



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 550 353 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.12.2006 Patentblatt 2006/52**

(21) Anmeldenummer: **03788951.6**

(22) Anmeldetag: **13.10.2003**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2003/011318**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2004/036956 (29.04.2004 Gazette 2004/18)**

(54) **VERBUNDKÖRPER UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

COMPOSITE BODY AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

CORPS COMPOSITE ET PROCEDE DE FABRICATION DUDIT CORPS

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **11.10.2002 DE 10247618**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.07.2005 Patentblatt 2005/27**

(73) Patentinhaber: **Günther GmbH & Co.,  
Metallverarbeitung  
35066 Frankenberg/Eder (DE)**

(72) Erfinder:  
• **GÜNTHER, Herbert  
35108 Allendorf (DE)**

- **KRETSCHMAR, Christel  
01809 Borthen (DE)**
- **PARTSCH, Uwe  
01309 Dresden (DE)**
- **OTSCHIK, Peter  
01728 Possendorf (DE)**

(74) Vertreter: **Buchhold, Jürgen  
Patentanwälte Olbricht & Buchhold,  
Am Weinberg 15  
35096 Weimar/Lahn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 10 004 072 DE-A- 19 908 936**  
**DE-A- 19 941 038 US-A- 4 713 530**  
**US-A- 5 312 241 US-A- 5 973 296**  
**US-A- 6 069 910**

**EP 1 550 353 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Verbundkörper mit einem Grundkörper aus Stahl und einer darauf aufgebracht Heizungsbeschichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 17.

**[0002]** Für verschiedene Anwendungen sind Heizvorrichtungen in Dickschichttechnik entwickelt worden, die als Beschichtung auf der Oberfläche eines Metallsubstrats oder eines Stahlkörpers fest angebracht werden. Die meist aus einer Anordnung von elektrischen Widerstandsbahnen bestehenden Heizelemente sind gegenüber dem Metallsubstrat bzw. dem Stahlkörper durch eine Isolationsschicht aus dielektrischem Material oder einer Glaskeramik elektrisch isoliert. Sämtliche Schichten werden nach dem Auftragen durch Einbrennen zu einem Schichtverbund verfestigt, der zusammen mit dem Stahlkörper einen Verbundkörper bildet. Beispiele hierfür sind in DE-A1-35 36 268 oder DE-A1-35 45 445 beschrieben.

**[0003]** Probleme ergeben sich immer dann, wenn der Stahlkörper eine runde oder gewölbte Oberfläche aufweist und gehärtet werden muß, wie dies beispielsweise bei Heißkanalsystemen in Spritzgießwerkzeugen oft der Fall ist. Letztere besitzen gewöhnlich ein verzweigtes Netz von Verteilerkanälen und Heißkanaldüsen mit aus Stahl gefertigten Materialrohren, die je nach Anwendungsfall extrem hohen Innendrücken ausgesetzt sein können. Damit sich die heiße Masse im Verteilersystem nicht vorzeitig abkühlt, sind die Materialrohre umfangsseitig mit einer Heizvorrichtung versehen.

**[0004]** WO-A1-00 23 245 schlägt hierzu vor, die Heizvorrichtung im sogenannten Fine-Film-Printing-Verfahren aufzubringen, wobei die einzelnen Schichten mittels eines Dispensers aufgetragen werden. Ein solches Verfahren ist relativ aufwendig, weil die Kanüle des Dispensers für das Aufbringen der Isolations- und Deckschichten die gesamte Oberfläche der Keramikhülse bzw. des Materialrohrs exakt abfahren muß, um in sich geschlossene Schichten zu erzeugen. Letztere weisen folglich nicht immer eine einheitliche Dicke bzw. Dichte auf, so daß Rißbildungen kaum zu vermeiden sind.

**[0005]** Ein weiterer Nachteil ergibt sich im Betrieb des Heißkanalsystems, wenn nämlich das Materialrohr bei Betriebstemperatur der durch den Spritzgießprozeß technologisch bedingten pulsierenden Innendruckbelastung ausgesetzt wird. Diese Belastung und die zum Erreichen der Betriebstemperaturen erforderliche Erwärmung der Strömungskanal-Wandung auf Temperaturen zwischen 300 und 450 °C führen zu elastischen Dehnungsvorgängen, die unmittelbar auf die Heizung übertragen werden. Deren Schichten können ganz rasch in den Bereich von Zugspannungen gelangen, was zu Rissen in der Isolierschicht, zu Kurzschlüssen oder gar zum Abplatzen der gesamten Heizung führen kann.

**[0006]** Um dem zu begegnen, hat man die Heizungsbeschichtung auf einem ungehärteten Stahl(hilfs)körper aufgebracht, der anschließend auf das Materialrohr auf-

gesetzt wird. Eine solche separate Heizung besitzt jedoch keinen unmittelbaren Festkörperkontakt mit dem Materialrohr, was zu einem hohen Wärmeübergangswiderstand und damit zu einem wenig effizienten Wärmeübergang von dem Heizelement auf den rohrförmigen Strömungskanal führt. Dies wiederum beeinflusst die gesamte Temperatureinstellung und den damit verbundenen Regelungsaufwand.

**[0007]** Aus DE-A1-199 41 038 ist es bekannt, das Heizschichtsystem direkt auf das Materialrohr aufzubringen und derart auszubilden, daß es nach dem Einbrennen (Formieren) gegenüber der Materialrohrwandung unter einer definierten Druckvorspannung steht. Diese wird erzeugt, indem in Abhängigkeit von den dehnungsrelevanten Kenngrößen des Heißkanalrohres eine spezifische Fehlanpassung des linearen Ausdehnungskoeffizienten der glaskeramischen Isolationsschicht an den entsprechenden Wert des metallischen Heißkanalrohres vorgegeben wird. Eine solche spannungstolerante Verbindung hält den elastischen Dehnungsvorgängen im Materialrohr in Grenzen durchaus stand. Bei hohen Belastungen können jedoch weiterhin Risse oder sonstige Beschädigungen in der Isolationsschicht auftreten.

**[0008]** Ziel der Erfindung ist es, diese und weitere Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und einen Stahlkörper mit einer Heizungsbeschichtung zu versehen, die selbst Extrembelastungen dauerhaft standhält. Angestrebt wird insbesondere ein ebenso kostengünstiges wie leicht zu realisierendes Verfahren zum rißfreien Aufbringen der einzelnen, Temperaturwechseln ausgesetzter Schichten auf einem rohrförmigen oder gewölbten Stahlkörper. Insbesondere soll auf einem Materialrohr einer Heißkanaldüse eine Heizungsbeschichtung dauerhaft funktionstüchtig sein.

**[0009]** Hauptmerkmale der Erfindung sind im kennzeichnenden Teil der Ansprüche 1 und 13 angegeben. Ausgestaltungen sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 12 und 14 bis 24.

**[0010]** Als Lösung sieht die Erfindung laut Anspruch 1 vor, daß bei einem Verbundkörper mit einem Grundkörper aus Stahl und einer darauf aufgetragenen Heizungsbeschichtung der Grundkörper aus einem ausscheidungshärtenden Stahl gefertigt ist.

**[0011]** Ausscheidungshärtende Stähle haben die Eigenschaft, daß sich beim Abkühlen intermetallische Ausscheidungen bilden, die neben der rein temperaturbedingten Volumenreduktion zu einer weitergehenden Reduzierung des Stahlkörpervolumens führen. Ein ausscheidungshärtender Stahl schrumpft daher beim Auslagerungsprozeß, so daß die Druckvorspannung einer zuvor auf der Oberfläche eines Grundkörpers aufgetragenen Heizungsbeschichtung nach dem Härten verstärkt wird. Die Beschichtung ist stets dauerhaft fest mit der Stahlkörperoberfläche verbunden, selbst wenn der Verbundkörper extrem hohen Temperatur- oder Druckbelastungen ausgesetzt wird.

**[0012]** Durch die Verwendung von hochlegierten Stählen gemäß Anspruch 2 läßt sich die Größe und Verteilung

der Druckvorspannung innerhalb der Isolationsschicht besonders präzise einstellen, was vor allem dann wichtig ist, wenn der Stahlkörper eine runde oder gewölbte Oberfläche zur Aufnahme der Isolationsschicht aufweist, oder wenn der Stahlkörper eine rohrförmige Gestalt hat und die Heizungsbeschichtung auf der Außenwandung aufzubringen ist.

**[0013]** Der Grundkörper ist ein Verteiler- oder Materialrohr eines Heißkanalsystems. Gerade im Bereich der Heißkanaltechnik ist es wichtig, daß die einem Formnest zuzuführende Spritzgußmasse bis in den Düsen- bzw. Anschnittbereich hinein präzise und gleichmäßig temperiert ist. Risse in der Heizungsbeschichtung würden sofort zum Ausfall der Düse und zu Unterbrechungen im Fertigungsprozeß führen, was jedoch durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Verbundkörpers wirksam vermieden wird.

**[0014]** Bevorzugt ist die Heizungsbeschichtung laut Anspruch 3 ein aus mehreren Schichten und/oder Schichtelementen aufgebauter Schichtverbund, der gemäß Anspruch 4 eine auf dem Grundkörper aufgebraachte Isolationsschicht aufweist. Letztere ist im Einklang mit Anspruch 5 eine keramische bzw. glaskeramische Isolationsschicht, die je nach Auftragsmethode und gewünschter Schichtdicke aus einer oder - wie Anspruch 6 vorsieht - aus zwei oder mehr Einzelschichten bestehen kann. Auf der Isolationsschicht ist gemäß Anspruch 7 eine Anordnung von Widerstandselementen aufgebracht. Letztere bilden eine Heizung, die zum Schutz der Widerstandsbahnen zumindest abschnittsweise von einer isolierenden Deckschicht abgedeckt ist (Anspruch 8).

