



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 019 699 B3 2007.01.04**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 019 699.3**

(22) Anmeldetag: **28.04.2005**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **04.01.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B22C 7/00 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:

**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Shen, Jialin, Dr.-Ing., 89182 Bernstadt, DE; Xu, Zheng, 45892 Gelsenkirchen, DE**

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

**US 57 87 965 A**

**WO 2004/1 12 988 A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Metallsalz-Partikeln, sowie damit hergestellter Gegenstand**

(57) Zusammenfassung: Generative Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Partikeln werden zunehmend zur Herstellung von Gussformen und Gusskernen eingesetzt. Dabei wird die Gussform aus Sandpartikeln aufgebaut, die mittels Bindermaterialien verbunden werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein alternatives schichtaufbauendes Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes anzugeben, welches ausreichende Gussfestigkeit erreicht, ohne beim Gießen durch Ausgasen von Bindermaterial nicht tolerierbare Qualitätseinbußen zu bewirken.

Diese Aufgabe wird durch die Verwendung von Partikeln, die aus ein- oder mehrwertigem, wasser- und/oder alkohol-löslichem Metallsalz bestehen, gelöst.

**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Metallsalz-Partikeln sowie einen damit hergestellten Gegenstand. Ein ähnliches Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Sand-Partikeln ist z.B. aus der WO2004/112988 A2 bekannt.

**[0002]** Generative Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Partikeln werden zunehmend zur Herstellung von Gussformen und Gusskernen eingesetzt. Dabei wird die Gussform aus Sandpartikeln aufgebaut, die mittels Bindematerialien verbunden werden. Üblicherweise werden organische Binder eingesetzt. Diese zerfallen aufgrund der Hitzeeinwirkung beim Gießen, wodurch die Qualität des hergestellten Bauteils beeinträchtigt werden kann. Deshalb wird in der WO2004/112988 A2 vorgeschlagen, die Sandpartikeln mit Salzkristallbindematerial und/oder Proteinbindematerial zu verbinden. Dazu sollen die Sandpartikeln mit einer Binderlösung bedruckt werden oder mit Binder beschichtete Sandpartikeln mit einem Lösungsmittel bedruckt werden.

**[0003]** In der US-Patentschrift 5,787,965 wird ein generatives Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Partikeln vorgestellt, bei dem das Partikelmaterial zunächst geschmolzen wird und dann in Tropfenform schichtweise auf eine Zielfläche aufgebracht und zu einem Gegenstand verbunden wird. Dabei kann auch Salz als nicht-zu verbindendes Unterstützungsmaterial eingesetzt werden, welches das gegenstandsbildende Partikelmaterial begrenzt.

## Aufgabenstellung

**[0004]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein alternatives schichtaufbauendes Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes sowie einen damit hergestellten Gegenstand anzugeben, welche ausreichende Gussfestigkeit erreichen, ohne beim Gießen durch Ausgasen von Bindematerial nicht tolerierbare Qualitätseinbußen zu bewirken.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die Verwendung von Partikeln, die aus ein- oder mehrwertigem, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalz bestehen, gelöst.

**[0006]** Dabei weist das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes folgende Schritte auf:

- Auftragen einer Schicht aus Partikeln, die aus

mindestens einem ein- oder mehrwertigen, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalz bestehen, auf eine Zielfläche,

- Bestrahlen eines ausgewählten Teils der Schicht, entsprechend einem Querschnitt des Gegenstandes, mit einem Flüssigkeitsstrahl, der Wasser und/oder Alkohol enthält, so dass die Partikeln im ausgewählten Teil verbunden werden,
- Wiederholen der Schritte des Auftragens und des Bestrahls für eine Mehrzahl von Schichten, so dass die verbundenen Teile der benachbarten Schichten sich verbinden, um den Gegenstand zu bilden.

**[0007]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also im Gegensatz zur WO2004/112988 A2 vollständig auf Sandpartikeln verzichtet, die dort das wesentliche strukturbildende Element darstellen. Überraschend hat sich nämlich gezeigt, dass Partikeln aus ein- oder mehrwertigen, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalzen nach entsprechender Bestrahlung bereits ausreichende Strukturfestigkeit ausbilden können, um den Anforderungen einer Vielzahl von Gussanwendungen zu genügen.

**[0008]** Darüber hinaus bietet die Wasser- und/oder Alkohollöslichkeit der gesamten Partikel im Gegensatz zu einer entsprechenden Löslichkeit lediglich eines geringen Binderanteils den Vorteil, dass die Lösungsmitteldrift in das umgebende Partikelbett vermindert oder gar gänzlich verhindert wird, woraus eine wesentlich schärfere Abgrenzung von bestrahlten und unbestrahlten Bereichen resultiert und somit evtl. Nachbearbeitungsaufwand erheblich reduziert wird.

**[0009]** Vorteilhaft ist die Verwendung von niederen Alkoholen (Kettenlänge  $\leq 4$ ), da sie einfacher zu handhaben sind, insbesondere Ethanol wegen seiner besseren Umweltverträglichkeit.

**[0010]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist mindestens ein Metallsalz Kristallwasser und/oder mindestens ein Metallsalz kondensierbare Anionen auf.

**[0011]** Metallsalze mit Kristallwasser zeichnen sich durch gute Wasserlöslichkeit aus, z.B. NaCl, CuSO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> oder K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**[0012]** Metallsalze mit kondensierbare Anionen (z.B. mit OH- oder Ethanol-Gruppen) zeichnen sich durch erhöhte Braunfestigkeit aus, z.B. Al(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>(HPO<sub>4</sub>) oder Na<sub>3</sub>(HPO<sub>4</sub>). Zunächst nehmen sie Lösungsmittel auf und zeigen eine gute Grünfestigkeit. Bei Erwärmung erfolgt eine Kondensationsreaktion, deren Reaktionsprodukte ausgasen und beim Guss fehlerhafte Oberflächen oder Gaseinschlüsse bewirken könnten.

**[0013]** Daher ist – ebenso wie bei den Metallsalzen mit Kristallwasser – zunächst eine Entfernung des Lösungsmittels durch Erwärmung erforderlich, aus welcher der Braunkörper resultiert.

**[0014]** Die Kondensationsreaktion lässt sich durch Anwesenheit von Oxiden (z.B. CuO, Cu<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO) oder Hydroxiden (z.B. Al(OH)<sub>3</sub>) beschleunigen.

**[0015]** Na<sub>2</sub>(HPO<sub>4</sub>) oder Na<sub>3</sub>(HPO<sub>4</sub>) sind wasser- und alkohol-löslich.

**[0016]** Vorteilhaft ist es auch, Zusätze zur Modifizierung der Oberflächenspannung der Schmelze den Partikeln beizugeben, z.B. Kalziumphosphatsalz, welches die Oberflächenspannung einer Aluminiumschmelze erhöht und dadurch für eine glatte Oberfläche der Gussteile sorgt.

**[0017]** Ein Gegenstand aus miteinander verbundenen Partikeln aus mindestens einem ein- oder mehrwertigen, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalz, der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens aus einzelnen Schichten hergestellt wurde, eignet sich besonders für den Einsatz als Gießform oder Gießkern oder auch als Werkzeug oder Einlegeteil für die Kunststoff- oder Keramik-Formgebung.

**[0018]** Insbesondere Gießkerne oder Einlegeteile lassen sich durch ihre Wasser- und/oder Alkohollöslichkeit leicht durch Bestrahlung mit ihrem Lösungsmittel zerstören und danach entfernen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0019]** Nachfolgend werden anhand eines Ausführungsbeispiels das erfindungsgemäße Verfahren und der damit hergestellte Gegenstand näher erläutert: Mit einer handelsüblichen 3D-Druck-Vorrichtung wird aus einem Gemisch aus NaCl (65 Gew.-%) und MgSO<sub>4</sub> (35 Gew.-%) Partikeln mit Durchmessern zwischen 30 und 100 µm ein Gusskern durch Bestrahlung mit dem Lösungsmittel Wasser nach einem üblichen 3D-Druckverfahren aufgebaut. Die Dicke der einzelnen Druckschichten beträgt circa 125 µm.

**[0020]** Der Gusskern besitzt eine Grünfestigkeit von circa 0,75 MPa. Er wird für circa 2 Stunden bei 400°C erwärmt und weist danach eine Braunfestigkeit von 0,62 MPa auf. Dies reicht für den Einsatz als Gusskern aus. Der Finishing-Aufwand ist gering. Ein einfaches Abblasen des losen Partikelmaterials mit einem schwachen Druckluftstrahl ist ausreichend.

**[0021]** Der Test des auf Raumtemperatur temperierten Gusskerns beim Guss mit der Aluminiumlegierung A356 bei einer Gusstemperatur von 730°C liefert ein gutes Gussergebnis mit guter Oberfläche. Der Kern selbst ist durch Auflösen in Wasser in kurzer Zeit leicht zu entfernen.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren und der damit hergestellte Gusskern erweisen sich in der Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Beispiels als besonders geeignet für den metallischen Guss, insbesondere für den Aluminium-Feinguss, in der Automobilindustrie.

**[0023]** Insbesondere können so erhebliche Vorteile bezüglich der Qualität innerer Oberflächen erzielt werden.

**[0024]** Die Erfindung ist nicht nur auf das zuvor geschilderte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

**[0025]** So kann die Oberflächenqualität z.B. durch den Zusatz von Kalziumphosphatsalz weiter verbessert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes aus Metallsalz aufweisend folgende Schritte:

– Auftragen einer Schicht aus Partikeln, die aus mindestens einem ein- oder mehrwertigen, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalz bestehen, auf eine Zielfläche,

– Bestrahlen eines ausgewählten Teils der Schicht, entsprechend einem Querschnitt des Gegenstandes, mit einem Flüssigkeitsstrahl, der Wasser und/oder Alkohol enthält, so dass die Partikeln im ausgewählten Teil verbunden werden,

– Wiederholen der Schritte des Auftragens und des Bestrahleins für eine Mehrzahl von Schichten, so dass die verbundenen Teile der benachbarten Schichten sich verbinden, um den Gegenstand zu bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Metallsalz Kristallwasser und/oder mindestens ein Metallsalz kondensierbare Anionen aufweist.

3. Gegenstand aus miteinander verbundenen Partikeln aus mindestens einem ein- oder mehrwertigen, wasser- und/oder alkohol-löslichen Metallsalz, hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, aufgebaut aus einzelnen Schichten.

4. Gegenstand nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass er als Gießform oder Gießkern ausgestaltet ist.

5. Gegenstand nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass er als Werkzeug oder Einlegeteil für die Kunststoff- oder Keramik-Formgebung ausgestaltet ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen