



(11) **EP 1 854 568 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.09.2010 Patentblatt 2010/37

(51) Int Cl.:
B22C 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07008963.6**

(22) Anmeldetag: **03.05.2007**

(54) **Verfahren zur Abformung von dreidimensionalen Freiformflächen mit mikrostrukturierten Oberflächen**

Method for casting 3-D freely formable shapes with microstructured surfaces

Procédé de prise d'empreinte de surfaces de forme libre en trois dimensions dotées de surfaces microstructurées

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

(30) Priorität: **09.05.2006 DE 102006021477**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.11.2007 Patentblatt 2007/46

(73) Patentinhaber: **K1 GmbH**
48691 Vreden-Lünten (DE)

(72) Erfinder: **Saueressig, Kilian**
48691 Vreden (DE)

(74) Vertreter: **Tönhardt, Marion**
Forrester & Boehmert
Pettenkoferstrasse 20-22
80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 423 390 EP-A1- 0 184 522
EP-A2- 0 549 981 US-A- 3 605 855
US-A- 6 155 330 US-B1- 6 669 770

EP 1 854 568 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abformen mikrostrukturierter dreidimensionaler Freiformflächen.

[0002] Es sind zahlreiche Möglichkeiten bekannt, mikrostrukturierte dreidimensionale Freiformflächen abzuformen. "Mikrostrukturiert" meint dabei, daß die Freiformfläche Strukturen mit Dimensionsunterschieden kleiner als 1 mm enthält. Bekannt sind beispielsweise die Abformung mittels eines Silikonabgusses oder mit Hilfe einer galvanischen oder chemischen Abformung. Bei chemisch abgeschiedenen Schalen mit großen Wandstärken muß dabei eine besondere Werkstoffauswahl getroffen werden, trotzdem zeigen sich geringe Maßhaltigkeit beim Abformen als auch Verzüge durch Eigenspannungen. Weiter bekannt sind Abformungen von Hartstoffschichten, beispielsweise aus Wolframcarbid, mit Hilfe eines Sinterprozesses. Auch bei diesem Prozeß sind die geringe Maßhaltigkeit und hohe Eigenspannungen, die aus Volumenänderungen beim Sintern herrühren, störend.

[0003] Aus der EP 0 423 390 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Formen und Formschalen, Gießereimodellen, Kernbuchsen und dergleichen mit strukturierter Oberfläche bekannt. Dabei wird zunächst auf das Urmodell, das die gewünschten Oberflächenstrukturen aufweist, eine Schicht aus niedrig schmelzendem Material aufgebracht. Die aufgebrachte selbsttragende Schicht wird durch nichtmetallische Materialien zu einer Zwischenform verstärkt. Anschließend wird die Zwischenform vom Urmodell entformt. Die nun vorliegende Zwischenform weist also eine metallische Seite auf, die auch an ihrer Oberfläche strukturiert ist. Auf diese metallische Seite der Zwischenform wird nun eine Schicht aus einer hochfesten Keramik oder einem anderen hochschmelzenden Werkstoff aufgebracht. Falls die Schicht aus hochschmelzendem Werkstoff nicht selbsttragend ist, kann sie verstärkt werden. Jetzt wird die Schicht aus niedrig schmelzendem metallischem Werkstoff aufgeschmolzen, beispielsweise im Wasserbad, im Ölbad, in einem Ofen oder auch induktiv. Sobald das niedrig schmelzende Material abgeflossen ist bzw. abgeleitet worden ist, ist die Schicht aus hochschmelzendem Werkstoff, die die Endform bildet, von der verbleibenden Verstärkung der Zwischenform getrennt, und die Endform kann entnommen werden.

[0004] Bei dem Verfahren gemäß der EP 0 549 981 A2 wird auf eine mustertragende Urform zunächst ein Trennmittel aufgebracht, das eine wäßrige Lösung von Polyvinylamid oder dergleichen sein kann. Dann wird auf diese Trennmittelschicht eine Schicht aus niedrig schmelzendem Metall aufgetragen, um das Muster der Urform aufzufüllen. Anschließend wird die metallische Schicht mit faserverstärktem Kunststoff verstärkt. Dieser Aufbau bildet die Zwischenform, die das Muster der Urform auf der Schicht aus niedrig schmelzendem Metall abgebildet hat. Im nächsten Schritt wird wiederum ein

Trennmittel aufgetragen, dann wird ein Metall mit hohem Schmelzpunkt, beispielsweise Nickel oder dergleichen, auf die Trennmittelschicht gespritzt, bis das Muster der Zwischenform abgedeckt ist. Schließlich wird wiederum mit glasfaserverstärkten Kunstharzen verstärkt.

[0005] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Abformen mikrostrukturierter dreidimensionaler Freiformflächen zur Verfügung zu stellen, mit dem auch sehr feine Formen präzise abgebildet werden können, wobei eine geometrisch sehr maßhaltige und verschleißfeste und harte Oberfläche erzeugt werden soll. Dabei soll der Prozeß eine hohe Variabilität im Hinblick auf die Materialeigenschaften der Oberflächen zeigen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Abformen mikrostrukturierter dreidimensionaler Freiformflächen weist folgende Schritte auf:

- a) Abformen der mikrostrukturierten dreidimensionalen Freiformfläche mit einem Material mit Trennmittleigenschaft für polymeres Material, um eine Abformung der mikrostrukturierten Oberfläche der Freiformfläche zu erhalten;
- b) Bereitstellen eines Kerns, dessen Oberfläche an die Kontur der Freiformfläche angepaßt ist;
- c) Beschichten der Abformung mit einer Schicht aus polymerem Material mit einer Dicke, die mindestens der Tiefe der Strukturen der mikrostrukturierten Oberfläche entspricht;
- d) Aufsetzen der beschichteten Abformung auf den Kern und Verbinden der Schicht aus polymerem Material mit dem Kern unter externem Druck, so daß sich die beschichtete Abformung an den Kern schmiegt;
- e) Abnehmen der Abformung von dem Kern, wobei die Schicht aus polymerem Material auf dem Kern verbleibt;
- f) gegebenenfalls Aufbringen einer oder mehrerer Schichten homogener Schichtdicke aus metallischem Material auf die freiliegende Schicht aus polymerem Material;
- g) Aufbringen einer Hartstoffschicht, gegebenenfalls bei zwischengeschalteter Schicht oder zwischengeschalteten mehreren weiteren Schichten auf die Schicht aus polymerem Material;
- h) Bereitstellen einer Grundform, deren Kontur im wesentlichen der der freiliegenden Fläche der Hartstoffschicht und/oder einer Verstärkung der Hartstoffschicht entspricht;
- i) Verbinden der sich auf dem Kern befindenden freiliegenden Fläche mit der Grundform bei einer Temperatur, die höher ist als die Zersetzungstemperatur der Schicht aus polymerem Material, dabei Zersetzen der Schicht;
- j) Entfernen der zersetzten Schicht; und

k) gegebenenfalls Abtragen der einen oder der mehreren weiteren Schichten,

so daß die Hartstoffschicht mit mikrostrukturierter Oberfläche freiliegt.

[0008] Bei der Erfindung wird demnach über eine Negativabformung auf einer Polymerschicht eine Positivabformung der zu erzeugenden Oberfläche hergestellt, auf der dann die Schichten für die endgültige Formschale aufgebaut werden. Dabei wird mit sehr formstabilen Kernen, beispielsweise aus spannungsarmen Stählen gearbeitet, die auch mehrmals eingesetzt werden können. Während des gesamten Fertigungsprozesses sorgen sie dafür, daß die Geometrie des Kerns auf die Formschale übertragen wird. Fertigungsunzulänglichkeiten, wie Schrumpfungen, hohe Eigenspannungen, Verformung aufgrund von Eigenspannungen, die bei Silikonabgüssen, Sinterbauteilen, Metallabgüssen usw. regelmäßig auftreten, werden somit vermieden.

[0009] Dabei kann im Schritt g) die Hartstoffschicht chemisch oder galvanisch direkt auf der Schicht aus polymerem Material abgeschieden werden. Eine Alternative ist es, die Hartstoffschicht physikalisch auf der einen oder den mehreren zwischengeschalteten Schichten abzulagern. Dabei können Techniken wie Hochgeschwindigkeitsflamspritzen, Plasmaspritzen, Kerosin-Flamspritzen oder dergleichen angewendet werden. Es ist auch möglich, die Hartstoffschicht physikalisch direkt auf der Schicht aus polymerem Material abzuscheiden. Bevorzugt wird in einer Schutzgasatmosphäre im Vakuum gearbeitet. Der Schichtaufbau im Schritt f) kann das

f1) Aufdampfen einer ersten Schicht mit sehr geringer Schichtdicke aus metallischem Material auf die Schicht aus polymerem Material; und

f2) Verstärken der ersten Schicht durch eine zweite Schicht mit homogener Schichtdicke umfassen. Dabei kann die zweite Schicht chemisch, galvanisch oder physikalisch abgeschieden werden.

[0010] Gegebenenfalls kann nach dem Schritt f) eine Sperrschicht, die chemisch oder galvanisch nicht angegriffen wird, auf die Schichten aus metallischem Material aufgebracht werden. Die Sperrschicht kann entfallen, wenn für die Hartstoffschicht ein Material eingesetzt wird, das galvanisch oder chemisch nicht angegriffen wird, wenn später beim Erzeugen der endgültigen Oberfläche die erste und zweite Schicht wieder abgetragen werden.

[0011] Anschließend an den Schritt g) kann die Hartstoffschicht galvanisch oder chemisch verstärkt werden.

[0012] Sodann ist es in der Regel zweckmäßig, die Hartstoffschicht und/oder ihre Verstärkung auf der mikrostrukturierten Oberfläche gegenüberliegenden freiliegenden Fläche spanend zu bearbeiten, um eine Schale mit definierter Kontur ihrer Oberfläche zu erzeugen.

[0013] Mögliche Verbindungstechniken im Schritt i) umfassen das Verkleben, wobei das Klebmittel eine höhere Zersetzungstemperatur als das polymere Material

der Schicht hat, das Verlöten unter Druck sowie das Versintern.

[0014] Eine alternative Vorgehensweise ist, im Schritt i) zum Verbinden der freiliegenden Fläche mit der Grundform

- die Grundform vollständig in ein Bad aus bei niedriger Temperatur schmelzendem Metall, beispielsweise Zinn, einzutauchen;
- der Kern mit der freiliegenden Fläche in die Grundform zu drücken;
- das geschmolzene Metall aus dem Bad zu entfernen; und
- die Grundform und der Kern unter hohem Druck für einige Stunden auf einer Temperatur zu halten, die niedriger ist als die Schmelztemperatur der Grundform und der Schale.

