

(19)



(11)

**EP 1 719 386 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.07.2013 Patentblatt 2013/31**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/001512**

(21) Anmeldenummer: **05707400.7**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2005/079115 (25.08.2005 Gazette 2005/34)**

(22) Anmeldetag: **15.02.2005**

(54) **ELEKTRISCHER HEIZKÖRPER IN FORM EINES VERDICHTETEN HEIZELEMENTES MIT DAUERHAFTEN FEDEREIGENSCHAFTEN**

ELECTRICAL HEATING BODY IN THE FORM OF A COMPRESSED HEATING ELEMENT WITH PERMANENT SPRING PROPERTIES

CORPS ELECTRIQUE CHAUFFANT SOUS FORME D'ELEMENT CHAUFFANT COMPRIME A PROPRIETES ELASTIQUES PERMANENTES

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

(72) Erfinder:  
• **CASTIGLIA, Giacinto**  
**58509 Lüdenscheid (DE)**  
• **SCHWAN, Hubert**  
**57537 Wissen (DE)**

(30) Priorität: **15.02.2004 DE 102004007542**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.11.2006 Patentblatt 2006/45**

(74) Vertreter: **Müller-Gerbes Wagner Albiger**  
**Patentanwälte**  
**Friedrich-Breuer-Strasse 72-78**  
**53225 Bonn (DE)**

(73) Patentinhaber: **GC-Heat Gebhard & Castiglia GmbH & Co. KG**  
**51545 Waldbröl (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 3 001 017 FR-A- 2 078 602**

**EP 1 719 386 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen elektrischer Heizkörper in Form eines verdichteten Heizelementes, der zylindrische Bauteile von Außen beheizt, vorzugsweise in Form einer Wendelrohrpatrone auf der Spritzdüse von Spritzgieß- oder Druckgußwerkzeugen oder dergleichen beheizbaren zylindrischen Bauteilen, bestehend aus einem metallischen Mantel, in dem eine MgO-Keramik angeordnet ist, in der die eine Heizleiterspirale eingebettet ist.

**[0002]** Die Beheizung von Düsen in der Heißkanaltechnik bei Kunststoffspritzmaschinen wie auch in der Zinkdruckgußindustrie erfolgt durch an den Düsen eng anliegende verdichtete elektrische Heizelemente. Diese Heizelemente werden gewickelt, wobei der Innendurchmesser des gewickelten Heizelementes, einer Wendelrohrpatrone, geringer ist, als der Außendurchmesser der Düse. Der Innendurchmesser der Wendelrohrpatrone ist beispielsweise bei einem Düsendurchmesser von 20 mm etwa 0,15 mm kleiner als die Düse. Das gewickelte Heizelement kann dann durch eine Drehbewegung stramm auf die Düse aufgeschoben werden.

**[0003]** Ziel ist es, daß das Heizelement fest an die äußere Oberfläche der Düse angebracht ist, um dadurch eine maximale Heizleistung zu übertragen und eine genaue gleichbleibende Temperaturführung zu schaffen.

**[0004]** Die bekannten Heizelemente werden vorzugsweise aus duktilem Edelstahl oder aus Nickel als Rohrmantel gefertigt. Das Material muss während der Fertigung der Heizelemente eine hohe Bruchdehnung aufweisen, da es sehr stark mechanisch verformt wird. In Einzelfällen werden Nickelbasislegierungen verwendet. Die genannten Werkstoffe weisen geringe Warmfestigkeiten auf, insbesondere wenn diese höheren Temperaturen bis 500°C dauerhaft ausgesetzt werden.

**[0005]** Durch das Auf- und Abheizen über einen langen Zeitraum verliert der Rohrmantel seine Federkraft. Das Heizelement hebt von der Düse ab, wodurch kein guter Wärmeübergang mehr gewährleistet ist. Als Abhilfe wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl von zusätzlichen Klemmvorrichtungen mit dem Ziel entwickelt das Heizelement fest auf der Düse zu halten. Eine derartige für ordnungsgemäße Funktion notwendiges Spannelement ist beispielsweise aus der DE 37 36 612 C2 bekannt. Das Problem dieser Vorrichtung ist, daß diese über den Umfang der im Querschnitt kreisförmigen Wendelrohrpatrone vorragt, so daß ein zusätzlicher Platzbedarf für diese vorspringende Befestigungsvorrichtung besteht. In bestimmten Einsatzzwecken ist der Einbauraum so eng, daß vorspringende Teile nicht oder nur schwer unterbringbar sind. Es besteht daher die Notwendigkeit, ein Heizelement zu schaffen, das einen geringeren Platzbedarf benötigt und ohne zusätzliche Spannelemente dauerhaft fest auf der Düse angebracht werden kann.

**[0006]** Aus der DE 30 01 017 A1 ist eine Heißkanaldüse für eine Spritzgußmaschine mit einem elektrischen Heizkörper bekannt, der die Heißkanaldüse von außen

beheizt. Der Heizkörper besteht aus wendelförmig um die Heißkanaldüse umlaufenden Heizleitern, die außenseitig von einem einhüllenden zylindrischen metallischen Mantel umgeben sind und der dazwischen befindliche Hohlraum ist mit einer Isolierkeramik verfüllt. Durch Verpressen des metallischen Mantels wird eine unlösbare Einheit zwischen den Heizleitern und der zu beheizenden Heißkanaldüse hergestellt.

**[0007]** Hochtemperaturfeste Metalllegierungen mit hoher Zugfestigkeit und Dehngrenze sind aus der FR-A-2078602 bekannt.

**[0008]** Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen elektrischer Heizkörper in Form eines verdichteten Heizelementes, der zylindrische Bauteile von Außen beheizt, vorzugsweise in Form einer Wendelrohrpatrone auf der Spritzdüse von Spritzgieß- oder Druckgußwerkzeugen oder dergleichen beheizbaren zylindrischen Bauteilen, zu schaffen, welcher auf einen zylindrischen beheizbaren Gegenstand fixiert werden kann, ohne zusätzliche Spannelemente und insbesondere bei Temperaturen um 500°C seine Festigkeit und Spannwirkung dauerhaft, d.h. mindestens 10.000 Stunden, behält.

