



(11) **EP 2 554 708 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.02.2013 Patentblatt 2013/06

(51) Int Cl.:
C23C 4/18 (2006.01) C23C 4/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12178398.9**

(22) Anmeldetag: **28.07.2012**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Ploshikin, Vasily**
95448 Bayreuth (DE)
• **Prihodovsky, Andrey**
95448 Bayreuth (DE)
• **Bleier, Helmut**
95448 Bayreuth (DE)

(30) Priorität: **02.08.2011 EP 11176215**

(71) Anmelder:
• **Neue Materialien Bayreuth GmbH**
95448 Bayreuth (DE)
• **Universität Bremen**
28359 Bremen (DE)

(74) Vertreter: **Lösch, Christoph Ludwig Klaus et al**
Patentanwaltkanzlei LÖSCH
Äussere Bayreuther Strasse 230
90411 Nürnberg (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität (7), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- a) Positionieren mindestens eines Polymerprofils (5) auf einem Substrat (1, 4);
b) Zumindest teilweises Umspritzen des mindestens ei-

nen Polymerprofils (5) mit Metallpartikeln (3) durch ein Verfahren zum thermischen Spritzen;
c) Zumindest teilweises Auslösen des mindestens einen Polymerprofils (5) nach dem Umspritzen;

wobei das mindestens eine Polymerprofil (5) einen Hohlraum (9) aufweist.

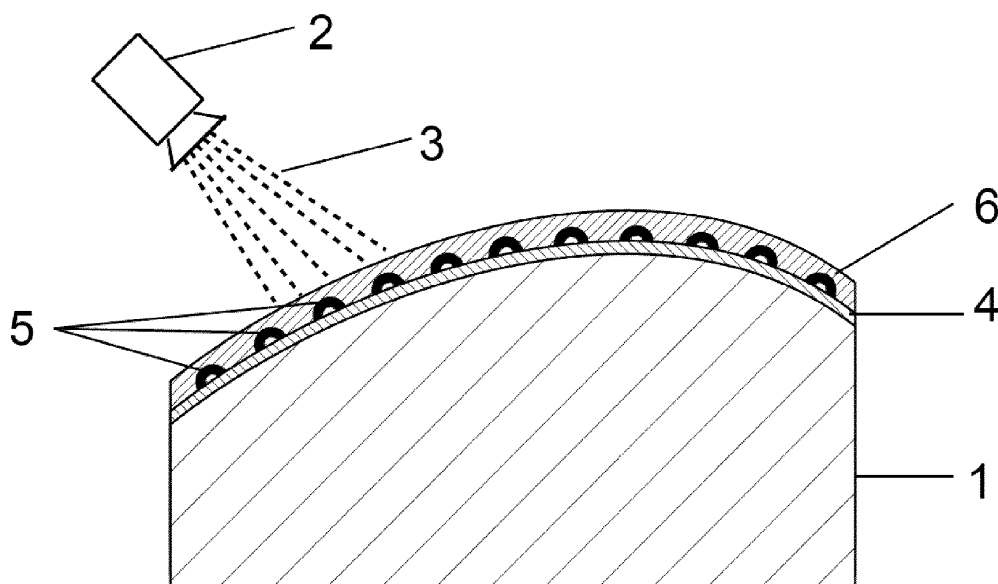


Fig. 4

EP 2 554 708 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität.

[0002] Unter einer Kavität werden hierbei sowohl Hohlräume innerhalb eines metallischen Werkstücks als auch Vertiefungen bzw. Konturen auf der Werkstückoberfläche verstanden. Ist die Kavität als Hohlraum innerhalb des metallischen Werkstücks ausgebildet, so wird darunter kein allseitig abgeschlossener Hohlraum verstanden, sondern ein Hohlraum, der zumindest an einer Stelle mit der Umgebung des metallischen Werkstücks in Verbindung steht (z.B. mittels einer Bohrung, die den Hohlraum mit der äußeren Oberfläche des metallischen Werkstücks verbindet).

[0003] Ein Beispiel für eine Kavität im Sinn der Erfindung stellt etwa ein Kühl- oder Heizkanal in einem metallischen Formwerkzeug dar. Derartige metallische Formwerkzeuge mit integrierten Heiz- bzw. Kühlkanälen werden beispielsweise in der kunststoffverarbeitenden Industrie zur Formgebung von Bauteilen aus Kunststoff eingesetzt. Durch den Einsatz solcher temperierten Werkzeuge kann zum einen eine Verbesserung der Bauteileigenschaften (z.B. Oberflächenqualität) zum anderen eine Senkung der Prozesszeiten erreicht werden. Hierbei ist es wichtig, dass die zur Temperierung in das Formwerkzeug integrierten Heiz- bzw. Kühlkanäle mit möglichst geringem Abstand zur Arbeitsoberfläche des Formwerkzeugs realisiert werden, um somit unnötige Energieverluste und damit eine Verlängerung der Taktzeiten zu vermeiden. Vor allem bei großvolumigen Formwerkzeugen gestaltet sich die Herstellung durch die zunehmende Komplexität der herzustellenden Bauteile, die daraus resultierende Komplexität der erforderlichen Heiz-/Kühlkanäle und die Anforderung, die Heiz-/Kühlkanäle möglichst oberflächennah im Werkzeug zu integrieren als schwierig.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, welches eine einfache und zugleich exakte Erzeugung von mindestens einer Kavität in einem metallischen Werkstück ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 realisiert. Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen realisiert.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität weist folgende Verfahrensschritte auf: a) Positionieren mindestens eines Polymerprofils auf einem Substrat; b) Zumindest teilweises Umspritzen des mindestens einen Polymerprofils mit Metallpartikeln durch ein Verfahren zum thermischen Spritzen; und c) Zumindest teilweises Auslösen des mindestens einen Polymerprofils nach dem Umspritzen. Das mindestens eine Polymerprofil weist mindestens einen Hohlraum auf.

[0007] Unter einem Polymerprofil wird ein Halbzeug aus einem polymeren Werkstoff verstanden. Insbesondere ist das Polymerprofil profilförmig, d.h. mit einem im Wesentlichen gleichförmigen Querschnitt und einer Länge, die bedeutend größer ist als dessen Breite und Dicke, ausgebildet. In vorteilhafter Weise besteht das Polymerprofil aus einem polymeren Werkstoff, der eine Elastizität/Verformbarkeit aufweist, welche ein händisches Verformen des Polymerprofils erlaubt. Dadurch kann die Lage und Abmessung der zu erzeugenden Kavität auf einfache Weise angepasst werden.

[0008] Unter einem Verfahren zum thermischen Spritzen - im Folgenden auch thermisches Spritzverfahren oder thermisches Spritzen genannt - werden Verfahren verstanden, in denen der Spritzwerkstoff ganz oder teilweise aufgeschmolzen wird und in einem Gasstrom in Form von Spritzpartikeln beschleunigt auf die Oberfläche des zu beschichtenden Bauteils geschleudert wird, wo die Partikel erkalten und erstarrten. Unter dem Begriff thermisches Spritzen werden verschiedene Verfahren zusammengefasst, die sich jeweils durch die Art des zum Aufschmelzen des Spritzwerkstoffes verwendeten Energieträgers, durch die erreichbare Teilchengeschwindigkeit sowie die Form des Spritzwerkstoffes unterscheiden. Das beschriebene Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität lässt sich grundsätzlich mit allen gängigen Spritzverfahren (Flammspritzen, Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen, Plasmaspritzen, Laserspritzen, Kaltgasspritzen, Detonationsspritzen, Lichtbogenspritzen) realisieren. In den folgenden Ausführungen wird beispielhaft das Verfahren des sog. Lichtbogenspritzens zugrunde gelegt. Bei diesem Verfahren wird zwischen zwei Drähten aus dem gewünschten, metallischen Werkstoff ein Lichtbogen gezündet, in welchem die Drähte aufgeschmolzen werden. Die dabei entstehenden flüssigen Metalltropfen werden durch einen Luftstrom in Richtung des Substrats beschleunigt, wo sie erstarren und somit eine Schicht aus dem metallischen Werkstoff bilden.

[0009] Erfindungsgemäß erfolgt zumindest ein teilweises Umspritzen des Polymerprofils mit Metallpartikel durch ein Verfahren zum thermischen Spritzen und anschließend ein zumindest teilweises Auslösen des Polymerprofils. Nach dem Auslösen des Polymerprofils bleibt ein Hohlraum im Werkstück bzw. eine Vertiefung an der Werkstückoberfläche zurück. Dieser Hohlraum bzw. diese Vertiefung entsprechen der erzeugten Kavität. Die Lage und die Abmessungen dieser Kavität können durch eine entsprechende Positionierung bzw. durch entsprechende räumliche Abmessungen des Polymerprofils angepasst werden. So ist eine exakte und zugleich einfache Erzeugung der Kavität möglich.

