(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 014 794 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.01.2009 Patentblatt 2009/03

(21) Anmeldenummer: **07022704.6**

(22) Anmeldetag: **22.11.2007**

(51) Int Cl.:
C23C 24/04 *(2006.01)* ***B05B 1/34*** *(2006.01)*
B05B 7/00 *(2006.01)* ***B05B 7/14*** *(2006.01)*

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

(30) Priorität: **10.07.2007 DE 102007032021**

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80807 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Heinrich, Peter**
  82110 Germering (DE)
- **Höll, Helmut**
  84478 Waldkraiburg (DE)
- **Kay, Albert**
  Wadsworth
  OH 44203 (US)
- **Krömmer, Werner**
  84034 Landshut (DE)
- **Richter, Peter**
  84431 Heldenstein (DE)
- **Schmidt, Tobias**
  59889 Eslohe (DE)

(54) **Kaltgasspritzdüse**

(57) Um eine zum Beschleunigen von Gas und von Spritzpartikeln vorgesehene Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100"; 100"'; 100""),
- die im Bereich (10) ihres geringsten Durchmessers von einem in Strömungsrichtung (S) konvergierenden Abschnitt (20) in einen nicht-konvergierenden Abschnitt (30) übergeht und
- die zumindest
-- in mindestens einem Teilbereich, insbesondere in mindestens einem Teilabschnitt, ihres geringsten Durchmessers (10) und/oder
- in mindestens einem Teilbereich, insbesondere in mindestens einem Teilabschnitt, ihres nicht-konvergierenden Abschnitts (30)
aus mindestens einem hitzebeständigen Kunststoff gebildet ist, so weiterzubilden, dass ein Verstopfen der Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100"; 100"'; 100"") mit Spritzpartikeln in zuverlässiger Weise verhindert wird und die Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100"; 100"'; 100"") dennoch einfach sowie preiswert herstellbar ist, wird vorgeschlagen, dass der hitzebeständige Kunststoff im Wesentlichen
- aus mindestens einem Kunststoff aus der Gruppe der Polyetherketone (PEK) und/oder
- aus Polyimid (PI) und/oder
- aus Polytetrafluorethylen (PTFE) und/oder
- aus faserverstärktem Kunststoff und/oder
- aus MICA
gebildet ist.

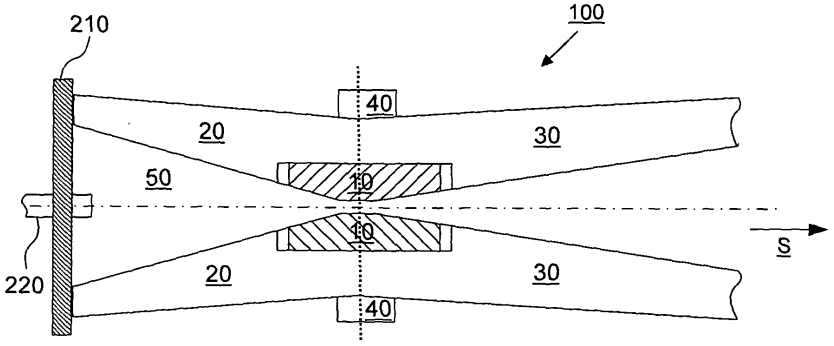

Fig. 1

EP 2 014 794 A1

Beschreibung

Kaltgasspritzdüse

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kaltgasspritzdüse gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Das Kaltgasspritzen ist ein Beschichtungsverfahren, bei dem ein pulverförmiger Beschichtungswerkstoff mit sehr hoher Geschwindigkeit auf ein Trägermaterial aufgebracht wird. Hierzu werden die Pulverpartikel in einen Gasstrahl aus aufgeheiztem Prozessgas injiziert, wobei der Gasstrahl zuvor durch Expansion in einer meist lavalartig geformten Düse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wurde.

[0003] Die injizierten Spritzpartikel werden durch Injektion in den Gasstrahl auf eine so hohe Geschwindigkeit beschleunigt, dass sie im Gegensatz zu anderen thermischen Spritzverfahren auch ohne vorangehendes An- oder Aufschmelzen beim Aufprall auf das Substrat eine dichte und fest haftende Schicht bilden.

[0004] Düsen zum Kaltgasspritzen werden aus Metall, aus Metalllegierungen, aus Leichtmetall, zum Beispiel aus Aluminium, oder aus Hartstoff, zum Beispiel aus Wolframcarbid, hergestellt. Hierbei können sowohl Volldüsen als auch geteilte Düsen, beispielsweise aus zwei Halbschalen zusammengesetzte Düsen, zum Kaltgasspritzen eingesetzt werden.

[0005] Vorrichtungen zum Kaltgasspritzen sind im Stand der Technik beispielsweise aus den Druckschriften EP 484 533, DE 100 15 920 A1, DE 102 07 525 A1, EP 1 369 498 A1, EP 1 506 816 A1, EP 1 629 899 A1, WO 03/041868 A2 oder WO 2006/034778 A1 bekannt.

[0006] In der Druckschrift DE 102 07 519 A1 aus dem Stand der Technik ist ein aus Keramik gebildeter Düseneinsatz offenbart, der in den Bereich des engsten Querschnitts der Kaltgasspritzdüse eingesetzt wird, um eine hohe Verschleißfestigkeit der Kaltgasspritzdüse zu erreichen.

[0007] Eine Kaltgasspritzdüse, bei der der konvergierende Abschnitt mit dem nicht-konvergierenden Abschnitt im Bereich des geringsten Durchmessers lösbar verbunden ist, beschreibt die Druckschrift JP 2005 095 886 A aus dem Stand der Technik. Eine derartige lösbare Verbindung bietet beispielsweise den Vorteil, dass bei Verschleiß des Düsenhalses nicht die gesamte Düse ausgewechselt werden muss. Ferner kann in Abhängigkeit von der Anwendung und von der gewünschten Gasgeschwindigkeit ein nicht-konvergierender Abschnitt mit beliebigem Divergenzwinkel eingesetzt werden.

[0008] Aus der Druckschrift WO 03/041868 A2 aus dem Stand der Technik ist eine Kaltgasspritzdüse bekannt, die in Strömungsrichtung mindestens zwei Teile aufweist, wobei das zweite Teil leicht auswechselbar ist. Hierbei können diese beiden Teile aus unterschiedlichen Werkstoffen, beispielsweise aus metallischem Werkstoff, aus Keramik und/oder aus Kunststoff, gebildet sein.

[0009] Beim Verspritzen niedrig schmelzender Materialien, zum Beispiel von Aluminium oder von Zink (und deren Legierungen), kommt es jedoch verschiedentlich zu Anbackungen in der Düse, was zu erheblichen Störungen des Spritzprozesses führt.

[0010] Eine Kaltgasspritzdüse gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist in der Druckschrift EP 1 462 546 B1 (deutsche Übersetzung: DE 60 2004 000 936 T2) aus dem Stand der Technik offenbart. Bei dieser Kaltgasspritzdüse ist zumindest der nicht-konvergierende bzw. divergierende Bereich aus Polybenzimidazol (PBI) gebildet, um ein Verstopfen der Düse bei Verwendung niedrig schmelzender Pulverpartikel zu verhindern.

[0011] Polybenzimidazol hat die Formel Poly(2,2'-(m-phenylen)-5,5'-bibenzimidazol) und ist kommerziell unter dem Markennamen Celazole erhältlich. Zum Einsatz in einer Kaltgasspritzdüse ist Polybenzimidazol aufgrund seiner sehr hohen Temperaturbeständigkeit besonders geeignet. So lässt Polybenzimidazol Dauergebrauchstemperaturen von mehr als etwa 310 Grad Celsius zu. Ferner hat Polybenzimidazol eine hohe und über einen weiten Temperaturbereich nahezu konstante mechanische Festigkeit.

[0012] Aufgrund seiner extremen Härte kann Polybenzimidazol jedoch zu einer Herausforderung bei der Zerspanung werden. So wird empfohlen, Einfassungen vorzusehen, um ein Ausreißen von Kanten beim Zerspanen zu vermeiden. Ferner ist bei der Teileauslegung der verhältnismäßig hohen Kerbeempfindlichkeit von Polybenzimidazol Rechnung zu tragen, das heißt Ecken sind auszurunden. Neben der schwierigen Verarbeitbarkeit ist der vergleichsweise hohe Preis ein weiterer Nachteil des Thermoplasts Polybenzimidazol.

[0013] Ferner stellt Polybenzimidazol spezifische Anforderungen bei der Lagerung. So sollen auf enge Toleranzen zerspante Fertigteile in luftdicht verschlossenen, mit einem Trockenmittel versehenen Beuteln gelagert werden, um Dimensionsveränderungen durch Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern. Feuchte Teile, die im Betrieb schnell mit Temperaturen über 200 Grad Celsius konfrontiert werden, sollen vor dem Gebrauch zuerst getrocknet werden, um Verformungen durch thermischen Schock zu vermeiden.

Darstellung der vorliegenden Erfindung: Aufgabe, Lösung, Vorteile

[0014] Ausgehend von den vorstehend dargelegten Nachteilen und Unzulänglichkeiten sowie unter Würdigung des umrissenen Standes der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Kaltgasspritzdüse der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass ein Verstopfen der Kaltgasspritzdüse mit Spritzpartikeln in zuverlässiger Weise verhindert wird und die Kaltgasspritzdüse dennoch einfach sowie preis-

wert herstellbar ist.

[0015] Diese Aufgabe wird durch eine Kaltgasspritzdüse mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

[0016] Mithin basiert die vorliegende Erfindung darauf, dass die Kaltgasspritzdüse zumindest in demjenigen Bereich, in dem die Spritzpartikel leicht anbacken, insbesondere im Düsenhals bzw. im engsten Querschnitt der Düse, aus mindestens einem im Vergleich zu Polybenzimidazol einfach verarbeitbaren, hitzebeständigen Kunststoff gefertigt ist. Vorteilhafterweise weist der Kunststoff, aus dem die Düse zumindest im Bereich ihres geringsten Durchmessers gebildet ist, einen Schmelzpunkt von über etwa 250 Grad Celsius, beispielsweise von über etwa 300 Grad Celsius, insbesondere von über etwa 400 Grad Celsius, auf.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann als hitzebeständiger Kunststoff beispielsweise mindestens ein hochtemperaturbeständiger thermoplastischer Kunststoff aus der Gruppe der Polyetherketone (PEK), insbesondere

- Polyetheretherketon (PEEK) mit einer Schmelztemperatur von 335 Grad Celsius und/oder
- Polyetherketonketon (PEKK) mit einem Schmelzpunkt von 391 Grad Celsius eingesetzt werden.

[0018] Polyetherketone haben eine hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Kriechfestigkeit über einen weiten Temperaturbereich; dennoch sind Polyetherketone relativ einfach bearbeitbar, beispielsweise durch Spanen. Ein weiterer Vorteil der Polyetherketone ist ihre inhärente Flammwidrigkeit und die sehr geringe Rauchentwicklung im Brandfall. Ferner weisen Polyetherketone eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit sowie gute Gleiteigenschaften auf. Ein Anbacken der Spritzpartikel wird somit in zuverlässiger Weise verhindert.

[0019] Alternativ oder ergänzend zu Polyetherketon kann der hitzebeständige Kunststoff auch im Wesentlichen aus Polyimid (PI) sein; zentrale Eigenschaften von Polyimid, das beispielsweise von der Firma DuPont unter dem Handelsnamen Vespel vertrieben wird, sind

- eine hohe mechanische Festigkeit, Härte, Steifigkeit und Zähigkeit,
- ein hohes mechanisches Dämpfungsvermögen,
- eine gute Ermüdungsfestigkeit,
- eine sehr hohe Verschleißfestigkeit,
- gute Gleit- und Notlaufeigenschaften,
- eine gute Bearbeitbarkeit, insbesondere mittels Spanen, sowie
- eine gute Temperaturbeständigkeit.