**[0009]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen elektrischer Heizkörper in Form eines verdichteten Heizelementes, der zylindrische Bauteile von Außen beheizt, vorzugsweise in Form einer Wendelrohrpatrone auf der Spritzdüse von Spritzgieß- oder Druckgußwerkzeugen oder dergleichen beheizbaren zylindrischen Bauteilen, bestehend aus einem metallischen Mantel in dem eine MgO-Keramik angeordnet ist, in die eine Heizleiterspirale eingebettet ist, wobei das Material des metallischen Mantels eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C von  $> 650 \text{ N/mm}^2$  und eine Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C aufweist, die annähernd gleich groß ist, und das Material des metallischen Mantels nach einem Lösungsglühen und anschließenden Aushärten eine Bruchdehnung von  $< 20\%$  nach dem Härten aufweist und eine Bruchdehnung von  $> 30\%$  vor dem Härten aufweist zur Erzielung einer dauerhafter radialen Anpressung der Wendelrohrpatrone auf dem zu beheizenden Bauteil aufgrund deren Federeigenschaften. Das Material, das in Form eines Rohrmantels vorliegt, muß während der Fertigung des Heizelementes und vor dem Härten die hohe Bruchdehnung aufweisen, da es sehr stark mechanisch verformt werden muß. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Material des metallischen Mantels eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C aufweist, die zwischen 10% bis 20% größer ist als die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C.

**[0010]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C aufweist, die maximal 30% größer ist als die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C.

**[0011]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der metallische Mantel eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 20°C von  $> 900 \text{ N/mm}^2$  aufweist.

**[0012]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 20°C von > 850 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

**[0013]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C nach 10.000 Stunden von > 400 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

**[0014]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine Wärmeausdehnung bei 400°C von <  $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  aufweist.

**[0015]** In ebenfalls vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels zunderbeständig ist.

**[0016]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine ausscheidungshärtbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung ist.

**[0017]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Material des metallischen Mantels eine ausscheidungshärtbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung ist, umfassend Anteile an Ni in einem Bereich von etwa 50,0% bis 55,0%, an Cr in einem Bereich von etwa 17,0% bis 21,0%, an C in einem Bereich von etwa 0,02% bis 0,08%, Mn in einem Bereich von etwa 0% bis 0,35%, Si in einem Bereich von etwa 0% bis 0,35%, Cu in einem Bereich von etwa 0% bis 0,20%, Mo in einem Bereich von etwa 2,80% bis 3,30%, Co in einem Bereich von etwa 0% bis 1,0%, Nb in einem Bereich von etwa 4,80% bis 5,50%, Al in einem Bereich von etwa 0,30% bis 0,70%, Ti in einem Bereich von etwa 0,70% bis 1,15%, B in einem Bereich von etwa 0,002% bis 0,006%, P in einem Bereich von etwa 0% bis 0,0015%, S in einem Bereich von etwa 0% bis 0,010% und der Rest durch Fe gebildet ist, bezogen auf die gesamte Legierung.

**[0018]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das elektrische Heizelement zu einer Wendelrohrpatrone gewickelt ist, wobei der Innendurchmesser der Wendelrohrpatrone in etwa zwischen 0,5% bis 5% kleiner ist als der Außendurchmesser des zu beheizenden zylindrischen Bauteils.

**[0019]** In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die MgO-Keramik wenigstens eine Bohrung für eine Heizleiterspirale aufweist, wobei in dem Zwischenraum zwischen dem metallischen Mantel und der MgO-Keramik sowie in Hohlräume in der MgO-Keramik MgO-Pulver eingebracht ist.

**[0020]** In weiterer zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die MgO-Keramik wenigstens eine Bohrung für ein Thermoelement aufweist.

**[0021]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heizkörpers wobei eine Heizleiterspirale mit Anschlußdraht kontaktiert und in die MgO-Keramik einge-  
zogen wird, und die MgO-Keramik mit der Heizleiterspirale in das Mantelrohr eingeschoben wird. Erfindungs-

gemäß ist vorgesehen, daß die Hohlräume mit MgO-Isolierpulver unter Vibration verfüllt werden, der Querschnitt des Heizelements um etwa 10 - 20 % reduziert wird, das Mantelrohr zum Freilegen der Anschlüsse abgestochen wird, anschließend Lösungsglühen unter Schutzgasatmosphäre erfolgt, die beheizte Zone gewickelt wird auf einen Innendurchmesser, der geringer ist als der Außendurchmesser des zu beheizenden zylindrischen Bauteils, nach dem Wickeln die Wendelrohrpatrone mittels eines Preißdorns auf das exakte Endmaß kalibriert wird, wobei eine Nachverdichtung des MgO-Pulvers erfolgt, wobei abschließend die Aushärtung bei in etwa 720°C über 8 Stunden erfolgt, wobei der elektrische Heizkörper auf 620°C innerhalb von 2 Stunden abgekühlt und über 8 Stunden auf 620°C gehalten wird. Hierbei handelt es sich um ein Heizelement mit zweiseitigen Anschluß.

**[0022]** Außer den Heizelementen mit zweiseitigem Anschluß gibt es auch Heizelemente mit einseitigem Anschluß. Das Mantelrohr wird dann nach dem Einschieben der MgO-Keramik in dieses einseitig mit einer Bodenscheibe verschlossen. Der sich anschließende Verfahrensablauf ist identisch zu der Herstellung eines Heizelementes mit zweiseitigen Anschluß.

**[0023]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die ausgehärtete unbeheizte Zone wieder gegläut wird, vorzugsweise Lösungsglühen mittels eines Gasbrenners, und somit wieder biegsam gemacht wird.

**[0024]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die unbeheizte Zone der Wendelrohrpatrone vor dem Härten mit einer Isolierung versehen wird, so daß die unbeheizte Zone im Härteofen nicht der Aushärtetemperatur unterliegt, wodurch die unbeheizte Zone nach dem Härten noch biegsam ist.

**[0025]** Der erfindungsgemäße elektrische Heizkörper ermöglicht durch seine Spiral-Federwirkung eine dauerhafte radiale Anpressung des elektrischen Heizkörpers in Form der Wendelrohrpatrone auf die Spritzdüse des Spritzgießwerkzeuges für Temperaturen bis über 500°C. Diese dauerhafte Anpressung, die ohne die bekannten aufwendigen konstruktiven Spannmeechanismen auskommt, wird unter anderem aufgrund der nur unwesentlich absinkenden Federsteifigkeit des metallischen Mantels bei hohen Temperaturen um 500°C und einer langen Zeitdauer von 10.000 bis 100.000 Stunden ermöglicht. Die bekannten Probleme hinsichtlich des geringen vorhandenen Bauraums zur Anbringung eines Spannelementes werden durch das Fehlen eines aufwendigen großen Spannmeechanismus vermieden.