[0010] Durch das Vorhandensein des Hohlraums im Polymerprofil wird das Auslösen vereinfacht bzw. bei relativ langen, schmalen Kavitäten überhaupt erst ermöglicht. Zum Auslösen wird typischerweise ein Auslösemedium (z.B. Lösungsmittel beim chemischen Auslösen oder ein erwärmtes Fluid beim thermischen Auslösen) eingesetzt. Dieses Auslösemedium kontaktiert das Polymerprofil und sorgt auf diese Weise für das Auslösen. Durch das Vorhandensein eines oder mehrere Hohlräume kann das Auslösemedium schneller und weiter in das Polymerprofil eindringen. Es

kommt daher zu einem intensiveren Kontakt zwischen dem Auslösemedium und dem auszulösenden Polymerprofil. Die für das Auslösen benötigte Zeit wird dadurch verringert. Auch wird das auszulösende Materialvolumen verringert, was ein effizientes Auslösen ermöglicht.

5 **[0011]** Unter einem Hohlraum werden Bereiche des Polymerprofils verstanden, die nicht mit dem polymeren Werkstoff, aus dem das Polymerprofil besteht, ausgefüllt sind, sondern eine gasförmige Komponente (z.B. Luft, Treibgas) enthalten. Beispiele für einen derartigen Hohlraum wären: ein innenliegender Hohlraum eines als Hohlprofil ausgebildeten Polymerprofils, bei Polymerprofilen mit U- oder halbkreisförmig gebogenen Querschnitt der innerhalb der umgebenden Materialbereiche gelegene Innenraum oder bei geschäumten Polymerprofilen der mit Luft oder Treibgas gefüllte Innenraum der Schaumporen.

10 **[0012]** In bevorzugter Weise ist der Hohlraum des Polymerprofils derart gestaltet, dass in jedem Querschnitt des Polymerprofils senkrecht zur Längsrichtung des Polymerprofils Bereiche des Hohlraums und Bereich, die mit dem polymeren Werkstoff des Polymerprofils ausgefüllt sind, liegen. Auf diese Weise ein gleichmäßiges Auslösen entlang des gesamten Polymerprofils gewährleistet.

15 **[0013]** In einer vorteilhaften Ausführungsform besitzt das Polymerprofil einen Hohlraumanteil von mindestens 10 Vol% bis maximal 90 Vol%. Ein derartiger Bereich für den Hohlraumanteil hat sich als vorteilhaft für das Auslösen herausgestellt. In besonders bevorzugter Weise beträgt der Hohlraumanteil mindestens 50 Vol%. Bei geschäumten Polymerprofilen liegt der Hohlraumanteil bevorzugter Weise bei mindestens 50 Vol% und maximal 99,5 Vol%.

20 **[0014]** Unter dem Auslösen wird allgemein ein Verfahrensschritt verstanden, der zu einem Auslösen bzw. Herauslösen des Werkstoffes des Polymerprofils aus der Kavität führt. So ist beispielsweise ein chemisches Zersetzen des polymeren Werkstoffes oder das Erhitzen auf ein Zersetzungs-, ein Schmelz- und/oder Erweichungstemperatur möglich. Ist das Polymerprofil ein geschäumtes Polymerprofil so kann das Auslösen zum einen zum Kollabieren des Schaumes und/oder zu einer Zersetzung des Schaumes führen. In einer vorteilhaften Ausführungsform erfolgt während des Auslösens zunächst ein Kollabieren des Schaumes. Nach dem Kollabieren des Schaumes bildet sich in der Kavität ein großer Hohlraum. Dieser kann dann zum Einleiten eines Auslösemediums (z.B. chemisches Auslösemedium oder thermisches Auslösemedium, z.B. erwärmtes Fluid) genutzt werden, sodass anschließend ein chemisches Zersetzen und/oder ein Ausfließen der kollabierten Schaumreste erfolgt.

25 **[0015]** Das Auslösen kann hierbei sowohl unmittelbar nachdem die Kavität umspritzt worden ist erfolgen als auch in einem nachfolgenden, zeitlich vom Umspritzen getrennten Verfahrensschritt erfolgen. Unmittelbar nachdem die Kavität umspritzt worden ist bedeutet hierbei, dass das thermische Spritzen an sich noch nicht beendet sein muss. Es muss nur ein erste Schicht auf das Polymerprofil aufgetragen worden sein. Nach dem Auftragen dieser Schicht kann das Auslösen im Regelfall unmittelbar beginnen. Wird das Auslösen unmittelbar nachdem die Kavität umspritzt worden ist ausgeführt, so kann die beim thermischen Spritzen entstehende Wärme zum thermischen Auslösen des Polymerprofils eingesetzt werden. Ist das Polymerprofil als geschäumtes Profil ausgeführt, so kann diese beim thermischen Spritzen entstandene Wärme in besonders vorteilhafter Weise zum Kollabieren des Schaumes eingesetzt werden.

30 **[0016]** In einer vorteilhaften Ausführungsform erfolgt nach dem Verfahrensschritt b) oder nach dem Verfahrensschritt c) ein Positionieren eines weiteren Polymerprofils auf den Metallpartikeln und anschließend wird der Verfahrensschritt b) erneut ausgeführt, sodass ein Werkstück mit schichtweise angeordneten Kavitäten entsteht. Auf diese Weise ist eine Herstellung von schichtartig aufgebauten metallischen Werkstücken möglich. Damit dient diese Ausführungsform als ein generatives Verfahren zur Herstellung von Werkstücken mit schichtartig angeordneten Kavitäten.

35 **[0017]** Das Polymerprofil kann aus vorgefertigten Profilen bestehen. Diese können dann auf konstruktiv einfache Weise auf dem Substrat positioniert und anschließend umspritzt werden.

40 **[0018]** In vorteilhafter Weise beinhaltet das der Verfahrensschritt des Positionierens des mindestens einen Polymerprofils ein Verkleben des Polymerprofils mit dem Substrat. Dadurch erfolgt eine einfache und zugleich zuverlässige Fixierung des Polymerprofils auf dem Substrat. Eine ungewollte Relativbewegung zwischen Polymerprofil und Substrat kann auf diese Weise wirkungsvoll verhindert werden.

45 **[0019]** Neben der Verwendung von vorgefertigten Profilen können die Polymerprofile auch erst direkt auf dem Substrat erzeugt werden. Dies kann durch einen Generierungsprozess zum unmittelbaren Erzeugen des Polymerprofils auf dem Substrat erfolgen. In vorteilhafter Weise handelt es sich hierbei um einen Extrusionsprozess zum Extrudieren der Polymermasse auf dem Substrat. Soll das Polymerprofil aus geschäumtes Polymerprofil ausgestaltet sein, so wird bevorzugter Weise ein Schaumextrusionsprozess durchgeführt, der das geschäumte Polymerprofil unmittelbar auf dem Substrat erzeugt.

50 **[0020]** In einer vorteilhaften Ausführungsform ist das Polymerprofil als geschäumtes Polymerprofil ausgebildet. In dieser Ausführungsform bilden somit die Schaumporen den Hohlraum des Polymerprofils. Durch die Ausgestaltung als geschäumtes Polymerprofil kann eine relativ gleichmäßige Verteilung des Hohlraumanteils und des Polymerwerkstoffanteils entlang der Längsrichtung des Polymerprofils und entlang eines Querschnitts senkrecht zur Längsrichtung erreicht werden. Es stellt sich somit ein gleichmäßiges Auslöseergebnis über das gesamte Polymerprofil hinweg ein. Außerdem kommt es beim Auslöseprozess zunächst zu einem Zusammenfallen des Schaums, was das Auslösen weiter beschleunigen kann.

[0021] Um eine gute Anbindung der thermisch gespritzten Metallpartikel an die Polymerprofile zu gewährleisten, kann der Polymerwerkstoff, aus dem die Polymerprofile bestehen, im Vorfeld metallisiert werden (z.B. durch Galvanotechnik). Im einfachsten Fall kann diese Metallisierung durch das Umwickeln der Polymerprofile mit einer dünnen Metallfolie bzw. einem dünnen Metallnetz umgesetzt werden.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das mindestens eine Polymerprofil als Hohlprofil, insbesondere als röhrenförmiges Profil, ausgebildet. Auf diese Weise kann die Außenkontur des Polymerprofils die Abmessungen der Kavität definieren. Der Hohlraum innerhalb des Polymerprofils hingegen trägt zur Materialersparnis und zur Verbesserung der Auslösung bei.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform entsprechen die äußeren Abmessungen des mindestens einen Polymerprofils den Abmessungen der zu erzeugenden Kavität. Auf diese Weise können die räumlichen Abmessungen der Kavität besonders präzise definiert werden.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform besteht das mindestens eine Polymerprofil aus einem chemisch löslichen Polymerwerkstoff und das Auslösen erfolgt mit einem an den Polymerwerkstoff angepassten Lösungsmittel. Unter einem an den Polymerwerkstoff angepassten Lösungsmittel wird hierbei ein Lösungsmittel verstanden, in welchem sich der Polymerwerkstoff des Polymerprofils löst. Da die zu bildende Kavität mit der Umgebung des metallischen Werkstücks in Verbindung steht, kann das Lösungsmittel mit dem Polymerprofil in Kontakt gebracht werden, worauf sich das Polymerprofil auflöst. Zurück bleibt die gebildete Kavität. In besonders vorteilhafter Weise wird das Lösungsmittel in den Hohlraum des mindestens einen Polymerprofils eingeleitet. Auf diese Weise ist ein besonders effizientes Auslösen möglich.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform erfolgt das Auslösen durch Erhöhen der Temperatur des mindestens einen Polymerprofils auf eine Temperatur oberhalb eines Schmelzbereichs des Polymerwerkstoffs und einem anschließenden Ausfließen des geschmolzenen Polymerwerkstoffes. Durch die Temperaturerhöhung erfolgt ein Aufschmelzen des Polymerprofils. Das geschmolzene Polymer kann anschließend aus dem Werkstück ausfließen. Zurück bleibt die gebildete Kavität.