[0015] Nach dem Eindrücken des Kerns in die Grundform besteht zwischen diesen nun entweder direkter Kontakt, oder aber es befindet sich geschmolzenes Metall zwischen Grundform und Schale. Das geschmolzene Metall wird nun aus dem Bad entfernt. Durch das anschließende Ruhenlassen der Anordnung unter hohem Druck und einer geeigneten Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur von Schale und Grundform kann überflüssiges geschmolzenes Metall zwischen Schale und Kern entweichen, und es können Diffusionsvorgänge stattfinden, so daß eine gute Verbindung zwischen Grundform und Schale entsteht. Das geschmolzene Metall dient dabei als eine Diffusionsbrücke, in der der Austausch von Atomen zwischen Grundform und Schale erleichtert wird.

[0016] Eine weitere Möglichkeit, die freiliegende Fläche der Schale mit der Grundform zu verbinden, besteht darin, diese und/oder die Grundform chemisch, galvanisch oder physikalisch zu beschichten und dann unter hohem Druck und einer Temperatur, die geringer ist als die Schmelztemperatur von Grundform oder Schale, zu verpressen.

[0017] Zum Reduzieren von Spannungen kann die Schale vor dem Schritt i) heißisostatisch gepreßt werden.

[0018] Als polymeres Material kann beispielsweise Epoxydharz eingesetzt werden, das weiter bevorzugt ein keramisches Füllmittel enthält. Je nach Zusammensetzung können sowohl die thermische Zersetzungstemperatur als auch die Trenneigenschaften gesteuert werden. Insbesondere können Fertigungsungenauigkeiten beim Stahlkern und der Schale durch die polymere Schicht ausgeglichen werden.

[0019] Als metallisches Material für die erste und zweite Schicht kann Kupfer eingesetzt werden, als Material für die Sperrschicht Silber. Die Hartstoffschicht kann aus Nickel bestehen, bevorzugt sind Nitride, Carbide oder Carbonitride von Titan und Aluminium oder Mischungen daraus.

[0020] Die erste Schicht wird bevorzugt mit einer Dicke kleiner als 10 µm aufgedampft, die zweite Schicht kann

mit einer Dicke im Bereich zwischen 50 μm und 150 μm aufgebracht werden.

[0021] Für die Sperrschicht liegt der bevorzugte Bereich für die Dicke zwischen 3 μm und 8 μm . Die genauen Bemaßungen richten sich nach der Feinheit der Mikrostrukturen, die abgebildet werden sollen.

[0022] Für die Hartstoffschicht hat sich eine Dicke im Bereich zwischen 100 μm und 1000 μm als zweckmäßig erwiesen.

[0023] Im folgenden soll die Erfindung lediglich beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt dabei das erfindungsgemäße Verfahren in einer bevorzugten Ausführungsform, wobei

Figur 1 die Abformung einer Urform mit einer mikrostrukturierten dreidimensionalen Freiformfläche über eine Silikonabformung zeigt und die Schritte a) bis d) veranschaulicht;

Figur 2 den Schritt e) veranschaulicht;

Figur 3 die Schritte f) und g) veranschaulicht;

Figur 4 einen Kern mit dem so erhaltenen Schichtaufbau zeigt;

Figur 5 die Schale mit definierter Oberflächenkontur veranschaulicht;

Figur 6 die Schritte h) bis k) veranschaulicht; und

Figur 7 das fertige Werkzeug zeigt.

[0024] In Figur 1 ist eine Silikonabformung 10 gezeigt, welche die von einer Urform abgenommene mikrostrukturierte Oberfläche 12 aufweist. Anstelle von Silikon kann auch ein anderes geeignetes Material mit Trennmitteligenschaft gewählt werden. Es wird sodann ein Kern 30 bereitgestellt, welcher eine Kontur aufweist, die zur Kontur der dreidimensionalen Freiformfläche passend gefräst ist. Die Silikonabformung 10 wird nun mit einer dünnen Schicht 20 aus polymerem Material beschichtet und auf den Kern 30 aufgesetzt. Die Schicht 20 aus polymerem Material wird dann mit dem Kern 30 verbunden. Anschließend wird die Silikonabformung 10 abgenommen.

[0025] Figur 2 zeigt, wie dann die auf dem Kern 30 verbliebene polymere Schicht 20 die mikrostrukturierte Oberfläche 14 mit dem positiven Muster der Urform aufweist. Auf der Oberfläche 14 der polymeren Schicht 20 wird nun die endgültige Form aufgebaut.

[0026] Zunächst wird, wie in Figur 3 gezeigt, auf die auf dem Kern 30 sitzende Schicht 20 aus polymerem Material eine dünne Schicht 42 aus Kupfer in einer Dicke von beispielsweise 5 μm aufgedampft und anschließend eine zweite Schicht 44, wiederum aus Kupfer, vorzugsweise über einen chemischen, galvanischen oder physikalischen Abscheidungsprozess homogen aufgetragen. Da-

bei beträgt die Dicke der zweiten Schicht 44 beispielsweise 100 μm , so daß für eine Verstärkung der dünnen ersten Schicht 42 gesorgt ist. In einem weiteren Schritt wird eine Sperrschicht 46, beispielsweise aus Silber, mit einer Dicke von 5 μm aufgebracht. Die Sperrschicht 46 soll bei einem späteren galvanischen oder chemischen Abtrag der Schichten 42, 44 die nun folgende Hartstoffschicht 50 schützen. Wird daher für die Hartstoffschicht 50 ein Material gewählt, das galvanisch oder chemisch nicht angegriffen wird, kann die Sperrschicht 46 entfallen. Die Dicke der Hartstoffschicht 50, die beispielsweise mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, Plasmaspritzen, Kerosin-Flammspritzen oder dergleichen auf die Sperrschicht 46 aufgebracht worden ist, hat eine Schichtdicke, die vorzugsweise bei 100 μm bis 1000 μm liegt. Die Hartstoffschicht 50 kann, falls erforderlich, mit einer Verstärkungsschicht 52 versehen werden.

[0027] Figur 4 zeigt das Ergebnis. Der Schichtaufbau 42, 44, 46, 50, 52 bildet eine Schale 60, die auf der Schicht 20 aus polymerem Material aufgebaut ist. Durch die spanende Bearbeitung wird die freiliegende Seite der Schale 60 mit einer definierten Kontur versehen. Das Ergebnis ist in Figur 5 gezeigt.

[0028] Figur 6 zeigt den Prozeß des Verbindens der Schale 60 mit Polymerschicht 20 und Kern 30 mit einer Grundform 70, die bevorzugt aus Stahl besteht. Das Verbinden wird beispielhaft mit Bezug auf einen Lötvorgang beschrieben, andere Verbindungstechniken sind möglich.

[0029] Das Einlöten erfolgt bei einer Temperatur, bei der sich die Schicht 20 aus polymerem Material zersetzt. Wenn beispielsweise Zinnlot verwendet wird, ist eine geeignete Temperatur 400 °C, so daß, bei Aufbringen von Druck in Richtung der Pfeile F Verzüge eliminiert werden und guter Kontakt zwischen der Schale 60 und der Grundform 70 entsteht. Der Spalt zwischen Schale 60 und Grundform 70 kann somit minimiert werden, so daß nahezu kein Lot zwischen Schale 60 und Grundform 70 als eigenständige Schicht verbleibt. Das Lot diffundiert dabei praktisch vollständig in die Schale 60 und die Grundform 70 ein. Die zersetzte Schicht 20 kann über einen Sandstrahlprozeß oder einen anderen Reinigungsprozeß entfernt werden. Anschließend werden die Kupferschichten 42, 44 (Figur 3) durch einen Ätzprozeß abgetragen, so daß die Sperrschicht 46 (Figur 3) frei liegt. Diese Sperrschicht 46 kann nun im Produktionsprozeß, beispielsweise Abformung im Spritzguß, über Abrasion oder durch einen schonenden Sandstrahlprozeß entfernt werden, so daß die darunter liegende Hartstoffschicht 50 zum Vorschein kommt.

[0030] Figur 7 zeigt die fertige Endform mit Grundform 70, Schale 60 und strukturierter Oberfläche 12 der Hartstoffschicht 50 bzw. 52.

[0031] Mit der Erfindung können Werkzeuge für Stichtiefdruckformen, Spritzguß, Prägung und weitere Anwendungen hergestellt werden.

[0032] Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merk-

male der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abformen mikrostrukturierter dreidimensionaler Freiformflächen, mit den Schritten:

- a) Abformen der mikrostrukturierten dreidimensionalen Freiformfläche mit einem Material mit Trennmittleigenschaft für polymeres Material, um eine Abformung (10) der mikrostrukturierten Oberfläche (12) der Freiformfläche zu erhalten;
- b) Bereitstellen eines Kerns (30), dessen Oberfläche an die Kontur der Freiformfläche angepaßt ist;
- c) Beschichten der Abformung (10) mit einer Schicht (20) aus polymerem Material mit einer Dicke, die mindestens der Tiefe der Strukturen der mikrostrukturierten Oberfläche (12) entspricht;
- d) Aufsetzen der beschichteten Abformung (10) auf den Kern (30) und Verbinden der Schicht (20) aus polymerem Material mit dem Kern (30) unter externem Druck, so daß sich die beschichtete Abformung an den Kern (30) schmiegt;
- e) Abnehmen der Abformung (10) von dem Kern (30), wobei die Schicht (20) aus polymerem Material auf dem Kern (30) verbleibt;
- f) gegebenenfalls Aufbringen einer oder mehrerer Schichten (42, 44, 46) homogener Schichtdicke aus metallischem Material auf die freiliegende Schicht (20) aus polymerem Material;
- g) Aufbringen einer Hartstoffschicht (50), gegebenenfalls bei zwischengeschalteter Schicht oder zwischengeschalteten mehreren weiteren Schichten (42, 44, 46) auf die Schicht (20) aus polymerem Material;
- h) Bereitstellen einer Grundform (70), deren Kontur im wesentlichen der der freiliegenden Fläche (62) der Hartstoffschicht (50) und/oder einer Verstärkung (52) der Hartstoffschicht (50) entspricht;
- i) Verbinden der sich auf dem Kern befindenden freiliegenden Fläche (62) mit der Grundform (70) bei einer Temperatur, die höher ist als die Zersetzungstemperatur der Schicht (20) aus polymerem Material, dabei Zersetzen der Schicht (20);
- j) Entfernen der zersetzten Schicht (20); und
- k) gegebenenfalls Abtragen der einen oder der mehreren weiteren Schichten (42, 44, 46);

so daß die Hartstoffschicht (50) mit mikrostrukturierter Oberfläche (12) freiliegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt g) die Hartstoffschicht (50) chemisch oder galvanisch direkt auf der Schicht (20) aus polymerem Material abgeschieden wird.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt g) die Hartstoffschicht (50) physikalisch auf der einen oder den mehreren zwischengeschalteten Schichten (42, 44, 46) abgelagert wird.

10

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Hartstoffschicht (50) durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, Plasmaspritzen, Kerosin-Flammspritzen oder anderen Spritztechniken abgelagert wird.

15

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt g) die Hartstoffschicht (50) physikalisch direkt auf der Schicht (20) aus polymerem Material abgeschieden wird.

20

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt g) die Hartstoffschicht (50) in einer Schutzgasatmosphäre oder im Vakuum aufgebracht wird.

25

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt f) aufweist:

f1) Aufdampfen einer ersten Schicht (42) mit sehr geringer Schichtdicke aus metallischem Material auf die Schicht (20) aus polymerem Material;

30

f2) Verstärken der ersten Schicht (42) durch eine zweite Schicht (44) mit homogener Schichtdicke.

35

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Schicht (44) chemisch, galvanisch oder physikalisch abgeschieden wird.

40

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem nach dem Schritt f) eine Sperrschicht (46), die chemisch oder galvanisch nicht angegriffen wird, auf die Schichten (42, 44) aus metallischem Material aufgebracht wird.

45

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Hartstoffschicht (50) anschließend an den Schritt g) galvanisch oder chemisch verstärkt wird.

50

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Hartstoffschicht (50) und/oder ihre Verstärkung (52) auf der der mikrostrukturierten Oberfläche (12) gegenüberliegenden freiliegenden Fläche (62) spanend bearbeitet werden, um eine Schale (60) mit definierter Kontur ihrer Oberfläche (62) zu erzeugen.

55

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem im Schritt i) die freiliegende Fläche (62) mit der

- Grundform (70) verklebt wird, wobei das Klebmittel eine höhere Zersetzungstemperatur als das polymere Material der Schicht (20) hat.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem im Schritt i) die freiliegende Fläche (62) mit der Grundform (70) unter Druck verlötet wird. 5
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem im Schritt i) die freiliegende Fläche (62) mit der Grundform (70) versintert wird. 10
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem im Schritt i) zum Verbinden der freiliegenden Fläche (62) mit der Grundform (70) 15
- die Grundform (70) vollständig in ein Bad aus bei niedriger Temperatur schmelzendem Metall eingetaucht wird;
 - der Kern (30) mit der freiliegenden Fläche (62) in die Form gedrückt wird; 20
 - das geschmolzene Metall aus dem Bad entfernt wird; und
 - die Grundform (70) und der Kern (30) unter hohem Druck für einige Stunden auf einer Temperatur gehalten werden, die niedriger ist als die Schmelztemperatur der Grundform (70) und der Schale (60). 25
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem im Schritt i) zum Verbinden der freiliegenden Fläche (62) mit der Grundform (70) 30
- die freiliegende Fläche (62) und/oder die Grundform (70) chemisch, galvanisch oder physikalisch beschichtet werden; und 35
 - die Schale (60) und die Grundform (70) bei einer Temperatur, die niedriger ist als die Schmelztemperatur der Grundform (70) und der Schale (60), unter Druck verpreßt werden. 40
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die Schale (60) vor dem Schritt i) zum Reduzieren von Spannungen heißisostatisch gepreßt wird. 45
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem als polymeres Material Epoxydharz, das vorzugsweise ein keramisches Füllmittel enthält, eingesetzt wird. 50
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem als metallisches Material für die erste und zweite Schicht (42, 44) Kupfer eingesetzt wird. 55
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem als Material für die Sperrschicht (46) Silber eingesetzt wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem als Material für die Hartstoffschicht (50) Nickel, Nitride, Carbide, Carbonitride von Titan, Aluminium oder Mischungen daraus eingesetzt werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, bei dem die erste Schicht (42) mit einer Dicke kleiner als 10 µm aufgedampft wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei dem die zweite Schicht (44) mit einer Dicke im Bereich zwischen 50 µm und 150 µm aufgebracht wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei dem die Sperrschicht (46) mit einer Dicke im Bereich zwischen 3 µm und 8 µm aufgebracht wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem die Hartstoffschicht (50) mit einer Dicke im Bereich zwischen 100 µm und 1000 µm aufgebracht wird.

Claims

1. A method for casting microstructured three-dimensional freely formable shapes, comprising the steps of:
- a) casting the microstructured three-dimensional freely formable shape with a material having release agent properties with respect to polymeric material to obtain a cast (10) of the microstructured surface (12) of said freely formable shape;
 - b) providing a core (30), the surface thereof being conformed to the contour of said freely formable shape;
 - c) coating said cast (10) with a layer (20) of polymeric material having a thickness which corresponds at least to the depth of the pattern of said microstructured surface (12);
 - d) placing said coated cast (10) onto said core (30) and combining said layer (20) of polymeric material with said core by application of external pressure, so that said coated cast adapts to said core (30);
 - e) removing said cast (10) from said core (30), said layer (20) of polymeric material remaining on said core (30);
 - f) if applicable, applying one or more layers (42, 44, 46) having homogeneous layer thicknesses made of metal material onto the exposed layer (20) of polymeric material;
 - g) applying a layer (50) of hard material, if applicable with intermediate layer or plural further intermediate layers (42, 44, 46) onto said layer (20) of polymeric material;