**[0015]** Fertigungstechnisch ist es günstig, wenn die Isolationsschicht, die Widerstandselemente und/oder die Deckschicht laut Anspruch 9 eingebrannte Dispersionen, beispielsweise Dickschicht-Pasten sind. Diese lassen sich gleichmäßig und präzise aufbringen, was für die spätere Haftfestigkeit und Funktionsfähigkeit der Heizung wichtig ist. Alternativ können die einzelnen Schichten bzw. Teilschichten der Heizungsbeschichtung gemäß Anspruch 10 auch als eingebrannte Folien ausgebildet sein.

**[0016]** Um sowohl die Temperaturverteilung als auch deren Entwicklung innerhalb der Heizung bzw. innerhalb des Grundkörpers ermitteln zu können, sieht die Ausbildung von Anspruch 11 vor, daß in der Ebene der Heizungsbeschichtung wenigstens ein Temperaturfühler angeordnet ist. Dieser ist mithin im Schichtverbund untergebracht, was zu keiner merklichen Volumenzunahme führt. Gleichzeitig lassen sich Temperaturveränderungen äußerst zeitnah und präzise erfassen.

**[0017]** Laut Anspruch 12 sind in der Heizungsbeschichtung Anschlußkontakte für die Widerstandselemente und/oder die Temperaturfühler integriert. Die gesamte Heizung kann dadurch unmittelbar in einen Regelungsschaltkreis integriert werden.

**[0018]** Weitere wichtige Vorteile ergeben sich bei der Verwendung eines erfindungsgemäßen Verbundkörpers als außenbeheiztes Materialrohr in einem Heißkanalver-

teiler und/oder einer Heißkanaldüse Das stoffschlüssige Aufbringen der Heizung in Schichten sorgt für eine dauerhaft feste Verbindung mit der Wandung des Grundkörpers und damit für einen festen Halt auf dem Heißkanalverteiler oder der Heißkanaldüse. Darüber hinaus vermeidet die Erfindung äußerst wirkungsvoll ein Abplatzen oder Lösen der Heizung, indem nämlich die Druckvorspannung in der Heizungsbeschichtung durch Ausscheidungshärten des Grundkörpers gezielt erhöht wird.

**[0019]** Aufgrund der durch die Direktbeschichtung erzielten geringen Dickenabmessungen nimmt die Heizungsbeschichtung insgesamt nur wenig Raum ein, so daß sich im Vergleich zu herkömmlichen Heizvorrichtungen bei nahezu gleichen Leistungsmerkmalen äußerst kompakte Bauformen realisieren lassen. Zudem kann die Leistungsdichte deutlich erhöht werden, weil die Wärme direkt auf der Oberfläche des zu beheizenden Heißkanaletements erzeugt und abgenommen wird. Eine Überhitzung der meist empfindlichen Heizelemente wird zuverlässig vermieden.

**[0020]** Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Verbundkörpers mit einem Grundkörper aus Stahl und einer darauf aufgebraachten Heizungsbeschichtung, für das selbständiger Schutz beansprucht wird, sieht die Erfindung laut Anspruch 13 vor, dass eine zuvor in der Heizungsbeschichtung erzeugte Druckvorspannung durch Ausscheidungshärten des Grundkörpers verstärkt wird.

**[0021]** Diese ebenso einfach wie kostengünstig zu realisierende Verfahrensweise führt zu einer dauerhaft festen Verbindung zwischen dem Grundkörper und der Heizungsbeschichtung, denn letztere wird durch die beim Abkühlen im Härtingsprozeß entstehende Kontraktionsbewegung des Grundkörpers in definierbaren Grenzen nochmals kontrahiert, wodurch eine besonders wirksame spannungstolerante Verbindung entsteht. Sämtliche Schichten bzw. Teilschichten der Heizung besitzen eine außerordentlich gute Haftfestigkeit. Insbesondere die Isolationsschicht hält selbst extremen mechanischen und thermischen Belastungen dauerhaft stand, so daß stets optimale Produktionsergebnisse gewährleistet sind.

**[0022]** Gemäß Anspruch 14 wird jede Schicht bzw. jedes Schichtelement der Heizungsbeschichtung auf dem Grundkörper aufgebracht, getrocknet und eingebrannt bzw. formiert, wobei der Verbundkörper nach jedem Einbrennprozeß auf Raumtemperatur abgekühlt wird. Auf diese Weise lassen sich sämtliche Verfahrensparameter individuell an die jeweilige Heizungsschicht anpassen, die - je nach Leistungsanforderung - stets optimal aufgebracht werden kann.

**[0023]** Die Erfindung sieht ferner in Anspruch 15 vor, daß die Stahllegierung des Grundkörpers während dem Einbrennprozeß homogenisiert bzw. lösungsgeglüht wird, was sich besonders günstig auf die Verfahrensökonomie auswirkt. Dazu trägt auch Anspruch 16 bei, wenn nämlich die Einbrenntemperatur gleich der Temperatur für das Homogenisieren bzw. Lösungsglühen des Grundkörpers ist. Während die einzelnen Schichten bzw.

Schichtelemente der Heizungsbeschichtung formiert werden, entstehen durch das Lösungsglühen stabile homogene Mischkristalle ( $\alpha$ -Kristalle). Separat zu kontrollierende Fertigungsschritte sind nicht mehr notwendig.

**[0024]** Von besonderem Vorteil ist die Ausgestaltung von Anspruch 17, wonach die einzelnen Schichten mittels Siebdruck, mittels Dispensen, durch Tauchen oder durch Sprühen aufgetragen werden können. Mithin kann man für jede Schicht das jeweils optimale Verfahren auswählen. Sämtliche Schichtparameter wie Schichtdicke, Dichte, Form u.dgl. lassen sich gleichmäßig und präzise einstellen, so daß eine stets funktionsfähige Heizungsbeschichtung entsteht.

**[0025]** In der Ausbildung von Anspruch 18 wird jede Schicht bzw. jedes Schichtelement unter Luftatmosphäre eingebrennt bzw. formiert, wobei die Einbrenntemperatur laut Anspruch 19 zwischen 750 °C und 900 °C liegt.

**[0026]** Anspruch 20 sieht vor, daß die Oberfläche des Grundkörpers vor dem Aufbringen der Heizungsbeschichtung aufgeraut wird, beispielsweise mittels Sandstrahlen. Hierdurch wird die mechanische Haftung der Isolationsschicht verbessert. Die chemische Haftung läßt sich optimieren, indem der Grundkörper laut Anspruch 21 vor dem Aufbringen der Beschichtung gereinigt und oxidiert wird.

**[0027]** Nach dem Aufbringen der Heizungsbeschichtung wird die Stahllegierung des Grundkörpers in Einklang mit Anspruch 22 durch erneutes Glühen ausgelagert bzw. gealtert. Hierdurch bilden sich feine intermetallische Ausscheidungen, die zu einer gezielten Reduzierung des Grundkörpervolumens führen. Mithin entsteht innerhalb der auf dem Grundkörper aufgetragenen Heizungsbeschichtung eine Druckspannung, die in der Lage ist, mechanische Belastungen des Grundkörpers dauerhaft auszugleichen, beispielsweise die Innendruckbelastungen eines Materialrohrs einer Heißkanaldüse.

**[0028]** Wichtig hierbei ist, daß die Auslagerungstemperatur laut Anspruch 23 kleiner ist als die Einbrenntemperatur für die einzelnen Schichten der Heizungsbeschichtung. Hierdurch wird weder die Formierung der einzelnen Schichten bzw. Schichtelemente der Heizungsbeschichtung noch deren Zusammenhalt gestört. Ferner wird die Druckvorspannung in der Heizungsbeschichtung optimal erhöht, ohne daß deren Leistungsparameter oder Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird. Der gesamte Prozeß läßt sich mit einfachen Mitteln präzise steuern, wodurch die Verfahrenskosten gering bleiben.

**[0029]** Zweckmäßig wird der Auslagerungsprozeß laut Anspruch 24 unter Luft- oder Stickstoffatmosphäre durchgeführt.

**[0030]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen.

**[0031]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendet man als Ausgangsmaterial für die Herstellung des Grundkörpers einen mit Ni, Co, Mo, Ti

und/oder Al hochlegierten, ausscheidungshärtenden Stahl, beispielsweise X 3 Cr Ni Al Mo 12 9 2 1. Der Grundkörper bildet beispielsweise ein Materialrohr mit einer runden Oberfläche für eine außenbeheizte Heißkanaldüse, die in einem Spritzgießwerkzeug Verwendung findet.

**[0032]** Auf dem Grundkörper wird eine Heizungsbeschichtung aufgebracht. Diese besteht aus einer unmittelbar auf dem Grundkörper liegenden glaskeramischen Isolierschicht, einer darauf aufgetragenen Anordnung von Widerstandsbahnen als Heizelement und einer darüber liegenden Deckschicht, um die Heizung gegen Einflüsse von außen zu schützen. Heizungsbeschichtung und Grundkörper sind unlösbar miteinander verbunden und bilden mithin einen Verbundkörper.

