



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 031 212 A1** 2007.01.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 031 212.8**

(22) Anmeldetag: **01.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **04.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B22C 9/10** (2006.01)

(71) Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

**Bausinger, Holger, Dr., 70563 Stuttgart, DE;
Lebbing, Ralf, 59581 Warstein, DE; Kabakchiev,
Alexander, 70199 Stuttgart, DE; Pfeifer, Rolf,
Dipl.-Ing., 73054 Eislingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 49 469 C2

DE 7 50 672 C

DE 5 43 772 C

DE 103 27 272 A1

DE 38 87 140 T2

DE 38 84 613 T2

DD 1 29 320 C

EP 15 00 446 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Zerstörbarer Formkern für den metallischen Guss, Herstellverfahren, Urform und Verwendung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft die Herstellung von zerstörbaren keramischen Formkernen für den metallischen Guss, deren Herstellverfahren, Urform und Verwendung. Durch eine übliche Entbinderung der grünen Keramik tritt im Allgemeinen eine erhebliche mechanische Schwächung der Gussform auf. So kann bei ungünstiger Bauteilgeometrie während des Gusses eine Zerstörung der feinen Strukturen oder der freitragenden Formteile erfolgen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen geometrisch komplexen Formkern aus Schlicker-Keramik für den Metallguss bereitzustellen der eine genügend hohe Strukturfestigkeit aufweist, um die Entformung aus der Urform, sowie den metallischen Guss unbeschadet zu überstehen, und sich hierauf in einfacher Weise aus dem Gussling herauslösen lässt.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Formkern keramische Mikropartikel aufweist, welche durch Salz miteinander verbunden sind.

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft die Herstellung von zerstörbaren Formkernen für den metallischen Guss, insbesondere zerstörbare Formkerne aus grüner Keramik, und deren Verwendung. Derartige Formkerne sind beispielsweise aus der DE 38 84 613 T2 bekannt.

[0002] Die Herstellung von Gussteilen mit Aussparungen Hinterschneidungen und Hohlstrukturen stellt hohe Anforderungen an die Herstellungsmethoden und die Materialien der entsprechenden Gussformen. Im Bereich des metallischen Gusses werden in der Regel auf Grund der hohen auftretenden Temperaturen keramische Gussformen eingesetzt.

[0003] Zur Herstellung der keramischen Gussformen bedient man sich häufig des Schlickergusses, bei dem die Formgebung über das Abgießen von flüssigen Schlickern in eine Urform erfolgt. Ein weiteres häufig anzutreffendes Verfahren ist der keramische Spritzguss, bei dem formbare Keramikmassen in eine Urform unter Druck eingebracht werden. Die Schlicker oder Keramikmassen werden hierauf durch Trocknung bzw. Abkühlung verfestigt, wodurch eine grüne Keramik gebildet wird. Insbesondere im Falle komplex geformter Gussformen mit feinen, zum Teil freitragenden, Strukturen ergeben sich für den späteren metallischen Guss Probleme, die aus der unzureichenden Strukturfestigkeit der grünen Gussform resultieren.

[0004] Durch eine übliche Entbinderung der Grünen Keramik tritt im Allgemeinen eine erhebliche mechanische Schwächung der Gussform auf. So kann bei ungünstiger Bauteilgeometrie während des Gusses eine Zerstörung der feinen Strukturen oder der freitragenden Formteile erfolgen.

[0005] Dem Problem der unzureichenden Strukturfestigkeit kann im Prinzip mit einer Erhöhung der Festigkeit der Keramik begegnet werden, beispielsweise durch keramischen Brand (Sinterung) wie in der DE 38 84 613 T2 beschrieben. Dies hat jedoch den gravierenden Nachteil, dass sich die Gussform nach dem Guss nur noch sehr schwer aus dem Gussling entfernen lässt. Dies ist insbesondere bei der Herstellung von Hohlstrukturen der Fall, wo das verbleibende keramische Material nur noch schwer zugänglich ist.