**[0026]** Im Gegensatz zu den mittels Spannelementen befestigten Heizelementen, die durch Schrauben gespannt werden, weist der erfindungsgemäße elektrische Heizkörper eine rüttel- und schocksichere Anpressung auf, da keine Schrauben vorhanden sind, die sich aufgrund von in der Maschine bestehenden Vibrationen lösen könnten.

**[0027]** Ein weiter Vorteil des eingesetzten Materials ist, daß dieses eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist

und zunderfest ist.

**[0028]** Die elektrischen Heizkörper in Form von Wendelrohrpatronen werden vorzugsweise aus duktilem Edelstahl oder aus Nickel gefertigt, wobei diese Werkstoffe nur geringe Warmfestigkeiten aufweisen, insbesondere wenn diese höheren Temperaturen von etwa 400°C dauerhaft ausgesetzt werden. Durch das Auf- und Abheizen über einen langen Zeitraum verliert der Rohrmantel seine Federkraft. Eine Vergrößerung des Innendurchmessers der Wendelrohrpatrone ist die Folge. Hierdurch liegt die Wendelrohrpatrone nicht mehr vollständig an der Spritzdüse an, so daß ein guter Wärmeübergang von der Wendelrohrpatrone auf die Spritzgußdüse nicht mehr gewährleistet ist. Dementsprechend sinkt auch der Wirkungsgrad der Beheizung, so daß keine gleichbleibende reproduzierbare Temperaturführung gewährleistet ist. Die thermische Kopplung der Wendelrohrpatrone mit der Spritzdüse ist gestört. Die aufgenommene Leistung der Düse sinkt und die Abstrahlverluste der Wendelrohrpatrone steigen. Diese Nachteile weist der erfindungsgemäße elektrische Heizkörper aufgrund seiner auch bei hohen Temperaturen um 500°C bestehenden Federeigenschaften nicht auf.

**[0029]** Dadurch, daß keine Kupfereinbettungen in dem metallischen Mantel vorgesehen sind, weist dieser eine geringe Masse auf, so daß sehr schnelle thermische Reaktionen für die genaue Temperaturführung gegeben sind.

**[0030]** Vorteilhaft ist weiterhin, daß durch die besseren Federeigenschaften des Materials des metallischen Mantels die Rohrwandstärke des metallischen Mantels dünner gewählt werden kann, so dass das Heizelement kleiner ausfallen kann.

**[0031]** Ein weiterer Vorteil ist dadurch gegeben, daß ein fester Sitz des elektrischen Heizkörpers auf dem zu beheizenden zylindrischen Bauteil im kalten und warmen Zustand gegeben ist, aufgrund des um ungefähr 0,5% bis 5% geringeren Innendurchmessers der Wendelrohrpatrone im nicht montierten Zustand im Vergleich zu dem Außendurchmesser des zu beheizenden zylindrischen Bauteils, wobei aufgrund der Federeigenschaften eine dauerhafte radiale Anpressung gewährleistet ist.

**[0032]** Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen eines Ausführungsbeispiels dargestellt.

**[0033]** Es zeigen:

Fig. 1 Einen elektrischer Heizkörper in Form eines verdichteten Heizelementes, in Form einer Wendelrohrpatrone,

Fig. 2 eine weitere Ansicht der Wendelrohrpatrone,

Fig. 3 einen Schnitt durch das Aufbauschema des Heizelementes und

Fig. 4 einen Schnitt durch das Heizelement gemäß Linie A-A in Fig. 3,

**[0034]** Fig. 1. und Fig. 2 einen elektrischen Heizkörpers in Form einer Wendelrohrpatrone 1 auf der nicht dargestellten Spritzdüse eines Spritzgießwerkzeugs oder eines ähnlichen beheizbaren zylindrischen Bauteils. Der Innendurchmesser  $d_{WI}$  der Wendelrohrpatrone 1 im nichtmontiertem Zustand ist etwa zwischen 0,5 bis 5% kleiner als der Außendurchmesser  $d_{BA}$  des zu beheizenden elektrischen Bauteils. Dadurch, daß das Mantelrohr 2 der Wendelrohrpatrone 1 aus einem Werkstoff gebildet ist, der auch bei Temperaturen um etwa 500 C federt, ist aufgrund des geringeren Innendurchmesser der Wendelrohrpatrone 2 diese aufgrund der federnden Eigenschaften ohne weitere Spannmittel fest auf dem zu beheizenden zylindrischen Bauteil gespannt. Die Federwirkung der aus dem Mantelrohr 2 gewickelten Wendelrohrpatrone 1 reicht aus, um einen selbsttätiges Lösen derselben auch bei Vibrationen zu verhindern. Die Wendelrohrpatrone 1 weist eine beheizte Zone 3 und eine unbeheizte Zone 4 auf, die in den Anschlußkopf 5 übergeht. Übliche Innendurchmesser der Wendelrohrpatrone 1 liegen zwischen 6 und 60 mm.

