

(19)



(11)

EP 1 390 152 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.09.2007 Patentblatt 2007/36

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

(21) Anmeldenummer: **02799718.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/004978

(22) Anmeldetag: **06.05.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/041868 (22.05.2003 Gazette 2003/21)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KALTGASSPRITZEN**

COLD GAS SPRAYING METHOD AND DEVICE

PROCEDE ET DISPOSITIF DE PROJECTION PAR GAZ FROID

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **29.05.2001 DE 10126100**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.02.2004 Patentblatt 2004/09

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft
65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:
• **HEINRICH, Peter
82110 Germering (DE)**
• **STOLTENHOFF, Thorsten
21465 Wentorf (DE)**

• **RICHTER, Peter
84431 Heldenstein (DE)**
• **KREYE, Heinrich
22175 Hamburg (DE)**
• **RICHTER, Horst
Norwich, VT 05055 (US)**

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer
Linde AG
Abraham-Lincoln-Str.21
65189 Wiesbaden (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-98/22639 DE-A- 4 128 670
DE-C- 808 538 US-A- 5 616 067
US-A1- 2002 071 906

EP 1 390 152 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung einer Beschichtung oder eines Formteils mittels Kaltgasspritzen, bei dem die pulverförmigen Spritzpartikel in einen Gasstrahl, für welchen ein Gas auf einen hohen Ausgangsdruck von bis zu 6,3 MPa gebracht und über eine Lavalldüse entspannt wird, mittels eines Pulverrohrs injiziert werden und die Spritzpartikel bei der Entspannung des Gasstrahls in der Lavalldüse auf Geschwindigkeiten von bis zu 2000 m/sec gebracht werden.

[0002] Es ist bekannt, auf Werkstoffe unterschiedlichster Art Beschichtungen mittels ther mischen Spritzens aufzubringen. Bekannte Verfahren hierfür sind beispielsweise Flammsspritzen, Lichtbogenspritzen, Plasmaspritzen oder Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen. In jüngerer Zeit wurde ein Verfahren entwickelt, das sog. Kaltgasspritzen, bei welchem die Spritzpartikel in einem "kalten" Gasstrahl auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt werden. Die Beschichtung wird durch das Auftreffen der Partikel auf dem Werkstück mit hoher kinetischer Energie gebildet. Beim Aufprall bilden die Partikel, die in dem "kalten" Gasstrahl nicht schmelzen, eine dichte und fest haftende Schicht, wobei plastische Verformung und daraus resultierende lokale Wärmefreigabe für Kohäsion und Haftung der Spritzschicht auf dem Werkstück sorgen. Ein Aufheizen des Gasstrahls erwärmt die Partikel zur besseren plastischen Verformung beim Aufprall und erhöht die Strömungsgeschwindigkeit des Gases und somit auch die Partikelgeschwindigkeit. Die damit verbundene Gastemperatur kann bis zu 800 °C betragen, liegt aber deutlich unterhalb der Schmelztemperatur des Beschichtungswerkstoffes, so dass ein Schmelzen der Partikel im Gasstrahl nicht stattfindet. Eine Oxidation und/oder Phasenumwandlungen des Beschichtungswerkstoffes lassen sich somit weitgehend vermeiden. Die Spritzpartikel werden als Pulver zugegeben, wobei das Pulver üblicherweise zumindest teilweise Partikel mit einer Größe von 1 bis 50 µm umfasst. Die hohe kinetische Energie erhalten die Spritzpartikel bei der Gasentspannung. Nach der Injektion der Spritzpartikel in den Gasstrahl wird das Gas in einer Düse entspannt, wobei Gas und Spritzpartikel auf Geschwindigkeiten über Schallgeschwindigkeit beschleunigt werden. Ein solches Verfahren und eine Vorrichtung zum Kaltgasspritzen sind in der europäischen Patentschrift EP 0 484 533 B1 im einzelnen beschrieben. Als Düse wird dabei eine de Laval'sche Düse benutzt, im folgenden kurz Lavalldüse genannt. Lavalldüsen bestehen aus einem konvergenten und einem sich in Stromrichtung daran anschließenden divergenten Abschnitt. Die Kontur der Düse muß im divergenten Bereich in bestimmter Weise geformt sein, damit es nicht zu Strömungsablösungen kommt und keine Verdichtungsstöße auftreten und die Gasströmung den Gesetzen nach de Laval gehorcht. Charakterisiert sind Lavalldüsen durch diese Kontur und die Länge des divergenten Abschnitts und desweiteren durch das Verhältnis des

Austrittsquerschnitts zum engsten Querschnitt. Der engste Querschnitt der Lavalldüse heißt Düsenhals. Als Prozessgas werden Stickstoff, Helium, Argon, Luft oder deren Gemische verwendet. Meist kommt jedoch Stickstoff zur Anwendung, höhere Partikelgeschwindigkeiten werden mit Helium oder Helium-Stickstoff-Gemischen erreicht.