**[0033]** Das Ausscheidungshärten des Materialrohrs erfolgt gewöhnlich in 2 Schritten, nämlich dem Lösungsglühen der Legierung und dem anschließenden Auslagern bzw. Altern,

**[0034]** Zuvor werden jedoch die einzelnen Schichten bzw. Schichtelemente der Heizungsbeschichtung in Form von Dickschichtpasten aufgetragen und eingebrennt bzw. formiert, wobei gleichzeitig mit dem Einbrennen der Dickschichtpasten das Lösungsglühen der Metalllegierung durchgeführt wird.

**[0035]** Zu Beginn des Verfahrens wird der noch ungehärtete Stahlkörper nach Abschluß der mechanischen Bearbeitung zunächst sandgestrahlt, um die mechanischen Haftungseigenschaften für die Heizungsbeschichtung zu verbessern, wobei eine bestimmte Oberflächenrauheit einzuhalten ist. Anschließend wird das Materialrohr mit Ethanol und warmer Salpetersäure (HN03) gereinigt und bei etwa 850 °C oxidiert. Hierdurch entsteht ein dünner Oxidfilm auf der Oberfläche des Grundkörpers, der die Haftung der Isolationsschicht verbessert.

**[0036]** Nach Abschluß der Vorbehandlung wird die Heizungsbeschichtung hergestellt.

**[0037]** Das Ausgangsmaterial für die Isolationsschicht ist bevorzugt eine Dispersion, insbesondere eine elektrisch isolierende Dickschichtpaste, die mit gleichmäßiger Dicke im Siebdruckverfahren auf die Grundkörperoberfläche aufgedruckt wird. Bevorzugt werden nacheinander vier Einzelschichten aufgetragen, wobei jede Schicht separat getrocknet wird. Ist die gewünschte Schichtdicke erreicht, wird das Materialrohr mit der Isolationsschicht in einem geeigneten Brennofen unter Luftatmosphäre bei etwa 850 °C formiert, so daß ein in sich homogenes Glaskeramikgefüge entsteht.

**[0038]** Die Einbrenntemperatur entspricht hierbei der Temperatur, die für das Homogenisieren bzw. Lösungsglühen des Grundkörpers erforderlich ist. Beide Prozesse - Einbrennen und Lösungsglühen - finden mithin zeitgleich statt.

**[0039]** Ferner wird durch eine spezifische Fehlanpassung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Isolationsschicht an den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Materialrohrs beim Einbrennen der Isolationsschicht innerhalb dieser eine me-

chanische Druckvorspannung erzeugt. Die hierdurch entstehende spannungstolerante Verbindung im Verbundkörper setzt die Isolationsschicht als Trägerschicht der Heizung bereits in die Lage, den durch den Spritzgießprozeß technologisch bedingten pulsierenden Innendruckbelastungen im Materialrohr in gewissen Grenzen standzuhalten, ohne daß Risse oder Beschädigungen an der Heizung auftreten.

[0040] Hat sich der Grundkörper mit der eingebrannten Isolationsschicht auf Raumtemperatur abgekühlt, werden zunächst die Anschlußkontakte für die stromleitenden Widerstandselemente und gegebenenfalls für einen Temperaturfühler aufgetragen und getrocknet. Ausgehend von den Anschlußkontakten werden die meist mäander- oder spiralförmigen Widerstandsbahnen für die Heizung sowie für den Temperaturfühler aufgetragen, wobei man hierzu - ebenso wie für die Anschlußkontakte - elektrisch leitfähige Pasten verwendet, die entweder im Siebdruckverfahren oder mit einem Dispenser auf der Isolierschicht aufgetragen werden. Die Trocknung erfolgt jeweils nach dem Auftrag der Einzelschichten. Alle leitfähigen Schichtelemente werden anschließend gemeinsam gebrannt und auf Raumtemperatur abgekühlt. Auch hierbei wird der Grundkörper erneut lösungsgeglüht, was jedoch noch keine endgültige Auswirkung auf dessen Gefüge hat.

[0041] Die Deckschicht ist ebenfalls eine elektrisch isolierende Glaskeramik, die im Siebdruckverfahren auf den Widerstandselementen, den Anschlußkontakten und der in Teilbereichen noch freiliegenden Isolationsschicht aufgedruckt, getrocknet und sodann bei etwa 750 bis 900 °C formiert wird.

[0042] Nach dem letzten Einbrennprozeß wird der Grundkörper mitsamt der bereits aufgetragenen Heizungsbeschichtung unter Stickstoffatmosphäre erneut auf etwa 525 °C erwärmt und für eine definierte Zeit bei dieser Temperatur gehalten. Nach Ablauf der Haltezeit wird der Verbundkörper abgekühlt, vorzugsweise mit einer Abkühlrate von 10 K/min.

