeleistung über Einstellen der Heizleiterbahnbreite bzw. Heizleiterbahndichte vorgenommen. So kann das Widerstandstrimmen über die Bahnbreite des Heizleiters folgendermaßen durchgeführt werden: Zuerst wird die Heizleiterbahn mit einer ausreichenden Breite und Dicke auf dem vorbereiteten Grundkörper strukturiert, anschließend wird der elektrische Widerstand des Heizleiters gemessen, hieraus kann der aktuelle Quotient aus dem spezifischen Widerstand des Heizleiters und dem Querschnitt und damit die aktuell notwendige Leiterbahnbreite berechnet werden. Diese berechnete Breite wird abschließend durch entsprechendes Abtragen von Heizleiterbahnmaterial eingestellt. Als alternative Vorgehensweise ist das Widerstandstrimmen über die Heizleiterbahndicke möglich: Hierbei wird zuerst die Heizleiterbahn mit einer ausreichenden Dicke und Breite auf dem vorbereiteten Grundkörper strukturiert, anschließend wird der elektrische Widerstand des Heizleiters gemessen und durch so genanntes "Mikroschmieden" der Heizleiteroberfläche ohne abtragende (abrasive) Wirkung unter gleichzeitiger Messung des aktuellen Widerstands wird der gewünschte elektrische Widerstand eingestellt.

[0092] Hinsichtlich der Temperaturüberwachung bei der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung sei angemerkt, dass hier zwei Aspekte von Interesse sind. Zum einen soll im Betrieb die Heizleistung in Abhängigkeit von der gewünschten Temperatur des zu erhitzen-

den Mediums geregelt werden können. Aber andererseits soll auch eine Überwachung der Heizleitertemperatur erfolgen, um einen anormalen Betrieb erkennen zu können und ggf. die Zufuhr elektrischer Energie zu dem Heizleiter zu unterbrechen. Zur Temperaturregelung kann bei der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung besonders vorteilhaft ein Temperatursensor in SMD-Bauform an jeder gewünschten Stelle, d. h. im trockenen oder auch nassen Bereich, vorgesehen werden. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass dies sowohl auf der Außenfläche als auch der Innenfläche des rohrförmigen Grundkörpers denkbar ist. Ebenso können Sicherungselemente zur Absicherung des Heizleiters gegen Überhitzung unmittelbar neben oder auf einer aktiven Heizleiterbahn vorgesehen werden. Auch hier eignen sich grundsätzlich Sensorbauteile in SMD-Ausführung. Es können aber auch Dickschichtsicherungen an der jeweils gewünschten Stelle auf der Oberfläche der Dickschicht-Rohr-Heizung im vorstehend geschilderten Herstellungsverlauf mittels Siebdruck bzw. Plasmaspritzen integriert werden.

[0093] Für die Kontaktierung der elektrischen Anschlüsse des Heizleiters bzw. der elektrischen Anschlüsse der an der Dickschicht-Rohr-Heizung integrierten Sensorelemente können die oben beschriebenen Anschlusssteckteile mit entsprechend geeigneter Kontaktierung auf den Anschlussbereich des Rohrs aufgeschoben werden. Dabei kann die Temperaturregelung bzw. Temperaturüberwachung und der Leitungsteil getrennt voneinander oder in einem Steckteil integriert ausgeführt werden. Zum Verbinden der Anschlüsse mit den Anschlussstellen auf der Dickschicht-Rohr-Heizung eignen sich Verfahren wie Weichlöten, Reibschweißen, Ultraschallschweißen oder Laserschweißen. Aber auch eine Kontaktierung über geeignete Federkontakte ist möglich.

[0094] Abschließend seien nochmals anhand einer perspektivischen Darstellung eines Heizmoduls 800 mit einer erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung in der Fig. 8 die wesentlichen Vorteile, die sich aus dem erfindungsgemäßen Aufbau ergeben, zusammengefasst. Dargestellt ist ein Heizmodul 800 mit dem rohrförmigen Grundkörper 801, der sich funktional in den Heizbereich 810 und den Anschlussbereich 820 aufteilt. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit mittels einer Dichtung 870 zwischen dem Heizbereich 810 und dem Anschlussbereich 820, eine einfache Montage des Heizmoduls 800 zu ermöglichen. Es wurde gezeigt, dass anstelle der (Kegel-)Dichtung auch andere standardisierte Einbaumaßnahmen vorgesehen sein können. Am rechten Ende des Heizbereichs 810, in dem der Heizleiter 840 bifilar über den rohrförmigen Grundkörper 801 verläuft, befindet sich das offene Rohrende 802, in dem die Strömungsöffnungen 830 zu erkennen sind. Die rohrförmige Ausführung der Heizung mit dem offenen Rohrende 802 und den Strömungsöffnungen 830 stellt einen wesentlichen Vorteil dar, da durch diese Bauart gegenüber den herkömmlichen Rohrheizkörpern eine Reduzierung des verdrängten Volumens des zu erheizenden Mediums

von ca. 25 % erreicht wird. Zusätzlich wird hierdurch eine besonders effektive Wärmeübertragung auf das zu erheizende Medium und somit eine schnellere Erhitzung als mit herkömmlichen Rohrheizkörpern erreicht. Weiter eignet sich der rohrförmige Aufbau der erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung hervorragend für die direkte Integration von Temperatursensorelementen 862, 864 aber auch anderen Sensoren (Drucksensoren, Verschmutzungssensoren etc.) in SMD-Ausführung sowohl innerhalb, d. h. im Heizbereich 810, als auch außerhalb des zu erheizenden Mediums, d. h. im Anschlussbereich 820, sowie zur Überwachung und Absicherung des Heizleiters 840. Vorteilhaft ist auch, dass im Anschlussbereich am geschlossenen Rohrende 804 besonders einfach ein Anschlussgehäuse 850 mit RAST-Steckern 852, 854 vorgesehen werden kann, die einen einfachen und sicheren Anschluss des Heizleiters 840 und auch der Temperatursensorelemente 862, 864, die zur Temperaturüberwachung des zu erheizenden Mediums und zur thermischen Absicherung bzw. Überwachung des Heizleiters 640 dienen, ermöglichen. Durch die deutliche Reduzierung der Bestandteile der Dickschicht-Rohr-Heizung gegenüber einem herkömmlichen Rohrheizelement - beispielsweise gezeigt in der Fig. 1 - wird eine erhebliche kürzere Fertigungszeit erreicht. Dies führt zu nicht unerheblichen Kosteneinsparungen aufseiten des Herstellers und stellt damit einen deutlichen Wettbewerbsvorteil dar. Letztlich besitzt die erfindungsgemäße Dickschicht-Rohr-Heizung aufgrund der vorgesehenen zweiten bzw. dritten Abdeckschicht einen besonders effektiven Schutz gegen Verkalken und Anbacken organischer Stoffe, wodurch sich die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit einer erfindungsgemäßen Dickschicht-Rohr-Heizung deutlich gegenüber den bekannten Rohrheizkörpern erhöht.