Aufgabenstellung

[0006] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen geometrisch komplexen Formkern aus Schlicker-Keramik für den Metallguss bereitzustellen, der eine genügend hohe Strukturfestigkeit aufweist, um die Entformung aus der Urform, sowie den metallischen Guss unbeschadet zu überstehen, und sich hierauf in einfacher Weise aus dem Gussling herauslösen lässt.

[0007] Die Erfindung ist in Bezug auf den zu schaffenden Formkern durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Durch die Merkmale der Patentansprüche 4, 11 und 13 sind ein Verfahren zu seiner Herstellung, eine dafür geeignete Urform sowie eine vorteilhafte Verwendung gegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Formkerns, Verfahrens, Urform und Verwendung.

[0008] Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Formkerns erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Formkern keramische Mikropartikeln aufweist, welche durch Salz verbunden sind.

[0009] Mikropartikel sind Partikel mit Durchmessern im Mikrometerbereich. Salz steht für eine einzelne Salzart oder auch für ein Gemisch unterschiedlicher Salze.

[0010] Die Binderwirkung des Salzes beruht auf der Auskristallisation des Salzes beim Einfrieren des Schlickers bzw. bei dessen Trocknung. Beim Einfrieren trennt sich das Salz vom Lösungsmittel, beim Trocknen wird das Lösungsmittel entfernt. In beiden Fällen findet eine Aufkonzentration des Salzes statt, die eine Auskristallisation zur Folge hat.

[0011] Als Lösungsmittel kann am einfachsten Wasser verwendet werden, aber niedrige Alkohole sind auch geeignet, da sie kostengünstig, leicht verfügbar und handhabbar sind.

[0012] Derartige Formkerne sind besonders leicht zu zerstören, indem Sie das sie verbindende Salz einfach wieder gelöst wird. Besonders schnell geht dies in kohlesäurehaltigem Wasser, aber auch in jedem anderen

Salz-Lösungsmittel. In kohlesäurehaltigem Wasser zerfällt ein Formkern je nach Wanddicke in einigen Sekunden bis zu wenigen Minuten.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Formkerns weist das Salz eine Löslichkeit von mindestens 100 g Salz pro 1 L Lösungsmittel auf und/oder einen Schmelzpunkt von über 700°C, vorzugsweise über 800°C, und/oder eine stangen- oder plattenartige Kristallform.

[0014] Eine derartige Löslichkeit ermöglicht die Herstellung einer Salzlösung, die gute Bindereigenschaften zeigt. Niedrigere Löslichkeiten (z. B. ab 50 g/L) sind auch möglich, wenn niedrigere Anforderungen an die Festigkeit des grünen Formkerns gestellt werden.

[0015] Der minimale Schmelzpunkt wird durch die geplante Verwendung des Formkerns sowie die eingesetzten keramischen Partikeln bestimmt. So beträgt die Gießtemperatur von Aluminium circa 700° C.

[0016] Das Sintern keramischer Partikel findet typischerweise bei Temperaturen oberhalb ca. 1000°C statt; materialabhängig kann die Sintertemperatur aber auch niedriger liegen.

[0017] Bei den erfindungsgemäßen Formkernen ist eine Versinterung der keramischen Partikel nicht erforderlich, da in der Regel bereits die Verfestigung durch die Salzkristallisation genügende Festigkeit gibt. Das Verzichten auf die Versinterung hat den Vorteil, dass die Formkerne wasserlöslich bleiben.

[0018] Daher werden die Kerne bevorzugt Temperaturen unterhalb ca. 1000°C ausgesetzt, um die organischen Bestandteile auszubrennen und das Kristallwasser der Salze auszutreiben – ohne eine Versinterung der keramischen Partikeln zu bewirken. Die Maximaltemperatur liegt unterhalb der Zersetzungstemperatur der kristallwasserhaltigen Salze; bevorzugt um oder unterhalb 700°C.

[0019] Eine stangen- oder plattenartige Kristallform bewirkt im Vergleich zu Salzen mit kubischer Kristallform eine Erhöhung der Festigkeit des Formkerns. Dies wird auf eine Verkeilung der Salzkristalle mit den Mikropartikeln zurückgeführt.

