

(19)



(11)

EP 3 551 358 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.01.2021 Patentblatt 2021/02

(51) Int Cl.:
B22C 9/12 (2006.01) **B22C 7/06** (2006.01)
B22C 1/10 (2006.01) **B22C 1/18** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17816409.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2017/100995

(22) Anmeldetag: **20.11.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/103784 (14.06.2018 Gazette 2018/24)

(54) **VERFAHREN UND FORM- ODER KERNWERKZEUG ZUR HERSTELLUNG VON FORMEN ODER KERNEN**

METHOD AND MOLD TOOL OR CORE TOOL FOR PRODUCING MOLDS OR CORES

PROCÉDÉ ET OUTIL DE MOULAGE OU OUTIL À NOYAU DESTINÉS À FABRIQUER DES MOULES OU DES NOYAUX

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **06.12.2016 DE 102016224183**
26.09.2017 DE 102017217096

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.2019 Patentblatt 2019/42

(73) Patentinhaber: **Soplain GmbH**
39171 Sülzetal (DE)

(72) Erfinder:
• **BACH, Wolfram**
39171 Sülzetal (DE)
• **KAFTAN Michael**
1202 Genf (CH)

(74) Vertreter: **Stütz, Jan**
Unter den Linden 10
10117 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 735 751 US-A1- 2004 192 806

EP 3 551 358 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formen oder Kernen für Gießereizwecke unter Verwendung von Strom mittels Anpassung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Kernkastenmaterials an eine Mischung aus einem Formstoff und einem Wasser enthaltenden anorganischen Bindemittel, welches in gelöster Form ein Elektrolyt bildet und eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Form- oder Kernwerkzeug zum Herstellen von Formen oder Kernen.

[0002] Aus der WO 2003/013761 A1 und US 2004/0192806 A1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren bekannt, bei welchem als anorganisches Bindemittel Magnesiumsulfat verwendet wird, welches in Wasser dispergiert und/oder gelöst und anschließend mit Gießereisand vermischt ist. Anschließend wird diese Mischung aus einem Formstoff, das heißt bspw. Gießereisand und dem Wasser enthaltenden Bindemittel, in das Form- oder Kernwerkzeug eingebracht und dort durch Erhitzen ausgehärtet. Durch die Verwendung eines anorganischen Bindemittels soll ein Austreten von umweltschädigenden Gasen beim Aushärten der Mischung vermieden werden. Diese Anmeldung basiert dabei teilweise auf der Patentanmeldung DE 24 35 886 A1 aus dem Jahre 1974 zum Erhärten von Sandkernen mittels "Hindurchleiten eines elektrischen Stromes".

[0003] In der erwähnten Druckschrift WO 2003/013761 A1 ist ausgeführt, dass die zur Aushärtung erforderliche Energie mittels Elektrizität zur Verfügung gestellt wird. Die Elektrizität wird dabei über zwei oder mehrere Elektroden an "wenigstens teilweise elektrisch leitenden, gegeneinander isolierten Teilen der trennbaren Form- oder Kernwerkzeuge" angelegt. Die genannte Anmeldung berücksichtigt nicht die Unterschiede zwischen den elektrisch spezifischen Widerstandseigenschaften des Kernwerkzeugs und den elektrisch spezifischen Widerstandseigenschaften des Sand-Binder-Gemisches. Es verwendet "gegeneinander isolierte[n] Teile der trennbaren Form- oder Kernwerkzeuge".

[0004] Aus der DE 37 35 751 A1 ist ein gasdurchlässiges Formwerkzeug zur Herstellung von Guss- und Kernformen aus aushärtbarem Formsand bekannt, wobei das Werkzeug aus heteroporös aufgebautem, offenporigem Material besteht und wobei die Wand des Formwerkzeuges einen ersten, an den Formsand angrenzenden feinporigen Schichtbereich von 0,2-2 mm Dicke, 75-95% der theoretischen Materialdichte und Porendurchmesser $< 50 \mu\text{m}$ aufweist, an den ein zweiter, massiver Bereich in Form eines großporigen Stützskeletts von $< 80\%$ der theoretischen Materialdichte und einem mittleren Porendurchmesser $< 100 \mu\text{m}$ materialschlüssig angrenzt.

[0005] Aus der DE 24 35 886 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Gießereiformen oder -kernen durch Einbringen eines Gemisches aus Aggregat und Binder in einen Form- oder Kernkasten und Erhitzen des Gemisches bekannt, wobei das Erhitzen mittels Durchleiten eines elektrischen Stromes durch das Gemisch bewirkt wird.

[0006] Aus der EP 3 103 562 A1 ist eine Schablone bekannt, welche eine rahmenförmige oder kastenförmige, sich vorzugsweise nach unten leicht verjüngend ausgebildete, Ausgestaltung mit einer umlaufenden Wandung und bei kastenförmiger Ausgestaltung auch einem Boden aufweist.

[0007] Form- oder Kernwerkzeuge für anorganische Verfahren werden vornehmlich aus Metall wie z.B. Stahl oder Aluminium hergestellt.

[0008] Der Nachteil der oben genannten Anmeldung ist, dass eine Isolationsschicht zwischen den Teilen des Form- oder Kernwerkzeugs benötigt wird, welche den Kurzschluss beim Anlegen der Spannung verhindern soll und somit den Stromfluss durch das Sand-Binder-Gemisch bewirken soll.

[0009] Ein weiterer Nachteil der Technik ergibt sich trotz der Verwendung einer Isolationsschicht. Der elektrische Strom sucht stets den Weg des geringsten Widerstandes zum Ausgleich der elektrischen Potentiale.

[0010] Metallische Kernwerkzeuge haben einen Widerstandsbereich von z.B. 2×10^{-7} Ohm (Stahl) wobei Sand-Binder-Gemische im Bereich von ca. 10^1 bis 10^2 Ohm liegen. Da der Widerstand am Kernkasten wesentlich geringer ist als im Sandbinder-Gemisch fließt der Strom bis zur Kontaktfläche innerhalb des Kernkastens und wird dann für eine kurze Strecke durch das Sand-Binder-Gemisch geleitet. Dies hat zur Folge, dass an dickeren Teilen des Sandkerns fast kein Strom fließt und somit keine ausreichende Erwärmung erfolgt. Damit ergibt sich keine gleichmäßige Aushärtung der Mischung.

[0011] Wird ein derartig lediglich teilweise ausgehärteter Kern aus dem Form- oder Kernwerkzeug entnommen, kann dieser Schaden nehmen oder zu einem Schaden bei einer späteren Verwendung in einem Gießwerkzeug führen.

[0012] Ein weiterer Nachteil basiert auf dem gleichen Ansatz, dass Strom sich immer den Weg des geringsten Widerstandes sucht. Bei Kernkästen aus nichtleitendem Material und zwei gegenüberliegenden Elektroden würde das Verfahren daher nur bei Geometrien mit gleichen Sandkernstärken funktionieren. Zum Beispiel ist dies der Fall bei Zylindern und Quadern. Somit ist das Verfahren nur anwendbar bei einfachen geometrischen Formen.

[0013] Ein weiterer Nachteil ist bei Aushärtung mittels Wärmeübertragung zu beobachten. Da Sand-Binder-Gemische gemeinhin eher schlechte Wärmeleiter darstellen kommt es bei Wärmeübertragung von beheizten Kernkästen zur Schalenbildung an den Außenkanten des Sandkerns da die Schale eher aushärtet als das Sandkerninnere. Aus wirtschaftlichen Gründen wird dabei nicht immer die vollständige Aushärtung vor der Entnahme abgewartet, so dass die Sandkerne leichter Brechen können.

[0014] Ein weiterer Nachteil ergibt sich durch den Effekt der oben genannten Schalenbildung. Da aufgrund der Scha-

lenbildung das Innere des Sandkerns noch nicht vollständig ausgehärtet ist, führt dies zu einer Begrenzung der maximalen Sandkerndicken, welche mit bestehenden Verfahren hergestellt werden können. Die maximale Dicke des Sandkerns hängt dabei von der Dauer der Erwärmung sowie dem Eigengewicht des Sandkerns ab. Ist die Erwärmung nicht ausreichend, so kann die äußere Schale des Sandkerns trotz vollständiger Aushärtung das Gewicht nicht vollständig tragen und kann somit zum Bruch des Sandkerns führen.

[0015] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher mit dem Problem, für ein Verfahren der gattungsgemäßen Art eine verbesserte oder zumindest eine alternative Ausführungsform anzugeben, die insbesondere die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwindet.

[0016] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhaftige Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0017] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, bei der Auswahl des Materials der trennbaren Form- oder Kernwerkzeuge die spezifische elektrische Leitfähigkeit so zu berücksichtigen, dass sie der elektrischen Leitfähigkeit einer (Sand-Binder-) Mischung annähernd während der optimale Arbeitstemperatur entspricht. Die elektrische spezifische Leitfähigkeit des Form- oder Kernwerkzeuges (Kavität) wird also durch das verwendete Sand-Binder-gemisch bestimmt.

[0018] Hierdurch kann der besondere Effekt erreicht werden, dass ein in das Material eingeleiteter Strom in diesem und in der Mischung überall die annähernd gleiche elektrische Leitfähigkeit vorfindet und dadurch sich keinen gravierend kürzeren, insbesondere abkürzenden, Weg durch die Mischung sucht, wodurch eine gleichmäßige Durchströmung der Mischung mit Strom und damit auch ein gleichmäßiges Erhitzen und hierdurch auch ein gleichmäßiges Aushärten derselben erreicht werden können und zwar unabhängig von der jeweils individuellen Form bzw. Gestalt des Kerns.

[0019] Generell wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst ein elektrisch leitfähiges Material permanent in ein Gehäuse des Form- oder Kernwerkzeugs eingebracht und nimmt dort die zuvor beschriebene Mischung aus einem Formstoff, bspw. aus Sand (Gießereisand), und Wasser enthaltenden Bindemittel, welches in gelöster Form ein Elektrolyt bildet und eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit aufweist, auf.

[0020] Die vorliegende Erfindung beruht weiter auf dem allgemeinen Gedanken, ein Form- oder Kernwerkzeug zum Herstellen von Formen oder Kernen, bspw. Gießkernen, aus einer Mischung aus einem Formwerkstoff und einem Wasser enthaltenden Bindemittel anzugeben, welches in gelöster Form ein Elektrolyt bildet und eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit aufweist, wobei das erfindungsgemäße Form- oder Kernwerkzeug ein aus zumindest zwei Teilen bestehendes, elektrisch nicht leitendes, Gehäuse besitzt. Das Form- oder Kernwerkzeug weist darüber hinaus zumindest zwei Elektroden auf, wobei jeweils eine Elektrode in einem Teil des Gehäuses angeordnet ist. Über die beiden parallelen Elektroden wird später elektrische Energie in das Material und über dieses in die Mischung eingeleitet, wodurch die Mischung erhitzt und dadurch ausgehärtet wird.

