(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 007 270 B3** 2011.09.22

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 007 270.2**
(22) Anmeldetag: **09.02.2010**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **22.09.2011**

(51) Int Cl.: ***B29C 33/76*** (2006.01)
B29C 45/33 (2006.01)
B29C 33/38 (2006.01)
B29C 33/52 (2006.01)
B29C 33/02 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359, Bremen, DE

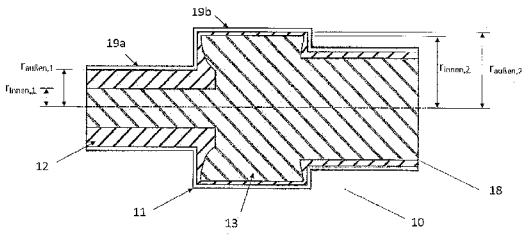
(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209, Bremen, DE

(72) Erfinder:
Stieglitz, André, 28213, Bremen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
EP 1 323 686 B1

(54) Bezeichnung: **Formkern zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur**

(57) Hauptanspruch: Formkern (10, 20) zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur (11), umfassend:
einen elektrisch nicht leitenden inneren Bereich (13, 23) und einen elektrisch leitenden äußeren Bereich (12, 22);
sowie
zwei von außen zugängliche elektrische Kontakte zum Anlegen einer elektrischen Spannung,
wobei die Stärke des äußeren Bereichs (12, 22) gezielt variiert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Formkern zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Formkernes.

[0002] Formkerne werden üblicherweise zur Fertigung von Hohlstrukturen, beispielsweise Faserverbundstrukturen, eingesetzt. Es kann zwischen verlorenen Kernen und Dauerkernen unterschieden werden, wobei Dauerkerne wiederverwendbar sind, während verlorene Kerne nach einmaliger Verwendung aus der fertigen Hohlstruktur ausgewaschen und dabei zerstört werden. Dies kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn aufgrund der Geometrie der zu fertigenden Hohlstruktur keine Möglichkeit einer gewöhnlichen Entnahme des Formkerns besteht. Verlorene Kerne können chemisch, thermisch oder mittels einer Flüssigkeit lösbar, das heißt ausspülbar, sein und bestehen üblicherweise aus einem Formkerngrundmaterial und einem Bindemittel.

[0003] Aus der EP 1 323 686 B1 geht ein Verfahren zur Herstellung von Formkernen hervor, die wiederum zum Ausbilden von Hohlkörpern aus faserverstärkten keramischen Materialien verwendet werden sollen. Durch elektrisches Widerstandsheizen ist der Formkern beheizbar. Dazu sind dem Ausgangsmaterial des Formkerns elektrisch leitfähige Zusatzstoffe homogen beigemischt. Mittels solcher Formkerne sollen insbesondere lokale Überhitzungen vermieden werden. Dies ist in der Praxis jedoch nicht ausreichend möglich.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen Formkern bereitzustellen, der so beheizbar ist, dass auf seiner Außenfläche gezielt eine beliebig vorgebbare Temperaturverteilung resultiert.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Formkern zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur gelöst, wobei der Formkern einen elektrisch nicht leitenden inneren Bereich und einen elektrisch leitenden äußeren Bereich sowie zwei von außen zugängliche elektrische Kontakte zum Anlegen einer elektrischen Spannung aufweist, wobei die Stärke des äußeren Bereichs gezielt variiert. Anstelle des Begriffes „Stärke" kann auch der Begriff „Dicke" verwendet werden. Zudem kann anstelle der Formulierung „elektrisch leitend" auch die Formulierung „elektrisch leitfähig" benutzt werden.

[0006] Insbesondere kann der äußere Bereich des Formkerns aus einem Formkerngrundmaterial bestehen, das elektrisch leitfähigem Material, wie zum Beispiel Leitruß, Graphit, kurzen und/oder langen Kohlenstofffasern und/oder mit Metallpulver oder -fasern, angereichert ist, wobei der Anteil des elektrisch leitfähigen Materials konstant ist oder gezielt variiert.

[0007] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist eine Kontaktfläche zwischen dem inneren Bereich und dem äußeren Bereich glatt ausgebildet. „Glatt" soll hierbei als geringe Rauheit der Kontaktfläche ausgelegt werden.

[0008] Alternativ ist eine Kontaktfläche zwischen dem inneren Bereich und dem äußeren Bereich rippenförmig ausgebildet.

[0009] Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist eine Kontaktfläche zwischen dem inneren Bereich und dem äußeren Bereich mit Silberlack beschichtet.