**[0035]** Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch das Aufbauschema des Heizelementes mit einem einseitigen Anschluss im noch nicht zur Wendelrohrpatrone 1 gewickelten Zustand. Die Heizleiterspirale 6 wird mit dickeren Anschlußdrähten 7 kontaktiert. Der dickere Draht 7, welcher aus Nickel oder aus Heizleitermaterial besteht, bildet gleichzeitig die unbeheizte Zone 4 zwischen beheizter Zone 3 und Anschlußkopf 5. Die Heizleiterspirale 6 mit Anschlußdraht 7 wird in die Keramikformteile 8 eingezogen. Das Keramikformteil 8 mit Anschlußdraht 7 wird in das passende Mantelrohr 9 eingeschoben. Das Mantelrohr 9 wird einseitig verschlossen mit einem Verschlußelement 10. Die Hohlräume werden eventuell mit MgO-Isolierpulver unter Vibration verfüllt. Anschließend erfolgt das Reduzieren des Querschnittes vom Heizelement 1 um ca. 10 - 20 %. Das Ziel ist es durch die Verpressung des MgO einen guten Wärmetransport von der Heizleiterspirale 6 an das Mantelrohr 9 zu erzeugen und gleichzeitig die Hochspannungsfestigkeit zu erhöhen. Hierdurch entsteht eine Kaltverfestigung des Mantelrohres 9. Das Mantelrohr 9 streckt sich dabei um ca. 10 % in Längsrichtung. Es können hier nur Materialien mit einer hohen Bruchdehnung verwendet werden. Es folgt das Abstechen des Mantelrohres 9, wobei die Anschlußdrähte 7, die durch die unbeheizte Zone 4 geführt werden, für den Anschluß der Litze freigelegt werden müssen. Dieses erfolgt beispielsweise durch Abstechdrehen auf einer Drehbank. Anschließend erfolgt das Lösungsglühen unter Schutzgasatmosphäre, damit man das Mantelrohr 9 wieder verformen und wickeln kann. Die Wendelrohrpatrone 1 wird üblicherweise in der beheizten Zone 3 auf einen kleineren Innendurchmesser mit einem kleineren Dorn gewickelt als der später zu beheizende Zylinder. Nach dem Wickeln wird die Wendelrohrpatrone 1 mittels Preßdorn auf das exakte Endmaß gebracht. Hierbei wird gleichzeitig eine Nachverdichtung der MgO-Masse durchgeführt. Die Aushärtung, um die

dauerhafte Federwirkung zu erzielen, erfolgt bei ca. 720°C über 8 Stunden. Anschließend wird der elektrische Heizkörper auf 620°C innerhalb 2 Stunden abgekühlt und über 8 Stunden auf 620°C gehalten. Abschließend erfolgt das Anbringen des elektrischen Anschlusses.

**[0036]** Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch das Heizelement gemäß Linie A-A in Fig. 3. In dem aus dem erfindungsgemäßen Material hergestellten Mantelrohr 9 ist eine MgO-Keramik 8 angeordnet, welches zwei Bohrungen 10 zur Aufnahme der Heizleiterspirale 6 und zwei kleinere Bohrungen 11 zur Aufnahme eines Thermodrahts/Thermoelementes 12 aufweist. Ein eventuell zwischen dem Mantelrohr 9 und der MgO-Keramik 8 bestehender Zwischenraum 13 sowie die Hohlräume in der MgO-Keramik sind mit MgO-Pulver 14 gefüllt.

**[0037]** Ein besonders geeigneter Werkstoff für das metallische Mantelrohr des gehärteten Heizelements zeichnet sich dadurch aus, daß die Zugfestigkeit  $R_m$  bei 20°C > 900 N/mm<sup>2</sup> ist. Die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  sollte bei 20°C > 850 N/mm<sup>2</sup> sein. Die Bruchdehnung des Heizelementes sollte < 20% sein. Die Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C sollte > 650 N/mm<sup>2</sup> sein. Die Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C nach 10.000 Stunden sollte noch > 400 N/mm<sup>2</sup> sein. Die Wärmeausdehnung bei 400°C sollte <  $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  sein. Ferner sollte der Werkstoff zunderbeständig und korrosionsbeständig sein. Das Material des metallischen Mantelrohrs sollte eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C von > 650 N/mm<sup>2</sup> und eine Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C aufweisen, die annähernd gleich groß sind. Vorzugsweise sollte das Material des metallischen Mantelrohrs eine Zugfestigkeit  $R_m$  aufweisen, die maximal 30% größer ist als die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C.

**[0038]** Ein besonders geeigneter Werkstoff ist beispielsweise durch eine ausscheidungshärtbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung gegeben. Eine ausscheidungshärtbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung umfassen Anteile an Ni in einem Bereich von etwa 50,0% bis 55,0%, an Cr in einem Bereich von etwa 17,0% bis 21,0% und der Rest wird durch Fe gebildet, bezogen auf die gesamte Legierung. Die Nickel-Chrom-Eisenlegierung kann zusätzlich umfassen Anteile an C in einem Bereich von etwa 0,02% bis 0,08%, Mn in einem Bereich von etwa 0% bis 0,35%, Si in einem Bereich von etwa 0% bis 0,35%, Cu in einem Bereich von etwa 0% bis 0,20%, Mo in einem Bereich von etwa 2,80% bis 3,30%, Co in einem Bereich von etwa 0% bis 1,0%, Nb in einem Bereich von etwa 4,80% bis 5,50%, Al in einem Bereich von etwa 0,30% bis 0,70%, Ti in einem Bereich von etwa 0,70% bis 1,15%, B in einem Bereich von etwa 0,002% bis 0,006%, P in einem Bereich von etwa 0% bis 0,0015%, S in einem Bereich von etwa 0% bis 0,010% bezogen auf die gesamte Legierung.

**[0039]** Ein besonders geeigneter Werkstoff ist beispielsweise INCONELL alloy 718 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4668). Außerdem sind geeignet INCONELL alloy X-750 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4669), INCONELL alloy 751 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.2494), INCONELL alloy A-286 (deutsche

Werkstoffnormnummer: 1.4980), INCONELL alloy 80A (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4631 und 2.4952), INCONELL alloy 90 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4632 und 2.4969), INCONELL alloy 101, INCONELL alloy 105 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4634), INCONELL alloy 115 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4636), INCONELL alloy 263 (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4650), INCONELL alloy PE 16, und INCONELL alloy D 979. Ferner sind geeignet hochwarmfeste Nickel-Basis Legierungen wie INCONELL alloy 601H (deutsche Werkstoffnormnummer: 2.4851) und INCONELL alloy 800H (deutsche Werkstoffnormnummer: 1.4876).