[0095] Mit der vorliegenden Erfindung wurden eine Heizvorrichtung zum Erhitzen eines flüssigen Mediums sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Heizvorrichtung vorgeschlagen. Die elektrische Heizvorrichtung weist einen Grundkörper, der in einem Heizbereich mit einer Vielzahl von Strömungsöffnungen versehen sein kann und in einer Weiterbildung ein wenigstens im Bereich eines ersten Endes verschlossenes Rohr ist. Wenigstens auf einer Fläche des Grundkörpers sind die Funktionsschichten der Heizvorrichtung angeordnet, wobei wenigstens eine Heizleiterbahn in Form einer strukturierten thermisch gespritzten Widerstands-Heizleiterschicht zum Umwandeln elektrischer Energie in Wärme mit wenigstens zwei elektrischen Anschlüssen, die in einem Anschlussbereich ausgeführt und kontaktierbar sind, vorgesehen ist und sich zwischen der Heizleiterschicht und dem Grundkörper eine thermisch gespritzte Dielektrikumsschicht befindet. Dabei sind wenigstens im Heizbereich Poren der Widerstands-Heizleiterschicht und der Dielektrikumsschicht gegenüber dem Medium versiegelt und die Widerstands-Heizleiterschicht gegenüber dem Medium elektrisch isoliert, insbesondere weist die mit dem zu erheizenden flüssigen

Medium im Betrieb in Kontakt stehende Oberfläche Antihaf-Eigenschaften auf.

Patentansprüche

1. Elektrische Heizvorrichtung zum Erhitzen eines flüssigen Mediums, aufweisend

- einen Grundkörper, mit wenigstens einer auf einer Fläche des Grundkörpers in einem Heizbereich in Form einer strukturierten Widerstands-Heizleiterschicht angeordneten Heizleiterbahn zum Umwandeln elektrischer Energie in Wärme mit wenigstens zwei elektrischen Anschlüssen, die in einem Anschlussbereich ausgeführt und kontaktierbar sind,
- einer zwischen dem Grundkörper und der Heizleiterschicht angeordneten Dielektrikumsschicht, und
- wenigstens eine Abdeckschicht, welche die Heizleiterbahn und die Dielektrikumsschicht gegenüber dem Medium elektrisch isoliert,

wobei die Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich derart beschichtet ist, dass offene Poren in der Heizleiterschicht und in der Dielektrikumsschicht gegenüber dem Medium versiegelt sind und die Oberfläche der Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich gegenüber dem Medium Antihaf-Eigenschaften aufweist.

2. Heizvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei in der Dielektrikumsschicht neben und/oder zwischen benachbarten in der Widerstands-Heizleiterschicht ausgebildeten Heizleiterbahnen Dehnfugen vorgesehen sind.

3. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Grundelement wahlweise aus Edelstahl, Buntmetall, Keramik, Glas oder einem Verbundstoff davon besteht.

4. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dielektrikumsschicht thermisch gespritzt ist und aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkoniumoxid (ZrO_2), Titanoxid (TiO_2) Siliziumoxid (SiO_2), Chromoxid (Cr_2O_3), Borsilikat oder einer Mischung davon besteht.

5. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei die Dielektrikumsschicht eine Sol-Gel-Schicht ist, basierend auf Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkoniumoxid (ZrO_2), Titanoxid (TiO_2) oder Siliziumoxid (SiO_2).

6. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden

Ansprüche, wobei die Abdeckschicht ein Nanokompositlack, ein Siloxan oder ein Silikonöl ist.

7. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antihaf-Schicht eine Glas- oder Keramik-Schicht, oder eine Sol-Gel-Schicht, oder eine Schicht aus einem Silikon, einem modifizierten Silikon, einem Polyimid, einem Polyamidimid, einem modifizierten Polyesterimid ist.

8. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Heizleiterschicht thermisch gespritzt ist und aus einem Metall, einer Metalllegierung oder einem Keramik-Metall-Verbundstoff besteht.

9. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der Dielektrikumsschicht und dem Grundkörper zusätzlich eine thermisch gespritzte Haftschrift aus Metall oder einer Metalllegierung vorgesehen ist.

10. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Grundkörper ein im Bereich eines ersten Rohrendes verschlossenes Rohr ist.

11. Heizvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Grundkörper im Heizbereich eine Vielzahl von Strömungsöffnungen (230) aufweist.

12. Verfahren zum Herstellen einer Heizvorrichtung gemäß der Ansprüche 1 bis 11 mit den Schritten:

- Herstellen eines Grundkörpers;
- Aufbringen einer ersten elektrisch isolierenden Dielektrikumsschicht auf den Grundkörper mit einem thermischen Spritzverfahren;
- Aufbringen wenigstens einer strukturierten Heizleiterschicht auf die Dielektrikumsschicht mit einem thermischen Spritzverfahren; und
- Aufbringen einer elektrisch isolierenden, mediumsichten und Antihaf-Eigenschaften aufweisenden Abdeckschicht auf die Heizvorrichtung wenigstens im Heizbereich, wobei Poren in der Dielektrikumsschicht und der Heizleiterschicht mediumsicht versiegelt werden.

13. Verfahren zum Herstellen einer Heizvorrichtung gemäß Anspruch 12, zusätzlich mit Aufbringen einer Haftschrift auf den Grundkörper.