[0010] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Formkern als verlorener Kern ausgebildet und kann beispielsweise unter Verwendung einer Flüssigkeit ausspülbar sein.

[0011] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Formkerns, umfassend Formen eines ersten Körpers zum Ausbilden eines inneren elektrisch nicht leitenden Bereichs des Formkerns; und Aufbringen von Formmaterial auf den ersten Körper zum Ausbilden eines äußeren elektrisch leitenden Bereichs des Formkerns und Anbringen von zwei von außen zugänglichen elektrischen Kontakten zum Anlegen einer elektrischen Spannung, wobei die Stärke des äußeren Bereichs gezielt variiert. Die Stärke kann räumlich bzw. flächig gezielt variieren.

[0012] Die Verfahrensansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung

[0013] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung eines wie oben beschriebenen Formkerns zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur, umfassend: Einbringen eines zur Herstellung der Hohlstruktur vorgesehenen Werkstoffs in eine Form; Einbringen des Formkerns in die Form; Schließen der Form und Herstellen einer elektrischen Verbindung zum Anlegen einer elektrischen Spannung an die beiden elektrischen Kontakte des Formkerns zum Beheizen des Werkstoffs; und nach abgeschlossenem Aushärten des Werkstoffs

zur Hohlstruktur Lösen der elektrischen Verbindung und Entfernen des Formkerns vorzugsweise durch Ausspülen aus der Hohlstruktur und der Form. Alternativ kann der Formkern auch erst dann aus der Hohlstruktur entfernt werden, nachdem diese bereits aus der Form entfernt wurde.

[0014] Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass durch einen mehrschichtigen Aufbau eines Formkerns aufgrund des Ausbildens eines inneren und eines äußeren Bereichs und einem Zusammenspiel der Stärke des äußeren Bereichs mit der Stärke des inneren Bereichs die Wärmeerzeugungseigenschaften eines hindurchfließenden Stromes derart beeinflusst und gesteuert werden können, dass an jedem Punkt, insbesondere an jedem Punkt der Außenfläche, des Formkerns eine bestimmte Wärmemenge erzielt werden kann. Die zu erzeugende lokale Temperatur kann genauer vorgegeben werden, als dies mit jedem anderen bekannten Herstellungsverfahren bzw. jedem anderen bekannten Formkern bei vergleichbar geringem Aufwand möglich ist. Auch erlaubt der erfindungsgemäße Formkern eine besonders effiziente Erwärmung einer Hohlstruktur, da die Wärme direkt an der Oberfläche des Kernes entsteht, wo sie benötigt wird.

[0015] Ein besonders überraschender Effekt der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass der Aufbau aus zwei Bereichen nicht nur eine Steuerung der Wärmeverteilung zulässt, sondern gleichzeitig eine thermische Isolierung des inneren Bereiches bietet und so eine Wärmesenke im Inneren des Formkernes vermeidet. Gleichzeitig findet dabei keine unnötige Erwärmung von Bereichen des Formkern statt, die mit der Hohlstruktur gar nicht in Kontakt stehen, so dass als weiterer Vorteil ein effizienter Energieeinsatz zu nennen ist. Dies bietet zudem gegenüber der Verwendung flüssiger oder sonstiger beweglicher Wärmeträger den besonderen Vorteil, dass der Formkern sowohl hinsichtlich seiner Struktur als auch der Verfahrensschritte, die zum Bau nötig sind, besonders einfach ist.

[0016] Ein Vorteil besteht weiter darin, dass die besonderen Schwierigkeiten, die bewegliche Wärmeträger in Verbindung mit löslichen verlorenen Kernen darstellen, vermieden werden.

[0017] Ein weiterer besonderer Vorteil liegt darin, dass alternative Heizverfahren, die etwa metallische Heizwendeln im Formkern vorsehen, nur schwer mit der Konsistenz und insbesondere der Auflösung eines verlorenen Kerns zu vereinen sind.

[0018] Darüberhinaus erlaubt die vorliegende Erfindung, das Entstehen thermischer lokaler Ausdehnungen und damit Spannungen im Formkern zu vermeiden. Wie oben in der Diskussion der bekannten Technik gezeigt, kann thermischen lokalen Ausdehnungen bisher nicht wirkungsvoll begegnet werden, so dass auch darauf basierende Spannungen gemäß dem Stand der Technik ein ungelöstes Problem darstellen.

