



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2008 Patentblatt 2008/13

(51) Int Cl.:
C23C 24/04 ^(2006.01) **C23C 4/12** ^(2006.01)
C23C 24/08 ^(2006.01) **B05B 7/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06022876.4**

(22) Anmeldetag: **02.11.2006**

(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 NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

- **Heinrich, Peter**
82110 Germering (DE)
- **Klassen, Thomas, Prof. Dr.**
21465 Wentorf (DE)
- **Kreye, Heinrich, Prof. Dr.**
22175 Hamburg (DE)
- **Krömmmer, Werner**
84034 Lantshut (DE)
- **Richter, Horst J., Prof.Dr.**
Norwich
VT 05055 (US)
- **Richter, Peter**
84431 Heldenstein (DE)
- **Schmidt, Tobias**
59889 Eslohe (DE)

(30) Priorität: **19.09.2006 DE 102006044612**

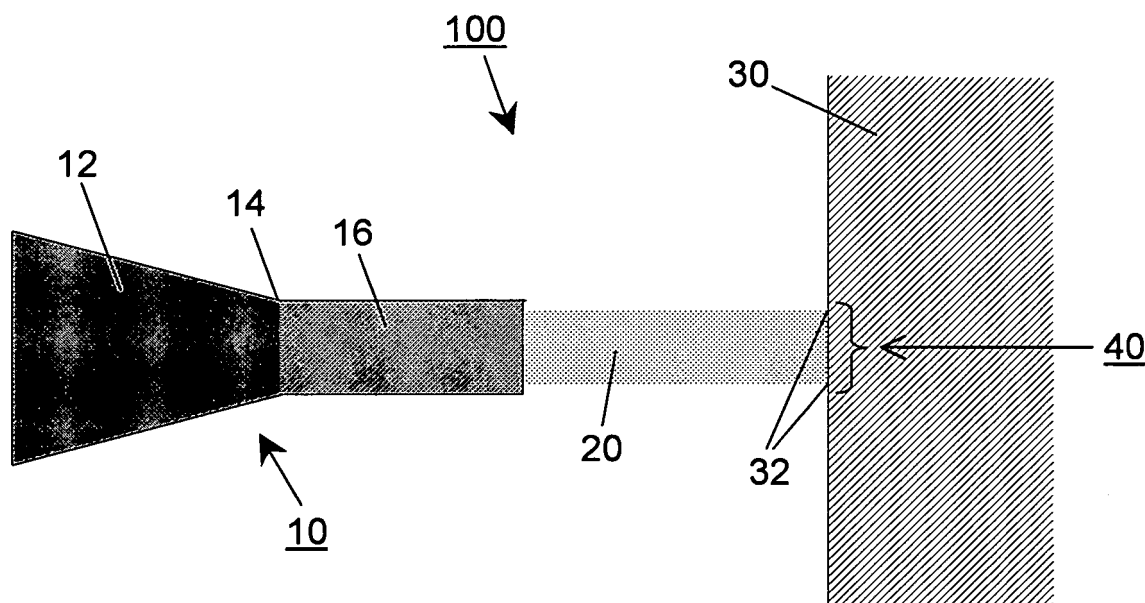
(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
65189 Wiesbaden (DE)

(72) Erfinder:
• **Gärtner, Frank, Dr.**
22043 Hamburg (DE)

(54) **Verfahren zum Kaltgasspritzen**

(57) Um Verfahren zum Kaltgasspritzen, bei welchem Partikel (20) in einem insbesondere strahlförmigen Gas beschleunigt werden und mit hoher Geschwindigkeit auf ein Substrat (30) auftreffen, wobei das Gas komprimiert sowie erwärmt und anschließend durch Entspannen in einer Düse (10) beschleunigt wird und sich dabei

abkühlt, so weiterzubilden, dass die zum Haften der Partikel (20) am Substrat (30) erforderliche kritische Geschwindigkeit verringert sowie auf eine bessere Anbindung der Partikel (20) an das Substrat (30) erzielt werden kann, wird vorgeschlagen, dass das Substrat (30) aufgeheizt (40) wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kaltgasspritzen, bei welchem Partikel in einem insbesondere strahlförmigen Gas beschleunigt werden und mit hoher Geschwindigkeit auf ein Substrat auftreffen, wobei das Gas komprimiert sowie erwärmt und anschließend durch Entspannen in einer Düse beschleunigt wird und sich dabei abkühlt.

Stand der Technik

[0002] Der Vorteil des Kaltgasspritzens gegenüber seit längerem eingesetzten thermischen Spritzverfahren, wie etwa Flamspritzen, Hochgeschwindigkeits-Flamspritzen, Lichtbogenspritzen und Plasmaspritzen, besteht darin, dass der Spritzwerkstoff im Spritzprozess nicht aufgeschmolzen wird. Die Haftung der Partikel beruht vielmehr auf ihrer hohen kinetischen Energie beim Aufprall sowie auf der dann durch Verformung an den Grenzflächen zwischen Partikel und Substrat sowie zwischen den Partikeln entstehenden Wärme.

[0003] Es ist bekannt, dass die Partikel erst bei Überschreiten einer kritischen Geschwindigkeit auf dem Substrat haften und dass diese Geschwindigkeit

- vom Spritzwerkstoff selbst,
- von der Größe der Partikel und
- von der Temperatur der Partikel im Moment ihres Aufpralls auf das Substrat abhängt. Kritische Geschwindigkeiten für verschiedene Spritzwerkstoffe und deren Abhängigkeit von der Partikelgröße und von der Partikeltemperatur werden beispielsweise von Tobias Schmidt, Frank Gärtner, Hamid Assadi und Heinrich Kreye im Aufsatz "Development of a generalized parameter window for cold spray deposition", Acta Materialia 54 (2006), Seiten 729 bis 742, beschrieben.

Die Beschleunigung der Partikel erfolgt beim Kaltgasspritzen in einem Überschall-Gasstrahl. Die hohe Strömungsgeschwindigkeit erhält dieser Überschall-Gasstrahl beim Durchgang durch eine sogenannte Laval-Düse. Das Pulver wird vor der Düse in den Gasstrahl injiziert. Die Strömungsgeschwindigkeit des Gases und damit auch die Beschleunigung der Partikel ist von der Art des Gases sowie von dessen Druck und Temperatur beim Eintritt in die Laval-Düse abhängig.

In seltenen besonderen Fällen ist es auch möglich, die Partikel mit einem Gasstrahl, der nur sehr hohe Geschwindigkeiten, nicht aber Überschallgeschwindigkeit erreicht, auf die erforderliche kritische Geschwindigkeit zu beschleunigen.

Mit Helium als Prozessgas werden bei gleichem Gasdruck und bei gleicher Gastemperatur deutlich höhere Gas- und Partikelgeschwindigkeiten als mit

Stickstoff oder mit Druckluft erreicht. Der Grund hierfür ist die deutlich höhere Schallgeschwindigkeit für Helium. Prinzipiell kann jedoch jedes Gas zum Einsatz gelangen.

Bei allen Prozessgasen steigt die Geschwindigkeit der Partikel mit dem Druck und mit der Temperatur des Gases an. Besonders hohe Partikelgeschwindigkeiten werden daher dann erzielt, wenn mit dem anlagentechnisch größtmöglichen Druck und mit der größtmöglichen Gastemperatur gespritzt wird.

Konventionelle Kaltgasspritzanlagen, wie zum Beispiel die KINETIKS® 4000 der Firma CGT Cold Gas Technology GmbH, Ampfing, können bei Drücken von bis zu etwa 3,5 Megapascal und bei Temperaturen von bis zu etwa 900 Grad Celsius betrieben werden. Allerdings kommt es bei vielen Metallen schon bei geringeren Gastemperaturen im Bereich von etwa 300 Grad Celsius bis etwa 600 Grad Celsius zum sogenannten Anbacken des Pulvers in der Düse, so dass dann nur mit entsprechend geringerer Gastemperatur gespritzt werden kann.

Das Aufheizen des Prozessgases dient zum einen dazu, die Strömungsgeschwindigkeit des Gases und damit auch die Geschwindigkeit der Partikel zu erhöhen. Durch das Aufheizen des Gases erhöht sich andererseits auch die Temperatur der Partikel im Moment ihres Aufpralls, was ihre anschließende Verformung begünstigt. Die zum Haften erforderliche Mindestgeschwindigkeit wird dadurch deutlich verringert. Die maximal erreichbare Partikeltemperatur ist aber

- durch die Art des Gases bzw. durch den Wärmeübergang zwischen Gas und Partikel sowie
- durch die anlagentechnisch mögliche maximale Gastemperatur bzw. durch die zur Vermeidung von Pulveranbackungen in der Düse gerade noch tolerierbare Gastemperatur

begrenzt.

[0004] Die Temperatur der Partikel im Moment ihres Aufpralls ist deutlich geringer als die Gastemperatur. Dies liegt daran, dass sich die Partikel nur für die Dauer von Millisekunden im heißen Gasstrahl befinden und dass der Gasstrahl bei seiner Entspannung im divergenten Bereich der Düse sehr stark abkühlt, zum Teil weit unter Raumtemperatur.

[0005] Selbst wenn man die Verweilzeit des Pulvers im heißen Gas vor Eintritt in den Düsenhals gemäß der Druckschrift WO 2006/034778 A1 durch eine etwa 100 Millimeter bis etwa 200 Millimeter lange Vorkammer oder durch einen entsprechend verlängerten konvergenten Düsenabschnitt erhöht und Druck sowie Temperatur des Gases auf die anlagentechnisch heutzutage möglichen Maximalwerte steigert, ist die maximale Aufpralltemperatur nach oben begrenzt.

[0006] Obwohl nun das Kaltgasspritzen in letzter Zeit durch die Entwicklung derartiger Düsen zur Steigerung der Partikelgeschwindigkeit sowie durch Maßnahmen

zur Steigerung der Partikeltemperatur, wie etwa

- durch die Integration eines zweiten Heizers in die Pistole (vgl. Druckschrift WO 2006/034777 A1),
- durch die Verlängerung des konvergierenden Düsenabschnitts bzw. den Einbau einer verlängerten Vorkammer in die Spritzpistole (vgl. Druckschrift WO 2006/034778 A1) und/oder
- durch die Möglichkeit des Nachheizens der Partikel auf deren Weg zwischen der Pistole und dem Substrat durch Mikrowellenheizung (vgl. Druckschrift EP 1 593 437 A1),

bedeutende Fortschritte gemacht hat, besteht im Hinblick auf eine erstrebenswerte Verringerung der zum Haften der Partikel am Substrat erforderlichen kritischen Geschwindigkeit sowie auf eine bessere Anbindung der Partikel an das Substrat noch ein weiteres Entwicklungspotenzial.

Darstellung der vorliegenden Erfindung: Aufgabe, Lösung, Vorteile

[0007] Ausgehend von den vorstehend dargelegten Nachteilen und Unzulänglichkeiten sowie unter Würdigung des umrissenen Standes der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass die zum Haften der Partikel am Substrat erforderliche kritische Geschwindigkeit verringert sowie eine bessere Anbindung der Partikel an das Substrat erzielt werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhaft Ausgestaltungen und zweckmäßige Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0009] Mithin basiert die vorliegende Erfindung auf einem Erwärmen oder Aufheizen des Substrats bzw. des Werkstücks.

[0010] Zum Beispiel in Abhängigkeit von den Möglichkeiten des gewählten Wärme- oder Heizmittels besteht hierbei die Option, das gesamte Substrat bzw. das ganze Werkstück zu erwärmen oder aufzuheizen, was insbesondere bei gering dimensionierten Substraten bzw. bei kleinen Werkstücken sinnvoll sein kann.

[0011] Jedoch kann das Substrat oder Werkstück auch nur

- am Auftreffort der Partikel und/oder
- im Bereich des Auftrefforts der Partikel und/oder
- im Umkreis des Auftrefforts der Partikel

erwärmt oder aufgeheizt werden, so zum Beispiel am oder im Bereich des Orts, an dem die in einem Gasstrahl beschleunigten, auf das Substrat bzw. Werkstück gerichteten Partikel in festem Zustand auf das Substrat bzw. Werkstück aufprallen oder auftreffen.

[0012] In zweckmäßiger Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann der aufgeheizte Bereich oder Umkreis

- 5 - eine geringere, insbesondere laterale, Ausdehnung oder
- eine größere, insbesondere laterale, Ausdehnung

10 als der Partikelstrahl aufweisen. Hierbei kann der Art des eingesetzten Wärmemediums oder Heizmittels bei der Dimensionierung des aufgeheizten Bereichs oder Umkreises entscheidende Bedeutung zukommen.

[0013] Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Prinzip besteht also darin, das Substrat, insbesondere am Ort des Partikelauflaufs, zu erwärmen bzw. aufzuheizen und dadurch zu erweichen bzw. zu duktilisieren, um die Verformung des Substrats beim Partikelauflauf zu begünstigen.

[0014] Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung kann die Temperatur des Substrats auf eine Temperatur zwischen der Aufpralltemperatur der Partikel und der Schmelztemperatur der Partikel erhöht werden.

[0015] Hierbei bedeutet im exemplarischen Falle von 25 Kupferpartikeln mit einer Größe von etwa fünfzig Mikrometern eine Erhöhung der Substrattemperatur auf nur etwa 200 Grad Celsius über der Aufpralltemperatur der Partikel schon eine Verringerung der zum Haften erforderlichen Mindestgeschwindigkeit der Partikel um etwa 30 100 Meter pro Sekunde.

[0016] Durch die erfindungsgemäß bessere Verformbarkeit des Substrats kann zunächst die zum Haften der Partikel notwendige kritische Geschwindigkeit verringert werden, so dass bei ansonsten gleichen Aufprallbedingungen durch eine großflächigere und homogenere Aufheizung der Grenzfläche zwischen Partikel und Substrat eine wesentlich bessere Anbindung eines jeden Partikels an das Substrat erreicht wird.

[0017] Dies hat einerseits zur Folge, dass die zum Haften der Partikel am Substrat erforderliche kritische Geschwindigkeit schon bei im Vergleich zum Stand der Technik geringerem Gasdruck und geringerer Gastemperatur erreicht wird; andererseits wird die kritische Geschwindigkeit auch noch mit im Vergleich zum Stand der Technik größeren und daher langsameren Partikeln erreicht, so dass durch die vorliegende Erfindung das Einsatz- und Anwendungsspektrum der Methode des Kaltgasspritzens unter verschiedensten Bedingungen erweitert wird.

[0018] Hierbei wird der Fachmann auf dem technischen Gebiet des Kaltgasspritzens insbesondere zu schätzen wissen, dass Pulver mit gröberen und mithin im Unterschied zum Stand der Technik vorliegend einsetzbaren Partikeln in der Regel kostengünstiger herzustellen sind als Pulver mit feineren Partikeln, wie sie im Stand der Technik obligatorisch sind.

[0019] Bei ansonsten gleichen Aufprallbedingungen bewirkt die Möglichkeit des Absenkens der kritischen Ge-

schwindigkeit infolge der Erweichung und Duktilisierung des Substrats eine deutlich höhere Auftragsrate oder einen deutlich höheren Auftragswirkungsgrad (sogenannte deposition efficiency), wobei sich dieser erfindungsgemäß erhöhte Auftragswirkungsgrad in einer größeren Masse des haftenden Pulvers in Bezug auf die Masse des aufprallenden Pulvers widerspiegelt.

[0020] Des Weiteren wird mittels der vorliegenden Erfindung auch eine signifikante Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Schichten erzielt. Hierbei können

- sowohl die innere Festigkeit (sogenannte Cohesive Strength)
- als auch die plastische Verformbarkeit (sogenannte Duktilität)

beträchtlich verbessert werden. Darüber hinaus wird insbesondere auf verhältnismäßig harten Substraten die Haftfestigkeit der Schicht (sogenannte Bond Strength) deutlich gesteigert.

[0021] Gemäß einer zweckmäßigen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann nicht nur dem Substrat, sondern auch den Partikeln, insbesondere

- durch Integrieren mindestens eines zweiten Wärme- oder Heizmittels in der Düse und/oder
- durch Verlängern des konvergenten Abschnitts der Düse und/oder
- durch Einbauen mindestens einer verlängerten Vorkammer in die Spritzpistole, der die Düse zugeordnet ist, und/oder
- durch Mikrowellenheizung im Bereich zwischen der Düse und dem Substrat,

Energie zugeführt werden.

[0022] Auf diese Weise kann - neben der Erwärmung oder Aufheizung des Substrats - auch eine autonome Erwärmung oder Aufheizung der Partikel bewerkstelligt werden, so dass in synergetischer Weise sowohl die Partikel als auch das Substrat die Verbesserung hinsichtlich Schicht- oder Formherstellung bewerkstelligen. Die zur Schicht- oder Formherstellung notwendige plastische Energie ergibt sich somit einerseits aus der kinetischen Energie und der Wärme der Partikel und andererseits aus der Wärme des Substrats. Dies führt zu besonders guten Ergebnissen bei der Schicht- oder Formherstellung, insbesondere bei der Beschichtung von Substratwerkstoffen und/oder bei der Herstellung von Formteilen unter Einsatz eines pulverförmigen Spritzwerkstoffs.

[0023] Unabhängig hiervon oder in Verbindung hiermit kann im Falle eines bewegten Partikelstrahls das Erwärmen oder Aufheizen des Substrats in zweckmäßiger Weise auf den Auftreffort begrenzt sein bzw. dem Auftreffort vorseilen. Dies kann in besonders günstiger Weise dann bewerkstelligt werden, wenn der erwärmte oder aufgeheizte Bereich des Substrats eine geringere, insbesondere laterale, Ausdehnung als der Partikelstrahl

aufweist.

[0024] Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren ein Wärme- oder Heizmittel zum Erwärmen oder Aufheizen eines Substrats bei einem Verfahren gemäß der vorstehend dargelegten Art.

[0025] Bei diesem Wärme- oder Heizmittel kann es sich vorzugsweise

- um mindestens einen Kontakt zum Substrat aufweisende Wärme- oder Heizplatte und/oder
- um mindestens einen Wärme- oder Heizstrahler, insbesondere mindestens eine Heizlampe oder Infrarotlampe, und/oder
- um mindestens ein induktives Wärme- oder Heizmittel, insbesondere basierend auf dem Einkoppeln mittel- oder hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, und/oder
- um mindestens einen Laserstrahl und/oder
- um mindestens einen Lichtbogen und/oder
- um mindestens einen Plasmastrahl

handeln. In zweckmäßiger Weise können mindestens zwei der vorgenannten Wärme- oder Heizmittel auch in Kombination miteinander zum Einsatz gelangen.

[0026] Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren eine Kaltgasspritzanlage, aufweisend mindestens ein Wärme- oder Heizmittel gemäß der vorstehend dargelegten Art.

[0027] Die vorliegende Erfindung betrifft schließlich die Verwendung eines Verfahrens gemäß der vorstehend dargelegten Art und/oder mindestens eines Wärme- oder Heizmittels gemäß der vorstehend dargelegten Art und/oder mindestens einer Kaltgasspritzanlage gemäß der vorstehend dargelegten Art zur Schicht- oder Formherstellung, insbesondere bei der Beschichtung von Substratwerkstoffen und/oder bei der Herstellung von Formteilen unter Einsatz eines pulverförmigen Spritzwerkstoffs.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Wie bereits vorstehend erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Hierzu wird einerseits auf die dem Anspruch 1 nachgeordneten Ansprüche verwiesen, andererseits werden weitere Ausgestaltungen, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung nachstehend anhand des durch Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0029] Es zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine beispielhafte Ausgestaltung einer Kaltgasspritzanlage gemäß der vorliegenden Erfindung, bei der das Substrat nach dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung am Auftreffort der Partikel

bzw. im Bereich des Auftrefforts der Partikel
bzw. im Umkreis des Auftrefforts der Partikel
erwärmt oder aufgeheizt wird.

Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

[0030] Das anhand Fig. 1 veranschaulichte Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzanlage 100 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt eine Düse 10 mit einem konvergenten Düsenabschnitt 12, der am Düsenhals 14 in den Düsenauslauf 16 übergeht. Die Düse 10 ist einer (aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung in Fig. 1 nicht explizit wiedergegebenen) Spritzpistole zugeordnet.

[0031] Innerhalb der Düse 10 werden die Partikel 20 zur Schicht- oder Formherstellung in einem Gasstrahl mit Überschallgeschwindigkeit beschleunigt, treffen mit hoher Geschwindigkeit auf das Substrat 30 auf und bilden dort die Beschichtung aus; zur Beschleunigung der Partikel 20 wird das Gas komprimiert sowie vorteilhafterweise erwärmt und anschließend durch Entspannung in der Düse 10 beschleunigt und kühlt sich dabei ab.

[0032] Hinsichtlich der anhand Fig. 1 veranschaulichten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist nun grundsätzlich zu bedenken, dass beim Kaltgasspritzen die zum Haften der Partikel 20 erforderliche Wärme durch plastische Verformung an der Grenzfläche zwischen den Partikel 20 und dem Substrat 30 entsteht.

[0033] Um nun die Haftbedingungen für das Spritzen von Metallen oder Verbundwerkstoffen mit metallischen Anteilen auf metallische und nichtmetallische Substrate 30 zu verbessern, reicht es daher erfindungsgemäß aus, anstelle der Partikel 20 das Substrat 30 am Auftreffort 32 der Partikel 20 und/oder im Bereich des Auftrefforts 32 der Partikel 20 und/oder im Umkreis des Auftrefforts 32 der Partikel 20 zu erwärmen oder zu erhitzen.

[0034] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es jedoch auch von Vorteil, sowohl den Partikeln 20, zum Beispiel

- durch Integrieren einer zweiten Heizeinrichtung in der Spritzpistole,
- durch Verlängern des konvergierenden Düsenabschnitts bzw. Einbauen einer verlängerten Vorkammer in die Spritzpistole und/oder
- durch Mikrowellennachheizung der Partikel auf deren Weg zwischen der Düse 10 und dem Substrat 30,

als auch dem Substrat 30, zum Beispiel durch nachstehend näher erläuterte Wärme- oder Heizmittel 40, Energie zuzuführen, so dass sowohl die Partikel 20 als auch das Substrat 30 über die hierbei erfolgende Erwärmung oder Aufheizung plastisch verformbar sind.

[0035] Das Erwärmen oder Aufheizen des Substrats 30, das heißt die Wahl des Wärmemediums oder Heizmittels 40 kann in Abhängigkeit

- vom Werkstoff des Substrats 30 und/oder

- von den Abmessungen des Substrats 30 erfolgen, zum Beispiel mit einer elektrischen Widerstandsheizung, mit einer Induktionsheizung oder mit einer Flamme.

[0036] Möglich ist auch das Erwärmen oder Aufheizen des Substrats 30 mit einer Quarzlampe von höherer Leistungsdichte, deren Licht auf den Auftreffort 32 der Partikel 20 fokussiert wird.

[0037] Besonders wirkungsvoll ist auch das Erwärmen oder Aufheizen des Substrats 30 mit einem Laserstrahl, der auf den Auftreffort 32 der Partikel 20 fokussiert ist bzw. diesem Auftreffort 32 der Partikel 20 vorausleitet.

[0038] Darüber hinaus können die gewünschten Temperaturen des Substrats 30 auch durch einen fokussierten Plasmastrahl oder durch einen Lichtbogen eingestellt werden.

[0039] Mittels der anhand Fig. 1 veranschaulichten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann die zum Haften der Partikel 20 am Substrat 30 erforderliche kritische Geschwindigkeit verringert sowie eine bessere Anbindung der Partikel 20 an das Substrat 30 erzielt werden. Diese mit steigender Temperatur der Partikel 20 abnehmende kritische oder minimale Geschwindigkeit der Partikel 20 ist dadurch gegeben, dass die Partikel 20 unterhalb der Schwelle dieser kritischen oder minimalen Geschwindigkeit nicht mehr fest genug am Substrat 30 haften, weil die den Partikel 20 innewohnende kinetische Energie, in die die Partikelgeschwindigkeit bekanntlich quadratisch eingeht, zu niedrig ist. Wird zumindest die kritische oder minimale Geschwindigkeit beibehalten, so ist mit dem anhand Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiel der Kaltgasspritzanlage 100 eine bessere und beständigere Haftung der Partikel 20 am Substrat oder Werkstück 30 gewährleistet.

[0040] So wie eine kritische oder minimale Geschwindigkeit der Partikel 20 existiert, gibt es auch eine mit steigender Temperatur der Partikel 20 ebenfalls abnehmende maximale Geschwindigkeit der Partikel 20; oberhalb der Schwelle dieser maximalen Geschwindigkeit spritzen die Partikel 20 aufgrund ihrer zu hohen kinetischen Energie, in die die Partikelgeschwindigkeit bekanntlich quadratisch eingeht, vom Substrat 30 zurück, das heißt die Auftragsrate oder der Auftragswirkungsgrad (sogenannte deposition efficiency) wird zu gering.

[0041] Der Bereich optimaler Schicht- oder Formherstellung befindet sich zwischen der (erfindungsgemäß absenkbaren) kritischen oder minimalen Geschwindigkeit der Partikel 20 und der maximalen Geschwindigkeit der Partikel 20.

Bezugszeichenliste

[0042]

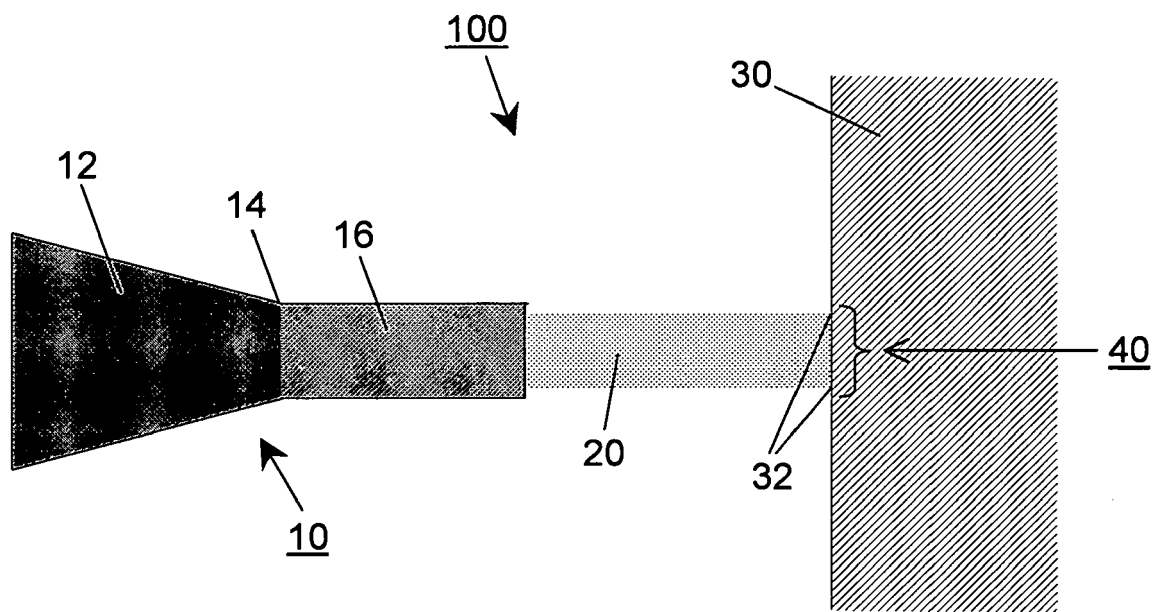
100	Kaltgasspritzanlage
10	Düse
12	konvergenter Abschnitt der Düse 10

- 14 Hals der Düse 10
- 16 Auslauf der Düse 10
- 20 Partikel oder Partikelstrahl
- 30 Substrat oder Werkstück
- 32 Auftreffort der Partikel 20 auf das Substrat 30
- 40 Wärme- oder Heizmittel

strahlers, insbesondere mittels mindestens einer Heizlampe oder Infrarotlampe, aufgeheizt (40) wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kaltgasspritzen, bei welchem Partikel (20) in einem insbesondere strahlförmigen Gas beschleunigt werden und mit hoher Geschwindigkeit auf ein Substrat (30) auftreffen, wobei das Gas komprimiert sowie erwärmt und anschließend durch Entspannen in einer Düse (10) beschleunigt wird und sich dabei abkühlt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (30) aufgeheizt (40) wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (30) am Auftreffort (32) der Partikel (20) und/oder im Bereich des Auftrefforts (32) der Partikel (20) und/oder im Umkreis des Auftrefforts (32) der Partikel (20) aufgeheizt (40) wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aufgeheizte (40) Bereich oder Umkreis
 - eine geringere, insbesondere laterale, Ausdehnung oder
 - eine größere, insbesondere laterale, Ausdehnung als der Strahl von Partikeln (20) aufweist.
4. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aufheizen (40) des Substrats (30) im Falle eines bewegten Strahls von Partikeln (20) auf den Auftreffort (32) begrenzt ist bzw. dem Auftreffort (32) vorausseilt.
5. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Substrats (30) auf eine Temperatur zwischen der Aufpralltemperatur der Partikel (20) und der Schmelztemperatur der Partikel (20) erhöht wird.
6. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel (20) erwärmt werden.
7. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (30)
 - mittels mindestens einer mindestens einen Kontakt zum Substrat (30) aufweisenden Wärme- oder Heizplatte und/oder
 - mittels mindestens eines Wärme- oder Heiz-
8. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (30) induktiv, insbesondere durch Einkoppeln von mittel- oder hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, aufgeheizt (40) wird.
9. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (30) mittels mindestens eines Laserstrahls und/oder mittels mindestens eines Lichtbogens und/oder mittels mindestens eines Plasmastrahls aufgeheizt (40) wird.
10. Wärme- oder Heizmittel (40) zum Aufheizen eines Substrats (30) bei einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Kaltgasspritzanlage (100), **gekennzeichnet durch** mindestens ein Wärme- oder Heizmittel (40) gemäß Anspruch 10.
12. Verwendung eines Verfahrens gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder mindestens eines Wärme- oder Heizmittels (40) gemäß Anspruch 10 und/oder mindestens einer Kaltgasspritzanlage (100) gemäß Anspruch 11 zur Schicht- oder Formherstellung, insbesondere bei der Beschichtung von Substratwerkstoffen und/oder bei der Herstellung von Formteilen unter Einsatz eines pulverförmigen Spritzwerkstoffs.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 06 02 2876

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2005/233090 A1 (TAPPHORN RALPH M [US] ET AL) 20. Oktober 2005 (2005-10-20) * Seite 1, Absatz 5 - Absatz 6 * * Seite 2, Absatz 11 - Absatz 22 * * Seite 3, Absatz 26 - Absatz 27 * * Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-4 *	1-12	INV. C23C24/04 C23C4/12 C23C24/08 B05B7/00
X	RU 2 062 820 C1 (GERSHMAN IOSIF S [RU]; SOLDATENKOV SERGEJ I [RU]; BUSHE NIKOLAJ A [RU]) 27. Juni 1996 (1996-06-27) * Zusammenfassung *	1,6, 10-12	
E	WO 2006/130395 A (HONEYWELL INT INC [US]; RAYBOULD DEREK [US]; DUFFY TIMOTHY R [US]; FLO) 7. Dezember 2006 (2006-12-07) * das ganze Dokument *	1,10-12	
X	EP 1 383 610 B1 (INNOVATIVE TECHNOLOGY INC [US]) 29. März 2006 (2006-03-29) * Seite 4, Absatz 14 * * Seite 5, Absatz 21 - Seite 6, Absatz 28 * * Seite 7, Absatz 33 - Absatz 35 * * Seite 8, Absatz 41 - Seite 9, Absatz 46 * * Seite 10, Absatz 50 * * Seite 13, Absatz 62 - Absatz 64 * * Ansprüche 1,2,4,7,12-15,20,25,27 *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C B05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		12. März 2007	
		Prüfer	
		Ovejero, Elena	
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			

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 02 2876

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.

12-03-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005233090 A1	20-10-2005	KEINE	
RU 2062820 C1	27-06-1996	KEINE	
WO 2006130395 A	07-12-2006	US 2006269685 A1	30-11-2006
EP 1383610 B1	29-03-2006	AT 321612 T	15-04-2006
		CA 2482287 A1	31-10-2002
		DE 60210267 T2	24-08-2006
		EP 1383610 A1	28-01-2004
		MX PA03009813 A	07-03-2005
		WO 02085532 A1	31-10-2002

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2006034778 A1 [0005] [0006]
- WO 2006034777 A1 [0006]
- EP 1593437 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **TOBIAS SCHMIDT ; FRANK GÄRTNER ; HAMID ASSADI ; HEINRICH KREYE.** Development of a generalized parameter window for cold spray deposition. *Acta Materialia*, 2006, vol. 54, 729-742 [0003]