[0003] Derzeit sind Vorrichtungen zum Kaltgasspritzen auf Drücke von etwa 1 MPa bis zu einem Maximaldruck von 3,5 MPa und Gastemperaturen bis zu etwa 800 °C ausgelegt. Das erhitzte Gas wird zusammen mit den Spritzpartikeln in einer Lavalldüse entspannt. Während der Druck in der Lavalldüse abfällt, steigt die Gasgeschwindigkeit auf Werte bis zu 3000 m/s und die Partikelgeschwindigkeit auf Werte bis zu 2000 m/s. Bekanntermaßen werden die Spritzpartikel mit Hilfe eines Pulverrohrs - in Strömungs- und - Spritzrichtung gesehen - vor dem Düsenhals im Eingangsbereich der Lavalldüse in dieselbe injiziert. Dort herrscht ein Druckzustand nahe dem Ausgangsdruck, es sind also Werte bis zu 3,5 MPa möglich. Mindestens ein solcher Druck muss nun bei der Injektion des pulverförmigen Beschichtungswerkstoffes aufgebracht werden. Konzeption und Betreiben eines Pulverförderers sind jedoch bei solch hohen Drücken äußerst problematisch und technisch noch nicht zufriedenstellend gelöst. Von Nachteil sind weiterhin störende Verwirbelungen der Spritzpartikel am Ende des Pulverrohrs, mit dem die Partikel in die Lavalldüse injiziert werden. Diese Verwirbelungen sind hinderlich für die Beschleunigung und wirken sich qualitätsmindernd aus. Ferner ist die Herstellung einer Lavalldüse, in welcher die hohen Gas- und Partikelgeschwindigkeiten erreicht werden, aufgrund ihres kleinsten engsten Querschnittes von nur 1,5 bis 3,5 mm Durchmesser sehr aufwendig und kostenintensiv.

[0004] Die WO 98/22639 und die US2002/0071906 beinhalten Vorrichtungen zum Kaltgasspritzen, welche sich dadurch auszeichnen, dass die Zufuhr der Spritzpartikel seitlich im divergenten Abschnitt der Lavalldüse erfolgt. Dazu ist im divergenten Abschnitt der Lavalldüse eine Öffnung angebracht, welche mit dem Pulverrohr schlüssig verbunden ist.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art aufzuzeigen, welche die Injektion der Spritzpartikel unter Vermeidung der erwähnten Nachteile durchführt.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Injektion der Spritzpartikel axial und zentrisch und erst im divergenten Abschnitt der Lavalldüse erfolgt. Das Verschieben der Injektionsstelle hin in einen Bereich, wo sich die Düse bereits wieder erweitert, bedeutet, dass die Injektion bei einem Druck stattfindet, der deutlich unter dem maximalen Ausgangsdruck liegt, da in diesem Bereich bereits die Entspannung des Gases einsetzt. Der im Bereich des Düsenhalses einsetzende starke Druckabfall lässt es sogar zu, den Gaseintrittsdruck auf bis zu 6,3 MPa zu erhöhen. Wegen des Druck-

abfalls erleichtert sich das Injizieren der pulverförmigen Spritzpartikel wesentlich und aus den thermischen Spritzverfahren bekannte Technik kann verwendet werden. Insbesondere Konzeption und Betrieb des Pulverförderers vereinfachen sich und gängige Pulverförderer, die üblicherweise im Bereich bis zu 1,5 MPa arbeiten, können benutzt werden. Da im divergenten Teil der Lavaldüse nicht nur der Druck absinkt, sondern auch die Temperatur des Gases abfällt, kann das Gas auf höhere Temperaturen vorgewärmt werden. Damit kann die Strömungsgeschwindigkeit des Gases erhöht werden. Die Spritzpartikel kommen jedoch erst mit dem "kalten" Gas in Berührung. Ein Anbacken der Partikel an die Düsenwand, wie es bei höheren Gaseintrittstemperaturen geschieht, ist damit unterbunden.

[0007] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ergibt die Kombination der Formen, also die Außenkontur des Pulverrohrs zusammen mit der Innenkontur des äußeren Rohrs, in welchen das Gas strömt eine Düse, die den Gesetzmäßigkeiten von de Laval gehorcht. Erfindungsgemäß wird das Pulverrohr dabei axial und zentrisch in dem äußeren Düsenkörper angebracht. Mit dieser Lavaldüse kann das Verfahren des Kaltgasspritzens vorteilhaft betrieben werden. Das vorgewärmte Gas wird auf Geschwindigkeiten von bis zu 3000m/s beschleunigt. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten des Gases sind für hohe Partikelgeschwindigkeiten Voraussetzung. Der Kontakt der Partikel mit dem Gas erfolgt bei hohen Geschwindigkeiten und bei Temperaturen, bei welchen die Spritzpartikel nur aufgewärmt werden. Dadurch werden die angewärmten Spritzpartikel optimal beschleunigt, bevor sie auf das Werkstück treffen.

[0008] In vorteilhafter Ausgestaltung erfolgt die Injektion der Spritzpartikel an einem Ort, der in dem Bereich zwischen einem Viertel und der Hälfte einer Strecke liegt, deren Anfangspunkt durch den Düsenhals und deren Endpunkt durch den Düsenaustritt festgelegt ist, wobei vom Düsenhals aus gemessen wird.