[0021] Für das Verfahren ist ein direkter Kontakt des leitenden Materials und der Elektroden des Kernkastens notwendig. Somit kann auf eine Isolationsschicht zwischen den Kernkastenteilen verzichtet werden.

[0022] Die Einbringung der Mischung erfolgt für jeden Zyklus der Sandkernherstellung wobei das elektrisch leitfähige Material einmalig pro Herstellung des Form- oder Kernwerkzeugs eingebracht wird. Das Material bildet somit die Negativkontur des später darin herzustellenden Sandkerns bzw. der Form. Nachdem die Mischung in dem Material eingebettet ist, wird anschließend dem Material über die im/am Gehäuse des Form- oder Kernwerkzeugs angeordneten Elektroden, elektrische Energie und darüber Wärme zugeführt, die zu einem Aushärten der Mischung führt.

[0023] Wie bei bestehenden Patentanmeldungen, stellt das Gehäuse lediglich ein Behältnis zur Aufnahme des leitenden Materials dar und muss elektrisch nicht leitfähig sein, da ansonsten der Strom ausschließlich über das Gehäuse geführt wird und nicht durch das Material bzw. die Mischung. Das Gehäuse kann aus Kunststoff sein und bietet den Vorteil, dass es vergleichsweise leicht und damit leicht zu handhaben ist. Alternativ kann auch eine Isolationskeramik oder ein anderes elektrisch nicht leitendes Material verwendet werden.

[0024] Teile des Gehäuses können dabei über eine oder mehrere Trennebenen miteinander verbunden sein, wobei die Elektroden vorzugsweise parallel zueinander angeordnet oder sogar in einen Teil des Gehäuses eingebettet sein können.

[0025] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist eine Einrichtung zur Steuerung/Regulierung der elektrischen Spannung an den Elektroden vorgesehen. Mittels einer derartigen Einrichtung kann die an die Elektroden angelegte Spannung reguliert, bspw. erhöht werden, so dass kurze Taktzeiten für den Aushärtvorgang erreichbar sind. Kurze Taktzeiten wiederum ermöglichen eine vergleichsweise kostengünstige Fertigung der Formen bzw. Kerne. Die Regelung der Leistung/Spannung kann mittels Wechselrichter/Leistungssteller erfolgen oder durch Aufschalten unterschiedlicher Spannungen. Alternativ kann das Verfahren auch mittels konstanter angelegter Spannung betrieben werden.

[0026] Wie bereits in der DE 24 35 886 A1 ausgeführt, kann die elektrische Energie in Form von Wechselstrom oder Gleichstrom dem Material und Sand-Binder-gemisch (Mischung) zugeführt werden. Wechselstrom ist überall vorhanden und kann fast beliebig geregelt werden.

[0027] Zusätzlich sind im Material, in den Elektroden sowie im Gehäuse Entlüftungsschlitze (Düsen) vorzusehen, um das Entweichen der Gase bzw. des Wasserdampfes zu ermöglichen. Beim Aushärten entstehende Gase bzw. Wasser-

dampf kann wie bei bestehenden Verfahren mittels Kernmarken(Düsen) aus dem Sandkern (Kern) und dem Material, der Elektroden und dem Gehäuse über Bohrungen abgeführt werden. Alternativ kann das Material auch porös sein und somit das Entweichen der Gase oder Wasserdampf ermöglichen.

[0028] Weiterhin sind im Material Bohrungen für nichtleitende Ausstoßbolzen vorgesehen, welche zur Entnahme der (Sand-)kerne Verwendung finden. Diese erlauben die Entnahme der Sandkerne nach dem Aushärten der Mischung und dem Auseinanderfahren der Gehäuseteile. Die Ausstoßbolzen sollten dabei aus nichtleitendem Material sein, um einen Kurzschluss zu vermeiden. Benötigte Ausstoßbolzen werden in den dafür vorgesehenen Ausstoßbohrungen mit der Grundplatte des Werkzeuges befestigt.

[0029] Alternativ können auch leitende Ausstoßbolzen verwendet werden, sofern konstruktionstechnisch sichergestellt ist, dass diese keinen Kontakt mit einem Strom leitenden Material haben, während der Strom eingeschaltet ist.

[0030] Durch die erfindungsgemäße Lösung, wonach die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Materials zumindest annähernd der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Mischung bei Arbeitstemperatur entspricht, kann ein gleichmäßiges und insbesondere gleichförmiges Durchleiten von Strom bzw. Spannung durch sowohl das Material als auch durch die Mischung erreicht werden, wodurch letztere gleichmäßig erwärmt und dadurch besonders gleichmäßig und dadurch qualitativ hochwertig ausgehärtet werden kann.

[0031] Zur optimalen Auswahl elektrisch leitender Materialien für dieses Verfahren sind mehrere Schritte notwendig. Jeder Binder verfügt über eine optimale Arbeitstemperatur welche die bestmögliche Aushärtung sicherstellt. Bei den getesteten Bindern lag diese bei ca. 150-180°C und ist abhängig von den Herstellerangaben sowie möglicherweise von verwendeten Binderezusätzen. Im Vergleich zu bisher aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, bei welchen stets befürchtet werden musste, dass die Mischung aufgrund unterschiedlicher interner elektrischer Widerstände, bspw. hervorgerufen durch unterschiedliche Sandkerndicken, einen lokal unterschiedlichen Aushärtegrad aufwies, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erstmals eine gleichförmige, das heißt gleichmäßige und zudem prozesssichere Aushärtung der Mischung erreicht werden, wodurch sich Formen bzw. Gießkerne von besonders hoher Qualität unabhängig von ihrer geometrischen Struktur herstellen lassen. Darüber hinaus wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Gefahr der Schalenbildung an einer Kernoberfläche bzw. einer Formoberfläche verhindert, was beispielsweise bei einem Aushärten mittels Wärme von außen (z.B. Ölheizung) der Fall wäre.

[0032] Mit dem erfindungsgemäßen Form- oder Kernwerkzeug ist somit erstmals eine prozesssichere Herstellung von Formen bzw. Kernen möglich, durch die Anpassung der elektrisch spezifischen Leitfähigkeit des Form-Kernkastenmaterials an das Sand-Binder-Gemisch. Dies erlaubt die gleichmäßige Durchleitung von elektrischer Energie und somit gleichmäßige Erhitzung und dadurch ein gleichmäßiges Aushärten. Dies war bislang aufgrund der oben genannten Nachteile nicht möglich.

[0033] Durch die Anpassung des elektrischen Widerstandes des Materials an das Sand-Binder-Gemisch können auch größere und kompliziertere Sandkerne mittels einer Elektrode pro Kernteil wirtschaftlich hergestellt werden da es an keiner Stelle zu signifikanten Widerstandsunterschieden aufgrund von Sandkerndicken durch unterschiedliche Konturen kommt.

[0034] Zudem kann mittels Anpassung des spezifischen elektrischen Widerstandes je nach Sandkerndicke auch entsprechend den Richtlinien der Niederspannung von bis zu 1000 V gearbeitet werden. Damit weist das Verfahren nicht nur eine höhere Sicherheit für die Mitarbeiter auf, sondern ist auch kostengünstiger. Grundsätzlich sind aber auch höhere Spannungen wie in bestehenden Patenten möglich. Dabei gilt, dass je dicker der Sandkern ist, desto höhere Spannungen sollten verwendet werden.

[0035] Durch die direkte Erwärmung des Sandkerns sowie des Materials ohne Umwege über externe Heizvorrichtungen wie bei Ölheizungen oder Wasserdampf steigt die Effizienz des Verfahrens und dank der gleichmäßigen Wärmeführung über die gesamte Oberfläche des Kerns ergeben sich kurze Erwärmungsphasen und damit kurze Taktzeiten.

[0036] Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, dass keine externen Heizvorrichtungen benötigt werden. Dies steigert nicht nur wie oben beschrieben die Effizienz des Verfahrens sondern reduziert auch die Anschaffungs- und Unterhaltskosten für eventuelle externe Heizvorrichtungen. Zudem ermöglicht dies Anlagen mit einem geringerem Platzbedarf vorzusehen so dass tendenziell mehr Anlage auf der gleichen Fläche untergebracht werden können.

[0037] Ein weiterer Vorteil ergibt sich für das Kernwerkzeug. Bestehende Systeme welche Wärmeenergie zum Aushärten benötigen, erfordern, dass die Wärme von der Heizquelle möglichst nah an den Sandkern im Kernkasten zugeführt wird. Dies wird teilweise durch komplizierte Heizbohrungen innerhalb der Grundplatte oder des Kernkastens gelöst. Diese Arbeitsschritte können komplett entfallen, da die Wärme direkt dort erzeugt wird, wo sie benötigt wird: Im Sandkern und Kernkasten.

[0038] Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Verwendung von Materialien wie z.B. Siliziumkarbid-Keramik welche im Vergleich zu bestehenden Kernwerkzeugmaterialien wie Stahl oder Aluminium eine sehr harte Material darstellt (Mohs Stärke 9,5) und somit sich die Lebensdauer des Kernkastens verlängert aufgrund geringerem Verschleiß.

[0039] Generell funktioniert dabei ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung von Formen oder Kernen für Gießereizwecke, mittels Anpassung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Materials des Werkzeugeinsatzes an den spezifischen elektrischen Widerstand einer Mischung aus mindestens einem Formstoff, insbesondere Gieße-

reisand, und mindestens einem Wasser enthaltenden anorganischen, Wärme aushärtbaren Bindemittel, welches eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit von mindestens $5 \cdot 10^{-3}$ S/m aufweist.

[0040] Dabei

- 5 - wird in ein elektrisch nicht leitendes Gehäuse mindestens ein Werkzeugeinsatz aus einem elektrisch leitfähigen Material zur Aufnahme der Mischung eingebracht, wobei die elektrische Leitfähigkeit des Materials bei Betriebstemperatur zwischen 150 und 180 °C zumindest näherungsweise der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Mischung bei einer Temperatur zwischen ca. 100°C bis 130°C entspricht,
- wird dem Werkzeugeinsatz über in/an dem Gehäuse parallel angeordnete und bei Bedarf vollflächigen Elektroden elektrische Energie und darüber Wärme zugeführt, die zum Aushärten der Mischung führt,
- 10 - besteht das Gehäuse aus mindestens zwei Gehäuseteilen, welche zum Beginn und Abschluss des Taktvorgangs der Form- oder Kernherstellung zusammen- bzw. auseinandergefahren werden und zusammengefahren eine direkte Kontaktfläche ohne isolierende Zwischenschicht bilden,
- sind benötigte Bohrungen für Ausstoßbolzen im Werkzeug, mindestens einer Elektrode sowie mindestens eines Teiles des Gehäuses zur Entnahme der Sandkerne vorhanden,
- 15 - sind zum Entweichen von Wasserdampf oder Gasen sowohl das Werkzeug als auch die Elektroden sowie mindestens ein Teil des Gehäuses porös ausgeführt und/oder Entlüftungsschlitze vorhanden und
- werden der oder die Formen oder Kerne nach dem Aushärten der Mischung und dem Auseinanderfahren der Gehäuseteile mittels Ausstoßbolzen aus dem Werkzeug gedrückt und entnommen.