14. Verfahren zum Herstellen einer Heizvorrichtung gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei der Schritt des Aufbringens einer elektrisch isolierenden, mediumsichten und Antihaf-Eigenschaften aufweisenden Abdeckschicht aus folgenden Zwischenschritten besteht:

- Aufbringen wenigstens im Heizbereich einer ersten die Poren in der Dielektrikumsschicht und der Heizleiterschicht mediumsdicht versiegelnden Versiegelungsschicht; und
- Aufbringen wenigstens im Heizbereich einer zweiten nanostrukturierten Anti-Soiling-Schicht über der Abdeckschicht.

15. Verfahren zum Herstellen einer Heizvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, zusätzlich mit Herstellen von Dehnfugen in der Dielektrikumsschicht neben und/oder zwischen Heizleiterbahnen in der strukturierten Heizleiterschicht.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

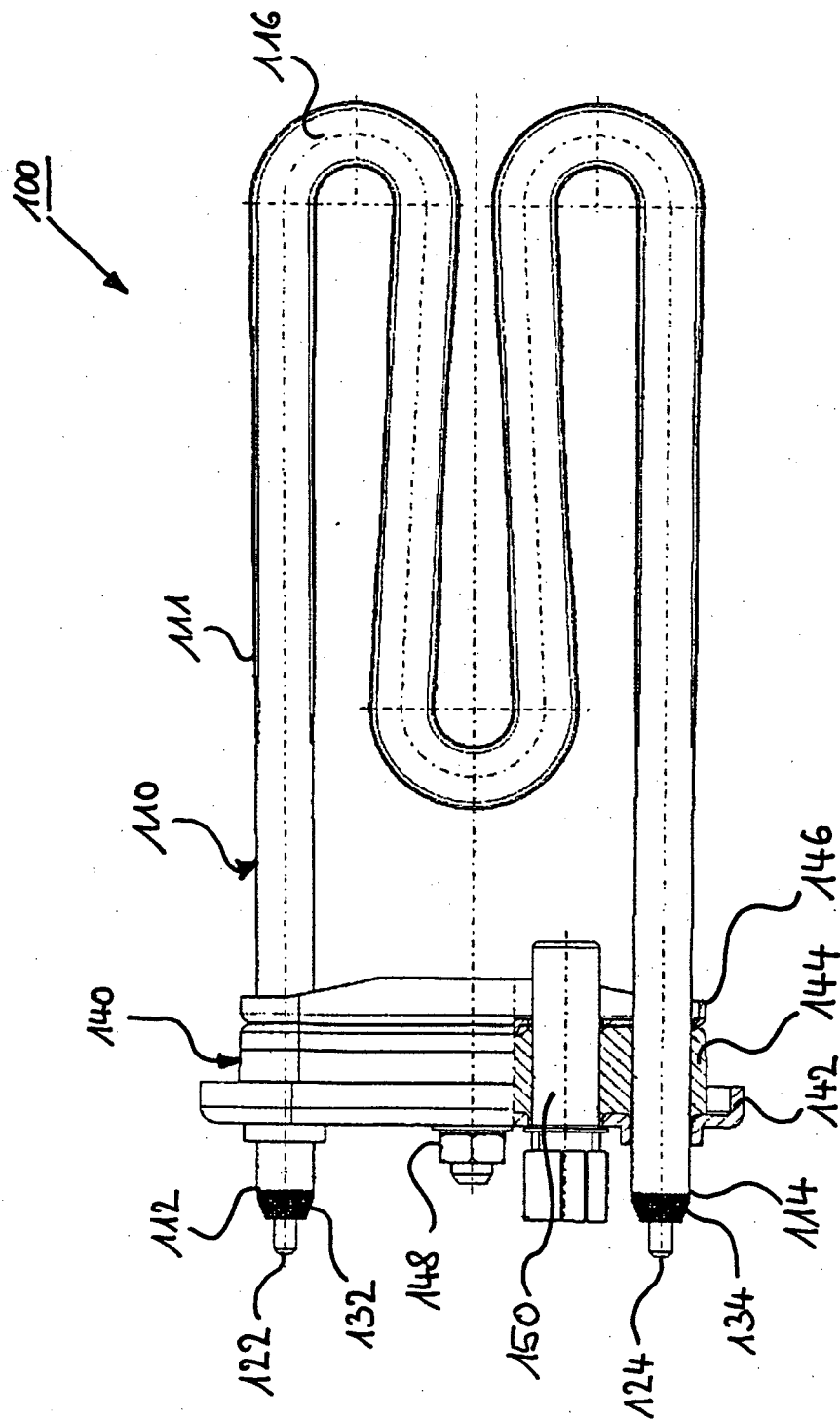


Fig. 1

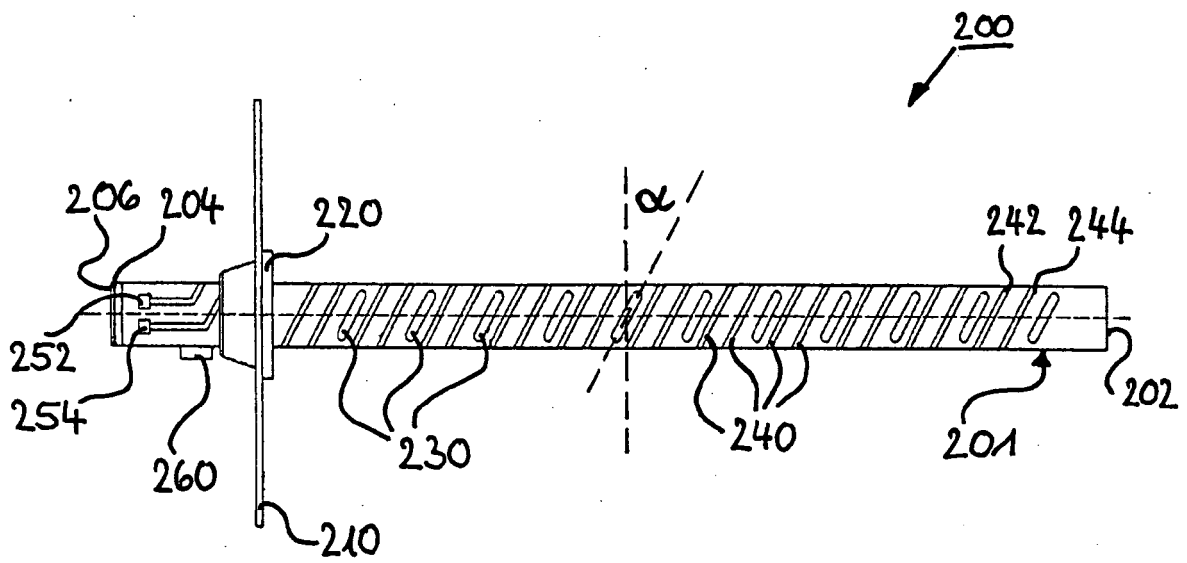


Fig. 2a

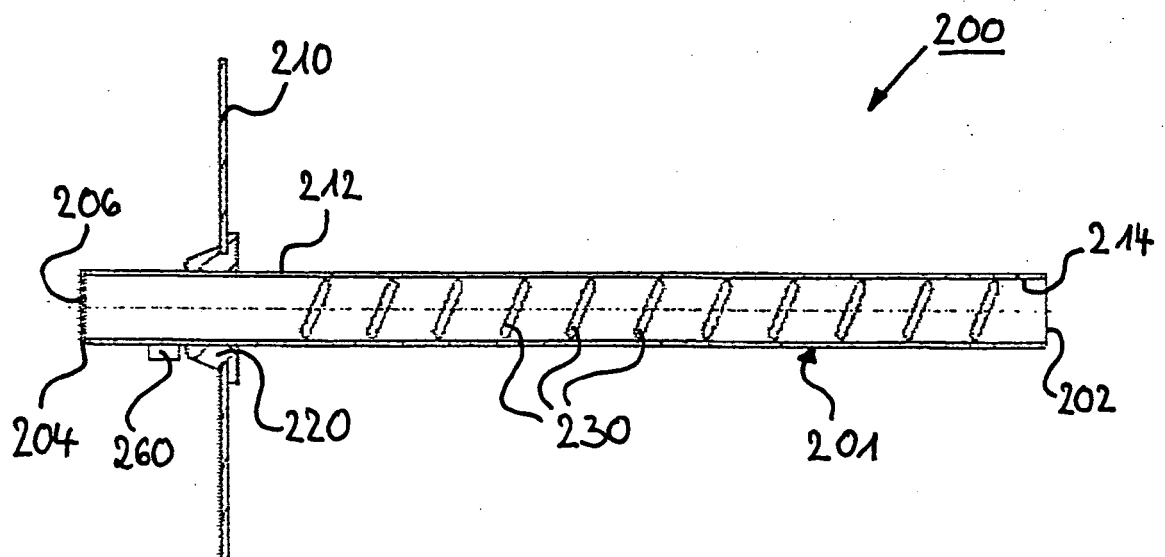


Fig. 2b

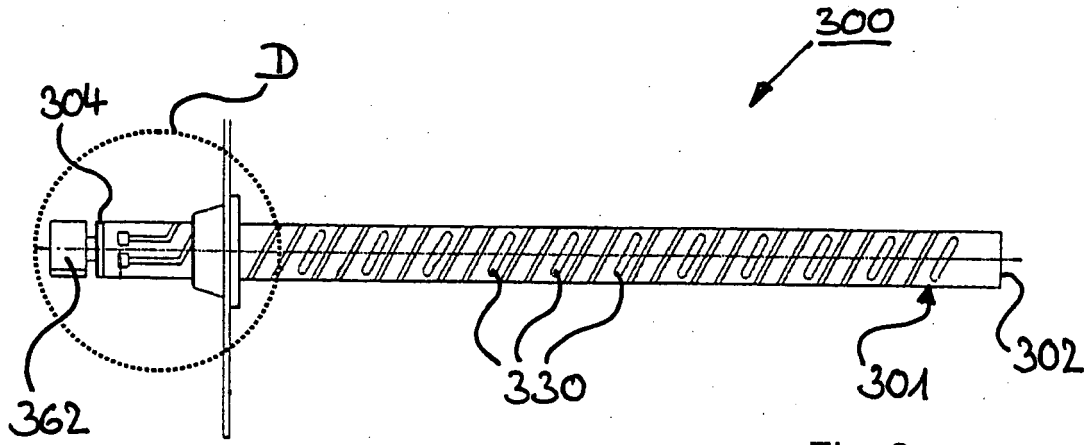


Fig. 3a

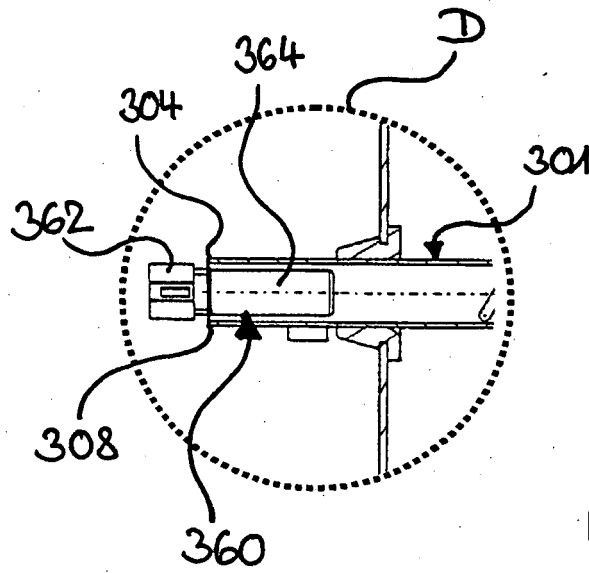