[0019] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im einzelnen erläutert sind, in denen:

[0020] Fig. 1 eine Seitenansicht eines Formkerns gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung in einer Hohlstruktur im Schnitt zeigt; und

[0021] Fig. 2 eine Seitenansicht eines Formkerns gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0022] Der in Fig. 1 gezeigte Formkern **10** steht in flächigem Kontakt mit einer Hohlstruktur **11** bzw. dessen Ausgangsmaterial in einer Form (nicht gezeigt), die durch den Formkern geformt und temperiert werden soll. Der Formkern **10** weist einen inneren Bereich **13** und einen äußeren Bereich **12** auf, wobei der äußere Bereich **12** den inneren Bereich **13** nach allen Seiten zur Hohlstruktur hin bedeckt. Der Formkern **10** kann in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in Abschnitte unterschiedlicher Dicke des Formkerns **10**, das heißt zylinderförmige Abschnitte mit unterschiedlichen Radien, untergliedert werden. So ist der Formkern **10** in dem Abschnitt **19a** erheblich dünner als in dem Abschnitt **19b**.

[0023] Der äußere Bereich **12** besteht vorzugsweise aus Formsand, der mit bestimmten elektrisch leitfähigen Stoffen angereichert ist, um seine elektrische Leitfähigkeit zu erhöhen. Ein solcher Stoff kann beispielsweise Leitruß oder Graphit sein. Alternativ kommen aber auch kurze oder lange Kohlenstofffasern in Frage, alternativ kann/können auch Metallpulver und/oder Metallfasern verwendet werden. Auch der innere Bereich **13** besteht vorzugsweise aus Formsand und leitet somit den elektrischen Strom nicht oder nur geringem Ausmaß. Auch weist der innere Bereich **13** vorzugsweise lediglich eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf. Aus der Fig. 1 ist insbesondere ersichtlich, dass die Stärke bzw. Dicke in radialer Richtung des äußeren Bereichs **12** gegenüber der Stärke des inneren Bereichs **13** lokal variieren kann. So ist seine Stärke beispielsweise in dem Abschnitt

19a erheblich größer als in dem Abschnitt **19b**. Durch eine größere Stärke ergibt sich ein geringerer elektrischer Widerstand, der wiederum zu einem geringeren Heizeffekt eines hindurchfließenden Stromes führt.

[0024] Gemäß einer besonderen Ausführungsform kann der Formkern **10** auch als Hohlkern ausgebildet sein, wobei der innere Bereich **13** wenigstens teilweise einen Hohlraum aufweist.

[0025] Zum elektrischen Widerstandsheizen des Formkerns ist der äußere Bereich **12** mit Kontakten versehen, an die eine elektrische Spannung angelegt werden kann. Die Kontakte sind in Fig. 1 nicht gezeigt. Sie können jedoch an beliebigen Stellen des äußeren Bereichs **12** angebracht sein. Beispielsweise können die Kontakte an einander gegenüberliegenden Seiten des Formkerns angebracht sein; jedoch ist je nach Anforderungen der auszuhärtenden Hohlstruktur auch eine andere Konstellation der Kontakte denkbar.

[0026] Um den unterschiedlichen thermischen Leitfähigkeiten des inneren Bereichs **13** und des äußeren Bereichs **12** Rechnung zu tragen, kann die Kontaktfläche zwischen beiden Bereichen glatt ausgebildet sein. Unter einer glatten Fläche wird dabei eine Fläche von geringer Rauheit verstanden. Alternativ kann die Kontaktfläche jedoch auch rippenförmig ausgebildet sein oder auch auf andere Weise eine dreidimensionale Struktur aufweisen. Insbesondere kann auf diese Weise die Kontaktfläche zwischen dem inneren Bereich **13** und dem äußeren Bereich **12** vergrößert werden. Gemäß einer besonderen Ausführungsform kann die Oberfläche durch rippenförmigen Kontakte zum Beispiel um den Faktor 3, 4 gegenüber einer glatten Kontaktfläche vergrößert werden. Alternativ kann die Kontaktfläche mit einer Silberlackbeschichtung versehen werden. Dies dient insbesondere einer weitergehenden thermischen Isolierung des inneren Bereiches **13** von der äußeren Schicht **12**, um die angestrebte Wärmeverteilung noch genauer justieren zu können.

[0027] Die Form des erfindungsgemäßen Formkerns kann sowohl in Längs- als auch in Querrichtung beliebig ausgebildet sein.