- h) providing a basic mold (70), the contour thereof corresponding substantially to that of the exposed surface (62) of said layer (50) of hard material and/or a reinforcement (52) of said layer (50) of hard material;
- i) combining said exposed surface (42) located on said core with said basic mold (70) at a temperature which is higher than the decomposition temperature of said layer (20) of polymeric material, thereby decomposing said layer (20);
- j) removing said decomposed layer (20); and
- k) if applicable, removing said one or said plural further layers (42, 44, 46);
- so that said layer (50) of hard material is exposed with microstructured surface (12).
2. The method of claim 1, wherein in step g) said layer (50) of hard material is directly deposited on said layer (20) of polymeric material chemically or galvanically.
 3. The method of claim 1, wherein in step g) said layer (50) of hard material is physically deposited on said one or said plural intermediate layers (42, 44, 46).
 4. The method of claim 3, wherein said layer (50) of hard material is deposited by high speed flame spraying, plasma spraying, kerosene flame spraying or other spraying techniques.
 5. The method of claim 1, wherein in step g) said layer (50) of hard material is directly deposited on said layer (20) of polymeric material physically.
 6. The method of claim 1, wherein in step g) said layer (50) of hard material is applied in a shielding gas atmosphere or in a vacuum.
 7. The method of claim 1, wherein step f) comprises:
 - f1) evaporating a first layer (42) having very small layer thickness of metal material onto said layer (20) of polymeric material;
 - f2) reinforcing said first layer (42) by a second layer (44) having homogeneous layer thickness.
 8. The method of claim 7, **characterized in that** said second layer (44) is deposited chemically, galvanically or physically.
 9. The method of any of claims 1 to 8, wherein after step f) a stop layer (46), which is attacked neither chemically nor galvanically, is applied onto said layers (42, 44) of metal material.
 10. The method of claim 1, wherein said layer (50) of hard material is reinforced galvanically or chemically subsequent to step g).
 11. The method of any of claims 1 to 10, wherein said layer (50) of hard material and/or its reinforcement (52) are machined on the exposed surface (62) opposite to said microstructured surface (12) to produce a shell (60) having a defined contour of its surface (62).
 12. The method of any of claims 1 to 11, wherein in step i) said exposed surface (62) is bound to said basic mold (70), where the binder has a higher decomposition temperature than the polymer material of said layer (20).
 13. The method of any of claims 1 to 11, wherein in step i) said exposed surface (62) is soldered to said basic mold (70) with application of pressure.
 14. The method of any of claims 1 to 11, wherein in step i) said exposed surface (62) is sintered to said basic mold (70).
 15. The method of any of claims 1 to 11, wherein in step i) for combining said exposed surface (62) with said basic mold (70)
 - said basic mold (70) is completely immersed into a bath comprised of metal melting at a low temperature;
 - said core (30) with its exposed surface (62) is pressed into said mold;
 - the molten metal is removed from said bath; and
 - said basic mold (70) and said core (30) are, with application of high pressure for some hours, maintained at a temperature which is lower than the melting temperature of said basic mold (70) and said shell (60).
 16. The method of any of claims 1 to 11, wherein in step i) for combining said exposed surface (62) with said basic mold (70)
 - said exposed surface (62) and/or said basic mold (70) are coated chemically, galvanically or physically; and
 - said shell (60) and said basic mold (70) are grouted with application of pressure at a temperature which is lower than the melting temperature of said basic mold (70) and said shell (60).
 17. The method of any of claims 1 to 16, wherein said shell (60) is hot-isostatically pressed prior to step i) to reduce stress.
 18. The method of any of claims 1 to 17, wherein epoxy resin, which preferably contains a ceramic filler, is

used as polymeric material.

19. The method of any of claims 1 to 18, wherein copper is used as metal material for said first and second layers (42, 44). 5
20. The method of any of claims 1 to 19, wherein silver is used as material for said stop layer (46).
21. The method of any of claims 1 to 20, wherein nickel, nitrides, carbides, carbonitrides of titanium, aluminium or mixtures thereof are used as material for said layer (50) of hard material. 10
22. The method of any of claims 1 to 21, wherein said first layer (42) is evaporated to have a thickness less than 10 μm . 15
23. The method of any of claims 1 to 22, wherein said second layer (44) is applied to have a thickness in the range between 50 μm and 150 μm . 20
24. The method of any of claims 1 to 23, wherein said stop layer (46) is applied to have a thickness in the range between 3 μm and 8 μm . 25
25. The method of any of claims 1 to 24, wherein said layer (50) of hard material is applied to have a thickness in the range between 100 μm and 1000 μm . 30

Revendications

1. Procédé pour la prise d'une empreinte de surfaces de forme libre en trois dimensions et microstructurées, comprenant les étapes suivantes consistant à:
- a) prendre l'empreinte de la surface de forme libre en trois dimensions et microstructurée à l'aide d'un matériau présentant une propriété d'agent de séparation pour du matériau polymère, afin d'obtenir une empreinte (10) de la surface microstructurée (12) de la surface de forme libre ;
- b) préparer un noyau (30) dont la surface est adaptée au contour de la surface de forme libre ;
- c) revêtir l'empreinte (10) avec une couche (20) d'un matériau polymère présentant une épaisseur qui correspond au moins à la profondeur des structures de la surface (12) microstructurée ;
- d) poser l'empreinte (10) revêtue sur le noyau (30) et pour former une liaison entre la couche (20) de matériau polymère et le noyau (30) sous une pression externe, de sorte que l'empreinte revêtue épouse la forme du noyau (30) ;
- e) enlever l'empreinte (10) du noyau (30), la couche (20) en matériau polymère restant sur le

noyau (30) ;

- f) éventuellement appliquer une ou plusieurs couches (42, 44, 46) de matériau métallique ayant une épaisseur homogène sur la couche (20) dégagée à base de matériau polymère ;
- g) appliquer une couche d'une substance dure (50) sur la couche (20) de matériau polymère, en intercalant éventuellement une couche ou plusieurs autres couches (42, 44, 46) ;
- h) préparer une forme de base (70) dont le contour correspond sensiblement à celui de la surface (62) libérée de la couche de substance dure (50) et/ou d'un renfort (52) de la couche de substance dure (50) ;
- i) former une liaison de la surface (62) dégagée se trouvant sur le noyau avec la forme de base (70) à une température supérieure à la température de décomposition de la couche (20) à base de matériau polymère, avec décomposition simultanée de la couche (20) ;
- j) retirer la couche (20) décomposée ; et
- k) éventuellement enlever une ou plusieurs des autres couches (42, 44, 46) ;

de sorte que la couche de substance dure (50) ayant une surface (12) microstructurée soit dégagée.