[0041] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0042] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen, der durch die Ansprüche definiert wird.

[0043] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

[0044] Es zeigen, jeweils schematisch,

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch ein erfindungsgemäßes Form- oder Kernwerkzeug,
- Fig. 2 ein Phasendiagramm mit qualitativer Darstellung einer eingebrachten elektrischen Leistung und eines zugehörigen Widerstandes in einem Kern oder einer Form,
- Fig. 3 eine Darstellung der Erwärmung mittels bestehenden elektrischen Verfahren ohne Anpassung des spezifischen Widerstandes des (Kernkasten-) Materials an das Sand-Bindergemisch (Mischung),
- Fig. 4 eine Darstellung einer möglichen Kernkastenausführung,
- Fig. 5 eine Befestigung des Materials mit isolierendem Gehäuse und Grundplatte,
- Fig. 6 eine Darstellung von Entlüftungs- und Ausstoßbohrungen mit einer Ansicht von oben (Fig. 6 a.), einer Ansicht von vorne (Fig. 6 b.) und einer Seitenansicht (Fig. 6 c.)).

[0045] Entsprechend der Fig. 1 weist ein erfindungsgemäßes Form- oder Kernwerkzeug 1 zur Herstellung von Formen 2 oder Kernen 2' für Gießereizwecke, ein zur Maschine hin elektrisch isoliertes Gehäuse 3 auf, das aus zwei Teilen 4, 5 besteht, die über eine Trennebene 6 miteinander verbunden sind. Das Gehäuse 3 ist auf einer Grundplatte 12 befestigt. Das Gehäuse 3 ist dabei aus Kunststoff, Isolationskeramik oder einem anderem nicht leitenden Material ausgebildet und nimmt ein elektrisch leitfähiges Material 7 auf. Das Material 7 bildet eine Form zur Aufnahme einer Mischung 9, aus welcher nach dem Aushärten der Kern 2' bzw. die Form 2 gebildet wird. Das Material 7 kann beispielsweise ein Keramikmaterial sein. Erfindungsgemäß sind dabei die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Mischung 9 und die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Materials 7 zumindest annähernd gleich groß, unterscheiden sich bspw. nicht mehr als in Phase 2 von Fig. 2, so dass im Material 7 und der Mischung 9 im Wesentlichen dieselbe spezifische elektrische Leitfähigkeit und derselbe spezifische elektrische Widerstand herrschen. Das erfindungsgemäße Form- oder Kernwerkzeug 1 besitzt darüber hinaus zumindest zwei Elektroden 10, die parallel zueinander angeordnet sind. Vorgesehen ist eine Einrichtung 8 zur Regulierung bzw. Steuerung der den Elektroden 10 zugeführten Spannung.

[0046] Erfindungsgemäß entspricht nun die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Materials 7 des Kerns 2' oder der Form 2 näherungsweise der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Mischung 9 in Phase 2 von Fig. 2, wodurch ein vergleichsweise gleichmäßiges Durchleiten von elektrischer Energie durch die Mischung 9 möglich ist.

[0047] Mit dem erfindungsgemäßen Form- oder Kernwerkzeug 1 lässt sich dabei eine Form 2 bzw. ein Kern 2' bzw. ein Gießkern 2', auf qualitativ höchstem Niveau herstellen, da aufgrund der zumindest nahezu gleichen elektrischen Leitfähigkeit der für die Form 2 bzw. den Kern 2' benutzten Mischung 9 und des Materials 7 eine gleichmäßige Durchleitung

von elektrischem Strom durch das Material 7 und die Mischung 9 und damit ein gleichmäßiges Erwärmen und Aushärten der Mischung 9 erfolgen können und zwar unabhängig von den jeweiligen geometrischen Abmessungen der Form 2 bzw. des Kerns 2'.

[0048] Hergestellt wird die Form 2 oder der Kern 2' dabei wie folgt: Zunächst wird nach der genannten Materialauswahl beim erstmaligen Aufbau das elektrisch leitfähige Material 7 in das Gehäuse 3 des Form- oder Kernwerkzeugs 1 eingebracht und bildet eine Negativform für die die spätere Form 2 bzw. den späteren Kern 2' bildende Mischung 9. Anschließend wird dem Material 7 über die Elektroden 10 elektrische Energie und damit Wärme zugeführt, die zu einem Aushärten der Mischung 9 führen. Ein Aushärten der Mischung 9 erfolgt dabei insbesondere durch ein Verdampfen von Wasser aus der Mischung 9, wobei die Mischung 9 ein anorganisches Bindemittel, Wasser und Gießereisand enthält.

[0049] Das in der Mischung 9 (Sand-Bindergemisch) eingesetzte anorganische Bindemittel kann dabei wasserlöslich sein, enthält aber zumindest Wasser und ist auf alle Fälle elektrisch leitfähig. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und mit dem erfindungsgemäßen Form- oder Kernwerkzeug 1 lässt sich ein besonders gleichmäßig erhitzter und dadurch auch besonders gleichmäßig ausgehärteter und damit homogener Gießkern bzw. Kern 2' schaffen und dies unabhängig von der jeweiligen geometrischen Abmessung des Kerns 2' bzw. der Form 2, da aufgrund der vorzugsweise gleichen elektrischen Leitfähigkeit der Mischung 9 für den Kern 2' und des Materials 7 sich der elektrische Strom keine kürzeren Wege sucht, wie dies bei bislang aus dem Stand der Technik bekannten Form- oder Kernwerkzeugen der Fall war. Dies hatte bislang nämlich dazu geführt, dass aufgrund der durch die geometrischen Abmessungen des Kerns 2' bzw. der Form 2 bedingten elektrischen Pfade diese unter Umständen bislang nicht gleichmäßig ausgehärtet waren und somit Bereiche mit vollständiger Aushärtung und lediglich teilweise oder gar keiner Aushärtung aufwiesen, wodurch die Qualität der bislang mit den bisherigen Form- oder Kernwerkzeugen hergestellten Formen bzw. Kernen oftmals nicht zufriedenstellend war.

[0050] Durch die Einrichtung 8 lässt sich insbesondere die Spannung erhöhen oder erniedrigen, wodurch eine Taktzeit zur Herstellung der Form 2 bzw. des Kerns 2' steuerbar ist.

[0051] Die Grundplatte des Werkzeuges 12 nimmt das Gehäuse 3 bzw. die Teile 4,5 sowie das Material 7 auf und Isolierschrauben 13 und Winkel 14 sorgen für eine Befestigung. Isolierschrauben 13 können dabei auch durch Schnellspannsysteme ersetzt werden, um einen leichteren und schnelleren Ausbau zu ermöglichen. Das Material "schwimmt" auf der Elektrode 10 und die Elektrode 10 wird durch Ausrichtungsbolzen 15 in ihrer Position gehalten.

[0052] Nachfolgend ist die Tabelle 1 zum weiteren Verständnis beigelegt. Tabelle 1 zeigt dabei mehrere Messreihen mit unterschiedlichen Sand-Bindergemischen 9. Die Erkenntnis ist dabei, dass die spezifische elektrische Leitfähigkeit dabei vom gewünschten Sand-Bindergemisch 9 abhängt und durch Variation von Zusätzen und/oder von Veränderung der prozentualen Anteile beeinflusst werden kann. Je stärker der elektrisch leitenden Anteil im Sand-Bindergemisch 9, desto geringer der spezifische elektrische Widerstand im Sand-Bindergemisch 9.

Tabelle 1: Messreihen Sand-Binder Gemische.

Messreihe	spezifische Wärme Sand	Fläche Probekörper cm ²	Höhe Probekörper cm ²	Geringster gemessener Widerstand (Optimaler Punkt) Ohm
Wasserglass 2%	0,835J/g*K	6,1	2	1080
Wasserglass 3%	0,835J/g*K	6,1	2	1130
Wasserglass 3% und Graphit 0,5%	0,835J/g*K	6,1	2	588
Wasserglass 3% Graphit 1% Messreihe 1	0,835J/g*K	6,1	2	529
Wasserglass 3% Graphit 1% Messreihe 2	0,835J/g*K	6,1	2	498
Wasserglass 4% Messreihe 1	0,835J/g*K	6,1	2	523
Wasserglass 4% Messreihe 2	0,835J/g*K	6,1	2	584
Wasserglass 10% und Graphit 5,0%	0,835J/g*K	6,1	2	12,78
Innotek Binder von ASK	0,835J/g*K	6,1	2	781

(fortgesetzt)

Messreihe	spezifische Wärme Sand	Fläche Probekörper cm ²	Höhe Probekörper cm ²	Geringster gemessener Widerstand (Optimaler Punkt) Ohm
Cordis Binder von Hüttenes Albertus	0,835J/g*K	6,1	2	683
Gießerbinder (undisclosed)	0,835J/g*K	9,6	3,5	499

[0053] Daher ist die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung der spezifischen elektrischen Eigenschaft des gewünschten Sand-Bindergemisches 9 anzuwenden. Allerdings kann auch dieses Verfahren angewendet werden, wenn die (Sand-Binder-)Mischung 9 noch nicht definiert ist. In diesem Falle kann versucht werden z.B. mittels der Variation von Zusätzen die elektrisch spezifische Eigenschaft des Sand-Bindergemisches 9 gezielt zu beeinflussen, um die Effizienz des Verfahrens zu verbessern.