[0020] Polyimid kann in einem Temperaturbereich zwischen dem absoluten Nullpunkt und kurzfristig bis weit über etwa 400 Grad Celsius eingesetzt werden. Hierbei ist die thermische und elektrische Leitfähigkeit von Polyimid sehr gering. Ferner hat Polyimid für einen Kunststoff einen verhältnismäßig geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten sowie eine gute Dimensionsstabilität und ermöglicht demzufolge die Herstellung von Bauteilen mit engen Toleranzen. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass die Eigenschaften von Polyimid beispielsweise durch Beimengung von Graphit oder von Polytetrafluorethylen (PTFE) gezielt verändert werden können.

[0021] Alternativ oder ergänzend zu den vorgenannten Kunststoffen kann der hitzebeständige Kunststoff der Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung ferner aus Polytetrafluorethylen (PTFE) gebildet sein.

[0022] Polytetrafluorethylen, umgangssprachlich auch unter dem Handelsnamen Teflon bekannt, ist besonders vorteilhaft, weil es einen sehr geringen Reibungskoeffizienten hat. Es existiert nahezu kein Material, das an Polytetrafluorethylen haften bleibt, denn die Oberflächenspannung von Polytetrafluorethylen ist extrem niedrig. Ein Anbacken von in den Gasstrahl injizierten Spritzpartikeln an der Innenwand der Kaltgasspritzdüse wird durch ein Auskleiden mit Polytetrafluorethylen in besonders zuverlässiger Weise verhindert. Ferner hat Polytetrafluorethylen eine sehr gute Bearbeitbarkeit.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Polytetrafluorethylen Calciumfluorid, insbesondere einen Anteilsbereich von etwa fünfzehn Gewichtsprozent Calciumfluorid bis etwa fünfzig Gewichtsprozent Calciumfluorid, beispielsweise einen Anteil von etwa 25 Gewichtsprozent Calciumfluorid oder von etwa vierzig Gewichtsprozent Calciumfluorid, auf.

[0024] Alternativ oder ergänzend zu den vorgenannten Kunststoffen kann gemäß der vorliegenden Erfindung der hitzebeständige Kunststoff des Weiteren im Wesentlichen aus faserverstärktem, insbesondere aus glasfaserverstärktem und/oder aus kohlenfaserverstärktem und/oder aus kohlenstofffaserverstärktem, Kunststoff gebildet sein; dies bietet den Vorteil einer geringeren Verformbarkeit.

[0025] Faser-Kunststoff-Verbunde weisen in der Regel hohe spezifische Festigkeiten und Steifigkeiten auf. Hierbei können die mechanischen und thermischen Eigenschaften von Faser-Kunststoff-Verbunden über eine Vielzahl von Parametern eingestellt werden. Ferner können neben der Faser-Matrix-Kombination zum Beispiel der Faserwinkel, der Faservolumenanteil und/oder die Schichtreihenfolge variiert und auf diese Weise eine besonders leichte Bearbeitbarkeit erreicht werden.

[0026] Alternativ oder ergänzend zu den vorgenannten Kunststoffen kann gemäß der vorliegenden Erfindung der hitzebeständige Kunststoff schließlich im Wesentlichen aus MICA gebildet sein.

[0027] Um ein Verwirbeln des Gases und der Spritzpartikel zu vermeiden (derartige Verwirbelungen sind nachteilig, denn hierdurch wird die Geschwindigkeit des Gases bzw. der Spritzpartikel und somit die Auftragsenergie der Spritzpartikel verringert), kann in vorteilhafter

Weiterbildung der vorliegenden Erfindung der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts vom geringsten Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts differieren, insbesondere der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts kleiner als der geringste Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts sein.

[0028] Alternativ oder ergänzend hierzu kann der Durchmesser des dem konvergierenden Abschnitt zugewandten Teils des Verbindungselements vom Durchmesser des dem Verbindungselement zugewandten Teils des konvergierenden Abschnitts differieren, insbesondere der Durchmesser des dem konvergierenden Abschnitt zugewandten Teils des Verbindungselements größer als der Durchmesser des dem Verbindungselement zugewandten Teils des konvergierenden Abschnitts sein.

[0029] Alternativ oder ergänzend hierzu kann der Durchmesser des dem nicht-konvergierenden Abschnitt zugewandten Teils des Verbindungselements vom Durchmesser des dem Verbindungselement zugewandten Teils des nicht-konvergierenden Abschnitts differieren, insbesondere der Durchmesser des dem nicht-konvergierenden Abschnitt zugewandten Teils des Verbindungselements kleiner als der Durchmesser des dem Verbindungselement zugewandten Teils des nicht-konvergierenden Abschnitts sein.

[0030] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Kaltgasspritzpistole mit mindestens einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorstehend dargelegten Art.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Wie bereits vorstehend dargelegt, 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 unter Anderem anhand der durch Fig. 1 bis Fig. 4C veranschaulichten fünf Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0032] Es zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 in schematischer Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 in schematischer Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4A in schematischer Darstellung ein viertes Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4B in schematischer Darstellung ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 4C in schematischer Darstellung eine Detailansicht der Kaltgasspritzdüse aus Fig. 4A bzw. aus Fig. 4B.

[0033] Gleiche oder ähnliche Ausgestaltungen, Elemente oder Merkmale sind in Fig. 1 bis Fig. 4C mit identischen Bezugszeichen versehen.