[0020] Besonders geeignet sind Salze aus der Gruppe der Sulfate, vorzugsweise der Na-, Mg- oder Cu-Sulfate, insbesondere aus Magnesiumsulfat-Heptahydrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

[0021] Die Wasserlöslichkeit von Magnesiumsulfat-Heptahydrat liegt bei Raumtemperatur (20°C) bei 356 g/L, der Schmelzpunkt liegt bei 1150°C, die Kristallform ist rhombisch. Das im Heptahydrat gebundene Kristallwasser wird mit zunehmender Temperatur ausgetrieben und ist ab 350°C vollständig aus dem Salz ausgetrieben.

[0022] Für den Einsatz im Feingussverfahren kann der Formkern noch mit einer Beschichtung versehen werden, die ihn gegen Wasser schützt. Besonders geeignet ist eine Beschichtung, die verhindert, dass bei der Feingussprozessstufe des Entfernens des Wachsmodells im Autoklaven Wasserdampf in den keramischen Kern eindringt und diesen beschädigt oder zerstört. Die Beschichtung wird bevorzugt bei der Feingussprozessstufe des Brennens rückstandsfrei zersetzt (verbrannt).

[0023] Als Beschichtungsmaterial sind unterschiedliche Polymerlösungen oder Lacke geeignet, die hydrophob und/oder wasserundurchlässig sind, sowie gegenüber flüssigen Wachsen oder Paraffinen, wie sie beim Wachsausschmelzverfahren üblicherweise eingesetzt werden, resistent sind. Bevorzugt ist die Beschichtung bis mindestens 160°C thermisch stabil und wird bei Temperaturen bis 700°C, vorzugsweise bereits darunter, weitestgehend rückstandsfrei zersetzt (pyrolysiert). Bevorzugt werden einkomponentige Materialien – möglichst ohne Topfzeiten.

[0024] Die Mikropartikeln bestehen aus refraktären Oxiden, Carbiden oder Nitriden, insbesondere der Elemente Al, Zr, Si, Mg, Ca oder Ti. Vorzugsweise bestehen die Mikropartikeln aus Zirkonsilikat.

[0025] Derartige Materialien weisen eine ausreichende Temperaturbeständigkeit, eine gute Verarbeitbarkeit sowie geeignete Marktverfügbarkeit und Preis in geeigneten Partikelgrößen auf.

[0026] Vorzugsweise werden mindestens zwei Partikelgrößenklassen an Mikropartikeln zur Herstellung des Schlickers verwendet, um eine bessere Volumenfüllung zu erzielen.

[0027] Der Schlicker wird vorzugsweise mit Wasser angemacht, insbesondere mit deionisiertem Wasser, um

Beeinflussungen von Zusätzen möglichst auszuschließen. Derartige Zusätze sind z.B. Dispergatoren, Entschäumer und Antifrostmittel. Letztere können zugesetzt werden, um die Bildung großer Eiskristalle beim Einfrieren des Schlickers zu verhindern, die anderenfalls zu Gefügefehlstellen im Formkern führen könnten.

[0028] Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens zur Herstellung eines zerstörbaren Formkerns für den metallischen Guss erfindungsgemäß durch folgende Schritte gelöst:

- Bereitstellen einer Urform,
- Bereitstellen eines Schlickers, basierend auf einer Salzlösung, enthaltend keramische Mikropartikel,
- Befüllen der Urform mit dem Schlicker,
- Gefrieren des Schlickers zum grünen Formkern,
- Herauslösen des grünen Formkerns aus der Urform,
- Gefrietrocknen des grünen Formkerns,
- Erwärmen des grünen Formkerns.

[0029] Dabei erfolgt das Befüllen der Urform mit Schlicker, durch Eingießen, Einspritzen oder Eintauchen.

[0030] Das Erwärmen dient zum Ausgasen organischer Bestandteile und des Kristallwassers. Bei den organischen Bestandteilen des grünen Formkerns handelt es sich um geringe Anteile von Zusätzen.