## Patentansprüche

1. Elektrischer Heizkörper in Form eines verdichteten Heizelementes, der zylindrische Bauteile von Außen beheizt, vorzugsweise in Form einer Wendelrohrpatrone (1) auf der Spritzdüse von Spritzgieß- oder Druckgußwerkzeugen oder dergleichen beheizbaren zylindrischen Bauteilen, bestehend aus einem metallischen Mantel (2, 9), in dem eine MgO-Keramik angeordnet ist, in die eine Heizleiterspirale (6) eingebettet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C von > 650 N/mm<sup>2</sup> und eine Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C aufweist, die annähernd gleich groß ist, und das Material des metallischen Mantels (2, 9) nach einem Lösungsglühen eine Bruchdehnung von > 30% und nach anschließendem Aushärten eine Bruchdehnung von < 20% aufweist, zur Erzielung einer dauerhaften radialen Anpressung der Wendelrohrpatrone (1) auf dem zu beheizenden Bauteil aufgrund deren Federeigenschaften.
2. Elektrischer Heizkörper nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 500°C aufweist, die maximal 30% größer ist als die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 500°C.
3. Elektrischer Heizkörper nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der metallische Mantel eine Zugfestigkeit  $R_m$  bei 20°C von > 900 N/mm<sup>2</sup> aufweist.
4. Elektrischer Heizkörper nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bei 20°C von > 850 N/mm<sup>2</sup> aufweist.
5. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine Zugfestigkeit

R<sub>m</sub> bei 500°C nach 10.000 Stunden von > 400 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

6. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine Wärmeausdehnung bei 400°C von < 17 x 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> aufweist. 5
7. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) zunderbeständig bis 700°C ist. 10
8. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine ausscheidungs- 15  
härthbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung ist.
9. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material des metallischen Mantels (2, 9) eine ausscheidungs- 20  
härthbare Nickel-Chrom-Eisenlegierung ist, umfas-  
send Anteile an Ni in einem Bereich von etwa 50,0%  
bis 55,0%, an Cr in einem Bereich von etwa 17,0%  
bis 21,0%, an C in einem Bereich von etwa 0,02%  
bis 0,08%, Mn in einem Bereich von etwa 0% bis  
0,35%, Si in einem Bereich von etwa 0% bis 0,35%,  
Cu in einem Bereich von etwa 0% bis 0,20%, Mo in  
einem Bereich von etwa 2,80% bis 3,30%, Co in ei- 25  
nem Bereich von etwa 0% bis 1,0%, Nb in einem  
Bereich von etwa 4,80% bis 5,50%, Al in einem Be-  
reich von etwa 0,30% bis 0,70%, Ti in einem Bereich  
von etwa 0,70% bis 1,15%, B in einem Bereich von  
etwa 0,002% bis 0,006%, P in einem Bereich von  
etwa 0% bis 0,0015%, S in einem Bereich von etwa  
0% bis 0,010% und der Rest durch Fe gebildet ist,  
bezogen auf die gesamte Legierung. 30
10. Elektrischer Heizkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das elektri- 35  
sche Heizelement zu einer Wendelrohrpatrone (1)  
gewickelt ist, wobei der Innendurchmesser der Wen-  
delrohrpatrone (1) in etwa zwischen 0,5% bis 5%  
kleiner ist als der Außendurchmesser des zu behei-  
zenden zylindrischen Bauteils. 40
11. Elektrischer Heizkörper, nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die MgO- 45  
Keramik wenigstens eine Bohrung (10) für eine Heiz-  
leiterspirale aufweist, wobei in dem Zwischenraum  
(13) zwischen dem metallischen Mantel (2, 9) und  
der MgO-Keramik sowie in Hohlräume in der MgO-  
Keramik MgO-Pulver eingebracht ist. 50
12. Elektrischer Heizkörper, nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die MgO- 55  
Keramik wenigstens eine Bohrung (11) für ein Ther-  
moelement (12) aufweist.

13. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heiz-  
körpers in Form eines verdichteten Heizelementes,  
der zylindrische Bauteile von Außen beheizt, vor-  
zugsweise in Form einer Wendelrohrpatrone (1) auf  
der Spritzdüse von Spritzgieß- oder Druckgußwerk-  
zeugen oder dergleichen beheizbaren zylindrischen  
Bauteilen, bei dem eine Heizleiterspirale (6) mit An-  
schlußdraht (7) kontaktiert und in eine MgO-Keramik  
eingezogen wird und die MgO-Keramik mit der Heiz-  
leiterspirale (6) in ein Mantelrohr (2, 9) eingeschoben  
wird, die Hohlräume (13) im Mantelrohr (2, 9) mit  
MgO-Isolierpulver unter Vibration verfüllt werden,  
der Querschnitt des Heizelements um etwa 10 - 20  
% reduziert wird, das Mantelrohr (2, 9) zum Freilegen  
der Anschlüsse abgestochen wird, anschließend Lö-  
sungsglühen unter Schutzgasatmosphäre erfolgt,  
die beheizte Zone (3) gewickelt wird auf einen In-  
nendurchmesser, der geringer ist als der Außendurch-  
messer des zu beheizenden zylindrischen  
Bauteils, und nach dem Wickeln die Wendelrohrpa-  
trone (1) mittels eines Preßdorns auf das exakte  
Endmaß kalibriert wird, wobei eine Nachverdichtung  
des MgO-Pulvers erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, daß** abschließend eine Aushärtung bei in etwa  
720°C über 8 Stunden erfolgt, wobei der elektrische  
Heizkörper auf 620°C innerhalb von 2 Stunden ab-  
gekühlt und über 8 Stunden auf 620°C gehalten wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach dem Einschieben der MgO-Keramik in das Mantelrohr (2, 9) dieses einseitig ver-  
schlossen wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die unbeheizte Zone (4) der  
Wendelrohrpatrone (1) nach dem Härten gegläht,  
vorzugsweise lösungsgeglüht, wird, wodurch die un-  
beheizte Zone (4) nach dem Härten wieder biegsam  
wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die unbeheizte Zone  
(4) der Wendelrohrpatrone (1) vor dem Härten mit  
einer Isolierung versehen wird, so daß die unbeheiz-  
te Zone (4) im Härteofen nicht der Aushärtetempe-  
ratur unterliegt, wodurch die unbeheizte Zone (4)  
nach dem Härten noch biegsam ist.