[0054] Zur optimalen Auswahl elektrisch leitender Materialien für dieses Verfahren sind mehrere Schritte notwendig. Jeder Binder verfügt über eine optimale

[0055] Arbeitstemperatur welche die bestmögliche Aushärtung sicherstellt. Bei den getesteten Bindern lag diese bei ca. 150-180°C und ist abhängig von den Herstellerangaben sowie möglicherweise von verwendeten Binderezusätzen. Zuerst muss die spezifische Widerstandskurve des gewünschten anorganischen Sand-Binder-Gemisches 9 in Abhängigkeit der Temperatur ermittelt werden. In Tabelle 1 sind beispielhaft ausgewählte Widerstands-Temperaturwerte für Sand-Bindergemische basierend auf anorganischer Binder und Bindervariationen abgebildet. Dabei wurden ebenfalls verschiedene Wasserglasanteile sowie Graphitzusätze untersucht. Die Kurven wurden wie folgt ermittelt:

[0056] Zuerst muss ein Vergleichsprobekörper erstellt werden. Der Probekörper besteht aus zwei gegenüberliegenden metallischen Elektroden und einem Isolierrohr zwischen den Elektroden. Geometrie (Fläche und Abstand der Elektroden) des Körpers innerhalb des Isolierrohres muss bestimmt werden. Der Hohlraum wird mit einer grünen, nicht ausgehärteten Sand-Bindermischung 9 befüllt. Das Sand-Bindergemisch 9 muss der später zu verwendenden Mischung 9 während der Produktion entsprechen. Die Mischung 9 muss entsprechend realen Anwendungsbedingungen verdichtet werden. An die Elektroden werden Messgeräte zur Ermittlung der Spannung, des Stromes und der Temperatur angeschlossen. An die Elektroden wird über eine Stromzuführung eine konstante Spannung angelegt. Der berechnete Widerstand ergibt sich aus der angelegten Spannung geteilt durch den gemessenen Strom.

[0057] Eine Berechnung des temperaturabhängigen spezifischen Widerstandes erfolgt dabei wie folgt:

$$\text{Rho} = R * A / l$$

mit

Rho: spezifischer elektrischer Widerstand der Mischung
 R: Widerstand vor Anstieg des elektrischen Widerstandes der Probe
 A: Elektrodenfläche der Mischung
 l: Dicke der Probe

[0058] Damit ergibt sich für jedes Sand-Bindergemisch 9 eine temperaturabhängige Widerstandskurve.

[0059] Alle gemessenen Widerstandskurven weisen dabei folgende charakteristische Form auf wie in Figur 2.

[0060] In Fig. 2 ist der typische Verlauf des elektrischen Widerstandes und der eingebrachten elektrischen Leistung einer konduktiv erwärmten Mischung 9 eines beliebigen anorganischen Sand-/Bindergemisches dargestellt. Nach dem Einschalten der Spannung sinkt der Widerstand innerhalb kürzester Zeit deutlich (Phase 1: Kapazitive Last). Danach beginnt die Phase 2 des langsam abfallenden elektrischen Widerstandes im Kurvenverlauf (Zunahme der Ladungsträger). In dieser Zeit steigt auch die durch die Probe aufgenommene Leistung kontinuierlich bis durch die erreichte Temperatur Ladungsträger verdampfen. Der Widerstand steigt nun sehr schnell an (Phase 3).

[0061] Für die Wahl des spezifischen elektrischen Widerstandes (Rho) des keramischen Materials für eine spätere Form ist der Zeitpunkt vor dem Anstieg des elektrischen Widerstandes der Probe in Phase 3 optimal, da hier die größte Leistung eingebracht werden kann (kurz vor Ende Phase 2). Dies ist in Fig. 2 mit 11 bezeichnet.

[0062] Weiterhin sind auch spezifische elektrische Widerstände, die sich aus der Berechnung der Werte innerhalb der Phase 2 ergeben, denkbar.

[0063] Der spezifische elektrische Widerstand der getesteten Mischungen 9 ändert sich während des Erwärmungsprozesses. Er liegt bei unter 100°C bei ca. 85

[0064] Ohmmeter und fällt bei weiterer Erwärmung unter 25 Ohmmeter bei über 130°C. Mit weiterer Erwärmung nimmt der spezifische Widerstand sprunghaft zu. Dann ist aber auch die erforderliche Energie zur Austreibung des Wassers aus dem Binder, das zur Aushärtung führt, im Sand-Bindergemisch 9 vorhanden.

[0065] Zur optimalen Auswahl elektrisch leitender Materialien für dieses Verfahren ist nach der Ermittlung der Temperatur-Widerstandskurve des Sand-Bindergemisches 9 die Bestimmung des Materials 7 basierend auf dem benötigten spezifischen Widerstand möglich.

[0066] Basierend auf dem spezifischen Widerstandes des Sand-Binder-Gemisches 9 muss eine Materialkomposition mittels Testreihen bestimmt werden, welche einen passenden elektrischen spezifischen Widerstand bei bestimmter Temperatur aufweist. Diese bestimmte Temperatur richtet sich dabei nach der optimalen Temperatur welche der Binder benötigt um am besten auszuhärten. Bei unseren Versuchen benötigten getestete Binder Temperaturen von ca. 150°C bis ca. 180°C um auszuhärten. Der Bereich um den optimalen Widerstand wurde dabei mittels Temperatur-Widerstandskurve (siehe oben) um ca. 25 Ohmmeter ermittelt. Folglich erfordert die getestete Binder-Mischung 9 ein Material 7 mit einem spezifischen Widerstand von ca. 25 Ohmmeter bei 150-180°C.

[0067] Prinzipiell sollte der spezifische Widerstand des Materials 7 gleich sein gegenüber dem optimalen spezifischen Widerstand für das Sand-Bindergemisch 9. Sollte bei der Umsetzung der spezifische Widerstand des Materials 7 über dem des Sand-Bindergemisches 9 liegen, so führt dies tendenziell zu einer Erwärmung vom Zentrum des Kernes 2 in Richtung des Kernkastenmaterials 7, da hier der Strom den Weg des geringeren Widerstandes vorfindet.

[0068] Sollte bei der Umsetzung der spezifische Widerstand des Materials 7 geringer sein als im Sand-Bindergemisch 9, so erfolgt tendenziell die Erwärmung von dem Kernkastenmaterial 7 in Richtung Sandkernzentrum.

[0069] Ebenso sollte der Verlauf der Temperatur-Widerstandskurve des Materials 7 ähnlich verlaufen wie die Temperatur-Widerstandskurve des Sand-Bindergemisches 9. Je geringer die Abweichung beider Kurven ist, desto effektiver ist das Verfahren.

[0070] Die Testreihen zur Bestimmung des Materials können dabei wie folgt durchgeführt werden: Ein Ausgangsmaterial, wie z. Beispiel Silizium Karbid, wird in Form einer kleinen Probeplatte hergestellt. Diese Materialprobe wird dann in eine Vorrichtung zwischen zwei Elektroden eingespannt, so dass diese Elektroden einen direkten Kontakt zur Probeplatte haben. Anschließend wird die Temperatur-Widerstandskurve für dieses Probematerial ermittelt. Sollte die Abweichung zwischen dem spezifischen Widerstand des Probematerials und des optimalen spezifischen Widerstandes des Sand-Bindergemisches 9 zu groß sein, muss die Materialkomposition überarbeitet werden. Bei durchgeführten Tests haben sich Siliziumkarbid-Kompositionen mit einer Variation des Graphitanteils in der Keramikmischung als positiv erwiesen. Aber grundsätzlich sind auch andere Materialkompositionen oder Materialzusätze, welche den elektrischen spezifischen Widerstand beeinflussen, möglich. Der Graphitanteil ist dabei in der Keramik gebunden und hat somit keinen Einfluss auf weitere Abguss-Prozesse. Diese Tests müssen solange wiederholt werden, bis eine geeignete Materialkomposition gefunden wurde, welche den gewünschten spezifischen Widerstand aufweist.

[0071] Weiterhin muss das ausgewählte Material 7 auch die sonstigen physischen Eigenschaften für das Umfeld von Gießereien erfüllen. Beispielweise sind hier Bruchfestigkeit, Oberflächenrauigkeit, Wärmeausdehnung und Wärmeleitfähigkeit genannt.

[0072] Beispielsweise verfügt die für weitere Tests ausgewählte Keramik bei Erreichen der erforderlichen Betriebstemperatur von ca. 180°C einen spezifischen Widerstand von ca. 30 Ohmmeter für das oben genannte Sand-Bindergemisch 9. Anschließend muss die maximale Kurzzeitbelastung des Materials 7 ermittelt werden, bei der noch keine permanente Beschädigung des Materials 7 auftritt. Diese maximale Kurzzeitbelastung spielt nachfolgend für die Elektrosteuerung eine wichtige Rolle. Dies wird mit Belastungstests ermittelt und kann zu Abplatzungen am Material 7 bei Überschreiten der maximalen Kurzzeitbelastung führen.

[0073] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung kann das vorstehend und nachstehend genannte Material 7 durch andere Materialien ersetzt werden, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen definiert werden, sofern diese elektrisch leitfähig sind und die Anpassung des elektrisch spezifischen Widerstandes der gewählten Mischung 9 entspricht und auch die sonstigen Anforderungen an den Gießereibetrieb erfüllt werden.

[0074] Der wiederholte Begriff der "Anpassung" beschreibt die vorher genannten Schritte zur Auswahl eines geeigneten Materials 7 an die spezifisch elektrischen Eigenschaften von Sand-Bindergemischen 9. Nachdem die Auswahl(Anpassung) des geeigneten Materials 7 nach dem oben beschriebenen Verfahren erfolgreich war und an das Sand-Bindergemisch 9 angepasst wurde, kann der Aufbau des Kernkastens für die Anwendung des Verfahrens hergestellt werden. Der kritischste Arbeitsschritt ist dabei die Herstellung des Materials 7. Bei der beispielhaft genannten Siliziumkarbid-Keramik wird die Keramik in mehreren Fertigungsschritten nach gängigen Keramikherstellungsverfahren hergestellt. Besonders die Feinbearbeitung nach dem Sintern erfordert größte Aufmerksamkeit aufgrund des sehr harten Materials (Mohshärte von ca. 9,5). Je genauer die Feinbearbeitung erfolgt, desto geringer sind die späteren Toleranzabweichungen für mit dem Verfahren produzierten Sandkerne 2.

[0075] Sobald die Feinbearbeitung des Materials 7 erfolgreich abgeschlossen ist, kann die Befestigung im Kernkasten

erfolgen. Das Material 7 benötigt auf der gegenüberliegenden Seite der konturgebenden Oberfläche eine direkte Kontaktfläche mit der jeweiligen Elektrode. In Versuchen hat sich dabei empfohlen, die Kontaktfläche eben zu schleifen, um einen sehr guten Kontakt zwischen der Elektrode 10 und dem Material 7 zu ermöglichen. Dies führt zu dem gewünschten Effekt die Übergangswiderstände dabei gering zu halten.

[0076] Wie in Figur 4 dargestellt sollte die Elektrode 10 dabei auf der Rückseite des Materialteils schwimmend verlegt werden. Dies ist geboten, da das Material der Elektroden 10 normalerweise eine höhere Wärmeausdehnung besitzt als das Kernkastenmaterial. Hierzu können in der Rückseite des Materials zwei Stifte befestigt werden, welche die Elektroden 10 während des Produktionsprozesses in Position halten.