[0009] Der Injektionsort für die Spritzpartikel ist vorteilhafterweise so gewählt ist, dass die Injektion der Spritzpartikel in dem divergenten Abschnitt der Lavaldüse bei einem Druck von weniger als zwei Drittel des Ausgangsdrucks erfolgt. Damit ist eine einfache Spritzpartikelinjektion gewährleistet und gängige Pulverförderer können benutzt werden. Selbst eine Injektion der Spritzpartikel bei Drücken, die unterhalb des Normaldrucks liegen, ist möglich. Dies bedeutet, dass zur Injektion kein Druck aufgewendet werden muss, da die Spritzpartikel in den Gasstrahl eingezogen werden. Andererseits kann der Eintrittsdruck für das Gas deutlich höher gewählt werden als bei heute üblichen Kaltgasspritzen-Verfahren. Ein hoher Gaseintrittsdruck, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bis zu 6,3 MPa, vorzugsweise zwischen 1,0 und 3,5 MPa, betragen kann, hat hohe Gasgeschwindigkeiten zur Folge und ermöglicht somit hohe Geschwindigkeiten für die Spritzpartikel.

[0010] In einer vorteilhaften Variante der Erfindung hat der Gasdurchlass an der engsten Stelle einen kreisring-

förmigen Querschnitt. Dieser wird nach innen begrenzt durch die äußere Kontur des Pulverrohrs und nach außen begrenzt durch die innere Kontur des Düsenrohrs. In diesem Gasdurchlass wird das Gas beschleunigt. Durch die Größe des Gasdurchlasses ist ferner der Gasverbrauch beim Kaltgasspritzen vorgegeben. Da der kreisringförmige Querschnitt ohne Probleme klein gewählt werden kann, ist das hier vorgeschlagene Verfahren wirtschaftlich anwendbar.

[0011] Die erfindungsgemäße Kaltgasspritzeinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Pulverrohr innerhalb der Lavaldüse axial und zentrisch im divergenten Abschnitt endet. Damit endet das Pulverrohr in einem Bereich, in welchem der Druck durch die einsetzende Gasbeschleunigung bereits abfällt. Die Konstruktion des Pulverförderers vereinfacht sich damit wesentlich, da dieser nur für den niedrigeren Druck dimensioniert werden muss, der am Ende des Pulverrohrs herrscht. Die Lavaldüse besteht nunmehr durch das Einbringen des Pulverrohrs in einen äußeren Düsenkörper erfindungsgemäß aus zwei Teilen, die gut zu fertigen sind. Der äußere Düsenkörper, dessen Innenseite bearbeitet werden muß, ist relativ groß und das Pulverrohr, das den zweiten Teil der Lavaldüse bildet, ist nur an der Außenseite zu bearbeiten. Die erfindungsgemäße benötigte Lavaldüse ist damit deutlich leichter als die bisher verwendeten Düsen zu fertigen, da insbesondere die Innenkontur einer Düse, wenn diese sehr eng ist, problematisch herzustellen ist. Dies ist von großem Vorteil, da die Düse beim Kaltgasspritzen großem Verschleiß unterliegt und deshalb regelmäßig ausgetauscht werden muß. Der Gasverbrauch der erfindungsgemäßen Kaltgasspritzeinrichtung erhöht sich durch den größeren Querschnitt der Lavaldüse nicht, da dieser über den engsten Abstand der Außenkante des Pulverrohrs und der Innenkontur des äußeren Düsenkörpers gegeben ist. Dies ist notwendig, da der Gasverbrauch, der bereits bei dem Stand der Technik entsprechendem Verfahren sehr hoch ist, nicht weiter gesteigert werden darf, um das hier vorgeschlagene Verfahren wirtschaftlich ausführen zu können. Auch werden qualitätsmindernde Verwirbelungen der Spritzpartikel, die am Austrittsort entstehen, durch eine solche Ausgestaltung der Lavaldüse aus Pulverrohr und äußerem Düsenkörper unterbunden.

[0012] In Weiterbildung der Erfindung ergeben die innere Form eines äußeren Düsenkörpers zusammen mit der äußeren Form eines koaxial in dem äußeren Düsenkörper angeordneten, in Spritzrichtung orientiertem Pulverrohrs eine Lavaldüse. Das Pulverrohr ist dabei vorteilhafterweise axial und zentrisch im äußeren Düsenkörper angeordnet. Eine derartig gestaltete Lavaldüse ist - im Vergleich zu den nach dem Stand der Technik benutzten Düsen - unproblematisch herzustellen, da durch die erfindungsgemäße Konstruktion die Innenkontur des äußeren Düsenkörpers und/oder die Außenseite des Pulverrohrs zu fertigen ist. Dies ist im Vergleich unproblematisch, da der äußere Düsenkörper im Verhältnis groß und damit relativ leicht anzufertigen ist und bei dem

kleinen Pulverrohr nur die einfach zu bearbeitende Außenfläche und nicht die Innenkontur zu bearbeiten ist.

