



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 2 108 051 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**30.04.2014 Patentblatt 2014/18**

(51) Int Cl.:  
**B05B 7/14 (2006.01)** **B05B 7/16 (2006.01)**  
**C23C 24/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08701266.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2008/050087**

(22) Anmeldetag: **07.01.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2008/084025 (17.07.2008 Gazette 2008/29)**

---

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KALTGASSPRITZEN VON PARTIKELN  
UNTERSCHIEDLICHER FESTIGKEIT UND/ODER DUKTILITÄT**

METHOD AND DEVICE FOR THE COLD-GAS SPRAYING OF PARTICLES HAVING DIFFERENT  
SOLIDITIES AND/OR DUCTILITIES

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE PROJECTION DYNAMIQUE PAR GAZ FROID DE PARTICULES DE  
DIFFÉRENTE DURETÉ ET/OU DUCTILITÉ

---

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT  
RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **09.01.2007 DE 102007001477**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.10.2009 Patentblatt 2009/42**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  

- **ARNDT, Axel**  
10961 Berlin (DE)
- **PYRITZ, Uwe**  
13599 Berlin (DE)
- **SCHIEWE, Heike**  
12167 Berlin (DE)
- **ULLRICH, Raymond**  
14621 Schönwalde (DE)

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 712 657 EP-A- 1 925 693**

---

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 Kaltgasspritzen, bei dem Partikel einer ersten Art zusammen mit Partikeln einer zweiten Art in eine Stagnationskammer eingespeist werden und zusammen mit einem Trägergas durch eine der Stagnationskammern nachgeschaltete Düse auf ein zu beschichtendes Substrat beschleunigt werden. Dabei verformen sich die Partikel der ersten Art und bleiben unter Ausbildung einer Schicht haften, wobei die Partikel der zweiten Art, die eine höhere Festigkeit und/oder eine geringere Duktilität als die Partikel der ersten Art aufweisen, in die Schicht eingebaut werden.

**[0002]** Das eingangs genannte Verfahren ist beispielsweise aus der US 2003/0126800 A1 bekannt. Gemäß diesem Verfahren werden durch Kaltgasspritzen Partikel eines Hartstoffes zusammen mit Partikeln eines metallischen Werkstoffes auf der Oberfläche von Turbineschäufeln abgeschieden. Dabei wird ein Anteil von 15 bis 20 % der Hartstoffpartikel in die sich beim Kaltgasspritzen ausbildende Matrix des metallischen Matrixwerkstoffes eingebettet. Die Hartstoffpartikel bleiben aufgrund ihrer hohen Festigkeit und geringen Duktilität in der Matrix unverändert. Hierdurch lässt sich auch die Tatsache erklären, dass die Einbaurate von Hartstoffen mit Anteilen von mehr als 20 % nicht möglich ist. Die Hartstoffpartikel bleiben nämlich nicht selbstständig auf der Oberfläche des zu beschichtenden Substrates haften, da hierzu der kinetische Energieeintrag des Kaltgasspritzens nicht ausreicht und die Partikel keine genügende Duktilität aufweisen. Vielmehr werden die Partikel des Hartstoffes in die gerade sich ausbildende Matrix des metallischen Werkstoffes mit eingebaut, so dass die Hafung indirekt durch die Komponente mit der geringeren Festigkeit bzw. höheren Duktilität gewährleistet wird.

**[0003]** Gemäß EP 1 925 693 A2, welche nach dem Anmeldetag der vorliegenden Anmeldung veröffentlicht wurde, ist eine Kaltspritzeinrichtung beschrieben, welche mehrere Einspeisungsstellen für verschiedene Pulver aufweist. Eine Einspeisungsstelle mündet in die Stagnationskammer, in der eine zuverlässige Mischung mit dem Prozessgas möglich ist. Alle weiteren Einspeisungsstellen liegen im Überschallbereich der Düse bzw. hinter der Düse.

**[0004]** Gemäß der EP 1 712 657 A2 ist weiterhin beschrieben, dass mehrere Einspeisungsstellen in einem Beschichtungsverfahren auch dahingehend genutzt werden können, dass abwechselnd das eine Pulver und das andere Pulver abgeschieden wird.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Verfahren zum Kaltgasspritzen anzugeben, mit dem sich bei der Verwendung von Partikeln unterschiedlicher Art diejenigen Partikel mit der höheren Festigkeit und/oder der geringen Duktilität mit einem vergleichsweise hohen Schichtanteil in die Schicht einbringen lassen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Partikel der ersten Art in einem ersten

Bereich der Stagnationskammer eingespeist werden, der näher an der Düse liegt, als ein zweiter Bereich, in dem die Partikel der zweiten Art eingespeist werden. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, dass die Partikel der zweiten Art, die aufgrund der höheren Festigkeit und/oder der geringeren Duktilität problematisch hinsichtlich einer Abscheidung in hohen Raten sind, einen stärkeren Energieeintrag in der Stagnationskammer erfahren. Dieser Energieeintrag wird vorrangig durch das vorgeheizte Trägergas des Kaltgasstrahls bewirkt. Zwischen den Molekülen des Trägergases und den in der Stagnationskammer befindlichen Partikeln findet nämlich ein Temperaturausgleich statt. Dieser fällt um so stärker aus, je länger die Partikel in der Stagnationskammer verbleiben. Da der zweite Bereich, in dem die Partikel der zweiten Art eingespeist werden, in Flussrichtung des Trägergases weiter von der Düse entfernt ist, ist der Energieeintrag in die Partikel der zweiten Art größer. Dadurch verbessern sich vorteilhaft die Voraussetzungen für eine Abscheidung der Partikel der zweiten Art.

**[0007]** Die zusätzliche Erwärmung der festeren bzw. weniger duktilen Partikel kann, wie sich gezeigt hat, den Beschichtungsprozess auf unterschiedliche Weise beeinflussen. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung können die Partikel der zweiten Art aus einem spröden Werkstoff, insbesondere aus einem keramischen Werkstoff, hergestellt werden. Als keramischer Werkstoff kommt insbesondere Wolframcarbid in Frage, wobei dieser bevorzugt auf der Schaufel eines Verdichters oder eine Turbine abgeschieden werden kann, um deren Standzeit zu erhöhen.

**[0008]** Die zusätzliche Erwärmung von spröden Werkstoffen in der Stagnationskammer ändert deren Eigenschaften grundsätzlich nicht. Dennoch hat es sich gezeigt, dass die erwärmten Partikel höhere Einbauraten in eine duktile Matrix erlauben. Dies wird damit erklärt, dass die Partikel der zweiten Art als thermische Energiespeicher zum Einsatz kommen, wobei diese thermische Energie im Augenblick des Einbaus der spröden Partikel in die duktile Matrix das Zusammenspiel zwischen den Partikeln der ersten und zweiten Art verbessert. Der in die spröden Partikel eingebrachte Energiebeitrag wird insofern indirekt dem Schichtaufbau mit den duktilen Partikeln zur Verfügung gestellt.

**[0009]** Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Partikel der zweiten Art aus einem Metall oder einer Metalllegierung hergestellt werden, welches/welche oberhalb einer Übergangstemperatur duktil und unterhalb dieser Temperatur spröde ist, wobei die Partikel der zweiten Art in der Stagnationskammer so weit erwärmt werden, dass diese sich duktil verhalten. Gelingt es, durch eine Vorwärmung der Partikel der zweiten Art zu bewirken, dass diese ebenfalls duktil werden, so ist vorteilhaft eine Abscheidung dieser Partikel möglich, ohne dass diese in eine Matrix eines anderen Werkstoffes eingebaut werden müssten. Hierdurch ergibt sich vorteilhaft, dass der Anteil des an sich spröden Materials beliebig gesteigert werden kann, da

eine diese Partikel umschließende Matrix des anderen Schichtbestandteils nicht mehr notwendig ist. Dies führt vorteilhaft dazu, dass mit dem Kaltgasspritzen eine stärkere Bandbreite von Legierungszusammensetzungen abgeschieden werden kann.

**[0010]** Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Trägergas in der Stagnationskammer geheizt wird. Hierzu kann in der Stagnationskammer beispielsweise eine beheizbare Außenwand vorgesehen werden. Durch die zusätzliche Beheizung des Trägergases in der Stagnationskammer kann der Energiebetrag, der in die Partikel der zweiten Art eingebracht wird, vor der Entspannung des Trägergases in der Düse zumindest zum Teil ersetzt werden. Auch lässt sich ein gewisser Energieeintrag von der Heizung in die Partikel der zweiten Art selbst erreichen.

**[0011]** Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Kaltgasspritzen. Derartige Vorrichtungen sind allgemein bekannt und beispielsweise in der US 2004/0037954 A1 bekannt. Eine solche Vorrichtung weist eine Stagnationskammer mit einer Zuführöffnung für ein Trägergas und einer ersten Einspeisungsleitung für zur Beschichtung vorgesehene Partikel auf, wobei diese Partikel im Folgenden als erste Partikel bezeichnet werden. Außerdem ist der Stagnationskammer gesehen in Flussrichtung des Trägergases eine Düse nachgeschaltet, durch die das Trägergas mit den Partikeln in Richtung eines zu beschichtenden Substrates entspannt wird. Dabei kühlst sich das Trägergas adiabatisch ab, wobei der Energiebetrag, der hierdurch freigesetzt wird, in eine Beschleunigung des Trägergases sowie der zur Beschichtung vorgesehenen Partikel umgesetzt wird.

**[0012]** Wie bereits erläutert, ist eine Abscheidung von Partikeln mit unterschiedlich hoher Festigkeit und/oder Duktilität nur unter Einschränkungen möglich.

**[0013]** Die Aufgabe der Erfindung besteht weiterhin darin, eine Vorrichtung zum Kaltgasspritzen anzugeben, mit der sich Schichten herstellen lassen, in denen ein vergleichsweise hoher Anteil an Partikeln mit einer höheren Festigkeit und/oder einer geringeren Duktilität als die Partikel der ersten Art (im Folgenden Partikel der zweiten Art genannt) eingebaut werden können.

**[0014]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Stagnationskammer eine zweite Einspeisungsleitung vorgesehen ist, wobei die erste Einspeisungsleitung in einen ersten Bereich der Stagnationskammer mündet, der näher an der Düse liegt als ein zweiter Bereich, in den die zweite Einspeisungsleitung mündet. Diese Vorrichtung ist für einen Betrieb nach dem oben genauer geschilderten Verfahren geeignet, da diese zwei Einspeisungsleitungen aufweist, und auf diese Weise die Partikel der zweiten Art dazu gebracht werden können, einen weiteren Weg durch die Stagnationskammer zurückzulegen, als die Partikel der ersten Art. Auf diese Weise lässt sich eine Vorwärmung der Partikel der zweiten Art verbunden mit den oben bereits genannten Vorteilen erreichen.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung dieser Er-

findung ist die Vorrichtung mit einer Heizeinrichtung versehen, die an der Stagnationskammer angebracht ist. Hierdurch lässt sich die Wand der Stagnationskammer bzw. das Innere der Stagnationskammer direkt erwärmen, wodurch ein zusätzlicher Wärmebetrag in die Partikel der zweiten Art bzw. des Trägergases eingebracht werden kann.

**[0016]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Heizeinrichtung in die Wand der Stagnationskammer integriert ist. Dies hat den Vorteil, dass die Strömungsverhältnisse im Inneren der Stagnationskammer nicht beeinträchtigt werden und andererseits ein kurzer Wärmeübertragungsweg von der Heizeinrichtung zu der Wand der Stagnationskammer gewährleistet ist.

**[0017]** Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung wird erhalten, wenn sich die erste Einspeisungsleitung und/oder zweite Einspeisungsleitung derart in der Vorrichtung verschieben lassen, dass die Entfernung vom ersten Bereich und/oder zweiten Bereich zur Düse veränderlich ist. Dies hat den Vorteil, dass die durch das Trägergas übertragbare Wärmemenge dadurch gesteuert werden kann, dass die Einspeisungsstellen für die Partikel in Richtung des Trägergasstromes veränderlich sind. Diese beeinflussen direkt die Länge des Weges, den die Partikel durch die Stagnationskammer zur Düse zurücklegen müssen, wobei dieser Weg ausschlaggebend für die übertragbare Wärmemenge ist.

**[0018]** Weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen

Figur 1 den schematischen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zum Kaltgasspritzen und

Figur 2 ein Diagramm der Kerbschlagarbeit über der Temperatur bei Metallen, die eine Übergangstemperatur haben.

**[0019]** Eine Kaltgasspritzpistole 11 als Vorrichtung zum Kaltgasspritzen stellt das Kernstück einer thermischen Spritzvorrichtung dar, wie sie beispielsweise in der US 2004/00347954 A1 beschrieben ist. Die Kaltgasspritzpistole 11 besteht im Wesentlichen aus einem einzigen Gehäuse 13, in dem eine Laval-Düse 14 und eine Stagnationskammer 15 ausgebildet sind. Im Bereich der Stagnationskammer 15 ist in die Wand des Gehäuses 13 eine Heizspirale 16 eingebettet, welche die Beheizung eines Trägergases bewirkt, welches durch eine Zuführungsöffnung 17 der Stagnationskammer 15 zugeführt wird.

**[0020]** Das Trägergas gelangt durch die Zuführöffnung 17 zunächst in die Stagnationskammer 15 und verlässt diese durch die Laval-Düse 14. Dabei kann das Trägergas in der Stagnationskammer bis zu 800° C aufgewärmt werden. Durch eine zweite Einspeisungsleitung 18a sowie eine erste Einspeisungsleitung 19 werden die zur Beschichtung vorgesehenen Partikel eingespeist. Durch

55

eine Entspannung des mit den Partikeln beaufschlagten Trägergasstromes durch die Laval-Düse 14 wird eine Abkühlung des Trägergasstroms bewirkt, der im Bereich der Düsenöffnung Temperaturen unter 300° C aufweist. Diese Temperaturverringerung ist auf eine im Wesentlichen alfabatische Expansion des Trägergases zurückzuführen, welches in der Stagnationskammer beispielsweise einen Druck von 30 Bar aufweist und außerhalb der Düsenöffnung auf Atmosphärendruck entspannt wird.

**[0021]** Die erste Einspeisungsleitung 19 mündet in einem sehr düsennahen Bereich in die Stagnationskammer. Als Düse wird im Rahmen dieser Anmeldung der Teil der Kaltspritzpistole aufgefasst, der sich im Querschnitt zunächst verengt und dann wieder erweitert (angedeutet durch die Klammer zum Bezugszeichen 14). Der Bereich der Kaltspritzpistole, der als Stagnationskammer dient, ist mit der Klammer zum Bezugszeichen 15 gekennzeichnet. Aus Figur 1 wird deutlich, dass der an den zylindrischen Bereich der Stagnationskammer anschließende konische Bereich sowohl der Stagnationskammer 15 als auch der Düse 14 zugerechnet werden kann. Die Strömungsverhältnisse zwischen Stagnationskammer und Düse gehen nämlich ineinander über, wobei die an den zylindrischen Bereich anschließenden konischen Wandteile anfänglich noch einen derart großen Querschnitt bilden, dass die Strömungsverhältnisse eher denen in der Stagnationskammer entsprechen, d. h. eine signifikante Beschleunigung des Trägergases und der Partikel erst in dem wesentlich engeren konischen Bereich auftritt. Daher mündet die erste Einspeisungsleitung 19 auch in diesen konischen Bereich, damit die eingespeisten Partikel möglichst ohne Zeitverzögerung in dem signifikant als Düse 14 wirkenden Teil beschleunigt werden.

**[0022]** Die zweite Einspeisungsleitung 18a mündet in den der Düse 14 abgewendeten Teil der Stagnationskammer 15, so dass die Partikel die gesamte Stagnationskammer durchlaufen müssen und dabei vorrangig vom Trägergas aufgeheizt werden. Durch die beiden Einspeisungsstellen der Einspeisungsleitungen 18a, 19 entsteht ein erster Bereich 20 und ein zweiter Bereich 21 für die Einspeisung der Partikel erster Art 22 und der Partikel zweiter Art 23 (in Figur 1 nur angedeutet). In dem in der Düse erzeugten Kaltgasstrahl 24 liegen die Partikel erster Art 22 und zweiter Art 23 dann gemischt vor und werden auf einem Substrat 25 als Schicht 26 abgeschieden.

**[0023]** Alternativ zur Einspeisungsleitung 18a lässt sich auch eine Einspeisungsleitung 18b vorsehen, welche axial verschieblich ist. Durch eine Verschiebung in Richtung des angedeuteten Doppelpfeiles kann damit die Einspeisungsstelle 21 zur Düse 14 hin und von ihr weg bewegt werden. Hierdurch kann die Kaltspritzpistole 11 an den jeweiligen Anwendungsfall und die notwendige Wärmemenge zur Vorwärmung der Partikel 23 angepasst werden.

**[0024]** In Figur 2 ist das temperaturabhängige Verhal-

ten von Metallen mit einer Übergangstemperatur  $T_u$  schematisch dargestellt. Auf der X-Achse ist die Temperatur T aufgetragen und auf der Y-Achse die Kerbschlagarbeit  $A_v$ . Diese wird im sogenannten Kerbschlagbiegeversuch ermittelt, bei dem eine gekerbte Probe einer schlagenden Beanspruchung ausgesetzt wird (beispielsweise DIN EN 10045). Das Verhalten der Metalle kann abhängig vom Bruchverhalten in drei Bereiche eingeteilt werden. In Bereich I erfolgt ein Sprödbruch, da

das Metall seine duktilen Eigenschaften bei tiefen Temperaturen verliert. Im Bereich III verhält sich das Metall duktil und entfaltet daher die an sich für Metalle bekannten mechanischen Eigenschaften. Zwischen dem Bereich I und dem Bereich III liegt der Bereich II, in denen sogenannte Mischbrüche auftreten, die spröde und duktile Anteile aufweisen. Wie den strichpunktierter Linien entnommen werden kann, liegt in dem Bereich II eine große Streuung bei der Ermittlung der Kerbschlagarbeit vor, da die Verhältnisse im Gefüge chaotisch sind. In den Bereichen I und III lassen sich die Werte für die Kerbschlagarbeit genauer ermitteln. Die Übergangstemperatur  $T_u$  ist daher ein Wert, der sich nicht genau ermitteln lässt.

**[0025]** Typische Metalle, die eine Übergangstemperatur aufweisen, sind die folgenden:

Metalle mit kubisch raumzentriertem Gitter (unlegierte und niedrig legierte Stähle, Chrom, Molybdän),

Metalle mit hexagonalen Gittern (Aluminium)

**[0026]** Beispielsweise haben unlegierte Stähle mit einem Anteil von mehr als 0,6 Masse-% Kohlenstoff bereits eine Übergangstemperatur zwischen 100 und 200° C, so dass diese für das erfindungsgemäße Verfahren prädestiniert sind. Ein anderes Beispiel ist die Erzeugung einer Kupfer-Chrom-Legierung mittels Kaltgasspritzten. Außerdem können auch Turbinenschaufeln beschichtet werden, wobei beispielsweise Wolframcarbid als Hartstoff zusammen mit einer MCRAIY-Legierung abgeschieden werden.

#### Bezugszeichenliste

**45 [0027]**

11 Partikel 1

12 Partikel 2

14 Düse

15 Stagnationskammer

55 16 Heizspirale

17 Zuführöffnung

18a, 18b	Einspeisungsleitung		welches/welche oberhalb einer Übergangstemperatur duktil und unterhalb dieser Temperatur spröde ist, wobei die Partikel (23) der zweiten Art in der Stagnationskammer so weit erwärmt werden, dass diese sich duktil verhalten.
19	Einspeisungsleitung		
20	1. Bereich	5	
21	2. Bereich		5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, <b>dadurch gekennzeichnet,</b> <b>dass</b> das Trägergas in der Stagnationskammer (15) geheizt wird.
22	1. Partikel	10	
23	2. Partikel		6. Vorrichtung zum Kaltgasspritzen, aufweisend
25	Substrat		- eine Stagnationskammer (15) mit einer Zuführöffnung (17) für ein Trägergas und einer ersten Einspeisungsleitung (19) für zur Beschichtung vorgesehene Partikel (22) einer ersten Art und - eine der Stagnationskammer (15) nachgeschaltete Düse (14)
26	Schicht	15	

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kaltgasspritzen, bei dem Partikel (22) einer ersten Art zusammen mit Partikeln (23) einer zweiten Art in eine Stagnationskammer (15) eingespeist werden und zusammen mit einem Trägergas durch eine der Stagnationskammer (15) nachgeschaltete Düse (14) auf ein zu beschichtendes Substrat (25) beschleunigt werden, wobei sich die Partikel (22) der ersten Art verformen und auf dem Substrat (25) unter Ausbildung einer Schicht (26) haften bleiben und wobei die Partikel (23) der zweiten Art, die eine höhere Festigkeit und/oder eine geringere Duktilität als die Partikel (22) der ersten Art aufweisen, in die Schicht (26) eingebaut werden  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Partikel (22) der ersten Art in einem ersten Bereich (20) der Stagnationskammer (15) eingespeist werden, der näher an der Düse (14) liegt als ein zweiter Bereich (21) der Stagnationskammer (15), in dem die Partikel (23) der zweiten Art eingespeist werden.  
20
  2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Partikel (23) der zweiten Art aus einem spröden Werkstoff, insbesondere aus einem keramischen Werkstoff hergestellt werden.  
25
  3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Partikel (23) der zweiten Art aus einem Hartstoff, insbesondere Wolframcarbid (WoC) hergestellt werden und dass als Substrat eine Schaufel für einen Verdichter oder eine Turbine beschichtet wird.  
30
  4. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Partikel (23) der zweiten Art aus einem Metall oder einer Metalllegierung hergestellt werden,  
35
- dadurch gekennzeichnet,  
**dass** in der Stagnationskammer (15) eine zweite Einspeisungsleitung (18a,18b) vorgesehen ist, wobei die erste Einspeisungsleitung (19) in einen ersten Bereich (20) der Stagnationskammer (15) mündet, der näher an der Düse (14) liegt als ein zweiter Bereich (21) der Stagnationskammer (15), in den die zweite Einspeisungsleitung mündet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Stagnationskammer mit einer Heizeinrichtung versehen ist.  
40
  8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Heizeinrichtung in die Wand der Stagnationskammer integriert ist.  
45
  9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sich die erste Einspeisungsleitung (19) und/oder zweite Einspeisungsleitung (18a,18b) derart in der Vorrichtung verschieben lassen, das die Entfernung vom ersten Bereich (20) und/oder zweiten Bereich (21) zur Düse veränderlich ist.  
50
- Claims**
1. Cold gas spraying process, in which particles (22) of a first type together with particles (23) of a second type are fed into a stagnation chamber (15) and are accelerated, together with a carrier gas, through a nozzle (14) connected downstream of the stagnation chamber (15) onto a substrate (25) to be coated, wherein the particles (22) of the first type deform and

remain adhering to the substrate (25) to form a layer (26), and wherein the particles (23) of the second type, which have a higher solidity and/or a lower ductility than the particles (22) of the first type, are incorporated into the layer (26),

**characterized**

**in that** the particles (22) of the first type are fed into a first area (20) of the stagnation chamber (15), which is closer to the nozzle (14) than a second area (21) of the stagnation chamber (15), into which the particles (23) of the second type are fed.

2. Process according to Claim 1,

**characterized**

**in that** the particles (23) of the second type are produced from a brittle material, in particular from a ceramic material.

3. Process according to Claim 2,

**characterized**

**in that** the particles (23) of the second type are produced from a hard material, in particular tungsten carbide (WoC), and in that the substrate coated is a blade or vane for a compressor or a turbine.

4. Process according to Claim 1,

**characterized**

**in that** the particles (23) of the second type are produced from a metal or a metal alloy which is ductile above a transition temperature and brittle below this temperature, wherein the particles (23) of the second type are heated in the stagnation chamber to such an extent that they have a ductile behavior.

5. Process according to one of the preceding claims,

**characterized**

**in that** the carrier gas is heated in the stagnation chamber (15).

6. Cold gas spraying device, comprising

- a stagnation chamber (15) having a supply opening (17) for a carrier gas and a first infeed line (19) for particles (22) of a first type intended for coating, and
- a nozzle (14) connected downstream of the stagnation chamber (15),

**characterized**

**in that** a second infeed line (18a, 18b) is provided in the stagnation chamber (15), wherein the first infeed line (19) issues into a first area (20) of the stagnation chamber (15), which is closer to the nozzle (14) than a second area (21) of the stagnation chamber (15), into which the second infeed line issues.

7. Device according to Claim 6,

**characterized**

**in that** the stagnation chamber is provided with a heating device.

8. Device according to Claim 7,  
**characterized**

**in that** the heating device is integrated in the wall of the stagnation chamber.

9. Device according to one of Claims 6 to 8,  
**characterized**

**in that** the first infeed line (19) and/or second infeed line (18a, 18b) can be moved in the device in such a way that the distance between the first area (20) and/or second area (21) and the nozzle can be varied.

## Revendications

20 1. Procédé de projection de gaz froid, dans lequel on injecte des particules (22) d'un premier genre ensemble avec des particules (23) d'un deuxième genre dans une chambre (15) de stagnation et, ensemble avec un gaz porteur, on les accélère sur un substrat (25) à revêtir par une buse (14) montée en aval de la chambre (15) de stagnation, des particules (22) du premier genre se déformant et restant adhérentes au substrat (25) avec formation d'une couche (26) et les particules (23) du deuxième genre, qui ont une résistance plus grande et/ou une ductilité plus petite que les particules (22) du premier genre, étant incorporées dans la couche (26),  
**caractérisé**

**en ce qu'** on injecte les particules (22) du premier genre dans une première partie (20) de la chambre (15) de stagnation, qui est plus près de la buse (14) que la deuxième partie (21) de la chambre (15) de stagnation, dans laquelle les particules (23) du deuxième genre sont injectées.

2. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé**

**en ce que** les particules (23) du deuxième genre sont en un matériau cassant, notamment en un matériau céramique.

3. Procédé suivant la revendication 2,  
**caractérisé**

**en ce que** les particules (23) du deuxième genre sont en une matière dure, notamment en carbure de tungstène (WoC) et **en ce que**, comme substrat, on revêt une aube d'un compresseur ou d'une turbine.

4. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé**

les particules (23) du deuxième genre sont en un métal ou en un alliage métallique, qui est ductile au-dessus d'une température de transition et cassant

en dessous de cette température, les particules (23) du deuxième genre étant réchauffées dans la chambre de stagnation jusqu'à ce qu'elles deviennent ductiles.

5

5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes,

**caractérisé**

**en ce qu'** on chauffe le gaz porteur dans la chambre (15) de stagnation.

10

6. Dispositif de projection de gaz (3), comportant

- une chambre (15) de stagnation ayant une ouverture (17) d'entrée pour un gaz porteur et un premier conduit (19) d'injection pour des particules (22) d'un premier genre prévues pour le revêtement et

- une buse (14) montée en aval de la chambre (15) de stagnation,

15

20

**caractérisé**

**en ce qu'** il est prévu, dans la chambre (15) de stagnation, un deuxième conduit (18a, 18b) d'injection, le premier conduit (19) d'injection débouchant dans une première partie (20) de la chambre (15) de stagnation, qui est plus près de la buse (14) qu'une deuxième partie (21) de la chambre (15) de stagnation, dans laquelle débouche le deuxième conduit d'injection.

25

30

7. Dispositif suivant la revendication 6,

**caractérisé**

**en ce que** la chambre de stagnation est pourvue d'un dispositif de chauffage.

35

8. Dispositif suivant la revendication 7,

**caractérisé**

**en ce que** le dispositif de chauffage est intégré à la paroi de la chambre de stagnation.

40

9. Dispositif suivant l'une des revendications 6 à 8,

**caractérisé**

**en ce que** le premier conduit (19) d'injection et/ou le deuxième conduit (18a, 18b) d'injection peuvent coulisser dans le dispositif, de manière à modifier la distance de la première partie (20) et/ou de la deuxième partie (21) à la buse.

45

50

55

FIG 1

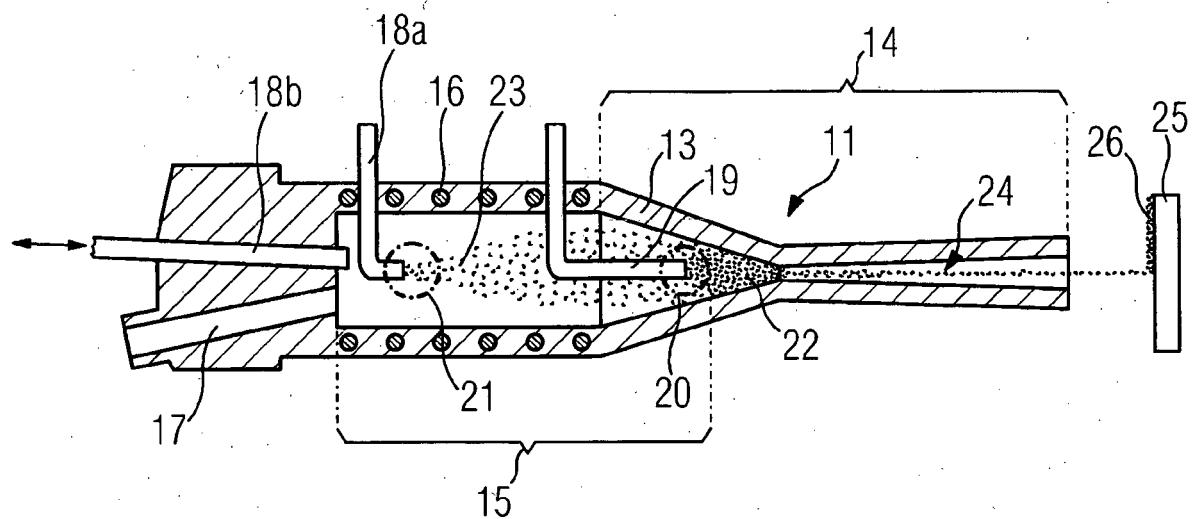
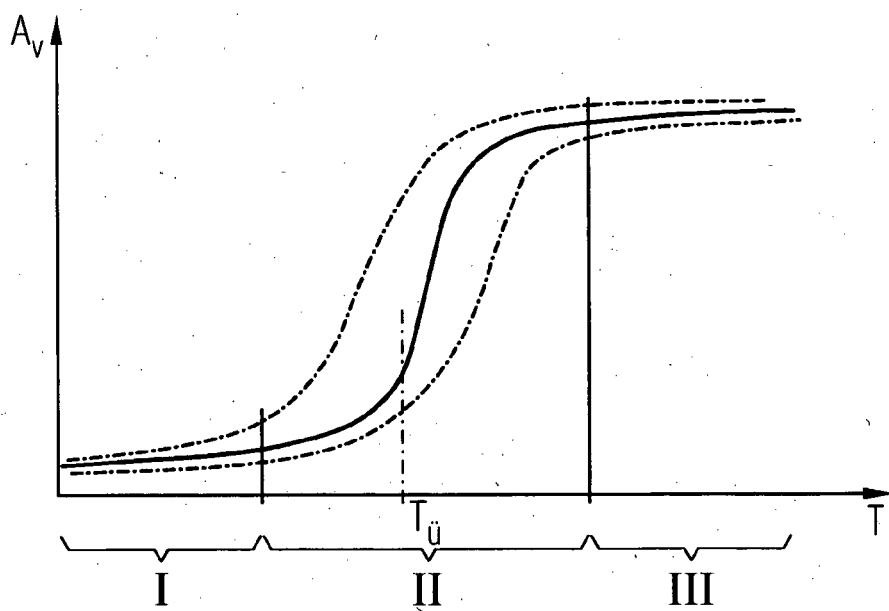


FIG 2



**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**

- US 20030126800 A1 **[0002]**
- EP 1925693 A2 **[0003]**
- EP 1712657 A2 **[0004]**
- US 20040037954 A1 **[0011]**
- US 200400347954 A1 **[0019]**