[0031] Der Formkern wird durch die Binderwirkung des Salzes zusammengehalten. Diese beruht auf der Auskristallisation des Salzes beim Einfrieren des Schlickers bzw. bei dessen Trocknung. Beim Einfrieren trennt sich das Salz vom Lösungsmittel, beim Trocknen wird das Lösungsmittel entfernt. In beiden Fällen findet eine Aufkonzentration des Salzes statt, die eine Auskristallisation zur Folge hat. Die Binderwirkung des Salzes weist ausreichende Festigkeit auf, um die Entformung aus der Urform sowie den metallischen Guss unbeschadet zu überstehen.

[0032] Nach dem Trocknen ist der Formkern je nach Verwendung direkt einsatzbereit (Sandgussverfahren) oder kann noch mit einer Beschichtung versehen werden (Feingussverfahren).

[0033] Ein trockener Formkern ist leicht zu entfernen/zerstören, indem das verbindende Salz einfach wieder gelöst wird. Besonders schnell geht dies in kohlesäurehaltigem Wasser, aber auch in jedem anderen Salz-Lösungsmittel. In kohlesäurehaltigem Wasser zerfällt ein Formkern je nach Wanddicke in einigen Sekunden bis zu wenigen Minuten.

[0034] In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Schlicker verwendet, der einen Salzgehalt von 1 bis 10 Gewichtsprozent, vorzugsweise von 4 bis 8 Gewichtsprozent, aufweist und/oder auf einer wässrigen Salzlösung basiert.

[0035] Der vorzugsweise Salzgehalt gewährleistet gute Formkernfestigkeit bei guter Schlickerverarbeitbarkeit. Niedrigerer Salzgehalt ist auch möglich, führt aber zu geringerer Formkernfestigkeit. Höherer Salzgehalt verschlechtert die Schlickerverarbeitbarkeit.

[0036] Die Salzlösung ist besonders einfach auf Wasserbasis herstellbar. Alternativ sind aber auch niedrige Alkohole geeignet.

[0037] In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Urform vorgekühlt, vorzugsweise auf eine Temperatur zwischen -80°C und -15°C , insbesondere -60°C .

[0038] Die Vorkühlung ermöglicht einen schnellen Prozessschritt, da der Schlicker quasi während der Befüllung einfriert und direkt nach der Befüllung (weniger als 1 Minute) aus der Urform entnommen werden kann.

[0039] In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird beim Erwärmen eine Maximaltemperatur zwischen 500 und 900°C , vorzugsweise 700°C , erreicht, wobei die Maximaltemperatur 20 bis 120 Minuten, vorzugsweise 30 Minuten, konstant gehalten wird.

[0040] Bei einer derartigen Maximaltemperatur und Verweildauer wird für die vorgenannten Materialien eine Auskristallisation des Salzbinders erreicht, die eine ausreichende Stabilität des Formkerns gewährleistet.

[0041] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Maxi-

maltemperatur durch einen kontinuierlichen, vorzugsweise linearen Temperaturanstieg zwischen 50 und 300 °C/h, vorzugsweise 150 °C/h, erreicht.

[0042] Dies gewährleistet eine gleichmäßige und vollständige Ausgasung der organischen Bestandteile und des Kristallwassers.

[0043] Vorzugsweise werden die Ausgasungen während des Erwärmens abgesaugt, da sie je nach Zusammensetzung eine Geruchsbelästigung oder gar eine Gesundheitsstörung hervorrufen können.

[0044] In einer für den Feinguss ausgestalteten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Formkern nach dem Erwärmen mit einer wasserdichten Beschichtung, vorzugsweise aus Cyanacrylat, versehen. Das Aufbringen der Beschichtung erfolgt durch Besprühen, Bestreichen oder Eintauchen. Dies ermöglicht die Ausbildung einer gleichmäßigen Außenhaut.

[0045] Die Aufgabe wird bezüglich der zu schaffenden Urform zur Herstellung eines zerstörbaren Formkerns für den metallischen Guss erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Urform eine Kühlvorrichtung aufweist. Die Kühlvorrichtung kann in die Urform integriert sein, z.B. durchströmte Kühlkanäle, oder lediglich mit dieser in Kühlkontakt stehen.