[0028] Im folgenden wird eine besondere Ausführungsform beschrieben, in der eine Hohlstruktur hergestellt werden soll, die einen Hohlraum in Form zweier koaxial aneinandergereihter Hohlzylinder mit unterschiedlichen Radien aufweist. Unter der Randbedingung, dass der dem Hohlraum entsprechende Formkern über seine gesamte Außenfläche eine gleichmäßige Wärmeentwicklung erzeugen soll, soll bei gegebenen Außenabmessungen des Formkerns die dafür erforderliche Querschnittsfläche des inneren Bereichs an einem bestimmten Abschnitt bestimmt werden. Möge der äußere Bereich **12** des Formkern im Abschnitt **19a** einen Innenradius $r_{innen,1}$ und einen Außenradius $r_{außen,1}$ sowie im Abschnitt **19b** einen Außenradius $r_{außen,2}$ besitzen. Es stellt sich dann die Frage, wie groß der Innenradius $r_{innen,2}$ im Abschnitt **19b** sein muss, um nach außen dieselbe Wärmeleistung zu liefern. Hierzu nehmen wir folgende Betrachtungen vor:
Der Umfang eines Zylinders ist als

$U = 2\pi \cdot r$ ergeben.

[0029] Mit steigendem Umfang U erhöht sich linear die zu erbringende Wärmeleistung, die nötig ist, um eine gleichbleibende Temperierung zu bewirken. Diese Wärmeleistung ist außerdem proportional zu dem elektrischen Widerstand R. Ferner beträgt die Querschnittsfläche eines zylinderförmig inneren Bereichs **13**.

$A_{innen} = \pi \cdot r^2_{innen}$,

die Gesamtquerschnittsfläche A eines Zylinders i beträgt

$A_i = \pi \cdot r^2_{außen}$.

[0030] Damit lässt sich die Querschnittsfläche $A_{außen,i}$ des äußeren Bereichs **12** ohne den inneren Bereich **13** für einen Zylinder i als

$A_{außen,i} = A - A_{innen}$

angeben. Der elektrische Widerstand eines Zylinders i ist umgekehrt proportional zu der Querschnittsfläche $A_{außen,i}$ seines äußeren Bereiches **12**. Für zwei Zylinder 1 und 2 kann diese Beziehung als

$$\frac{A_{außen,1}}{A_{außen,2}} = \frac{R_2}{R_1}$$

angegeben werden. Ferner gilt

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{U_2}{U_1}\Rightarrow A_{außen,2}=\frac{U_1}{U_2}\bullet A_{außen,1}$$

[0031] Aus dieser Gleichung kann der gesuchte Radius $r_{innen,2}$ aus

$$A_{außen,2}=\pi\bullet r^2{}_{außen,2}-\pi\bullet r^2{}_{innen,2}\quad;\quad \frac{U_1}{U_2}\bullet A_{außen,1}=\frac{2\pi\bullet r_{außen,1}}{2\pi\bullet r_{außen,2}}\bullet(\pi\bullet r^2{}_{außen,1}-\pi\bullet r^2{}_{innen,1})$$

$$\Rightarrow r_{innen,2}=\sqrt{r^2{}_{außen,2}-\frac{r_{außen,1}}{r_{außen,2}}\bullet(r^2{}_{außen,1}-r^2{}_{innen,1})}$$

berechnet werden. Anders ausgedrückt kann also bei festem Radius $r_{außen,1}$ an einem ersten Abschnitt **19a** des Formkerns **10** und festem Radius $r_{außen,2}$ an einem zweiten Abschnitt **19b** des Formkerns **10** der Außenradius (= $r_{innen,1}$) des inneren Bereichs **13** am ersten Abschnitt **19a** so gewählt werden, dass am ersten Abschnitt **19a** eine vorbestimmte Erwärmung erzeugt wird; und der Außenradius (= $r_{innen,2}$) des inneren Bereichs **13** am zweiten Abschnitt **19b** abhängig von $r_{innen,1}$, $r_{außen,1}$ und $r_{außen,2}$ so gewählt werden, dass am zweiten Abschnitt **19b** die gleiche Erwärmung wie am ersten Abschnitt **19a** erzeugt wird. Damit ist die Querschnittsfläche des inneren und des äußeren Bereichs am Abschnitt **19b** bekannt.

[0032] In einer alternativen Ausführungsform mit quadratischen, rechteckigen oder auch beliebigen Querschnittsformen des Formkerns sind die obigen Gleichungen analog anwendbar, wobei lediglich die korrekten Funktionen zur Berechnung der jeweiligen Querschnittsfläche und des Umfangs zu verwenden sind.