[0077] Durch die parallele Anordnung der Elektroden 10 kann eine vergleichsweise gleichmäßige Durchleitung elektrischer Energie durch das Material 7 und die Mischung 9 erreicht werden, woraus sich wiederum Vorteile bezüglich einer gleichmäßigen Erwärmung und einer gleichmäßigen Aushärtung ergeben. Eine mögliche Ausführung sieht auch eine Einbringung der Elektroden 10 in das Material 7 vor. In diesem Falle würden keine Stifte zur Ausrichtung benötigt. Die Elektroden 10 sowie das Material 7 werden dann mittels einer Vertiefung in einem isolierenden Material aufgenommen werden.

[0078] Die Befestigung der mehrlagigen Ebenen kann dabei mittels Verankerung in der Grundplatte 12 des Werkzeugs erfolgen. Für die Befestigung können Winkel 14 mit Schraubverbindungen 15 verwendet werden, wie in Figur 5 beispielhaft aufgezeigt. Um einen schnellen Austausch einzelner Materialien zu ermöglichen, können hierbei auch Schnellschlusssystem anstelle von Schrauben verwendet werden.

[0079] Die Befestigungsschrauben 15 sollten dabei aus nichtleitendem Material sein, um eine Stromführung auf das Gehäuse 3 zu vermeiden. Zusätzlich sind im Material 7, in den Elektroden 10 sowie im Gehäuse 3 Entlüftungsschlitze 17 (Düsen) vorzusehen, um das Entweichen der Gase bzw. des Wasserdampfes zu ermöglichen. Beim Aushärten entstehende Gase bzw. Wasserdampf kann wie bei bestehenden Verfahren mittels Kernmarken(Düsen) aus dem Sandkern 2" (Kern) und dem Material 7, der Elektroden 10 und dem Gehäuse 3 über Bohrungen 17 abgeführt werden. Alternativ kann das Material auch porös sein und somit das Entweichen der Gase oder Wasserdampf ermöglichen.

[0080] Die Elektroden 10 benötigen eine Stromzuführung, welche mit dem externen Schaltschrank verbunden ist und somit eine Elektrosteuerung 8 ermöglicht.

[0081] Die Elektrosteuerung 8 muss auf den Kernkasten sowie das Verfahren angepasst werden. Die Elektrosteuerung 8 übernimmt dabei die Aufgabe den Kernkasten mittels Stromführung und Elektroden 10 ausreichend mit Strom zu versorgen. Bei neuen Anlagen muss die Elektrosteuerung 8 (Einrichtung 8) entsprechend mit eingeplant werden. Beim Umbau von bestehenden Anlagen auf das neue Verfahren können unter Umständen bestehende Schaltanlagen umgebaut und angepasst werden. Wichtig ist, dass die Energiezufuhr in das Material 7 über Elektroden 10 erfolgt. Dabei ist Wechselstrom oder Gleichstrom denkbar.

[0082] Die Steuerung der Stromzuführung muss die maximale Kurzzeitbelastung des gewählten Materials 7 sowie die Widerstands-Temperaturkurve des Materials 7 und des Sand-Bindergemisches 9 berücksichtigen.

[0083] Die Elektrosteuerung 8 ist so zu wählen, dass ein möglichst hoher Leistungseintrag mittels hoher Spannung erfolgt jedoch die maximale Kurzzeitbelastungsgrenze nie überschritten wird um Beschädigungen am Material 7 zu verhindern und somit ein wirtschaftliches Verfahren zu gewährleisten. Der Leistungseintrag und damit zusammenhängende Wärmeentwicklung in das Sand-Binder-Gemisch 9 ist abhängig von dem spezifischen Widerstand sowie der angelegten Spannung. Daher kann mit Regelung der Spannung auch der Leistungseintrag und die Temperatur gesteuert werden. Zusätzlich sollte der Kernkasten über Temperatursensoren verfügen, um eine Erwärmung über den vorgeschriebenen Arbeitsbereich des Binders zu vermeiden, da eine zu hohe Temperatur die Bindungskraft ansonsten negativ beeinflussen würde.

[0084] Die Elektrosteuerung 8 regelt dabei auch die unterschiedlichen Prozessschritte der Kernschießmaschine. Dabei muss speziell beim Zusammenfahren der Kernkastenteile darauf geachtet werden, dass die Zusammenführung in einem angepassten Tempo passiert um eine Stoßwirkung im Kernkastenmaterial und somit eine mögliche permanente Beschädigung zu vermeiden.

[0085] Bei Kernwerkzeugen mit mehreren Sandkernen 2 können entweder ein Elektrodenpaar pro Sandkern 2" verwendet werden oder ein Elektrodenpaar welche alle Sandkerne 2 des kompletten Kernkastens abdeckt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass beim Erwärmungsprozess die Steuerung so zu wählen ist, dass alle Sandkerne 2 in der gewünschten Taktzeit aushärten können aber auch niemals die Temperatur im Sandkern 2" über den Punkt steigt, an dem die Binder ihre Bindungskraft verlieren.

[0086] Sonstige Vorrichtungen zur externen Beheizung von Kernkästen können entfallen. Andere Vorrichtungen wie zum Beispiel zur Drucklüftung können weiterverwendet werden.

[0087] Der regelmäßige Produktionsprozess unterteilt sich dabei in drei Prozesse. Der erste Prozess beschreibt die Inbetriebnahme der Anlage nach einem kurzen oder längeren Stillstand.

[0088] Ein Merkmal während dieses Prozesses ist, dass das Material 7 noch nicht die geplante Betriebstemperatur erreicht hat. Die Erwärmung des Kernkastens erfolgt dabei wie auch bei dem typischen Produktionsprozess. Die Teile 4, 5 werden von ihrer Ausgangsposition zusammengeführt und bilden eine Kontaktfläche. Anschließend kann das Sand-

Bindergemisch 9 in den Kernkasten geschossen werden. Im nächsten Schritt erfolgt dann die Energiezuführung mittels Strom dank der Elektrosteuerung 8. Aufgrund erhöhter spezifischer Widerstände des Materials 7 benötigt der Aufwärmprozess etwas länger als die regulären Produktionstaktzeiten. Während des Aufwärmprozesses erwärmt sich langsam der Kernkasten und mit dem Anstieg der Temperatur fällt der spezifische Widerstand des Materials 7. Je stärker der Widerstand fällt, umso schneller erwärmt sich das Material 7 weiter nach dem Prinzip der Widerstandsheizung. Da der Wärmeeintrag bei den ersten Sandkernen 2 nicht unter optimalen Bedingungen erfolgt, kann es zu einem erhöhten Ausschuss während dieses Prozesses kommen.

[0089] Sobald die gewünschte Betriebstemperatur für den Binder am Kernkasten erreicht ist, beginnt der eigentliche Produktionsprozess. Die Prozessparameter können dabei wie folgt beschrieben werden. Das Material 7 des Kernkastens verfügt über die Betriebstemperatur und damit über den optimalen spezifischen Widerstand des Sand-Bindergemisches 9. Die Kernkastenteile 4, 5 sind auseinandergefahren und die Sandkernkavität ist leer. Im ersten Schritt werden die Kernkastenteile 4, 5 geschlossen und anschließend das Sand-Bindergemisch 9 in den Kernkasten geschossen. Der spezifische Widerstand ist abhängig von der Temperatur des Sand-Bindergemisches 9. Das Gemisch 9 kann dabei Raumtemperatur haben oder bereits vorgeheizt sein. Sobald das Sand-Bindergemisch 9 in den Kernkasten geschossen wurde, kühlt die direkte Kontaktfläche zum Sand-Bindergemisch 9 des Kernkastenmaterials etwas ab. Damit steigt kurzfristig der Widerstand des Kernkastenmaterials 7, wobei gleichzeitig dank der Wärmeaufnahme der spezifische Widerstand des Sand-Bindergemisches 9 fällt. Da wie oben beschrieben die Temperatur-Widerstandskurven des Materials 7 und des Sand-Bindergemisches 9 ähnlich verlaufen, bleibt die Abweichung des spezifischen Widerstandes begrenzt. Die Elektrosteuerung 8 aktiviert den Stromfluss und dies führt zu einem Stromfluss durch das Material 7 als auch durch den Sandkern 2". Mit steigender Erwärmung nimmt nun der Widerstand des Sand-Bindergemisches 9 als auch im Material 7 ab bis annähernd der optimale Widerstand erreicht ist. In diesem Moment ist der Leistungseintrag optimal.

[0090] Das Sand-Bindergemisch 9 hat sich nun von der Ausgangstemperatur auf ca. 100 bis 130°C je nach Größe innerhalb weniger Sekunden erwärmt. Sobald durch Verdampfung des Wasseranteils im Sand-Bindergemisch 9 die freien Ladungsträger reduziert werden, beginnt schlagartig der spezifische Widerstand des Sand-Bindergemisches 9 zu steigen. In diesem Moment ist der Stromfluss innerhalb des Sandkerns 2 reduziert. Um die gewünschte optimale Betriebstemperatur für den Sand-Bindergemisch 9 zu erreichen, muss nun die verbleibende Wärmeenergie über das Kernkastenmaterial 7 wie auch bei bestehenden Verfahren übertragen werden.

[0091] In durchgeführten Tests wird dabei das Siliziumkarbidmaterial kontinuierlich weiter mittels Stromfluss erwärmt, um den Wärmeverlust des Materials 7 an den Sandkern 2" auszugleichen.

[0092] Der besondere Vorteil des Verfahrens liegt daher besonders in der Erwärmung des Sand-Bindergemisches 9 von der Temperatur bei Einschuss bis auf ca. 130°C durch das Prinzip der Widerstandsheizung mittels Stromfluss innerhalb des Sandkerns 2. Der weitere Vorteil ist das effiziente Erwärmen des Materials 7 und damit der Wärmezuführung in der Phase von 130°C bis auf die gewünschte Betriebstemperatur des Sand-Bindergemisches 9.

[0093] Als Beispiel wird ein Sand-Bindergemisch 9 mit einer Betriebstemperatur von ca. 170°C und einer Einschusstemperatur von ca. 20°C herangezogen. In Summe werden ca. 150°C zur Erwärmung benötigt. Mittels des Verfahrens kann daher 2/3 (ca. 100°C) der benötigten Wärmeenergie sehr schnell mittels Widerstandsheizung innerhalb des Sandkerns 2 erzeugt werden und ca. 1/3 mittels Wärmeübertragung des Materials 7 auf den Sandkern 2".