[0043] Der ausscheidungshärtende Stahl schrumpft während der Härtung bei 525 °C um etwa 0,07% allseitig und beim Abkühlen nochmals um etwa 11 ppm/K, wodurch die zuvor aufgetragenen und formierten Schichten der Heizung weiter unter Druckspannung gesetzt werden. Die Ausscheidungshärtung führt mithin zu einer zusätzlichen Druckvorspannung, so daß die gesamte Heizungsbeschichtung selbst extremen Temperatur- und Innendruckbelastungen im Materialrohr dauerhaft standhalten kann. Die Heißkanaldüse wird durch die stoffschlüssig aufgetragene Heizung in jedem Verfahrensstadium stets optimal temperiert.

[0044] Die nach dem Härtungsprozeß erreichte Härte des Grundkörpers beträgt etwa HRC 52.

[0045] Der Temperaturfühler liegt bevorzugt in der gleichen Ebene wie die Widerstandsbahnen der Heizung. Er ist mithin ebenso wie die Anschlußkontakte in der Heizungsbeschichtung integriert. Letztere bildet einen aus mehreren Schichten bzw. Schichtelementen

aufgebauten Schichtverbund, der in unlösbarer Verbindung mit dem Grundkörper einen beheizbaren Verbundkörper bildet.

[0046] Aufgrund des hohen TKR kann auch der Heizwiderstand selbst als Temperatursensor dienen. Hierzu werden Spannungsabgriffe aus gewünschten Regionen der mäander- oder spiralförmig verlaufenden Widerstandsbahnen nach außen geführt. Bei bekanntem Strom kann über die ermittelte Teilspannung die Temperatur in dem betreffenden Bereich ermittelt werden.

[0047] Die Erfindung ist nicht auf eine der vorbeschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern in vielfältiger Weise abwandelbar. So können einzelne oder alle Schichten bzw. Schichtelemente der Heizungsbeschichtung auch durch Sprühen oder Tauchen aufgetragen werden. Alternativ lassen sich aber auch Folien verwenden, die in gleicher Weise wie die Dickschichtpasten eingebrannt werden.

[0048] Die Stahllegierung des Grundkörpers kann auch ein Nickel-Kobalt-Warmarbeitsstahl sein. Wichtig ist, daß der Stahl im Hinblick auf das Einbrennen bzw. Sintern der Heizungsbeschichtung für eine Spitzentemperatur von bis zu 850 bis 900 °C geeignet ist. Er muß ferner unter Einsatzbedingungen Temperaturen von bis zu 450 °C sowie Innendruckbelastungen von bis zu 2000 bar aushalten.

[0049] Man erkennt, daß als Ausgangsmaterial für den Stahlkörper ausscheidungshärtende Stähle verwendet werden. Bei diesen finden - anders als bei der üblichen Härtung über Kohlenstoffmartensit - intermetallische Ausscheidungen statt, die sich über die Legierungswahl exakt steuern lassen. Die beim Aushärten eintretende Kontraktion vergrößert die Druckspannung in der Isolationsschicht bzw. in der gesamten Heizungsbeschichtung, was die Haltbarkeit und die Funktionssicherheit der Heizung wesentlich verbessert.

[0050] Normalhärtende Stähle können all dies nicht leisten, es sei denn man kühlt den Stahlkörper mit kritischer Abkühlgeschwindigkeit ab. Die erforderliche hohe Temperatur und die hohe Abkühlrate zerstören aber die Heizbeschichtung, was die Erfindung auf einfache und kostengünstige Weise vermeidet.

#### 45 Patentansprüche

1. Verbundkörper mit einem Grundkörper aus Stahl und einer darauf aufgetragenen Heizungsbeschichtung, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Grundkörper ein Verteiler- oder Materialrohr eines Heißkanalsystems ist, wobei der Grundkörper aus einem ausscheidungshärtenden Stahl gefertigt ist.
2. Verbundkörper nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl ein hochlegierter Stahl ist.
3. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Heizungsbe-