[0013] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Kaltgasspritzeinrichtung insbesondere derart gestaltet, dass die ringförmige Fläche für den Gasdurchlass, die durch den Abstand der Außenkontur des Pulverrohrs und der Innenkontur des äußeren Düsenkörpers bestimmt ist, an ihrer kleinsten Stelle eine Größe von 1 bis 30 mm², vorzugsweise von 3 und 10 mm², hat. Durch dieses Merkmal ist gewährleistet, dass der Gasverbrauch, der durch diese ringförmige Fläche gegeben ist, vergleichbar mit dem Gasverbrauch einer Kaltgasspritzeinrichtung nach dem Stand der Technik ist und auch die sonstige Funktion sich in günstiger Weise ergibt. Dies ist insbesondere deshalb notwendig, um die Wirtschaftlichkeit der Vorrichtung zu gewährleisten.

[0014] In Weiterbildung der Erfindung hat das innen befindliche Pulverrohr auf seiner Außenseite eine derart gestaltete Kontur, dass sich zusammen mit einer glatten, zylindrischen Innenkontur des äußeren Düsenkörpers eine Lavalldüse ergibt.

[0015] Alternativ ergibt sich eine Lavalldüse aus einem innen befindlichen Pulverrohr mit glatter zylindrischen Außenseite und außen liegendem Düsenkörper, der auf seiner Innenseite entsprechend geformt ist.

[0016] Die Lavalldüse wird in einer anderen Möglichkeit dadurch gebildet, dass die notwendige Kontur für die Lavalldüse teilweise auf der Außenseite des Pulverrohrs und teilweise auf der Innenseite des äußeren Düsenkörpers aufgebracht wird.

[0017] Das Öffnungsverhältnis der Lavalldüse, d. h. das Verhältnis der Querschnittsfläche für den Gasdurchlass an der engsten Stelle zum Querschnitt am Austritt der Düse, liegt in einer vorteilhaften Ausgestaltung zwischen 1 : 2 und 1 : 25, vorzugsweise zwischen 1 : 5 und 1 : 11.

[0018] In einer bevorzugten Variante hat der äußere Düsenkörper im konvergenten Bereich einen kreisringförmigen Querschnitt, der im divergenten Bereich der Düse in einen rechteckigen Querschnitt übergeht. Mit Hilfe rechteckiger Formen werden schmale Bereiche und große Flächen vorteilhaft beschichtet.

[0019] Vorteilhafterweise besteht sowohl das Pulverrohr als auch der äußere Düsenkörper jeweils aus einem metallischen Werkstoff, einer Keramik oder einem Kunststoff.

[0020] Pulverrohr und Düsenkörper bestehen in vorteilhafter Ausgestaltung aus unterschiedlichen Materialien. In Frage kommen hierfür unterschiedliche Metalllegierungen, unter verschiedene Keramiken, unterschiedliche Kunststoffe, oder eine Kombination davon, z. B. Metall/Keramik, Metall/Kunststoff, Kunststoff/Keramik. Vorzugsweise besteht der äußere Düsenkörper aus Metall, während das innenliegende Pulverrohr aus Keramik gefertigt ist.

[0021] Pulverrohr und/oder äußerer Düsenkörper sind in einer vorteilhaften Variante aus - in Strömungsrichtung betrachtet - zwei oder mehr Teilen zusammengefügt, bei

denen das erste Teil den Bereich um den Düsenhals umfasst und sich ein zweites bis zum Düsenaustritt reichendes Teil daran anschließt. Dabei ist das zweite Teil leicht zu tauschen und wird hinsichtlich seiner Gestalt und Werkstoffwahl nach den Anforderungen der verschiedenen Spritzwerkstoffen ausgewählt.

[0022] Die beiden eben genannten Teile bestehen dabei vorteilhafterweise aus unterschiedlichen Werkstoffen.

[0023] Im folgendem soll die Erfindung anhand zweier schematisch dargestellten Beispiele näher erläutert werden:

In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Kaltgasspritzeinrichtung gezeigt, in dessen Ausführung das Pulverrohr im divergenten Bereich des äußeren Düsenkörpers endet.

In Figur 2 sind drei Varianten für die Ausgestaltung der Lavalldüse aus Pulverrohr und äußerem Düsenkörper gezeigt.

[0024] Die in Figur 1 schematisch gezeigte Kaltgasspritzeinrichtung umfasst ein zylindrisches Gehäuse 5 mit innenliegender Vorkammer 3, die ausgangsseitig eine Gasverteilblende 4 abschließt, die wiederum mittig von einem Pulver(zufuhr)rohr 2 durchdrungen wird. An die Gasverteilblende 4 schließt sich ein äußerer Düsenkörper 1 an, wobei Blende 4 und Düse 1 mit einer Überwurfmutter 6 am Gehäuse 5 befestigt sind. Die Spritzrichtung der gezeigten Vorrichtung ist durch einen Pfeil 7 gekennzeichnet. Das Pulverrohr 2 ist axial und zentrisch im äußeren Düsenkörper 1 angeordnet. Das der Mittelachse des äußeren Düsenkörpers 1 folgende Pulverrohr 2, gehalten von der Blende 4, endet vom Gehäuse kommend hinter der engsten Stelle im divergenten Bereich des äußeren Düsenkörpers 1, wo der Gasdruck bereits beträchtlich im Vergleich zum Anfangsdruck abgefallen ist und üblicherweise lediglich die Hälfte dessen beträgt. Der hohe Anfangsdruck herrscht in der Vorkammer 3 und beträgt in heute üblichen Anwendungen häufig zwischen 1 und 3,5 MPa und kann durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Kaltgasspritzeinrichtung auf bis zu 6,3 MPa gesteigert werden.