Bester Weg zur Ausführung der vorliegenden Erfindung

[0034] Zur Vermeidung überflüssiger Wiederholungen beziehen sich die nachfolgenden Erläuterungen hinsichtlich der Ausgestaltungen, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung (soweit nicht anderweitig angegeben)

- sowohl auf das in Fig. 1 dargestellte erste Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse 100 gemäß der vorliegenden Erfindung
- als auch auf das in Fig. 2 dargestellte zweite Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse 100' gemäß der vorliegenden Erfindung
- als auch auf das in Fig. 3 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse 100'' gemäß der vorliegenden Erfindung
- als auch auf das in Fig. 4A und in Fig. 4C dargestellte vierte Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse 100''' gemäß der vorliegenden Erfindung
- als auch auf das in Fig. 4B und in Fig. 4C dargestellte fünfte Ausführungsbeispiel einer Kaltgasspritzdüse 100'''' gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0035] Im anhand Fig. 1 veranschaulichten ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine zum Beschleunigen von Gas und von Spritzpartikeln vorgesehene Kaltgasspritzdüse 100 (mit Blende 210, Pulverrohr 220 und Gaskammer 50) gezeigt, die im Bereich 10 ihres geringsten Durchmessers von einem in Strömungsrichtung S konvergierenden Abschnitt 20 in einen in Strömungsrichtung S nicht-konvergierenden Abschnitt 30 übergeht.

[0036] Um ein Verstopfen der Düse 100 mit Spritzpartikeln, insbesondere beim Einsatz von niedrig schmelzendem Material, beispielsweise von Aluminium, zu verhindern, ist die Kaltgasspritzdüse 100 im Bereich 10 des geringsten Durchmessers aus hitzebeständigem Kunststoff gebildet.

[0037] Es ist also möglich, dass sich der konvergierende Abschnitt 20, der nicht-konvergierende Abschnitt 30 und/oder mindestens ein Verbindungselement 40 im Material unterscheiden.

[0038] Beispielsweise kann, wie in Fig. 2 und in Fig 4B dargestellt,

- der konvergierende Abschnitt 20 überwiegend aus Metall und/oder überwiegend aus mindestens einer Metalllegierung und/oder überwiegend aus mindestens einem Hartstoff, beispielsweise aus Wolframcarbid, und
- der nicht-konvergierende Abschnitt 30 und/oder das Verbindungselement 40 überwiegend aus dem hitzebeständigen Kunststoff

gebildet sein.

[0039] Bei einer derartigen Teilfertigung der erfindungsgemäßen Düse aus entsprechendem hitzebeständigem Kunststoff beginnt der aus Kunststoff gefertigte Teil vorteilhafterweise im Bereich 10 des dünnsten Querschnitts der Düse, so dass der Bereich, in dem das Gas expandiert, aus Kunststoff ist.

[0040] Bei einer geteilt gefertigten Ausführungsform der Kaltgasspritzdüse 100' bzw. 100"" (vgl. Fig. 2 bzw. Fig. 4B), bei der das erste Segment, also der konvergierende Abschnitt 20, aus Metall, aus mindestens einer Metalllegierung, aus Carbid, aus Oxid und/oder aus mindestens einem Hartstoff gebildet ist, kann mit höheren Gastemperaturen als bei einer komplett aus Kunststoff gefertigten Kaltgasspritzdüse gefahren werden.

[0041] Die Temperatur des in die Kaltgasspritzdüse 100' bzw. 100"" eingespeisten Gases kann beliebig hoch gewählt werden, weil am engsten Querschnitt 10 der Düse 100' bzw. 100"", also am Expansionsort, das Gas schlagartig kalt wird. Selbst wenn die Kaltgasspritzdüse mit 600 Grad Celsius heißem Gas gespeist wird, beträgt die Gastemperatur an der Stelle, an der der hitzebeständige Kunststoff beginnt, weniger als 300 Grad Celsius.

[0042] Da die Gasgeschwindigkeit innerhalb der Kaltgasspritzdüse von der Temperatur des in die Kaltgasspritzdüse eingespeisten Gases abhängt, ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kaltgasspritzdüse 100' bzw. 100"" mit Gas gespeist werden kann, das eine Temperatur von über 310 Grad Celsius, insbesondere von über 600 Grad Celsius, beispielsweise von über etwa 1.500 Grad Celsius, aufweist. Auf diese Weise können höhere Gasgeschwindigkeiten und damit auch höhere Partikelgeschwindigkeiten erreicht werden, was wiederum zu mehr Effizienz und besseren Schichten führt.

[0043] Wie beim vierten Ausführungsbeispiel der Kaltgasspritzdüse 100"' in Fig. 4A gezeigt, kann aber auch die gesamte Düse, also der konvergierende Abschnitt 20, der nicht-konvergierende Abschnitt 30 und/oder das Verbindungselement 40 aus dem hitzebeständigen Kunststoff gebildet sein. Hierbei kann die Düse aus zwei Halbschalen gebaut oder eine Volldüse sein.

[0044] Der hitzebeständige Kunststoff besteht im Wesentlichen

- aus mindestens einem Kunststoff aus der Gruppe der Polyetherketone (PEK) und/oder
- aus Polyimid (PI) und/oder
- aus Polytetrafluorethylen (PTFE) und/oder
- aus faserverstärktem Kunststoff und/oder
- aus MICA.

[0045] Wie in Fig. 1, in Fig. 2 und in Fig. 4A dargestellt, kann der nicht-konvergierende Abschnitt 30 der Kaltgasspritzdüse in Strömungsrichtung S divergierend sein. Hierdurch wird die Beschleunigung des Gases unterstützt.

[0046] Der nicht-konvergierende Abschnitt 30 kann aber auch, wie etwa im dritten Ausführungsbeispiel der Kaltgasspritzdüse 100", hohlzylinderförmig oder im Wesentlichen hohlzylinderförmig sein.

[0047] Besonders vorteilhafterweise ist der konvergente Abschnitt 20 mit dem nichtkonvergenten Abschnitt 30 im Bereich 10 des geringsten Durchmessers lösbar verbunden. Dies ist in Fig. 1, in Fig. 2 und in Fig. 3 durch eine senkrechte gestrichelte Linie veranschaulicht.

[0048] Hierbei kann der konvergierende Abschnitt 20 mit dem nicht-konvergierenden Abschnitt 30

- unmittelbar (vgl. Fig. 1, Fig. 2, Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C) oder
- mittelbar (vgl. Fig. 3) über das zum Beispiel als Überbrückungsteil oder als Übergangsstück

ausgebildete Verbindungselement 40 verschraubbar und/oder verklemmbar sein. Im vierten Ausführungsbeispiel der Kaltgasspritzdüse 100"' (vgl. Fig. 4A, Fig. 4C) ist beispielsweise der konvergierende Abschnitt 20 unmittelbar über eine Schraub- oder Klemmverbindung 40 mit dem nicht-konvergierenden Abschnitt 30 verbunden.

[0049] Gemäß einer besonders vorteilhaften, anhand Fig. 4A , Fig. 4B und Fig. 4C veranschaulichten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung differiert der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts 20 oder des dem konvergierenden Abschnitt 20 zugewandten Teils 42 des Verbindungselements 40 vom geringsten Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts 30 oder des dem nicht-konvergierenden Abschnitt 30 zugewandten Teils 44 des Verbindungselements 40.

[0050] Insbesondere ist der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts 20 oder des dem konvergierenden Abschnitt 20 zugewandten Teils 42 des Verbindungselements 40 kleiner als der geringste Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts 30 oder des dem nicht-konvergierenden Abschnitt 30 zugewandten Teils 44 des Verbindungselements 40.

[0051] Dieser leichte Versatz des konvergierenden Abschnitts 20 und des nicht-konvergierenden Abschnitts 30 dient dazu, ein Verwirbeln des Gases und der Spritzpartikel zu vermeiden. Derartige Verwirbelungen sind nachteilhaft, denn hierdurch wird die Geschwindigkeit des Gases bzw. der Spritzpartikel und somit die Auftragsenergie der Spritzpartikel verringert. Mittels der erfindungsgemäß ausgewählten hitzebeständigen Kunst-

stoffe ist eine Düse mit einem derartigen Versatz besonders leicht herstellbar, wobei diese Düse zudem auch sehr dauerhaft ist.

Bezugszeichenliste

[0052]

100	Kaltgasspritzdüse (= erstes Ausführungsbeispiel; vgl. Fig. 1)
100'	Kaltgasspritzdüse (= zweites Ausführungsbeispiel; vgl. Fig. 2)
100"	Kaltgasspritzdüse (= drittes Ausführungsbeispiel; vgl. Fig. 3)
100"'	Kaltgasspritzdüse (= viertes Ausführungsbeispiel; vgl. Fig. 4A, Fig. 4C)
100""	Kaltgasspritzdüse (= fünftes Ausführungsbeispiel; vgl. Fig. 4B, Fig. 4C)
10	Bereich des geringsten Durchmessers der Kaltgasspritzdüse 100, 100', 100", 100"', 100""
20	in Strömungsrichtung S konvergierender oder konvergenter Abschnitt der Kaltgasspritzdüse 100, 100', 100", 100"', 100""
22	dem Verbindungselement 40 zugewandter Teil des konvergierenden Abschnitts 20
30	nicht-konvergierender oder nicht-konvergenter, insbesondere hohlzylinderförmiger oder in Strömungsrichtung S divergierender, Abschnitt der Kaltgasspritzdüse 100, 100', 100", 100"', 100""
32	dem Verbindungselement 40 oder dem konvergierenden Abschnitt 20 zugewandter Teil des nicht-konvergierenden Abschnitts 30
40	Verbindungselement, insbesondere Überbrükkungsteil oder Übergangsstück
42	dem konvergierenden Abschnitt 20 zugewandter Teil des Verbindungselements 40
44	dem nicht-konvergierenden Abschnitt 30 zugewandter Teil des Verbindungselements 40
50	Gaskammer der Kaltgasspritzdüse 100, 100', 100", 100"', 100""
210	Blende
220	Pulverrohr
S	Strömungsrichtung

Patentansprüche

1. Zum Beschleunigen von Gas und von Spritzpartikeln vorgesehene Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100"; 100"'; 100""),

- die im Bereich (10) ihres geringsten Durchmessers von einem in Strömungsrichtung (S) konvergierenden Abschnitt (20) in einen nicht-konvergierenden Abschnitt (30) übergeht und
- die zumindest
- in mindestens einem Teilbereich, insbesondere in mindestens einem Teilabschnitt, ihres geringsten Durchmessers (10) und/oder
- in mindestens einem Teilbereich, insbesondere in mindestens einem Teilabschnitt, ihres nicht-konvergierenden Abschnitts (30)

aus mindestens einem hitzebeständigen Kunststoff gebildet ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass der hitzebeständige Kunststoff im Wesentlichen

- aus mindestens einem Kunststoff aus der Gruppe der Polyetherketone (PEK) und/oder
- aus Polyimid (PI) und/oder
- aus Polytetrafluorethylen (PTFE) und/oder
- aus faserverstärktem Kunststoff und/oder
- aus MICA

gebildet ist.

2. Kaltgasspritzdüse gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hitzebeständige Kunststoff einen Schmelzpunkt von über etwa 250 Grad Celsius, insbesondere von über etwa 400 Grad Celsius, aufweist.

3. Kaltgasspritzdüse gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der nicht-konvergierende Abschnitt (30) hohlzylinderförmig oder in Strömungsrichtung (S) divergierend ist.

4. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100"; 100"'; 100"") aus zwei Halbschalen gefertigt ist.

5. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der konvergierende Abschnitt (20) mit dem nicht-konvergierenden Abschnitt (30) im Bereich (10) des geringsten Durchmessers lösbar verbunden ist.

6. Kaltgasspritzdüse gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der konvergierende Abschnitt (20) mit dem nicht-konvergierenden Abschnitt (30), insbesondere unmittelbar oder insbesondere mittelbar, über mindestens ein Verbindungselement (40) verschraubbar und/oder verklemmbar ist.

7. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der konvergierende Abschnitt (20), der nicht-konvergierende Abschnitt (30) und/oder das Verbindungselement (40) im Material unterscheiden, insbesondere dass

- der konvergierende Abschnitt (20) zumindest im mit dem Gas und mit den Spritzpartikeln in Kontakt gelangenden Bereich zumindest über-

wiegend aus mindestens einem Material gebildet ist, das einen Schmelzpunkt von über etwa 300 Grad Celsius, insbesondere von über etwa 600 Grad Celsius, beispielsweise von über etwa 1.500 Grad Celsius, aufweist, beispielsweise dass der konvergierende Abschnitt (20) überwiegend aus Metall und/oder überwiegend aus mindestens einer Metalllegierung und/oder überwiegend aus Carbid und/oder überwiegend aus Oxid und/oder überwiegend aus mindestens einem Hartstoff und

- der nicht-konvergierende Abschnitt (30) und/oder das Verbindungselement (40) zumindest im mit dem Gas und mit den Spritzpartikeln in Kontakt gelangenden Bereich zumindest überwiegend aus dem hitzebeständigen Kunststoff gebildet sind.

8. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der konvergierende Abschnitt (20), der nicht-konvergierende Abschnitt (30) und/oder das Verbindungselement (40) aus dem hitzebeständigen Kunststoff gebildet sind.

9. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts (20) vom geringsten Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts (30) differiert, insbesondere dass der geringste Durchmesser des konvergierenden Abschnitts (20) kleiner als der geringste Durchmesser des nicht-konvergierenden Abschnitts (30) ist, und/oder
- **dass** der Durchmesser des dem konvergierenden Abschnitt (20) zugewandten Teils (42) des Verbindungselements (40) vom Durchmesser des dem Verbindungselement (40) zugewandten Teils (22) des konvergierenden Abschnitts (20) differiert, insbesondere dass der Durchmesser des dem konvergierenden Abschnitt (20) zugewandten Teils (42) des Verbindungselements (40) größer als der Durchmesser des dem Verbindungselement (40) zugewandten Teils (22) des konvergierenden Abschnitts (20) ist, und/oder
- - dass der Durchmesser des dem nicht-konvergierenden Abschnitt (30) zugewandten Teils (44) des Verbindungselements (40) vom Durchmesser des dem Verbindungselement (40) zugewandten Teils (32) des nicht-konvergierenden Abschnitts (30) differiert, insbesondere dass der Durchmesser des dem nicht-konvergierenden Abschnitt (30) zugewandten Teils (44) des Verbindungselements (40) kleiner als der Durchmesser des dem Verbindungselement (40) zugewandten Teils (32) des nicht-konvergierenden Abschnitts (30) ist.

10. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hitzebeständige Kunststoff aus der Gruppe der Polyetherketone (PEK) ein Polyetheretherketon (PEEK) und/oder ein Polyetherketonketon (PEKK) ist.

11. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polytetrafluorethylen (PTFE) Calciumfluorid, insbesondere einen Anteilsbereich von etwa fünfzehn Gewichtsprozent Calciumfluorid bis etwa fünfzig Gewichtsprozent Calciumfluorid, beispielsweise einen Anteil von etwa 25 Gewichtsprozent Calciumfluorid oder von etwa vierzig Gewichtsprozent Calciumfluorid, aufweist.

12. Kaltgasspritzdüse gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der faserverstärkte Kunststoff glasfaserverstärkt und/oder kohlenstofffaserverstärkt ist.

13. Kaltgasspritzpistole mit mindestens einer Kaltgasspritzdüse (100; 100'; 100''; 100'''; 100'''') gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12.