## Claims

1. Electric heating unit in the form of a compressed  
heating element, which heats cylindrical compo-  
nents externally, preferably in the form of a spiral  
tube cartridge (1) on the injection nozzle of injection  
moulding or die casting tools or similar heatable cy-  
lindrical components, consisting of a metallic casing  
(2, 9), in which an MgO ceramic is arranged, in which

- a heat conductor spiral (6) is embedded, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) has a tensile strength  $R_m$  at 500°C of  $> 650 \text{ N/mm}^2$  and a yield strength  $R_{p0.2}$  at 500°C, which is approximately the same size, and the material of the metallic casing (2, 9) after a solution annealing, has an elongation at break of  $> 30\%$  and, after subsequent hardening, has an elongation at break of  $< 20\%$ , to achieve a permanent radial pressure of the spiral tube cartridge (1) on the component to be heated because of the spring properties thereof.
2. Electric heating unit according to claim 1, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) has a tensile strength  $R_m$  at 500°C, which is a maximum of 30% greater than the yield strength  $R_{p0.2}$  at 500°C.
  3. Electric heating unit according to claim 1 or 2, **characterised in that** the metallic casing has a tensile strength  $R_m$  at 20°C of  $> 900 \text{ N/mm}^2$ .
  4. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) has a yield strength  $R_{p0.2}$  at 20°C of  $> 850 \text{ N/mm}^2$ .
  5. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) has a tensile strength  $R_m$  at 500°C after 10,000 hours of  $> 400 \text{ N/mm}^2$ .
  6. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) has a thermal expansion at 400°C of  $< 17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .
  7. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) is scale-resistant to 700°C.
  8. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) is an age-hardenable nickel/chromium/iron alloy.
  9. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** the material of the metallic casing (2, 9) is an age-hardenable nickel/chromium/iron alloy, comprising proportions of Ni in a range from about 50.0% to 55.0%, of Cr in a range from about 17.0% to 21.0%, of C in a range from about 0.02% to 0.08%, Mn in a range from about 0% to 0.35%, Si in a range from about 0% to 0.35%, Cu in a range from about 0% to 0.20%, Mo in a range from about 2.80% to 3.30%, Co in a range from about 0% to 1.0%, Nb in a range from about 4.80% to 5.50%, Al in a range from about 0.30% to 0.70%, Ti in a range from about 0.70% to 1.15%, B in a range from about 0.002% to 0.006%, P in a range from about 0% to 0.0015%, S in a range from about 0% to 0.010% and the remainder is formed by Fe, based on the total alloy.
  10. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 9, **characterised in that** the electric heating element is wound to form a spiral tube cartridge (1), the internal diameter of the spiral tube cartridge (1) being about between 0.5% and 5% smaller than the external diameter of the cylindrical component to be heated.
  11. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** the MgO ceramic has at least one bore (10) for a heat conductor spiral, MgO powder being introduced into the intermediate space (13) between the metallic casing (2, 9) and the MgO ceramic and into cavities in the MgO ceramic.
  12. Electric heating unit according to any one of claims 1 to 11, **characterised in that** the MgO ceramic has at least one bore (11) for a thermal element (12).
  13. Method for producing an electric heating unit in the form of a compressed heating element, which heats cylindrical components externally, preferably in the form of a spiral tube cartridge (1) on the injection nozzle of injection moulding or die casting tools or similar heatable cylindrical components, in which a heat conductor spiral (6) is brought into contact with connection wire (7) and drawn into an MgO ceramic and the MgO ceramic with the heat conductor spiral (6) is inserted into a casing tube (2, 9), the cavities (13) in the casing tube (2, 9) are filled with MgO insulating powder under vibration, the cross-section of the heating element is reduced by about 10 to 20%, the casing tube (2, 9) is cut to expose the connections, solution annealing then takes place under a protective gas atmosphere, the heated zone (3) is wound to an internal diameter, which is smaller than the external diameter of the cylindrical component to be heated, and after the winding, the spiral tube cartridge (1) is calibrated to the exact final dimension by means of a pressure mandrel, a recompression of the MgO powder taking place, **characterised in that** a hardening then takes place at about 720°C for 8 hours, the electric heating unit being cooled to 620°C within 2 hours and kept at 620°C for 8 hours.
  14. Method according to claim 13, **characterised in that** after the insertion of the MgO ceramic into the casing tube (2, 9), the latter is closed on one side.
  15. Method according to claim 13 or 14, **characterised in that** the unheated zone (4) of the spiral tube car-

tridge (1) is annealed, preferably solution annealed, after the hardening, whereby the unheated zone (4) becomes bendable again after the hardening.

16. Method according to any one of claims 13 to 15, **characterised in that** the unheated zone (4) of the spiral tube cartridge (1) is provided with an insulation before hardening, so the unheated zone (4) is not subjected to the hardening temperature in the hardening furnace, so the unheated zone (4) is still bendable after the hardening.

## Revendications

1. Corps de chauffe électrique sous la forme d'un élément de chauffage comprimé, qui chauffe des composants cylindriques depuis l'extérieur, de préférence sous la forme d'une cartouche en forme de bobine (1) sur la buse d'émission de moules pour le moulage par injection ou de moules de moulage par compression ou de composants cylindriques analogues aptes à être chauffés, constitué d'une enveloppe métallique (2, 9) dans laquelle est disposée une céramique d'oxyde de magnésium dans laquelle est incorporé un conducteur chauffant en spirale (6), **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente une résistance à la traction  $R_m$  à 500 °C > 650 N/mm<sup>2</sup> et une limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  à 500°C qui est approximativement égale, et la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente, après un traitement thermique de mise en solution, un allongement à la rupture > 30 % et après un durcissement ultérieur, un allongement à la rupture < 20 %, pour obtenir un contact radial durable par pression de la cartouche en forme de bobine (1) sur le composant à chauffer, sur base de ses propriétés élastiques.
2. Corps de chauffe électrique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente une résistance à la traction  $R_m$  à 500°C qui est supérieure au maximum à concurrence de 30 %, à la limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  à 500°C.
3. Corps de chauffe électrique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'enveloppe métallique présente une résistance à la traction  $R_m$  à 20°C > 900 N/mm<sup>2</sup>.
4. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente une limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  à 20 °C > 850 N/mm<sup>2</sup>.
5. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la

matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente une résistance à la traction  $R_m$  à 500°C après 10.000 heures > 400 N/mm<sup>2</sup>.

6. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) présente un allongement à la chaleur à 400 °C <  $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .
7. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) résiste à l'oxydation jusqu'à 700 °C.
8. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) est un alliage de nickel-chrome-fer qui peut être durci par précipitation.
9. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la matière de l'enveloppe métallique (2, 9) est un alliage de nickel-chrome-fer comprenant des fractions de Ni dans la plage d'environ 50,0 % à 55,0 %, de Cr dans la plage d'environ 17,0 % à 21,0 %, de C dans la plage d'environ 0,02 % à 0,08 %, de Mn dans la plage d'environ 0 % à 0,35 %, de Si dans la plage d'environ 0 % à 0,35 %, de Cu dans la plage d'environ 0 % à 0,20 %, de Mo dans la plage d'environ 2,80 % à 3,30 %, de Co dans la plage d'environ 0 % à 1,0 %, de Nb dans la plage d'environ 4,80 % à 5,50 %, de Al dans la plage d'environ 0,30 % à 0,70 %, de Ti dans la plage d'environ 0,70 % à 1,15 %, de B dans la plage d'environ 0,002 % à 0,006 %, de P dans la plage d'environ 0 % à 0,0015 %, de S dans la plage d'environ 0 % à 0,010 %, le reste étant formé par du Fe, rapportés à l'alliage dans son ensemble.
10. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'élément de chauffage électrique est enroulé pour obtenir une cartouche (1) en forme de bobine, le diamètre interne de la cartouche (1) en forme de bobine étant inférieur à concurrence d'environ 0,5 % à 5 % au diamètre externe du composant cylindrique à chauffer.
11. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la céramique d'oxyde de magnésium présente au moins un alésage (10) pour le conducteur chauffant en spirale, de la poudre d'oxyde de magnésium étant incorporée dans l'espace intermédiaire (13) ménagé entre l'enveloppe métallique (2, 9) et la céramique d'oxyde magnésium, et également dans les espaces creux de la céramique d'oxyde de magnésium.



12. Corps de chauffe électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la céramique d'oxyde de magnésium présente au moins un alésage (11) pour un thermocouple (12). 5
13. Procédé pour la fabrication d'un corps de chauffe électrique sous la forme d'un élément de chauffage comprimé, qui chauffe des composants cylindriques depuis l'extérieur, de préférence sous la forme d'une cartouche en forme de bobine (1) sur la buse d'émission de moules pour le moulage par injection ou de moules de moulage par compression ou de composants cylindriques analogues aptes à être chauffés, dans lequel on met un conducteur chauffant en spirale (6) en contact avec une sortie (7) et on le monte dans une céramique d'oxyde magnésium et on insère la céramique d'oxyde de magnésium avec le conducteur chauffant en spirale (6) dans une enveloppe tubulaire (2, 9), on remplit par vibrations les espaces creux (13) dans l'enveloppe tubulaire (2, 9) avec de la poudre isolante d'oxyde magnésium, on réduit la section transversale de l'élément de chauffage à concurrence d'environ 10 à 20 %, on tronçonne l'enveloppe tubulaire (2, 9) pour libérer les raccords, on procède ensuite à un traitement thermique de mise en solution sous l'atmosphère d'un gaz de protection, on enroule la zone chauffée (3) avec un diamètre interne qui est inférieur au diamètre externe du composant cylindrique à chauffer, et après l'enroulement, on étalonne à la cote exacte la cartouche (1) en forme de bobine au moyen d'un mandrin de compression, **caractérisé en ce que**, en conclusion, on procède à un durcissement pendant 8 heures à une température d'environ 720°C, le corps de chauffe électrique étant refroidi à 620°C pendant un laps de temps de 2 heures et maintenu à la température de 620 °C pendant 8 heures. 10 15 20 25 30 35
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que**, après l'insertion de la céramique d'oxyde de magnésium dans l'enveloppe tubulaire (2, 9), on ferme cette dernière d'un côté. 40
15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** la zone non chauffée (4) de la cartouche (1) en forme de bobine est soumise, après le durcissement, à une calcination, de préférence à un traitement thermique de mise en solution, de telle sorte que la zone non chauffée (4) est à nouveau flexible après le durcissement. 45 50
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 15, **caractérisé en ce que** la zone non chauffée (4) de la cartouche (1) en forme de bobine est munie d'une isolation, avant le durcissement, si bien que la zone non chauffée (4), dans le four de trempe, n'est pas exposé à une température de durcissement, si bien que la zone non chauffée (4) est à nou- 55

veau flexible après le durcissement.