[0033] Die Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei ein Formkern **20** mit einem inneren Bereich **23** und einem äußeren Bereich **22** gezeigt ist. Die Bereiche **22** und **23** weisen in Längsrichtung des Formkerns **20** einen Querschnitt auf, der sich über mehrere Abschnitte hinweg kontinuierlich ändert, so beispielsweise in dem mit A markierten Abschnitt. Quer zur Längsrichtung des Formkerns weisen die Bereiche **22** und **23** einen rechteckigen Querschnitt auf. Fig. 2 zeigt ferner ein Temperaturprofil **21** auf der Oberfläche des äußeren Bereichs **22**. Dieses zeigt beispielsweise, dass in dem Abschnitt A eine sehr viel geringere Temperatur herrscht als im Abschnitt B. Dieser Unterschied beruht darauf, dass die Stärke des äußeren Bereichs **22** im Abschnitt B sehr viel kleiner ist als im Abschnitt A; dadurch weist der äußere Bereich **22** im Abschnitt B einen größeren elektrischen Widerstand als im Abschnitt A auf, was beim Hindurchfließen eines elektrischen Stromes zu einer höheren Heizwirkung und damit zu einer erhöhten Temperatur führt. Das Temperaturprofil **21** zeigt ferner einen geringfügigen Anstieg der Temperatur im Abschnitt A des äußeren Bereichs **22** in Richtung des Abschnitts B. Dies resultiert aus der sich verjüngenden Stärke des äußeren Bereiches **22** im Abschnitt A in Richtung des Abschnitts B und beruht auf einer damit einhergehenden kontinuierlichen Verringerung des elektrischen Widerstandes des äußeren Bereichs **22**. Die Beschaffenheit der Bereiche **22** und **23** der Fig. 2 sowie die übrigen Eigenschaften des gezeigten Formkerns **20** können im übrigen die gleichen Eigenschaften wie der Formkern **10** aus Fig. 1 aufweisen.

[0034] Die oben beschriebene Ansätze zum Beeinflussen einer lokalen Erwärmung innerhalb eines Formkerns, der wie gezeigt besonders auf einer Anpassung der Bereichsstärken basiert, kann vorteilhaft kombiniert werden mit einer räumlich oder flächig unterschiedlich starken Anreicherung von Zusatzstoffen im äußeren Bereich **12**. Insbesondere kann eine nach der obigen Vorschrift notwendige besonders starke lokale Variation der Bereichsstärken dadurch abgeschwächt werden, dass durch Zusatz elektrisch leitender Zusatzstoffe in dem betreffenden Bereich die elektrischen Leiteigenschaften so angepasst werden, dass nur noch eine geringere Variierung der Bereichsstärken nötig ist. Bei der Auswahl solcher Zusatzstoffe ist dabei nicht nur auf elektrische Leitfähigkeit, sondern auch auf Wärmeleitfähigkeit zu achten, wobei beispielsweise bei einer Erhöhung des elektrischen Widerstandes auch eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit angestrebt werden soll. Diese Anforderung wird beispielsweise durch Leitruß, Graphit oder auch Kohlenstofffasern erfüllt, wobei letztere in Form von kurzen oder langen Fasern vorliegen können. Alternativ oder zusätzlich kann/können auch Metallpulver und/oder Metallfasern verwendet werden. Schließlich sind auch Kombinationen der genannten Materialien verwendbar. Bevorzugt wird jedoch Graphit eingesetzt, da dieser Stoff nicht nur eine hohe Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit aufweist, sondern auch über eine hohe Temperaturbeständigkeit und insbesondere eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit aufweist. Letztere begünstigt eine Beschleunigung

von Aufheiz- und Abkühlphasen während des Aushärtungsprozesses einer Faserverbundstruktur. Darüberhinaus verfügt Graphit über eine hohe Resistenz gegenüber Oxidation und ist besonders widerstandsfähig gegen bestimmte Chemikalien. Graphit kann auch in hoher Reinheit hergestellt werden und ist gut bearbeitbar, bietet schließlich auch eine gute Umweltverträglichkeit und ist gesundheitlich unbedenklich in der Verarbeitung.

[0035] Die vorstehend beschriebene Erfindung kann zur Herstellung von Hohlstrukturen, beispielsweise Faserverbundstrukturen, sowie im Druckgußverfahren oder im Bereich des Spritzgußverfahrens verwendet werden. Allgemein stellt die Erfindung eine Verbesserung bei der Herstellung komplexer Hohlstrukturen dar, bei denen eine Temperierung der Form erforderlich oder vorteilhaft ist.