[0025] Fig. 2 zeigt drei besonders vorteilhafte Ausgestaltungen einer erfindungsgemäßen Kaltgasspritzeinrichtung wobei insbesondere Bezug auf die Gestaltung des Pulverrohrs 2 und des äußeren Düsenkörpers 1 genommen wird (Bezugsziffern wie in Fig. 1). In den Figuren 2a, b und c ist das Pulverrohr 2 jeweils von dem äußeren Düsenkörper 1 umgeben. Die Kombination der inneren Kontur des äußeren Düsenkörpers und der äußeren Form des Pulverrohrs ergeben eine Lavalldüse. In Fig. 2a ergibt eine glatte, zylindrische Innenform des äußeren Düsenkörpers zusammen mit einer nach außen gewölbten Außenkontur des Pulverrohrs die Lavalldüse. In Fig. 2b ist hingegen das Pulverrohr zylindrisch geformt und der äußere Düsenkörper in seiner Innenseite geschwun-

gen. Düsenkörper und Pulverrohr sind in Fig. 2c derartig geschwungen, so dass sich die für die Lavaldüse notwendige Kontur aus der Kombination der Formen der Außenseite des Pulverrohrs und der Innenseite des äußeren Düsenkörpers ergibt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung oder eines Formteils mittels Kaltgasspritzen, bei dem pulverförmige Spritzpartikel in einen Gasstrahl, für welchen ein Gas komprimiert und über eine Lavaldüse entspannt wird, injiziert werden und die Spritzpartikel bei der Entspannung des Gasstrahls in der Lavaldüse auf Geschwindigkeiten von bis zu 2000 m/s gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektion der Spritzpartikel axial und zentrisch und erst im divergenten Abschnitt der Lavaldüse erfolgt. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spritzpartikel mittels eines koaxial in einem äußeren Düsenkörper angeordneten, in Spritzrichtung orientierten Pulverrohrs in den Gasstrahl injiziert werden, wobei das Pulverrohr in seiner äußeren Form zusammen mit der inneren Form des äußeren Düsenkörpers eine de Laval'sche Düse ergeben. 15
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektion der Spritzpartikel an einem Ort erfolgt, der in dem Bereich zwischen einem Viertel und der Hälfte einer Strecke liegt, deren Anfangspunkt durch den Düsenhals und deren Endpunkt durch den Düsenaustritt festgelegt ist, wobei vom Düsenhals aus gemessen wird. 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektion der Spritzpartikel in den divergenten Abschnitt der Lavaldüse bei einem Druck von weniger als zwei Drittel des Ausgangsdrucks erfolgt. 25
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasdurchlass an der engsten Stelle einen kreisringförmigen Querschnitt hat, der nach innen begrenzt wird durch die äußere Kontur des Pulverrohrs und nach außen begrenzt wird durch die innere Kontur des Düsenrohrs. 30
6. Kaltgasspritzeinrichtung mit einer Lavaldüse bestehend aus einem äußerem Düsenkörper (1) und einem Pulverrohr (2), wobei das Pulverrohr für die Zufuhr von Spritzpartikel innerhalb des äußerem Düsenkörpers sorgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pulverrohr innerhalb des äußeren Düsenkörpers axial und zentrisch im divergenten Abschnitt der Lavaldüse endet. 35
7. Kaltgasspritzeinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innere Form eines äußeren Düsenkörpers zusammen mit der äußeren Form eines koaxial in dem äußeren Düsenkörper angeordneten, in Spritzrichtung orientiertem Pulverrohrs eine Lavaldüse ergeben. 40
8. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ringförmige Fläche für den Gasdurchlass, die durch den Abstand der Außenkontur des Pulverrohrs und der Innenkontur der äußeren Düse bestimmt ist, an ihrer kleinsten Stelle zwischen einer Größe von 1 bis 30 mm², vorzugsweise 3 bis 10 mm², hat. 45
9. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das innen befindliche Pulverrohr auf seiner Außenseite eine derart gestaltete Kontur hat, dass sich zusammen mit einer glatten, zylindrischen Innenkontur des äußeren Düsenkörpers eine Lavaldüse ergibt. 50
10. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das innen befindliche Pulverrohr eine glatte zylindrische Außenseite hat und der außen liegende Düsenkörper auf seiner Innenseite so geformt ist, dass sich eine Lavaldüse ergibt. 55
11. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die notwendige Kontur für eine Lavaldüse teilweise auf der Außenseite des Pulverrohrs und teilweise auf der Innenseite des äußeren Düsenkörpers aufgebracht wird.
12. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Öffnungsverhältnis der Lavaldüse, d. h. das Verhältnis der Querschnittsfläche für den Gasdurchlass an der engsten Stelle zum Querschnitt am Austritt der Düse, zwischen 1 : 2 und 1 : 25, vorzugsweise zwischen 1 : 5 und 1 : 11 liegt.
13. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der äußere Düsenkörper im konvergenten Bereich einen kreisringförmigen Querschnitt hat, der in der Nähe des Düsenhalses oder im divergenten Bereich der Düse in einen rechteckigen Querschnitt übergeht.
14. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pulverrohr und äußerer Düsenkörper jeweils aus einem metallischen Werkstoff, einer Keramik oder einem

Kunststoff bestehen.

15. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pulverrohr und äußerer Düsenkörper aus unterschiedlichen Materialien bestehen.
16. Kaltgasspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pulverrohr und/oder äußerer Düsenkörper- in Strömungsrichtung betrachtet- aus zwei oder mehr Teilen zusammengefügt sind, bei denen das erste Teil den Bereich um den Düsenhals umfasst und sich ein zweites bis zum Düsenaustritt reichendes Teil daran anschließt, wobei das zweite Teil leicht auswechselbar ist.
17. Kaltgasspritzeinrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Teile aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

Claims

1. Method for producing a coating or a moulded part by means of cold gas spraying, in which powdered sprayed particles are injected into a gas jet, for which a gas is compressed and made to expand by means of a Laval nozzle, and the sprayed particles are brought to speeds of up to 2000 m/s when the gas jet expands in the Laval nozzle, **characterized in that** the injection of the sprayed particles takes place axially and centrally and only in the divergent portion of the Laval nozzle.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the sprayed particles are injected into the gas jet by means of a powder tube arranged coaxially in an outer nozzle body and oriented in the spraying direction, the powder tube in its outer form producing together with the inner form of the outer nozzle body a de Laval-type nozzle.
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the injection of the sprayed particles takes place at a location which lies in the region between one quarter and half a distance whose starting point is defined by the nozzle neck and whose end point is defined by the nozzle outlet, measured from the nozzle neck.
4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the injection of the sprayed particles into the divergent portion of the Laval nozzle takes place at a pressure of less than two thirds of the starting pressure.
5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the gas passage at the narrowest point has an annular cross section, which is inwardly delimited by the outer contour of the powder tube and outwardly delimited by the inner contour of the nozzle body.
6. Cold gas spraying device with a Laval nozzle, comprising an outer nozzle body (1) and a powder tube (2), the powder tube providing the supply of sprayed particles within the outer nozzle body, **characterized in that** the powder tube ends axially within the outer nozzle body and centrally in the divergent portion of the Laval nozzle.
7. Cold gas spraying device according to Claim 6, **characterized in that** the inner form of an outer nozzle body together with the outer form of a powder tube arranged coaxially in the outer nozzle body and oriented in the spraying direction produce a Laval nozzle.
8. Cold gas spraying device according to either of Claims 6 and 7, **characterized in that** the annular area for the gas to pass through, which is determined by the distance between the outer contour of the powder tube and the inner contour of the outer nozzle, has at its smallest point a size of between 1 and 30 mm², preferably 3 and 10 mm².
9. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the powder tube located on the inside has on its outer side a contour of such a configuration that, together with a smooth, cylindrical inner contour of the outer nozzle body, a Laval nozzle is produced.
10. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the powder tube located on the inside has a smooth cylindrical outer side and the nozzle body lying on the outside is formed on its inner side in such a way that a Laval nozzle is produced.
11. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the necessary contour for a Laval nozzle is provided partly on the outer side of the powder tube and partly on the inner side of the outer nozzle body.
12. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 11, **characterized in that** the aperture ratio of the Laval nozzle, i.e. the ratio of the cross-sectional area for the gas to pass through at the narrowest point to the cross section at the outlet of the nozzle, lies between 1:2 and 1:25, preferably between 1:5 and 1:11.
13. Cold gas spraying device according to one of Claims

6 to 12, **characterized in that** the outer nozzle body has in the convergent region an annular cross section, which goes over into a rectangular cross section in the vicinity of the nozzle neck or in the divergent region of the nozzle.

14. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 13, **characterized in that** the powder tube and the outer nozzle body respectively consist of a metallic material, a ceramic or a plastic.

15. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 14, **characterized in that** the powder tube and the outer nozzle body consist of different materials.

16. Cold gas spraying device according to one of Claims 6 to 15, **characterized in that** the powder tube and/or the outer nozzle body are assembled - when viewed in the direction of flow - from two or more parts, of which the first part comprises the region around the nozzle neck and a second part, reaching as far as the nozzle outlet, follows on, the second part being easily exchangeable.