2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel, à l'étape g), la couche de substance dure (50) est précipitée par voie chimique ou galvanique directement sur la couche (20) en matériau polymère.
3. Procédé selon la revendication 1, selon lequel, à l'étape g), la couche de substance dure (50) est déposée par voie physique sur la ou les couches (42, 44, 46) intercalées. 35
4. Procédé selon la revendication 3, selon lequel la couche de substance dure (50) est déposée par projection à la flamme à vitesse élevée, projection au plasma, projection à la flamme de kérosène ou d'autres techniques de projection. 40
5. Procédé selon la revendication 1, selon lequel, à l'étape g), la couche de substance dure (50) est déposée par voie physique directement sur la couche (20) à base de matériau polymère. 45
6. Procédé selon la revendication 1, selon lequel, à l'étape g), la couche de substance dure (50) est appliquée sous une atmosphère protectrice ou sous vide. 50
7. Procédé selon la revendication 1, selon lequel l'étape f) comprend :
- f1) la vaporisation d'une première couche (42) à base de matériau métallique avec une très fai-

- ble épaisseur sur la couche (20) à base de matériau polymère ;
f2) le renforcement de la première couche (42) par une seconde couche (44) ayant une épaisseur homogène.
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la seconde couche (44) est précipitée par voie chimique, galvanique ou physique.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, selon lequel, après l'étape f), une couche de barrage (46), qui n'est pas attaquée par voie chimique ou galvanique, est appliquée sur les couches (42, 44) à base de matériau métallique.
10. Procédé selon la revendication 1, selon lequel la couche de substance dure (50) est renforcée après l'étape g) par voie galvanique ou chimique.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, selon lequel la couche de substance dure (50) et/ou son renfort (52) sont usinés par enlèvement de copeaux sur la surface (62) dégagée, opposée à la surface (12) microstructurée, afin de générer une coquille (60) dont la surface (62) a un contour défini.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, à l'étape i), la surface (62) dégagée est collée à la forme de base (70), le moyen adhésif ayant une température de décomposition plus élevée que le matériau polymère de la couche (20).
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, à l'étape i), la surface (62) dégagée est brasée sous pression avec la forme de base (70).
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, à l'étape i), la surface (62) dégagée est frittée avec la forme de base (70).
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, à l'étape i), pour relier la surface (62) dégagée à la forme de base (70),
- la forme de base (70) est immergée complètement dans un bain à base de métal fondant à basse température ;
 - le noyau (30) ayant la surface (62) dégagée est enfoncé dans la forme ;
 - le métal fondu est enlevé du bain ; et
 - la forme de base (70) et le noyau (30) sont maintenus sous pression élevée pendant quelques heures à une température qui est inférieure à la température de fusion de la forme de base
- (70) et de la coquille (60).
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, à l'étape i), pour relier la surface (62) dégagée avec la forme de base (70),
- la surface (62) dégagée et/ou la forme de base (70) sont revêtues par voie chimique, galvanique ou physique ; et
 - la coquille (60) et la forme de base (70) sont comprimées sous pression à une température qui est inférieure à la température de fusion de la forme de base (70) et de la coquille (60).
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, selon lequel la coquille (60) est comprimée de façon isostatique à température élevée avant l'étape i) pour la réduction des tensions.
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, selon lequel on utilise comme matériau polymère de la résine époxy qui contient de préférence une charge céramique.
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, selon lequel on utilise du cuivre comme matériau métallique pour la première et la seconde couches (42, 44).
20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, selon lequel on utilise de l'argent comme matériau pour la couche de barrage (46).
21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, selon lequel on utilise comme matériau pour la couche de substance dure (50) du nickel, un nitrure, un carbure, un carbonitrure de titane, de l'aluminium ou des mélanges de ces produits.
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, selon lequel la première couche (42) est vaporisée avec une épaisseur inférieure à 10 μm .
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, selon lequel la seconde couche (44) est appliquée avec une épaisseur comprise entre 50 μm et 150 μm .
24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, selon lequel la couche de barrage (46) est appliquée avec une épaisseur comprise entre 3 μm et 8 μm .
25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, selon lequel la couche de substance dure (50) est appliquée avec une épaisseur comprise entre 100 μm et 1.000 μm .

Fig. 1

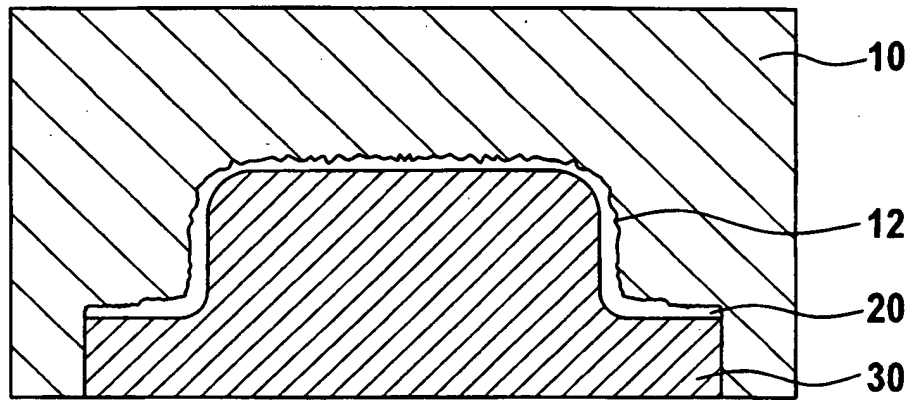


Fig. 2

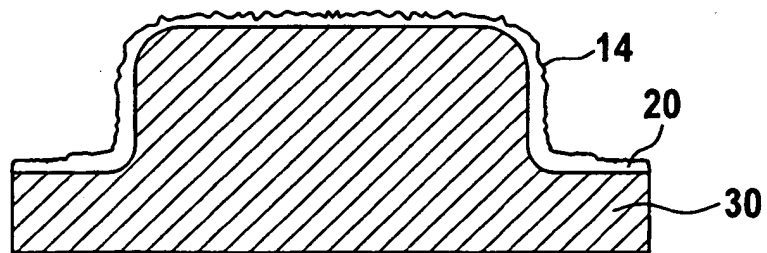


Fig. 3

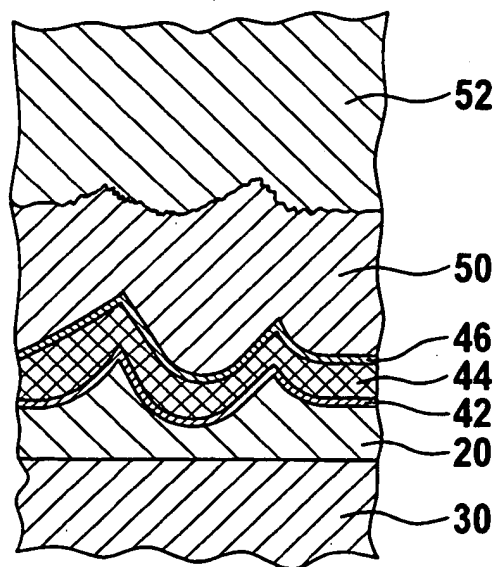


Fig. 4

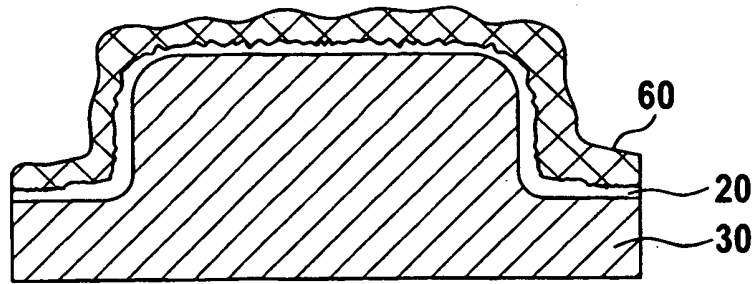


Fig. 5

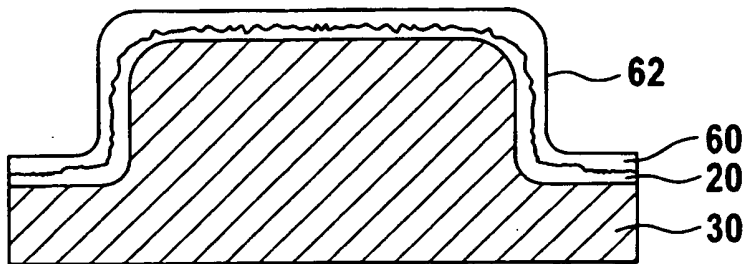


Fig. 6

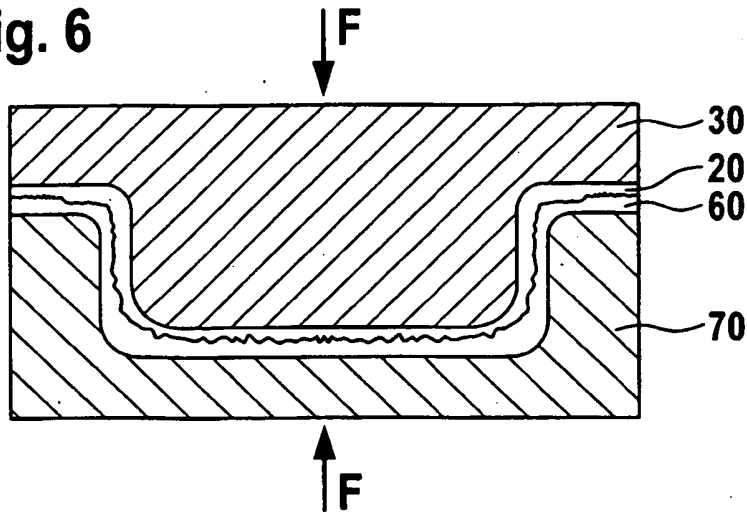
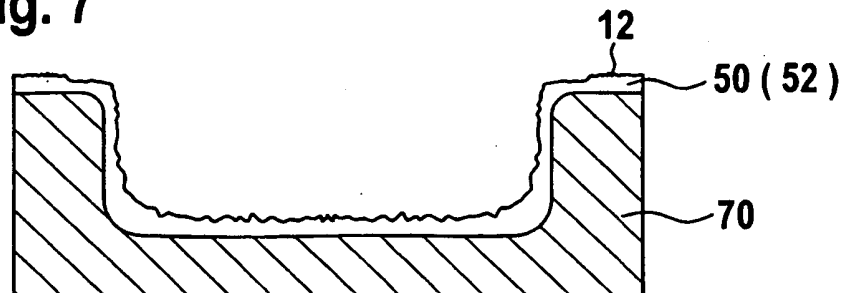


Fig. 7



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

- EP 0423390 A1 [0003]
- EP 0549981 A2 [0004]