[0036] Zur Fertigung eines Formkerns gemäß den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen sind im wesentlichen zwei Schritte nötig. In einem ersten Schritt wird dabei der innere elektrisch nicht oder nur gering leitende Bereich ausgebildet, wobei beispielsweise ein Druckverfahren zur Anwendung kommt. Typischerweise besteht der innere Bereich dabei aus Formsand. In einem zweiten Schritt wird der äußere elektrisch leitende Bereich **12** auf den inneren Bereich **13** aufgebracht, so dass der äußere Bereich **12** den inneren Bereich **13** hin bedeckt. Ferner werden Kontakte an den äußeren Bereich **12** angelegt, um eine elektrische Spannung an den äußeren Bereich **12** anlegen zu können. Die Stärken der beiden Bereiche sind den jeweiligen. Anforderungen der Anwendung gemäß bemessen, insbesondere unter Berücksichtigung der obigen erfindungsgemäßen Ausführungen.

[0037] Um den erfindungsgemäßen Formkern zum Formen und Temperieren einer auszuhärtenden Hohlstruktur **11** zu verwenden, wird gemäß einer besonderen Ausführungsform zunächst ein zur Herstellung der Hohlstruktur vorgesehener Werkstoff in eine Form eingebracht. Anschließend wird der Formkern in die Form eingebettet, so dass er gemeinsam mit dieser eine Kavität bildet. Hierzu kann ein beliebiges dem Fachmann bekanntes Vorgehen gewählt werden. Anschließend wird eine elektrische Spannung an die beiden Kontakte des Formkerns **10** angelegt, um den Werkstoff zu beheizen. Nach abgeschlossenem Aushärten der Hohlstruktur **11** wird die elektrische Verbindung gelöst und der Formkern **10** – falls es sich um einen verlorenen Kern handelt – aus der Hohlstruktur und der Form oder erst nach Herausnahme der Hohlstruktur aus der Form herausgespült oder – falls der Formkern als Dauerkern ausgeführt ist – auf anderem Wege aus der Hohlstruktur **11** und der Form entnommen, um später wiederverwendet zu werden.

[0038] In den vorstehend dargestellten Ausführungsformen wird ein Formkern beschrieben, der einen neuartigen und besonders effizienten Weg darstellt, eine bestimmte Verteilung von zum Aushärten einer umgebenden Faserverbundstruktur zu erzielen. Neben den bereits genannten Vorteilen der Erfindung sei noch auf eine besonders einfache, schnelle und kostengünstige Kernherstellung hingewiesen, die zudem vorteilhaft zu automatisieren ist. Aufgrund des einfachen Ausbaus sind geringe Kosten beim Bau eines solchen Formkerns zu erwarten, insbesondere da die Hauptbestandteile einer entsprechenden Anlage lediglich einen Stromgenerator und eine Stromregelung umfassen. Die bereits erwähnte gute Umweltverträglichkeit des erfindungsgemäßen Formkerns beruht weiter darauf, dass kein Medium für die Wärmezufuhr in den Kern nötig ist. Es fällt damit kein eventuell aufwendig zu entsorgendes Abfallprodukt an.

[0039] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

10, 20	Formkern
11	Hohlstruktur
12, 22	äußerer Bereich
13, 23	innerer Bereich
18, 28	Kontaktfläche
19a	Abschnitt
19b	Abschnitt
21	Temperaturprofil
$r_{innen,1}$	Innenradius vom äußeren Bereich
$r_{innen,2}$	Innenradius vom äußeren Bereich
$r_{außen,1}$	Außenradius vom äußeren Bereich
$r_{außen,2}$	Außenradius vom äußeren Bereich

Patentansprüche

1. Formkern (**10**, **20**) zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur (**11**), umfassend:
einen elektrisch nicht leitenden inneren Bereich (**13**, **23**) und einen elektrisch leitenden äußeren Bereich (**12**, **22**);
sowie
zwei von außen zugängliche elektrische Kontakte zum Anlegen einer elektrischen Spannung,
wobei die Stärke des äußeren Bereichs (**12**, **22**) gezielt variiert.

2. Formkern (**10**, **20**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Bereich (**12**, **22**) aus einem Formkerngrundmaterial besteht, das mit elektrisch leitfähigem Material, wie zum Beispiel Leitruß, Graphit, kurzen und/oder langen Kohlenstofffasern und/oder mit Metallpulver oder -fasern, angereichert ist, wobei der Anteil des elektrisch leitfähigen Materials konstant ist oder gezielt variiert.

3. Formkern (**10**, **20**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem inneren Bereich (**13**, **23**) und dem äußeren Bereich (**12**, **22**) glatt ausgebildet ist.

4. Formkern (**10**, **20**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem inneren Bereich (**13**, **23**) und dem äußeren Bereich (**12**, **22**) rippenförmig ausgebildet ist.