Fig. 3b

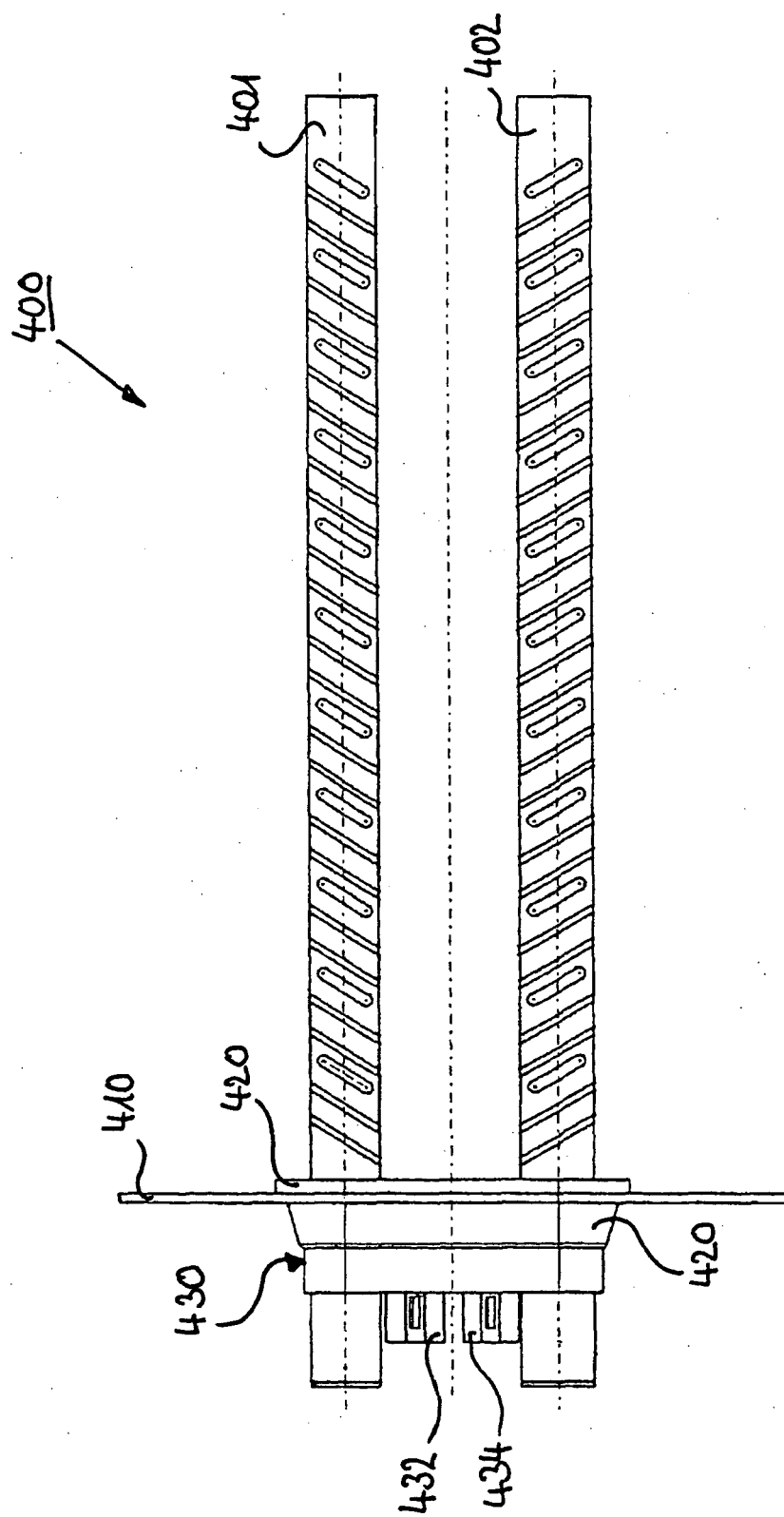


Fig. 4

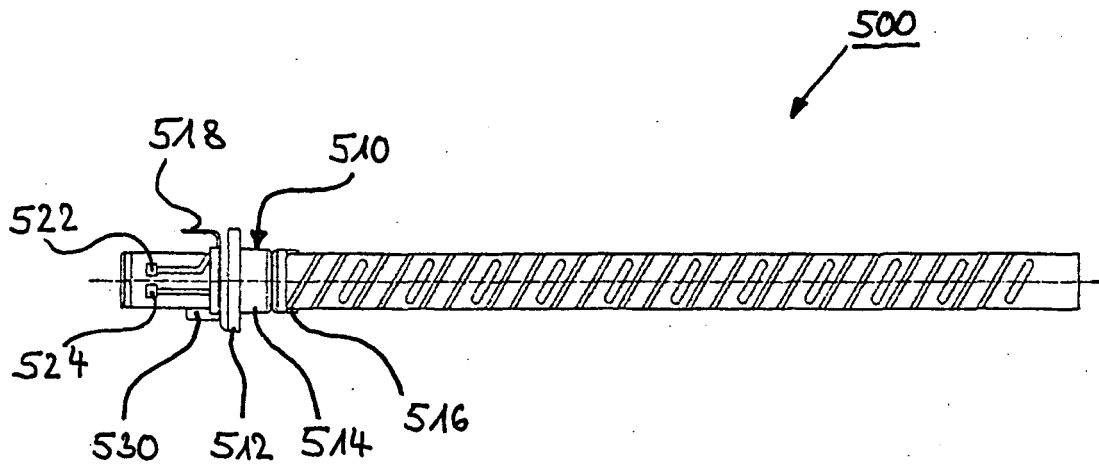


Fig. 5a

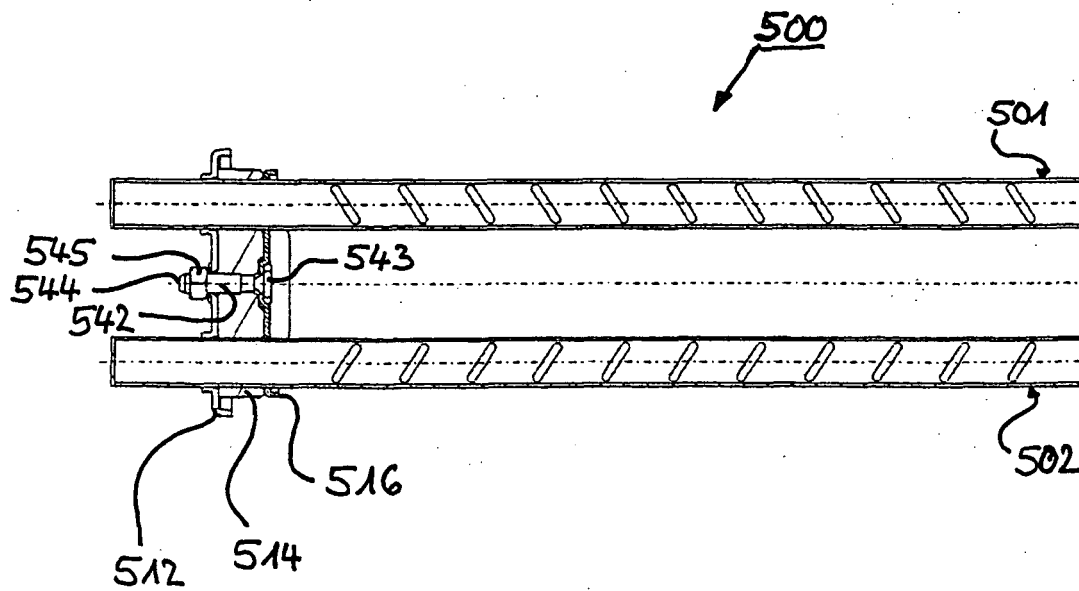


Fig. 5b

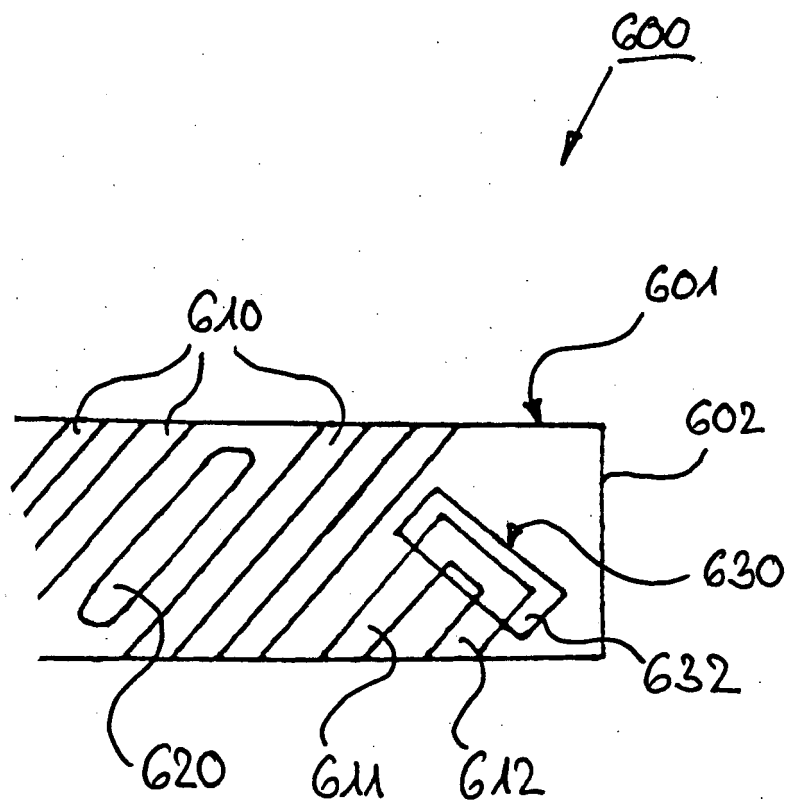


Fig. 6

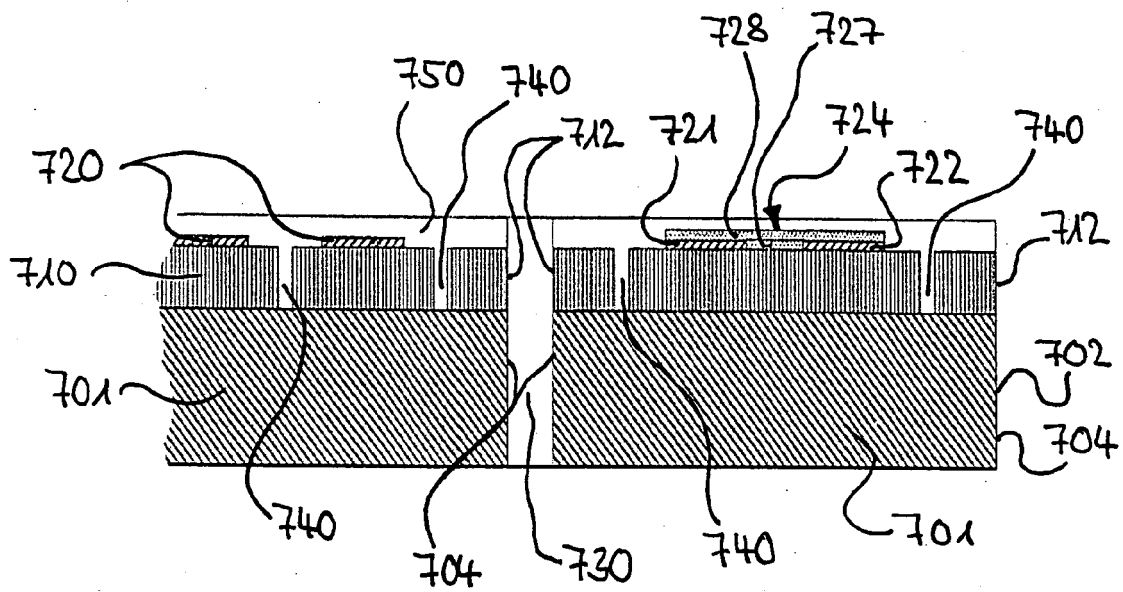