[0094] Nach dem Erreichen der Betriebstemperatur bzw. dem Aushärten kann der Sandkern 2" wie bei bestehenden Kernschießverfahren entnommen werden. Benötigte Ausstoßbolzen 16 zum Ausstoß des Sandkerns aus der Kavität werden in den dafür vorgesehenen Ausstoßbohrungen 16' befestigt und ermöglichen die Loslösung der Sandkerne 2 aus dem Material 7.

[0095] Der dritte Prozess beschreibt die Abkühlungsphase vor einer Pause bzw. Abschaltung. In dieser Phase kann der Kernkasten einfach im ausgefahrenen Zustand abkühlen und steht dann jederzeit für den 1. Prozessschritt wieder zur Verfügung.

[0096] Im Vergleich zu bisher aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, bei welchen stets befürchtet werden musste, dass die Mischung 9 aufgrund unterschiedlicher interner elektrischer Widerstände, bspw. hervorgerufen durch unterschiedliche Sandkerndicken, einen lokal unterschiedlichen Aushärtegrad aufwies, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erstmals eine gleichförmige, das heißt gleichmäßige und zudem prozesssichere Aushärtung der Mischung 9 erreicht werden, wodurch sich Formen 2 bzw. Gießkerne 2' von besonders hoher Qualität unabhängig von ihrer geometrischen Struktur herstellen lassen. Darüber hinaus wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Gefahr der Schalenbildung an einer Kernoberfläche bzw. einer Formoberfläche verhindert, was beispielsweise bei einem Aushärten mittels Wärme von außen (z.B. Ölheizung) der Fall wäre.

[0097] Mit dem erfindungsgemäßen Form- oder Kernwerkzeug 1 ist somit erstmals eine prozesssichere Herstellung von Formen 2 bzw. Kernen 2' möglich, durch die Anpassung der elektrisch spezifischen Leitfähigkeit des Form-Kernkastenmaterials 7 an das Sand-Binder-Gemisch 9. Dies erlaubt die gleichmäßige Durchleitung von elektrischer Energie und somit gleichmäßige Erhitzung und dadurch ein gleichmäßiges Aushärten. Dies war bislang nicht möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formen (2) oder Kernen (2') für Gießereizwecke, mittels Anpassung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Materials des Werkzeugeinsatzes an den spezifischen elektrischen Widerstand einer Mischung (9) aus mindestens einem Formstoff, insbesondere Gießereisand, und mindestens einem Wasser enthaltenden anorganischen, Wärme aushärtbaren Bindemittel, welches eine elektrische Leitfähigkeit von mindestens $5 \cdot 10^{-3} \text{ S/m}$ aufweist, wobei,
 - in ein elektrisch nicht leitendes Gehäuse (3) mindestens ein Werkzeugeinsatz aus einem elektrisch leitfähigen Material (7) zur Aufnahme der Mischung (9) eingebracht wird, wobei die elektrische Leitfähigkeit des Materials (7) bei Betriebstemperatur zwischen 150 und 180 °C zumindest näherungsweise der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Mischung (9) bei einer Temperatur zwischen 100°C bis 130°C entspricht,
 - dem Werkzeugeinsatz (7) über in/an dem Gehäuse (3) parallel angeordnete Elektroden (10) elektrische Energie und darüber Wärme zugeführt wird, die zum Aushärten der Mischung (9) führt,
 - wobei das Gehäuse (3) aus mindestens zwei Gehäuseteilen (4, 5) besteht, welche zum Beginn und Abschluss des Taktvorgangs der Form- oder Kernherstellung zusammen- bzw. auseinandergefahren werden und zusammengefahren eine direkte Kontaktfläche bilden,
 - wobei Bohrungen (16') für Ausstoßbolzen (16) im Werkzeug, mindestens einer Elektrode (10) sowie mindestens eines Teiles (4, 5) des Gehäuses (3) zur Entnahme der Sandkerne vorhanden sind,
 - wobei zum Entweichen von Wasserdampf oder Gasen sowohl das Werkzeug als auch die Elektroden sowie mindestens ein Teil des Gehäuses (4, 5) porös ausgeführt und/oder Entlüftungsschlitze (17) vorhanden sind und
 - wobei der oder die Formen oder Kerne (2,2') nach dem Aushärten der Mischung (9) und dem Auseinanderfahren der Gehäuseteile (4, 5) mittels Ausstoßbolzen (16) aus dem Werkzeug gedrückt und entnommen werden **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Material (7) für Werkzeugeinsätze verwendet wird, welches folgende Eigenschaften aufweist:
 - es handelt sich um einen gesinterten Festkörper, der
 - eine Mohshärte von mehr als 4 aufweist, wobei
 - der spezifische elektrische Widerstand des Materials (7) zwischen 0,5 Ohmmeter und 200 Ohmmeter bei einer Betriebstemperatur von 150°C bis 180 °C liegt und
 - die Wärmeleitfähigkeit mindestens 0,56 w/(m*K) beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Werkzeugeinsatz (7) die elektrische Energie in Form von Wechselstrom oder Gleichstrom zugeführt wird und mittels einer Einrichtung (8) zur Steuerung/Regulierung die elektrische Spannung unter Berücksichtigung der spezifischen Temperatur-Widerstandskurve des Sand-Bindergemisches, der Temperatur des Werkzeugeinsatzes (7) sowie der maximalen Kurzzeitbelastung des Werkzeugeinsatzmaterials regelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Material (7) ein gesintertes Keramikmaterial verwendet wird, das überwiegend aus Siliziumkarbid oder Siliziumnitrid besteht.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verfahren zur Herstellung von Formen (2) oder Kernen (2') mindestens ein Werkzeugeinsatz mit mindestens einer Kavität für die herzustellende Form (2) oder den herzustellenden Kern (2') verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Ausstoßbolzen (16) zum Ausstoßen der Sandkerne aus nichtleitendem Material sind, oder konstruktionstechnisch so verwendet werden, dass leitende Ausstoßbolzen (16) während des Herstellungsvorganges der Formen (2) oder Kerne (2') nicht in Kontakt mit stromführenden Komponenten des Kernkastens kommen.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Hinzufügen von Zusätzen, wie z.B. Graphit oder Kochsalz die elektrische Leitfähigkeit der Mischung (9) so beeinflusst wird, dass ein geringer spezifischer Widerstand erzielt wird.

7. Form- oder Kernwerkzeug (1) zum Herstellung von Formen (2) oder Kernen (2') für Gießereizwecke, mit einem aus zumindest zwei Teilen (4,5) bestehenden Gehäuse (3), wobei,

- in ein elektrisch nicht leitendes Gehäuse (3) mindestens ein Werkzeugeinsatz aus einem elektrisch leitfähigen Material (7) zur Aufnahme einer Mischung (9) eingebracht ist, wobei das Material (7) aus einem gesinterten, überwiegend aus Siliziumcarbid oder Siliziumnitrid bestehenden Sinterwerkstoff besteht,
 - zumindest zwei parallel angeordnete Elektroden (10) vorgesehen sind, wobei jeweils mindestens eine Elektrode (10) in mindestens einem Teil (4, 5) des Gehäuses (3) angeordnet ist,
 - zum Entweichen von Wasserdampf oder Gasen sowohl das Form- oder Kernwerkzeug (1) als auch die Elektroden (10) sowie mindestens ein Teil des Gehäuses (4, 5) porös ausgeführt sind und/oder Entlüftungsschlitze (17) enthalten.

8. Form- oder Kernwerkzeug nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest ein Teil (4, 5) des Gehäuses (3) aus Kunststoff, elektrischem Isolierstoff oder Isolationskeramik ausgebildet ist.

9. Form- oder Kernwerkzeug nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die mindestens zwei Teile (4, 5) des Gehäuses (3) über mindestens eine Trennebene (6) miteinander verbunden sind, wobei die Elektroden (10) parallel zueinander und zwischen dem Material (7) und der Isolationschicht angeordnet sind.

10. Form- oder Kernwerkzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 9

dadurch gekennzeichnet,

dass in mindestens einem Werkzeugeinsatz mindestens eine Sandkernkavität vorgesehen ist, welche mit einem Schnellspannsystem im Gehäuse (3) befestigbar ist und somit den schnellen Austausch des Werkzeugeinsatzes innerhalb des Kernkastens ermöglicht.

Claims

1. A method for producing moulds (2) or cores (2') for foundry purposes by means of adapting the specific electrical resistance of the material of the tool insert to the specific electrical resistance of a mixture (9) of at least one moulding material, in particular, foundry sand, and at least one water-containing inorganic binder that can be cured by means of heat and that has an electrical conductivity of at least $5 \cdot 10^{-3}$ S/m,

- at least one tool insert made of an electrically conductive material (7) for holding the mixture (9) being introduced into an electrically non-conductive housing (3), the electrical conductivity of the material (7) at an operating temperature between 150 and 180 °C at least approximately corresponding to the specific electrical conductivity of the mixture (9) at a temperature between approximately 100 °C and 130 °C,
 - electrical energy and thus heat being supplied to the tool insert (7) via electrodes (10) that are arranged in parallel in/on the housing (3), which leads to the curing of the mixture (9),
 - the housing (3) being made of at least two housing parts (4, 5), which are moved together or apart from each other at the beginning and upon completion of the cycle process of the mould or core production and forming a direct contact surface,
 - holes (16') for ejection pins (16) in the tool, at least one electrode (10), as well as at least at least a part (4, 5) of the housing (3) being provided for removing the sand core,
 - both the tool and the electrodes as well as at least a part of the housing (4, 5) being porous and/or ventilation slits (17) being provided, and
 - the mould(s) or the core(s) (2, 2') being pressed out of the tool and removed by means of ejection pins (16) after the curing of the mixture (9) and once the housing parts (4, 5) have been moved apart from each other,

characterised in that a material (7) for tool inserts is used, which has the following characteristics:

- it is a sintered solid body which
 - has a Mohs hardness of more than 4,
 - the specific electrical resistance of the material (7) being between 0.5 ohmmeters and 200 ohmmeters at an

operating temperature of 150 °C to 180 °C, and
- the heat conductivity being at least 0.56 W/(m*K).

2. The method according to claim 1,

characterised in that

the electrical energy is supplied in the form of alternating current or direct current to the tool insert (7) and the electrical voltage is controlled by means of a device (8) for open-loop/closed-loop control, under consideration of the specific temperature-resistance curve of the sand-binder mixture, the temperature of the tool insert (7) as well as the maximum short-term stress load of the tool insert material.

3. The method according to claims 1 to 2,

characterised in that

a sintered ceramic material primarily consisting of silicon carbide or silicon nitride is used as material (7).

4. The method according to claims 1 to 3,

characterised in that,

for the method for producing moulds (2) or cores (2'), at least one tool insert with at least one cavity is used for the mould (2) to be produced or the core (2') to be produced.

5. The method according to claims 1 to 4,

characterised in that

the ejection pins (16) for ejecting the sand cores are made of non-conductive material or are used on a technical constructive level in such a way that conductive ejection pins (16) do not come into contact during the production process of the moulds (2) or cores (2') with the electrically live components of the core box.

6. The method according to claim 1,

characterised in that

by adding additives, such as graphite or table salt, the electrical conductivity of the mixture (9) is influenced in such a way that a lower specific resistance is achieved.

7. A mould or core tool (1) for producing moulds (2) or cores (2') for foundry purposes, with a housing (3) consisting of at least two parts (4, 5), wherein

- at least one tool insert made of an electrically conductive material (7) for holding a mixture (9) is introduced into an electrically non-conductive housing (3), wherein the material (7) consists of a sintered material primarily formed from silicon carbide or silicon nitride,

- at least two electrodes (10) arranged in parallel are provided, wherein in each case at least one electrode (10) is arranged in at least a part (4, 5) of the housing (3),

- both the mould or core tool (1) and the electrodes (10) as well as at least one part of the housing (4, 5) are porous and/or contain ventilation slits (17) for the escape of water vapour or gases.

8. The mould or core tool according to claim 7,

characterised in that

at least part (4, 5) of the housing (3) is made of plastic, electric insulation or insulating ceramic.

9. The mould or core tool according to one of claims 7 or 8,

characterised in that

the at least two parts (4, 5) of the housing (3) are connected to each other via at least one separation plane (6), the electrodes (10) being arranged parallel to one another and between the material (7) and the insulation layer.

10. The mould or core tool according to one of claims 7 to 9,

characterised in that

in at least one tool insert, at least one sand-core cavity is provided, which can be attached to a rapid-clamping system in the housing (3) and therefore, makes the quick replacement of the tool insert possible inside the core box.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer des moules (2) ou des noyaux (2') pour de l'outillage pour la fonderie au moyen de l'adaptation de la résistance électrique spécifique du matériau de l'insert de l'outil à la résistance électrique spécifique d'un mélange (9) composé d'au moins un matériau de moulage, en particulier de sable de fonderie, et d'au moins un liant anorganique contenant de l'eau, durcissable à la chaleur, qui présente une conductivité électrique d'au moins $5 \cdot 10^{-3}$ S/m, cependant que,

- dans un boîtier non-électroconducteur (3), au moins un insert d'outil en un matériau électroconducteur (7) est inséré pour recevoir le mélange (9), cependant que la conductivité électrique du matériau (7) correspond, à une température de service entre 150 et 180°C, au moins approximativement à la conductivité électrique spécifique du mélange (9) à une température entre 100°C et 130°C,

- de l'énergie électrique est amenée à l'insert d'outil (7) par des électrodes (10) placées parallèlement dans/sur le boîtier (3) et de la chaleur qui entraîne le durcissement du mélange (9),

- cependant que le boîtier (3) est constitué par au moins deux parties de boîtier (4, 5) qui sont rapprochées et/ou écartées au début et à la fin du processus cadencé de la fabrication de moule ou de noyau et qui, lorsqu'elles sont rapprochées, forment une surface de contact direct,

- cependant qu'il existe des forures (16') pour des boulons d'éjection (16) dans l'outil, au moins d'une électrode (10) ainsi que d'au moins une partie (4, 5) du boîtier (3) pour enlever les noyaux en sable,

- cependant que, pour faire échapper la vapeur d'eau ou les gaz, aussi bien l'outil que les électrodes ainsi qu'au moins une partie du boîtier (4, 5) sont réalisés en matériau poreux et/ou qu'il existe des fentes d'aération (17) et

- cependant qu'après le durcissement du mélange (9) et l'écartement des parties de boîtier, le ou les moules ou noyaux (2, 2') sont poussés hors de l'outil au moyen de boulons d'éjection (16) et enlevés

caractérisé en ce qu'il est utilisé un matériau pour inserts d'outil qui présente les propriétés suivantes :

- Il s'agit d'un corps solide fritté qui

- présente une dureté Mohs supérieure à 4, cependant que

- la résistance électrique spécifique du matériau (7) se situe entre 0,5 ohmmètre et 200 ohmmètres pour une température de service de 150°C à 180°C et

- la conductivité thermique est d'au moins 0,56 W/(m*K).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'énergie électrique est amenée à l'insert d'outil (7) sous forme de courant alternatif ou de courant continu et que la tension électrique est réglée au moyen d'un dispositif (8) pour la commande/la régulation en tenant compte de la courbe spécifique température/résistance du mélange de sable et de liant, de la température de l'insert d'outil (7) ainsi que de la charge maximale de courte durée du matériau de l'insert d'outil.

3. Procédé selon la revendication 1 à 2, **caractérisé en ce qu'un** matériau céramique fritté qui est constitué principalement par du carbure de silicium ou du nitrure de silicium est utilisé comme matériau (7).

4. Procédé selon les revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'au moins un** insert d'outil avec au moins une cavité pour le moule à fabriquer (2) ou le noyau à fabriquer (2') est utilisé pour le procédé de fabrication de moules (2) ou de noyaux (2').

5. Procédé selon les revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** des boulons d'éjection (16) pour l'éjection des noyaux de sable sont en matériau non conducteur ou sont utilisés en matière de construction de telle manière que des boulons d'éjection conducteurs (16) n'entrent pas en contact avec des composants électroconducteurs de la boîte à noyau pendant le processus de fabrication des moules (2) ou des noyaux (2').

6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'en** ajoutant des additifs comme, par exemple, du graphite ou du sel de cuisine, la conductivité électrique du mélange (9) est influencée de telle manière qu'une faible résistance spécifique est obtenue.

7. Outil de moule ou de noyau (1) pour la fabrication de moules (2) ou de noyaux (2') dans la fonderie avec un boîtier (3) qui est constitué par au moins deux parties (4, 5), cependant

- qu'au moins un insert d'outil en un matériau électroconducteur (7) est inséré dans un boîtier non électrocon-

ducteur (3) pour recevoir un mélange (9), le mélange étant constitué par un matériau fritté constitué principalement par du carbure de silicium ou du nitrure de silicium,

- qu'il est prévu au moins deux électrodes (10) placées parallèlement, cependant qu'au moins une électrode (10) est placée respectivement dans au moins une partie (4, 5) du boîtier (3),

- que, pour faire échapper la vapeur d'eau ou des gaz, aussi bien l'outil de moule ou de noyau (1) que les électrodes (10) ainsi qu'au moins une partie du boîtier (4, 5) sont réalisés en matériau poreux et/ou contiennent des fentes d'aération (17).

8. Outil de moule ou de noyau selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie (4, 5) du boîtier (3) est faite en matière plastique, en matériau isolant électrique ou en céramique isolante.

9. Outil de moule ou de noyau selon l'une des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les au moins deux parties (4, 5) du boîtier (3) sont reliées l'une à l'autre par au moins un plan de séparation (6), cependant que les électrodes (10) sont placées parallèlement l'une à l'autre et entre le matériau (7) et la couche d'isolation.

10. Outil de moule ou de noyau selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins une cavité de noyau de sable est prévue dans au moins un insert d'outil, cavité qui peut être fixée dans le boîtier (3) avec un système de serrage rapide et qui permet ainsi le remplacement rapide de l'insert d'outil à l'intérieur de la boîte à noyau.