5. Formkern (**10**, **20**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem inneren Bereich (**13**, **23**) und dem äußeren Bereich (**12**, **22**) mit Silberlack beschichtet ist.

6. Formkern (**10**, **20**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (**10**, **20**) als verlorener Kern ausgebildet ist und vorzugsweise unter Verwendung einer Flüssigkeit ausspülbar ist.

7. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns (**10**, **20**), umfassend:
Formen eines ersten Körpers zum Ausbilden eines inneren elektrisch nicht leitenden Bereichs (**13**, **23**) des Formkerns (**10**, **20**); und
Aufbringen von Formmaterial auf den ersten Körper zum Ausbilden eines äußeren elektrisch leitenden Bereichs (**12**, **22**) des Formkerns (**10**, **20**) und Anbringen von zwei von außen zugänglichen elektrischen Kontakten zum Anlegen einer elektrischen Spannung, wobei die Stärke des äußeren Bereichs (**12**, **22**) gezielt variiert.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Bereich (**12**, **22**) aus einem Formkerngrundmaterial ausgebildet wird, das mit elektrisch leitfähigem Material, wie zum Beispiel Leitruß, Graphit, kurzen und/oder langen Kohlenstofffasern und/oder Metallpulver oder -fasern, angereichert ist, wobei der Anteil des elektrisch leitfähigen Materials konstant ist oder gezielt variiert.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem inneren Bereich (**13**, **23**) und dem äußeren Bereich (**12**, **22**) glatt ausgebildet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem inneren Bereich (**13**, **23**) und dem äußeren Bereich (**12**, **22**) rippenförmig ausgebildet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (**18**, **28**) zwischen dem äußeren Bereich (**12**, **22**) und dem inneren Bereich (**13**, **23**) mit Silberlack beschichtet wird.

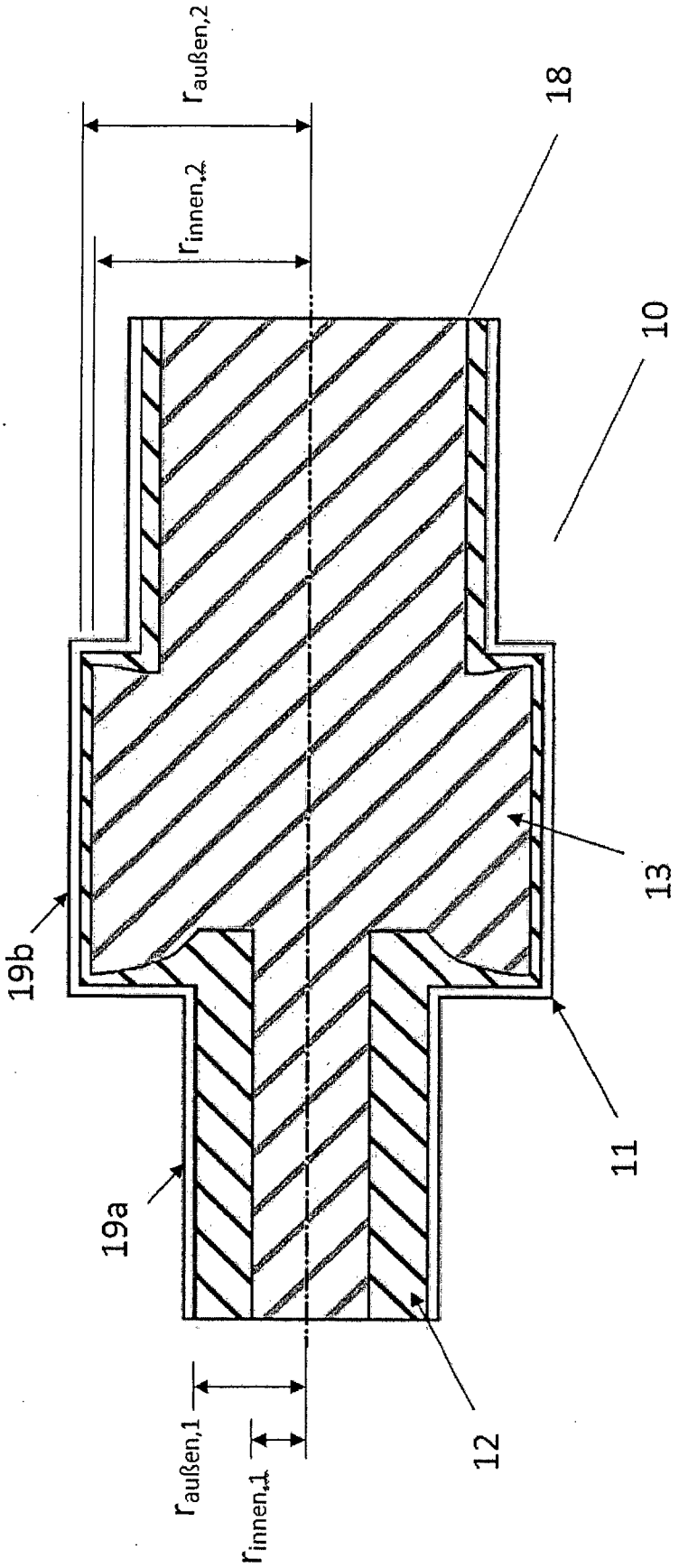
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbringen des äußeren Bereichs (**12**, **22**) auf den inneren Bereich (**13**, **23**) als Aufbacken unter Druck- und/oder Hitzeeinwirkung erfolgt.