- schichtung ein aus mehreren Schichten und/oder Schichtelementen aufgebauter Schichtverbund ist.
4. Verbundkörper nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Heizungsbeschichtung eine auf dem Grundkörper aufgebrachte Isolationsschicht aufweist. 5
5. Verbundkörper nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolationsschicht eine Keramik oder eine Glaskeramik ist. 10
6. Verbundkörper nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolationsschicht aus wenigstens zwei Einzelschichten besteht. 15
7. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf der Isolationsschicht eine Anordnung von Widerstandselementen aufgebracht ist. 20
8. Verbundkörper nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Widerstandselemente zumindest abschnittsweise von einer isolierenden Deckschicht abgedeckt sind. 25
9. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolationsschicht, die Widerstandselemente und/oder die Deckschicht eingebrannte Dispersionen, beispielsweise Dickschicht-Pasten sind. 30
10. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolationsschicht, die Widerstandselemente und/oder die Deckschicht eingebrannte Folien sind. 35
11. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 3 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Ebene der Heizungsbeschichtung wenigstens ein Temperaturfühler integriert ist. 40
12. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Heizungsbeschichtung Anschlußkontakte für die Widerstandselemente und/oder die Temperaturfühler integriert sind. 45
13. Verfahren zum Herstellen eines Verbundkörpers mit einem Grundkörper aus Stahl und einer darauf aufgetragenen Heizungsbeschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12. **dadurch gekennzeichnet, daß** eine zuvor in der Heizungsbeschichtung erzeugte Druckvorspannung durch Ausscheidungshärten des Grundkörpers verstärkt wird. 50
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede Schicht bzw. jedes Schichtelement der Heizungsbeschichtung auf dem Grundkörper aufgebracht, getrocknet und eingebrannt bzw. formiert wird und daß der Verbundkörper nach jedem Einbrennprozeß auf Raumtemperatur abgekühlt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stahllegierung des Grundkörpers während dem Einbrennprozeß homogenisiert bzw. lösungsgelüht wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einbrenntemperatur gleich der Temperatur für das Homogenisieren bzw. Lösungsglühen des Grundkörpers ist.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schichten bzw. Schichtelemente der Heizungsbeschichtung mittels Siebdruck, mittels Dispensen, durch Tauchen oder durch Sprühen aufgetragen werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede Schicht bzw. jedes Schichtelement unter Luftatmosphäre eingebrannt bzw. formiert wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einbrenntemperatur zwischen 750°C und 900 °C liegt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberfläche des Grundkörpers vor dem Aufbringen der Heizungsbeschichtung aufgeraut wird, beispielsweise mittels Sandstrahlen.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Grundkörper vor dem Aufbringen der Heizungsbeschichtung gereinigt und/oder oxidiert wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21. **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stahllegierung des Grundkörpers nach dem Aufbringen der Heizungsbeschichtung durch Glühen ausgelagert bzw. gealtert wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22. **dadurch gekennzeichnet, daß** die Auslagerungstemperatur kleiner ist als die Einbrenntemperatur für die einzelnen Schichten der Heizungsbeschichtung.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Auslagerung unter Luft- oder Stickstoffatmosphäre durchgeführt wird. 55

**Claims**

1. Composite body comprising a base body made from steel and a heating coating applied thereto, **characterized in that** the base body is a distribution tube or a material tube of a hot runner system, said base body being made from a precipitation hardening steel. 5
2. Composite body according to claim 1, **characterized in that** the steel is a high-alloy steel. 10
3. Composite body according to claim 1 or 2, **characterized in that** the heating coating is a layer composite constituted by several layers and/or layer elements. 15
4. Composite body according to claim 3, **characterized in that** the heating coating comprises an insulating layer applied onto the base body. 20
5. Composite body according to claim 4, **characterized in that** the insulating layer is a ceramic or a glass-ceramic. 25
6. Composite body according to claim 4 or 5, **characterized in that** the insulating layer consists of at least two individual layers. 30
7. Composite body according to any one of claims 4 to 6, **characterized in that** an array of resistance elements is applied onto the insulation layer. 35
8. Composite body according to claim 7, **characterized in that** the resistance elements are covered by an insulating top coat, at least on certain segments. 40
9. Composite body according to any one of claims 4 to 8, **characterized in that** the insulating layer, the resistance elements and/or the top coat are baked dispersions, for instance thick film pastes. 45
10. Composite body according to any one of claims 4 to 8, **characterized in that** the insulating layer, the resistance elements and/or the top coat are baked films. 50
11. Composite body according to any one of claims 3 to 10, **characterized in that** at least one temperature sensor is integrated into the plane of the heating coating. 55
12. Composite body according to any one of claims 3 to 11, **characterized in that** connecting contacts for the resistance elements and/or the temperature sensors are integrated into the heating coating.
13. Method for the production of a composite body comprising a base body made from steel and a heating coating applied thereto according to any one of claims 1 to 12, **characterized in that** a previously generated compressive pre-stress in the heating coating is increased by precipitation hardening of the base body.
14. Method according to claim 13, **characterized in that** each layer and each layer element, respectively, of the heating coating is applied onto the base body, dried and baked or formed, and that following each baking process, the composite body is cooled to room temperature.
15. Method according to claim 13 or 14, **characterized in that** the steel alloy of the base body is homogenized and solution-annealed, respectively, during the baking process.
16. Method according to any one of claims 13 to 15, **characterized in that** the baking temperature is the same as the homogenizing temperature and the solution annealing temperature, respectively, of the base body.
17. Method according to any one of claims 13 to 16, **characterized in that** the layers and layer elements, respectively, of the heating coating are applied by means of screen printing or dispensing, or by immersion or spraying.
18. Method according to any one of claims 13 to 17, **characterized in that** each layer and each layer element, respectively, is baked or formed under air atmosphere.
19. Method according to claim 18, **characterized in that** the baking temperature is between 750 °C and 900 °C.
20. Method according to any one of claims 13 to 19, **characterized in that** the surface of the base body is roughened, for example by sand blasting, before the heating coating is applied.
21. Method according to any one of claims 13 to 20, **characterized in that** the base body is cleaned and/or oxidized before the heating coating is applied.
22. Method according to any one of claims 13 to 21, **characterized in that** the steel alloy of the base body is aged or age hardened by annealing after the heating coating has been applied.
23. Method according to claim 22, **characterized in that** the age hardening temperature is less than the baking temperature for each of the layers of the heating coating.