Fig. 1

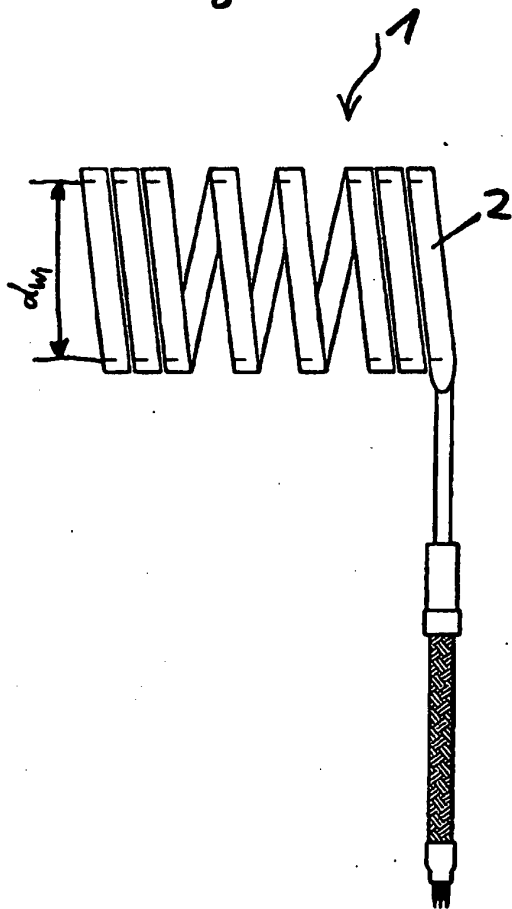


Fig. 2

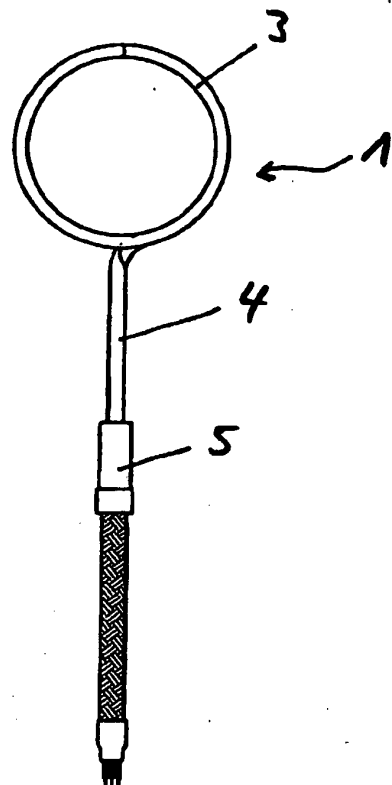


Fig. 3

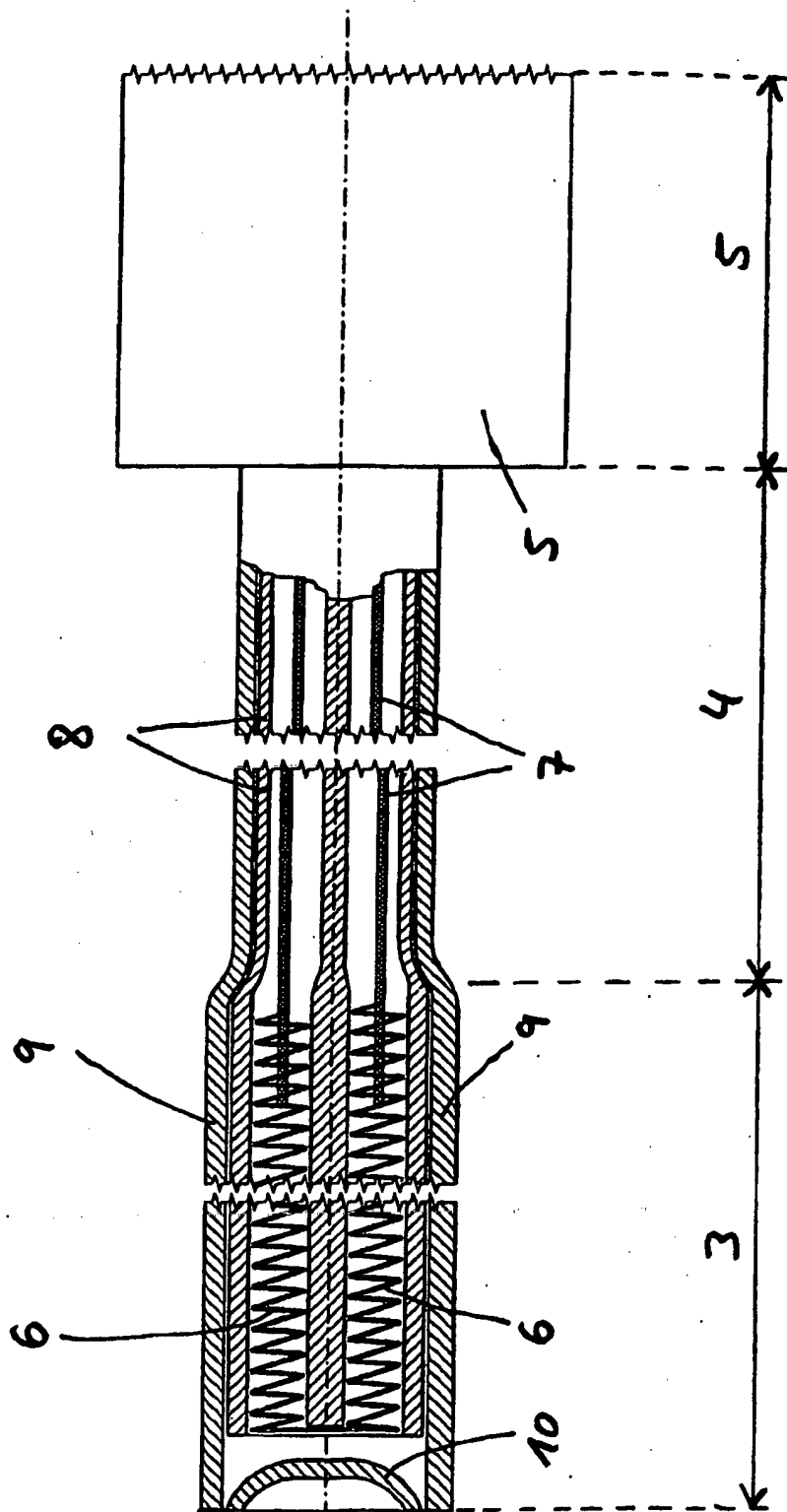
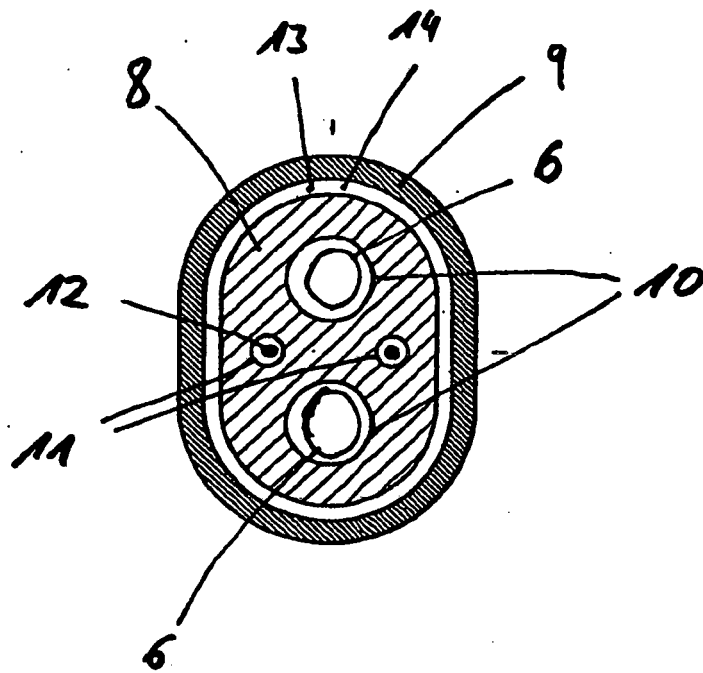


Fig. 4



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 3736612 C2 [0005]
- DE 3001017 A1 [0006]
- FR 2078602 A [0007]