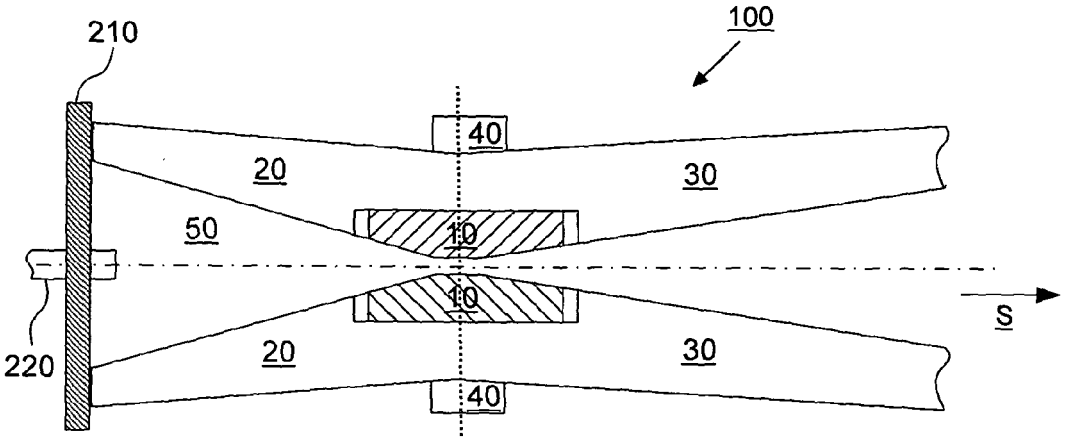

Fig. 1

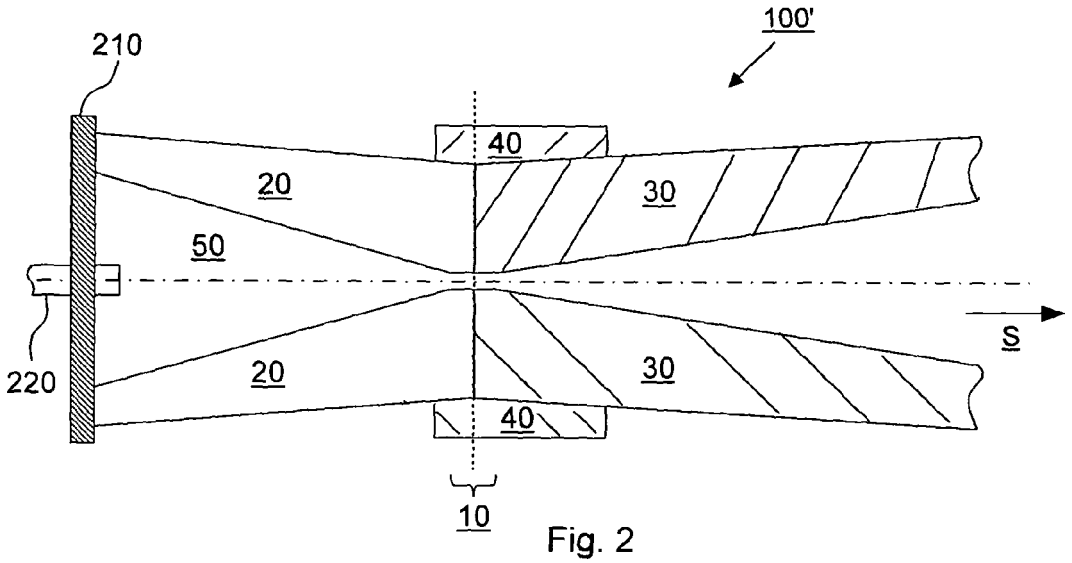

Fig. 2

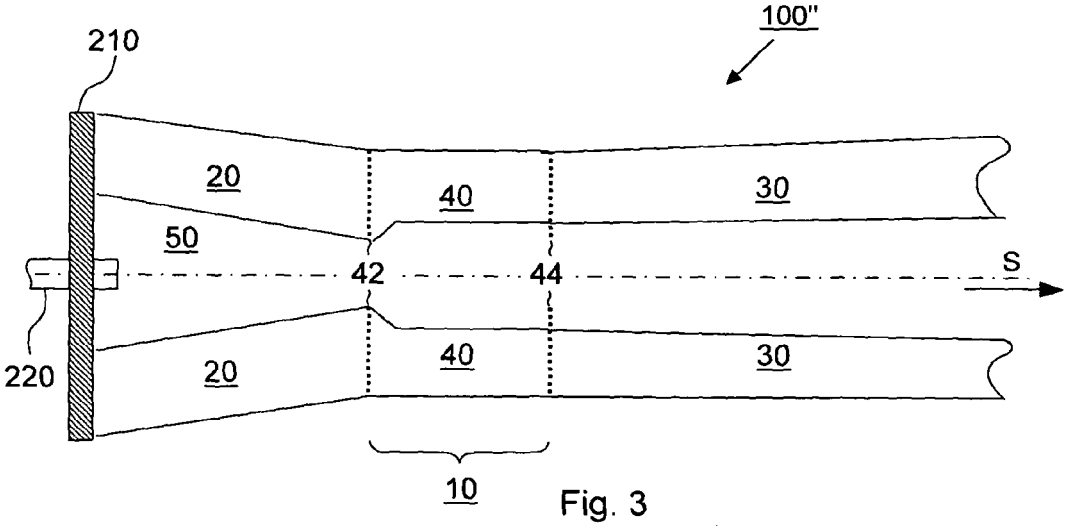

Fig. 3

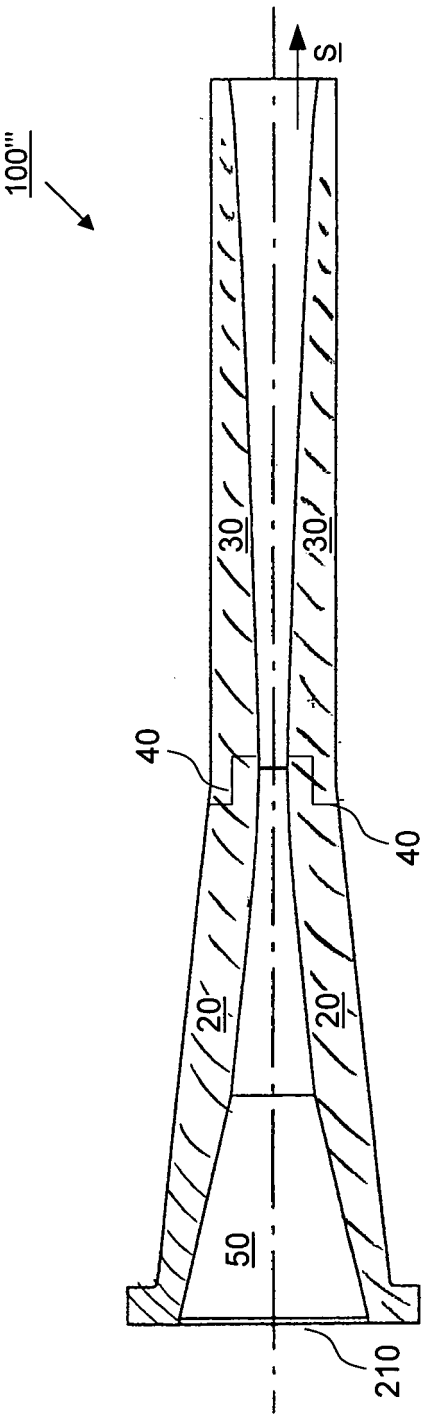

Fig. 4A

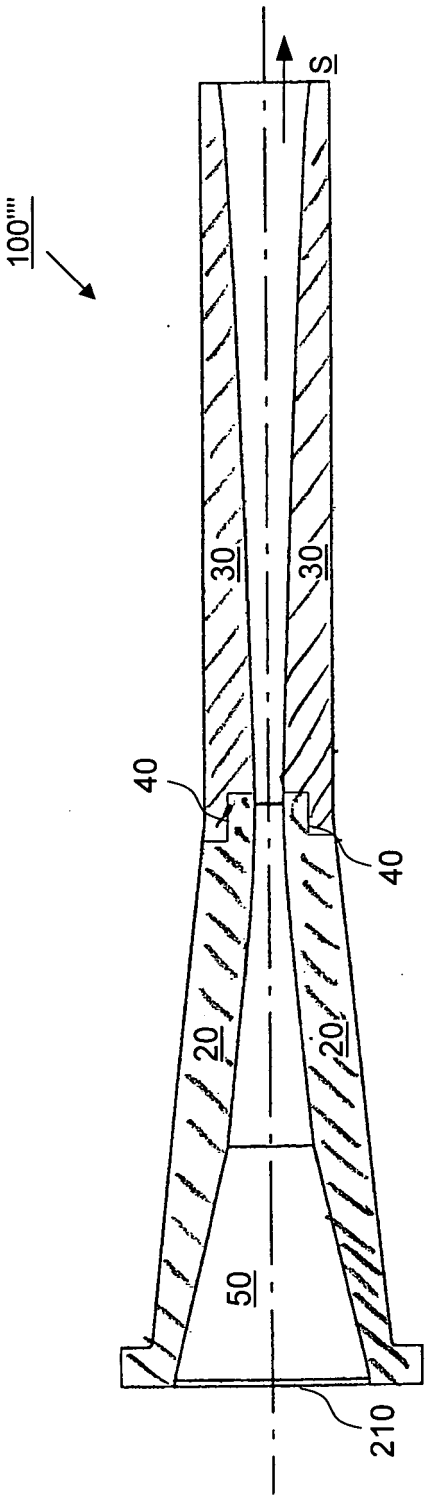

Fig. 4B

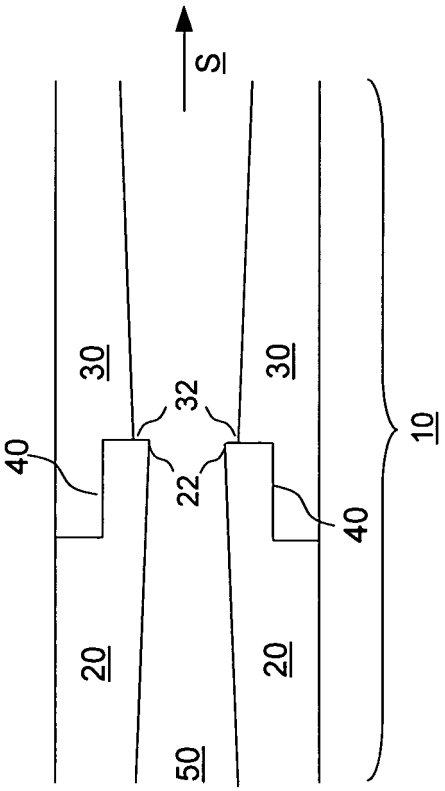

Fig. 4C

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 02 2704

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 1 462 546 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 29. September 2004 (2004-09-29) * Spalte 1, Absatz 1 - Absatz 4 * * Spalte 4, Absatz 20 - Absatz 21 * * Ansprüche 1-4 * -----	1-13	INV. C23C24/04 B05B1/34 B05B7/00 B05B7/14
Y	HANCHI J., EISS N.S.: "Dry sliding frcition and wear of short carbon-fiber-reinforced polyetherketone at elevated temperatures" WEAR, Bd. 203-204, 1. März 1997 (1997-03-01), Seiten 380-386, XP002481219 * Seite 380, Absatz 1 * -----	1-13	
Y	WO 03/080255 A (MOSTAGHIMI JAVAD [CA]; DOLATABADI ALI [CA]; PERSHIN VALERIAN [CA]) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) * Seite 4, Zeile 20 - Seite 6, Zeile 12 * * Seite 7, Zeile 22 - Seite 8, Zeile 21 * * Seite 11, Zeile 22 - Seite 12, Zeile 11 * * Seite 13, Zeile 5 - Seite 14, Zeile 5 * * Ansprüche 1,3,4,7,15 * * Abbildungen 4a-4c * -----	9-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C B05B
A	US 2004/018317 A1 (HEINRICH PETER [DE] ET AL) 29. Januar 2004 (2004-01-29) * Seite 2, Absatz 16 - Absatz 18 * -----	1-13	
A	WO 2006/002258 A (BELASHCHENKO VLADIMIR [US]; VORONETSKI ANDREI [RU]) 5. Januar 2006 (2006-01-05) * Seite 2, Zeile 25 - Seite 3, Zeile 11 * * Seite 6, Zeile 30 - Seite 7, Zeile 29 * * Seite 9, Zeile 11 - Seite 10, Zeile 13 * * Ansprüche 1.6-15.24.33; Abbildung 2.4.5.10a * -----	1-13	