17. Cold gas spraying device according to Claim 16, **characterized in that** the two parts consist of different materials.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un revêtement ou d'une pièce moulée par projection à gaz froid, dans lequel une poudre de particules de projection est injectée dans un jet de gaz comprimé qui est détendu dans une tuyère de Laval, les particules de projection étant amenées à une vitesse qui peut atteindre 2 000 m/s lors de la détente du jet de gaz dans l'ajutage de Laval, **caractérisé en ce que** l'injection des particules de projection s'effectue axialement et centralement et n'a pas lieu en amont de la partie divergente de l'ajutage de Laval.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les particules de projection sont injectées dans le jet de gaz au moyen d'un tube à poudre disposé dans un corps extérieur de la tuyère et orienté dans la direction de projection, la forme extérieure du tube à poudre formant une tuyère de Laval avec la forme intérieure du corps extérieur de la tuyère.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'injection des particules de projection s'effectue en un emplacement situé dans la zone située entre le quart et la moitié d'un segment dont le point initial est défini par le col de la tuyère et le point final par la sortie de la tuyère, la mesure étant effectuée à partir du col de la tuyère.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'injection des particules de projection s'effectue dans la partie divergente de l'ajutage de Laval à une pression inférieure aux deux tiers de la pression initiale.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le passage prévu pour le gaz présente en son emplacement le plus étroit une section transversale en anneau circulaire délimitée du côté intérieur par le contour extérieur du tube à poudre et du côté extérieur par le contour intérieur du tube de la tuyère.

6. Dispositif de projection à gaz froid à l'aide d'une tuyère de Laval constituée d'un corps extérieur de tuyère (1) et d'un tube à poudre (2) et dans lequel le tube à poudre assure l'amenée des particules de projection à l'intérieur du corps extérieur de la tuyère, **caractérisé en ce que** le tube à poudre se termine à l'intérieur du corps extérieur de la tuyère et est situé axialement et au centre de la partie divergente de la tuyère de Laval.

7. Dispositif de projection à gaz froid selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la forme intérieure du corps extérieur de tuyère et la forme extérieure du tube à poudre disposé coaxialement dans le corps extérieur de la tuyère et orienté dans la direction de projection forment une tuyère de Laval.

8. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** la surface annulaire du passage du gaz définie par la distance entre le contour extérieur du tube à poudre et le contour intérieur de la tuyère extérieure présente en son emplacement le plus petit une taille comprise entre 1 et 30 mm² et de préférence entre 3 et 10 mm².

9. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le tube à poudre situé à l'intérieur présente sur son côté extérieur un contour configuré de telle sorte que l'on obtienne une tuyère de Laval avec le contour intérieur lisse et cylindrique du corps extérieur de la tuyère.

10. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le tube à poudre situé à l'intérieur a un côté extérieur cylindrique lisse et **en ce que** le côté intérieur du corps extérieur de la tuyère est configuré de manière à former une tuyère de Laval.

11. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le contour nécessaire pour obtenir une tuyère de Laval est réalisé en partie sur le côté extérieur du tube à pou-

dre et en partie sur le côté intérieur du corps extérieur de la tuyère.

12. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce que** le rapport d'ouverture de la tuyère de Laval, c'est-à-dire le rapport entre la superficie de la section transversale prévue pour le passage du gaz à l'endroit le plus étroit et la superficie de la section transversale à la sortie de la tuyère est compris entre 1 : 2 et 1 : 25 et de préférence entre 1 : 5 et 1 : 11. 5
10

13. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 12, **caractérisé en ce que** le corps extérieur de la tuyère présente dans sa partie convergente une section transversale en forme d'anneau circulaire qui se prolonge en une section transversale rectangulaire à proximité du col de la tuyère ou dans la partie divergente de la tuyère. 15
20

14. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 13, **caractérisé en ce que** le tube à poudre et le corps extérieur de la tuyère sont tous deux constitués d'un matériau métallique, d'une céramique ou d'une matière synthétique. 25

15. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 14, **caractérisé en ce que** le tube à poudre et le corps extérieur de la tuyère sont constitués de matériaux différents. 30

16. Dispositif de projection à gaz froid selon l'une des revendications 6 à 15, **caractérisé en ce que** le tube à poudre et le corps extérieur de la tuyère sont constitués de deux ou plusieurs parties dans la direction de l'écoulement, la première partie comprenant la zone qui entoure le col de la tuyère et se raccordant à une deuxième partie qui s'étend jusqu'à la sortie de la tuyère, la deuxième partie pouvant être aisément remplacée. 35
40

17. Dispositif de projection à gaz froid selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** les deux parties sont constituées de matériaux différents. 45

50

55

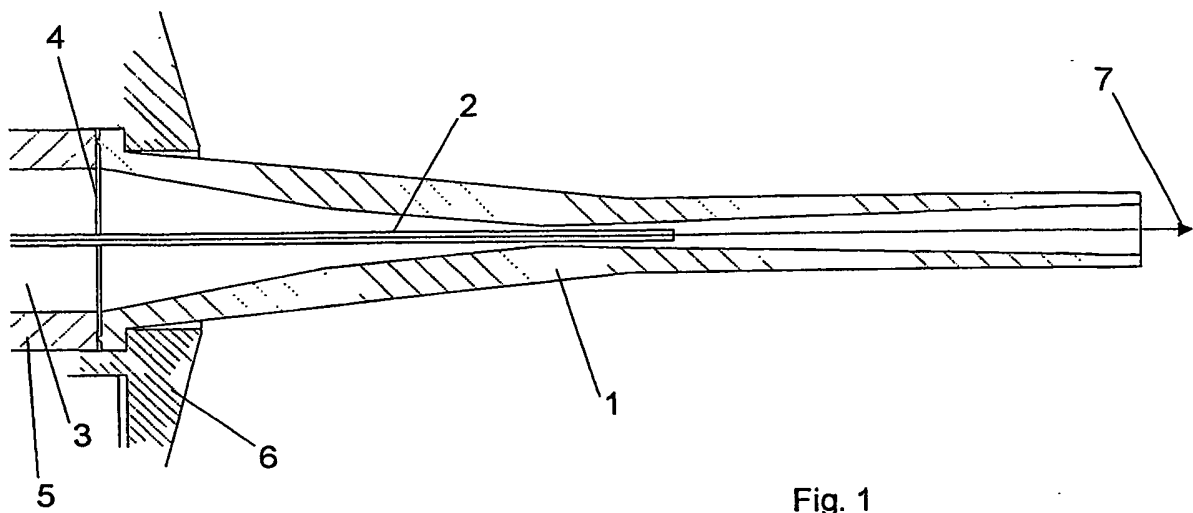
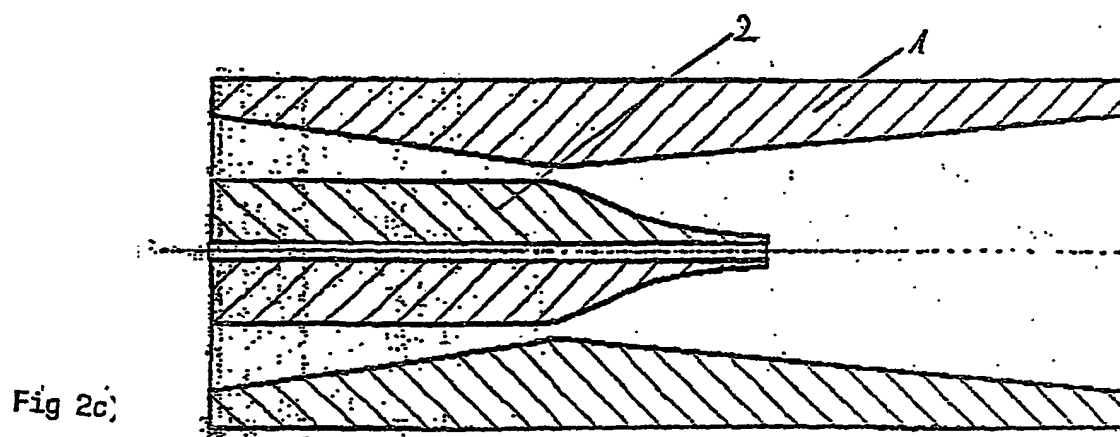
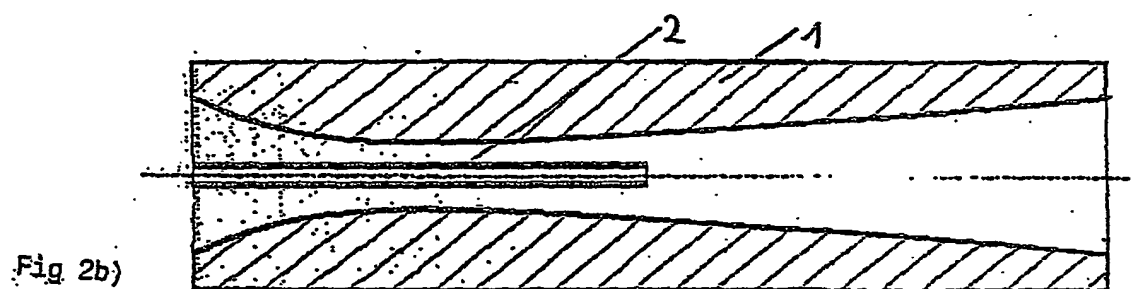
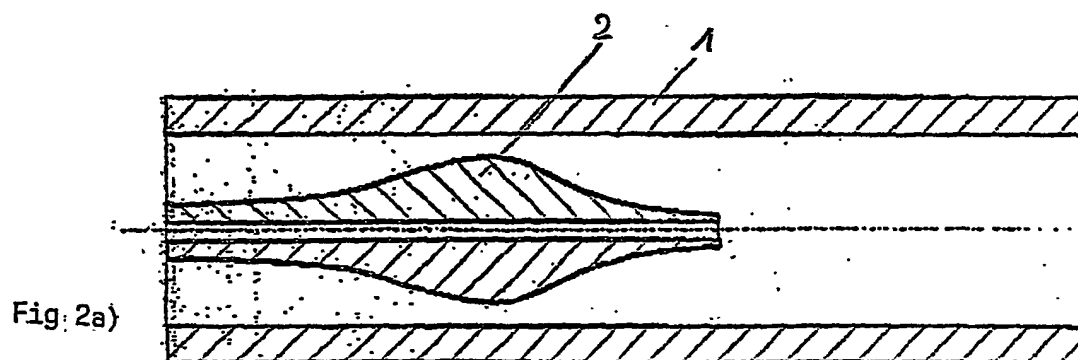


Fig. 1



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0484533 B1 [0002]
- WO 9822639 A [0004]
- US 20020071906 A [0004]