13. Verwendung eines Formkerns (**10**, **20**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Formen und Temperieren einer Hohlstruktur (**11**) umfassend:
Einbringen eines zur Herstellung der Hohlstruktur (**11**) vorgesehenen Werkstoffs in eine Form;
Einbringen des Formkerns (**10**, **20**) in die Form;
Schließen der Form und Herstellen einer elektrischen Verbindung zum Anlegen einer elektrischen Spannung an die beiden elektrischen Kontakte des Formkerns (**10**, **20**) zum Beheizen des Werkstoffs; und

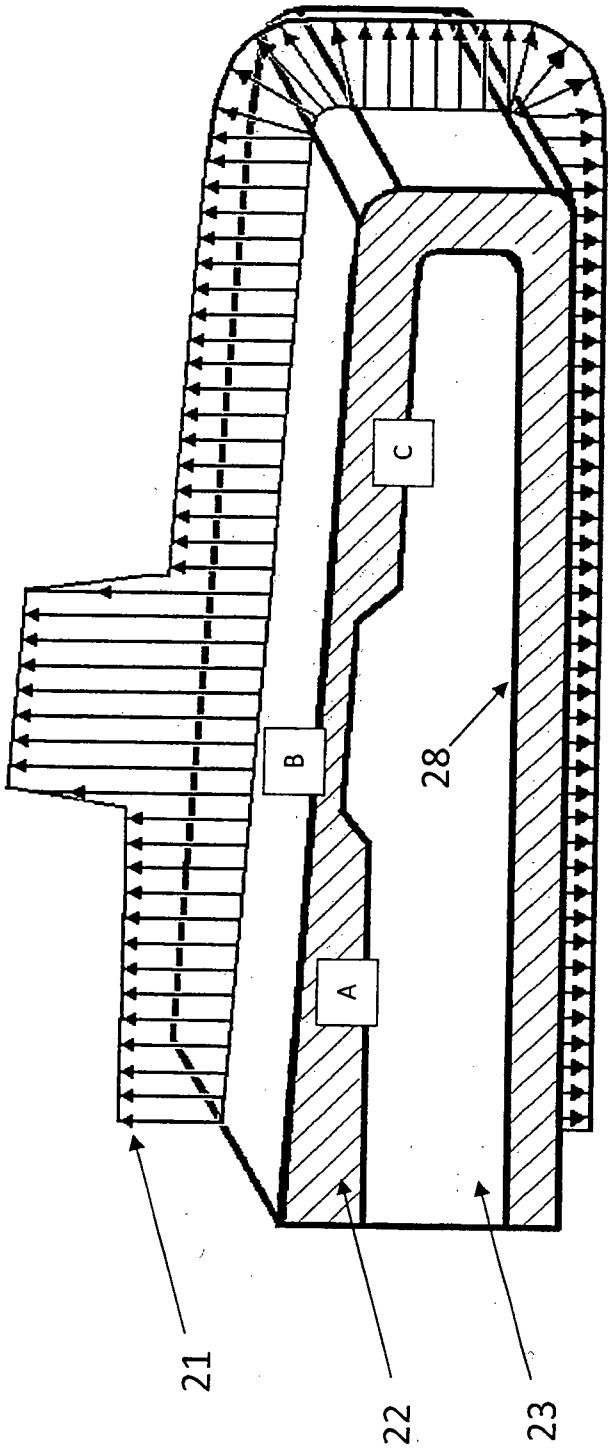
nach abgeschlossenem Aushärten des Werkstoffs zur Hohlstruktur (**11**) Lösen der elektrischen Verbindung und Ausspülen des Formkerns (**10**, **20**) aus der Hohlstruktur (**11**) und der Form.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2