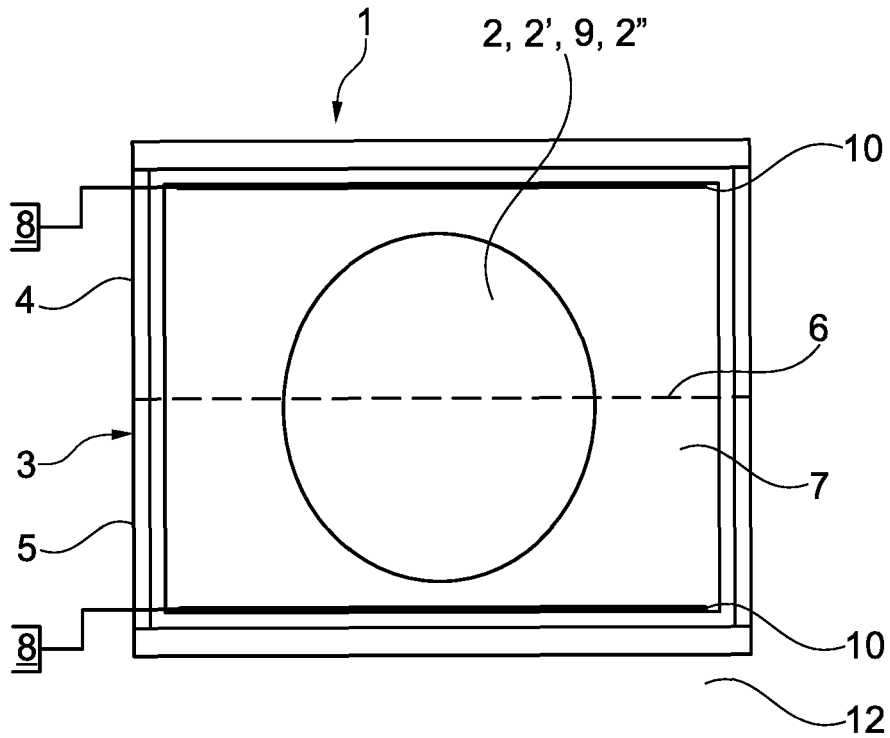


Fig. 1

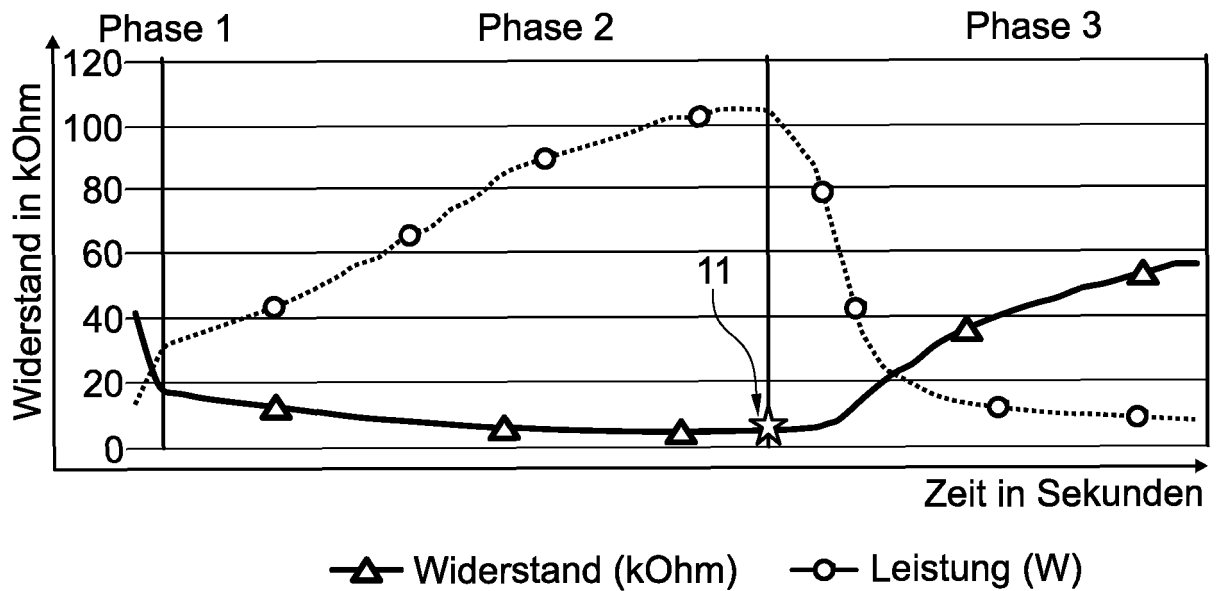


Fig. 2

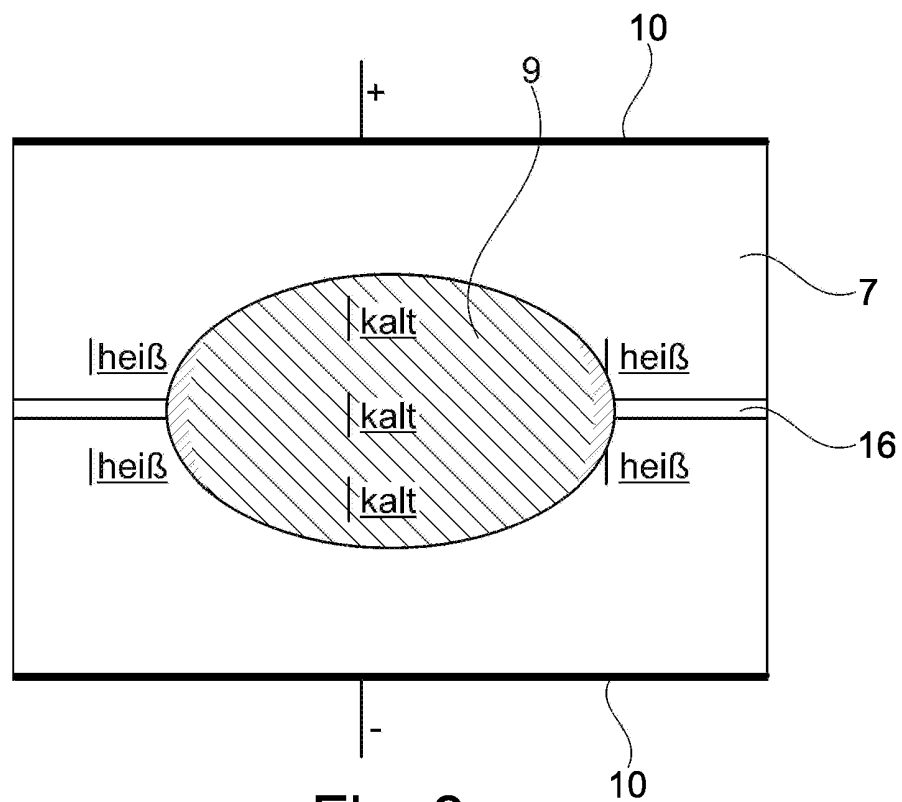


Fig. 3

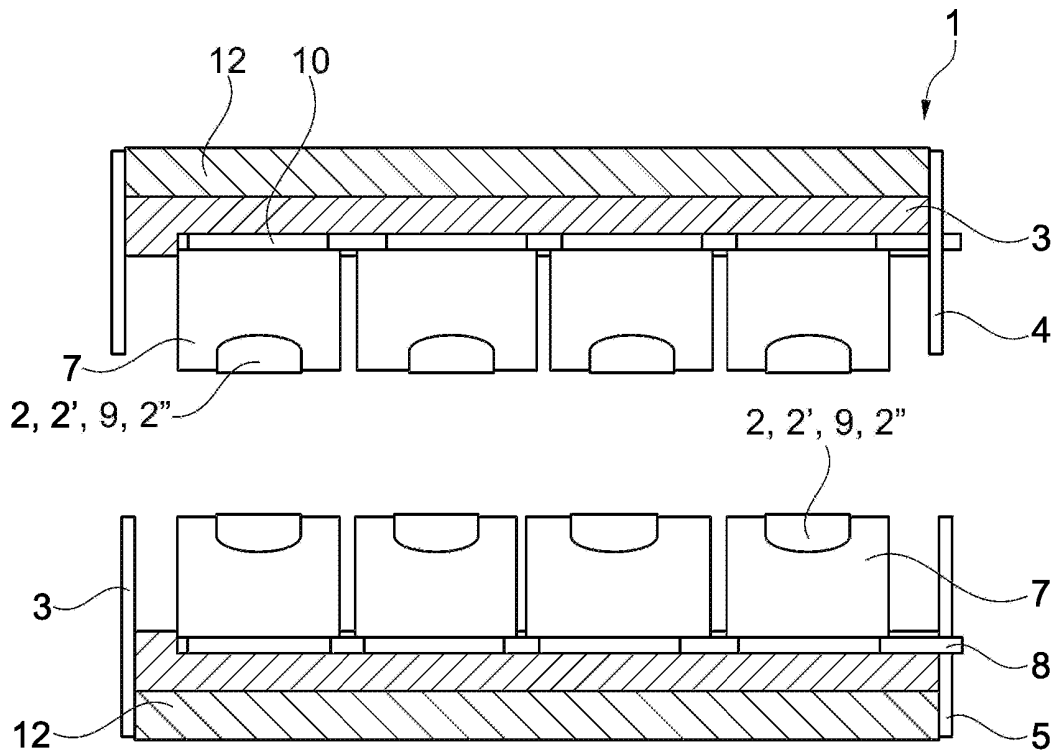


Fig. 4

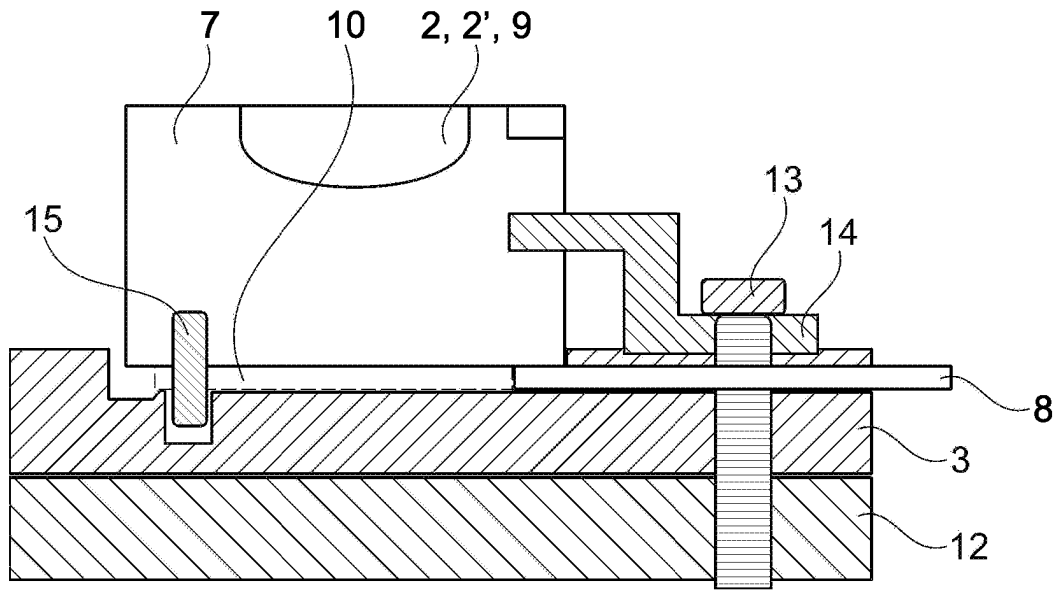


Fig. 5

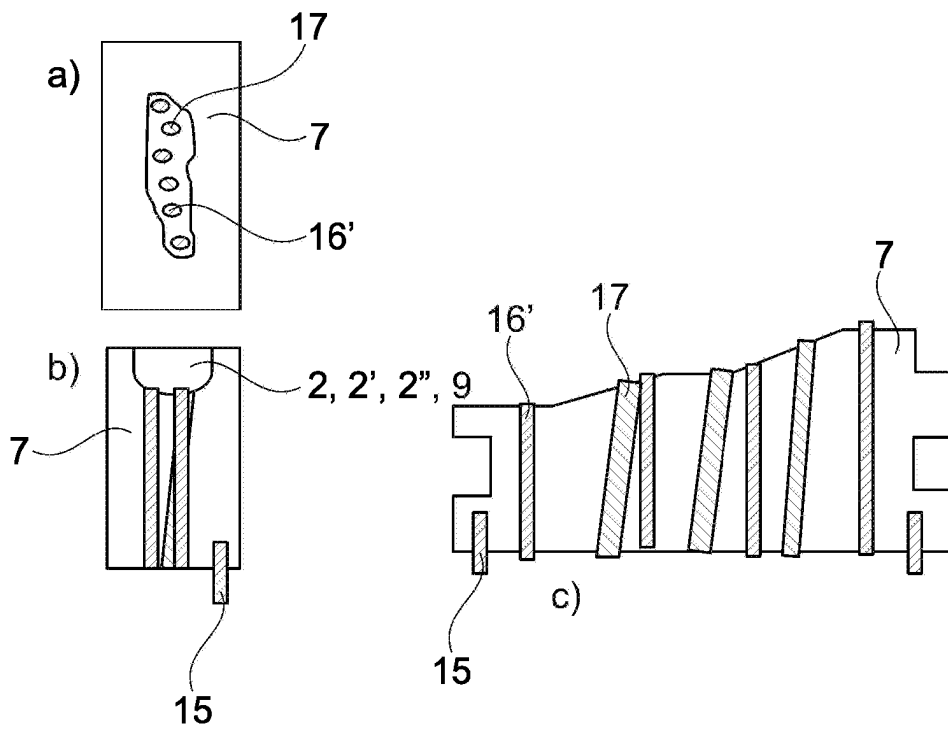


Fig. 6

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

- WO 2003013761 A1 [0002] [0003]
- US 20040192806 A1 [0002]
- DE 2435886 A1 [0002] [0005] [0026]
- DE 3735751 A1 [0004]
- EP 3103562 A1 [0006]