[0026] In weiteren vorteilhaften Ausführungsformen kann die Erhöhung der Temperatur des mindestens einen Polymerprofils auch bis zu einer Auflöse- bzw. Zersetzungstemperatur (Temperatur, bei der ein Zersetzung des Polymerwerkstoffes des Polymerprofils eintritt), einer Aufschmelztemperatur (Temperatur, bei der es zu einem Aufschmelzen des Polymerwerkstoffes kommt) und/oder einer Kollabiertemperatur (Temperatur, bei der es zu einem Zusammenfallen von Schaumblasen kommt) erfolgen. Nach Erreichen der oben genannten Temperaturen kann das Polymerprofil dann anschließend entweder selbständig aus der Kavität ausfließen oder durch das Einleiten eines chemischen und/oder thermischen Auslösemediums aus der Kavität entfernt werden.

[0027] Im Allgemeinen kann das Auslösen bis zur vollständigen Entfernung des Polymerwerkstoffes des Polymerprofils erfolgen. Es ist jedoch auch möglich, dass das Auslösen nur bis zu einem Grad erfolgt, dass an den Metallpartikeln der Kavität ein Überzug aus dem Polymerwerkstoff des Polymerprofils verbleibt. Auf diese Weise bildet sich ein Überzug aus Polymerwerkstoff auf der Oberfläche der erzeugten Kavität. Dieser Überzug wiederum kann beispielsweise als Verschleiß- oder Korrosionsschutzschicht dienen.

[0028] Das Substrat kann aus einem metallischen Werkstoff, insbesondere aus einem metallischen Werkstoff in Form einer thermisch gespritzten Schicht, eines Dünnsblechs oder einer galvanisch abgeschiedenen Schicht besteht. Durch die Verwendung eines metallischen Substrates kann eine zuverlässige stoffschlüssige Verbindung zwischen den thermisch aufgespritzten Metallpartikeln und dem Substrat erreicht. Die Verbindungsfestigkeit des gesamten Bauteils wird auf diese Weise erhöht.

[0029] Ist jedoch keine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Substrat und den thermisch aufgespritzten Partikeln gewünscht, so kann als Substrat auch ein nichtmetallischer Werkstoff, z.B. Keramik oder ein temperaturbeständiger Kunststoff, eingesetzt werden.

[0030] Des Weiteren kann zur Verhinderung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen Substrat und thermisch gespritzten Partikeln vor dem Verfahrensschritt b), insbesondere vor dem Verfahrensschritt a), auf das Substrat ein Trennmittel zur Verhinderung der stoffschlüssigen Verbindung der Metallpartikel mit dem Substrat aufgetragen werden. Dadurch wird ein einfaches Trennen von Substrat und erzeugtem metallischen Werkstück möglich.

[0031] In vorteilhafter Weise weist das Substrat eine Form auf, die der negativen Form einer Fläche des herzustellenden Werkstückes entspricht. Dadurch kann die mindestens eine Kavität besonders oberflächennah im metallischen Werkstück erzeugt werden und weitere ansonsten eventuell nötige Nachbearbeitungsschritte (z.B. Fräsen) können entfallen.

[0032] Das Substrat kann zusätzlich mit einer Stützstruktur versehen werden. Dadurch kann dem metallischen Werkstück die notwendige Stabilität verliehen werden. Um Verzüge des Werkstücks durch unterschiedliche thermische Ausdehnungen zu vermeiden, sollte der thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials der Stützstruktur in einem ähnlichen Bereich wie der des Materials der thermisch gespritzten Schicht und/oder des Substrates liegen.

[0033] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist das metallische Werkstück als Werkzeugform, die Kavität als Heiz- oder Kühlkanal und das Verfahren zum thermischen Spritzen als Lichtbogenspritzen ausgebildet. Auf diese Weise ist es möglich, auf einfache und kostengünstige Weise einen oder mehrere Heiz- und/oder Kühlkanäle in eine Werkzeugform

einzubringen. Die auf diese Weise erzeugten Werkzeugformen können beispielsweise als Formwerkzeuge bei der Herstellung von, insbesondere großvolumigen, Bauteilen aus kohlenfaserverstärkten Kunststoff (CFK) eingesetzt werden.

[0034] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Merkmale 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.

[0035] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungsfiguren weiter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Verfahrens zum thermischen Spritzen einer ersten Schicht auf ein Substrat;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung des Positionierens von Polymerprofilen auf der thermisch gespritzten Schicht aus Fig. 1;

Fig. 3 eine schematische Draufsicht auf die Polymerprofile aus Fig. 2;

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung eines Verfahrens zum Umspritzen der in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Polymerprofile mit Metallpartikeln durch ein Verfahren zum thermischen Spritzen;

Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung des Positionierens von weiteren Polymerprofilen auf der thermischen gespritzten Schicht aus Fig. 4;

Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung eines Auslösens der in Fig. 4 dargestellten Polymerprofile;

Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung eines hergestellten metallischen Werkstücks mit einer Stützstruktur;

Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren metallischen Werkstücks mit schichtartig angeordneten Kavitäten;

Fig. 9 eine schematische Darstellung einer weiteren Draufsicht auf Polymerprofile;

Fig. 10 eine weitere schematische Darstellung einer Draufsicht auf ein Polymerprofil;

Fig. 11a - Fig. 11f Schnittdarstellungen verschiedener Ausführungsformen von Polymerprofilen mit jeweils mindestens einem Hohlraum; und

Fig. 12a - Fig. 12c Schnittdarstellungen einer Ausführungsform, in der ein geschäumtes Polymerprofil zunächst umspritzt wird und es beim Auftrag einer weiteren thermisch gespritzten Schicht zu einem Kollabieren des Schaums kommt.

[0036] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum thermischen Spritzen einer ersten Schicht auf eine Urform 1. Die Urform 1 ist in der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform als massives Bauteil ausgebildet. Die in Fig. 1 nach oben zeigende Oberfläche der Urform 1 besitzt eine Form, die der negativen Form einer Fläche des herzustellenden metallischen Werkstückes entspricht. Die Urform 1 kann somit als das negative Gegenstück zum herzustellenden metallischen Werkstück angesehen werden. Auf die in Fig. 1 nach oben zeigende Oberfläche der Urform 1 werden mit Hilfe einer Lichtbogenspritzpistole 2 Metallpartikel 3 abgeschieden. Auf diese Weise wird ein Verfahren zum thermischen Spritzen ausgeführt, welches zur Erzeugung einer ersten thermisch gespritzten Schicht 4 führt. Die ersten thermisch gespritzten Schicht 4 dient in dem in den Figuren 1 bis 7 dargestellten Ausführungsbeispiel als Substrat und kann beispielsweise eine Dicke von ca. 1 mm besitzen.

[0037] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Positionierens von Polymerprofilen 5 auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4. Dieses Positionieren der Polymerprofile 5 erfolgt bevorzugt nachdem die erste thermisch gespritzte Schicht 4 erkaltet ist. Die Polymerprofile 5 besitzen dabei einen halbringförmigen Querschnitt und sind im Wesentlichen äquidistant über die erste thermisch gespritzte Schicht 4 verteilt. Fig. 3 zeigt die Polymerprofile 5 in einer Draufsicht. Die Befestigung der Polymerprofile 5 auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 erfolgt durch ein Verkleben der Polymerprofile 5 auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4. Die Polymerprofile 5 bestehen aus einem relativ weichen,

formbaren und löslichen Polymerwerkstoff. Durch die Formbarkeit des Materials lassen sich die Polymerprofile leicht an die Kontur der Urform 1 anpassen.

[0038] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Umspritzen der in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Polymerprofile 5 mit Metallpartikeln 3. Auf diese Weise wird das metallische Werkstück weiter aufgebaut. Die Polymerprofile 5 werden also mit Metallpartikeln 3 umspritzt und es entsteht eine zweite thermisch gespritzte Schicht 6. Die auf diese Weise erzielte Enddicke des metallischen Werkstücks kann beispielsweise bei 10 - 20 mm liegen und durch mehrmaliges Überfahren des Werkstücks mit der Lichtbogenspritzpistole 2 erzeugt werden.