Fig. 7a

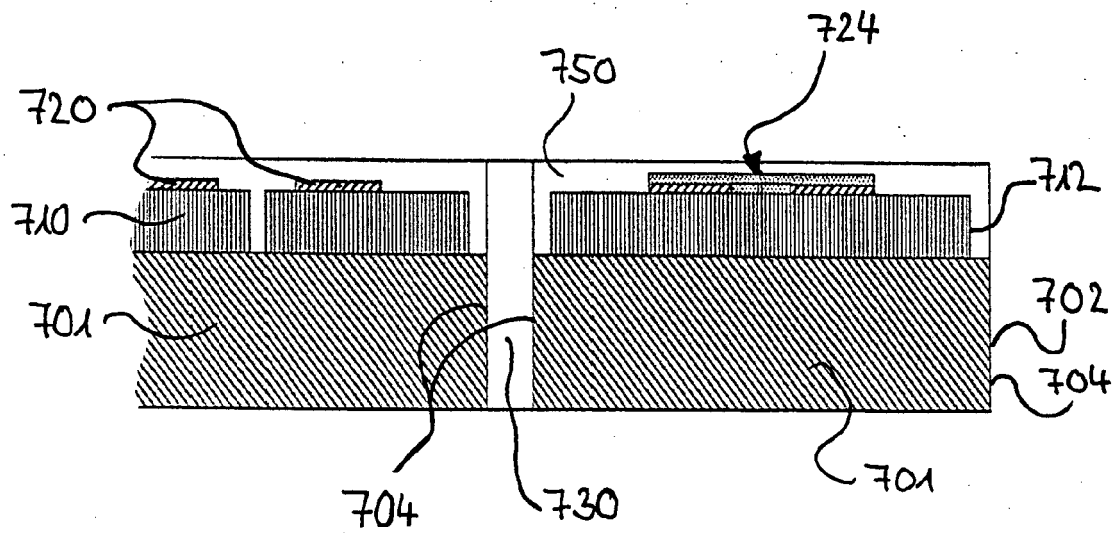


Fig. 7b

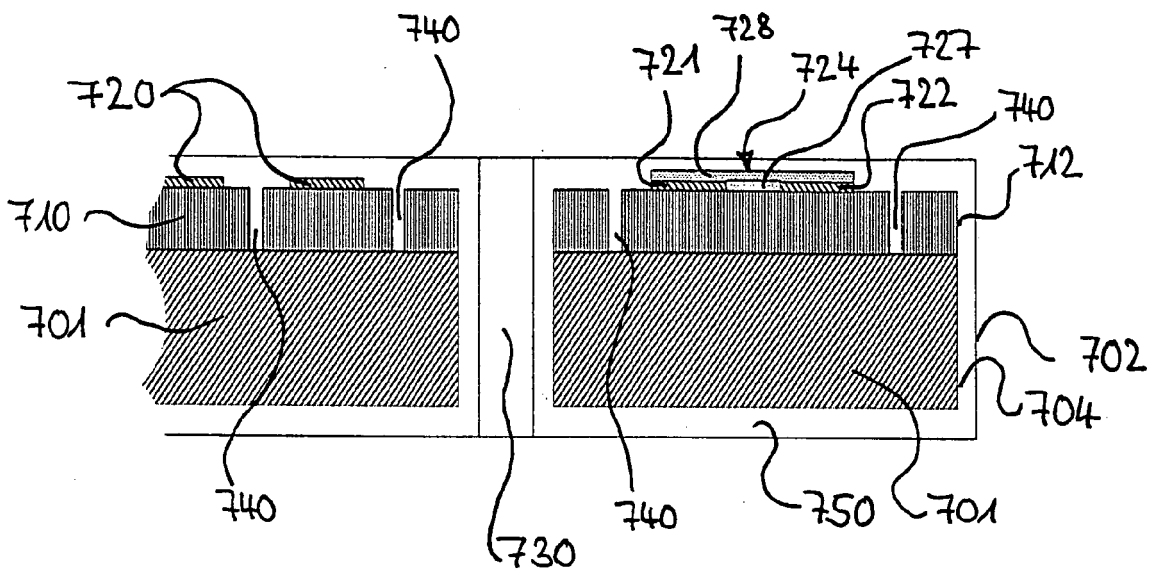


Fig. 7c

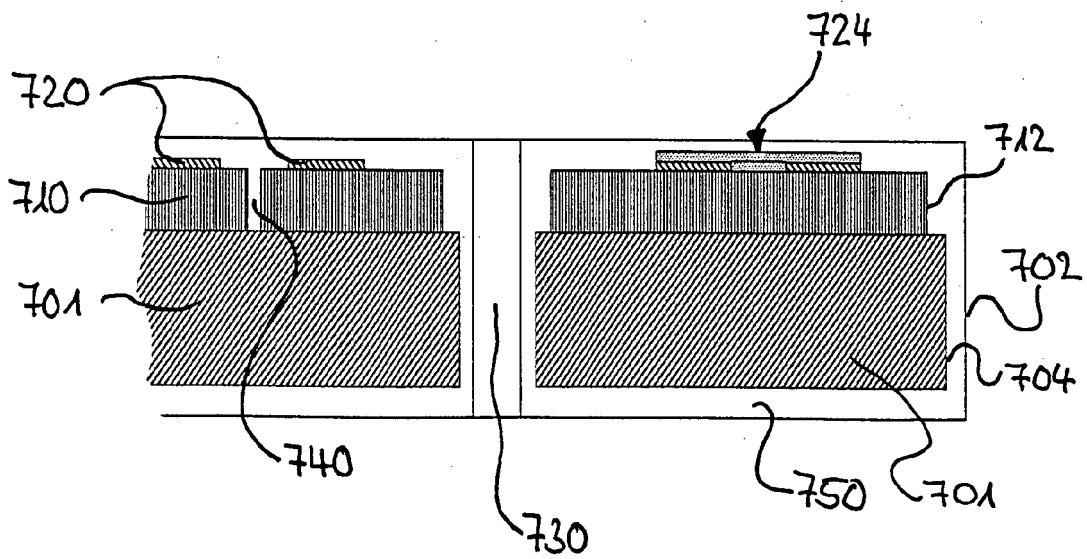


Fig. 7d

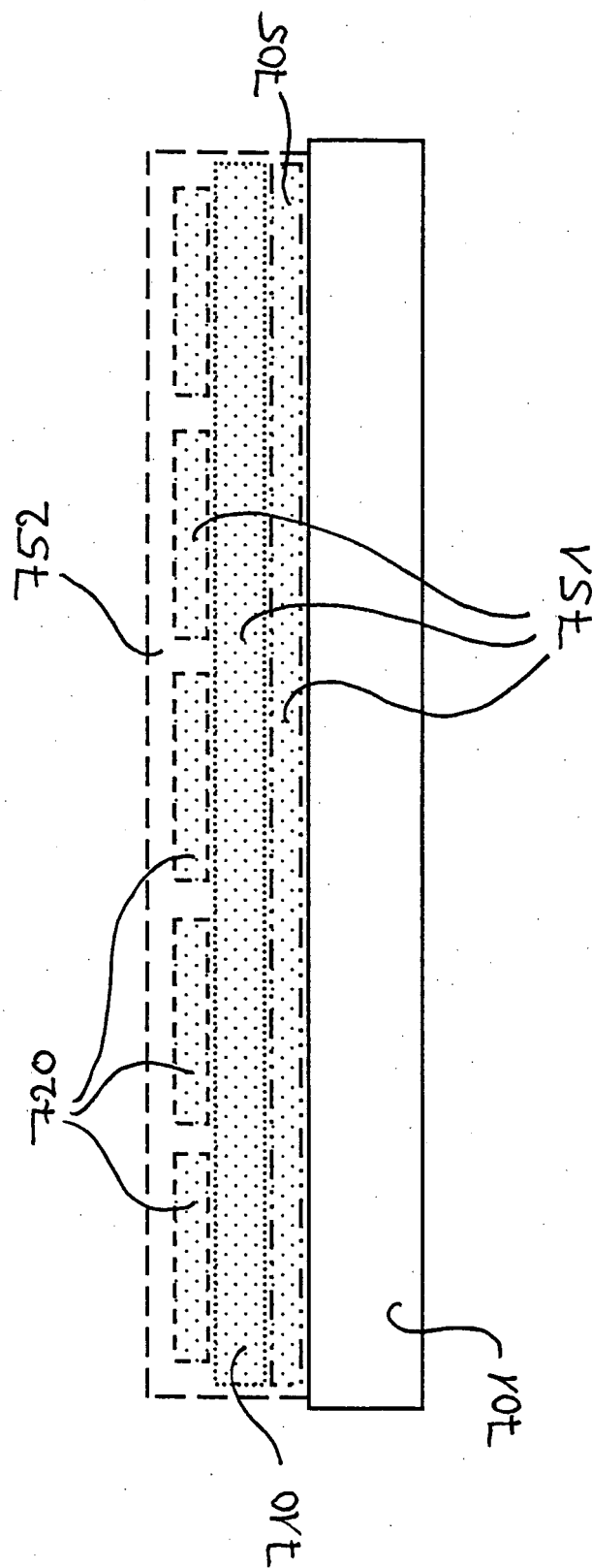


Fig. 7e

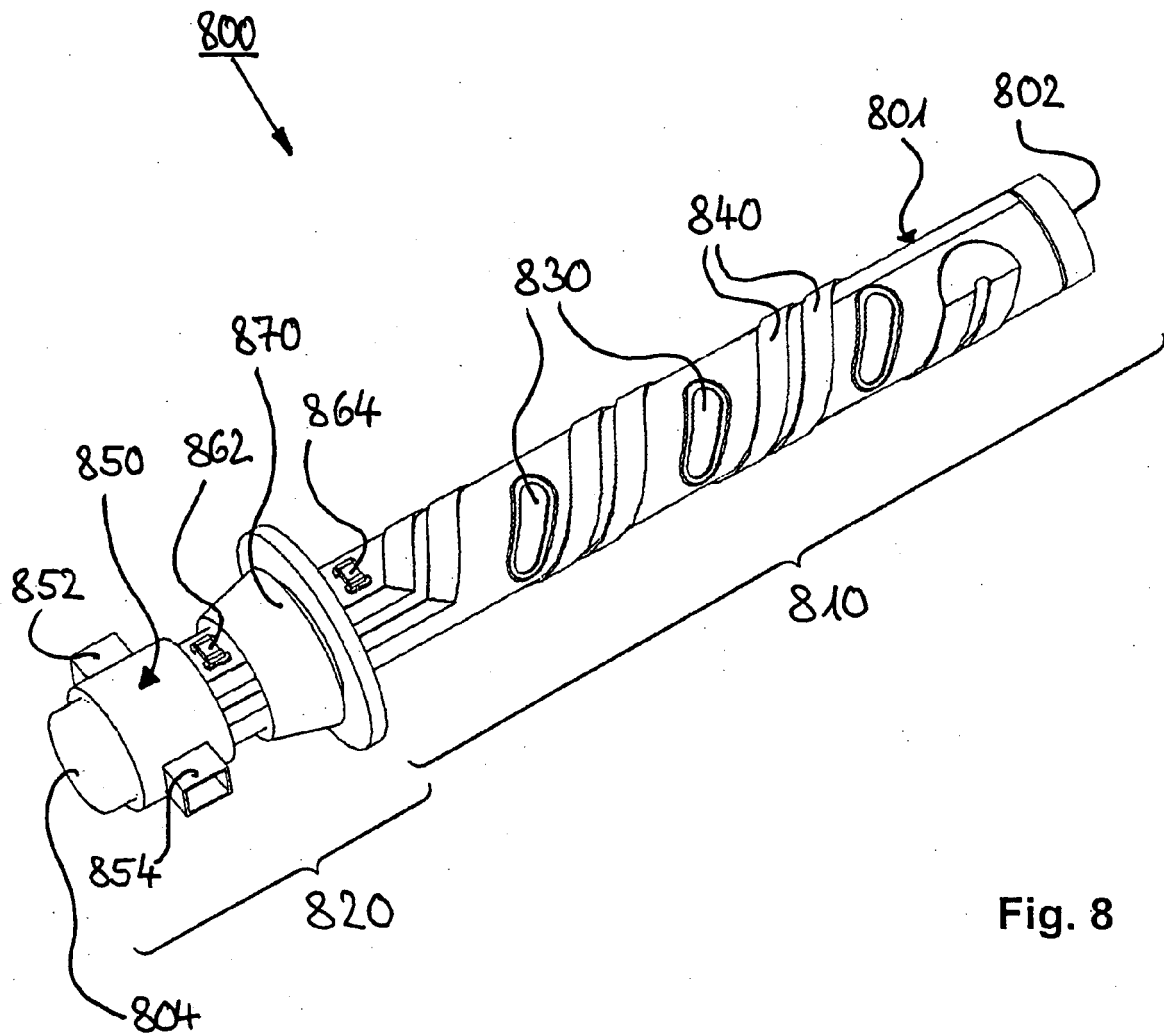


Fig. 8