24. Method according to any one of claims 13 to 23, **characterized in that** age hardening is carried out under air atmosphere or nitrogen atmosphere.

### Revendications

1. Corps composite comprenant un corps de base en acier et un revêtement de chauffage appliqué par-dessus, **caractérisé en ce que** le corps de base est un tube de distribution ou un tube de matière d'un système à canal chaud, ledit corps de base étant fabriqué à partir d'un acier durci par précipitation.
2. Corps composite selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'acier est un acier fortement allié.
3. Corps composite selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le revêtement de chauffage est un composite multi-couches constitué de plusieurs couches et/ou éléments de couche.
4. Corps composite selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le revêtement de chauffage comporte une couche d'isolation appliquée sur le corps de base.
5. Corps composite selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la couche d'isolation est une céramique ou une vitrocéramique.
6. Corps composite selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la couche d'isolation consiste en au moins deux couches individuelles.
7. Corps composite selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce qu'**un ensemble d'éléments de résistance est appliqué sur la couche d'isolation.
8. Corps composite selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les éléments de résistance sont recouverts, au moins sur certains tronçons, d'une couche de recouvrement isolante.
9. Corps composite selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** la couche d'isolation, les éléments de résistance et/ou la couche de recouvrement sont des dispersions cuites, par exemple des pâtes de couche épaisse.
10. Corps composite selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** la couche d'isolation, les éléments de résistance et/ou la couche de recouvrement sont des feuilles cuites.
11. Corps composite selon l'une des revendications 3 à 10, **caractérisé en ce qu'**au moins un capteur de température est intégré dans le plan du revêtement

de chauffage.

12. Corps composite selon l'une des revendications 3 à 11, **caractérisé en ce que** des contacts de connexion pour les éléments de résistance et/ou les capteurs de température sont intégrés dans le revêtement de chauffage.
13. Procédé pour la fabrication d'un corps composite comprenant un corps de base en acier et un revêtement de chauffage appliqué par-dessus selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'**une précontrainte par pression générée auparavant dans le revêtement de chauffage est augmentée à l'aide d'un durcissement par précipitation du corps de base.
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** chaque couche ou chaque élément de couche du revêtement de chauffage est appliqué(e) sur le corps de base, séché(e) et cuit(e) ou façonné(e), et qu'après chaque processus de cuisson, le corps composite est refroidi jusqu'à ce qu'il atteigne une température ambiante.
15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** l'alliage d'acier du corps de base subit une homogénéisation ou un recuit de mise en solution pendant le processus de cuisson.
16. Procédé selon l'une des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce que** la température de cuisson est égale à la température pour l'homogénéisation ou le recuit de mise en solution du corps de base.
17. Procédé selon l'une des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce que** les couches ou les éléments de couche du revêtement de chauffage peuvent être appliqué(e)s par sérigraphie, à la seringue (« dispensing »), par immersion ou par vaporisation.
18. Procédé selon l'une des revendications 13 à 17, **caractérisé en ce que** chaque couche ou chaque élément de couche est cuit(e) et façonné(e), respectivement, sous atmosphère d'air.
19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** la température de cuisson est entre 750 °C et 900 °C.
20. Procédé selon l'une des revendications 13 à 19, **caractérisé en ce que** la surface du corps de base est rendue rugueuse, par exemple par décapage au sable, avant que le revêtement de chauffage soit appliqué.
21. Procédé selon l'une des revendications 13 à 20, **caractérisé en ce que** le corps de base est nettoyé

et/ou oxydé avant que le revêtement de chauffage soit appliqué.

- 22.** Procédé selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** l'alliage d'acier du corps de base est soumis à un durcissement structural ou un durcissement par précipitation à l'aide d'un recuit. 5
- 23.** Procédé selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** la température pour le durcissement par précipitation est inférieure à la température de cuisson pour les couches individuelles du revêtement de chauffage. 10
- 24.** Procédé selon l'une des revendications 13 à 23, **caractérisé en ce que** le durcissement par précipitation est exécuté sous atmosphère d'air ou d'azote. 15

20

25

30

35

40

45

50

55