[0046] Die Vorkühlung der Urform vor dem Einfüllen des Schlickers ermöglicht einen schnellen Prozessschritt, da der Schlicker quasi während der Befüllung einfriert und direkt nach der Befüllung (weniger als 1 Minute) aus der Urform entnommen werden kann.

[0047] Für eine einfache Entnahme ist die Urform vorteilhaft mit einem Auswerfer oder zerlegbar ausgestaltet.

[0048] Vorzugsweise weist die Urform eine Einlassöffnung auf, deren Durchmesser mindestens der durchschnittlichen Dicke des Formkerns entspricht.

[0049] Eine derartig weite Einlassöffnung ist groß genug, um den Expansionsdruck von Wasser beim Einfrieren (circa 1-1,5 Vol.%) entweichen zu lassen. Der Schlicker friert in der Form weitestgehend ein, bevor auch die Einlassöffnung zufriert. Dadurch kann der Expansionsdruck entweichen. Bei bauchigen oder andersweitig dicken Formkernen kann die maximale Dicke durch Einlegen von Hohlkörpern begrenzt werden, um ein sicheres Entweichen des Expansionsdruckes zu gewährleisten.

[0050] Die Aufgabe wird bezüglich der anzugebenden Verwendung eines zerstörbaren Formkerns für den metallischen Guss erfindungsgemäß gelöst durch den Guss von Bauteilen für Verbrennungskraftmaschinen aus Stählen, Leichtmetallen oder deren Legierungen, insbesondere dem Feinguss nach dem Wachsausschmelzverfahren, vorzugsweise dem Aluminiumfeinguss. Außerdem eignet es sich zur Herstellung von aus mehreren Teilen zusammengesetzten keramischen Gussformen.

Ausführungsbeispiel

[0051] Nachfolgend werden anhand eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäße Formkern, das Verfahren und die Urform zu seiner Herstellung und seine Verwendung näher erläutert:
Zunächst wird eine Urform bereit gestellt. Diese besteht aus einer Außenschale aus vier Aluminiumsegmenten, die aus dem Vollen gefräst wurden und miteinander verschraubt sind. Alle Segmente werden mit Silikon spray als Trennmittel besprüht, um das spätere Entformen zu erleichtern. Die Urform wird auf -60°C vorgekühlt.

[0052] Die zusammengesetzte Urform weist eine Einlassöffnung von circa 8 mm Radius auf. Der herzustellende Formkern ist circa 60 mm lang und hoch sowie 35 mm dick. Durch eingelegte Hohlkörper wird die maximale Dicke auf circa 15 mm begrenzt, um den Expansionsdruck über die Einlassöffnung entweichen zu lassen. Die Hohlkörper werden durch Keramik- oder Salzsiege in der Form platziert.

[0053] Außerdem wird ein Schlicker bereitgestellt. Zur Herstellung des Schlickers werden die Komponenten gemäß Tabelle 1 in einen Mischbehälter eingewogen und in einem Topfroller über einen Zeitraum von 4 Stunden miteinander vermischt. Zur Verbesserung des Mischvorgangs werden keramische Kugeln mit einem Durchmesser von 40 Millimetern beigegeben.

Tabelle 1: Zusammensetzung des Schlickers

Komponente	Relative Einwaage [Gewichtsprozent]
H ₂ O, deionisiert	11,2%
Antifrostmittel	2,0%
Dispergator	1,0%
Entschäumer	0,1%
Magnesiumsulfat-Heptahydrat	6,0%
Mikropartikel	79,7%
Summe	100,0%

[0054] Bei dem Antifrostmittel handelt es sich um Glycerin, reinst, 87%. Es dient dazu die Bildung von großen Eiskristallen beim Einfrieren des Schlickers zu verhindern.

[0055] Als Dispergator wird Polyacrylsäure verwendet, die unter dem Handelsnamen Dolapix PC21® C erhältlich ist.

[0056] Als Entschäumer wird eine Kombination aus Parafinöl, Fettsäuren und Fettalkoholen verwendet, die unter dem Handelsnamen Contraspum K1012® C erhältlich ist.

[0057] Als Mikropartikeln werden Zirkonsilikat-Partikeln verwendet. Die mittlere Partikelgröße beträgt circa 23 µm (Handelsname: Zircon 200 mesh).

[0058] Kurz vor dem Ende der Mischzeit werden der Mischung noch 2 Tropfen Entschäumer pro 1 Kg Schlicker beigemischt.

[0059] Der fertige Schlicker weist eine Dichte von 2,8 g/cm³ sowie einen Feststoffgehalt von 52 Volumenprozent auf. Er wird in ständiger Bewegung, beispielsweise rührend oder rollend gelagert.

[0060] Der bereitgestellte Schlicker wird in eine Wachsspritze gefüllt, an die 2 Bar Druck angelegt werden. Die Wachsspritze wird an die Einlassöffnung der vorgekühlten Urform angesetzt. Dabei wird ein Ventil an der Spritzenspitze automatisch geöffnet und die Urform wird innerhalb von wenigen Sekunden mit dem Schlicker befüllt. Die Spritze wird abgenommen. Der Schlicker friert in knapp einer Minute vollständig ein, wobei der Expansionsdruck des gefrierenden Wassers durch die Einlassöffnung entweicht.

[0061] Anschließend erfolgt das Herauslösen des grünen Formkerns aus der Urform. Dazu werden zunächst die Aluminiumsegmente zerlegt und von dem grünen Formkern abgezogen.

[0062] Für das Gefriertrocknen wird eine handelsübliche Gefriertrocknungsanlage bereitgestellt. Die Anlage wird vor dem Einsetzen des gefrorenen, noch feuchten grünen Formkerns vorgekühlt. Dabei wird die Stellfläche für den Formkern auf circa -30 °C, und ein Kondensator (als erforderliche Kältesenke zum Auskondensieren des erzeugten Wasserdampfs) auf circa -80 °C vorgekühlt.

[0063] Für das Gefriertrocknen wird ein formkernspezifisches und schlickerspezifisches Trocknungsprogramm durchlaufen: Für das Beispiel aus vorstehend beschriebenem Schlicker wird der Druck auf circa 0,3 bis 0,5 Pa (ca. 3-5 mTorr) gesenkt (Grundsätzlich muss der Druck unter dem Tripelpunkt des Wassers bei circa 0,6 Pa liegen und bei einem Gefrierpunkt des Schlickers unter den von Wasser entsprechend abgesenkt werden). Während der Gefriertrocknung wird die Stellfläche des Formkerns konstant auf circa -15 °C "geheizt", um die bei der Trocknung abgegebene Sublimationswärme zu kompensieren, die ansonsten den Formkern stark abkühlen und den Trocknungsvorgang verlangsamen würde.

[0064] Nach dem Gefriertrocknen wird der grüne Formkern gewogen und in einem Trockenschrank in einem Zeitraum von circa 30 Minuten auf circa 60 °C aufgeheizt und für circa 60 Minuten bei dieser Temperatur nach-

getrocknet. Danach wird der grüne Formkern erneut gewogen. Dies erfolgt vorwiegend aus Gründen der Qualitätssicherung, da eine unvollständige Gefrier Trocknung Schrumpfungsrisse und Inhomogenitäten bei einer Nach Trocknung unter Raumtemperatur nach sich ziehen kann. Üblicherweise ist die gemessene Gewichts differenz jedoch vernachlässigbar und eher als (entbehrlicher) Qualitätsnachweis der Gefrier Trocknung anzusehen.

[0065] Danach wird der grüne Formkern ausgeheizt und gesintert. Dazu wird er mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 150 °C/h auf eine Maximaltemperatur von 700 °C aufgeheizt und bei dieser Maximaltemperatur für 30 Minuten belassen. Danach wird er gleichmäßig auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0066] Die meisten organischen Bestandteile verbrennen im Temperaturbereich von 200 bis 300 °C. Die dabei entstehenden Ausgasungen werden abgesaugt. Das Kristallwasser wird bereits bei 350 °C weitestgehend ausgetrieben. Ummauch verbleibende Reste vollständig auszutreiben wird bis auf ca. 500 °C erwärmt.

[0067] Der stabile Formkern wird in Form (Gießtraube) eingesetzt und diese mit einer metallischen Schmelze befüllt. Nach dem Guss kann der Formkern durch einfache Wasserzugabe aufgelöst und ausgeschwemmt werden.