	-/--		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	26. Mai 2008	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 : nichtschriftliche 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)

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 02 2704

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 2005 095886 A (NIPPON STEEL CORP; UNIV SHINSHU) 14. April 2005 (2005-04-14) * Abbildungen 2,3,5,7 * -----	5,6	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	26. Mai 2008	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 : nichtschriftliche 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 07 02 2704

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.

26-05-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1462546 A	29-09-2004	AT 327356 T	15-06-2006
		DE 602004000936 T2	26-10-2006
		JP 2004298863 A	28-10-2004
		KR 20040084640 A	06-10-2004
		MX PA04002859 A	30-09-2004
		RU 2261763 C1	10-10-2005
		SG 121867 A1	26-05-2006
		TW 260997 B	01-09-2006
		US 2004191449 A1	30-09-2004
WO 03080255 A	02-10-2003	AU 2003212155 A1	08-10-2003
		CA 2479811 A1	02-10-2003
		US 2003178511 A1	25-09-2003
US 2004018317 A1	29-01-2004	AT 285483 T	15-01-2005
		DE 10222660 A1	04-12-2003
		EP 1369498 A1	10-12-2003
WO 2006002258 A	05-01-2006	KEINE	
JP 2005095886 A	14-04-2005	KEINE	

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

- EP 484533 A **[0005]**
- DE 10015920 A1 **[0005]**
- DE 10207525 A1 **[0005]**
- EP 1369498 A1 **[0005]**
- EP 1506816 A1 **[0005]**
- EP 1629899 A1 **[0005]**
- WO 03041868 A2 **[0005] [0008]**
- WO 2006034778 A1 **[0005]**
- DE 10207519 A1 **[0006]**
- JP 2005095886 A **[0007]**
- EP 1462546 B1 **[0010]**
- DE 602004000936 T2 **[0010]**