[0039] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung des Positionierens von weiteren Polymerprofilen 5 auf der thermischen gespritzten Schicht aus Fig. 4. Durch das erneute Aufbringen von Polymerprofilen 5 ist es möglich, ein mehrschichtiges Werkstück aufzubauen, wodurch komplexe geometrische Abmessungen der Kavitäten realisiert werden können.

[0040] Nach dem Umspritzen der Polymerprofile 5 kann das so erzeugte Werkstück abgekühlt und anschließend von der Urform 1 getrennt werden. Eventuell ist es hierfür notwendig, vor dem Spritzen der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 ein geeignetes Trennmittel auf das Urmodell 1 aufzubringen.

[0041] In Fig. 6 ist der Schritt des HerauslöSENS der Polymerprofile 5 aus dem Werkstück dargestellt. Hierbei werden die zuvor mit den Metallpartikeln 3 umspritzten Polymerprofile 5 mit einem geeigneten Lösungsmittel aufgelöst. Sind die eingesetzten Profile in ihrem Querschnitt rohrförmig - oder wie in den Figuren 2 bis 7 dargestellt halbringförmig -, so kann das geeignete Lösungsmittel durch den Hohlraum der Polymerprofile 5 hindurchgeleitet und somit ein schnelles HerauslöSEN des Polymerwerkstoffs der Polymerprofile 5 realisiert werden. Dieser Verfahrensschritt kann bei Verwendung von schmelzbaren Polymerwerkstoffen für die Polymerprofile 5 auch durch ein Aufheizen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts des ausgewählten Polymerwerkstoffs und somit durch Ausschmelzen erfolgen.

[0042] Durch das AuslöSEN der Polymerprofile 5 aus dem metallischen Werkstück werden im Werkstück kanalartige Kavitäten 7 erzeugt. Diese Kavitäten liegen oberflächennah und sind nur von der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 von der Oberfläche des Werkstücks getrennt. Aufgrund des kanalartigen Querschnitts der erzeugten Kavitäten können diese beispielsweise als Heiz- bzw. Kühlkanäle genutzt werden und somit etwa zur Temperierung des Werkstücks dienen.

[0043] Es ist auch denkbar, dass die Polymerprofile 5 nicht vollständig aus den Kavitäten 7 ausgelöst werden und somit eine innere Beschichtung der kanalartigen Kavitäten gebildet wird. Dies ist von Vorteil, wenn beispielsweise aggressive Fluide durch diese kanalartigen Kavitäten 7 geleitet werden sollen.

[0044] Um die Stabilität des erzeugten metallischen Werkstücks zu erhöhen, kann das Werkstück - wie in Fig. 7 dargestellt - mit einer Stützstruktur 8 versehen werden.

[0045] Fig. 8 zeigt ein weiteres metallisches Werkstück mit schichtartig angeordneten Polymerprofilen 5. Anders als die in den Figuren 2 bis 6 dargestellten Polymerprofile 5 sind die Polymerprofile 5 in der Figur 8 nicht halbringförmig ausgebildet, sondern besitzen einen quadratischen Außenquerschnitt und einen quadratischen Innenhohlraum, d.h. die Polymerprofile 5 in Fig. 8 sind quadratische Hohlprofile. Das obere Teilbild von Fig. 8 zeigt dabei die Urform 1 mit schichtartig angeordneten Polymerprofilen 5. Eine erste Schicht der Polymerprofile 5 ist teilweise von Metallpartikeln 3 der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 umgeben. Die zweite Schicht der Polymerprofile 5 ist teilweise von Metallpartikeln 3 der zweiten thermisch gespritzten Schicht 6 umgeben. Die Polymerprofile 5 der ersten Schicht sind hierbei direkt auf die Oberfläche der Urform 1 geklebt. Für diese Polymerprofile 5 stellt somit die Urform 1 das Substrat dar und die erzeugten Kavitäten sind Vertiefungen auf der Oberfläche des herzustellenden metallischen Werkstücks. Auf diese Weise kann die Kontur der Oberfläche des metallischen Werkstücks durch die Form der eingesetzten Polymerprofile 5 und deren Anordnung bestimmt werden. Das untere Teilbild von Fig. 8 zeigt das metallische Werkstück nach dem AuslöSEN der Polymerprofile 5., wobei die Darstellung des metallischen Werkstücks im Vergleich zum oberen Teilbild der Fig. 8 um 180° gedreht wurde. Nach dem AuslöSEN der Polymerprofile 5 der ersten Schicht bildet sich auf der Oberfläche des metallischen Werkstücks eine Kontur, die der der eingesetzten Polymerprofile 5 entspricht. Nach dem AuslöSEN der Polymerprofile 5 der zweiten Schicht bilden sich im Inneren des metallischen Werkstücks kanalartige Kavitäten 7.

[0046] Fig. 9 und Fig. 10 zeigen jeweils alternative Anordnungen von Polymerprofilen 5 auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4. Ähnlich zu Fig. 3 ist eine Draufsicht auf die erste thermisch gespritzte Schicht 4 mit darauf positionierten Polymerprofilen 5 dargestellt. Die Figuren 9 und 10 sollen verdeutlichen, dass durch die Formbarkeit der Polymerprofile 5 auch komplexe Verläufe der späteren Kavitäten 7 realisierbar sind.

[0047] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Polymerprofile 5 in Form einer aushärtbaren, pastösen oder geschäumten Masse auf die erste thermisch gespritzte Schicht 4 aufzutragen und vor den weiteren Verfahrensschritten den Aushärtevorgang durchzuführen.

[0048] Der Polymerwerkstoff der Polymerprofile 5 kann derart gewählt werden, dass dieser mit einem geeigneten Lösungsmittel gelöst bzw. zersetzt werden kann. Beispielhaft sind hier Materialien der Firma Belland Technologies GmbH genannt. Diese Materialien sind in Alkohol oder alkalisch-wässrigen Lösungen löslich.

[0049] Wie bereits oben dargestellt, ist auch ein thermisches AuslöSEN (Ausschmelzen) der Polymerprofile 5 möglich. Hierbei sollte der ausgewählte Polymerwerkstoff für die Polymerprofile 5 oberhalb seines Schmelzpunktes eine möglichst

niedrige Viskosität besitzen. Beispielhaft sei hier Polypropylen (PP) aufgeführt.

[0050] in der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ist die Urform 1 als massives Bauteil ausgebildet. Es ist jedoch auch denkbar, dass ein in der Form angepasstes Dünnblech die Urform 1 darstellt. In diesem Fall kann auf die erste thermisch gespritzte Schicht 4 verzichtet werden und anstatt dessen die Positionierung der Polymerprofile 5 direkt auf dem, später als Werkzeugoberfläche dienenden, Dünnblech erfolgen. Auch das Trennen von Substrat und erzeugtem Werkstück würde in diesem Fall wegfallen, da das Substrat selbst Teil des erzeugten Werkstück ist.

[0051] Fig. 11a bis Fig. 11f zeigen verschiedene Polymerprofile 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f mit jeweils mindestens einen Hohlraum 9, die jeweils auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4, d.h. auf einem Substrat, positioniert sind. Die Figuren 11a-11e zeigen jeweils einen Querschnitt entlang der Längsrichtung des jeweiligen Polymerprofils 5a-5f.

[0052] Das Polymerprofil 5a in Fig. 11a ist ein geschäumtes Polymerprofil. Die einzelnen Schaumporen sind mit Luft oder Treibgas gefüllt und bilden jeweils einen Hohlraum 9. Der Hohlraumanteil ergibt sich damit aus dem Gesamtvolumen der Schaumporen.

[0053] Das Polymerprofil 5b in Fig. 11b ist ein U-förmig gebogenes Polymerprofil. Der Hohlraum 9 ist innerhalb der umgebenden Materialbereiche gelegen. Genauer gesagt definieren die außenliegenden Materialbereiche des Polymerprofils 5b und die Oberseite der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 den Hohlraum 9.

[0054] Das Polymerprofil 5c in Fig. 11c ist als Hohlprofil mit rechteckigem Außenquerschnitt und innenliegenden Hohlraum 9 ausgebildet.

[0055] Das Polymerprofil 5d in Fig. 11d ist ein halbkreisförmig gebogenes Polymerprofil. Der Hohlraum 9 ist innerhalb der umgebenden Materialbereiche gelegen. Ähnlich zu Fig. 11b definieren auch hier die außenliegenden Materialbereiche des Polymerprofils 5d und die Oberseite der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 den Hohlraum 9.

[0056] Das Polymerprofil 5e in Fig. 11e ist als Hohlprofil mit rundem Außenquerschnitt und innenliegenden Hohlraum 9 ausgebildet. Es handelt sich somit um ein Polymerprofil mit röhrenförmigen Querschnitt.

[0057] Das Polymerprofil 5f in Fig. 11f ist als Hohlprofil mit rechteckigem Außenquerschnitt und mehreren innenliegenden Hohlräumen 9 ausgebildet.

[0058] Fig. 12a bis Fig. 12c zeigen Verfahrensschritte einer Ausführungsform, in der ein als geschäumtes Polymerprofil 5a ausgebildetes Polymerprofil 5 während des thermischen Spritzens kollabiert (zusammenfällt). Die Figuren sind dabei als Schnittzeichnungen ausgeführt, wobei die gewählte Schnittebene senkrecht zur Längsrichtung des Polymerprofils 5a gewählt ist.

[0059] Fig. 12a zeigt das auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 positionierte geschäumte Polymerprofil 5a. Die einzelnen Schaumporen sind mit Luft oder Treibgas gefüllt und bilden jeweils einen Hohlraum 9. Das geschäumte Polymerprofil 5a kann entweder ein vorgeschäumtes Profil sein, das bereits im geschäumten Zustand auf die erste thermisch gespritzte Schicht 4 positioniert und ggf. mit einem Klebstoff darauf fixiert wird. Das geschäumte Polymerprofil 5a kann jedoch auch erst unmittelbar auf der ersten thermisch gespritzten Schicht 4 durch einen Schaumextrusionsprozess erzeugt werden.

[0060] In einem nächsten Verfahrensschritt (Fig. 12b) wird das geschäumte Polymerprofil 5a durch das Auftragen der zweiten thermisch gespritzten Schicht 6 umspritzt.

[0061] In einem weiteren Verfahrensschritt (Fig. 12c) wird auf die zweite thermisch gespritzte Schicht 6 eine weitere thermisch gespritzte Schicht 10 aufgetragen. Durch die hierbei eingebrachte Wärme erfolgt ein Kollabieren des geschäumten Polymerprofils 5a. Die Schaumreste 11 verbleiben zunächst in der sich gebildeten Kavität 7 und können anschließend insbesondere durch Einleiten eines thermischen oder chemischen Auslösemediums in die entstandene Kavität 7 entfernt werden. Das Kollabieren des Schaumes erfolgt damit während des thermischen Spritzens und wird durch die durch das thermische Spritzen erzeugte Wärme ausgelöst.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0062]

1	Urform
2	Lichtbogenspritzpistole
3	Metallpartikel
4	erste thermisch gespritzte Schicht
5, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f	Polymerprofil
6	zweite thermisch gespritzte Schicht
7	Kavität
8	Stützstruktur
9	Hohlraum
10	weitere thermisch gespritzte Schicht
11	kollabierter Schaum

Patentansprüche

- 5
1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Werkstückes mit mindestens einer Kavität (7), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:
- a) Positionieren mindestens eines Polymerprofils (5) auf einem Substrat (1, 4);
 b) Zumindest teilweises Umspritzen des mindestens einen Polymerprofils (5) mit Metallpartikeln (3) durch ein Verfahren zum thermischen Spritzen;
 c) Zumindest teilweises Auslösen des mindestens einen Polymerprofils (5) nach dem Umspritzen;
- 10 wobei das mindestens eine Polymerprofil (5) einen Hohlraum (9) aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach dem Verfahrensschritt b) oder c) ein Positionieren eines weiteren Polymerprofils (5) auf den Metallpartikeln (3) erfolgt und anschließend der Verfahrensschritt b) erneut ausgeführt wird, sodass ein Werkstück mit schichtweise angeordneten Kavitäten (7) entsteht.
- 15
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Positionieren des mindestens einen Polymerprofils (5) ein Verkleben des Polymerprofils (5) mit dem Substrat (1, 4) beinhaltet.
- 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Positionieren des mindestens einen Polymerprofils (5) ein Generierungsprozess zum unmittelbaren Erzeugen des Polymerprofils (5) auf dem Substrat (1, 4) beinhaltet.
- 25
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Generierungsprozess ein Extrudieren einer Polymermasse auf dem Substrat (1, 4) beinhaltet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Polymerprofil (5) als geschäumtes Polymerprofil (5a) ausgebildet ist.
- 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das mindestens eine Polymerprofil (5) als Hohlprofil (5b, 5c, 5e, 5f), insbesondere als röhrenförmiges Profil, ausgebildet ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die äußeren Abmessungen des mindestens einen Polymerprofils (5) den Abmessungen der zu erzeugenden Kavität (7) entsprechen.
- 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine Polymerprofil (5) aus einem chemisch löslichen Polymerwerkstoff besteht und das Auslösen mit einem an den Polymerwerkstoff angepassten Lösungsmittel erfolgt.
- 40
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Lösungsmittel in den Hohlraum (9) des mindestens einen Polymerprofils (5) eingeleitet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auslösen durch Erhöhen der Temperatur des mindestens einen Polymerprofils (5) auf eine vorgegebene Temperatur, insbesondere oberhalb einer Auflösetemperatur, einer Aufschmelztemperatur, einer Zersetzungstemperatur und/oder einer Kollabiertemperatur des Polymerwerkstoffes des Polymerprofils und anschließendes Ausfließen des Polymerwerkstoffes erfolgt.
- 45
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auslösen bis zu einem Grad erfolgt, dass an den Metallpartikeln (3) der Kavität (7) ein Überzug aus dem Polymerwerkstoff des Polymerprofils (5) verbleibt.
- 50
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat (1, 4) aus einem metallischen Werkstoff, insbesondere in Form einer thermisch gespritzten Schicht (4), eines Dünnsblechs oder einer galvanisch abgeschiedenen Schicht besteht.
- 55
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei vor dem Verfahrensschritt b), insbesondere vor dem Verfahrensschritt a), auf das Substrat (1, 4) ein Trennmittel zur Verhinderung der stoffschlüssigen Verbindung der Metallpartikel mit dem Substrat (1, 4) aufgetragen wird.

EP 2 554 708 A1

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das metallische Werkstück als Werkzeugform, die Kavität (7) als Heiz- oder Kühlkanal und das Verfahren zum thermischen Spritzen als Lichtbogenspritzen ausgebildet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

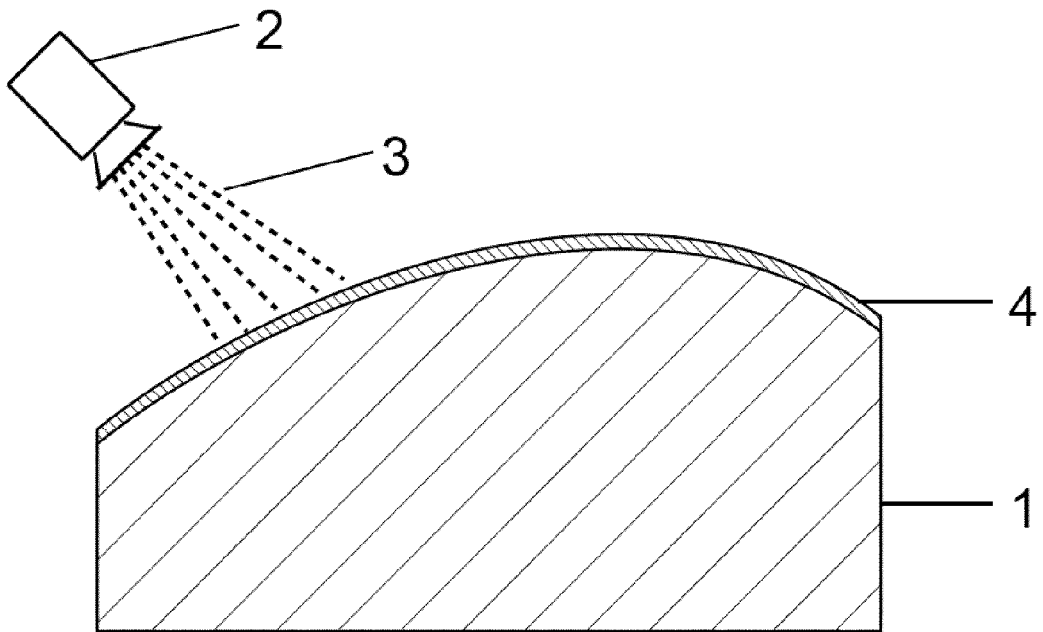


Fig. 1

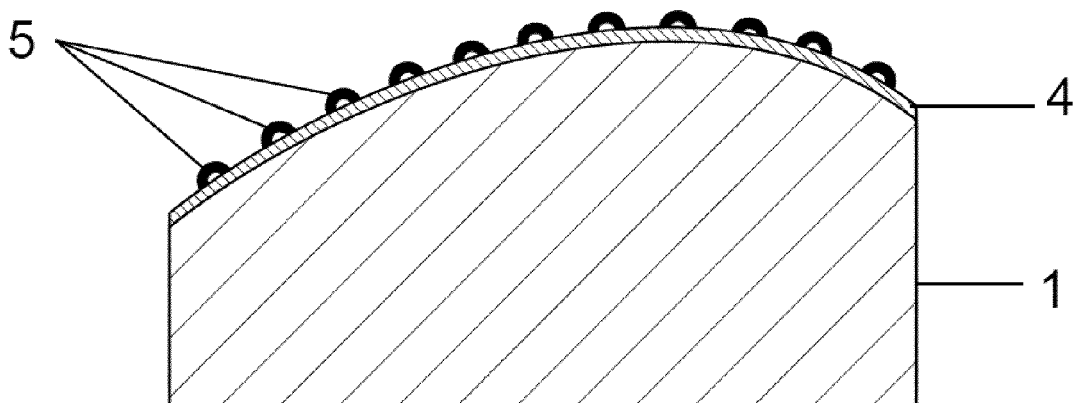


Fig. 2

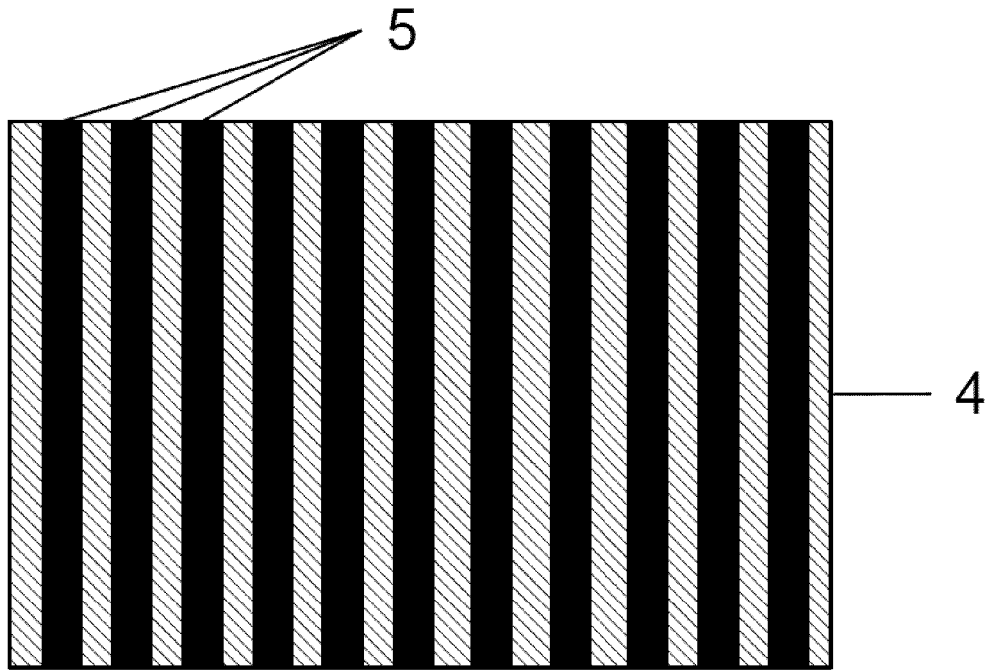


Fig. 3

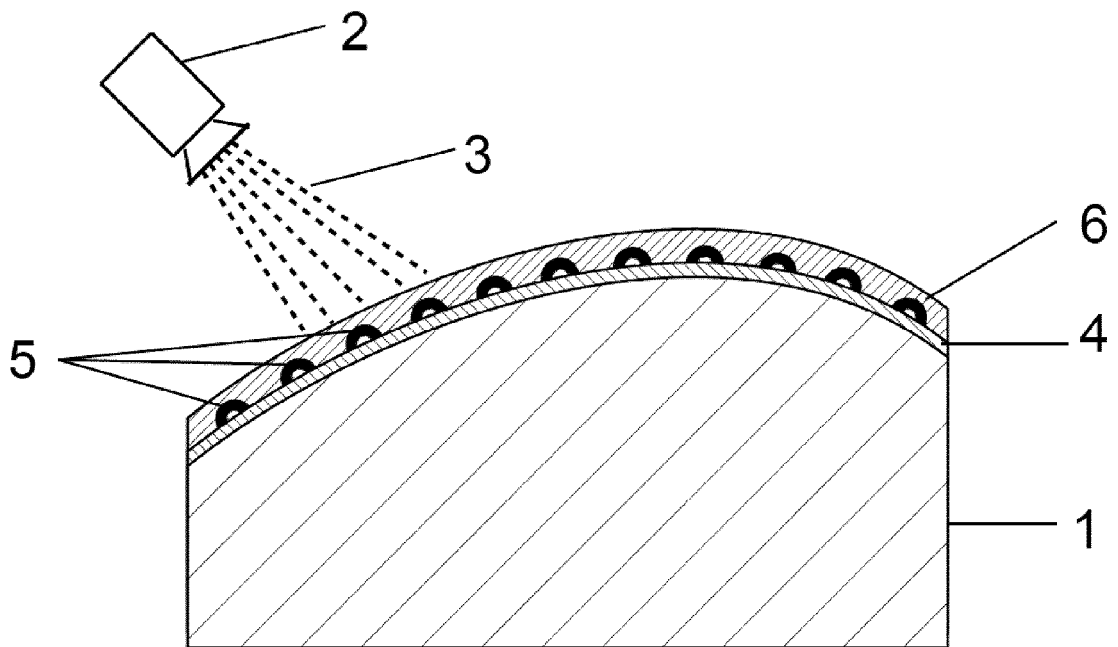


Fig. 4

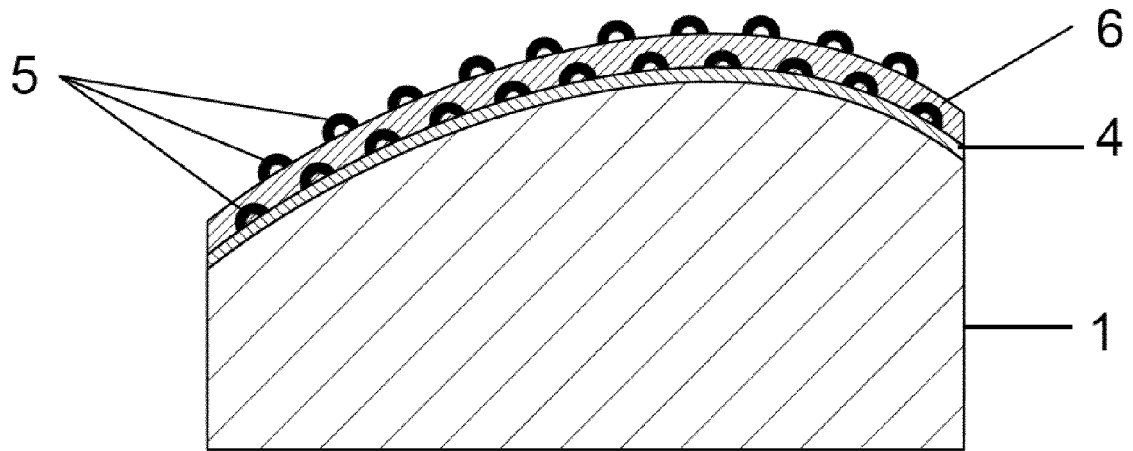


Fig. 5

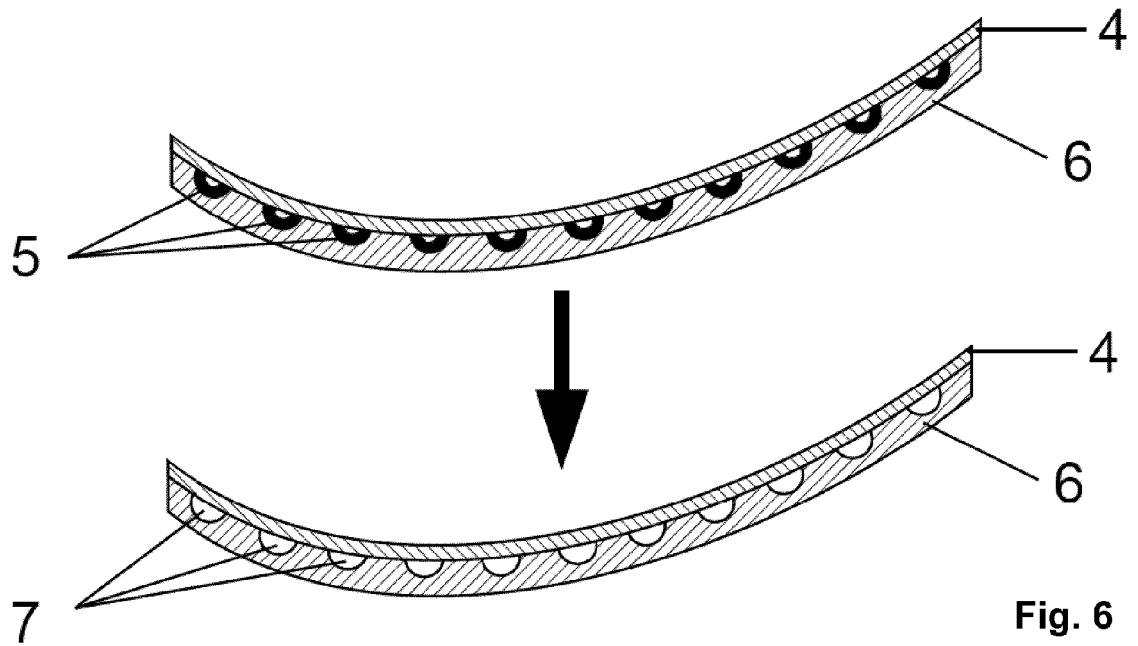


Fig. 6

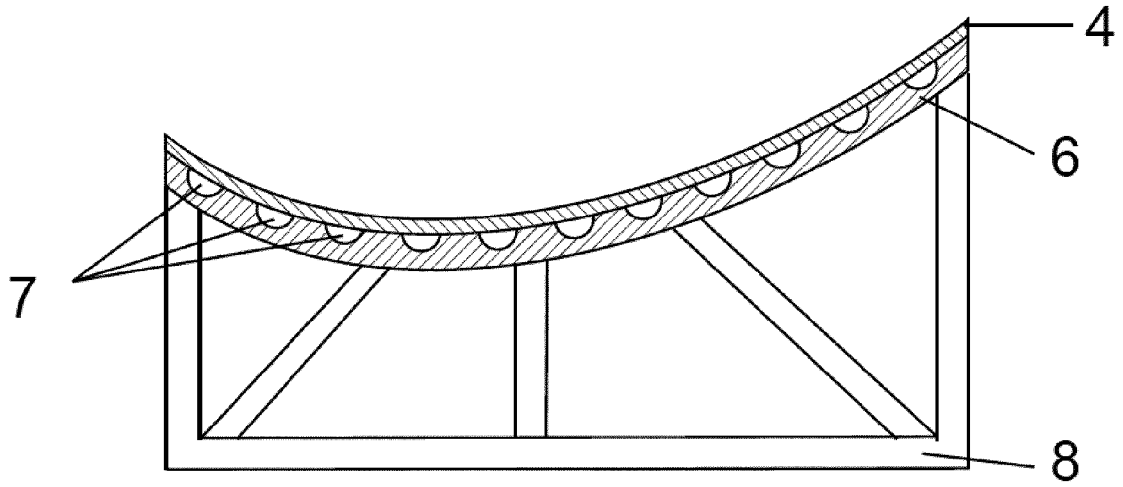


Fig. 7

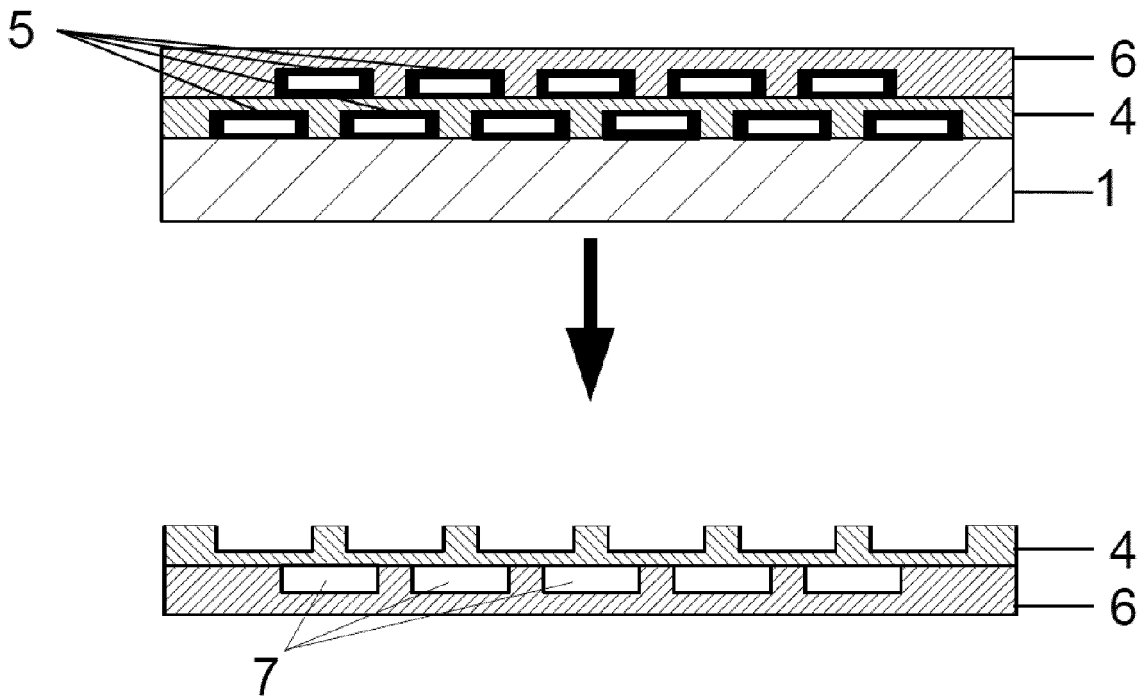


Fig. 8

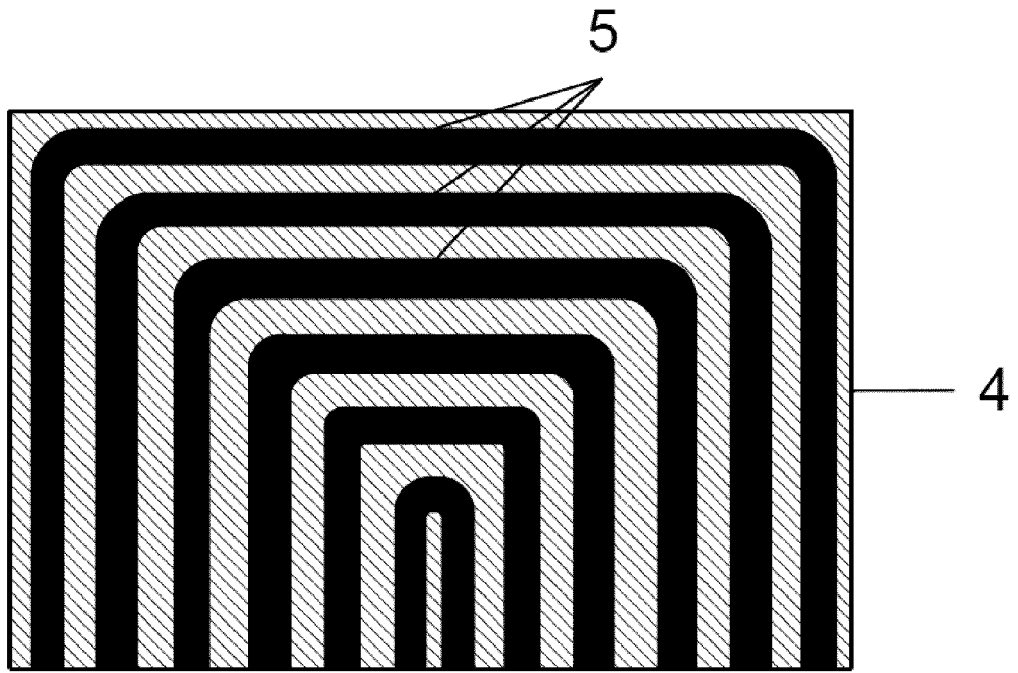


Fig. 9

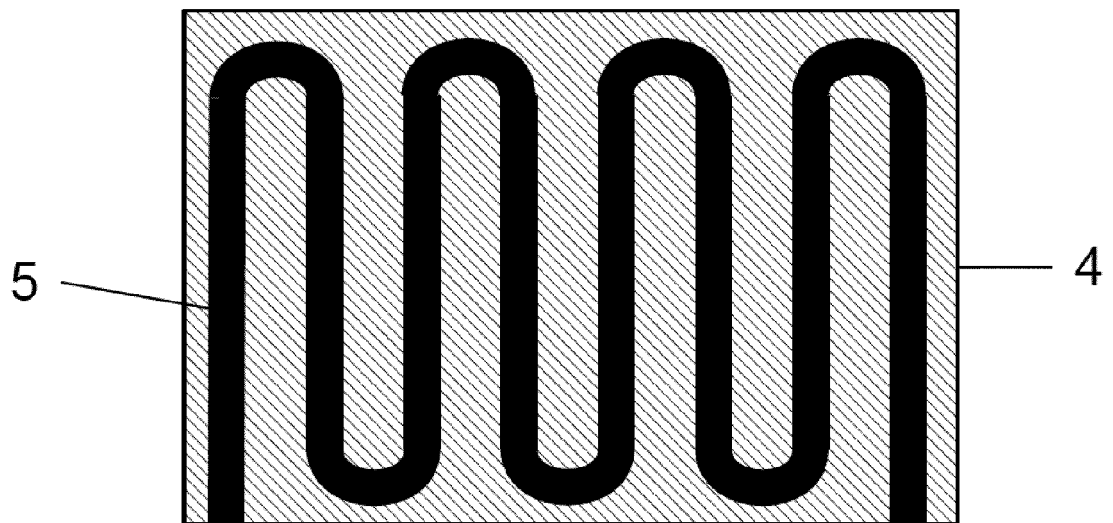
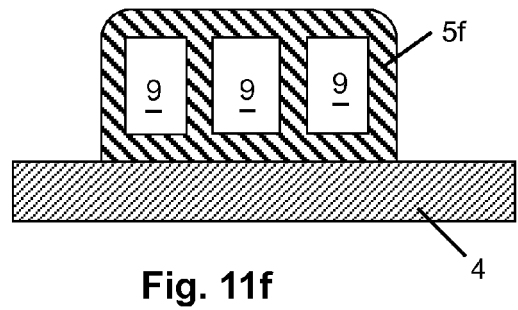
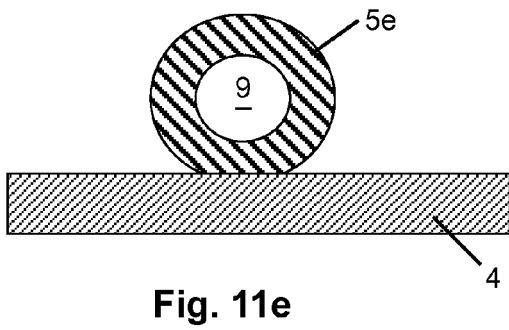
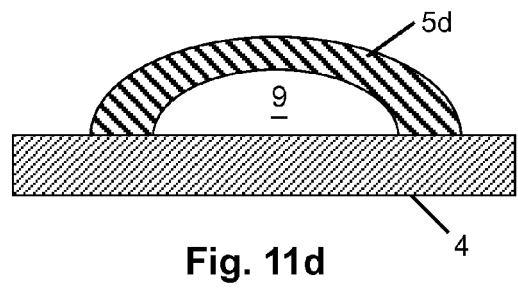
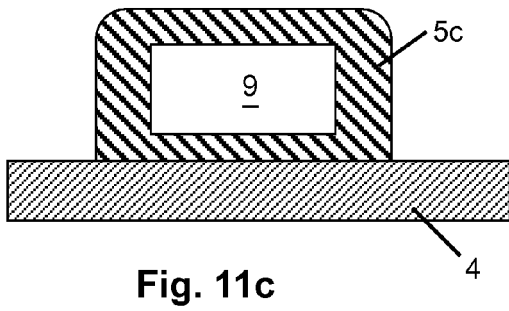
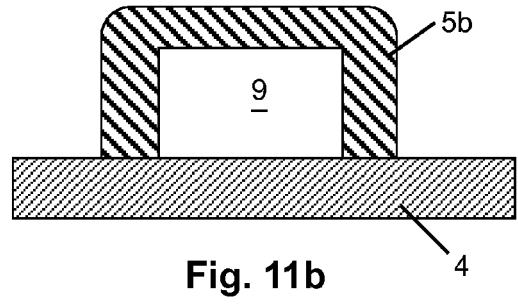
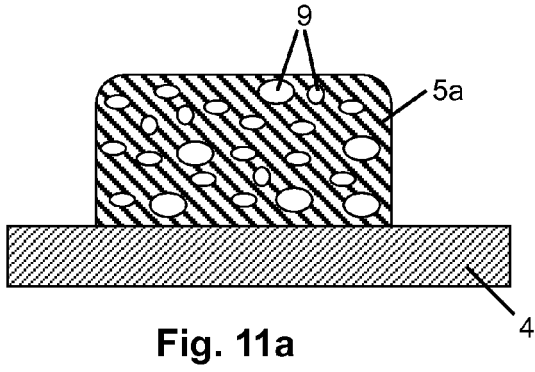


Fig. 10



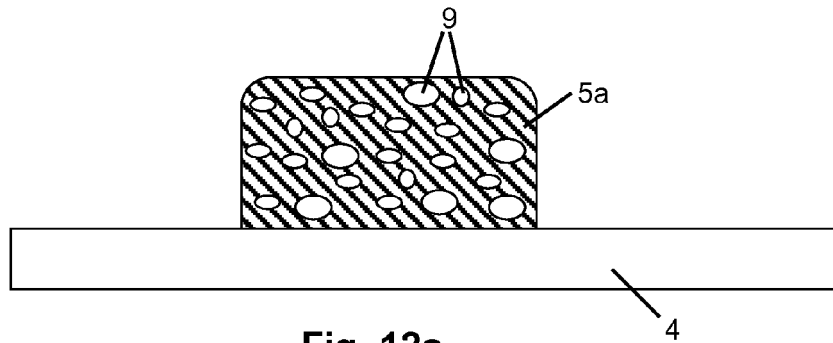


Fig. 12a

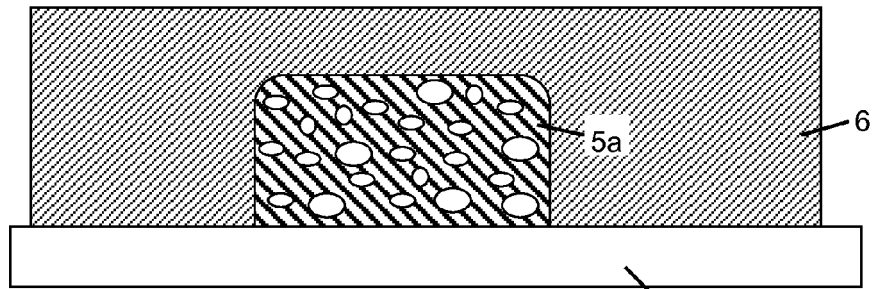


Fig. 12b

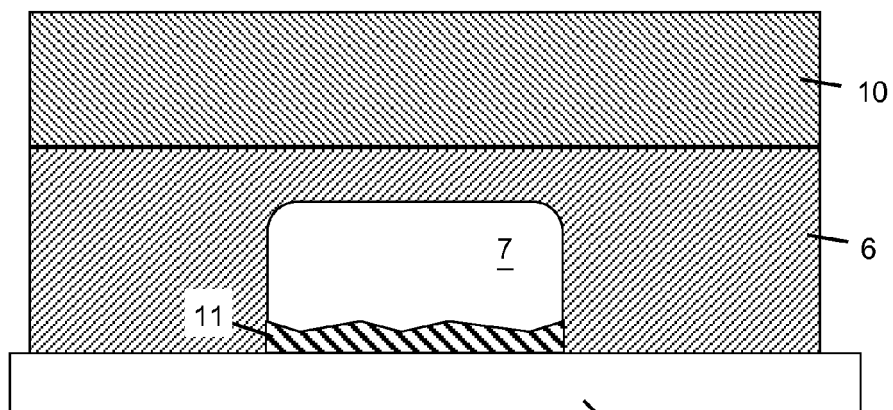


Fig. 12c



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 17 8398

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2010/075111 A1 (ARRELL DOUGLAS J [US] ET AL) 25. März 2010 (2010-03-25) * Seite 2, Absatz 0028 - Absatz 0029 * * Seite 3, Absatz 0030 - Absatz 0033 * * Ansprüche 1, 6 *	1,2,4,5,7-11,13,15	INV. C23C4/18 C23C4/02
A	EP 0 740 588 B1 (SPRAYFORMING DEV LTD [GB] SPRAYFORM HOLDINGS LTD [GB]) 10. September 2003 (2003-09-10) * Spalte 2, Absatz 0014 - Absatz 0015 * * Spalte 3, Absatz 0020 * * Ansprüche 1-4 *	1,7	
A	WO 2010/116159 A1 (ZIRCOTEC LTD [GB]; PRENTICE THOMAS CAMPBELL [GB]) 14. Oktober 2010 (2010-10-14) * Ansprüche 63-71, 79, 82, 85,103 *	1	
A	DE 199 52 267 C2 (FORD MOTOR CO [US]) 18. Juli 2002 (2002-07-18) * das ganze Dokument *	1,8-11,13-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. August 2012	Prüfer Elsen, Daniel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503, 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 17 8398

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010075111 A1	25-03-2010	KEINE	

EP 0740588 B1	10-09-2003	AT 249300 T	15-09-2003
		AU 684597 B2	18-12-1997
		AU 1460795 A	08-08-1995
		CA 2181540 A1	27-07-1995
		DE 69531726 D1	16-10-2003
		DE 69531726 T2	01-07-2004
		EP 0740588 A1	06-11-1996
		JP H09510400 A	21-10-1997
		US 5875830 A	02-03-1999
		WO 9519859 A1	27-07-1995

WO 2010116159 A1	14-10-2010	EP 2417384 A1	15-02-2012
		US 2012114915 A1	10-05-2012
		WO 2010116159 A1	14-10-2010

DE 19952267 C2	18-07-2002	DE 19952267 A1	08-06-2000
		GB 2343395 A	10-05-2000
		US 6308765 B1	30-10-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82