[0068] Der erfindungsgemäße Formkern und das erfindungsgemäße Verfahren sowie die Urform zu seiner Herstellung erweisen sich in der Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Beispiels als besonders geeignet für den metallischen Guss, insbesondere für den Aluminium-Feinguss, in der Automobilindustrie.

[0069] Insbesondere können so erhebliche Vorteile bezüglich der Qualität innerer Oberflächen erzielt werden.

[0070] Die Erfindung ist nicht nur auf das zuvor geschilderte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

[0071] So ist zum Beispiel denkbar, dass anstelle der Mikropartikel aus Zirkonsilikat solche aus SiO_2 , Al_2O_3 und/oder SiC verwendet werden.

[0072] Anstelle des Antifrostmittels Glycerin kann auch Gelatine, Agar Agar, Agarose oder Ethylenglycol Verwendung finden.

Patentansprüche

1. Zerstörbarer Formkern für den metallischen Guss, enthaltend keramische Mikropartikel, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mikropartikel durch Salz miteinander verbunden sind.

2. Formkern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Salz

- eine Wasserlöslichkeit von mindestens 100 g Salz pro 1 L Wasser aufweist, und/oder
- einen Schmelzpunkt von über 700 °C, vorzugsweise über 800 °C, aufweist, und/oder
- eine stangen- oder plattenartige Kristallform aufweist.

3. Formkern nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Salz aus einem Salz der Gruppe der Sulfate, vorzugsweise der Na-, Mg- oder Cu-Sulfate, insbesondere aus Magnesiumsulfat-Heptahydrat, besteht.

4. Verfahren zur Herstellung eines zerstörbaren Formkerns für den metallischen Guss mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Urform,
 - Bereitstellen eines Schlickers, enthaltend keramische Mikropartikel,
 - Befüllen der Urform mit dem Schlicker,
 - Gefrieren des Schlickers zum grünen Formkern,
 - Herauslösen des grünen Formkerns aus der Urform,
 - Gefrier Trocknen des grünen Formkerns,
 - Erwärmen des grünen Formkerns,
- dadurch gekennzeichnet, dass Schlicker verwendet wird, der auf einer Salzlösung basiert.

5. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach Anspruch 4

dadurch gekennzeichnet,
dass der Schlicker

- einen Salzgehalt von 1 bis 10 Gewichtsprozent, vorzugsweise von 4 bis 8 Gewichtsprozent, aufweist und/oder
- auf einer wässrigen Salzlösung basiert.

6. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Urform gekühlt wird, vorzugsweise auf eine Temperatur zwischen -80°C und -15°C , insbesondere -60°C .

7. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen eine Maximaltemperatur zwischen 500 und 900°C , vorzugsweise 700°C , erreicht, dass die Maximaltemperatur 20 bis 120 Minuten, vorzugsweise 30 Minuten, konstant gehalten wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Maximaltemperatur durch einen kontinuierlichen, vorzugsweise linearen Temperaturanstieg zwischen 50 und 300°C/h , vorzugsweise 150°C/h , erreicht wird.

9. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern nach dem Erwärmen mit einer wasserdichten Beschichtung versehen wird.

10. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbringen der Beschichtung durch Besprühen oder Bestreichen oder Eintauchen erfolgt.

11. Urform zur Herstellung eines zerstörbaren Formkerns für den metallischen Guss nach einem Schlickergussverfahren dadurch gekennzeichnet, dass die Urform eine Kühlvorrichtung aufweist.

12. Urform nach Anspruch 11 dadurch gekennzeichnet, dass die Urform eine Einlassöffnung aufweist, deren Durchmesser mindestens der durchschnittlichen Dicke des Formkerns entspricht.

13. Verwendung eines zerstörbaren Formkerns nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3 für den Guss von Bauteilen für Verbrennungskraftmaschinen aus Stählen oder Leichtmetall.

14. Verwendung eines zerstörbaren Formkerns nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3 zur Herstellung von aus mehreren Teilen zusammengesetzten keramischen Gussformen.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen